ILMATIETEEN LAITOS

ILMANLAATU JA ENERGIA
2023

RIIHIMÄEN ILMANLAATUSELVITYS

Autoliikenteen, energiatuotannon, teollisuuden ja kiinteistökohtaisen lämmityksen päästöjen leviämismallilaskelmat

RIIHIMÄEN ILMANLAATUSELVITYS

Autoliikenteen, energiantuotannon, teollisuuden ja kiinteistökohtaisen lämmityksen päästöjen leviämismallilaskelmat

Jenni Latikka
Salla Pykäri
Timo Rasila
Terhi Laurila
Katja Lovén

Ilmatieteen laitos
Asiantuntijapalvelut – Ilmanlaatu ja energia
Helsinki 3.10.2023

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ **4**

OSA I **6**

1 Johdanto 6

2 Leviämismallilaskelmien tulokset 7

2.1 Typpidioksidi- (NO_2) ja typenoksidipitoisuudet (NO_x) 8

2.1.1 Kaikki päästölähteet 8

2.1.2 Autoliikenne 13

2.1.3 Energiantuotanto ja teollisuus 14

2.1.4 Kiinteistökohtainen lämmitys 17

2.2 Pienhiukkaspitoisuudet ($PM_{2,5}$) 19

2.2.1 Kaikki päästölähteet 19

2.2.2 Autoliikenne 22

2.2.3 Energiantuotanto ja teollisuus 24

2.2.4 Kiinteistökohtainen lämmitys 26

2.3 Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet (PM_{10}) 27

2.3.1 Kaikki päästölähteet 28

2.3.2 Autoliikenne 31

2.3.3 Kiinteistökohtainen lämmitys 32

2.4 Bentso(a)pyreenipitoisuudet 35

3 Suositukset Riihimäen kaupungin alueen ilmanlaadun seurantaan 37

4 Yhteenveto ja johtopäätökset 38

OSA II **42**

5 Taustatietoa ilmanlaadusta 42

5.1 Ilmanlaatuun vaikuttavat tekijät 42

5.2 Typpidioksidi 42

5.3 Hiukkaset 43

5.4 Bentso(a)pyreeni 45

5.5 Ilman epäpuhtauksien terveysvaikutukset 45

5.6 Ulkoilmanlaadun vertailuarvot 46

6 Leviämismallilaskelmien Lähtötiedot 49

6.1 Mallilaskelmissa huomioidut päästöt 49

6.1.1 Riihimäen kokonaispäästöt 49

6.1.2 Autoliikenteen päästöt 51

6.1.3 Energiantuotannon ja teollisuuden päästöt 55

6.1.4 Kiinteistökohtaisen lämmityksen päästöt 57

6.2 Meteorologiset tiedot 61

6.3 Taustapitoisuudet 62

6.4 Laskentapisteikkö 62

7 Leviämismallilaskelmissa käytetyt menetelmät 63

7.1 Pitoisuuslaskenta päästöjen leviämismalleilla 63

7.2 Piste- ja pintapäästölähteiden leviämismalli (UDM-FMI) 64

7.3 Liikenteen päästöjen leviämismalli (CAR-FMI) 65
7.4 Liikenteen suspensiopäästömalli katupölyn mallintamiseen (FORE) 65
7.5 Typenoksidipäästöjen ilmakemiamalli 66
7.6 Meteorologisten tietojen käsittelymalli (MPP-FMI) 66

VIITELUETTELO 68

LIITTEET 70
Liitekuvaluettelo 70
Liitekuvat 72

Kansikuva: Katja Lovén

TIIVISTELMÄ

Ilmanlaatuselvityksessä arvioitiin Riihimäen autoliikenteen, energiantuotannon ja teollisuuden, sekä kiinteistökohtaisen lämmityksen päästöjen ilmanlaatuvaikutuksia. Leviämismallilaskelmien avulla tarkasteltiin ulkoilman typpidioksidin, typen oksidien, pienhiukkasten, hengitettävien hiukkasten ja bentso(a)pyreenin pitoisuuksia sekä niiden alueellista jakautumista. Mallinnustulosten perusteella arvioitiin myös eri päästölähteiden vaikutusta ilmanlaatuun. Tuloksina saatuja ulkoilman pitoisuuksia verrattiin lainsäädännössä määriteltyihin ilmanlaadun vertailuarvoihin.

Päästöjen leviämismallilaskelmissa käytettiin Ilmatieteen laitoksella kehitettyjä leviämis- ja laskentamalleja: piste- ja pintapäästölähteiden leviämismallia (UDM-FMI), liikennepäästöjen viivalähdemallia (CAR-FMI) ja katujen pölyämistä kuvaavaa suspensiopäästömallia (FORE). Pitoisuudet laskettiin koko Riihimäen kaupungin alueelle. Tarkastelualueen koko oli 15 × 19 km. Mallilaskelmissa käytettiin alueen ilmastollisia olosuhteita edustavaa meteorologista aineistoa ja päästötietoja vuosilta 2019–2021.

Leviämismallin lähtötietoina käytetyt päästötiedot sisältävät suurimman osan Riihimäen alueella syntyvistä typen oksidien, hiukkasten ja bentso(a)pyreenin kokonaispäästöistä. Mallilaskelmissa olivat taustapitoisuuksien lisäksi mukana autoliikenteen pakokaasu- ja katupölypäästöt, energiantuotannon ja teollisuuden päästöt sekä kiinteistökohtaisen lämmityksen päästöt. Autoliikenteen pakokaasupäästöt laskettiin käyttäen Euroopan ympäristöviraston määrittämiä nopeudesta ja ajoneuvojen EURO-päästöluokista riippuvia ajoneuvotyyppikohtaisia päästökertoimia sekä liikennemäärätietoja ja liikenteen aikavaihtelutietoja. Energiantuotannon ja teollisuuden lähtötiedot kerättiin suoraan toiminnanharjoittajilta. Kiinteistökohtaisen lämmityksen 250 m × 250 m ruuduittaiset päästöt saatiin Suomen ympäristökeskuksen alueellisesta päästöskenaariomallista (FRES-malli).

Mallilaskelmien tulosten perusteella voidaan arvioida, että ilmanlaatu on valtaosassa Riihimäen kaupunkia pääsääntöisesti hyvää. Ilmanlaatu on erityisen hyvää Riihimäen maaseutumaisilla alueilla, jotka ovat kauempana keskusta-alueen pientaloalueista ja vilkkaimmista väylistä. Alueen ilmanlaatuun vaikuttavat merkittävimmin autoliikenteen typenoksidipäästöt, katupöly, asuinrakennusten puunpoltto sekä pienhiukkasten kaukokulkeuma. Pitoisuudet pienentyvät nopeasti etäisyyden kasvaessa vilkkaimmista liikenneväylistä ja asuinalueista. Energiantuotantolaitosten ja teollisuuden päästöjen vaikutus Riihimäen ilmanlaatuun on hyvin pieni. Laitosten päästöt vapautuvat pääsääntöisesti korkeista piipuista, jolloin ne leviävät ja laimenevat tehokkaasti eivätkä heikennä ilmanlaatua hengityskorkeudella.

Leviämismallilaskelmien tulosten mukaan typpidioksidin kokonaispitoisuudet alittavat ilmanlaadun raja-arvot ja ohjearvot koko Riihimäen kaupungin alueella. Typpidioksidipitoisuudet ovat lähellä vuorokausiohjearvotasoa Riihimäen ohittavan Helsinginväylän välittömässä läheisyydellä. Helsinginväylällä liikennemäärä on noin 23 000–26 000 ajoneuvoa vuorokaudessa. Autoliikenteen päästöillä on merkittävin vaikutus typpidioksidin ja typen oksidien pitoisuustasoihin.

Pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudet alittavat selvästi vuosiraja-arvon, mutta ylittävät WHO:n suosituksenomaisen vuosiohjearvon laajalla Riihimäen keskustaa ympäröivällä alueella. Pienhiukkaspitoisuudet ovat suurimmillaan tiiviisti rakennetuilla pientaloalueilla ja Helsingin väylän läheisyydessä. Hetkelliset pienhiukkaspitoisuudet ylittävät WHO:n vuorokausiohjearvon Helsinginväylän varrella ja lähellä keskustaa olevilla asuinalueilla. Suurin vaikutus pienhiukkasten pitoisuustasoihin on taustapitoisuudella, mistä merkittävä osa koostuu kaukokulkeutuneista pienhiukkasista. Paikallisista päästölähteistä merkittävin vaikutus pienhiukkaspitoisuuksiin on kotitalouksien pienpoltolla ja autoliikenteellä.

Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet alittavat mallilaskelmien mukaan Riihimäen ilmanlaadun raja-arvot. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvo ei ylity, mutta vuorokausipitoisuudet voivat ylittää raja-arvotason 50 µg/m³ useamman kerran vuoden aikana. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvo ylittyy ainoastaan Riihimäen ohittavalla Helsinginväylällä ja alittuu muualla mallinnusalueella. Huomattavin vaikutus hengitettävien hiukkasten pitoisuuksiin on liikenteen nostattamalla katupölyllä. Katupölypitoisuuksiin voidaan merkittävästi vaikuttaa paikallisella katujen kunnossapidolla sekä oikea-aikaisella hiekoitushiekan poistolla ja pölynsidonnalla.

Mallilaskelmien mukaan bentso(a)pyreenipitoisuuden vuosikeskiarvo ylittää sille asetetun tavoitearvon Riihimäen keskustassa ja sitä ympäröivillä asuinalueilla. Bentso(a)pyreenin merkittävin lähde on kotitalouksien puunpoltto. Bentso(a)pyreenipitoisuuden ylempi arviointikynnys ylittyy laajemmin tiiviimmin asutuilla Riihimäen alueilla ja alempi arviointikynnys koko Riihimäen alueella. Arviointikynnysten avulla arvioidaan eri yhdisteiden seurantatarvetta.

Kuva: Katja Lovén

OSA I

1 JOHDANTO

Ilmanlaatuselvityksen tarkoituksena oli hankkia leviämismallilaskelmien avulla tietoa Riihimäen ilmanlaadusta, sen alueellisesta vaihtelusta ja eri päästölähteiden vaikutuksesta ilmanlaatuun. Selvityksessä arvioitiin autoliikenteen, energiantuotannon, teollisuuden ja kiinteistökohtaisen lämmityksen ilmanlaatuvaikutuksia Riihimäen kaupungin alueella.

Ilmanlaatuvaikutuksia arvioitiin laskennallisesti leviämismallien avulla vuosien 2019–2021 päästöjä kuvaavassa tilanteessa. Mallinnuksessa käytettiin Ilmatieteen laitoksella kehitettyjä leviämis- ja laskentamalleja: piste- ja pintapäästölähteiden leviämismallia (UDM-FMI), liikennepäästöjen viivalähdemallia (CAR-FMI) ja katupölypäästöjen suspensiopäästömallia (FORE). Leviämismallilaskelmien avulla tarkasteltiin Riihimäen typpidioksidin, typen oksidien, pienhiukkasten, hengitettävien hiukkasten ja bentso(a)pyreenin pitoisuuksia ja niiden alueellista jakautumista. Tutkimuksen tuloksena saatuja pitoisuuksia verrattiin ilmanlaadun vertailuarvoihin.

Raportin rakenne on kaksiosainen. Ensimmäisessä osassa esitetään leviämismallinnuksen keskeisimmät tulokset, niiden arvionti ja johtopäätökset. Raportin toisessa osassa on kuvattu mallinnuksen lähtötiedot ja käytetyt menetelmät sekä kerrottu taustatietoa ilmanlaadusta. Raportin kaikki tuloskuvat on esitetty liitteenä raportin lopussa.

Ilmanlaatuselvityksen tilasi Riihimäen kaupungin ympäristösuojelun vastuualue. Työhön osallistui myös alueen energiantuotannon ja teollisuuden laitoksia. Päästöjen leviämismallilaskelmat, tulosten tarkastelu ja raportointi tehtiin Ilmatieteen laitoksen Asiantuntijapalvelut -yksikössä.

Kuva: Katja Lovén

2 LEVIÄMISMALLILASKELMIEN TULOKSET

Leviämismallilaskelmien avulla on mahdollista tarkastella laajojen, kokonaisten kaupunkialueiden ilmanlaatua sekä eri tekijöiden vaikutusta ilmanlaatuun. Mallilaskelmilla tehdyn ilmanlaatuarvion tarkoituksena on tuottaa mahdollisimman todenmukaista tietoa ilmanlaadusta ja sen vaihtelusta. Siksi mallilaskelmissa on mukana kaikkien merkittävimpien päästölähteiden tunnetut päästöt ja muualta kulkeutuneiden ilman epäpuhtauksien taustapitoisuus. Tässä työssä pitoisuuksien muodostumista on arvioitu koko Riihimäen kaupungin kattavalle alueelle (15 × 19 km). Laajalle alueelle tehdyn leviämismallinnuksen tuloksia voidaan käyttää alueellisten ilmanlaatuvaikutusten arvioinnissa.

Leviämismallilaskelmien tuloksina saadut typpidioksidin, typen oksidien, pienhiukkasten, hengitettävien hiukkasten ja bentso(a)pyreenin pitoisuudet on esitetty raportissa havainnollisina karttakuvina, joissa ilman epäpuhtauksia verrataan ilmanlaatulainsäädännössä annettuihin raja-, ohje- ja tavoitearvoihin, kriittisiin tasoihin ja WHO:n suostuksenomaisiin ohjearvoihin. Karttakuvissa esitetyt pitoisuusjakaumat kuvaavat enimmäispitoisuustasoa ulkoilmassa ihmisten hengityskorkeudella (2 m). Raportin tekstin sisällä on esitetty tärkeimmät pitoisuuksien tuloskartat ja raportin liitekuvissa on esitetty lisää tuloskuvia eri tarkastelualueilta: koko Riihimäen kaupungin alueen lisäksi lähikuvat Riihimäen keskustan alueelta.

Karttakuvissa on esitetty värillisinä jakaumina alueet, joilla tietyn pitoisuuden ylittyminen on pitkän havaintojakson aikana todennäköistä. Vihreän eri sävyillä kuvataan kartoissa hyvää ilmanlaatua ja asteikko jatkuu pitoisuuksien kasvaessa keltaisen ja oranssin sävyjen kautta punaiseen. Kirkkaalla punaisella kuvataan raja- tai ohjearvon ylittymistä. Kartoissa esitetyt pitoisuuksien aluejakaumat eivät edusta koko tutkimusalueella yhtäaikaa vallitsevaa pitoisuustilannetta, vaan ne kuvaavat kuhunkin laskentapisteeseen mallilaskelmissa saatua korkeinta pitoisuutta. Korkeimmat pitoisuudet voivat esiintyä eri laskentapisteissä eri ajanhetkinä.

Vuosikeskiarvopitoisuus kuvaa alueen keskimääräistä ja vallitsevaa ilman epäpuhtaus-pitoisuustasoa parhaiten. Karttakuvissa esitetyt vuosikeskiarvopitoisuudet kuvaavat kolmen vuoden tarkastelujakson (vuodet 2019–2021) korkeinta vuosikeskiarvoa kussakin laskentapisteessä. Hetkelliset pitoisuudet voivat nousta vuosikeskiarvopitoisuuksia huomattavasti korkeammiksi. Mallinnettuihin lyhytaikaispitoisuuksiin sisältyy enemmän epävarmuutta kuin vuosikeskiarvopitoisuuksiin ja lyhytaikaispitoisuuksien aluejakaumaan vaikuttavat voimakkaammin yksittäiset meteorologiset tilanteet. Karttakuvissa esitetyt vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet kuvaavat kolmen vuoden tarkastelujakson (vuodet 2019–2021) korkeinta vuorokausiraja- tai ohjearvoon verrannollista pitoisuutta kussakin laskentapisteessä.

Taustapitoisuutena käytettiin Ilmatieteen laitoksen Espoon Luukissa sijaitsevan taustailmanlaadun mittausaseman tuloksia. Tarkastelujaksolla 2019–2021 typen oksidien taustapitoisuuden vuosikeskiarvo oli 4,1 µg/m³, pienhiukkasten 4,8 µg/m³ ja otsonin 49,5 µg/m³ (*Ilmatieteen laitos, 2023*). Kaupunkialueilla tai taajamissa paikalliset päästölähteet nostavat pitoisuudet taustapitoisuustasoa korkeammiksi.

2.1 Typpidioksidi- (NO_2) ja typenoksidipitoisuudet (NO_x)

Korkeimmat typpidioksidipitoisuudet esiintyvät Riihimäen ohittavan Helsinginväylän varrella sekä Riihimäen keskustan sisääntuloväylien varsilla ja risteysalueilla. Autoliikenteen päästöillä on merkittävin vaikutus typpidioksidin pitoisuustasoihin. Pitoisuudet pienenevät selvästi, kun etäisyys liikenneväylistä kasvaa. Hetkelliset typpidioksidipitoisuudet ovat korkeimmillaan ruuhka-aikaan, liikennemäärien olleessa suurimmillaan, ja erityisesti tyyninä ja kylminä talvipäivinä, jolloin ilman sekoittuminen on heikkoa. Riihimäen keskusta-alueen ulkopuolella typpidioksidipitoisuudet ovat vain hiukan taustapitoisuutta suurempia.

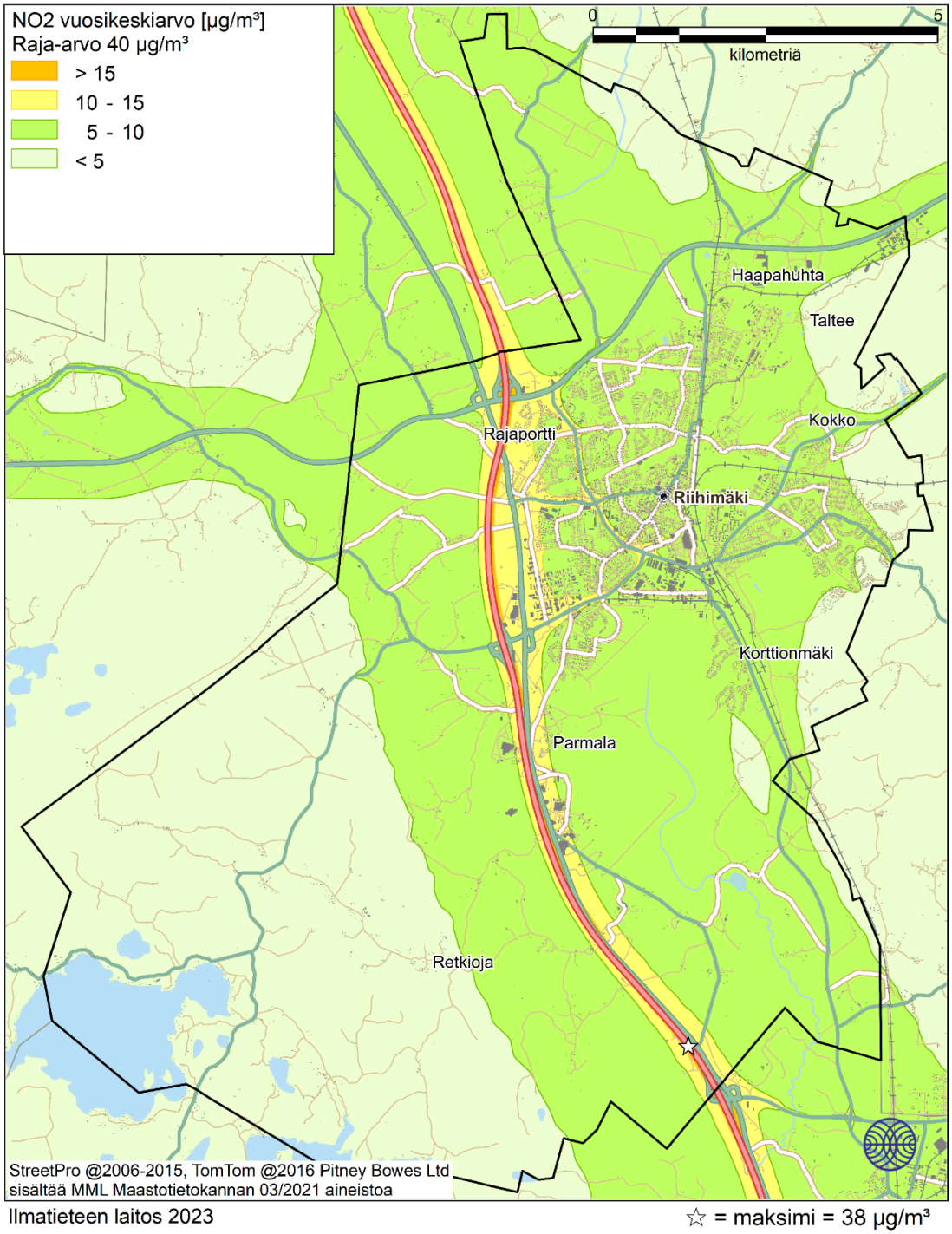
2.1.1 Kaikki päästölähteet

Taulukossa 1 on esitetty leviämismallilaskelmien tuloksena saadut korkeimmat typpidioksidin raja- ja ohjearvoihin verrannolliset pitoisuudet Riihimäellä. Korkeimmat pitoisuudet on esitetty päästölähteittäin ja kaikkien päästölähteiden yhteisvaikutuksena. Riihimäen autoliikenteen, energiantuotannon, teollisuuden ja kiinteistökohtaisen lämmityksen päästöjen sekä alueellisen taustapitoisuuden yhdessä aiheuttama typpidioksidin vuosikeskiarvopitoisuuden jakauma Riihimäellä on esitetty kuvassa 1. Typpidioksidin kokonaispitoisuudet on esitetty lisäksi raportin lopussa liitekuvissa 1–2 koko Riihimäen kaupungin alueelle ja Riihimäen keskustaan.

Typpidioksidipitoisuuden raja-arvot alittuvat kaikkialla Riihimäellä. Typpidioksidin vuosikeskiarvopitoisuudet (raja-arvo 40 µg/m^3) ovat korkeimmillaan Helsinginväylällä Riihimäen kaupungin etelärajalla (38 µg/m^3). Raja-arvot eivät ole kuitenkaan voimassa liikenneväylillä tai risteysalueilla. Typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvo on 10–15 µg/m^3 Helsinginväylän ja Hämeenlinnantien varsilla sekä Riihimäen keskustan vilkkaasti liikennöidyillä teillä, kuten Mattilantiellä, Etelän Viertotiellä, Sakonkadulla, Kirjauksentiellä ja Lasitehtaantiellä. Riihimäen keskustaa ympäröivällä asuinalueilla vuosipitoisuustaso on alle 10 µg/m^3. Suurimmassa osassa Riihimäen kaupungin maaseutumaisia alueita typpidioksidin vuosikeskiarvopitoisuus on taustapitoisuuden tasoa ollen alle 5 µg/m^3.

Taulukko 1. Eri päästölähteiden aiheuttamat korkeimmat mallinnetut typpidioksidipitoisuudet (µg/m³) Riihimäellä vuosina 2019–2021. Korkeimmat arvot esiintyvät eri laskentapisteissä eri puolilla tutkimusaluetta.

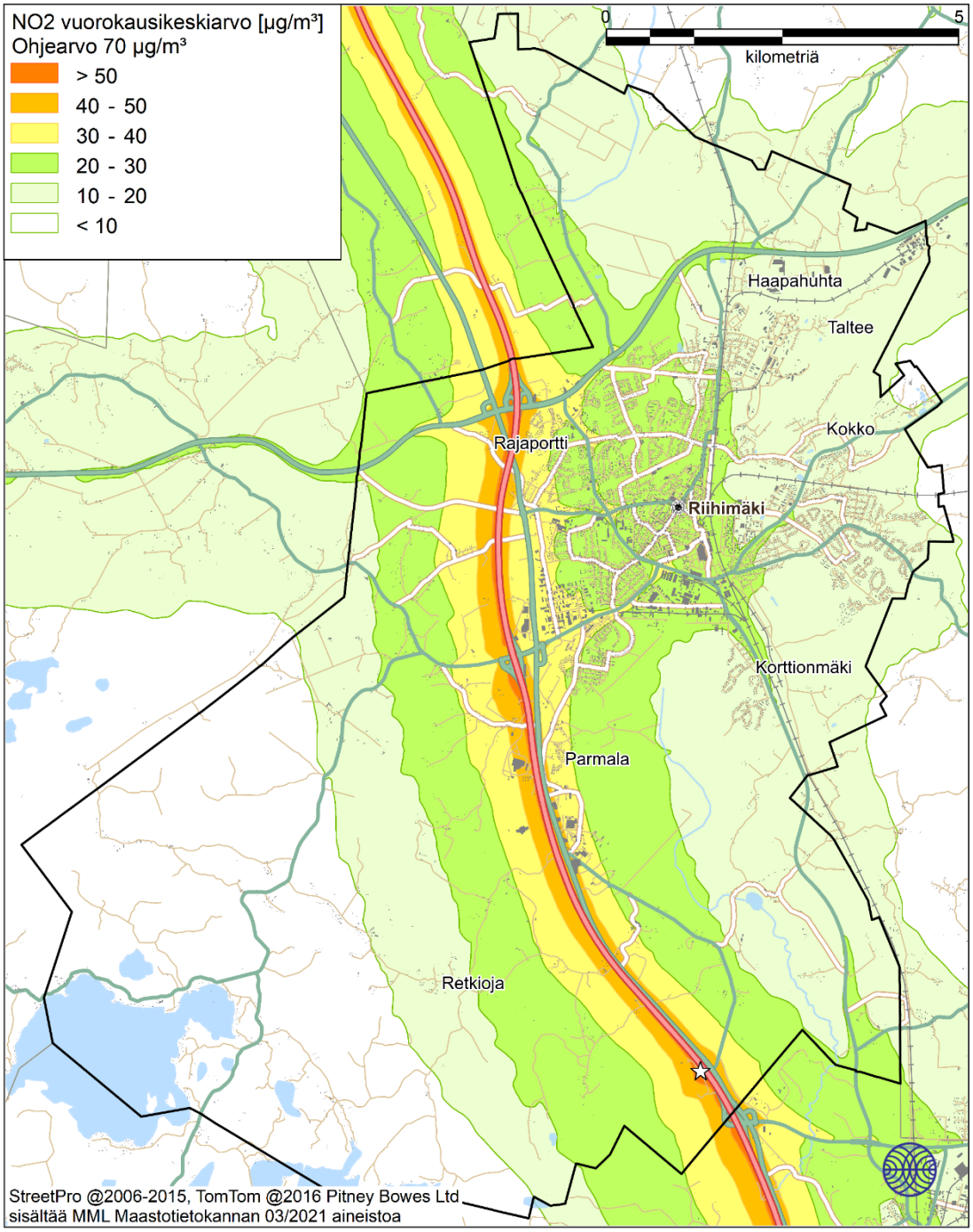
NO_2 (µg/m³)	Ohje- tai raja-arvo	Auto-liikenne	Energian-tuotanto ja teollisuus	Kiinteistö-kohtainen lämmitys	Kaikki yhteensä
Vuosikeskiarvo	40	34	0,1	0,2	38
Vuorokausiohjearvo	70	58	0,9	1,7	66
Tuntiraja-arvo	200	118	2,4	5,7	124
Tuntiohjearvo	150	123	2,4	6,9	129



Kuva 1. Autoliikenteen, energiantuotannon, teollisuuden ja kiinteistökohtaisen lämmityksen päästöjen sekä alueellisen taustapitoisuuden (vuosikeskiarvona 4,1 µg/m³) yhdessä aiheuttama typpidioksidin (NO_2) vuosikeskiarvopitoisuus (µg/m³) Riihimäellä.

Riihimäen kaikkien päästölähteiden ja alueellisen taustapitoisuuden yhdessä aiheuttama typpidioksidin vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus on esitetty kuvassa 2 (ja liitekuvissa 9–10). Hetkelliset typpidioksidipitoisuudet voivat nousta vuosikeskiarvopitoisuuksia huomattavasti korkeammiksi. Leviämismallilaskelmien mukaan typpidioksidipitoisuudet kuitenkin alittavat ohjearvot kaikkialla Riihimäellä. Korkein vuorokausiohjearvoon (70 µg/m^3) verrannollinen pitoisuus

(66 µg/m³) on lähellä ohjearvoa Helsinginväylän varrella Riihimäen kaupungin etelärajalla. Mallilaskelmien mukaan vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet ovat korkeimmillaan Helsinginväylällä, Hämeenlinnantiellä ja Riihimäen keskustan sisääntuloteiden varsilla ollen yli 30 µg/m³. Riihimäen keskustan vilkkaimmin liikennöidyillä alueilla vuorokausipitoisuudet ovat noin 20–30 µg/m³. Pitoisuudet pienentyvät nopeasti etäisyyden kasvaessa vilkkaimmista liikenneväylistä ollen keskusta-alueen ulkopuolella alle 20 µg/m³.



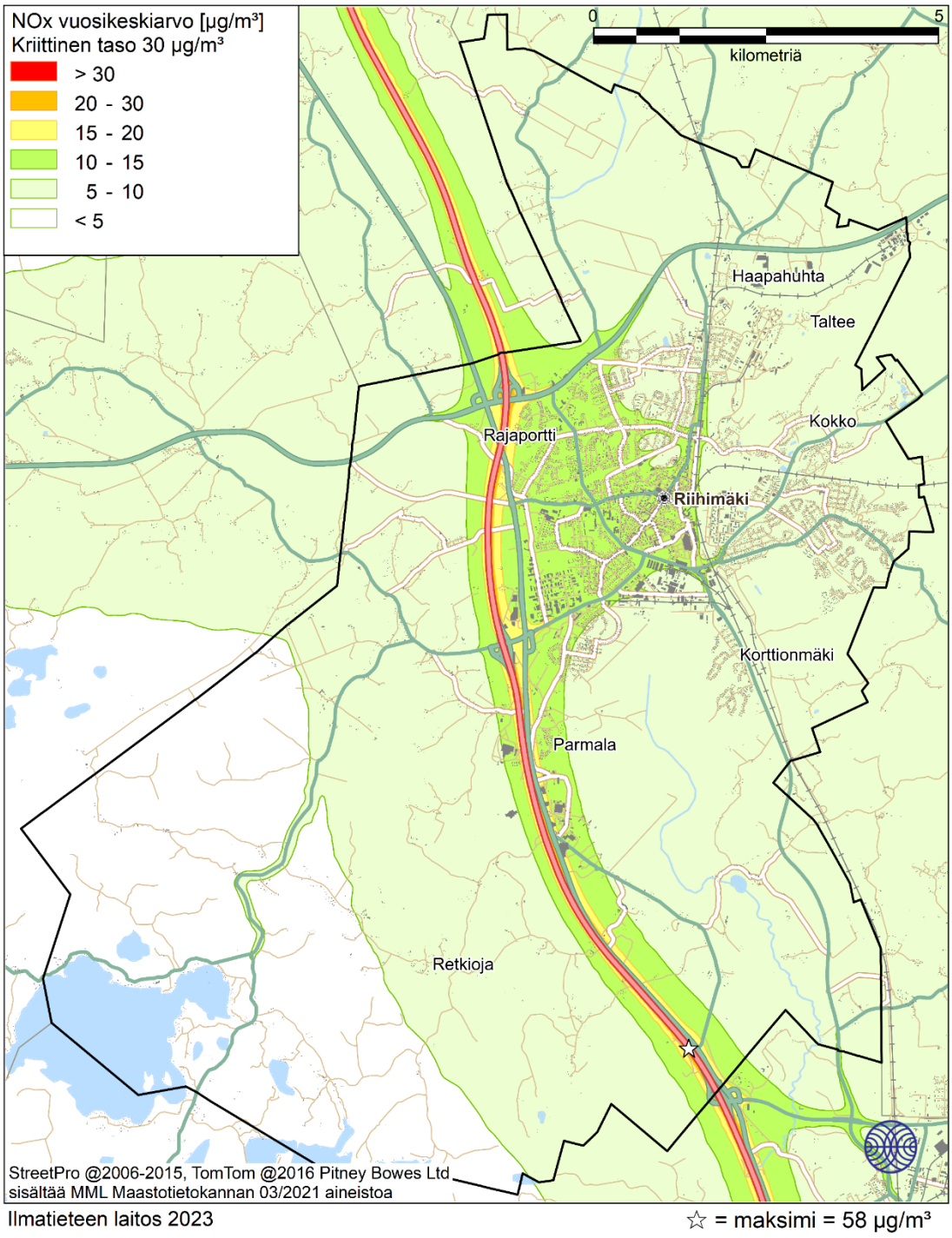
Kuva 2. Autoliikenteen, energiantuotannon, teollisuuden ja kiinteistökohtaisen lämmityksen päästöjen sekä alueellisen taustapitoisuuden (vuosikeskiarvona 4,1 µg/m³) yhdessä aiheuttama typpidioksidin vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³) Riihimäellä.

Taulukossa 2 on esitetty leviämismallilaskelmien tuloksena saadut korkeimmat typen oksidien kriittiseen tasoon (30 µg/m³) verrannolliset pitoisuudet Riihimäellä. Korkeimmat pitoisuudet on esitetty päästölähteittäin ja kaikkien päästölähteiden yhteisvaikutuksena. Kaikkien päästölähteiden ja taustapitoisuuden aiheuttama typen oksidien vuosikeskiarvopitoisuus Riihmäellä on esitetty kuvassa 3 ja liitekuvissa 17–18. Typenoksidipitoisuuksille annettua kriittistä arvoa sovelletaan rakennetun ympäristön ulkopuolella olevilla laajoilla maa- ja metsätalousalueilla sekä luonnonsuojelun kannalta merkityksellisillä alueilla. Typen oksidien pitoisuudet alittavat kriittisen tason Riihimäen alueen liikenneväylien ulkopuolella. Rakennetun ympäristön ulkopuolella typen oksidien vuosikeskiarvopitoisuudet ovat alle 10 µg/m³.

Taulukko 2. Eri päästölähteiden aiheuttamat korkeimmat mallinnetut typen oksidien pitoisuudet (µg/m³) Riihimäellä vuosina 2019–2021. Korkeimmat arvot esiintyvät eri laskentapisteissä eri puolilla tutkimusaluetta. Kriittisen tason ylitykset on lihavoitu.

NO_x (µg/m³)	Kriittinen taso	Auto-liikenne	Energian-tuotanto ja teollisuus	Kiinteistö-kohtainen lämmitys	Kaikki yhteensä
Vuosikeskiarvo	30	**53**	1,4	1,4	**58**

Kuva: Timo Rasila



Kuva 3. Autoliikenteen, energiantuotannon, teollisuuden ja kiinteistökohtaisen lämmityksen päästöjen sekä alueellisen taustapitoisuuden (vuosikeskiarvona 4,1 µg/m³) yhdessä aiheuttama typen oksidien (NO_x) vuosikeskiarvopitoisuus (µg/m³) Riihimäellä.

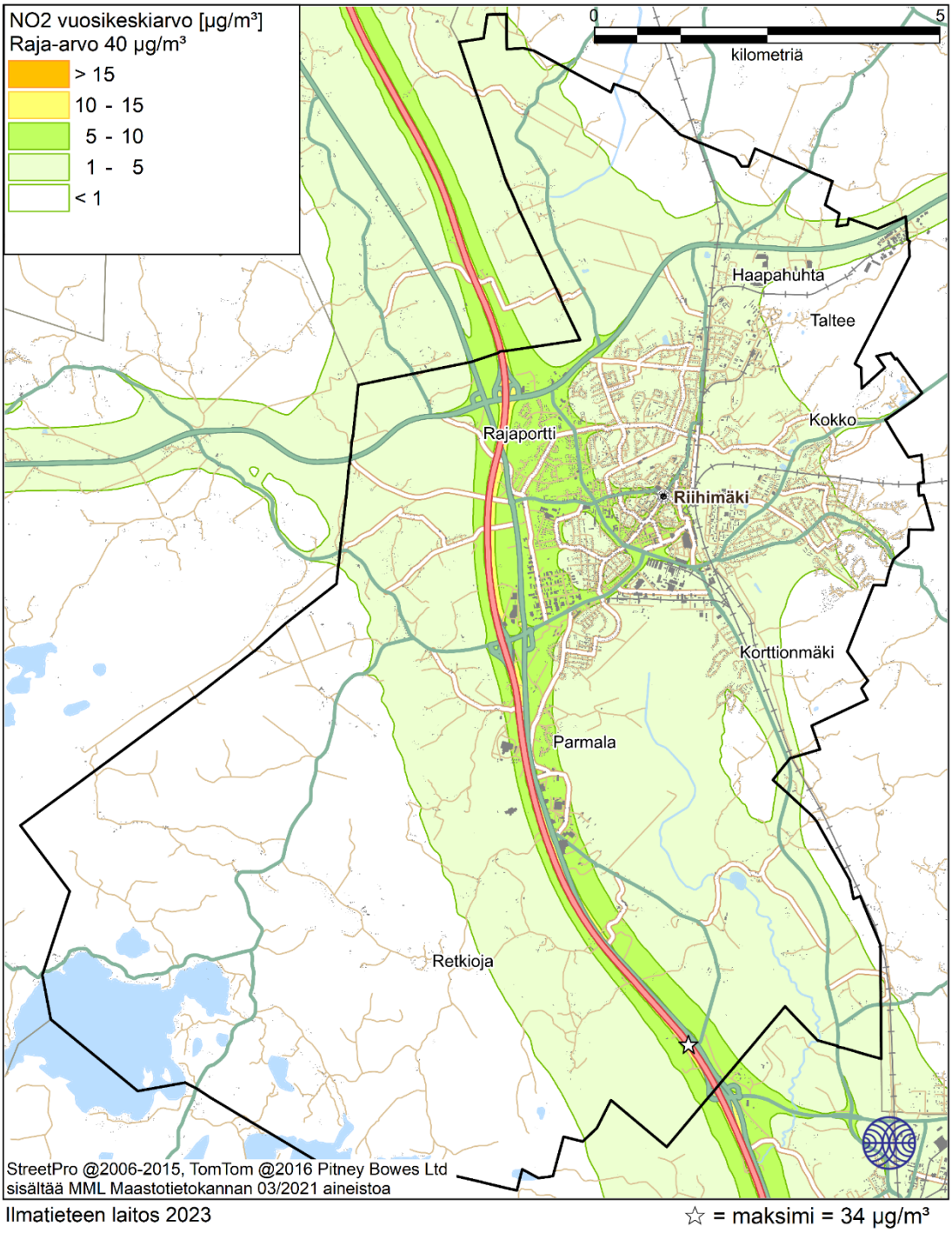
2.1.2 Autoliikenne

Leviämismallilaskelmien tuloksena saadut autoliikenteen vuoden 2020 päästöjen aiheuttamat korkeimmat typpidioksidipitoisuudet Riihimäellä on esitetty kuvassa 4 sekä liitekuvissa 3–4 ja 11–12. Typpidioksidin kaikki raja- ja ohjearvoihin verrannolliset pitoisuudet alittuvat Riihimäellä.

Typpidioksidipitoisuuden vuosiraja-arvo (40 µg/m^3) alittuu koko tarkastelualueella (kuva 4). Autoliikenteen aiheuttamat pitoisuudet ovat korkeimmillaan (34 µg/m^3) Helsinginväylän Riihimäen kaupungin etelärajalla ollen yleisesti 10–15 µg/m^3 Helsinginväylän varrella ja sen rampeilla. Autoliikenteen päästöjen yksinään aiheuttama typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvo on Riihimäen keskusta-alueella ja vilkkaimpien teiden varsilla 5–10 µg/m^3. Asuinalueilla autoliikenteen aiheuttama typpidioksidipitoisuus on 1–5 µg/m^3 ja maaseutumaisilla alueilla alle 1 µg/m^3.

Autoliikenteen vuoden 2020 päästöjen aiheuttamat korkeimmat typpidioksidipitoisuudet alittavat vuorokausiohjearvon (70 µg/m^3) kaikkialla Riihimäellä. Korkeimmillaan vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus on 58 µg/m^3 Helsinginväylän eteläpäässä (liitekuva 11). Riihimäen keskustan alueella ja vilkkaasti liikennöidyillä väylillä vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet ovat pääosin tasoa 20–30 µg/m^3. Korkeimpien pitoisuuksien pitoisuusvyöhykkeet ovat vain hieman pienempiä kuin kaikkien päästölähteiden yhdessä aiheuttamien typpidioksidipitoisuuksien ylitysalueet, sillä autoliikenne aiheuttaa valtaosan mallinnetuista typpidioksidipitoisuuksista.

Kuva: Katja Lovén



Kuva 4. Autoliikenteen vuotta 2020 edustavien päästöjen yksinään aiheuttama typpidioksidin vuosikeskiarvopitoisuus (µg/m³) Riihimäellä ilman alueellista taustapitoisuutta.

2.1.3 Energiantuotanto ja teollisuus

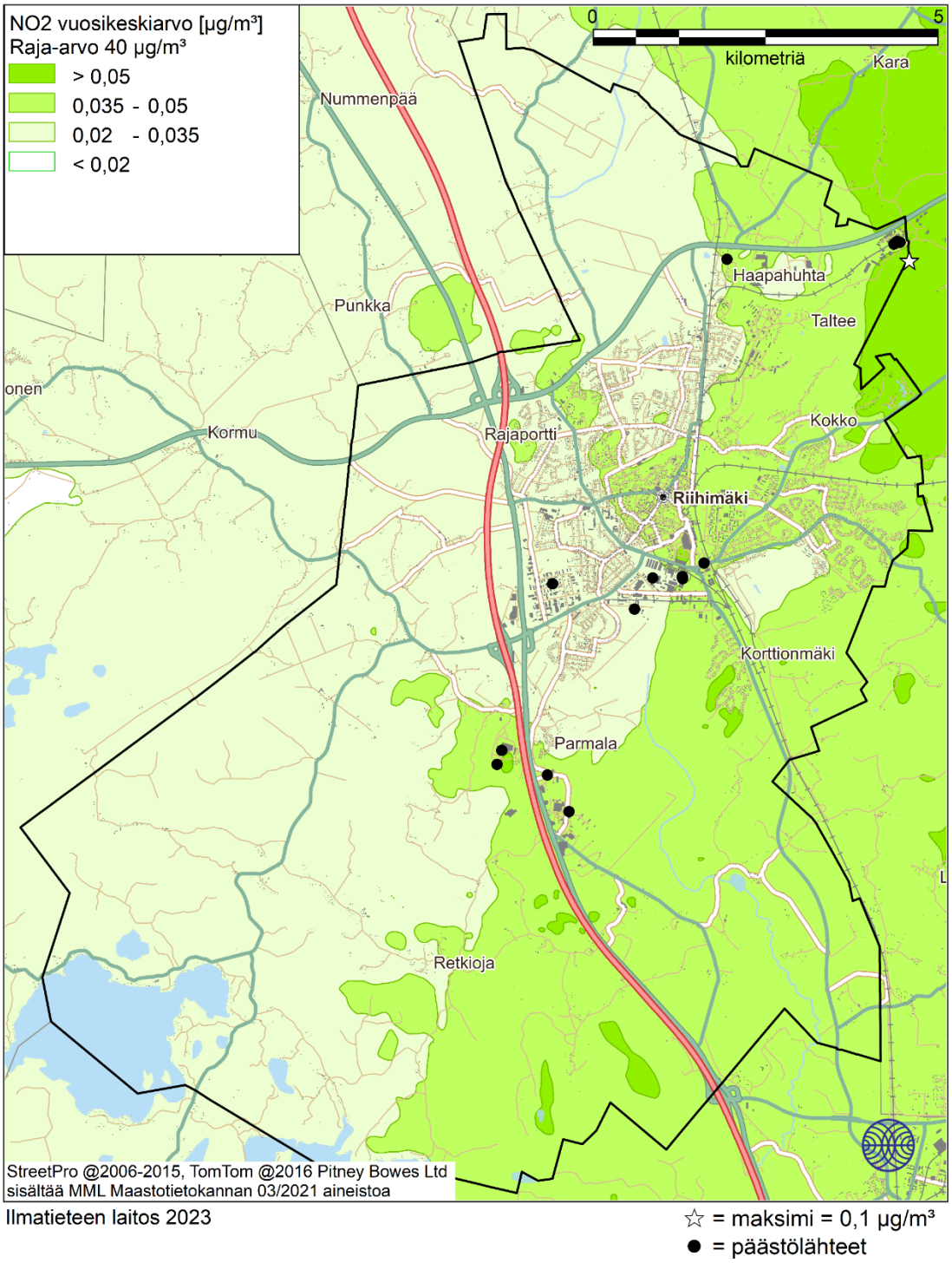
Leviämismallilaskelmien tuloksena saatu energiantuotannon ja teollisuuden pääosin vuotta 2021 edustavien päästöjen yksinään aiheuttamat korkeimmat typpidioksidipitoisuudet Riihimäellä on esitetty kuvassa 5 sekä liitekuvissa 5–6 ja 13–14. Tulosten mukaan laitosten yhdessä aiheuttama typpidioksidin vuosikeskipitoisuus (raja-arvo 40 µg/m^3) on hyvin pieni, korkeimmillaankin vain

0,1 µg/m^3. Typpidioksidipitoisuudet ovat suurimmillaan Riihimäen kaupungin alueen koillispuolella. Pitoisuuksien muodostumiseen vaikuttavat eniten Fortum Waste Solutions Oy:n voimalaitosten päästöt ja toissijaisesti Versowood Oy:n voimalaitosten päästöt. Muiden energiantuotanto- ja teollisuuslaitosten vaikutus typpidioksidipitoisuuksiin on vähäistä.

Energiantuotannon ja teollisuuden päästöjen aiheuttamat korkeimmat typpidioksin vuorokausiohjearvoon (70 µg/m^3) verrannolliset pitoisuudet ovat korkeimmillaan alle 1 µg/m^3 (liitekuvat 13–14). Korkein pitoisuus muodostuu Riihimäen Fortum Waste Solutions Oy:n ympäristöön.

Teollisuuden ja energiantuotannon päästöjen vaikutus ilmanlaatuun on pieni, vaikka laitokset tuottavat 55 % Riihimäen typenoksidipäästöistä. Teollisuuden ja energiantuotannon päästöt vapautuvat pääasiassa korkeista piipuista, jolloin ne leviävät ja laimenevat tehokkaasti eivätkä heikennä ilmanlaatua hengityskorkeudella.

Kuva: Timo Rasila



Kuva 5. Energiantuotannon ja teollisuuden vuotta 2021 edustavien päästöjen yksinään aiheuttama typpidioksidin vuosikeskiarvopitoisuus (µg/m³) Riihimäellä ilman alueellista taustapitoisuutta. Mustat pisteet kuvaavat mallinnuksessa mukana olleita energiantuotanto- tai teollisuuslaitoksia.

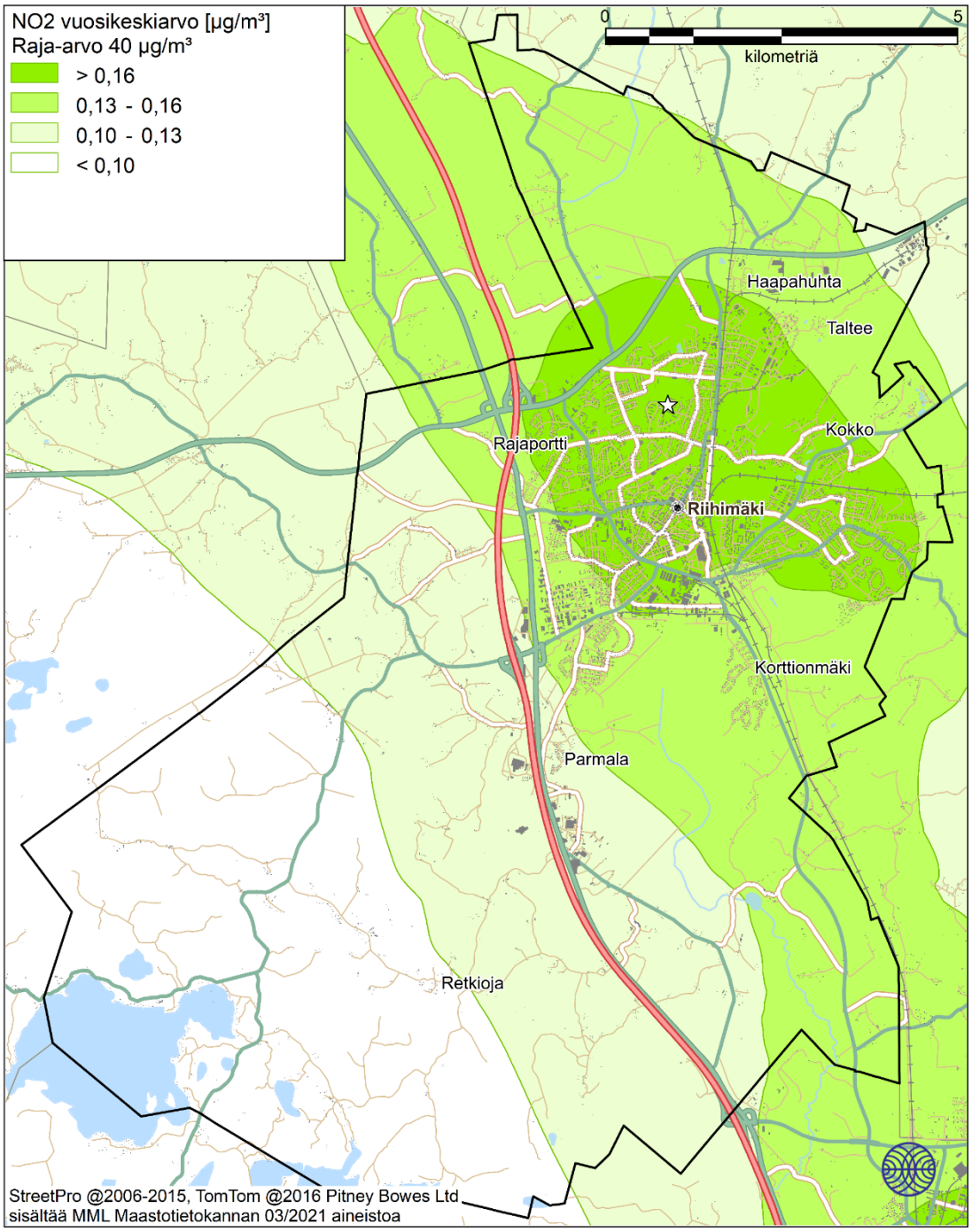
2.1.4 Kiinteistökohtainen lämmitys

Leviämismallilaskelmien tuloksena saadut kiinteistökohtaisen lämmityksen vuoden 2019 päästöjen yksinään aiheuttamat korkeimmat typpidioksidipitoisuudet Riihimäellä on esitetty kuvassa 6 sekä liitekuvissa 7–8 ja 15–16.

Kiinteistökohtaisen lämmityksen päästöjen aiheuttamat typpidioksidipitoisuudet ovat varsin pieniä. Pienpolton vaikutukset ovat suurimmillaan tiiviisti rakennetuilla pientaloalueilla Riihimäen kaupunkialueella. Typpidioksidin vuosikeskiarvopitoisuus on suurimmillaan 0,2 µg/m^3 (raja-arvo 40 µg/m^3) Petsamon asuinalueella. Kotitalouksien pienpolton vaikutus typpidioksidipitoisuuksiin on vähäinen ja pitoisuuksia kohottavat lähinnä omakotitalojen öljylämmitys ja lisälämmitys, kuten takat.

Kiinteistökohtaisen lämmityksen päästöjen aiheuttamat typpidioksidipitoisuuksien vuorokausiohjearvoon (70 µg/m^3) verrannolliset pitoisuudet ovat korkeimmillaan 1,7 µg/m^3 (liitekuvat 15–16). Korkeimpien pitoisuuksien muodostumiseen vaikuttaa päästölähteiden sijainti, päästöjen määrä sekä meteorologia.

Kuva: Timo Rasila



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 0,2 µg/m³

Kuva 6. Kiinteistökohtaisen lämmityksen vuotta 2019 edustavien päästöjen yksinään aiheuttama typpidioksidin vuosikeskiarvopitoisuus (µg/m³) Riihimäellä ilman alueellista taustapitoisuutta.

2.2 Pienhiukkaspitoisuudet ($PM_{2,5}$)

Kaukokulkeumalla eli alueelle muualta kulkeutuneilla hiukkasilla on merkittävä vaikutus pienhiukkasten pitoisuustasoihin Suomessa ja korkeimmat pienhiukkaspitoisuudet havaitaankin yleensä kaukokulkeumaepisodien aikana. Suurin vaikutus Riihimäenkin pienhiukkaspitoisuustasoihin on taustapitoisuudella, joka on alueella vuositasolla noin 4,8 µg/m^3. Paikalliset päästölähteet aiheuttavat vuositasolla muutamien mikrogrammojen suuruisen lisän taustapitoisuuksiin. Korkeimmat pienhiukkaspitoisuudet esiintyvät Helsinginväylän varrella ja Riihimäen keskustan ympäristön asuinalueilla. Vilkkaimpien teiden varsilla liikenteen päästöillä on huomattava vaikutus pienhiukkasten pitoisuustasoihin. Asuinalueilla pientalojen puunpoltolla on paikallisesti liikennepäästöjäkin merkittävämpi vaikutus pienhiukkaspitoisuuksiin. Riihimäen keskusta-alueen ulkopuolella pienhiukkaspitoisuudet ovat taustapitoisuuden tasolla tai vain hiukan taustapitoisuutta suurempia.

2.2.1 Kaikki päästölähteet

Taulukossa 3 on esitetty leviämismallilaskelmien tuloksena saadut korkeimmat pienhiukkasten raja-arvoon ja WHO:n ohjearvoihin verrannolliset pitoisuudet Riihimäellä. Korkeimmat pitoisuudet on esitetty päästölähteittäin ja kaikkien päästölähteiden yhteisvaikutuksena. Riihimäen autoliikenteen, energiantuotannon, teollisuuden ja kiinteistökohtaisen lämmityksen päästöjen sekä alueellisen taustapitoisuuden yhdessä aiheuttama pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuus on esitetty kuvassa 7. Pienhiukkasten kokonaispitoisuudet on esitetty lisäksi raportin lopussa liitekuvissa 19–20.

Taulukko 3. Eri päästölähteiden aiheuttamat korkeimmat mallinnetut pienhiukkaspitoisuudet (µg/m³) Riihimäellä vuosina 2019–2021. Korkeimmat arvot esiintyvät eri laskentapisteissä eri puolilla tutkimusaluetta. WHO:n ohjearvon ylitykset on lihavoitu.

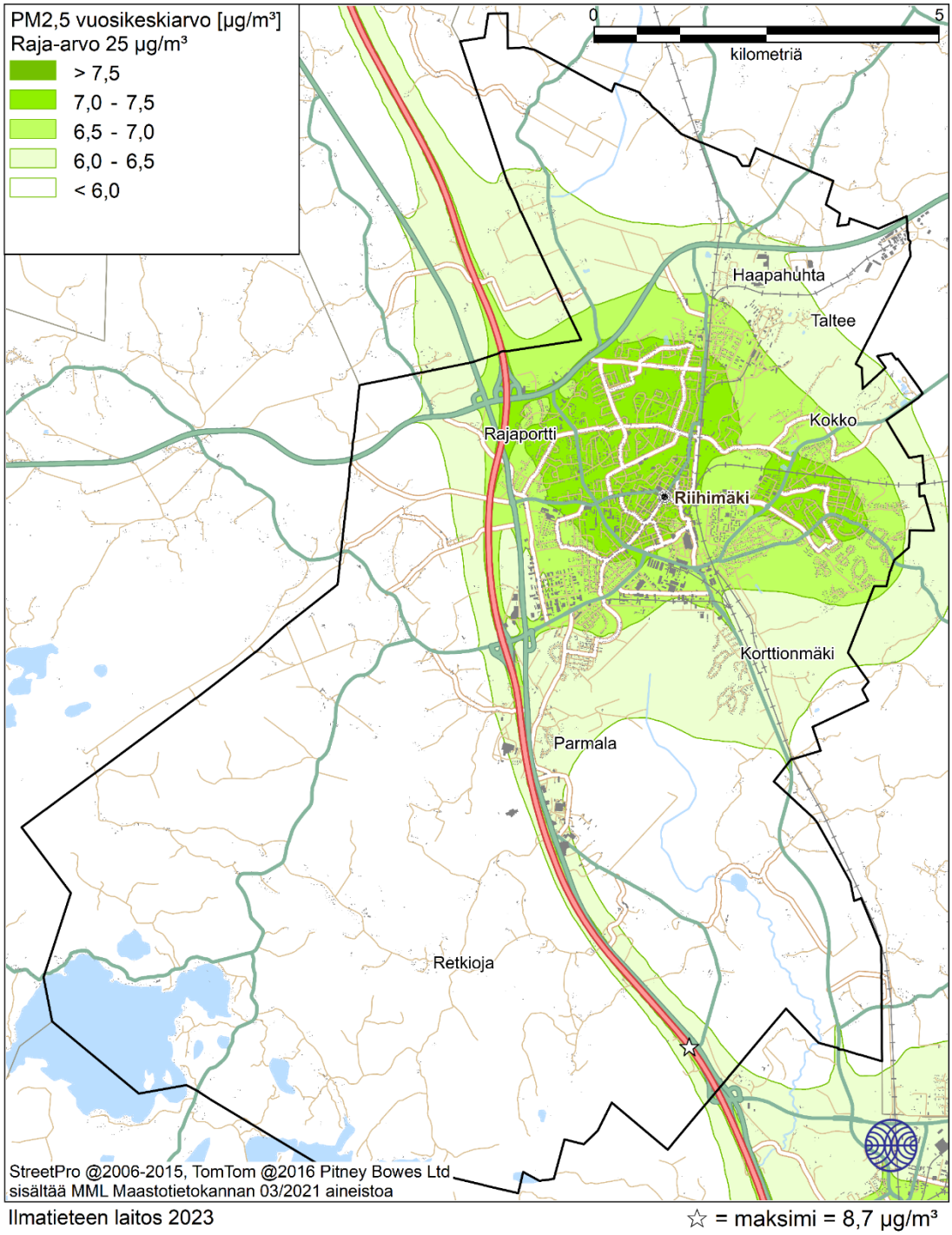
$PM_{2,5}$	Ohje- tai raja-arvo	Auto-liikenne	Energian-tuotanto ja teollisuus	Kiinteistö-kohtainen lämmitys	Kaikki yhteensä
Vuosikeskiarvo	25/5*	3,1	0,1	2,4	**8,7**
Vuorokausiohjearvo	15*	7,9	1,3	**16**	**22**

* WHO:n ohjearvo

Mallinnetut pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudet alittavat selvästi vuosiraja-arvon 25 µg/m³, mutta ylittävät WHO:n uuden (2021) tiukan vuosiohjearvon 5 µg/m³ Riihimäen keskustan ympäristössä. WHO:n ohjearvoja ei ole viety osaksi Suomen ilmanlaatulainsäädäntöä, joten ne ovat suosituksenomaisia eikä niillä ei ole lainvoimaa Suomessa. Taustapitoisuus vaikuttaa eniten mallinnettuihin pienhiukkasten kokonaispitoisuuksiin ja WHO:n ohjearvo on jo lähes saavutettu taustapitoisuuden (4,8 µg/m^3) vaikutuksesta.

Pienhiukkaspitoisuuksien alueellinen vaihtelu on vähäistä, koska suurin osa kokonaispitoisuudesta on taustapitoisuutta. Autoliikenne, energiantuotanto, teollisuus ja kotitalouksien puunpoltto vaikuttavat pitoisuuksiin paikallisesti ja näiden eri päästölähteiden vaikutus on suurimmillaan päästölähteiden läheisyydessä. Pienhiukkaspitoisuuden vuosikeskiarvo on suurimmillaan Helsinginväylän varrella ja Riihimäen keskustan alueella, jossa pitoisuuksiin vaikuttavat sekä autoliikenne että kiinteistökohtainen lämmitys. Korkeimmillaan pienhiukkaspitoisuus on 8,7 µg/m^3 Helsinginväylällä Riihimäen kaupungin etelärajalla.

Riihimäen keskustassa ja keskustan lähellä olevilla asuinalueilla Rajaportin ja Pohjankorven välisellä alueella vuosikeskiarvopitoisuus on yli 7 µg/m³. Etäänpänä Riihimäen kaupunkialueen asuinalueilla vuosikeskiarvopitoisuus on yli 6 µg/m³. Riihimäen kaupungin maaseutumaisilla alueilla pienhiukkaspitoisuus on taustapitoisuuden tasoa ollen alle 6 µg/m³.



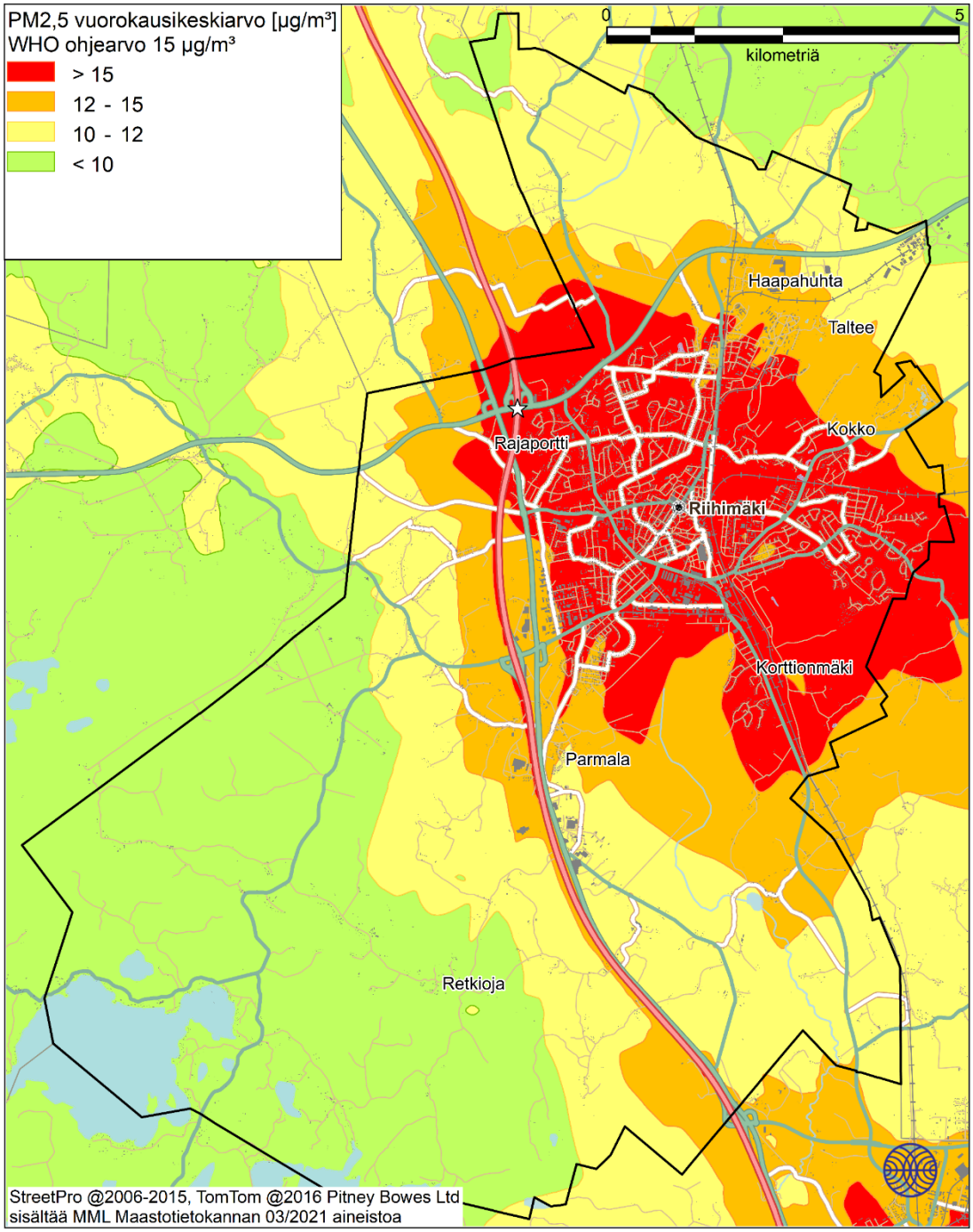
Kuva 7. Autoliikenteen, energiantuotannon, teollisuuden ja kiinteistökohtaisen lämmityksen päästöjen sekä alueellisen taustapitoisuuden (vuosikeskiarvo 4,8 µg/m³) yhdessä aiheuttama pienhiukkasten ($PM_{2,5}$) vuosikeskiarvopitoisuus (µg/m³) Riihimäellä.

Riihimäen kaikkien päästölähteiden ja alueellisen taustapitoisuuden yhdessä aiheuttama korkein pienhiukkasten WHO:n vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus on esitetty kuvassa 8 ja liitekuvissa 27–28.

Hetkelliset pienhiukkaspitoisuudet voivat epäedullisissa meteorologisissa olosuhteissa nousta vuosikeskiarvopitoisuuksia huomattavasti korkeammiksi. Leviämismallilaskelmien mukaan pienhiukkaspitoisuudet ylittävät WHO:n ohjearvon 15 µg/m³ vilkasliikenteisten väylien varsilla ja laajasti Riihimäen asuinalueilla ja niiden ympäristössä. Korkeimmillaan pienhiukkasten WHO:n vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus on 22 µg/m^3 Helsinginväylän ja Lahdentien yhdistävien ramppien kohdalla. Pitoisuudet pienentyvät etäisyyden kasvaessa tiiviimmin asutetusta Riihimäen asuinalueista. Maaseutumaisessa ympäristössä pienhiukkasten vuorokausipitoisuus on alle 10 µg/m³.

Kaukokulkeumalla on merkittävä vaikutus pienhiukkasten pitoisuuksiin Suomessa ja korkeimmat mitatut pienhiukkasten lyhytaikaispitoisuudet havaitaankin yleensä kaukokulkeumaepisodien aikana. Näissä tilanteissa pienhiukkaspitoisuuden WHO:n vuorokausiohjearvo ylittyy helposti koko Suomessa, jopa puhtailla tausta-alueilla. Suurimmat pitoisuudet havaitaan yleensä, kun ilmavirtaukset ovat etelän tai idän suuntaisia (mm. Venäjän ja Itä-Euroopan metsäpalojen aiheuttamat kohonneet pienhiukkaspitoisuudet).

Kuva: Katja Lovén



Kuva 8. Autoliikenteen, energiantuotannon, teollisuuden ja kiinteistökohtaisen lämmityksen päästöjen sekä alueellisen taustapitoisuuden (vuosikeskiarvona 4,8 µg/m³) yhdessä aiheuttama pienhiukkasten ($PM_{2,5}$) WHO:n vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³) Riihimäellä.

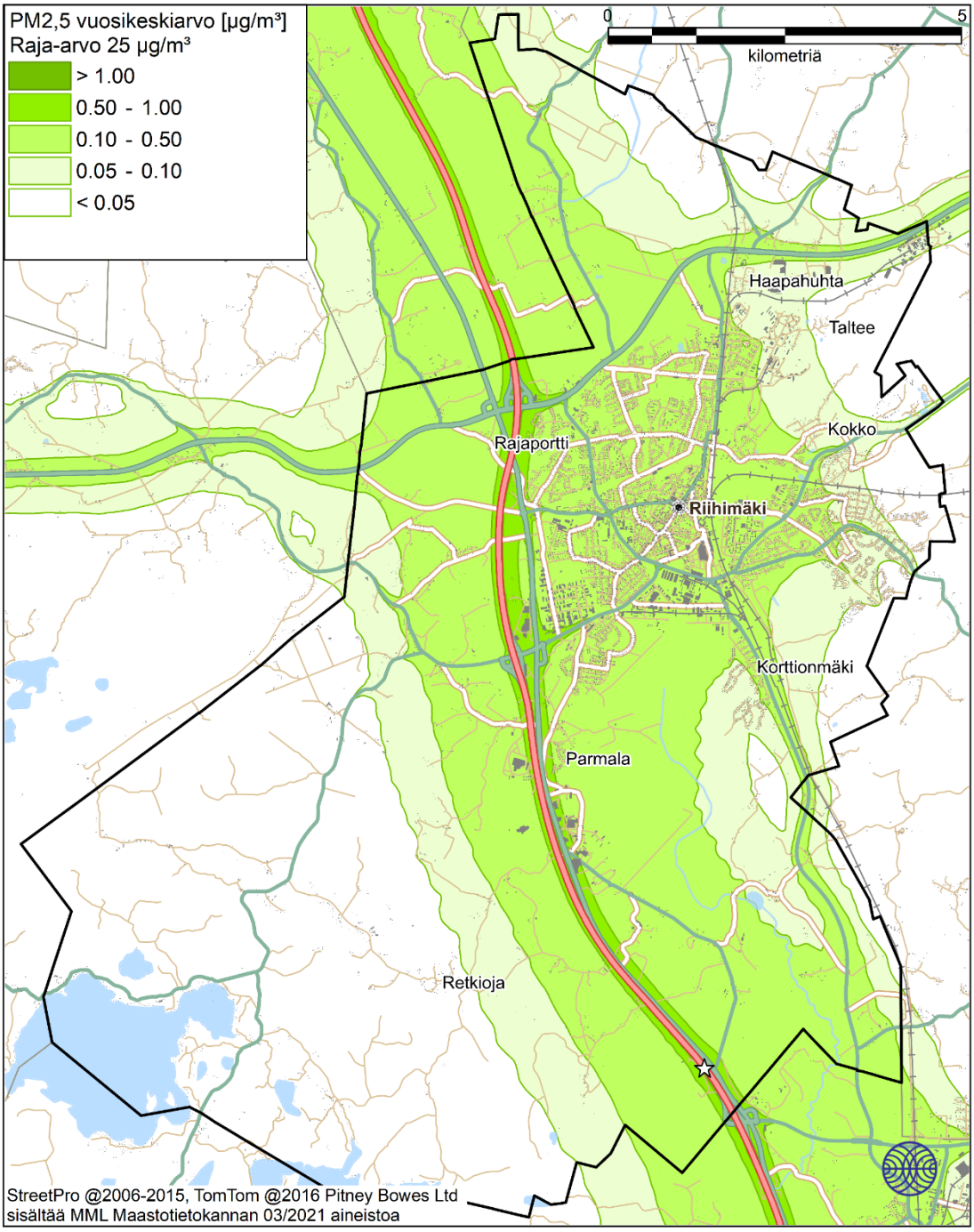
2.2.2 Autoliikenne

Leviämismallilaskelmien tuloksena saadut autoliikenteen vuoden 2020 päästöjen aiheuttamat korkeimmat pienhiukkaspitoisuudet Riihimäellä on esitetty kuvassa 9 sekä liitekuvissa 21–22 ja 29–30.

Autoliikenteen päästöjen yksinään aiheuttamat pienhiukkaspitoisuudet ovat korkeimmillaan Helsinginväylän ja Hämeenlinnantien varsilla, Riihimäen keskustan sisääntuloväylillä ja vilkkaimmilla risteysalueilla. Pienhiukkaspitoisuuden vuosikeskiarvo on korkeimmillaan Helsinginväylällä Riihimäen kaupungin etelärajalla 3,1 µg/m³ (raja-arvo 25 µg/m^3). Keskustan ympäristössä autoliikenteen aiheuttama pienhiukkaspitoisuus on tyypillisesti 0,5–1 µg/m³. Pitoisuudet pienentyvät nopeasti etäisyyden kasvaessa liikenneväylistä.

Autoliikenteen vuoden 2020 päästöjen aiheuttamat korkeimmat WHO:n vuorokausiohjearvoon (15 µg/m³) verrannolliset pienhiukkaspitoisuudet ovat Helsinginväylällä korkeimmillaan 8 µg/m³ eli noin puolet ohjearvosta. Riihimäen keskustan vilkasliikenteisillä alueilla pienhiukkasten WHO:n vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus on 1–3 µg/m³ (liitekuva 30).

Kuva: Katja Lovén



Ilmatieteen laitos 2023

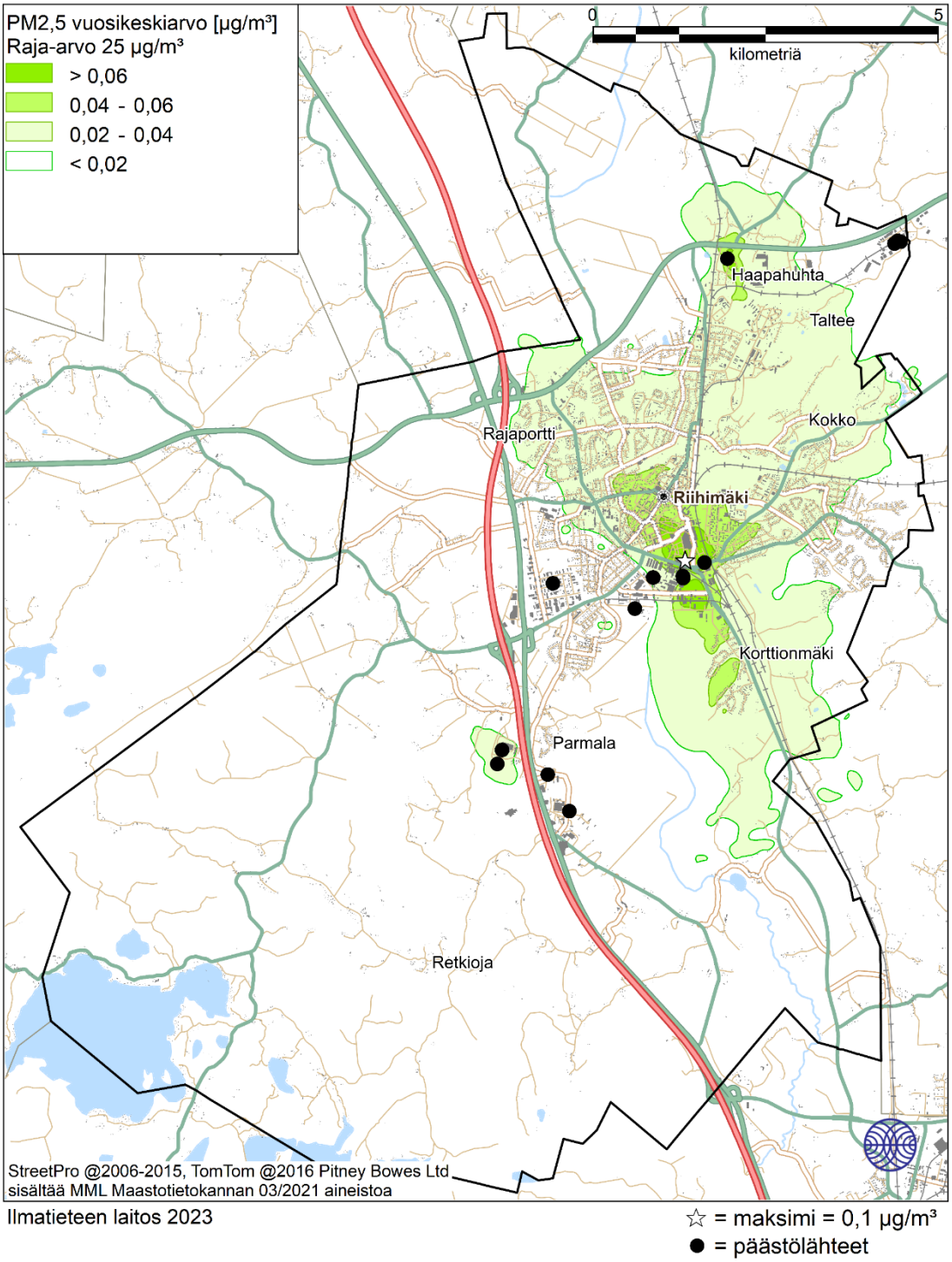
☆ = maksimi = 3,1 µg/m³

Kuva 9. Autoliikenteen vuotta 2020 edustavien päästöjen yksinään aiheuttama pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuus (µg/m³) Riihimäellä ilman alueellista taustapitoisuutta.

2.2.3 Energiantuotanto ja teollisuus

Leviämismallilaskelmien tuloksena saadut energiantuotannon ja teollisuuden laitosten pääosin vuotta 2021 edustavien päästöjen aiheuttamat korkeimmat pienhiukkasten vuosikeski-arvopitoisuudet Riihimäellä on esitetty kuvassa 10 sekä liitekuvissa 23–24 ja 31–32. Tulosten mukaan laitosten aiheuttamat korkeimmat pienhiukkasten vuosipitoisuudet ovat hyvin pieniä ja niiden yhteisvaikutus jää koko tarkastelualueella alle 1 µg/m^3 (raja-arvo 25 µg/m^3).

Pienhiukkaspitoisuudet ovat suurimmillaan Versowood Oy:n laitosten ympäristössä Riihimäen keskusta-alueella.



Kuva 10. Energiantuotannon ja teollisuuden vuotta 2021 edustavien päästöjen yksinään aiheuttama pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuus (µg/m³) Riihimäellä ilman alueellista taustapitoisuutta. Mustat pisteet kuvaavat tarkastelussa mukana olleita energiantuotanto- tai teollisuuslaitoksia.

Energiantuotannon ja teollisuuden vuoden 2021 päästöjen aiheuttamat korkeimmat WHO:n vuorokausiohjearvoon (15 µg/m^3) verrannolliset pienhiukkaspitoisuudet ovat enimmillään 1,3 µg/m^3 (liitekuvat 31–32). Korkein vuorokausikeskiarvopitoisuus 1,3 µg/m^3 havaitaan Riihimäen keskusta-alueen ympäristössä. Suurin pienhiukkaspäästölähde on Versowood Oy. Pääsääntöisesti teollisuuden ja energiantuotannon päästöjen vaikutus pienhiukkaspitoisuuksiin on hyvin pieni. Teollisuuden ja energiantuotannon päästöt vapautuvat useimmiten korkeista piipuista, jolloin ne leviävät ja laimenevat tehokkaasti eivätkä heikennä ilmanlaatua hengityskorkeudella. Matalista piipuista vapautuvilla päästöillä voi olla selvää vaikutusta ilmanlaatuun paikallisesti päästölähteen lähellä, etenkin epäedullisissa säätilanteissa, mutta vaikutus ulkoilmapitoisuuksiin laajemmalla alueella jää yleensä varsin vähäiseksi.

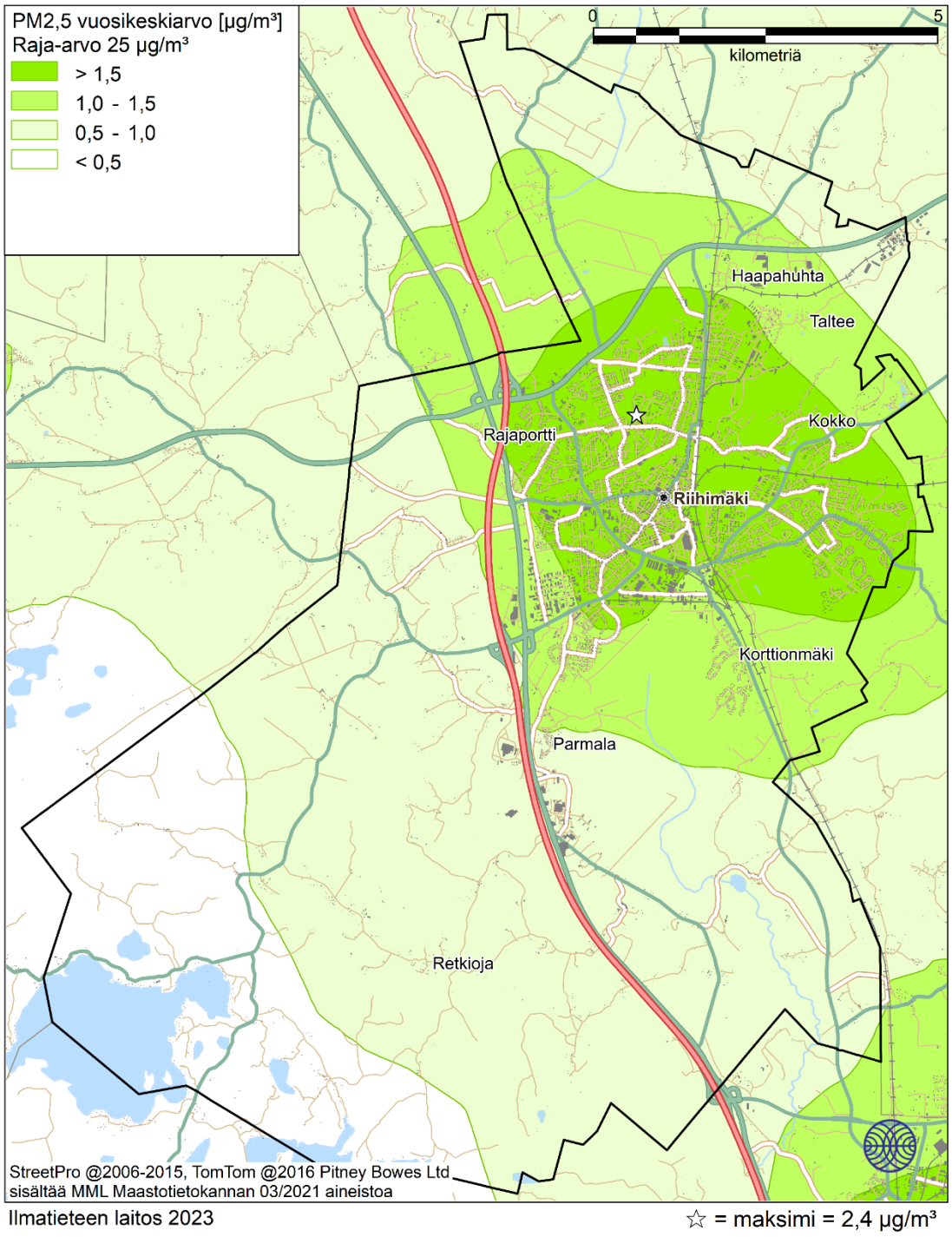
Teollisuuden ja energiantuotannon pienhiukkasten pitoisuustuloksia tarkasteltaessa on huomioitava, että mallilaskelmissa on otettu huomioon ainoastaan piipuista ja poistohormeista vapautuvat päästöt. Mallissa ei ole otettu huomioon erilaisista hajapäästölähteistä vapautuvia hiukkaspäästöjä tai erilaisia pölyäviä toimintoja, kuten lastien purkamisia tai kasojen pölyämistä.

2.2.4 Kiinteistökohtainen lämmitys

Leviämismallilaskelmien tuloksena saadut kiinteistökohtaisen lämmityksen vuoden 2019 päästöjen yksinään aiheuttamat korkeimmat pienhiukkaspitoisuudet Riihimäellä on esitetty kuvassa 11 sekä liitekuvissa 25–26 ja 33–34.

Kiinteistökohtaisen lämmityksen päästöjen aiheuttamat pienhiukkaspitoisuudet ovat suurimmillaan tiiviisti rakennetuilla pientaloalueilla Riihimäen kaupunkialueella. Pienhiukkasten vuosikeskiarvo-pitoisuus on suurimmillaan 2,4 µg/m^3 Ilomäen pientaloalueella (raja-arvo 25 µg/m^3). Malli-laskelmien mukaan kotitalouksien pienpoltto aiheuttaa yli 1 µg/m^3 lisän pienhiukkasten vuosipitoisuuksiin Riihimäen tiiviimmin rakennetuilla asuinalueilla. Harvemmin asutuilla Riihimäen alueilla kotitalouksien pienpoltto nostaa pienhiukkaspitoisuutta 0,5–1 µg/m^3.

Kiinteistökohtaisen lämmityksen päästöjen aiheuttamat korkeimmat WHO:n vuorokausiohjearvoon (15 µg/m^3) verrannolliset pienhiukkaspitoisuudet ovat korkeimmillaan hieman yli ohjearvon 16 µg/m^3 (liitekuvat 33–34). Ohjearvo 15 µg/m^3 ylittyy Riihimäellä noin 200 m x 200 m suuruisella alueella. Ylitykset ovat hyvin paikallisia. Riihimäen tiiviisti rakennetuilla alueilla pitoisuustaso ylittää 10 µg/m^3, kun taas tiiviin asuinalueen ulkopuolella pitoisuudet laskevat alle 10 µg/m^3.



Kuva 11. Kiinteistökohtaisen lämmityksen vuotta 2019 edustavien päästöjen yksinään aiheuttama pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuus (µg/m³) Riihimäellä ilman alueellista taustapitoisuutta.

2.3 Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet (PM_{10})

Riihimäellä merkittävin ilmanlaatua ajoittain heikentävä tekijä on katupöly. Katupölykaudella hengitettävien hiukkasten pitoisuudet kohoavat etenkin vilkkaasti liikennöityjen väylien läheisyydessä. Katupölyä esiintyy usein keväällä maalis-toukokuussa lumien sulettua ja katujen kuivuttua sekä loppusyksystä talvirengaskauden alkaessa ennen lumipeitteen tuloa. Katupölyn ja

korkeiden hiukkaspitoisuuksien muodostumiseen voidaan merkittävästi vaikuttaa katujen talvikunnossapidolla, oikea-aikaisella hiekoitushiekan poistolla sekä pölynsidonnalla katupölykaudella. Myös rakennustyömaiden pölyntorjuntaan ja mahdolliseen pölynsidontaan tulee kiinnittää huomiota kaikkina vuodenaikoina.

2.3.1 Kaikki päästölähteet

Taulukossa 4 on esitetty leviämismallilaskelmien tuloksena saadut korkeimmat hengitettävien hiukkasten raja- ja ohjearvoihin verrannolliset pitoisuudet Riihimäellä. Korkeimmat pitoisuudet on esitetty päästölähteittäin ja kaikkien päästölähteiden yhteisvaikutuksena. Hengitettävät hiukkaset (hiukkaskokoluokka alle 10 µm) sisältää myös pienhiukkaset (kokoluokka alle 2,5 µm). Hengitettävien hiukkasten kokonaispitoisuuksista energiantuotannon ja teollisuuden osuudet on mallinnettu pienhiukkasina ja autoliikenteen sekä kiinteistökohtaisen lämmityksen hiukkaset on mallinnettu PM_{10}-hiukkasina.

Riihimäen kaikkien päästölähteiden päästöjen sekä pienhiukkasten alueellisen taustapitoisuuden yhdessä aiheuttama hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvopitoisuus on esitetty kuvassa 12. Hengitettävien hiukkasten kokonaispitoisuudet on esitetty lisäksi raportin lopussa liitekuvissa 35–36, 41–42 ja 47–48. Teollisuuden ja energiantuotannon osalta mallilaskelmissa on otettu huomioon ainoastaan piipuista ja poistohormeista vapautuvat päästöt, eikä laskelmissa ole huomioitu erilaisista hajapäästölähteistä vapautuvia hiukkaspäästöjä tai erilaisia pölyäviä toimintoja.

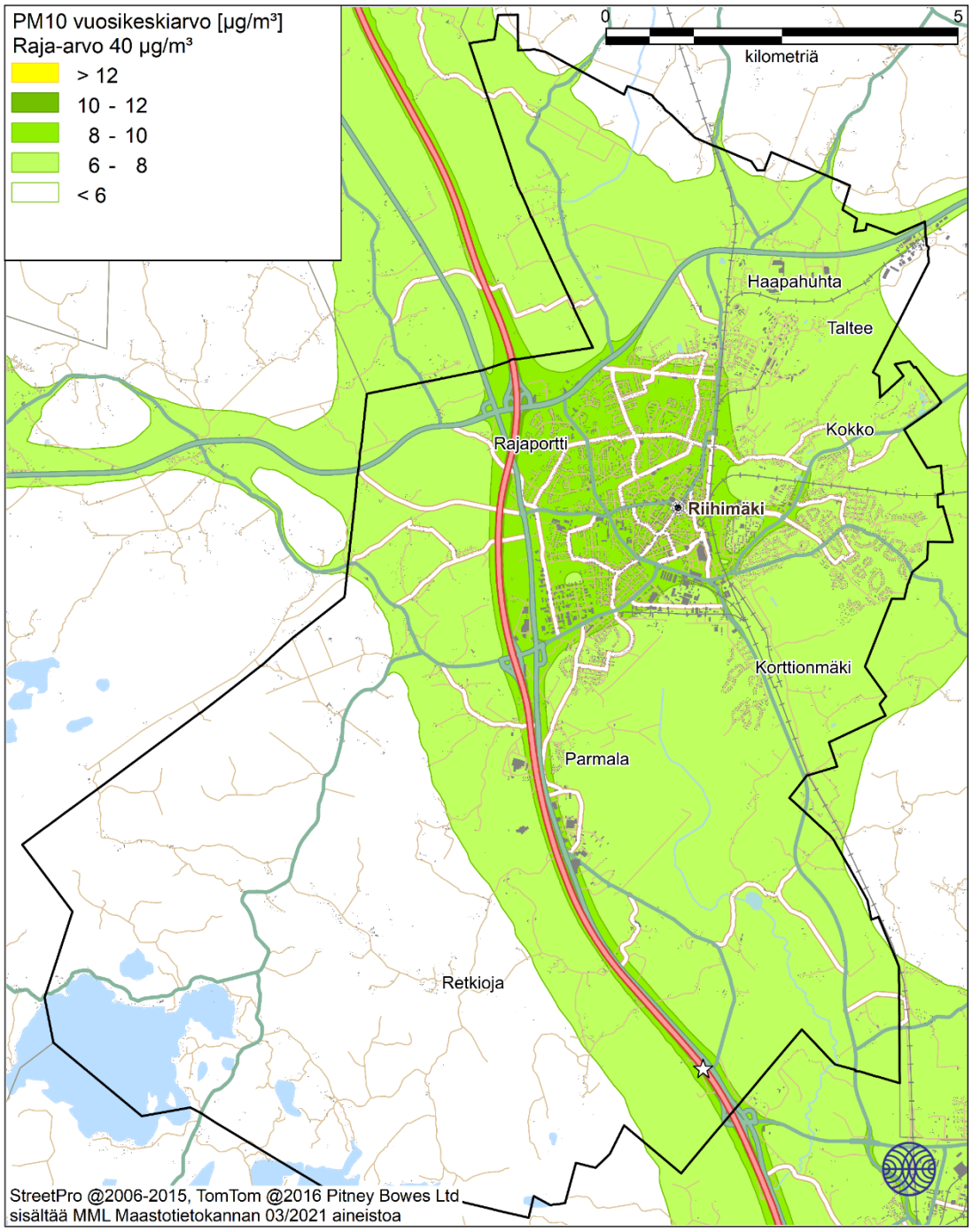
Mallinnetut hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudet alittavat raja-arvot kaikkialla Riihimäellä. Vuosikeskiarvopitoisuus (raja-arvo 40 µg/m^3) on Riihimäellä korkeimmillaan puolet raja-arvosta (20 µg/m^3). Korkeimmillaan hengitettävien hiukkasten pitoisuudet ovat Helsinginväylällä Riihimäen kaupungin etelärajalla. Riihimäen keskustan vilkkaimmin liikennöidyillä risteysalueilla hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvopitoisuus voi kohota yli 10 µg/m^3 mutta yleisesti vuosikeskiarvopitoisuus on Riihimäen keskustan alueella 8–10 µg/m^3. Keskusta-alueen ulkopuolella pitoisuudet ovat alle 8 µg/m^3 ja Riihimäen kaupungin eteläosassa taustapitoisuuden tasoa, alle 6 µg/m^3.

Hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvo alittuu kaikkialla Riihimäellä (liitekuvat 41–42). Korkein vuorokausiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus 44 µg/m^3 on lähellä vuorokausiraja-arvoa (50 µg/m^3, sallitaan 35 ylitystä) Helsinginväylällä, mutta raja-arvot eivät ole voimassa liikenneväylillä. Vuorokausipitoisuudet voivat kuitenkin ylittää raja-arvotason 50 µg/m³ useamman kerran vuoden aikana.

Taulukko 4. Eri päästölähteiden aiheuttamat korkeimmat mallinnetut hengitettävien hiukkasten pitoisuudet (µg/m³) Riihimäellä vuosina 2019–2021. Korkeimmat arvot esiintyvät eri laskentapisteissä eri puolilla tutkimusaluetta. Ohjearvon ylitykset on lihavoitu.

PM_{10} (µg/m³)	Ohje- tai raja-arvo	Auto-liikenne	Energian-tuotanto ja teollisuus	Kiinteistö-kohtainen lämmitys	Kaikki yhteensä
Vuosikeskiarvo	40	15	0,11 *	2,4	20
Vuorokausiohjearvo	70	**87**	1,5 *	19	**93**
Vuorokausiraja-arvo	50	38	0,40 *	5,9	44

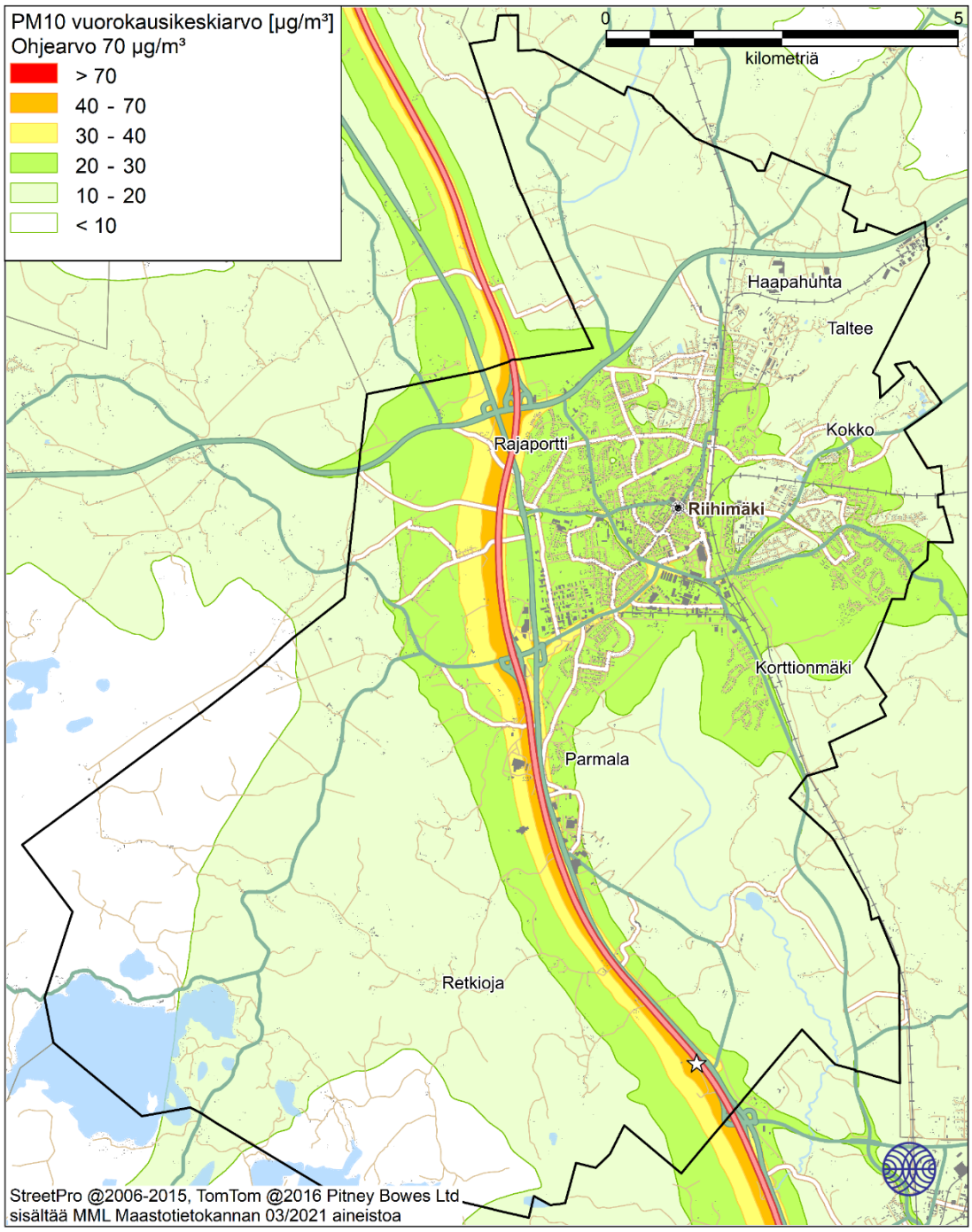
* = Pitoisuus on mallinnettu pienhiukkasina



Kuva 12. Autoliikenteen, energiantuotannon, teollisuuden ja kiinteistökohtaisen lämmityksen päästöjen sekä pienhiukkasten alueellisen taustapitoisuuden (pienhiukkasten vuosikeskiarvona 4,8 µg/m³) aiheuttama hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) vuosikeskiarvopitoisuus (µg/m³) Riihimäellä.

Riihimäen kaikkien päästölähteiden ja alueellisen taustapitoisuuden yhdessä aiheuttama hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvoon (70 µg/m³) verrannollinen pitoisuus on esitetty kuvassa 13. Vuorokausiohjearvo ylittyy Riihimäen kaupungin alueella vain Helsinginväylällä, jossa vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus on korkeimmillaan 93 µg/m³. Riihimäen keskustaan johtavien vilkkaimpien liikenneväylien varsilla pitoisuustaso on 30–40 µg/m³.

Autoliikenteen katupölypäästöt tuottavat selvästi korkeimmat hengitettävien hiukkasten pitoisuudet ja muilla päästölähteillä on pienempi vaikutus hengitettävien hiukkasten kokonaispitoisuuksiin. Pitoisuudet pienenevät nopeasti etäisyyden kasvaessa vilkkaimmista liikenneväylistä ja risteysalueista. Katupölypäästöihin ja korkeisiin hetkellisiin hengitettävien hiukkasten pitoisuuksiin voidaan vaikuttaa paikallisesti tehokkaalla katujen kunnossapidolla ja oikea-aikaisella hiekanpoistolla sekä pölynsidonnalla.



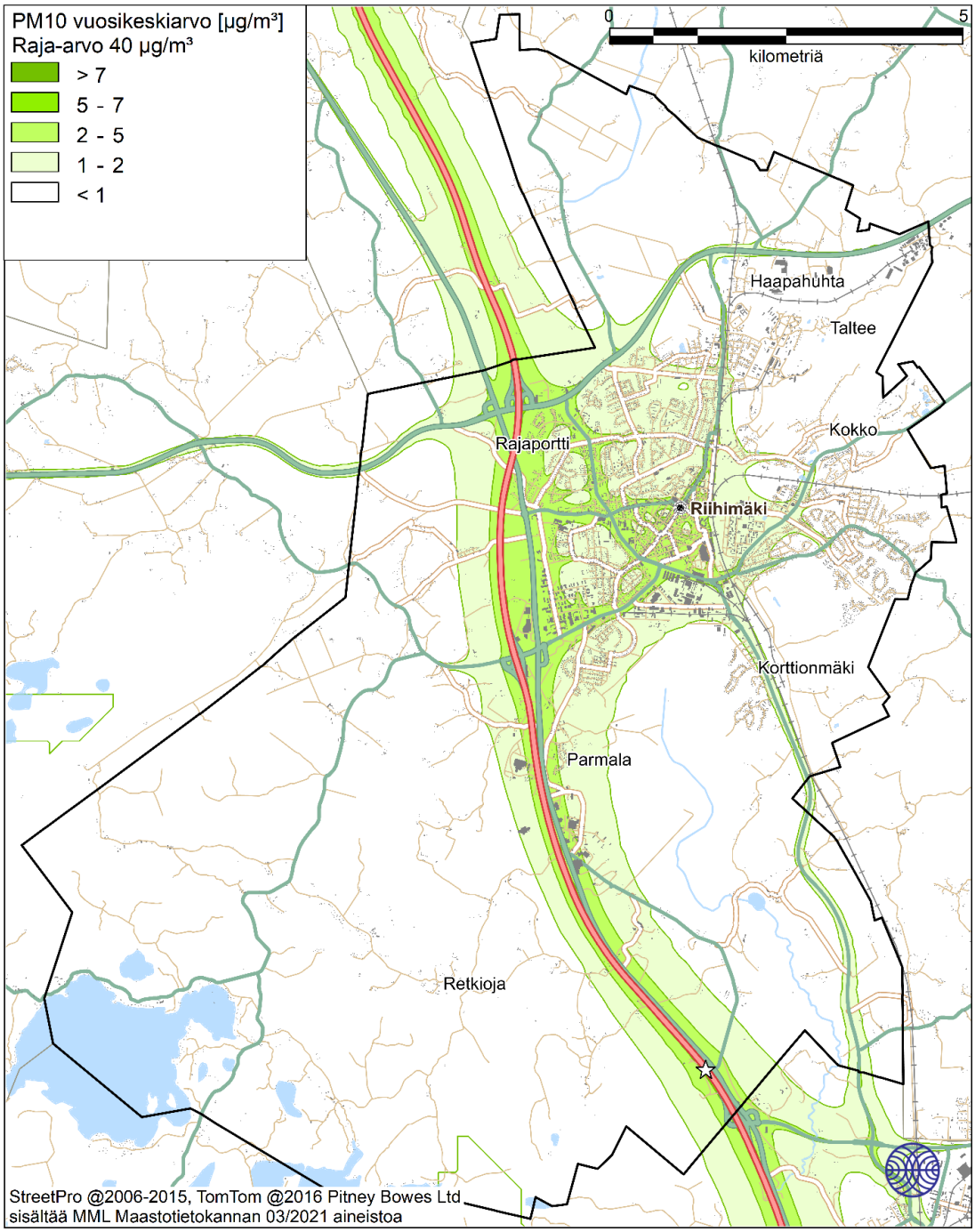
Kuva 13. Autoliikenteen, energiantuotannon, teollisuuden ja kiinteistökohtaisen lämmityksen päästöjen sekä pienhiukkasten alueellisen taustapitoisuuden (vuosikeskiarvona 4,8 µg/m³) aiheuttama hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³) Riihimäellä.

2.3.2 Autoliikenne

Leviämismallilaskelmien tuloksena saadut autoliikenteen vuoden 2020 päästöjen yksinään aiheuttamat korkeimmat hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudet Riihimäellä on esitetty kuvassa 14 sekä liitekuvissa 37–38 ja 43–44. Tulosten mukaan hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvopitoisuus on korkeimmillaan Helsinginväylällä ollen 15 µg/m³. Riihimäen keskustassa ja isoimpien liikenneväylien varsilla autoliikenteen aiheuttama hengitettävien hiukkasten vuosipitoisuus on 2–5 µg/m³ ja maaseutumaisilla alueilla alle 1 µg/m^3.

Autoliikenteen päästöjen aiheuttama hengitettävien hiukkasten korkein vuorokausiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus on Helsinginväylällä 38 µg/m^3 (raja-arvo 50 µg/m^3). Riihimäen keskustassa vuorokausiraja-arvoon verrannolliset pitoisuudet ovat 5–10 µg/m³ ja vilkkaimpien väylien ja risteysalueiden varsilla 10–20 µg/m³. Pitoisuudet pienentyvät nopeasti etäisyyden kasvaessa vilkkaimmista teistä (liitekuva 44).

Kuva: Katja Lovén



Kuva 14. Autoliikenteen vuotta 2020 edustavien päästöjen yksinään aiheuttama hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvopitoisuus (µg/m³) Riihimäellä ilman alueellista taustapitoisuutta.

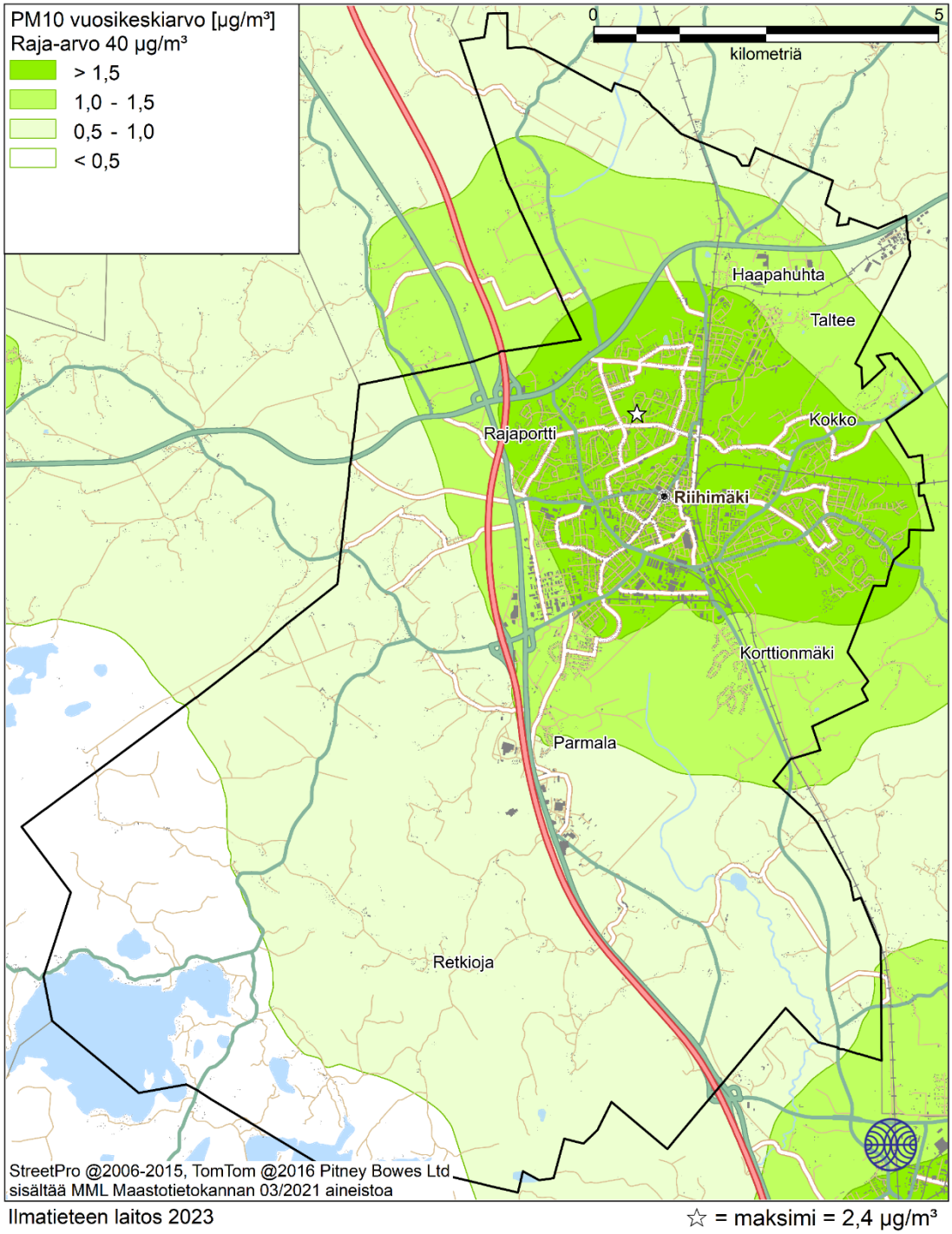
2.3.3 Kiinteistökohtainen lämmitys

Leviämismallilaskelmien tuloksena saadut kiinteistökohtaisen lämmityksen vuoden 2019 päästöjen yksinään aiheuttamat korkeimmat hengitettävien hiukkasten pitoisuudet Riihimäellä on esitetty kuvassa 15 sekä liitekuvissa 39–40 ja 45–46.

Kiinteistökohtaisen lämmityksen päästöjen aiheuttamat hengitettävien hiukkasten pitoisuudet ovat suurimmillaan tiiviisti rakennetuilla asuinalueilla Riihimäen kaupunkialueella. Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvopitoisuus on suurimmillaan 2,4 µg/m^3 Ilomäen pientaloalueella (raja-arvo 40 µg/m^3). Mallilaskelmien mukaan kotitalouksien pienpoltto aiheuttaa yli 1 µg/m^3 hengitettävien hiukkasten vuosipitoisuuksia Riihimäen tiiviimmin rakennetuilla asuinalueilla. Harvemmin asutuilla Riihimäen alueilla ja pienemmissä taajamissa kotitalouksien pienpoltto nostaa hengitettävien hiukkasten pitoisuutta 0,5–1 µg/m^3.

Kiinteistökohtaisen lämmityksen päästöjen aiheuttamat korkeimmat vuorokausiraja-arvoon (50 µg/m^3) verrannolliset hengitettävien hiukkasten pitoisuudet ovat korkeimmillaan 5,9 µg/m^3 Teerimäen pientaloalueella (liitekuvat 45–46). Riihimäen tiiviisti rakennetuilla alueilla pitoisuustaso on yli 3 µg/m^3 ja etäänpänä Riihimäen asuinalueilla 2–3 µg/m^3.

Kuva: Timo Rasila



Kuva 15. Kiinteistökohtaisen lämmityksen vuotta 2019 edustavien päästöjen yksinään aiheuttama hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvopitoisuus (µg/m³) Riihimäellä ilman alueellista taustapitoisuutta.

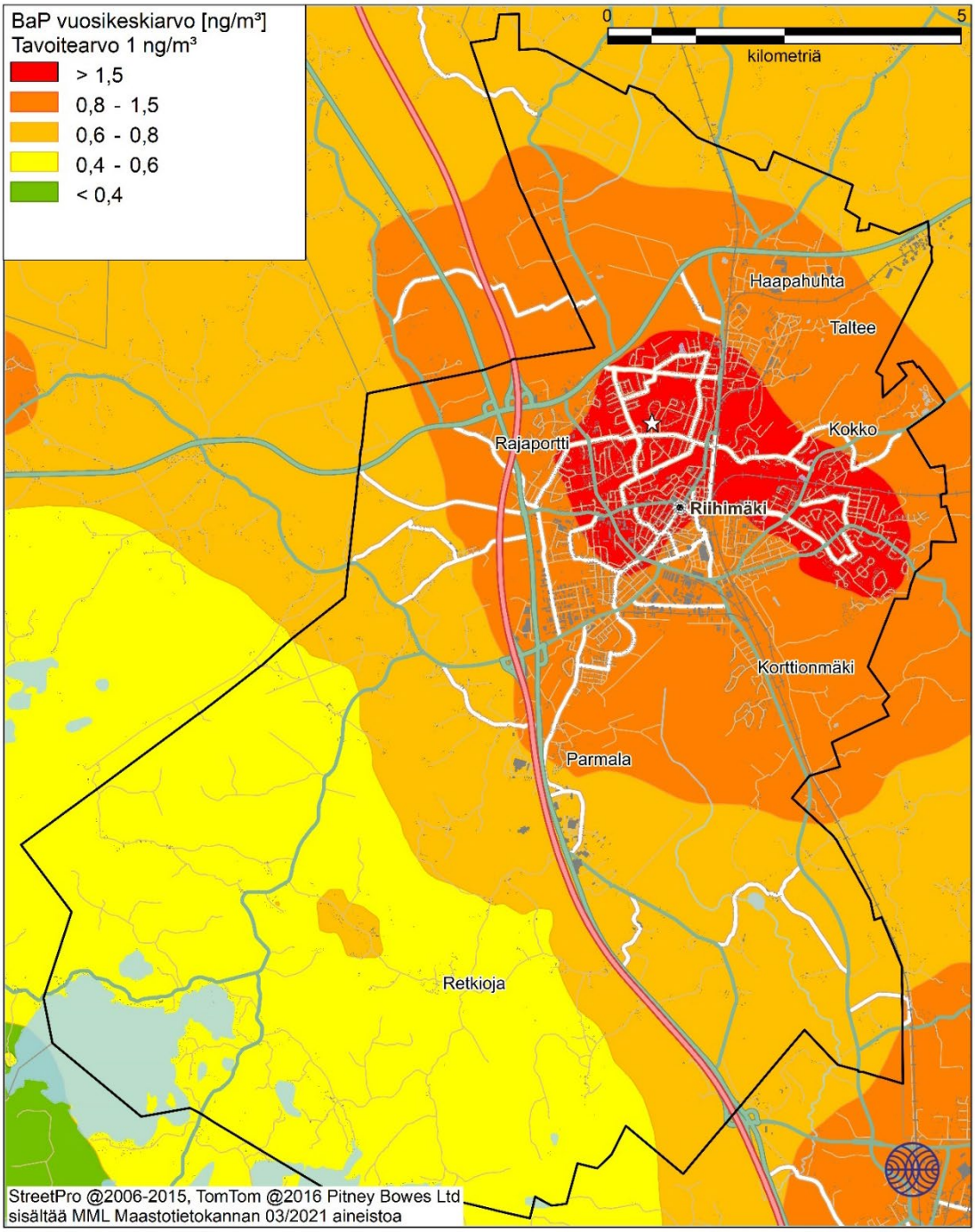
2.4 Bentso(a)pyreenipitoisuudet

Leviämismallilaskelmien tuloksena saadut kiinteistökohtaisen lämmityksen puunpolton päästöjen aiheuttamat korkeimmat bentso(a)pyreenin vuosikeskiarvopitoisuudet Riihimäellä on esitetty kuvassa 16 ja liitekuvissa 49–50. Bentso(a)pyreenin pitoisuustuloksissa on huomioitu vain rakennusten lämmityslähteiden aiheuttamat puunpolton päästöt ilman alueellista taustapitoisuutta. Hyytiälän maaseututausta-asemalla bentso(a)pyreenin taustapitoisuuden vuosikeskiarvo on ollut 0,08–0,11 ng/m^3 vuosina 2018 ja 2019 (*Ilmatieteen laitos, 2023*).

Leviämismallilaskelmien mukaan kiinteistökohtaisen lämmityksen puunpolton päästöjen aiheuttamat suurimmat bentso(a)pyreenipitoisuudet syntyvät Riihimäen keskustan läheisyyteen pientaloalueiden kohdalle. Näillä alueilla bentso(a)pyreenin vuosikeskiarvo ylittää tavoitearvon 1 ng/m³. Tavoitearvo määritellään kokonaislukuna, jolloin alle 1,5 ng/m³ arvot pyöristyvät 1 ng/m³. Bentso(a)pyreenipitoisuuden ylempi arviointikynnys 0,6 ng/m³ ylittyy laajemmin Riihimäen asuinalueilla. Alempi arviointikynnys 0,4 ng/m³ ylittyy koko Riihimäen kaupungin alueella.

Mallilaskelmien tulosten luotettavuuteen vaikuttavat merkittävästi mallin lähtötietoina käytettävien meteorologisten tietojen, taustapitoisuuksien sekä päästötietojen ja muiden lähtötietojen oikeellisuus. Itä-Suomen yliopisto ja SYKE päivittivät kotitalouksen puunpolton aiheuttamia bentso(a)pyreenin päästökertoimia vuonna 2021, mutta pääkaupunkiseudulle toteutettujen malli-mittausvertailun tulosten perusteella (*Latikka, ym., 2023)* kotitalouksien puunpoltolle lasketut päästöt näyttävät yliarvioivan pitoisuuksia. Mallinnuksen yliarviointi painottuu kaikilla mittausasemilla lämmityskaudelle, jolloin kotitalouksien päästöt ovat suuremmat ja sääolosuhteet nostavat pitoisuuksia. Mallinnettujen ja mitattujen pitoisuuksien ero vaihtelee paljon eri mittausasemien ja vuosien välillä.

Ilmanlaadun jatkuvia mittauksia on tehtävä seuranta-alueilla, joilla ylempi arviointikynnys ylittyy. Seuranta-alueilla, joilla pitoisuudet ovat ylemmän ja alemman arviointikynnyksen välillä, ilmanlaadun arvioimiseksi voidaan käyttää jatkuvien ja suuntaa-antavien mittausten sekä mallintamistekniikoiden yhdistelmää. Ylemmän ja alemman arviointikynnyksen ylittyminen määritetään viiden edellisen vuoden pitoisuuksien perusteella. Arviointikynnys katsotaan ylittyvän vasta, kun kynnyksen lukuarvo on ylittynyt vähintään kolmena vuonna viiden vuoden aikana. Bentso(a)pyreenin seuranta-alueet ovat pääkaupunkiseutu ja muu Suomi. Tällä hetkellä Hämeen ELY:n alueella bentso(a)pyreenimittauksia toteutetaan Lahdessa. Vuonna 2021–2022 bentso(a)pyreerin vuosikeskiarvo Lahden Mustamäenkadun mittauksissa oli 1,1 ng/m³. Heinolassa mitattiin vuonna 2022 kahdella asemalla bentso(a)pyreeniä. Vierumäellä mitattu bensto(a)pyreenin vuosikeskiarvo oli 0,3 ng/m^3 ja Tommolan mittausasemalla 0,4 ng/m^3.



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 1,8 ng/m³

Kuva 16. Kiinteistökohtaisen lämmityksen vuotta 2019 edustavien päästöjen aiheuttama bentso(a)pyreenin vuosikeskiarvopitoisuus (ng/m³) Riihimäellä ilman alueellista taustapitoisuutta.

3 SUOSITUKSET RIIHIMÄEN KAUPUNGIN ALUEEN ILMANLAADUN SEURANTAAN

Ilmanlaatuasetuksen (*79/2017*) mukaan ELY-keskuksen tulee huolehtia siitä, että sen alueella ilmanlaadun seuranta on järjestetty hyvin, ja että muun muassa mittausasemien määrä on riittävä niillä seuranta-alueilla, joilla jatkuvat mittaukset ovat pakollisia. ELY-keskusten tehtävänä on ohjata seurantaa yleisellä tasolla, aktivoida ja kannustaa kuntia yhteistyöhön sekä tehdä ehdotuksia seurannan järjestämiseksi lyhyellä ja keskipitkällä aikavälillä. Riihimäki kuuluu tällä hetkellä Hämeen ELY-keskuksen seranta-alueeseen, johon kuuluu Riihimäen lisäksi mm. Forssan, Hämennlinnan, Lahden, Heinolan ja Orimattilan kaupungit.

Kunnat vastaavat ilmanlaadun seurannan toteutuksesta, koska ympäristönsuojelulain *(527/2014)* mukaan kunta on velvollinen huolehtimaan paikallisten olojen edellyttämästä tarpeellisesta ympäristön tilan seurannasta. Ilmanlaadun seurantaa voidaan toteuttaa myös useiden kuntien välisenä yhteistyönä.

Riihimäellä ilmanlaatua on 2000-luvulla seurattu ilmanlaatuasetuksen mukaisilla ilmanlaadun seurantamenetelmillä mittaamalla hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) pitoisuuksia (*Saari ym 2016, Saari ym, 2006* ja *Haaparanta ym, 2006)* ja päästöjen leviämismallilaskelmien (*Salmi ym 2011)* avulla. Lisäksi Kanta- ja Päijät-Hämeessä on tehty ilmanlaadun arviointien tueksi bioindikaattoriseurantaa, jonka tutkimusaloista osa on sijainnut Riihimäellä (*Ruut ym., 2016*). Bioindikaattoritutkimukset eivät kuitenkaan ole ilmanlaatuasetuksen mukaista ilmanlaadun seurantaa, vaan niillä pyritään arvioimaan ilman epäpuhtauksien luontoon aiheuttamia haittoja ja päästöjen vähenemisestä johtuvaa luonnon vaurioiden korjaantumista.

Nyt toteutettujen leviämismallinnuslaskelmien tulosten perusteella hengitettävien hiukkasten alempi arviointikynnys, joka on 50 % 24 tunnin raja-arvosta (25 µg/m^3, saa ylittyä 35 kertaa kalenterivuodessa) ja 50 % vuosiraja-arvosta (20 µg/m^3) alittuu koko Riihimäen kaupungin alueella Helsinginväylää lukuunottamatta. Raja- ja ohjearvot sekä arviointikynnykset eivät ole voimassa liikenneväylillä ja teollisuusalueilla.

Viimeisimmät Riihimäen kaupungin alueella tehdyt hengitettävien hiukkasten mittaukset ajoittuivat pääosin katupölykauden ulkopuolelle (touko–lokakuu 2016). Kuuden kuukauden mittausjakson keskiarvopitoisuus oli 12 µg/m^3 ja korkein vuorokausipitoisuus 28 µg/m^3. Vuorokausikeskiarvo-pitoisuutta koskeva arviointikynnys sallii vuodessa 35 ylitystä. Kuuden kuukauden mittausjaksolla ylitysvuorokausia oli kaksi. Puolen vuoden mittausjakson perusteella arviointikynnysten ylittymistä voidaan arvioida vain suuntaa-antavasti, etenkin, kun mittausjakso ajoittui katupölykauden (helmi-huhtikuu) ulkopuollelle. Pitoisuuksien vertaaminen ilmanlaadun raja-arvoihin sekä ylempiin ja alempiin arviointikynnyksiin edellyttää, että mittauksia on jatkettava koko kalenterivuoden ajan, koska raja-arvotarkasteluissa vertailujakso on yksi kalenterivuosi.

Leviämismallinnuksen tulosten perusteella bentso(a)pyreenipitoisuuden tavoitearvo 1 ng/m³ ylittyy mallilaskelmien mukaan laajasti Riihimäen kaupunkialueella. Ylempi arviointikynnys, 0,6 ng/m^3, ylittyy laajalti ja alempi arviointikynnys, 0,4 ng/m³, koko kaupungin aluella.

Ilmatieteen laitos suosittelee edellä mainittujen ilmanlaatumittausten ja mallinnuksien tulokset huomioiden, että Riihimäellä tehtäsiin ilmanlaatua koskevia selvityksiä määrävälein. Suositeltava väli ilmanlaadun arvioinnille, joka voidaan toteuttaa mittauksin tai leviämismallilaskelmin, olisi noin viisi vuotta. Tehtyjen ilmanlaatuselvitysten tulosten perusteella voidaan arvioida tulevaa ilmanlaadun seurantatarvetta alueella. Leviämismallilaskelmin ja mittauksin saadut pitoisuustiedot täydentävät toisiaan. Mittauskampanjaa suunniteltaessa on suositeltavaa hyödyntää mallilaskelmien tuloksia edustavan mittauspaikan valinnassa.

Typenoksidipitoisuuksien tarkkailumittauksiin ei ole Riihimäellä jatkossakaan tarvetta. Typen oksidien pitoisuustiedot voidaan tarvittaessa tuottaa riittävän tarkasti leviämismallilaskelmin. Hengitettävien hiukkasten pitoisuusmittauksia suositellaan tehtäväksi Riihimäen kaupungin keskustassa, missä liikkuu ja oleskelee runsaasti ilman epäpuhtauksille altistuvia ihmisiä. Mittausten avulla voidaan seurata katupölyn torjuntakeinojen tehokkuutta. Hengitettävien hiukkasten pitosuuksiin voidaan vaikuttaa merkittävästi katujen tehokkaalla ja oikea-aikaisella kunnossapidolla.

Tässä ilmanlaatuselvityksessä tehtyjen leviämismallilaskelmien ja muilla paikkakunnilla tehtyjen PAH-mittausten perusteella bentso(a)pyreenin pitoisuustasojen kartoittaminen kampanjaluonteisesti vuoden mittauskampanjalla Riihimäellä on suositeltavaa harkita. Hämeen ELY:n alueella bentso(a)pyreeniä on mitattu Lahdessa pientalomaisessa ympäristössä vuodesta 2021 lähtien, jossa vuosipitoisuudet ovat olleet 1,1 ng/m³ (*Ilmatieteen laitos, 2023*). Heinolassa vuonna 2022 vuosipitoisuudet kahdella eri mittausasemilla olivat 0,3–0,4 ng/m³ (*Ylinen, M., ym, 2023*) ja Hollolan kuntakeskuksessa vuonna 2021 0,2 ng/m³. Bentso(a)pyreenimittaukset on mahdollista toteuttaa saman aikaisesti hengitettävien hiukkasten mittausten kanssa. Mittauksia suunniteltaessa on tärkeä löytää mittauspaikka Riihimäen keskustan alueelta, joka edustaa sekä liikenteen katupölylle ja puun pienpolton päästöille altistuvaa kaupunkiympäristöä.

Kotitalouksien puun polton päästöjä voidaan pyrkiä pienentämään tiedotuskampanjoilla (esimerkiksi Helsingin seudun ympäristön opas puunpolttoon https://niini.fi/wp-content/uploads/2021/02/HSY141_Opas_puunpolttoon.pdf), toteuttamalla kysely puun poltosta ja tekemällä yhteistyötä muiden kuntien kanssa.

Pitoisuuksien vertaaminen ilmanlaadun raja-arvoihin sekä ylempiin ja alempiin arviointikynnyksiin edellyttää, että mittauksia tehdään koko kalenterivuoden ajan, koska raja-arvotarkasteluissa vertailujakso on yksi kalenterivuosi. Lyhyempien mittausjaksojen kohdalla vertailua voidaan tehdä ainoastaan suuntaa-antavasti. Lyhyemmällä mittausjaksolla pitoisuuksien vuodenaikaisvaihtelu voi myös osaltaan vääristää saatua tulosta.

Euroopan komissio ilmanlaatudirektiivin päivitystyö on käynnistynyt ja oletettavaa on, että ilmanlaatulainsäädäntö tulee tiukkenemaan nykyisestä vuodesta 2030 lähtien. Ilmanlaatudirektiivin tiukentuessa ilmanlaadun seurantatarve on arvioitava uudelleen, samoin jos kaupungin päästötaso muuttuu merkittävästi. Myös tästä johtuen on suositeltavaa toteuttaa mahdollinen ilmanlaadun tarkkailujakso mittauksin kalenterivuoden ajan, jotta sen tuottamat tulokset olisivat vertailukelpoisia myös uutta ilmanlaatulainsäädäntöä ajatellen.

4 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän ilmanlaatuselvityksen tarkoituksena oli hankkia leviämislaskelmien avulla tietoa Riihimäen ilmanlaadusta ja sen alueellisesta vaihtelusta sekä eri päästölähteiden vaikutusosuudesta ilmanlaatuun. Ilmanlaatuselvityksessä arvioitiin Riihimäen merkittävimpien päästölähteiden eli autoliikenteen, energiantuotannon, teollisuuden ja kiinteistökohtaisen lämmityksen päästöjen ilmanlaatuvaikutuksia. Leviämismallilaskelmien avulla tarkasteltiin ulkoilman typpidioksidin, typen oksidien, pienhiukkasten, hengitettävien hiukkasten ja bentso(a)pyreenin pitoisuuksia ulkoilmassa hengityskorkeudella. Ilmanlaatuselvityksen tuloksina saatuja pitoisuuksia verrattiin ilmanlaadun vertailuarvoihin.

Ilmanlaatuselvityksessä arvioitiin leviämismallilaskelmilla pitoisuuksien muodostumista koko Riihimäen kaupungin alueelle. Laajalle alueelle tehdyn leviämismallinnuksen tuloksia voidaan käyttää alueellisten ilmanlaatuvaikutusten arvioinnissa, täydentämässä mittauksin saatua tietoa

ilmanlaadusta ja sen vaihtelusta sekä tulevien ilmanlaadun mittausten suunnittelussa ja mittausverkon optimoinnissa.

Leviämismallilaskelmat tehtiin käyttäen Ilmatieteen laitoksella kehitettyjä päästöjen laskentamalleja ja leviämismalleja: pistemäisten ja pintalähteiden leviämismalli UDM-FMI, liikenteen pakokaasupäästöjen leviämismalli CAR-FMI ja katupölypäästöjen suspensiopäästömalli FORE. Mallilaskelmissa otettiin huomioon päästölähteiden aiheuttamien pitoisuuksien lisäksi alueellinen taustapitoisuus. Mallinnuksessa käytettiin taustapitoisuutena Espoon Luukin mittausaseman vuosien 2019–2021 havaintoja. Meteorologinen aineisto on koostettu Ilmatieteen laitoksen Mäntsälän Hirvivaaran, Vihdin Maasojan, Hämeenlinnan Katisen ja Jokioisen Ilmalan sääasemien vuosien 2019–2021 mittaushavainnoista.

Leviämismallin lähtötietoina käytetyt päästöt kattoivat suurimman osan Riihimäellä syntyvistä typen oksidien, hiukkasten ja bentso(a)pyreenin päästöistä. Ilmatieteen laitos laski autoliikenteen päästöt Destia Oy:n tuottamienliikennemäärätietojen perusteella, käyttäen VTT:n LIPASTO:n kaupunkikohtaisia ajoneuvo- ja ajosuoritejakaumia sekä Euroopan ympäristöviraston (EEA) tieliikenteen ajoneuvotyyppikohtaisia EURO-päästöluokasta ja nopeudesta riippuvia päästökertoimia. Autoliikenteen pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten päästöt sisältävät autojen pakokaasuista peräisin olevat sekä katupölystä peräisin olevat hiukkaset. Energiantuotannon ja teollisuuden päästöt ja muut tekniset tiedot pyydettiin suoraan toiminnanharjoittajilta ja täydennettiin tarvittaessa YLVA-tietokannasta. Kiinteistökohtaisen lämmityksen 250 m × 250 m ruuduittaiset päästöt saatiin Suomen ympäristökeskuksen alueellisesta päästöskenaariomallista (FRES-malli).

Epäpuhtauksien pitoisuuksia ulkoilmassa säädellään ilmanlaadun ohje-, raja- ja tavoitearvoilla. Ilmanlaadun ohjearvot tulisi ottaa huomioon esimerkiksi liikennesuunnittelussa, kaavoituksessa, rakennusten sijoittelussa ja teknisissä ratkaisuissa, jolloin pyritään etukäteen välttämään ihmisten altistuminen terveydelle haitallisen korkeille ilman epäpuhtauksien pitoisuuksille. Terveysvaikutusperusteiset ilmanlaadun raja-arvot ovat ohjearvoja sitovampia, eivätkä ne saa ylittyä alueella, joilla asuu tai oleskelee ihmisiä. Esimerkiksi autoliikenteelle varatuilla väylillä raja-arvot eivät kuitenkaan ole voimassa. Tavoitearvon ylittyminen on mahdollisuuksien mukaan pyrittävä välttämään, jotta ihmisten terveyteen ja ympäristöön kohdistuvia haitallisia vaikutuksia vähennetään.

Nyt tehtyjen leviämismallilaskelmien tulosten perusteella voidaan arvioida, että ilmanlaatu Riihimäen alueella on pääsääntöisesti hyvää. Ilmanlaatu on erityisen hyvää Riihimäen kaupungin maaseutumaisilla alueilla, jotka ovat kauempana keskusta-alueesta ja vilkkaimmista väylistä. Alueen ilmanlaatuun vaikuttavat merkittävimmin autoliikenteen typenoksidipäästöt, katupöly, kotitalouksien puunpoltto sekä pienhiukkasten kaukokulkeuma. Pitoisuudet pienenevät nopeasti etäisyyden kasvaessa vilkkaimmista liikenneväylistä ja tiiviisti rakennetuista asuinalueista. Energiantuotantolaitosten ja teollisuuden päästöjen vaikutus Riihimäen ilmanlaatuun on varsin pieni.

Kaikkien tutkimuksessa huomioitujen päästöjen sekä alueellisen taustapitoisuuden yhdessä aiheuttamat typpidioksidin kokonaispitoisuudet alittavat ilmanlaadun raja- ja ohjearvot koko Riihimäen kaupungin alueella. Typpidioksidipitoisuudet ovat lähellä vuorokausiohjearvotasoa Riihimäen ohittavalla Helsinginväylällä. Helsinginväylän liikennemäärä on noin 23 000 ajoneuvoa vuorokaudessa. Typen oksidien vuosikeskiarvo ylittää sille asetetun kriittisen tason ainoastaan liikenneväylien välittömässä läheisyydessä, muttei rakennetun ympäristön ulkopuolella. Suurin vaikutus alueen typpidioksidin ja typen oksidien pitoisuustasoihin on autoliikenteen päästöillä.

Pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudet alittavat selvästi vuosiraja-arvon, mutta ylittävät WHO:n suosituksenomaisen vuosiohjearvon laajasti Riihimäen keskustaa ympäröivällä alueella. Pienhiukkaspitoisuudet ovat suurimmillaan vilkkaimpien liikenneväylien varsilla ja tiiviisti

rakennetuilla pientaloalueilla. Hetkelliset pienhiukkaspitoisuudet ylittävät WHO:n vuorokausiohjearvon Helsinginväylän varrella ja kaupunkialueen asuinalueilla. Pienhiukkaspitoisuuksien alueellinen vaihtelu on vähäistä, koska suurin osa kokonaispitoisuudesta aiheutuu taustapitoisuudesta, joka koostuu pääosin kaukokulkeutuneista pienhiukkasista.

Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet kohoavat etenkin katupölykaudella vilkkaasti liikennöityjen väylien läheisyydessä. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet alittavat mallilaskelmien mukaan Riihimäellä ilmanlaadun raja-arvot. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvo ei ylity, mutta vuorokausipitoisuudet voivat ylittää raja-arvotason 50 µg/m³ useamman kerran vuoden aikana. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvo ylittyy Riihimäen ohittavalla Helsinginväylällä. Hengitettävien hiukkasten korkeiden pitoisuuksien muodostumiseen voidaan merkittävästi vaikuttaa katujen talvikunnossapidolla sekä oikea-aikaisella hiekanpoistolla ja pölynsidonnalla.

Bentso(a)pyreenipitoisuuden tavoitearvo 1 ng/m³ ylittyy mallilaskelmien mukaan Riihimäen keskustassa ja sitä ympäröivillä asuinalueilla. Myös ylempi arviointikynnys 0,6 ng/m^3 ylittyy laajalti Riihimäen tiiviimmin asutuilla alueilla ja alempi arviointikynnys koko Riihimäen alueella. Tulosten ja muissa kunnissa toteutettujen PAH-mittausten perusteella kampanjaluotoiset mittaukset bentso(a)pyreenin pitoisuustason varmistamista varten ovat harkinnanvaraisia.

Selvityksessä tarkasteltiin eri päästölähteiden vaikutusosuutta ilman epäpuhtauksien pitoisuuksista. Autoliikenne vaikuttaa selvästi eniten typpidioksidin pitoisuuksiin. Kaukokulkeuma ja taustapitoisuudet aiheuttavat suurimman osan pienhiukkaspitoisuuksista. Päästölähteistä kotitalouksien puunpoltto ja autoliikenne aiheuttavat merkittävän lisän pienhiukkaspitoisuuksiin pientaloalueilla ja liikenneväylien vaikutusalueella. Katupöly vaikuttaa eniten hengitettävien hiukkasten pitoisuuksiin. Energiantuotanto- ja teollisuuslaitosten päästöt vaikuttavat sekä typpidioksidin että hiukkasten pitoisuuksiin vain vähän. Kun päästöt vapautuvat korkeista piipuista, ehtivät ne laimentua ennen leviämistään ympäristöönsä.

Mallilaskelmien tulosten luotettavuuteen vaikuttavat merkittävästi mallin lähtötietoina käytettävien meteorologisten tietojen, taustapitoisuuksien sekä päästötietojen ja muiden lähtötietojen oikeellisuus, kuten liikennemääräarvion luotettavuus, käytettyjen ajoneuvokohtaisten päästökertoimien edustavuus sekä lyhytaikaisten päästövaihteluiden kuvaaminen. Riihimäellä ei ole jatkuvia ilmanlaadun mittauksia, joihin leviämismallinnuksen tuloksia voitaisiin verrata. Typen oksidien ja hiukkasten mallinnustulokset vastaavat muihin kaupunkeihin tehtyjä leviämismallinnuksen tuloksia, joiden edustavuus paikallisiin mittauksiin verrattuna on todettu hyväksi. Sen sijaan kiinteistöjen lämmityksen aiheuttamien bentso(a)pyreenipäästöjen tuottamien pitoisuuksien on todettu yliarvioituvan todennäköisesti päästölaskentaohjelmiston päästökertoimista johtuen.

Kuva: Katja Lovén

OSA II

5 TAUSTATIETOA ILMANLAADUSTA

5.1 Ilmanlaatuun vaikuttavat tekijät

Ilmanlaatua heikentävien ilman epäpuhtauksien suurimpia päästölähteitä Suomessa ovat liikenne, energiantuotanto, teollisuus ja asuinrakennusten puunpoltto. Ilmansaasteita kulkeutuu Suomeen myös kaukokulkeumana maamme rajojen ulkopuolelta. Ilman epäpuhtauksien päästöistä suurin osa vapautuu ilmakehän alimpaan kerrokseen, jota kutsutaan ilmakehän rajakerrokseksi. Rajakerroksessa päästöt sekoittuvat ympäröivään ilmaan ja ilmansaasteiden pitoisuudet laimenevat. Päästöt voivat levitä liikkuvien ilmamassojen mukana laajoille alueille. Tämän kulkeutumisen aikana ilmansaasteet voivat reagoida keskenään sekä muiden ilmassa olevien yhdisteiden kanssa muodostaen uusia yhdisteitä. Ilmansaasteet poistuvat ilmasta sateen huuhtomina (märkälaskeuma), kuivalaskeumana erilaisille pinnoille tai kemiallisen muutunnan kautta.

Ilmansaasteiden leviäminen tapahtuu pääosin ilmakehän alimmassa osassa, rajakerroksessa. Sen korkeus on Suomessa tyypillisesti alle kilometri, mutta varsinkin kesällä se voi nousta yli kahteen kilometriin. Matalimmat rajakerroksen korkeudet havaitaan yleensä talvella kovilla pakkasilla. Rajakerroksen korkeus määrää ilmatilavuuden, johon päästöt voivat välittömästi sekoittua. Rajakerroksen tuuliolosuhteet määräävät karkeasti ilmansaasteiden kulkeutumissuunnan, mutta rajakerroksen ilmavirtausten pyörteisyys ja kerroksen korkeus vaikuttavat merkittävästi ilmansaasteiden sekoittumiseen ja pitoisuuksien laimenemiseen kulkeutumisen aikana. Leviämisen kannalta keskeisiä meteorologisia tekijöitä ovat tuulen suunta ja nopeus, ilmakehän stabiilisuus ja sekoituskorkeus. Ilmakehän stabiilisuudella tarkoitetaan ilmakehän herkkyyttä pystysuuntaiseen sekoittumiseen. Stabiilisuuden määrää ilmakehän pystysuuntainen lämpötilarakenne sekä mekaaninen turbulenssi eli alustan kitkan synnyttämä ilman pyörteisyys.

Inversiolla tarkoitetaan tilannetta, jossa ilmakehän lämpötila nousee ylöspäin mentäessä. Erityisesti maanpintainversion aikana ilmanlaatu voi paikallisesti huonontua nopeasti. Maanpintainversiossa maanpinta ja sen lähellä oleva ilmakerros jäähtyy niin, että kylmempi ilma jää ylempänä olevan lämpimämmän ilman alle. Kylmä pintailma ei raskaampana pääse kohoamaan yläpuolellaan olevan lämpimän kerroksen läpi, ja ilmakehän pystysuuntainen liike estyy. Inversiokerroksessa tuuli on hyvin heikkoa ja ilmaa sekoittava pyörteisyys on vähäistä, minkä vuoksi ilmansaasteet laimenevat huonosti. Inversiotilanteissa pitoisuudet kohoavat taajamissa etenkin liikenneruuhkien aikana, koska ilmansaasteet kerääntyvät matalaan ilmakerrokseen päästölähteiden lähelle.

5.2 Typpidioksidi

Typen yhdisteitä vapautuu päästölähteistä ilmaan typen oksideina eli typpimonoksidina (NO) ja typpidioksidina (NO_2). Näistä yhdisteistä terveysvaikutuksiltaan haitallisempaa on typpidioksidi, jonka pitoisuuksia ulkoilmassa säädellään ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoilla. Typpidioksidin määrään ilmassa vaikuttavat myös ilmakemialliset muutuntareaktiot, joissa typpimonoksidi hapettuu typpidioksidiksi.

Ulkoilman typpidioksidipitoisuuksille altistuminen on suurinta kaupunkien keskustojen ja taajamien liikenneympäristöissä. Typpidioksidipitoisuudet kohoavat tyypillisesti ruuhka-aikoina. Korkeimmillaan typpidioksidipitoisuudet ovat erityisesti tyyninä ja kylminä talvipäivinä, jolloin myös energiantuotannon päästöt ovat suurimmillaan. Taajamien ja kaupunkien korkeimmat typpidioksidipitoisuudet aiheuttaa pääasiassa ajoneuvoliikenne, vaikka energiantuotannon ja

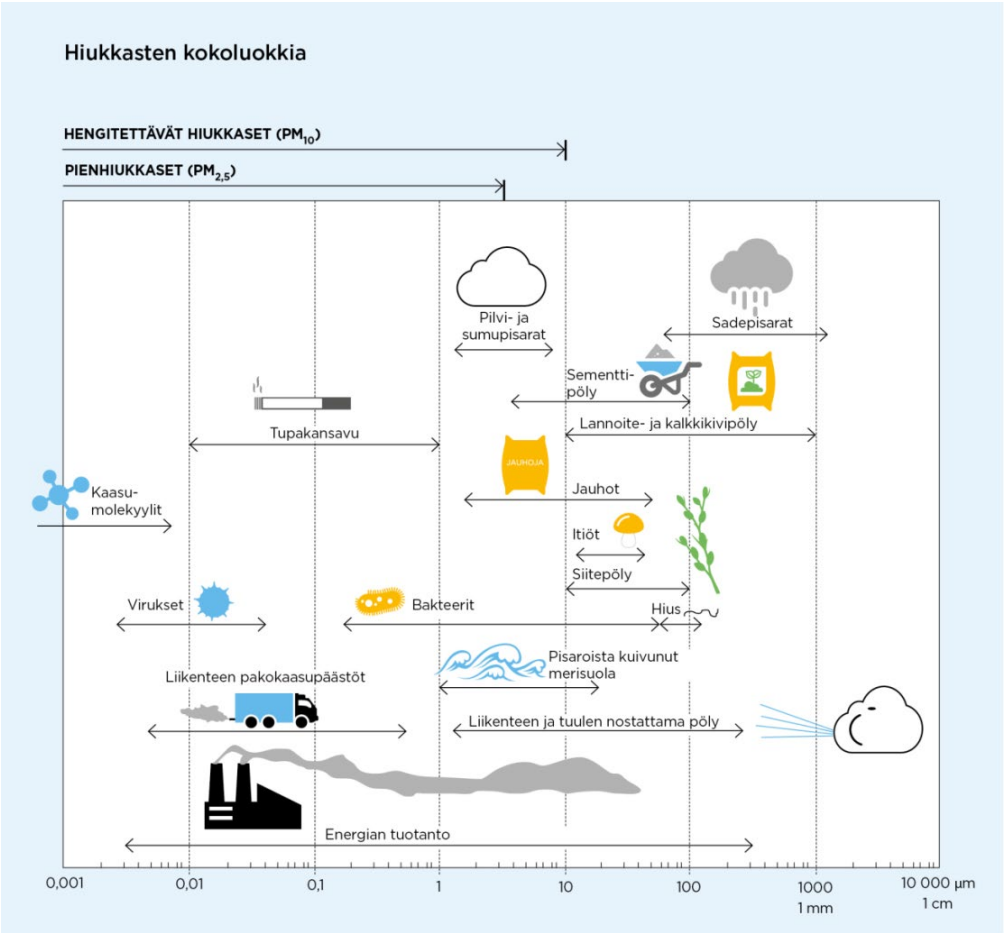
teollisuuden aiheuttamat päästöt (pistemäiset päästölähteet) olisivat määrällisesti jopa suurempia autoliikenteeseen verrattuna. Ihmiset altistuvat helposti liikenteen päästöille, sillä autojen pakokaasupäästöt vapautuvat hengityskorkeudelle.

Typpidioksidin vuosiraja-arvo 40 µg/m³ alittuu nykyisin Suomessa. Typpidioksidin vuosikeskiarvopitoisuudet ovat olleet viime vuosina suurimmissa kaupungeissa keskimäärin 15−25 µg/m³. Vilkkaimmilla teillä ja katukuiluosuuksilla vuosipitoisuudet voivat olla yli 25 µg/m³. Pienissä ja keskisuurissa kaupungeissa typpidioksidin vuosikeskiarvot ovat yleensä noin 5−15 µg/m³ mittausympäristöstä riippuen. Typpidioksidin tuntipitoisuudet voivat kohota yli raja-arvotason (200 µg/m³) yksittäisillä mittausasemilla muutamina tunteina vuodessa. Ylitystunteja saa olla vuodessa 18 kpl, ennen kuin raja-arvo katsotaan ylittyneeksi. Puhtailla tausta-alueilla typpidioksidin vuosikeskiarvot ovat olleet Etelä-Suomessa noin 1,5–4 µg/m³ ja Pohjois-Suomessa noin 1 µg/m³ (*Ilmatieteen laitos, 2023*).

5.3 Hiukkaset

Ulkoilman hiukkaset ovat nykyisin merkittävimpiä ilmanlaatuun vaikuttavia tekijöitä Suomen kaupungeissa. Pienhiukkasia pidetään haitallisimpana ilmaperäisenä ympäristötekijänä ihmisten terveydelle. Ulkoilman hiukkaset ovat taajamissa peräisin autojen pakokaasuista, energiantuotannon ja teollisuuden prosesseista ja puunpoltosta. Nämä hiukkaspäästöt ovat pääasiassa pieniä hiukkasia. Keväisin ja syksyisin hiukkaspitoisuuksia kohottaa katupöly eli epäsuorat hiukkaspäästöt (ns. resuspensio). Hiukkasiin on sitoutunut myös erilaisia haitallisia yhdisteitä kuten hiilivetyjä ja raskasmetalleja. Liikenteen vaikutukset korostuvat matalan päästökorkeuden vuoksi.

Ulkoilman hiukkasten koko on yhteydessä niiden aiheuttamiin erilaisiin vaikutuksiin. Suurempien hiukkasten korkeat pitoisuudet vaikuttavat merkittävimmin viihtyvyyteen ja aiheuttavat likaantumista. Terveysvaikutuksiltaan haitallisempia ovat ns. hengitettävät hiukkaset ja pienhiukkaset, jotka kykenevät tunkeutumaan syvälle ihmisten hengitysteihin. Hengitettävien hiukkasten halkaisija on alle 10 mikrometriä (PM_{10}) ja pienhiukkasten halkaisija on alle 2,5 mikrometriä ($PM_{2,5}$). Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet kohoavat erityisesti keväällä, jolloin jauhautunut hiekoitushiekka ja asfalttipöly nousevat ilmaan kuivilta kaduilta liikenteen nostattamana. Katupölyä esiintyy myös syksyllä talvirengaskauden alussa, kun tiet ovat vielä lumettomia sekä rakennustyömaiden läheisyydessä. Pienhiukkaset ovat pääasiassa peräisin suorista autoliikenteen ja teollisuuden päästöistä ja kaukokulkeumasta, jonka lähde voi olla esimerkiksi metsä- ja maastopalot. Pienhiukkaset voivat kulkeutua ilmavirtausten mukana jopa tuhansia kilometrejä. Hiukkasten kokoluokkia on havainnollistettu kuvassa 17.



Kuva 17. Hiukkasten kokoluokkia. Hiukkasten koko ilmaistaan halkaisijana mikrometreissä (µm). Mikro (µ) etuliite tarkoittaa miljoonasosaa. 1 µm on siten metrin miljoonasosa eli millimetrin tuhannesosa.

Suurimmat hiukkaspitoisuudet esiintyvät vilkkaasti liikennöidyissä kaupunkikeskustoissa. Suomessa hiukkaspitoisuudet kohoavat yleensä voimakkaasti keväällä maalis-huhtikuussa, kun maanpinnan kuivuessa tuuli ja liikenne nostattavat talven aikana kertynyttä katupölyä ilmaan. Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuuksille asetettu raja-arvotaso (50 µg/m^3) ylittyy mittausasemilla noin 0–25 kertaa vuoden aikana. Vuorokausiraja-arvotason ylityksiä saa olla mittausasemalla 35 kappaletta vuodessa, ennen kuin raja-arvo katsotaan ylittyneeksi. Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuudelle annettu raja-arvo on ylittynyt vain Helsingin keskustassa, viimeksi vuonna 2006. Katupölyn muodostumiseen voidaan merkittävästi vaikuttaa oikea-aikaisella katujen siivouksella ja kunnossapidolla sekä pölynsidonnalla.

Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudelle annettu raja-arvo 40 µg/m^3 alittuu Suomessa. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvot ovat olleet viime vuosina Suomen kaupungeissa noin 5–20 µg/m^3. Vilkkaimmilla teillä ja katukuiluosuuksilla vuosipitoisuudet voivat olla yli 20 µg/m^3. Puhtailla tausta-alueilla vuosikeskiarvopitoisuudet ovat olleet Etelä-Suomessa noin 9–14 µg/m^3 ja Pohjois-Suomessa noin 3–5 µg/m^3 (*Ilmatieteen laitos, 2023*).

Pienhiukkaspitoisuuden vuosikeskiarvolle määritetty raja-arvo 25 µg/m^3 alittuu selvästi kaikkialla Suomessa. Viime vuosina pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuus on ollut pääkaupunkiseudun kaupunkialueilla noin 5–9 µg/m^3 ja muilla kaupunkialueilla noin 2−8 µg/m^3. Pitoisuuserot erityyppisten mittausympäristöjen välillä ovat muutamia mikrogrammoja. Puhtailla tausta-alueilla

vuosikeskiarvopitoisuudet ovat olleet Etelä-Suomessa noin 4–6 µg/m³ ja Pohjois-Suomessa noin 2–3 µg/m³ *(Ilmatieteen laitos, 2023)*. Pienhiukkasten taustapitoisuudesta valtaosa on kaukokulkeutunutta hiukkasainesta. Kaukokulkeuma muodostaa huomattavan osan myös kaupunki-ilman pienhiukkaspitoisuuksista.

5.4 Bentso(a)pyreeni

Bentso(a)pyreeni kuuluu polysyklisiin aromaattisiin hiilivetyihin eli PAH-yhdisteisiin. PAH-yhdisteet ovat orgaanisia yhdisteitä, jotka muodostuvat vähintään kahdesta toisiinsa yhdistyneestä kokonaan hiilestä ja vedystä koostuvasta aromaattisesta renkaasta. PAH-yhdisteitä muodostuu palamisprosesseissa orgaanisen aineksen epätäydellisen palamisen seurauksena. PAH-yhdisteitä syntyy siten energiantuotannossa, liikenteessä (dieselmoottorit), asuinrakennusten puunpoltossa, kulotuksessa, jätteenpoltossa, öljynjalostuksessa, alumiinin tuotannossa sekä koksin valmistuksessa. Liikenne on merkittävin ilmanlaatuun vaikuttava PAH-yhdisteiden lähde kaupunkien keskustoissa ja vilkkaasti liikennöityjen teiden varsilla matalasta päästökorkeudesta johtuen. Pientaloalueilla asuinrakennusten puunpoltto on merkittävin PAH-päästöjen lähde. Arkielämässä merkittävimpiä PAH-yhdisteiden lähteitä ovat muun muassa pakokaasut, tupakansavu, noki sekä ruoanvalmistus paahtamalla ja grillaamalla. Luonnollisia lähteitä ovat metsäpalot ja tulivuoren purkaukset.

PAH-yhdisteiden fysikaalis-kemialliset ominaisuudet vaihtelevat huomattavasti, mutta osa PAH-yhdisteistä on helposti haihtuvia. Ne vapautuvat ilmaan ja kulkeutuvat ilmakehässä pitkiä matkoja. PAH-yhdisteet esiintyvät joko kaasumaisessa olomuodossa tai sitoutuneina ilmassa oleviin pienhiukkasiin. PAH-yhdisteet, jotka sisältävät viisi rengasta tai enemmän havaitaan lähinnä hiukkasiin sitoutuneina kun taas 2–3 rengasta sisältävät ovat lähes ainoastaan kaasumaisessa olomuodossa. Vaihtelevuudet olomuodossa liittyvät pääasiassa 4 rengasta sisältäviin PAH-yhdisteisiin, kuten fluoranteeniin, pyreeniin, bentso(a)antraseeniin ja kryseeniin (*European Commission, 2001*). Bentso(a)pyreeni on viisirenkainen hiilivety, joka kiinnittyy palamisessa syntyviin pienhiukkasiin. PAH-yhdisteet ovat karsinogeenisiä ja ulkoilman PAH-yhdisteet lisäävät erityisesti keuhkosyöpään sairastumisen riskiä. PAH-yhdisteiden aiheuttaman syöpäriskin merkkiaineena käytetään bentso(a)pyreeniä.

Bentso(a)pyreenin pitoisuudet ja vuodenaikaisvaihtelu kuvaavat hyvin muidenkin PAH-yhdisteiden ominaisuuksia. Talvella PAH-yhdisteiden pitoisuudet ovat suurempia kuin kesällä, koska mm. energiantuotannon ja puunpolton takia PAH-yhdisteiden päästöt ovat talvikaudella suuremmat. Toisin kuin monet muun ilmansaasteen päästöt, bentso(a)pyreenin päästöt ilmaan ovat kasvaneet Euroopassa viime vuosina. Tämä johtuu suurimmaksi osaksi lisääntyneestä biomassan poltosta. Noin 17 % Euroopan kaupunkien väestöstä altistui EU:n tavoitearvon 1 ng/m³ ylittäville bentso(a)pyreenipitoisuuksille (*EEA, 2019*).

Suomessa bentso(a)pyreeni on tyypillisesti sellaisten pientaloalueiden ongelma, joissa poltetaan paljon puuta. Korkeita pitoisuuksia esiintyy erityisesti talvisin. Tavoitearvoa 1 ng/m³ hipovia ja jopa sen ylittäviä vuosipitoisuustasoja on mitattu paljon pientaloalueilla sekä Raahessa terästeollisuuslaitoksen tuntumassa. Vuonna 2022 tavoitearvo ylittyi Raahessa ja Lahden pientaloalueella sijaitsevassa mittauspisteessä (*Ilmatieteen laitos, 2023*).

5.5 Ilman epäpuhtauksien terveysvaikutukset

Ilmansaasteiden terveyshaitat ovat seurausta altistumisesta ulkoilmassa oleville haitallisille aineille. Altistuminen on sitä suurempaa mitä korkeampia hengitysilman pitoisuudet ovat ja mitä kauemmin ihminen hengittää saastunutta ilmaa. Pitkäaikainen altistuminen ilmansaasteille on terveysvaikutusten kannalta haitallisempaa kuin lyhytaikainen altistuminen.

Ilmansaasteiden arvioidaan aiheuttavan Suomessa noin 1 600 ennenaikaista kuolemantapausta vuodessa (*Hänninen ym. 2016*). Lisäksi ilmansaasteet aiheuttavat haittoja lisääntyneen sairastamisen takia. Haitalliset vaikutukset ilmenevät siitä huolimatta, että ilmanlaadun raja- tai ohjearvot eivät Suomessa ylity laajassa mitassa. Terveyshaitat aiheutuvat suurelta osin pienhiukkasista ja pienemmältä osin hengitettävistä hiukkasista sekä typpidioksidista. Yksilöiden herkkyys ilmansaasteille vaihtelee. Herkkiä väestöryhmiä ovat kaikenikäiset astmaatikot, ikääntyneet sepelvaltimotautia ja keuhkoahtaumatautia sairastavat sekä lapset. Talvisin pakkanen voi pahentaa ilmansaasteista aiheutuvia oireita.

Tieteellinen näyttö pienhiukkasten haitallisista terveysvaikutuksista on erittäin laaja. Hiukkaset kulkeutuvat ilman mukana kaikkiin osiin hengitysteitä, jolloin ne aiheuttavat sekä suoria vaikutuksia keuhkoissa että siirtyvät osin verenkiertoon ja edelleen kehon muihin osiin kuten sydänlihakseen ja aivoihin. Hiukkaset lisäävät sydän- ja verenkiertoelimistön sairauksia ja lisäävät kuolleisuutta. Muiden ilmansaasteiden vaikutukset ovat myös vakavia mutta niiden kansanterveydelliset haitat ovat pienhiukkasiin verrattuna vähäisempiä.

5.6 Ulkoilmanlaadun vertailuarvot

Leviämismallilaskelmilla tai ilmanlaadun mittauksilla saatuja ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia voidaan arvioida vertaamalla niitä ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin, kriittisiin tasoihin ja tavoitearvoihin. EU-maissa voimassa olevat raja-arvot (*Vna 79/2017)* ovat sitovia ja ne eivät saa ylittyä alueilla, joissa asuu tai oleskelee ihmisiä. Raja-arvot eivät ole voimassa esimerkiksi teollisuusalueilla tai liikenneväylillä, lukuun ottamatta kevyen liikenteen väyliä. Kansalliset ilmanlaadun ohjearvot (*Vnp 480/1996)* eivät ole yhtä sitovia kuin raja-arvot, mutta niitä käytetään esimerkiksi kaupunkisuunnittelun tukena ja ilman pilaantumisen vaaraa aiheuttavien toimintojen sijoittamisessa. Tavoitteena on ennalta ehkäistä ohjearvojen ylittyminen sekä taata hyvän ilmanlaadun säilyminen.

Raja-arvot määrittelevät ilmansaasteille sallitut korkeimmat pitoisuudet. Raja-arvoilla pyritään vähentämään tai ehkäisemään terveydelle ja ympäristölle haitallisia vaikutuksia. Raja-arvon ylittyessä kunnan on tiedotettava väestöä ja tehtävä ohjelmia ja suunnitelmia ilmanlaadun parantamiseksi ja raja-arvon ylitysten estämiseksi. Tällaisia toimia voivat olla esimerkiksi määräykset liikenteen tai päästöjen rajoittamisesta. Ilman epäpuhtauksien aiheuttamien terveyshaittojen ehkäisemiseksi ulkoilman typpidioksidin, pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten pitoisuudet eivät saisi ylittää taulukon 5 raja-arvoja alueilla, joilla ihmiset saattavat altistua ilmansaasteille.

Euroopan komissio julkaisi lokakuussa 2022 ehdotuksen uudesta ilmanlaatudirektiivistä (*Euroopan komissio, 2022*). Ehdotetusta ilmanlaatudirektiivistä neuvotellaan parhaillaan Euroopan Unionin jäsenmaiden kesken, eikä direktiivin lopullista sisältöä näin ollen vielä tiedetä. Oletettavaa kuitenkin on, että nykyiset voimassa olevat raja-arvot tulevat tiukkenemaan nykyisestä vuoden 2030 alusta alkaen.

Taulukko 5. Terveyshaittojen ehkäisemiseksi annetut ulkoilman typpidioksidin, pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia koskevat raja-arvot (*Vna 79/2017*).

Ilman epäpuhtaus	Keskiarvon laskenta-aika	Raja-arvo µg/m³ (293 K, 101,3 kPa)	Sallittujen ylitysten määrä kalenterivuodessa
Typpidioksidi (NO_2)	1 tunti	200 [1)]	18
	kalenterivuosi	40 [1)]	–
Hengitettävät hiukkaset (PM_{10})	1 vuorokausi	50 [2)]	35
	kalenterivuosi	40 [2)]	–
Pienhiukkaset ($PM_{2,5}$)	kalenterivuosi	25 [2)]	–

[1)] Tulokset ilmaistaan lämpötilassa 293 K ja paineessa 101,3 kPa.
[2)] Tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

Ilmanlaadun ohjearvot on otettava huomioon suunnittelussa ja niitä sovelletaan mm. alueiden käytön, kaavoituksen, rakentamisen ja liikenteen suunnittelussa ja ympäristölupaharkinnassa. Ohjearvojen soveltamisen avulla pyritään ehkäisemään ilmansaasteiden aiheuttamia terveysvaikutuksia. Suomessa voimassa olevat ulkoilman typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia koskevat ilmanlaadun ohjearvot on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Ulkoilman typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia koskevat ilmanlaadun ohjearvot (*Vnp 480/1996*).

Ilman epäpuhtaus	Ohjearvo µg/m³	Tilastollinen määrittely
Typpidioksidi (NO_2)	150 [1)]	Kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste
	70 [1)]	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
Hengitettävät hiukkaset (PM_{10})	70 [1)]	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo

[1)] Tulokset ilmaistaan lämpötilassa 293 K ja paineessa 101,3 kPa.

Taulukossa 7 esitetään Maailman terveysjärjestön (WHO) suosituksenomaiset ohjearvot typpidioksidille, hengitettäville hiukkasille ja pienhiukkasille (*WHO, 2021*). WHO päivitti ilmanlaadun ohjearvot syksyllä 2021.

Taulukko 7. Ulkoilman typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuuksia koskevat ilmanlaadun ohjearvot (*WHO, 2021*).

Ilman epäpuhtaus	Ohjearvo µg/m³	Tilastollinen määrittely
Typpidioksidi (NO_2)	200	Tuntikeskiarvo
	25	Vuoden vuorokausiarvojen 99. prosenttipiste (sallii 3–4 ylitystä vuodessa)
	10	Vuoden keskiarvo
	40	Vuoden vuorokausiarvojen 99. prosenttipiste (sallii 3–4 ylitystä vuodessa)
Hengitettävät hiukkaset (PM_{10})	45	Vuoden vuorokausiarvojen 99. prosenttipiste (sallii 3–4 ylitystä vuodessa)
	15	Vuoden keskiarvo
Pienhiukkaset ($PM_{2,5}$)	15	Vuoden vuorokausiarvojen 99. prosenttipiste (sallii 3–4 ylitystä vuodessa)
	5	Vuoden keskiarvo

Typenoksidipitoisuuksien kriittisen tason ylittyessä pitoisuudet saattavat aiheuttaa haitallisia vaikutuksia kasvillisuudelle tai ekosysteemeille. Kriittisiä tasoja sovelletaan rakennetun ympäristön ulkopuolella olevilla laajoilla maa- ja metsätalousalueilla sekä luonnonsuojelun kannalta merkityksellisillä alueilla (taulukko 8).

Taulukko 8. Ulkoilman typen oksidien pitoisuuksia koskevat ilmanlaadun kriittiset tasot (*Vna 79/2017*).

Ilman epäpuhtaus	Kriittinen taso µg/m³	Tilastollinen määrittely
Typen oksidit (NO_x)	30 [1)]	Vuosikeskiarvo

[1)] Tulokset ilmaistaan lämpötilassa 293 K ja paineessa 101,3 kPa.

Tavoitearvolla tarkoitetaan ilmassa olevaa pitoisuutta, joka on mahdollisuuksien mukaan alitettava määräajassa ja jolla pyritään välttämään, ehkäisemään tai vähentämään ihmisten terveyteen ja ympäristöön kohdistuvia haitallisia vaikutuksia. Pitoisuuksien alittaessa säädetyn tavoitearvon, pitoisuudet on pyrittävä pitämään tavoitearvojen alapuolella ja mahdollisuuksien mukaan estämään pitoisuuksien nouseminen. Tavoitearvon ylittyminen on pyrittävä estämään käyttämällä parasta käyttökelpoista tekniikkaa ja noudattamalla ympäristön kannalta parhaan käytännön periaatetta (*Vna 113/2017*). Bentso(a)pyreenin ulkoilmapitoisuuksia koskevat ilmanlaadun tavoitearvot sekä pitoisuuksien seurantaan liittyvät ylemmät ja alemmat arviointikynnykset on esitetty taulukossa 9.

Ylemmällä arviointikynnyksellä tarkoitetaan sellaista ilman epäpuhtauden pitoisuutta, jota korkeammissa pitoisuuksissa jatkuvat mittaukset ovat ensisijainen ilmanlaadun seurantamenetelmä seuranta-alueella. Tätä alemmissa pitoisuuksissa jatkuvien mittausten tarve on vähäisempi ja ilmanlaadun arvioinnissa voidaan käyttää jatkuvien mittausten ja mallintamistekniikoiden tai suuntaa-antavien mittausten yhdistelmää. *Alemmalla arviointikynnyksellä* tarkoitetaan ilman epäpuhtauden pitoisuutta, jota alemmissa pitoisuuksissa ilmanlaadun arvioimiseksi riittää, että seuranta-alueella käytetään yksinomaan mallintamista tai muita

menetelmiä kuten päästökartoituksia. Ylemmän ja alemman arviointikynnyksen ylittyminen määritetään viiden edellisen vuoden pitoisuuksien perusteella. Arviointikynnyksen katsotaan ylittyneen, kun se on ylittynyt vähintään kolmena vuotena viidestä.

Taulukko 9. Bentso(a)pyreenin tavoitearvot ja arviointikynnykset pitoisuuksien vuosikeskiarvoille (*Vna 113/2017*).

Yhdiste	Keskiarvon laskenta-aika	Tavoitearvo *) ng/m^3	Alempi arviointikynnys ng/m^3	Ylempi arviointikynnys ng/m^3
Bentso(a)pyreeni	kalenterivuosi	1,0	0,4	0,6

*) Pitoisuus määritetään hengitettävien hiukkasten massapitoisuudesta kalenterivuoden keskiarvona. Tulokset ilmoitetaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

6 LEVIÄMISMALLILASKELMIEN LÄHTÖTIEDOT

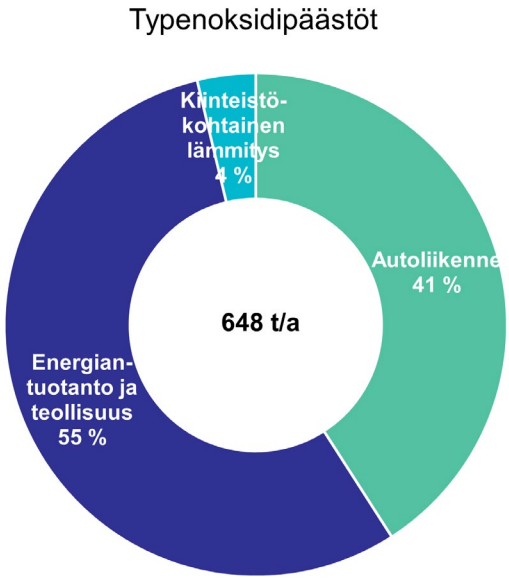
6.1 Mallilaskelmissa huomioidut päästöt

6.1.1 Riihimäen kokonaispäästöt

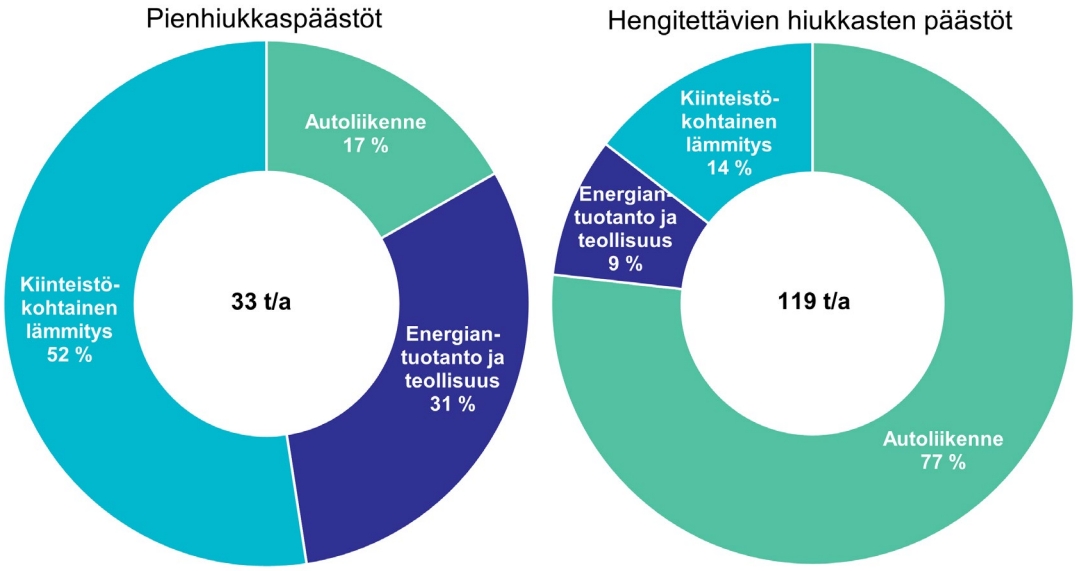
Leviämismallilaskelmissa huomioidut Riihimäen autoliikenteen, energiantuotannon, teollisuuden ja kiinteistökohtaisen lämmityksen kokonaispäästöt on esitetty kuvissa 18–20. Typen oksidien kokonaispäästöistä 55 % tulee energiantuotannosta ja teollisuudesta ja 41 % autoliikenteestä. Kiinteistökohtaisesta lämmityksestä tulee 4 % typen oksidien kokonaispäästöistä. Autoliikenteen päästöt vapautuvat mallilaskelmissa noin metrin korkeudelta ja laitosten päästöt niiden todellisilta piipunkorkeuksilta.

Pienhiukkasten kokonaispäästöstä 52 % tulee kiinteistökohtaisesta lämmityksestä. Energiantuotannon ja teollisuuden osuus on 31 % ja autoliikenteen osuus 17 % pienhiukkaspäästöistä. Autoliikenteen päästömäärässä on huomioitu suoraan moottoreiden pakokaasusta peräisin olevat pienhiukkaset ja katupölyn sisältämät pienhiukkaset.

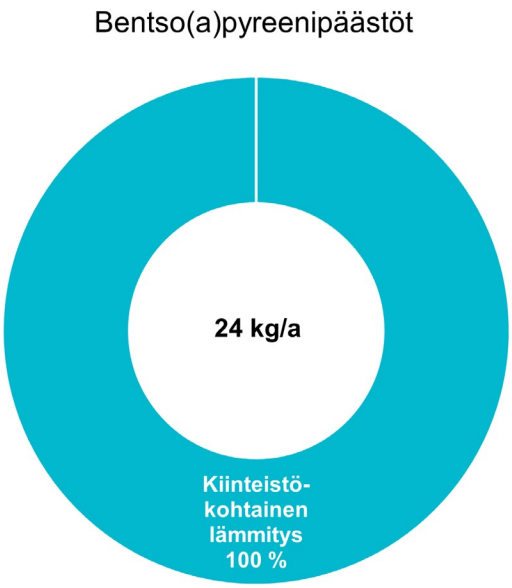
Hengitettävien hiukkasten kokoluokan hiukkaspäästöistä 77 % on peräisin autoliikenteen päästöistä. Päästöissä on huomioitu pakokaasuista peräisin olevat pienhiukkaset sekä katupölyn sisältämät PM_{10}-hiukkaset, jotka on laskettu erillisellä suspensiopäästömallilla (ks. kpl 7.4). Kiinteistökohtaisen lämmityksen osuus PM_{10}-hiukkaspäästöistä on 14 %. Energiantuotannon ja teollisuuden (9 %) päästöt on otettu huomioon pienhiukkasina, koska niiden tarkemmasta kokojakaumasta ei ole olemassa tietoa. Bentso(a)pyreenipäästöt aiheutuvat kokonaan kotitalouksien puunpolton päästöistä.



Kuva 18. Riihimäen typen oksidien kokonaispäästöt sekä eri päästölähteiden osuudet.



Kuva 19. Riihimäen pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten kokonaispäästöt sekä eri päästölähteiden osuudet.



Kuva 20. Riihimäen bentso(a)pyreenin kokonaispäästöt sekä eri päästölähteiden osuudet.

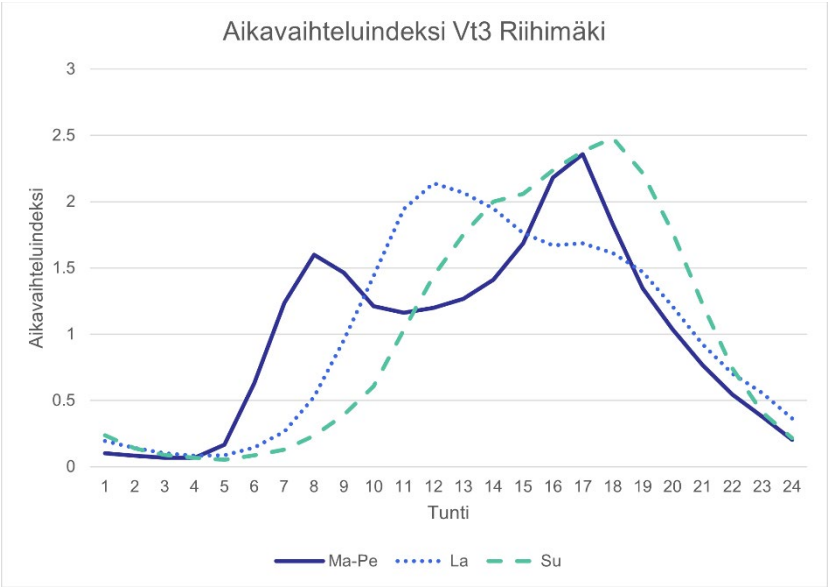
6.1.2 Autoliikenteen päästöt

Leviämismallilaskelmilla tarkasteltiin autoliikenteen päästöjä nykytilanteessa. Mallilaskelmien lähtötiedoissa nykytilannetta edustivat vuoden 2020 Destia Oy:n suorittaman Riihimäen kaupungin liikennelaskennan tulokset. Yleisten teiden osalta käytettiin Väyläviraston Digiroad-aineistoa. Molemmat aineistot sisälsivät keskimääräisten vuorokausiliikennemäärän (KVL), ajonopeuden ja raskaan liikenteen osuuden.

Suurimmat keskimääräiset vuorokausiliikennemäärät ovat Riihimäen keskustan länsipuolella sijaitsevalla valtatiellä 3 (noin 23 000 autoa/vrk). Valtatie 3 liittymien läheisyydessä keskustan sisääntuloväylillä Lahdentiellä ja Mattilantiellä liikennemäärät ovat noin 11 000 ajoneuvoa/vrk. Etelän Viertotiellä, Kulmalan puistokadulla, Saltakadulla ja Pohjoisella Asemakadulla liikennemäärä on noin 8 000 autoa/vrk ja muilla keskustan pääkaduilla noin 6 000 ajoneuvoa/vrk tai vähemmän. Raskaan liikenteen osuus oli suurimmillaan Lahdentiellä (noin 17 %), Teollisuuskadulla (14 %), Helsingin väylällä (12 %) ja Pohjoisella Rautatienkadulla (11 %). Muilla keskustan kaduilla raskaan liikenteen osuus oli 1–6 %.

Koko tutkimusalueen autoliikenteen typen oksidien ja hiukkasten päästöt laskettiin ja mallinnettiin tiekohtaisina viivalähteinä. Liikenneväyliä kuvattiin leviämismallilaskelmissa peräkkäisinä lyhyinä viivoina, joista jokaisesta vapautuu ympäristöönsä erikseen laskettavan suuruinen päästö. Mallilaskelmissa huomioitiin yhteensä 903 viivalähdettä Riihimäeltä ja sen lähiympäristöstä.

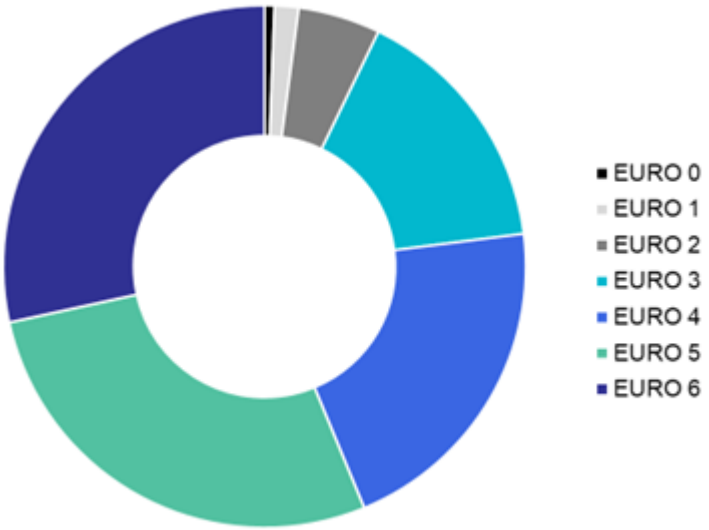
Tieverkon liikenteen päästöt laskettiin Ilmatieteen laitoksella keskimääräisten vuorokausi-liikennemäärien (KVL), ajonopeuksien, raskaan liikenteen osuuksien ja liikenteen tuntikohtaisen vaihtelun perusteella. Päästöjen viikonpäivittäisten ja tunneittaisten aikavaihtelujen kuvaamisessa käytettiin Helsingin väylällä sijaitsevan liikenteen automaattisen mittauspisteen (LAM) liikennelaskenta-aineistoja. Liikenteen aikavaihtelu LAM-pisteessä 429 (Vt3 Riihimäki Herajoki) on esitetty kuvassa 21.



Kuva 21. Mallilaskelmissa käytetyt liikenteen tunneittaista vaihtelua kuvaavat aikavaihteluindeksit LAM-pisteessä 429 Vt3 Riihimäki Herajoki.

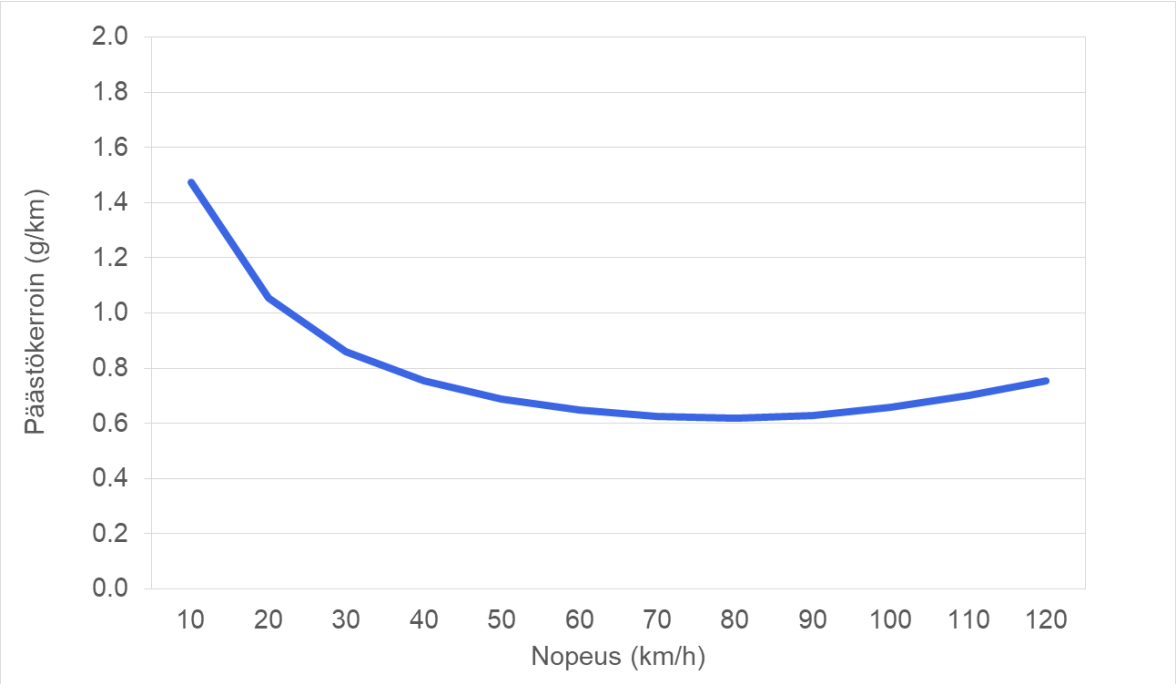
Autoliikenteen pakokaasupäästöt laskettiin käyttäen Euroopan ympäristöviraston (*European Environmental Agency, EEA*) määrittämiä tieliikenteen päästökertoimia (*EEA, 2017*). Nämä päästökertoimet riippuvat ajoneuvojen moottoriteknologiasta, EURO-päästöluokista sekä ajonopeudesta. Kertoimet on määritetty yksityiskohtaisesti eri ajoneuvotyypeille, niiden katu- ja maantieajolle tasaisella nopeudella ja ruuhka-aikaan suoritettavalle ajolle. Näistä kertoimista on tätä työtä varten keskiarvoistettu Suomen ajoneuvokantaa edustavat kertoimet.

Suomen autokantaa edustavat EURO-päästöluokittaiset ajosuoriteosuudet on esitetty VTT:n julkaiseman liikenteen laskentajärjestelmä LIPASTO:n ALIISA-autokantamallissa (*VTT, 2021*). Tämä malli tarjoaa vuosittain päivittyvät nykytilannetta edustavat arvot koko Suomen autokannan EURO-päästöluokkaisille ajosuoriteosuuksille (kuva 22). Luokittelu kertoo, miten paljon Suomessa vuodessa ajetaan kuhunkin eri päästöluokkaan kuuluvilla ajoneuvoilla.

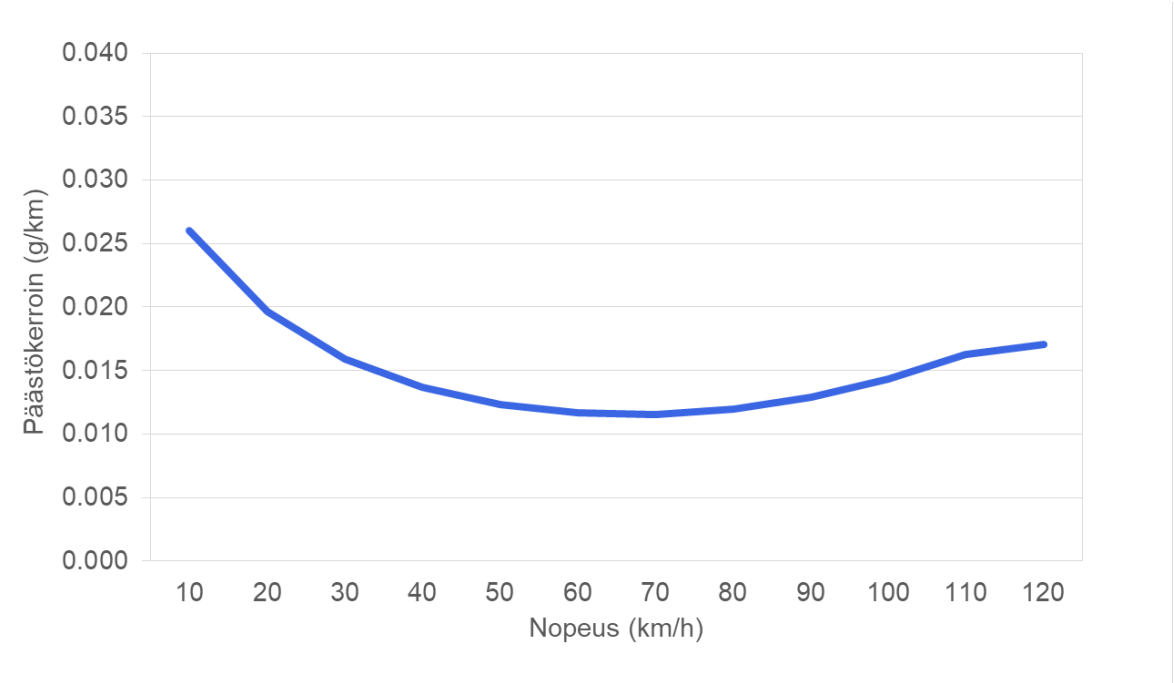


Kuva 22. ALIISA-autokantamallin kaikkien ajoneuvojen EURO-päästöluokittaiset suoritejakaumat Suomessa vuonna 2020 (*VTT, 2021*).

Ajoneuvojen jakaumana käytettiin Suomen vuoden 2020 ajoneuvojen EURO-päästöluokittaisia ajosuoriteosuuksia VTT:n liikenteen päästöjen laskentajärjestelmän mukaisesti. Kuvissa 23 ja 24 on esitetty päästölaskennassa käytetyt Suomen koko ajoneuvokannan keskimääräiset pakokaasujen typen oksidien ja pienhiukkasten päästökertoimet vuodelle 2020. Päästökertoimet ottavat huomioon ajoneuvotyyppien keskimääräiset suhteelliset osuudet Suomessa. Leviämis-mallilaskelmissa päästökertoimet on kohdennettu Riihimäelle ajoneuvotyyppien suhteellisilla suoriteosuuksilla katu- tai tieosuuksien mukaan VTT:n LIISA-laskentajärjestelmän mukaisesti (taulukko 10).



Kuva 23. Mallilaskelmissa käytettävät ajoneuvojen keskimääräiset nopeusriippuvat typen oksidien (NO_x) päästökertoimet. Kertoimien pohjana ovat EEA:n päästökertoimet (*EEA, 2017*) painotettuna suoritteiden EURO-päästöluokkajakaumilla ja koko Suomen keskimääräisillä ajosuoriteosuuksilla vuonna 2020 (*VTT, 2021*).



Kuva 24. Mallilaskelmissa käytettävät ajoneuvojen keskimääräiset nopeusriippuvat pienhiukkasten ($PM_{2,5}$) päästökertoimet. Kertoimien pohjana ovat EEA:n päästökertoimet (*EEA, 2017*) painotettuna suoritteiden EURO-päästöluokkajakaumilla ja koko Suomen keskimääräisillä ajosuoriteosuuksilla vuonna 2020 (*VTT, 2021*).

Taulukko 10. Riihimäen ajoneuvotyyppien jakauma vuonna 2016 (VTT/LIISA).

Kunta	Henkilöautot	Pakettiautot	Linja-autot	Kuorma-autot ilman perävaunua	Perävaunulliset kuorma-autot
Riihimäki	79,4 %	11,1 %	0,9 %	3,9 %	4,7 %

Taulukossa 11 on esitetty Riihimäen ja lähiympäristön autoliikenteen typen oksidien, pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten kokonaispäästöt vuonna 2020. Liitekuvissa 51–52 on esitetty päästölaskennan pohjana käytetyt vuoden 2020 keskimääräiset vuorokausiliikennemäärät tarkastelualueella sekä typen oksidien päästöt viivalähteittäin koko Riihimäen alueella ja tarkemmin keskusta-alueella. Leviämismallilaskelmissa oletettiin autoliikenteen typenoksidipäästöistä (NO_x) olevan keskimäärin 20 % typpidioksidia (NO_2) ennen ulkoilmassa tapahtuvaa kemiallista muutuntaa (*Anttila, ym., 2011*).

Liitekuvissa 53–56 on esitetty pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten päästöt viivalähteittäin koko Riihimäen alueella ja tarkemmin keskusta-alueella. Suspensiopäästöjen laskelmissa arvioitiin, että nastarenkaiden osuus on 80 % kaikista käytössä olevista talvirenkaista. Suspensiopäästöjen määrä vaihteli vuosittain sääolosuhteiden takia välillä 79–91 t/a. Taulukossa on esitetty kolmen tarkasteluvuoden PM_{10}-kokonaispäästöjen keskiarvo.

Taulukko 11. Riihimäen seudun autoliikenteen kokonaispäästöt (t/a) vuonna 2020.

	Autoliikenteen kokonaispäästöt
NOx	265 t/a
$PM_{2,5}$	6 t/a
PM_{10}	83 t/a

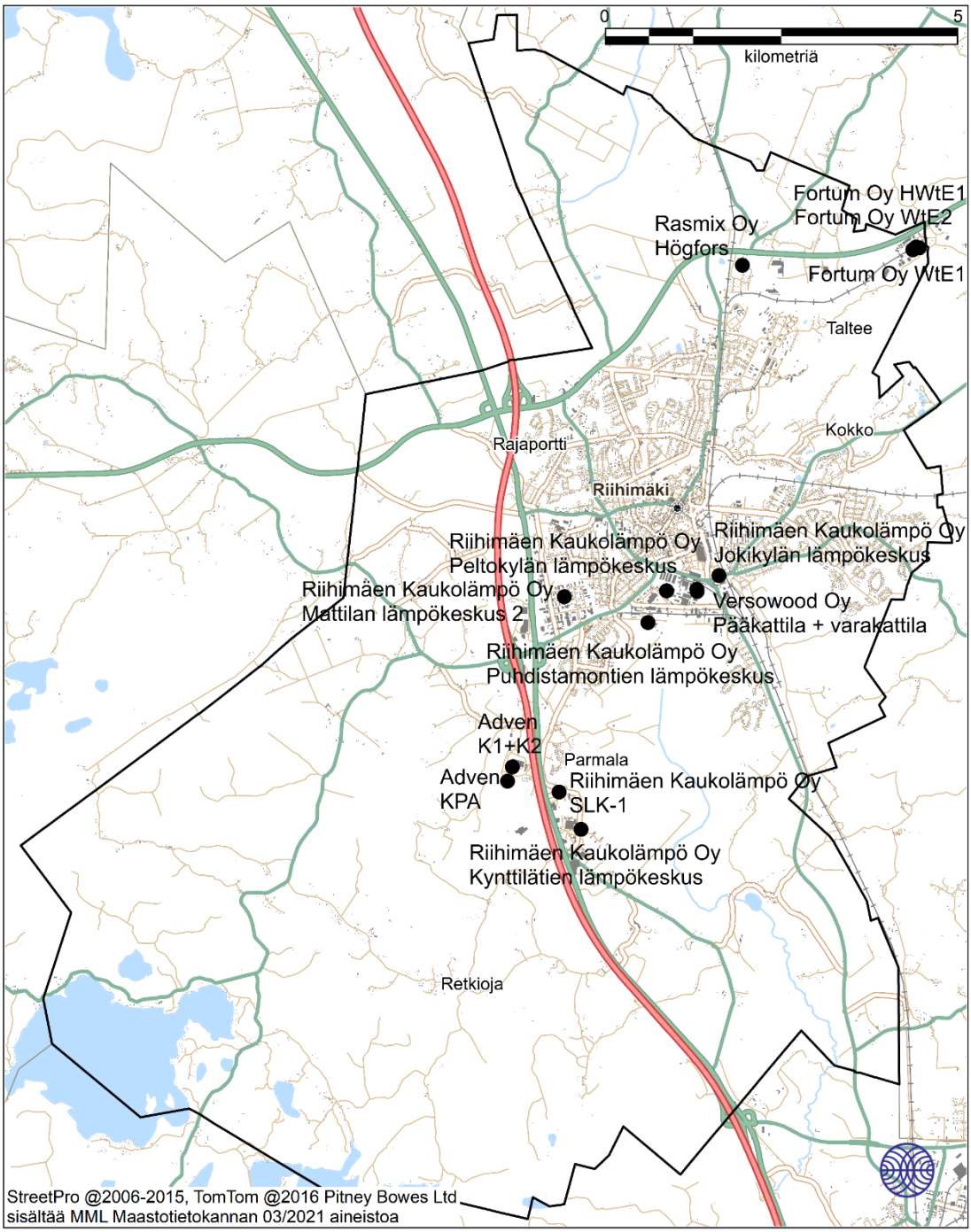
6.1.3 Energiantuotannon ja teollisuuden päästöt

Leviämismallilaskelmissa huomioitiin Riihmäen seudun merkittävimmät energiantuotannon ja teollisuuden päästölähteiden vuoden 2021 mukaiset päästöt. Päästöt ja muut tekniset tiedot pyydettiin suoraan toiminnanharjoittajilta ja tarvittaessa täydennettiin YLVA-tietokannan tiedoilla. Leviämismallilaskelmissa kaikki energiantuotannon ja teollisuuden hiukkaspäästöt on oletettu pienhiukkasiksi niiden todellisesta koosta riippumatta, koska laitosten hiukkaskokojakaumasta ei ollut tarkempaa tietoa. Energiantuotannon ja teollisuuden päästöjen aiheuttamat pienhiukkaspitoisuudet on mallilaskelmissa otettu mukaan myös hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) kokonaispitoisuuksiin.

Laskelmissa huomioitiin energiantuotannon ja teollisuuden laitoksista Riihimäen Kaukolämpö Oy, Rasmix Oy, Fortum Waste Solutions Oy, Versowood Oy ja Adven Oy. Energiantuotannon päästöt ovat talvella suuremmat kuin kesäaikaan. Eniten päästöjä syntyy kovilla pakkasilla, kun sähkön ja lämmön suuren kulutuksen vuoksi käyttöön otetaan erillisiä huippu- tai varalämpökeskuksia. Voimalaitokset ovat pääsääntöisesti käynnissä jatkuvatoimisesti ympäri vuoden. Pienempiä lämpökeskuksia käytetään yleensä sähkön ja lämmön kulutushuippujen aikana sekä isojen laitosten huoltoseisokkien aikana.

Energiantuotanto- ja teollisuuslaitosten sijainnit Riihimäen seudulla vuonna 2021 on esitetty kuvassa 25. Liitekuvissa 57–58 on esitetty energiantuotanto- ja teollisuuslaitosten typenoksidi- ja hiukkaspäästöjen alueellinen jakauma vuonna 2021. Laitosten kokonaisvuosipäästöt on esitetty taulukossa 12. Alueen merkittävimmät päästölähteet ovat Fortum Waste Solutions Oy:n voimalaitokset ja Versowood Oy:n laitos.

Leviämismallilaskelmissa tarvittavat energiantuotannon päästölähteiden sijainnit ja laitosten tekniset tiedot sekä päästömäärät, käyttöajat ja muut päästöjen ajallisen vaihtelun kuvaamisessa tarvittavat tiedot huomioitiin mahdollisimman tarkasti toiminnanharjoittajien ilmoittaman mukaisina. Jokaiselle laitokselle ja kullekin tarkastellulle epäpuhtauskomponentille muodostettiin koko kolmen vuoden laskentajakson kattaneet tunneittaiset päästöaikasarjat. Nämä aikasarjat muodostettiin laitosten todellisten päästö-, savukaasu- ja käyntituntimäärien perusteella. Jos toiminnanharjoittajalta ei saatu muuta tietoa päästöjen hetkellisestä lyhytaikaisvaihtelusta, kuvattiin päästövaihtelua aikasarjassa tunneittaisena ± 20 % satunnaisvaihteluna. Lämpökeskusten oletettiin toimivan käyntituntimääriensä mukaisesti vain vuoden kylmimpinä tunteina.



Ilmatieteen laitos 2023

Kuva 25. Energiantuotannon ja teollisuuden laitosten sijainnit Riihimäen alueella.

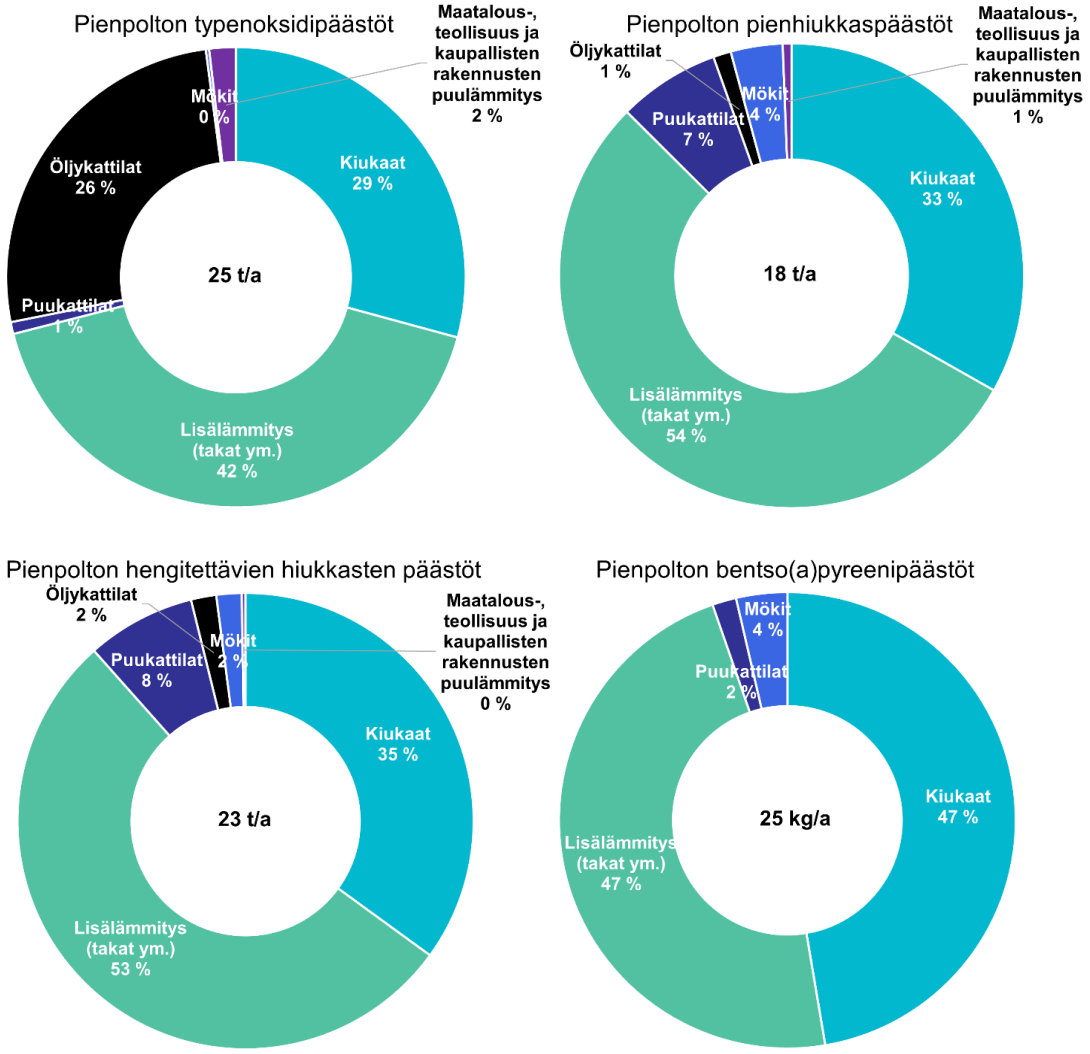
Taulukko 12. Riihimäen seudun energiantuotanto- ja teollisuuslaitosten typenoksidi- ja hiukkaspäästöt vuonna 2021. Leviämismallilaskelmissa kaikki energiantuotannon ja teollisuuden hiukkaspäästöt on oletettu pienhiukkasiksi niiden todellisesta koosta riippumatta, koska laitosten hiukkaskokojakaumasta ei ollut tarkempaa tietoa.

Laitos	Piipun korkeus (m)	NO_x (t/a)	PM (t/a)
Riihimäen Kaukolämpö Oy, Peltokylän lämpökeskus	40,5	0,26	0
Riihimäen Kaukolämpö Oy, Mattilan lämpökeskus	35	0,31	0
Riihimäen Kaukolämpö Oy, Jokikylän lämpökeskus	30	1,5	0
Riihimäen Kaukolämpö Oy, Puhdistamontien lämpökeskus	35	0,25	0
Riihimäen Kaukolämpö Oy, Kynttilätien lämpökeskus	21	5,1	0
Riihimäen Kaukolämpö Oy, SLK-1	9,5	0,093	0
Rasmix Oy, Högfors	18	1,2	0,51
Fortum Waste Solutions Oy, WtE1	71	157	1,1
Fortum Waste Solutions Oy, WtE2	70	93	0,017
Fortum Waste Solutions Oy, HWtE1	71	49	0,00061
Versowood Oy, pääkattila	35	40	7,2
Versowood Oy, varakattila	35	3,3	0,8
Adven Oy, K1+K2	30	5,0	0,05
Adven Oy, KPA	30	3,0	0,62
Kokonaispäästöt		359	10

6.1.4 Kiinteistökohtaisen lämmityksen päästöt

Leviämismallinnuksessa käytetyt kiinteistökohtaisen lämmityksen päästöt saatiin Suomen ympäristökeskukselta (SYKE). Päästöt on laskettu alueellisella päästöskenaariomallilla (FRES-malli) ja ne on esitetty vuosipäästöinä (g/a) 250 m × 250 m ruuduissa Riihimäen tulostusalueelta (*Savolahti, ym. 2019*). Riihimäen kaupunkialueen reunavaikutuksen minimoimiseksi huomioitiin mallilaskelmissa kiinteistökohtaisen lämmityksen päästöjä jonkin verran Riihimäkeä laajemmalta alueelta myös ympäröivien kuntien alueilta. Päästöt on jaoteltu omakotitalojen puukattilalämmitykseen, öljykattilalämmitykseen, lisälämmityslähteisiin (esim. takat) ja saunoihin sekä vapaa-ajanrakennusten pienpolttoon sekä maatalous-, teollisuus- ja kaupallisten rakennusten puulämmitykseen. Mallinnuksessa tarkasteltiin kiinteistökohtaisen lämmityksen typen oksidien, pienhiukkasten, hengitettävien hiukkasten ja bentso(a)pyreenin päästöjä nykytilanteessa vuonna 2019.

Kuvassa 26 esitetty kiinteistökohtaisen lämmityksen kokonaispäästöt ja eri lämmityslähteiden osuudet Riihimäen kokonaispäästöistä vuonna 2019. Taulukoissa 13–16 on esitetty numeroarvoina eri lämmityslähteiden aiheuttamat typen oksidien, pienhiukkasten, hengitettävien hiukkasten ja bentso(a)pyreenin päästöt Riihimäellä vuonna 2019. Merkittävimmät typen oksidien päästölähteet ovat lisälämmitys eli takkojen ym. tulisijat (42 %), kiukaat (29 %) ja omakotitalojen öljylämmitys (26 %). Hiukkaspäästöjä vapautuu eniten takoista ja muista lisälämmityslähteistä (53–54 %) sekä kiukaista (33–35 %). Omakotitalojen kiukaat (47 %) ja takat (47 %) aiheuttavat valtaosan bentso(a)pyreenipäästöistä.



Kuva 26. Riihimäen kiinteistökohtaisen lämmityksen aiheuttamat typen oksidien, pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten päästöt (t/a) sekä bentso(a)pyreenin päästöt (kg/a) lämmityslähteittäin vuonna 2019.

Kiinteistökohtaisen lämmityksen aiheuttamien typenoksidi-, hiukkas- ja rikkidioksidipäästöjen (kg/a) sekä bentso(a)pyreenipäästöjen (g/a) alueellinen jakauma ruuduittain vuonna 2019 on esitetty liitekuvissa 94–103. Kiinteistökohtaisen lämmityksen päästöt ovat suurimmillaan tiheään asutuilla pientaloalueilla. Näitä alueita Riihimäellä ovat mm. Hirsimäki, Uhkoila, Pohjanranta ja Pohjankorpi.

FRES-päästöskenaariomallissa arvio eri polttolaitteiden suhteellisista määristä ja puun käytöstä erityyppisissä pientaloissa perustuu koko maan kattaviin kyselyihin, joita on verrattu paikallisempiin kyselyihin. Käyttömääriin vaikuttaa myös kaupungistumisaste ja ulkoilman keskilämpötilaan perustuva lämmitystarve muilla lämmityslähteillä kuin kiukailla. Näiden perusteella päästöt jaetaan rakennus- ja huoneistorekisterin (RHR) vuoden 2021 pientalokannalle koko Suomeen. Päästöaineistossa pienpolton hengitettävien hiukkasten päästöistä noin 80 % on alle 2,5 µm kokoluokkaa ja noin 20 % karkeampaa 2,5–10 µm kokoluokkaa.

Leviämislaskelmissa päästöt mallinnettiin ns. pintapäästölähteinä, joiden koko oli 250 m × 250 m ja kaikkien ruutujen päästökorkeuden oletettiin olevan 7,5 m maanpinnasta. Päästökorkeudessa on

piipunkorkeuden lisäksi huomioitu ympäröivää ulkoilmaa lämpimämmän savukaasun lämpönosteen vaikutus päästön leviämisessä.

Leviämismallinnuksessa huomioitiin eri lämmityslähteiden päästöjen aikavaihtelu SYKE:n tuottaman Suomen keskimääräisen aikavaihteluaineiston perusteella. Aineistossa oli 3 erilaista aikavaihtelua: erikseen asuinrakennusten lämmityskattiloille, lisälämmityslähteille (varaavat takat) ja saunoille. Aikavaihtelun avulla painotetaan keskimääräisiä päästöjä eri ajankohdille. Lämmityskattiloissa ja lisälämmityslähteissä puuta käytetään eniten talvikuukausina, lisälämmityslähteissä talvikuukausina viikonloppuisin, saunoissa lauantaisin, perjantaisin ja keskiviikkoisin läpi vuoden. Lämmityskattiloiden käytössä ei viikkotasolla ole päivittäisiä eroja. Kaikki lämmityslähteet ovat käytössä klo 8–24 välisenä aikana käytön painottuessa alkuiltaan ja jonkin verran aamupäivään.

Taulukko 13. Mallilaskelmissa huomioidut Riihimäen kiinteistökohtaisen lämmityksen typenoksidipäästöt päästölähteittäin vuonna 2019.

Päästölähde	NO_x-päästöt (t/a)
Omakotitalojen puukattilalämmitys	0,21
Omakotitalojen öljylämmitys	6,6
Omakotitalojen takat ym. tulisijat	11
Omakotitalojen saunat	7,4
Vapaa-ajan rakennusten tulisijat	0,059
Teollisuus-, maatalous- ja kaupallisten rakennusten lämmitys	0,47
Kokonaispäästö NO_x yhteensä (t/a)	25

Taulukko 14. Mallilaskelmissa huomioidut Riihimäen kiinteistökohtaisen lämmityksen pienhiukkaspäästöt päästölähteittäin vuonna 2019.

Päästölähde	$PM_{2,5}$-päästöt (t/a)
Omakotitalojen puukattilalämmitys	1.2
Omakotitalojen öljylämmitys	0,22
Omakotitalojen takat ym. tulisijat	9,5
Omakotitalojen saunat	5,8
Vapaa-ajan rakennusten tulisijat	0,63
Teollisuus-, maatalous- ja kaupallisten rakennusten lämmitys	0,11
Kokonaispäästö $PM_{2,5}$ yhteensä (t/a)	18

Taulukko 15. Mallilaskelmissa huomioidut Riihimäen kiinteistökohtaisen lämmityksen hengitettävien hiukkasten päästöt päästölähteittäin vuonna 2019.

Päästölähde	PM_{10}-päästöt (t/a)
Omakotitalojen puukattilalämmitys	1.8
Omakotitalojen öljylämmitys	0,41
Omakotitalojen takat ym. tulisijat	12
Omakotitalojen saunat	8,0
Vapaa-ajan rakennusten tulisijat	0,41
Teollisuus-, maatalous- ja kaupallisten rakennusten lämmitys	0,061
Kokonaispäästö PM_{10} yhteensä (t/a)	23

Taulukko 16. Mallilaskelmissa huomioidut Riihimäen kiinteistökohtaisen lämmityksen bentso(a)pyreeni-päästöt päästölähteittäin vuonna 2019.

Päästölähde	B(a)p-päästöt (kg/a)
Omakotitalojen puukattilalämmitys	0.40
Omakotitalojen öljylämmitys	0,84
Omakotitalojen takat ym. tulisijat	11
Omakotitalojen saunat	11
Vapaa-ajan rakennusten tulisijat	0,84
Teollisuus-, maatalous- ja kaupallisten rakennusten lämmitys	0,84
Kokonaispäästö B(a)p yhteensä (kg/a)	25

Kuva: Katja Lovén

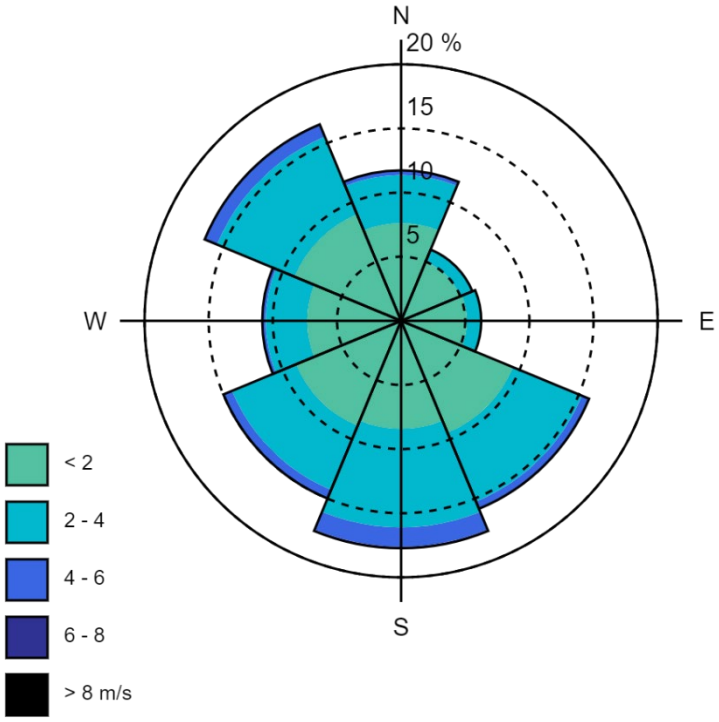
6.2 Meteorologiset tiedot

Leviämismallilaskelmia varten määritettiin ilmakehän rajakerrosta kuvaavat parametrit, jotka edustavat tutkimusaluetta mahdollisimman hyvin. Mallilaskelmissa käytetyn meteorologisen aineiston muodostamisessa on käytetty eri ympäristöissä sijaitsevien Ilmatieteen laitoksen sääasemien havaintoja, jotta aineistosta saadaan mahdollisimman edustava koko Riihimäen seudun alueen mallinnusta varten. Laskelmissa käytettäviksi sääasemiksi valittiin tarkastelualuetta edustavat sääasemat, joilla mitataan kaikkia mallin tarvitsemia sääsuureita.

Mallilaskelmissa käytettyjen meteorologisten tietojen etäisyyspainotettu yhdistelmäaineisto muodostettiin Mäntsälän Hirvivaaran, Vihdin Maasojan ja Hämeenlinnan Katisen sääasemien vuosien 2019–2021 havainnoista. Tarvittavat auringonpaistetiedot saatiin Jokioisten Ilmalan sääaseman säteilymittausaineistoista ja sekoituskorkeuden määrittämiseen käytettiin Jokioisten observatorion radioluotaushavaintoja. Säähavainto- ja luotausaineistot täyttävät WMO:n ja ICAO:n laatuvaatimukset. Sääasemien havaintoaineistoista muodostettiin kolmen tarkasteluvuoden tunneittainen aikasarja, joka sisältää päästöjen leviämisen ja laimenemisen kannalta oleellisia

ilmankehän rajakerroksen tilaa kuvaavia parametreja, mm. tuulen suunta ja nopeus, stabiilisuus, sekoituskorkeus ja lämpötila.

Kuvassa 27 on esitetty tuulen suunta- ja nopeusjakauma tarkastelualueella tuuliruusun muodossa. Riihimäen seudun alueella etelä- ja luoteistuulet ovat vallitsevia, kun taas lännen ja koillis-idän puoleisia tuulia esiintyy vähiten.



Kuva 27. Keskimääräinen tuulen suunta- ja nopeusjakauma Riihimäen seudulla vuosina 2019–2021. Tuulitiedot kuvaavat olosuhteita 10 metrin korkeudella maan pinnasta.

6.3 Taustapitoisuudet

Leviämismallilaskelmissa huomioitiin autoliikenteen, energiantuotannon, teollisuuden ja kiinteistökohtaisen lämmityksen päästöjen aiheuttamien pitoisuuksien lisäksi alueellinen taustapitoisuus, jotta mallilaskelmin saadut pitoisuudet vastaisivat mahdollisimman hyvin todellisia epäpuhtauspitoisuustasoja. Tausta-asemalta saadaan myös typen oksidien muutunnan kuvaamista varten tarvittava otsonin ja typen oksidien pitoisuus kaupungin ulkopuolella ennen paikallisten päästöjen aiheuttamaa otsonin ja typen oksidien ilmakemiallista muutuntaa. Taustapitoisuutena käytettiin Ilmatieteen laitoksen Espoon Luukissa sijaitsevan taustailmanlaadun mittausaseman tuloksia. Tarkastelujaksolla 2019–2021 typen oksidien taustapitoisuuden keskiarvo oli 4,1 µg/m³, pienhiukkasten 4,8 µg/m³ ja otsonin 49,5 µg/m³ (*Ilmatieteen laitos, 2023*). Taustapitoisuuksina käytettiin pitoisuuksien kuukausittain laskettuja tunneittaisia keskiarvoja, joilla pyrittiin kuvaamaan taustapitoisuuksien vuorokauden sisäistä ja vuodenajoittaista vaihtelua.

6.4 Laskentapisteikkö

Pitoisuudet laskettiin koko Riihimäen kaupungin kattavalle 19 x 15 km kokoiselle alueelle. Tälle alueelle muodostettiin laskentapisteikkö, jossa oli yhteensä noin 50 000 laskentapistettä. Laskentapisteiden etäisyys toisistaan vaihteli 1–250 metrin välillä riippuen alueesta.

Liikenneväylien varsilla käytettiin tihennettyä laskentapisteikköä. Laskentapisteet sijoitettiin liikenneväylille 1–50 m välein siten, että yksi piste sijaitsee väylällä ja väylän molemmin puolin sijaitsevat laskentapisteet 50 metrin etäisyydellä väylästä. Suurimmille liikenneväylille laskentapisteet sijoitettiin niin, että molemmin puolin väylää sijaitsee laskentapisteet 100 metrin sekä 200 metrin etäisyydellä väylästä. Myös kaupungin keskusta-alueella sekä teollisuus- ja energiantuotantolaitosten läheisyydessä käytettiin tihennettyä laskentapisteikköä, jossa laskentapisteiden etäisyys toisistaan oli 50 m.

Maanpinnan korkeuserot huomioitiin laskentapisteissä Maanmittauslaitoksen maastonkorkeustietojen mukaisesti. Päästöjen aiheuttamat pitoisuudet laskettiin jokaisessa laskentapisteessä 2 metrin korkeudelle maanpinnasta eli ihmisten hengityskorkeudelle.

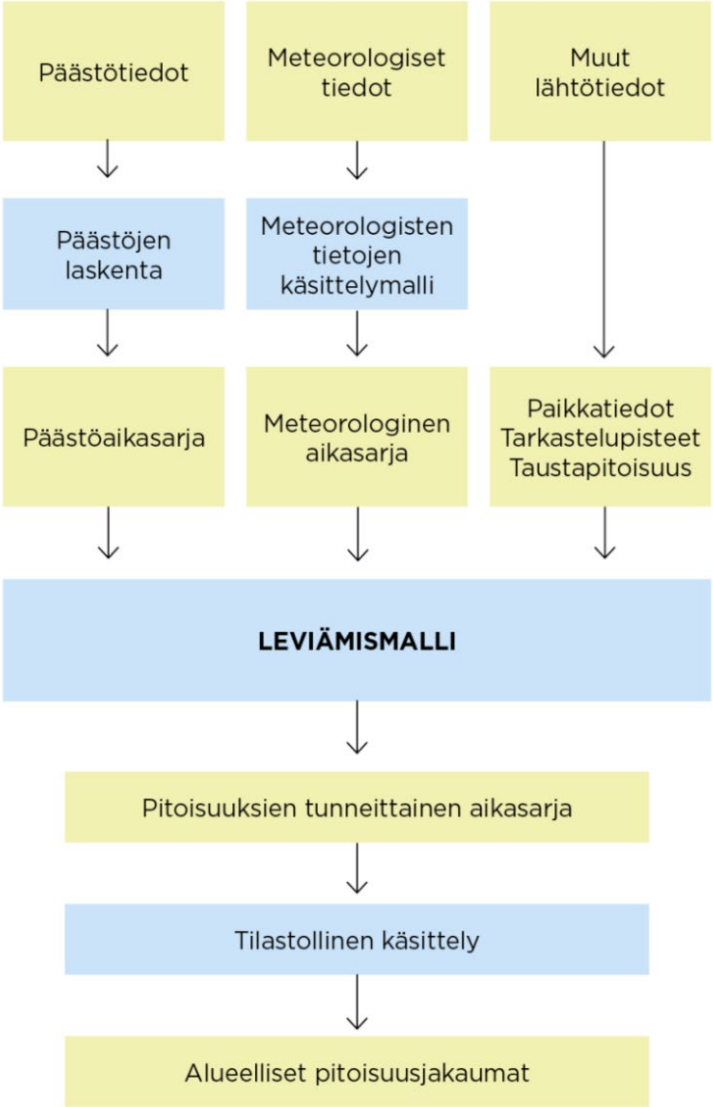
Yksittäisiin laskentapisteisiin lasketuista pitoisuusarvoista ja niistä edelleen lasketuista tilastollisista arvoista muodostetaan pitoisuuksien aluejakaumia. Pitoisuuksien aluejakaumissa esitetään leviämismallilaskelmien tuloksina samanarvonkäyrillä ne alueet, joilla tietyn pitoisuuden ylittyminen on pitkän havaintojakson aikana todennäköistä. Tiheän laskentapisteikön ansiosta pitoisuuksien alueelliset ja paikalliset vaihtelut voidaan kuvata tarkasti.

7 LEVIÄMISMALLILASKELMISSA KÄYTETYT MENETELMÄT

7.1 Pitoisuuslaskenta päästöjen leviämismalleilla

Leviämismalleilla tutkitaan päästöjen kulkeutumista ilmakehässä ja niiden aiheuttamia ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia maanpinnan tasolla. Leviämismallit ovat tietokoneohjelmistoja, joiden avulla pyritään jäljittelemään ilmakehässä tapahtuvia fysikaalisia ja kemiallisia ilmiöitä mahdollisimman todenmukaisesti. Malleihin sisältyy usein laskentamenetelmiä, joiden avulla voidaan tarkastella epäpuhtauksien muuntumista, kemiallisia reaktioita ja poistumista ilmakehästä laskeumana. Leviämismallien lähtötiedoiksi tarvitaan tietoja päästöistä ja niiden lähteistä, mittaamalla ja mallittamalla saatuja tietoja ilmakehän tilasta sekä tietoja ilmansaasteiden taustapitoisuudesta tutkimusalueella. Lisäksi lähtötiedoiksi tarvitaan erilaisia paikkatietoja, kuten tietoja maanpinnan muodoista ja maanpinnan laadusta sekä tietoa päästölähteiden sijainnista.

Leviämislaskelmia varten muodostetaan kaikille eri päästölähteille päästöaikasarjat, joissa on jokaiselle tarkastelujakson tunnille (3 vuotta, 26 304 tuntia) laskettu päästömäärä erikseen kaikille tarkasteltaville ilman epäpuhtauksille. Leviämismalleilla lasketaan ilman epäpuhtauspitoisuuden tuntikeskiarvoja sillä oletuksella, että meteorologinen tilanne ja eri lähteiden päästöt pysyvät vakioina tunnin ajan. Laskenta etenee tunnin aika-askeleella kunnes koko meteorologisten tietojen kolmen vuoden tuntiaikasarja ja kunkin päästölähteen tunneittaiset päästöaikasarjat on käyty läpi. Leviämismallit tuottavat jokaisen tunnin meteorologista tilannetta vastaavat, kunkin lähteen päästöjen aiheuttamat pitoisuudet jokaiseen laskentapisteeseen. Näin kuhunkin laskentapisteeseen muodostetaan tilastollisesti edustava määrä pitoisuuden tuntiarvoja, joista ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset tunnusluvut edelleen lasketaan. Mallilaskelmasta saatuja pitoisuusarvoja voidaan verrata ilmanlaadun raja- ja ohjearvoihin (taulukot 5 ja 6). Kaaviokuvassa 28 on esitetty Ilmatieteen laitoksen leviämismallien toimintaa. Eri leviämismalleja kuvataan tarkemmin seuraavissa kappaleissa.



Kuva 28. Kaaviokuva Ilmatieteen laitoksella kehitettyjen leviämismallien, piste- ja pintapäästölähteiden leviämismallin UDM-FMI ja viivalähdemallin CAR-FMI toiminnasta.

7.2 Piste- ja pintapäästölähteiden leviämismalli (UDM-FMI)

Ilman epäpuhtauksien leviämistä kuvaava Ilmatieteen laitoksen leviämismalli UDM-FMI (Urban Dispersion Modelling System) on muokattu Gaussin jakaumaa noudattavasta pistemäisen lähteen viuhkamallista (*Karppinen, ym., 1998*). Leviämismallia on kehitetty Ilmatieteen laitoksella Suomen olosuhteisiin sopivaksi ja sitä on sovellettu sadoissa erilaisissa ilmanlaatuselvityksissä ja -tutkimuksissa Suomessa ja ulkomailla. Tällä leviämismallilla voidaan laskea eri tyyppisten piste- ja pintalähteiden päästöjen aiheuttamia epäpuhtauksien pitoisuuksia päästölähteen ympäristössä. Mallissa kuvataan tarkasti päästökohdassa tapahtuvaa mekaanista ja lämpötilaeroista johtuvaa nousulisää, lähimpien esteiden aiheuttamaa savupainumaa, ilmassa tapahtuvia epäpuhtauksien kemiallisia prosesseja sekä ilmansaasteiden poistumamekanismeja ilmakehästä.

UDM-FMI-mallin merkittävien ero useisiin muihin leviämismalleihin verrattuna on päästölähteestä tulevan poistokaasuvanan pitoisuusjakauman muotoon vaikuttavien leviämisparametrien määritys. Näiden parametrien arvot ovat yleensä olleet sidoksissa ilmakehän tilaa karkeasti kuvaaviin Pasquill-Turner-stabiilisuusluokkiin. UDM-FMI-mallissa käytetään kuitenkin Ilmatieteen laitoksella kehitettyä meteorologisen aineiston käsittelymenetelmää MPP-FMI, eli niin sanottua ilmakehän rajakerroksen parametrisointimenetelmää, jolla voidaan merkittävästi parantaa todellisten ilmakehän olosuhteiden kuvaamista mallissa.

Leviämismallissa on laskentamenetelmä nousulisälle, joka muodostuu, kun poistokaasut vapautuessaan päästökohteesta nousevat liikemäärästään ja lämpösisällöstään johtuen päästölähteen huippua korkeammalle. Päästöjen nousulisällä on huomattava vaikutus keskimääräiseen leviämiskorkeuteen ja muodostuviin epäpuhtauspitoisuuksiin. Päästöjen leviämiseen saattavat vaikuttaa ilmavirtauksia häiritsevät kohteet, kuten päästölähdettä ympäröivät rakennukset tai itse lähteen ominaisuudet. Tällöin leviämisessä voi esiintyä systemaattisesti alaspäin suuntautuvaa liikettä, josta käytetään nimitystä savupainuma. Näiden leviämiseen vaikuttavien tekijöiden käsittelymenetelmät pitoisuuksia laskettaessa sisältyvät leviämismalliin. Mallin sovellutuksissa huomioidaan paikalliset päästöjen kulkeutumiseen ja sekoittumiseen vaikuttavat tekijät, joita ovat muun muassa topografia sekä maaston, vesistöjen ja asutuksen aiheuttamat leviämisalustan rosoisuuserot.

7.3 Liikenteen päästöjen leviämismalli (CAR-FMI)

Ilmatieteen laitoksella kehitetty liikenteen päästöjen viivalähdemalli CAR-FMI (Contaminants in the Air from a Road; *Karppinen, 2001; Härkönen ym., 2001*) perustuu leviämisen osalta analyyttiseen ratkaisuun ja päästöjen kemiallisen muutunnan osalta ns. ’discrete parcel’ -menetelmään. Viivalähdemallin leviämislaskenta perustuu avoimen väylän oletukseen. Viivalähdemallilla voidaan laskea esimerkiksi typpimonoksidin, typpidioksidin ja typen oksidien (kokonais-NO_x) ja hiukkasten pitoisuuksia haluttuihin pisteisiin eri etäisyyksille liikenneväylästä. Viivalähdemalli on kehitetty alun perin autoliikenteen päästövaikutusten arviointiin, mutta siihen on muokattu menetelmät, joka soveltuvat myös juna-, laiva- ja lentoliikenteen päästöjen leviämislaskelmiin. Viivalähdemallin laskentatuloksista voidaan arvioida yksittäisen liikenneväylän vaikutus lähialueen pitoisuuksiin tai laajan tutkimusalueen liikenneverkon päästöjen kokonaisvaikutus epäpuhtauskomponenteittain. Viivalähdemallin eri sovellutuksilla saadut mallinnustulokset voidaan yhdistää UDM-FMI-mallilla tehtyihin tuloksiin.

7.4 Liikenteen suspensiopäästömalli katupölyn mallintamiseen (FORE)

Tieliikenne aiheuttaa pakokaasujen suorien pienhiukkaspäästöjen lisäksi myös epäsuoria hiukkaspäästöjä ajoneuvojen nostattaman katupölyn muodossa, mistä suurin osa on hengitettäviä hiukkasia. Ilmatieteen laitoksen leviämismalleilla voidaan laskea liikenteen pakoakaasupäästöjen lisäksi myös liikenteen epäsuora vaikutus hengitettävien hiukkasten pitoisuuksiin. Tieliikenteen hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien laskelmissa hyödynnetään suspensiopäästömallia, jolla kuvataan katujen pölyämisen vaikutusta hiukkaspäästöön (*Kauhaniemi ym., 2011*). Suspensiopäästömalli perustuu Ruotsin Ilmatieteen laitoksen (SMHI) kehittämään hiukkaspäästömalliin (*Omstedt ym., 2005*).

Tienpinnan kosteus säätelee hiukkasten nousemista tienpinnalta ilmaan. Suspensiopäästömalli arvioi tien pinnan kosteutta sademäärän, haihdunnan ja valunnan avulla. Mallissa kuvitteellinen tien pölykerros kasvaa kosteissa olosuhteissa nastarenkaiden aiheuttaman tien kulumisen ja hiekoituksen vuoksi, sillä pöly ei pääse vapautumaan ilmaan sateisina aikoina. Kuivana kautena liikenteen ja tuulen aiheuttama turbulenssi nostaa hiukkaset ilmaan pienentäen näin pölykerrosta. Tien pölykerros pienenee myös sateen aiheuttaman huuhtoutumisen seurauksena. Tien kulumisesta aiheutuvan pölykerroksen paksuus riippuu nastarenkaiden käytön määrästä. Tien

hiekoituksesta aiheutuva pölykerros määräytyy mallissa meteorologisten muuttujien mukaan tai kaupungin katujen kunnossapidosta saatujen hiekoitustietojen mukaan. Katujen pölyämisestä ilmaan vapautuvan päästön määrää arvioidaan tiepölyhiukkasten suspensiopäästökertoimien, liikennemäärien ja sääolosuhteiden avulla.

7.5 Typenoksidipäästöjen ilmakemiamalli

Kiinteiden päästölähteiden polttoaineiden palamisessa muodostuvat ja liikenteen typenoksidipäästöt ovat pääasiassa typpimonoksidia (NO), kun taas terveysvaikutuksiltaan haitallisempaa typpidioksidia (NO_2) on päästöistä pienempi osa. Oksidit hapettuvat ilmassa kaasufaasireaktioissa hapen, otsonin, hydroksyyliradikaalin ja orgaanisten peroksiradikaalien toimiessa hapettimina. Reaktionopeudet riippuvat vuoden- ja vuorokaudenajasta, auringon säteilyn määrästä ja lämpötilasta. Valokemialliset reaktiot, joissa molekyylit hajoavat, ovat tärkeitä päivänvalossa. Myös päästöjen leviäminen ja niiden sekoittuminen ilmaan vaikuttavat typen oksidien muutunnan tehokkuuteen.

Jotta leviämismallilaskelmin voitaisiin kuvata erilaisten hapettuneiden typen yhdisteiden pitoisuudet ulkoilmassa, on mallisovellutuksissa otettava huomioon ilmakehässä tapahtuvat kemialliset reaktiot. Pistemäisten päästölähteiden typenoksidipäästöjen muutuntaa käsitellään menetelmällä, jossa UDM-FMI-malliin on yhdistetty erilaisten meteorologisten tilanteiden ja otsonin taustapitoisuuden mukaan parametrisoituja funktioita. Näillä funktioilla kuvataan typen oksidien hapettumista ja NO_2/NO-suhteen muuttumista poistokaasuvanassa eri etäisyyksillä päästölähteestä.

Liikenteen ja laivaliikenteen päästöjen leviämistä kuvaavaan viivalähdemalliin on kehitetty Ilmatieteen laitoksella typenoksien muutuntaa arvioiva malli, jolla voidaan huomioida erilaisten taustapitoisuuksien ilmakemiallinen vaikutus kunkin viivalähteen päästöön. Laskennassa käytetään taustailmanlaadun mittausasemien mittaustuloksia, joista määritetään kullekin vuoden kuukaudelle vuorokauden sisäistä vaihtelua kuvaavat typenoksidi- ja otsonipitoisuuksien keskimääräiset tuntikeskiarvojen jakaumat. Laskennassa huomioidaan muiden viivalähteiden aiheuttamat typpidioksidi- ja typpimonoksidipitoisuudet järjestämällä viivalähteet pitoisuuksia laskettaessa tuulen suunnan mukaan. Näin jokaisen viivalähteen kemiallista muutuntaa arvioitaessa on typpidioksidi- ja typpimonoksidipitoisuuksissa huomioitu kaikkien tuulen yläpuolella olevien, aiemmin laskennassa mukana olleiden viivalähteiden vaikutus tarkasteltavaan viivalähteeseen. Otsonin kuluminen typen oksidien ilmakemiallisissa reaktioissa huomioidaan eli alueellisen otsonitaustan ei oleteta olevan muutunnassa ehtymätön otsonilähde. Mallinnuksessa otsoni voi kulua loppuun erityisesti vilkkaasti liikennöidyillä alueilla. Tämän seurauksena typpidioksidin muutunta voi loppua kokonaan typenoksidipäästön määrästä riippumatta.

Kemiallisissa muutuntamalleissa tarvittavat auringon säteilytiedot muodostetaan yleensä tarkastelualuetta lähinnä sijaitsevan sääaseman mittaustuloksista ja otsonin ja typen oksidien taustapitoisuustiedot hankitaan lähimmältä ilmanlaadun taustahavaintoasemalta.

7.6 Meteorologisten tietojen käsittelymalli (MPP-FMI)

Ilmatieteen laitoksen leviämismalleissa tarvittavan sääaineiston tuottamisessa käytetään Ilmatieteen laitoksella kehitettyä meteorologisten tietojen käsittelymallia MPP-FMI (Meteorological preprocessor). Malli perustuu ilmakehän rajakerroksen (noin 0–2 000 m maanpinnasta) parametrisointimenetelmään (*Rantakrans, 1990; Karppinen, 2001*). Menetelmän avulla voidaan meteorologisten rutiinihavaintojen ja fysiikan perusyhtälöiden avulla arvioida rajakerroksen tilaan vaikuttavat muuttujat, joita tarvitaan päästöjen leviämismallilaskelmissa. Tarvittavat mittaustiedot saadaan Ilmatieteen laitoksen havaintotietokantaan tallennetuista sää-, auringonpaiste- ja radioluotaushavainnoista.

Rajakerroksen parametrisoinnin avulla on mahdollista ilmaista leviämismalleissa käytetyt muuttujat jatkuvina rajakerroksen tilan funktioina, joissa voidaan ottaa huomioon myös päästölähteisiin liittyvä fysiikka paremmin kuin jos käytettäisiin vain ilmakehän tilaa karkeasti kuvaavia Pasquill-Turner -stabiiliusluokkia. Menetelmässä huomioidaan tutkimusalueen paikallisia tekijöitä, kuten leviämisalustan rosoisuus ja vuodenaikaiset albedoarvot (auringon säteilyn heijastuskyky maanpinnasta) eri maanpinnan laaduille. Ilman epäpuhtauksien leviämisen kannalta keskeisiä meteorologisia muuttujia ovat tuulen suunta ja nopeus, ilmakehän stabiiliutta kuvaava suure ja sekoituskorkeus.

Laskelmissa käytetään yleensä kolmen vuoden pituista tutkimusalueen sääolosuhteita edustavaa meteorologista aineistoa. Säähavaintoaineisto hankitaan Ilmatieteen laitoksen omilta säähavaintoasemilta, joilla mitataan kaikkia mallin tarvitsemia sääsuureita. Säähavainto- ja luotausaineistot täyttävät WMO:n ja ICAO:n laatuvaatimukset. Tuulen suunta- ja nopeustiedot muodostetaan kahden tai useamman sääaseman havaintojen tilastollisena yhdistelmänä. Näin varmistetaan, etteivät tietyt sääasemien lähiympäristöstä johtuvat tuuliaineiston erityispiirteet vääristä kuvaa leviämismallilaskelmin saatavista pitoisuuksien aluejakaumista ja esimerkiksi maksimiarvon sijainnista mallin tulostusalueella. Lopputuloksena saadaan leviämismalleissa tarvittavien meteorologisten parametrien tunneittaiset aikasarjat. Meteorologisen aikasarjan laatii meteorologi.

VIITELUETTELO

Anttila, P., Tuovinen, J-P. ja Niemi, J., 2011. Primary NO_2 emissions and their role in the development of NO_2 concentration in a traffic environment. Atmospheric Environment 45 (2011) 986–992.

EEA, 2019. Air quality in Europe – 2019 report. EEA Report, No 10/2019. ISSN 1977-8449. https://www.eea.europa.eu//publications/air-quality-in-europe-2019

EEA, 2017. Exhaust emissions from road transport. Kappale teoksessa: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, last update June 2017. EEA Report No 21/2016. European Environment Agency, Denmark. ISBN 978-92-9213-806-6

Haaparanta, S., Saari, H. ja Pesonen, R., 2006. Hengitettävien hiukkasten pitoisuusmittaukset Riihimäellä maalis-toukokuussa 2006. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun asiantuntijapalvelut, Helsinki. 17 s. + 5 liites.

Hänninen, O., Korhonen, A., Lehtomäki, H., Asikainen, A., Rumrich, I., 2016. Ilmansaasteiden terveysvaikutukset. Ympäristöministeriön raportteja 16/2016. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/74861/YMra_16_2016.pdf

Härkönen, J., Nikmo, J., Karppinen, A., and Kukkonen, J., 2001. A refined modelling system for estimating the emissions, dispersion, chemical transformation and dry deposition of traffic-originated pollution from a road. In: Cuvelier, C. et al., Seventh International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, Joint Research Centre, European Commission, Ispra, Italy, pp. 311-313.

Ilmatieteen laitos, 2023. Ilmatieteen laitoksen ylläpitämä Ilmanlaatu Suomessa -sivusto, josta on saatavilla mittaustiedot ja historiatietoja pitoisuuksista lähes kaikilta Suomen ilmanlaadun seuranta-asemilta, lisäksi sivustolla teematietoa ilmansaasteista: https://ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaatu

Karppinen, A., Kukkonen, J., Nordlund, G., Rantakrans, E. ja Valkama, I., 1998. A dispersion modelling system for urban air pollution. Ilmansuojelun julkaisuja no. 28. Ilmatieteen laitos, Helsinki.

Karppinen, A., 2001. Meteorological pre-processing and atmospheric dispersion modeling of urban air quality and applications in the Helsinki metropolitan area. Academic dissertation. Finnish Meteorological Institute, Contributions No. 33, Helsinki.

Rantakrans, E., 1990. Uusi menetelmä meteorologisten tietojen soveltamiseksi ilman epäpuhtauksien leviämismalleissa. Ilmansuojelu-uutiset 1/90, s. 18−20.

Ruut, J., Toivanen, H., Kuhmonen, I., Leppänen, E. ja Kiljunen, A., 2016. Kanta- ja Päijät-Hämeen ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuonna 2014. Raportteja 6/2016. Hämeen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. ISBN 978-952-314-394-4 (pdf).

Saari, H. ja Pesonen, R., 2006. Hengitettävien hiukkasten pitoisuusmittaukset Riihimäen Hämeenkadulla jaksolla maaliskuu 2005 - helmikuu 2006. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun asiantuntijapalvelut, Helsinki. 23 s. + 13 liites.

Salmi, J., Alaviippola, B., Hannuniemi, H., Lovén, K., Pesonen, R. ja Kauhaniemi, M., 2011. Riihimäen ilmanlaatuselvitys. Energiantuotannon, teollisuuden ja autoliikenteen typenoksidi- ja hiukkaspäästöjen leviämislaskelmat. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun asiantuntijapalvelut, Helsinki, 32 s. + 27 liites.

Savolahti, M., Lehtomäki, H., Karvosenoja, N., Paunu, V.-V., Korhonen, A., Kukkonen, J., Kupiainen, K., Kangas, L., Hänninen, O., Karppinen, A., 2019. Residential wood combustion in Finland: PM2.5 emissions and health impacts with and without abatement measures. Int. J. Environ. Res. Public Health 16, 2910. https://www.mdpi.com/1660-4601/16/16/2920

VTT, 2021. Teknologian tutkimuskeskus VTT. LIPASTO liikenteen päästöt http://lipasto.vtt.fi/

Vna 79/2017. Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta. Julkaistu 1.2.2017.

Vna 113/2017. Valtioneuvoston asetus ilmassa olevasta arseenista, kadmiumista, elohopeasta, nikkelistä ja polysyklisistä aromaattisista hiilivedyistä. Annettu Helsingissä 16.2.2017.

Vnp 480/1996. Valtioneuvoston päätös ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvoista. Annettu 19.6.1996.

WHO, 2021. WHO Air quality guidelines. Particulate matter ($PM_{2.5}$ and PM_{10}), ozone, nitrogen dioxide, sulphur dioxide and carbon monoxide. Geneva, World Health Organization.

Ylinen, M., Saunamäki, M., Vestenius, M., Mannisenaho, A. ja Lovén, K., 2023. Heinolan Ilmanlaadun seuranta. Typen oksidien, hengitettävien hiukkasten, pienhiukkasten ja PAH-yhdisteiden pitoisuustulokset vuonna 2022. Ilmatieteen laitos. 28.4.2023

LIITTEET

Liitekuvaluettelo

Pitoisuuksien aluejakaumat

1. Kaikki päästölähteet + taustapitoisuus NO_2 vuosikeskiarvo koko Riihimäki
2. Kaikki päästölähteet+ taustapitoisuus NO_2 vuosikeskiarvo Riihimäen keskusta
3. Autoliikenne NO_2 vuosikeskiarvo koko Riihimäki
4. Autoliikenne NO_2 vuosikeskiarvo Riihimäen keskusta
5. Energiantuotanto ja teollisuus NO_2 vuosikeskiarvo koko Riihimäki
6. Energiantuotanto ja teollisuus NO_2 vuosikeskiarvo Riihimäen keskusta
7. Kiinteistökohtainen lämmitys NO_2 vuosikeskiarvo koko Riihimäki
8. Kiinteistökohtainen lämmitys NO_2 vuosikeskiarvo Riihimäen keskusta
9. Kaikki päästölähteet+ taustapitoisuus NO_2 vuorokausiohjearvo koko Riihimäki
10. Kaikki päästölähteet+ taustapitoisuus NO_2 vuorokausiohjearvo Riihimäen keskusta
11. Autoliikenne NO_2 vuorokausiohjearvo koko Riihimäki
12. Autoliikenne NO_2 vuorokausiohjearvo Riihimäen keskusta
13. Energiantuotanto ja teollisuus NO_2 vuorokausiohjearvo koko Riihimäki
14. Energiantuotanto ja teollisuus NO_2 vuorokausiohjearvo Riihimäen keskusta
15. Kiinteistökohtainen lämmitys NO_2 vuorokausiohjearvo koko Riihimäki
16. Kiinteistökohtainen lämmitys NO_2 vuorokausiohjearvo Riihimäen keskusta

17. Kaikki päästölähteet + taustapitoisuus NO_x vuosikeskiarvo koko Riihimäki
18. Kaikki päästölähteet + taustapitoisuus NO_x vuosikeskiarvo Riihimäen keskusta

19. Kaikki päästölähteet + taustapitoisuus $PM_{2,5}$ vuosikeskiarvo koko Riihimäki
20. Kaikki päästölähteet + taustapitoisuus $PM_{2,5}$ vuosikeskiarvo Riihimäen keskusta
21. Autoliikenne $PM_{2,5}$ vuosikeskiarvo koko Riihimäki
22. Autoliikenne $PM_{2,5}$ vuosikeskiarvo Riihimäen keskusta
23. Energiantuotanto ja teollisuus $PM_{2,5}$ vuosikeskiarvo koko Riihimäki
24. Energiantuotanto ja teollisuus $PM_{2,5}$ vuosikeskiarvo Riihimäen keskusta
25. Kiinteistökohtainen lämmitys $PM_{2,5}$ vuosikeskiarvo koko Riihimäki
26. Kiinteistökohtainen lämmitys $PM_{2,5}$ vuosikeskiarvo Riihimäen keskusta
27. Kaikki päästölähteet + taustapitoisuus $PM_{2,5}$ WHO-vuorokausiohjearvo koko Riihimäki
28. Kaikki päästölähteet + taustapitoisuus $PM_{2,5}$ WHO-vuorokausiohjearvo Riihimäen keskusta
29. Autoliikenne $PM_{2,5}$ WHO-vuorokausiohjearvo koko Riihimäki
30. Autoliikenne $PM_{2,5}$ WHO-vuorokausiohjearvo Riihimäen keskusta
31. Energiantuotanto ja teollisuus $PM_{2,5}$ WHO-vuorokausiohjearvo koko Riihimäki
32. Energiantuotanto ja teollisuus $PM_{2,5}$ WHO-vuorokausiohjearvo Riihimäen keskusta
33. Kiinteistökohtainen lämmitys $PM_{2,5}$ WHO-vuorokausiohjearvo koko Riihimäki
34. Kiinteistökohtainen lämmitys $PM_{2,5}$ WHO-vuorokausiohjearvo Riihimäen keskusta

35. Kaikki päästölähteet + taustapitoisuus PM_{10} vuosikeskiarvo koko Riihimäki
36. Kaikki päästölähteet + taustapitoisuus PM_{10} vuosikeskiarvo Riihimäen keskusta
37. Autoliikenne PM_{10} vuosikeskiarvo koko Riihimäki
38. Autoliikenne PM_{10} vuosikeskiarvo Riihimäen keskusta
39. Kiinteistökohtainen lämmitys PM_{10} vuosikeskiarvo koko Riihimäki
40. Kiinteistökohtainen lämmitys PM_{10} vuosikeskiarvo Riihimäen keskusta
41. Kaikki päästölähteet + taustapitoisuus PM_{10} vuorokausiraja-arvo koko Riihimäki
42. Kaikki päästölähteet + taustapitoisuus PM_{10} vuorokausiraja-arvo Riihimäen keskusta
43. Autoliikenne PM_{10} vuorokausiraja-arvo koko Riihimäki
44. Autoliikenne PM_{10} vuorokausiraja-arvo Riihimäen keskusta
45. Kiinteistökohtainen lämmitys PM_{10} vuorokausiraja-arvo koko Riihimäki
46. Kiinteistökohtainen lämmitys PM_{10} vuorokausiraja-arvo Riihimäen keskusta
47. Kaikki päästölähteet + taustapitoisuus PM_{10} vuorokausiohjearvo koko Riihimäki

48. Kaikki päästölähteet + taustapitoisuus PM_{10} vuorokausiohjearvo Riihimäen keskusta

49. Kiinteistökohtainen lämmitys B(a)P vuosikeskiarvo koko Riihimäki
50. Kiinteistökohtainen lämmitys B(a)P vuosikeskiarvo Riihimäen keskusta

Päästöt

51. Autoliikenteen NO_x-päästöt ja KVL koko Riihimäki
52. Autoliikenteen NO_x -päästöt ja KVL Riihimäen keskusta
53. Autoliikenteen $PM_{2,5}$-päästöt koko Riihimäki
54. Autoliikenteen $PM_{2,5}$-päästöt Riihimäen keskusta
55. Autoliikenteen PM_{10}-päästöt koko Riihimäki
56. Autoliikenteen PM_{10}-päästöt Riihimäen keskusta
57. Energiantuotannon ja teollisuuden NO_x-päästöt
58. Energiantuotannon ja teollisuuden PM-päästöt
59. Kiinteistökohtaisen lämmityksen NO_x-päästöt koko Riihimäki
60. Kiinteistökohtaisen lämmityksen NO_x-päästöt Riihimäen keskusta
61. Kiinteistökohtaisen lämmityksen $PM_{2,5}$-päästöt koko Riihimäki
62. Kiinteistökohtaisen lämmityksen $PM_{2,5}$päästöt Riihimäen keskusta
63. Kiinteistökohtaisen lämmityksen PM_{10}-päästöt koko Riihimäki
64. Kiinteistökohtaisen lämmityksen PM_{10}-päästöt Riihimäen keskusta
65. Kiinteistökohtaisen lämmityksen B(a)p-päästöt koko Riihimäki
66. Kiinteistökohtaisen lämmityksen B(a)p-päästöt Riihimäen keskusta

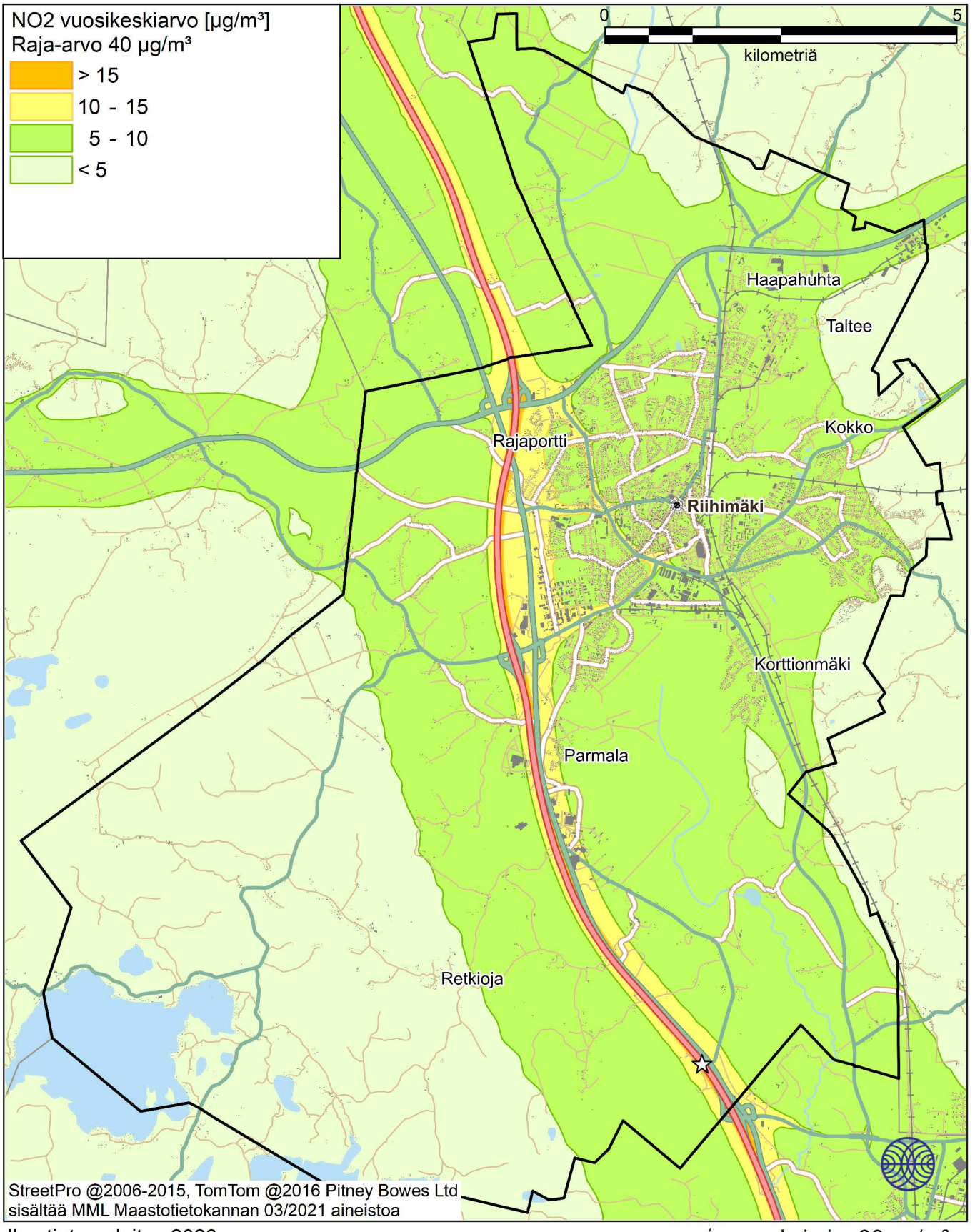
Liitekuvat

Leviämismallilaskelmien tuloksina saadut typpidioksidin, typen oksidien, pienhiukkasten, hengitettävien hiukkasten ja bentso(a)pyreenin pitoisuudet on esitetty seuraavassa karttakuvina, joissa ilman epäpuhtauksia verrataan ilmanlaatulainsäädännössä annettuihin raja-, ohje- ja tavoitearvoihin, kriittisiin tasoihin ja WHO:n ohjearvoihin. Karttakuvissa esitetyt pitoisuusjakaumat kuvaavat enimmäispitoisuustasoa ulkoilmassa ihmisten hengityskorkeudella (2 m). Kuvissa on esitetty peräkkäin koko tarkastelualueen (19 × 15 km) kattavat pitoisuuksien tuloskartat ja lähikuvat Riihimäen keskustan alueesta.

Karttakuvissa on esitetty värillisinä jakaumina alueet, joilla tietyn pitoisuuden ylittyminen on pitkän havaintojakson aikana todennäköistä. Vihreän eri sävyillä kuvataan kartoissa hyvää ilmanlaatua ja asteikko jatkuu pitoisuuksien kasvaessa keltaisen ja oranssin sävyjen kautta punaiseen. Kirkkaalla punaisella kuvataan raja- tai ohjearvon ylittymistä. Kartoissa esitetyt pitoisuuksien aluejakaumat eivät edusta koko tutkimusalueella yhtäaikaa vallitsevaa pitoisuustilannetta, vaan ne kuvaavat kuhunkin laskentapisteeseen mallilaskelmissa saatua korkeinta pitoisuutta. Korkeimmat pitoisuudet voivat esiintyä eri laskentapisteissä eri ajanhetkinä.

Vuosikeskiarvopitoisuus kuvaa alueen keskimääräistä ja vallitsevaa ilman epäpuhtaus-pitoisuustasoa parhaiten. Karttakuvissa esitetyt vuosikeskiarvopitoisuudet kuvaavat kolmen vuoden tarkastelujakson (vuodet 2019–2021) korkeinta vuosikeskiarvoa kussakin laskentapisteessä. Hetkelliset pitoisuudet voivat nousta vuosikeskiarvopitoisuuksia huomattavasti korkeammiksi. Mallinnettuihin lyhytaikaispitoisuuksiin sisältyy enemmän epävarmuutta kuin vuosikeskiarvopitoisuuksiin ja lyhytaikaispitoisuuksien aluejakaumaan vaikuttavat voimakkaammin yksittäiset meteorologiset tilanteet. Karttakuvissa esitetyt vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet kuvaavat kolmen vuoden tarkastelujakson (vuodet 2019–2021) korkeinta vuorokausiohje- tai raja-arvoon verrannollista pitoisuutta kussakin laskentapisteessä.

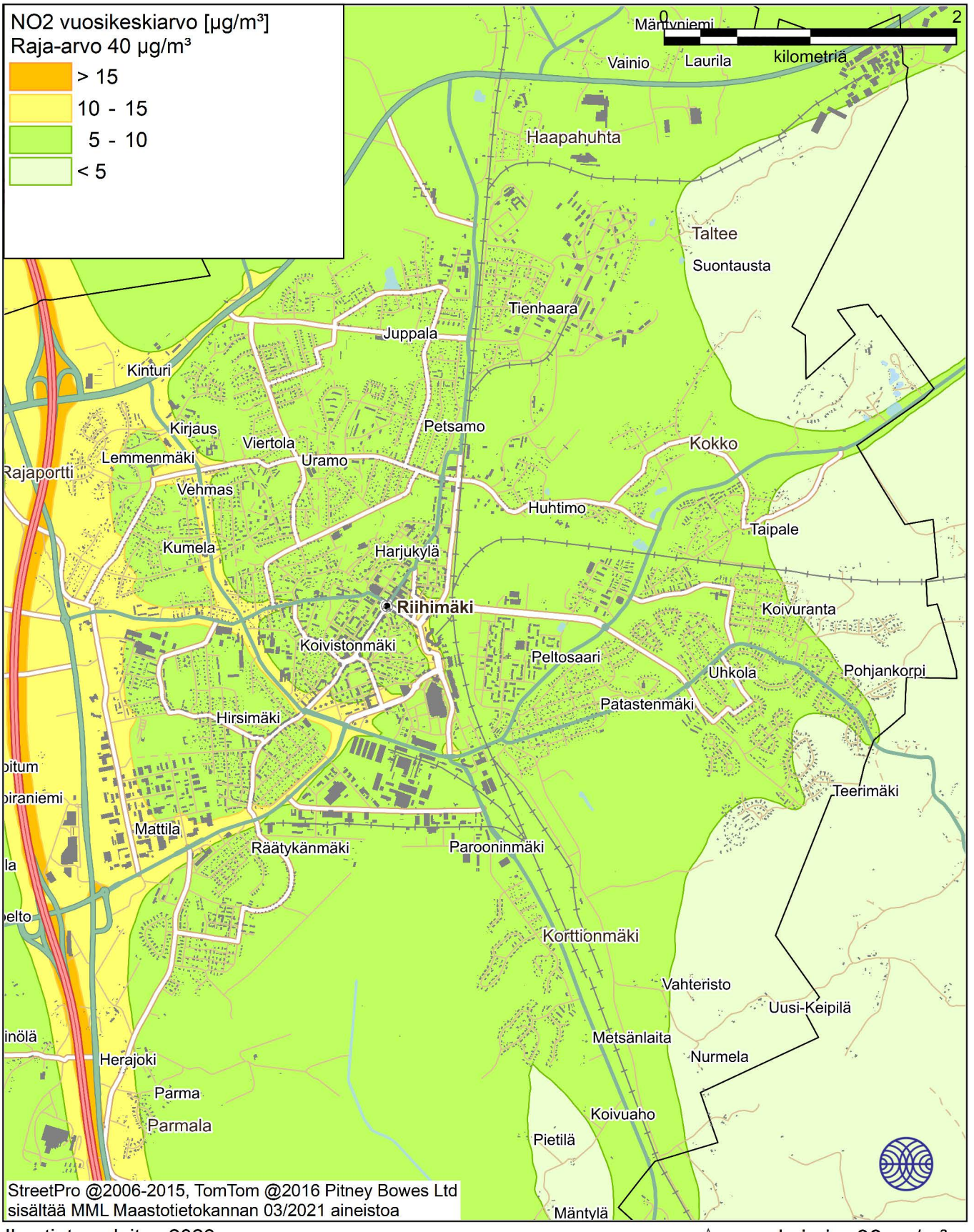
Taustapitoisuutena käytettiin Ilmatieteen laitoksen Espoon Luukissa sijaitsevan taustailmanlaadun mittausaseman tuloksia. Tarkastelujaksolla 2019–2021 typen oksidien taustapitoisuuden vuosikeskiarvo oli 4,1 µg/m³, pienhiukkasten 4,8 µg/m³ ja otsonin 49,5 µg/m³ (*Ilmatieteen laitos, 2023*).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 38 µg/m³

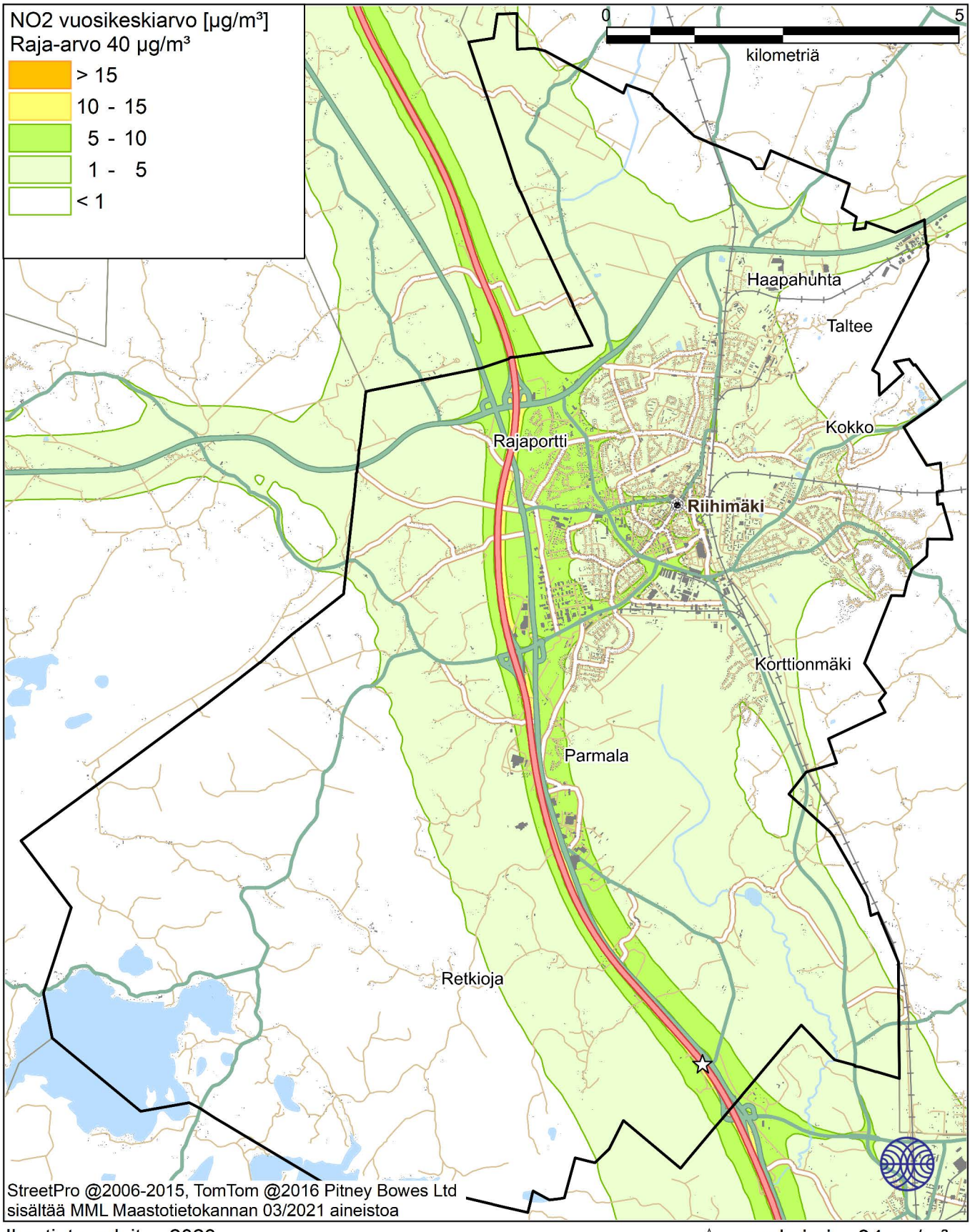
Kuva 1. Kaikkien päästölähteiden ja taustapitoisuuden aiheuttama typpidioksidin vuosiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 38 µg/m³

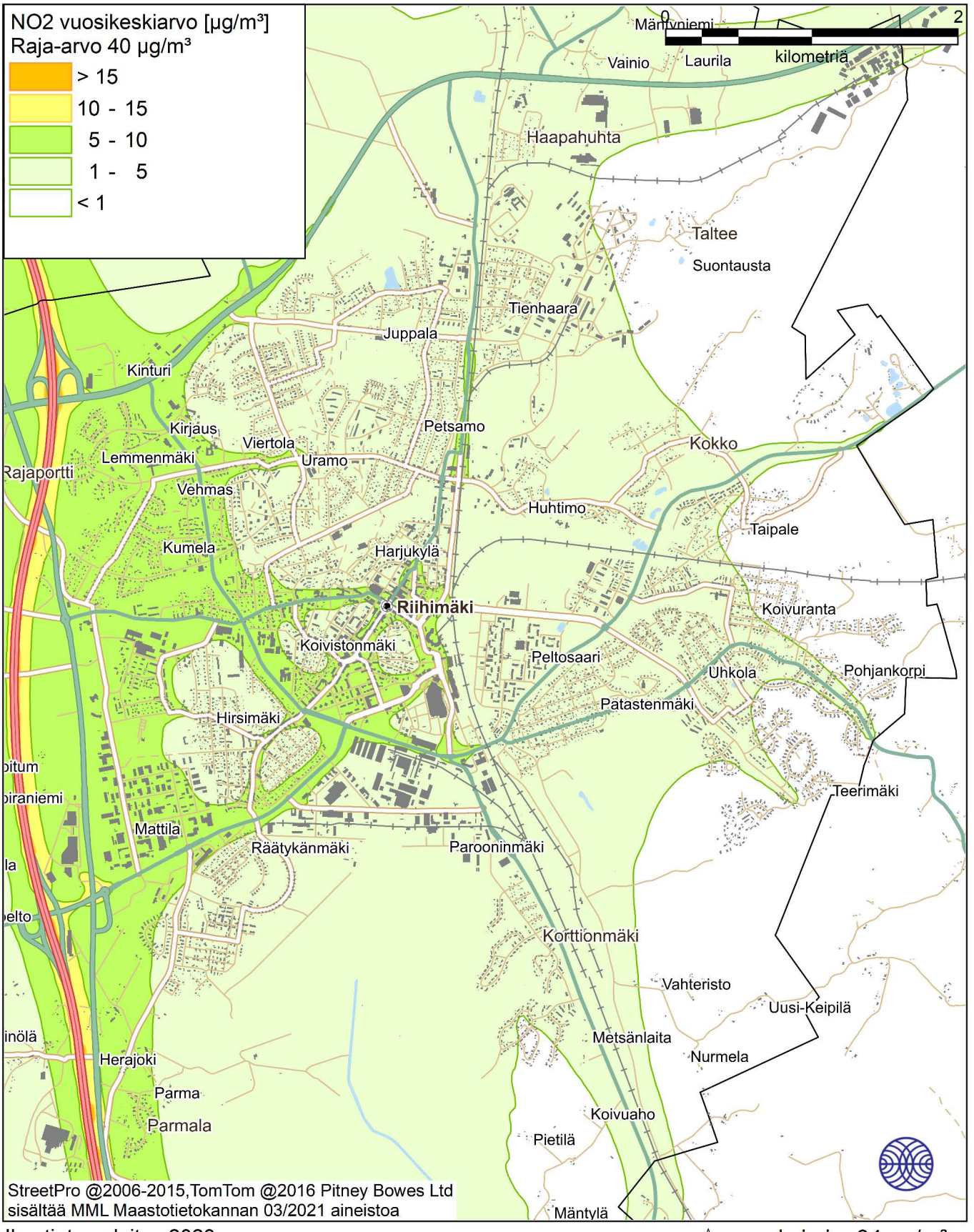
Kuva 2. Kaikkien päästölähteiden ja taustapitoisuuden aiheuttama typpidioksidin vuosiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 34 µg/m³

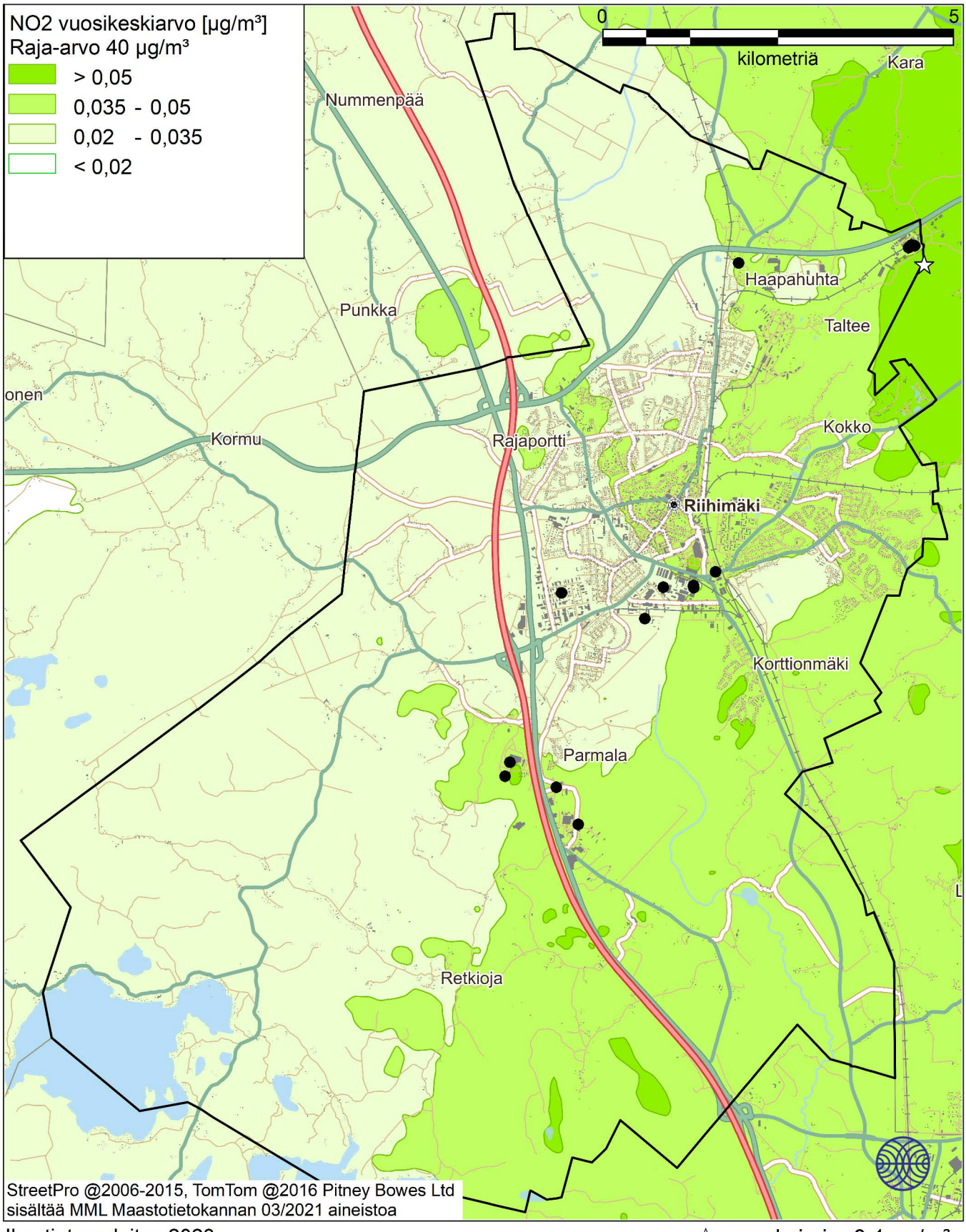
Kuva 3. Autoliikenteen päästöjen aiheuttama typpidioksidin vuosiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 34 µg/m³

Kuva 4. Autoliikenteen päästöjen aiheuttama typpidioksidin vuosiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).

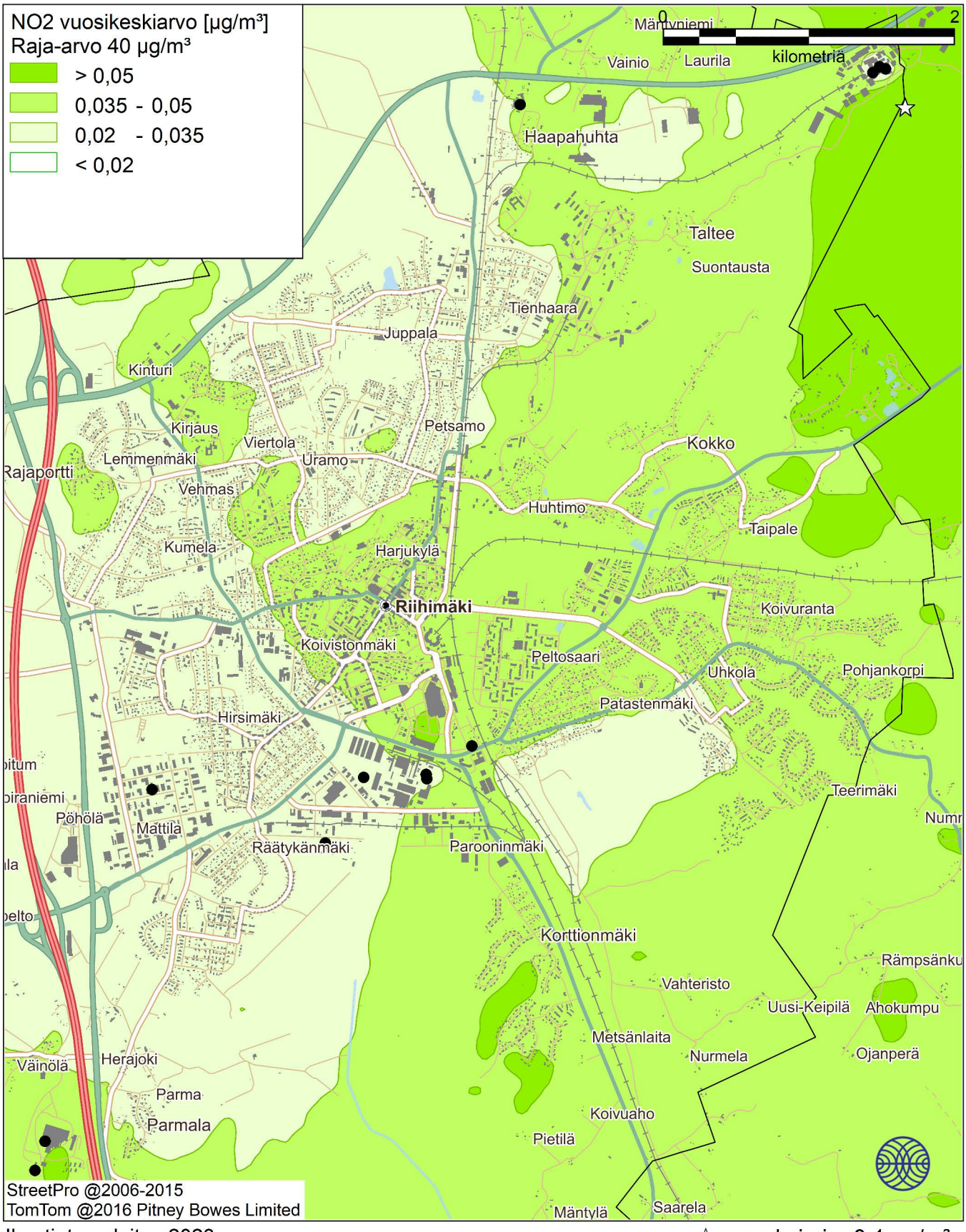


Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 0,1 µg/m³

● = päästölähteet

Kuva 5. Energiantuotannon ja teollisuuden päästöjen aiheuttama typpidioksidin vuosiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).

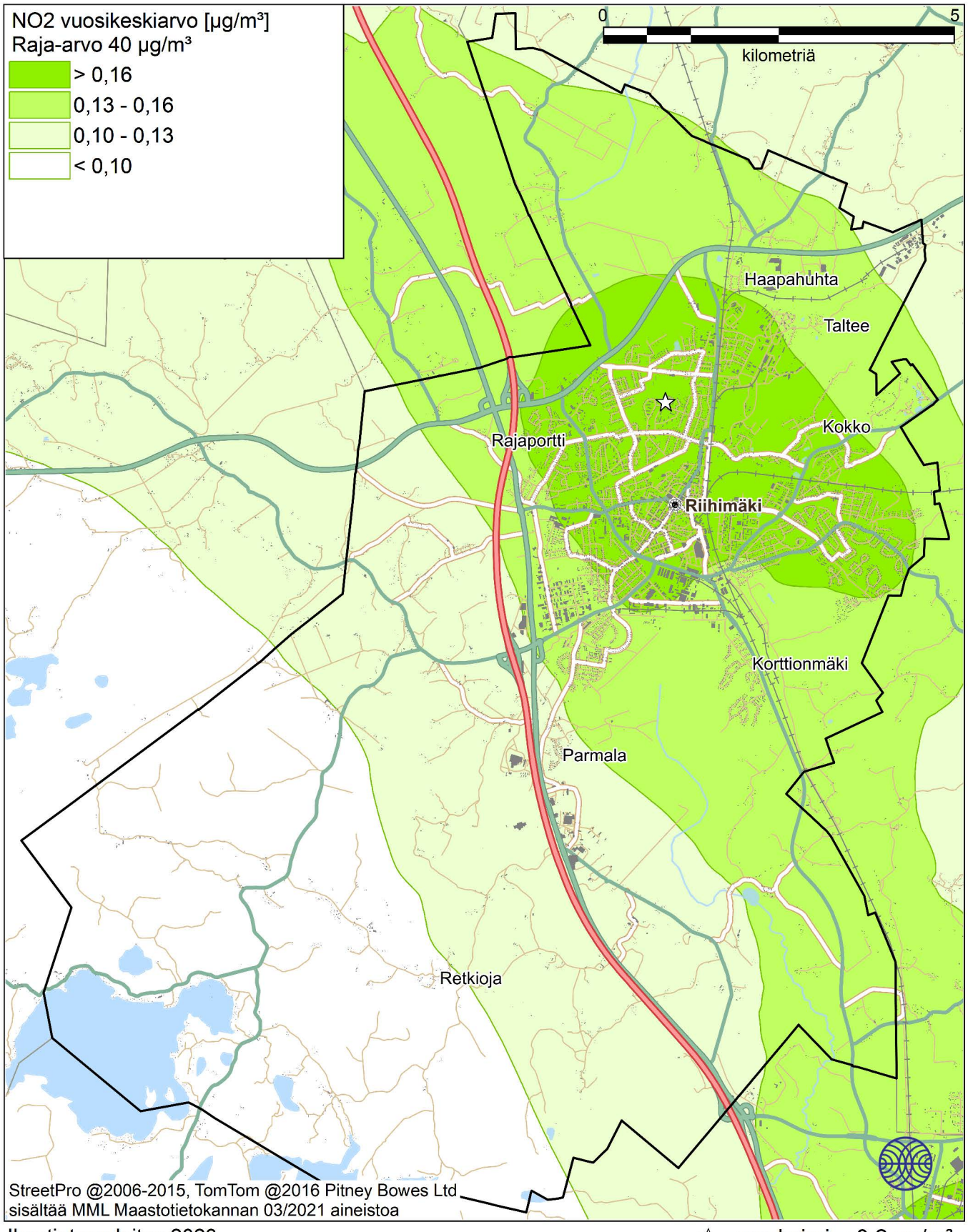


Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 0,1 µg/m³

● = päästölähteet

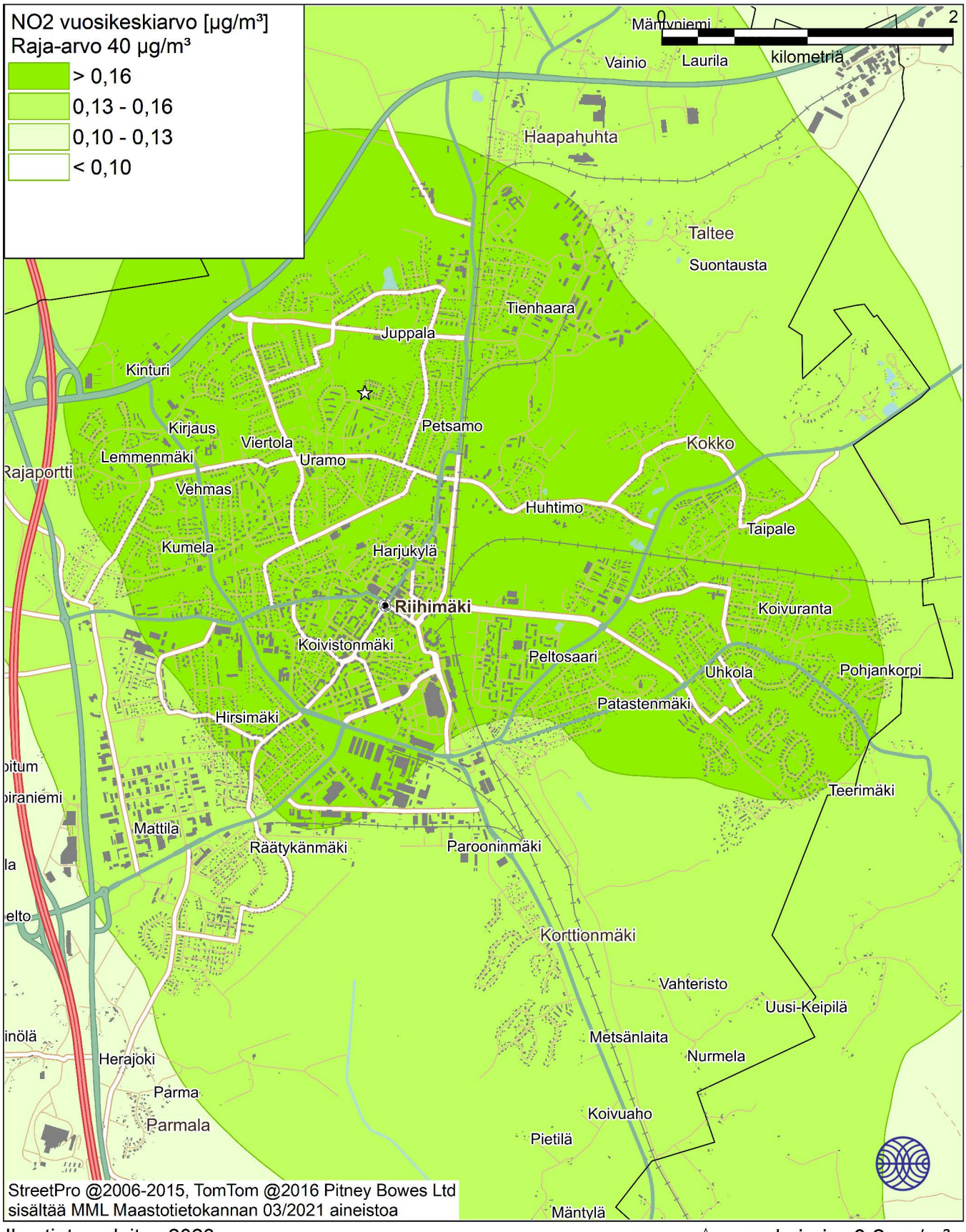
Kuva 6. Energiantuotannon ja teollisuuden päästöjen aiheuttama typpidioksidin vuosiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 0,2 µg/m³

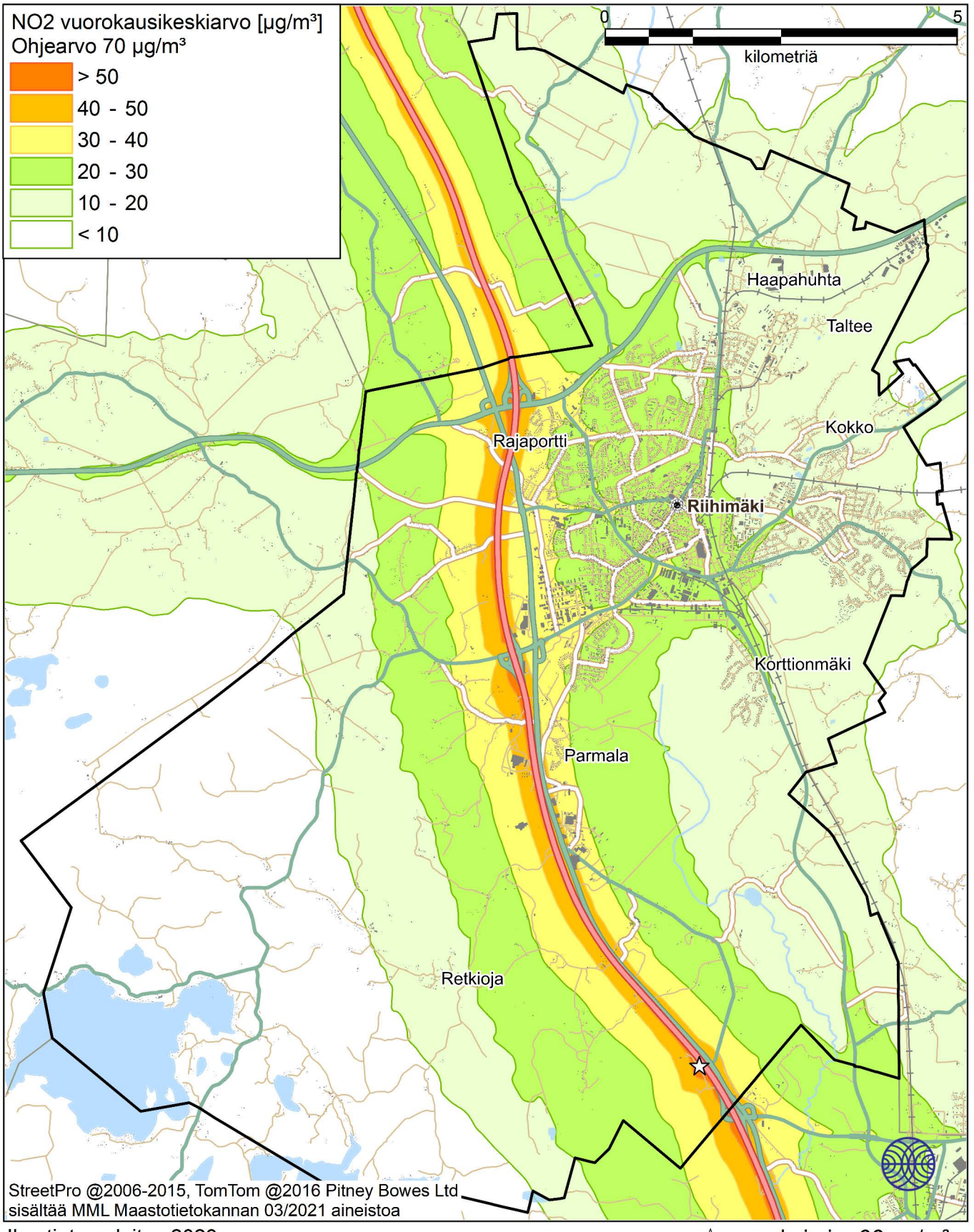
Kuva 7. Kiinteistokohtaisen lämmityksen päästöjen aiheuttama typpidioksidin vuosiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 0,2 µg/m³

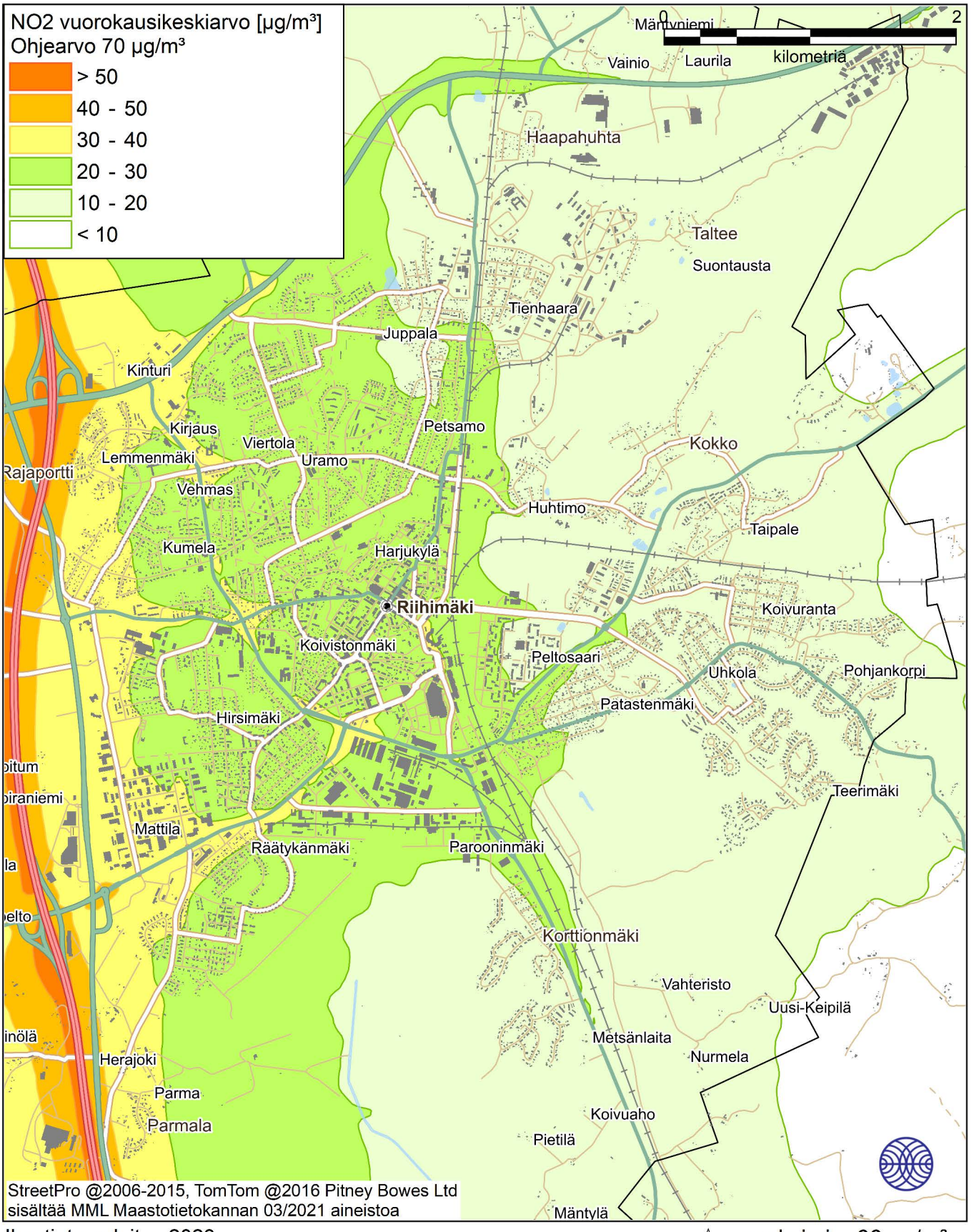
Kuva 8. Kiinteistokohtaisen lämmityksen päästöjen aiheuttama typpidioksidin vuosiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 66 µg/m³

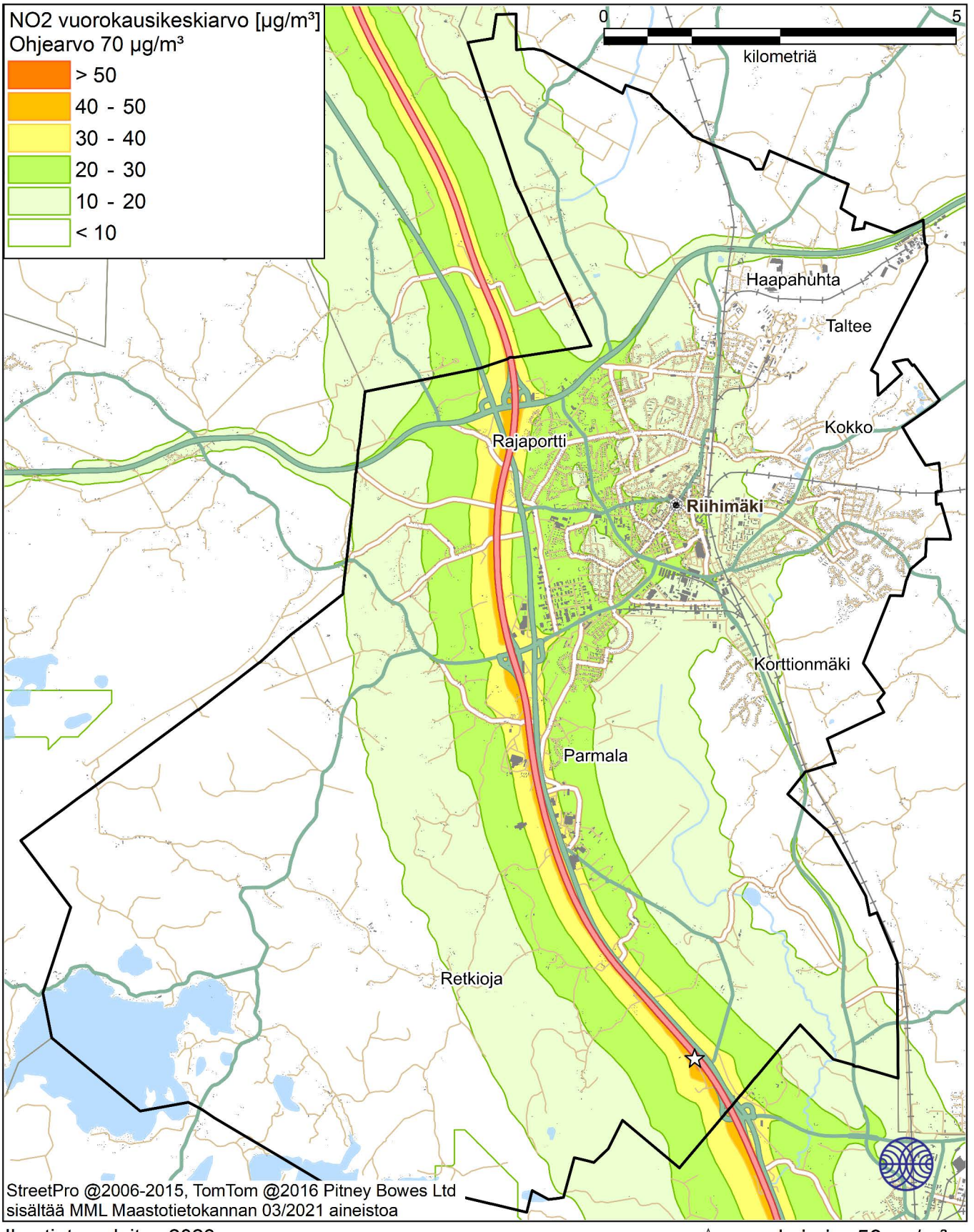
Kuva 9. Kaikkien päästölähteiden ja taustapitoisuuden aiheuttama typpidioksidin vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 66 µg/m³

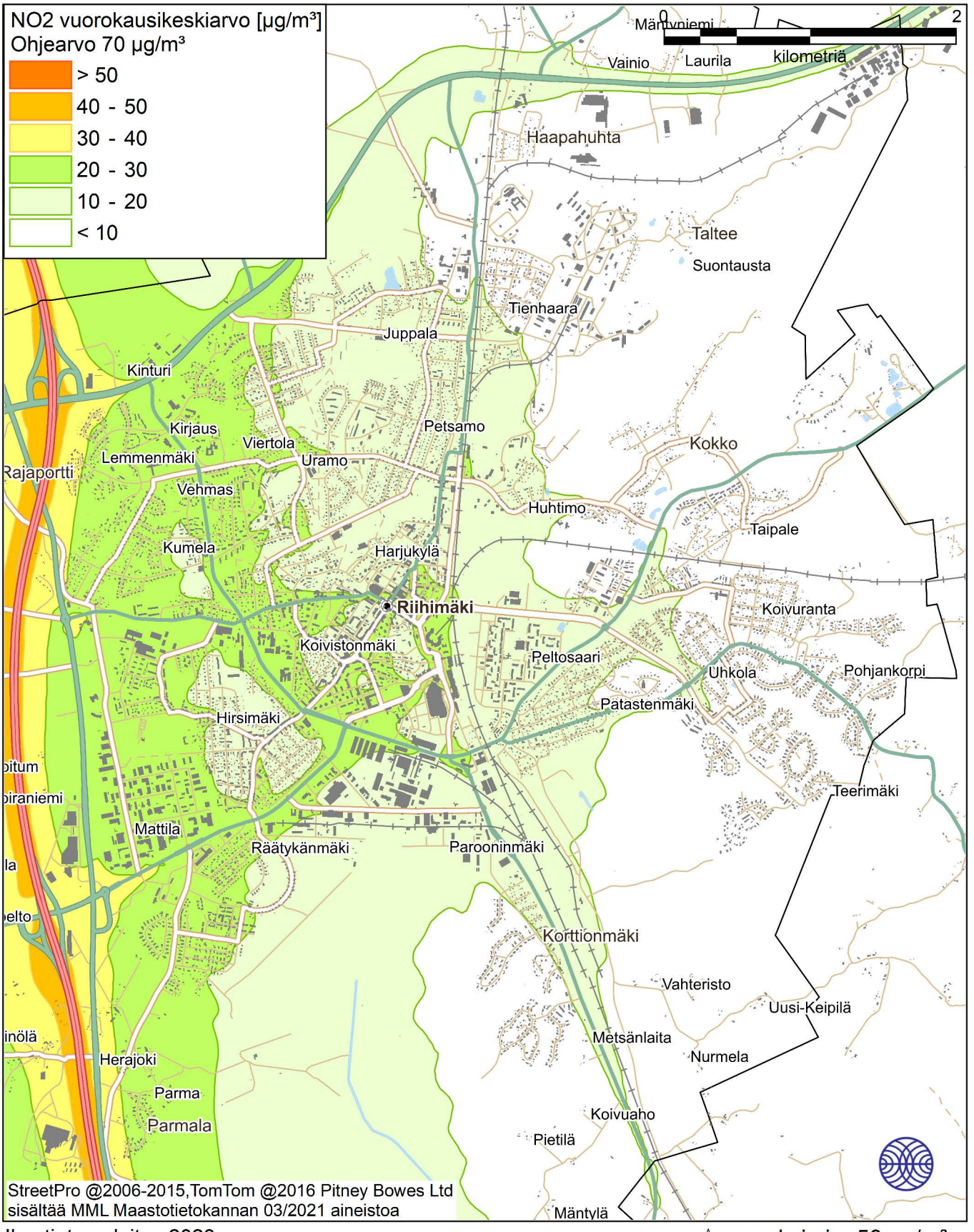
Kuva 10. Kaikkien päästölähteiden ja taustapitoisuuden aiheuttama typpidioksidin vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 58 µg/m³

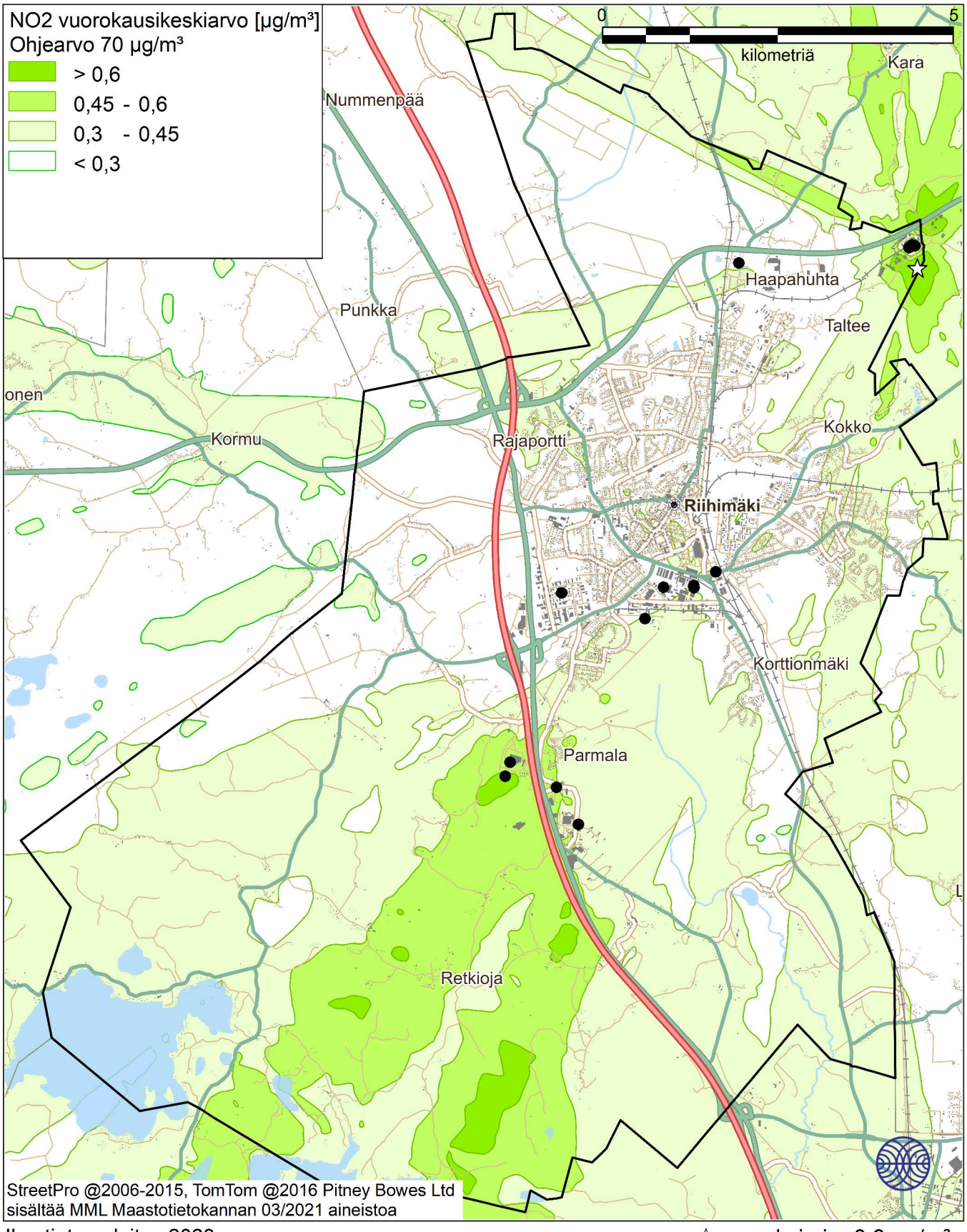
Kuva 11. Autoliikenteen päästöjen aiheuttama typpidioksidin vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 58 µg/m³

Kuva 12. Autoliikenteen päästöjen aiheuttama typpidioksidin vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).

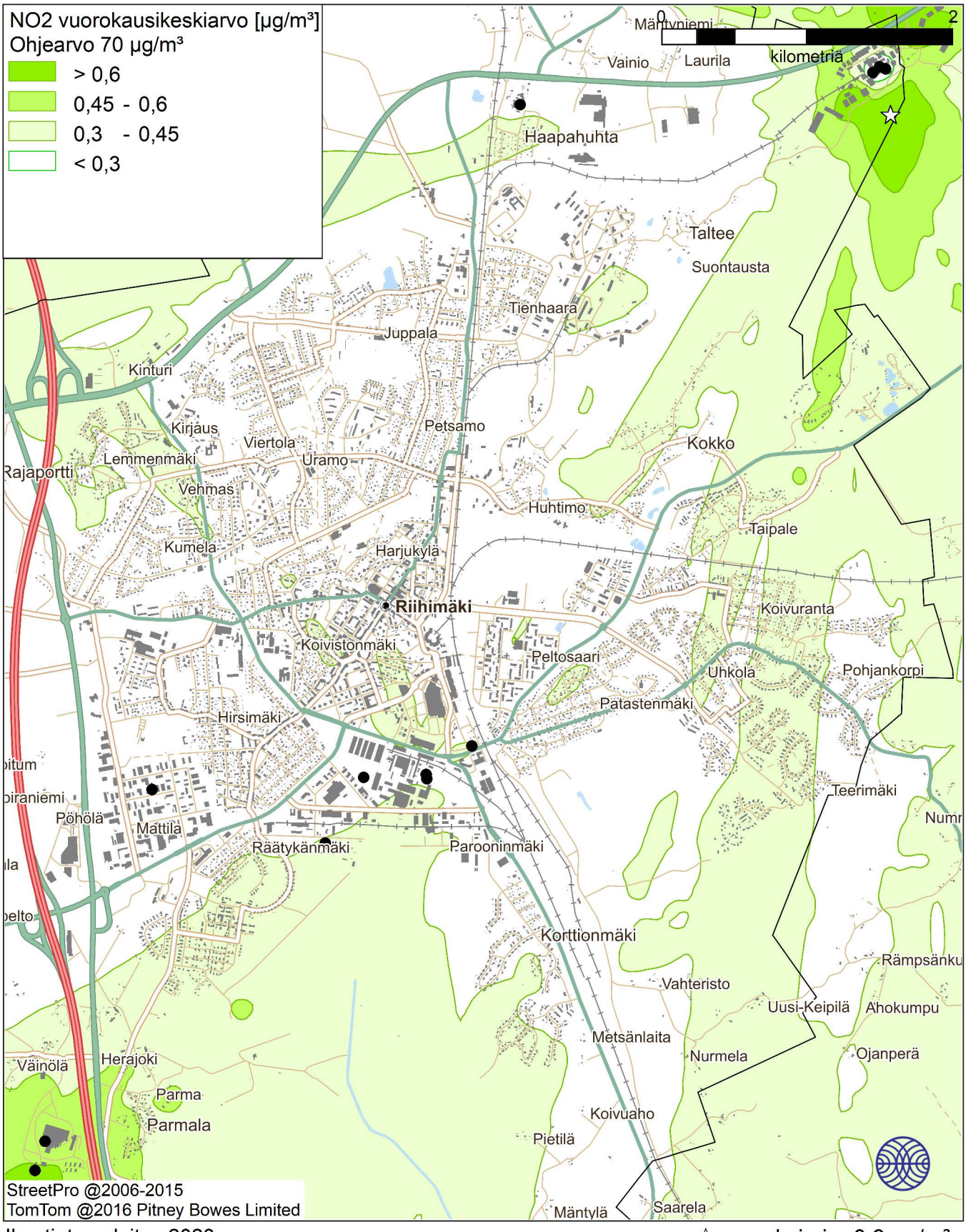


Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 0,9 µg/m³

● = päästölähteet

Kuva 13. Energiantuotannon ja teollisuuden päästöjen aiheuttama typpidioksidin vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).

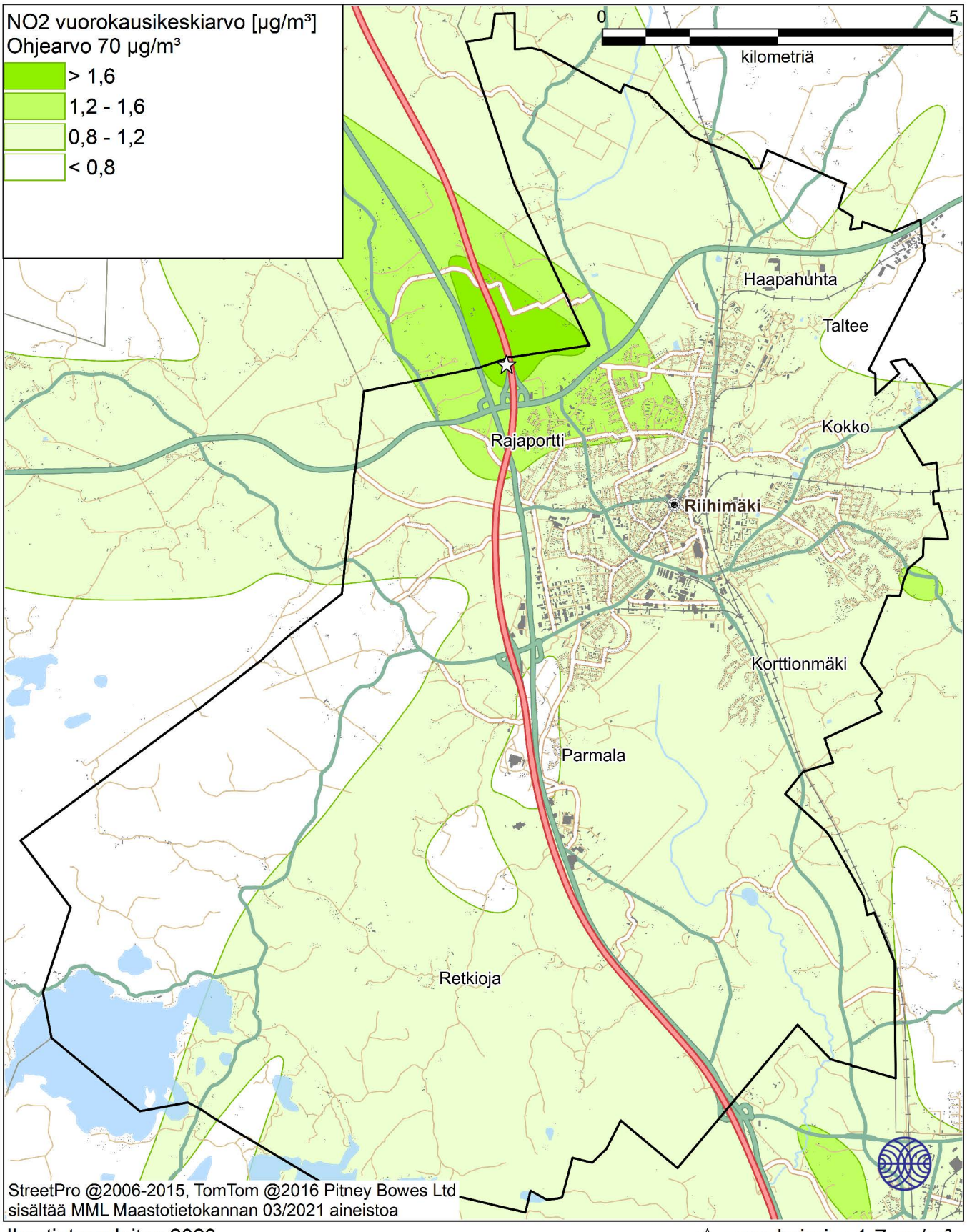


Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 0,9 µg/m³

● = päästölähteet

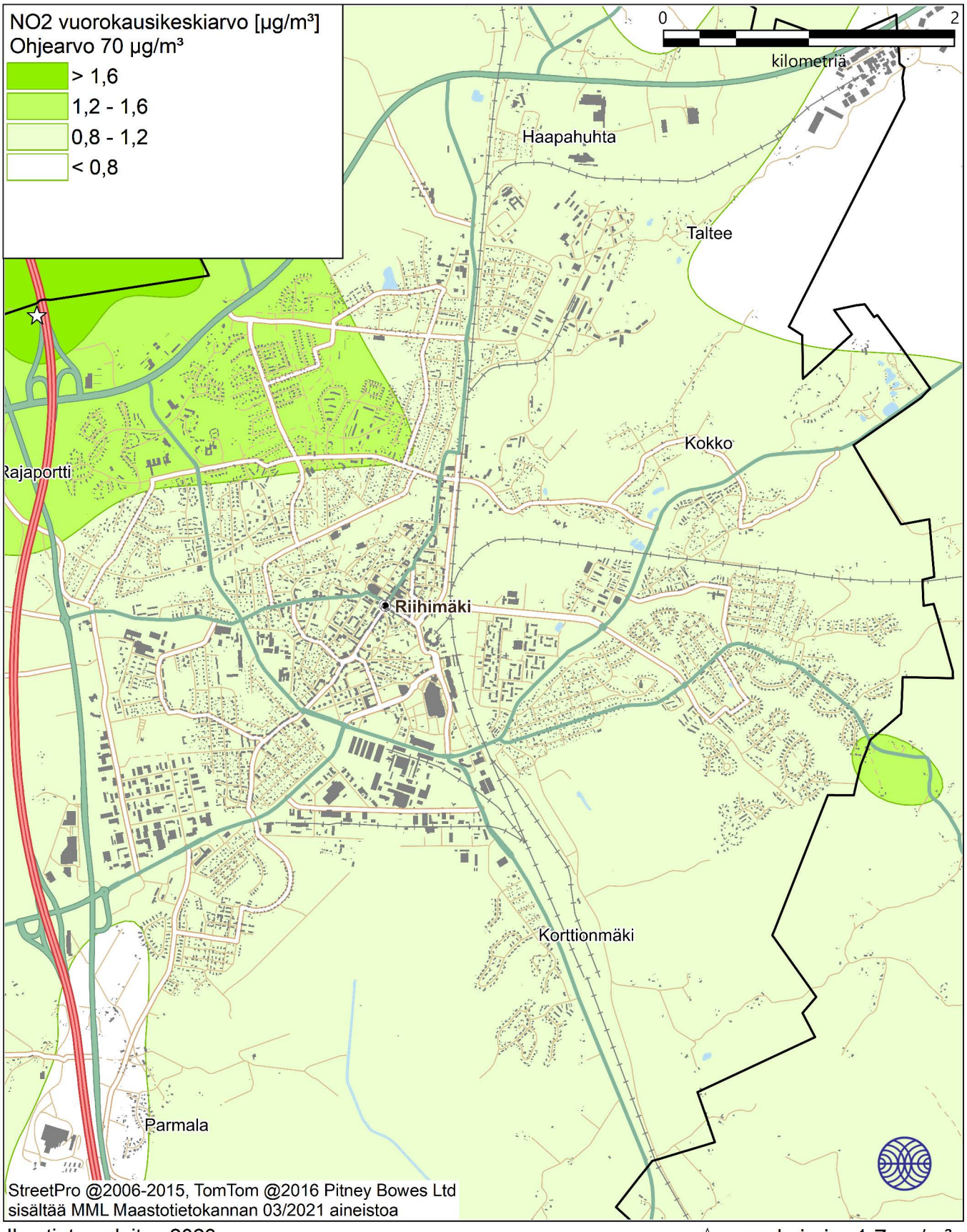
Kuva 14. Energiantuotannon ja teollisuuden päästöjen aiheuttama typpidioksidin vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 1,7 µg/m³

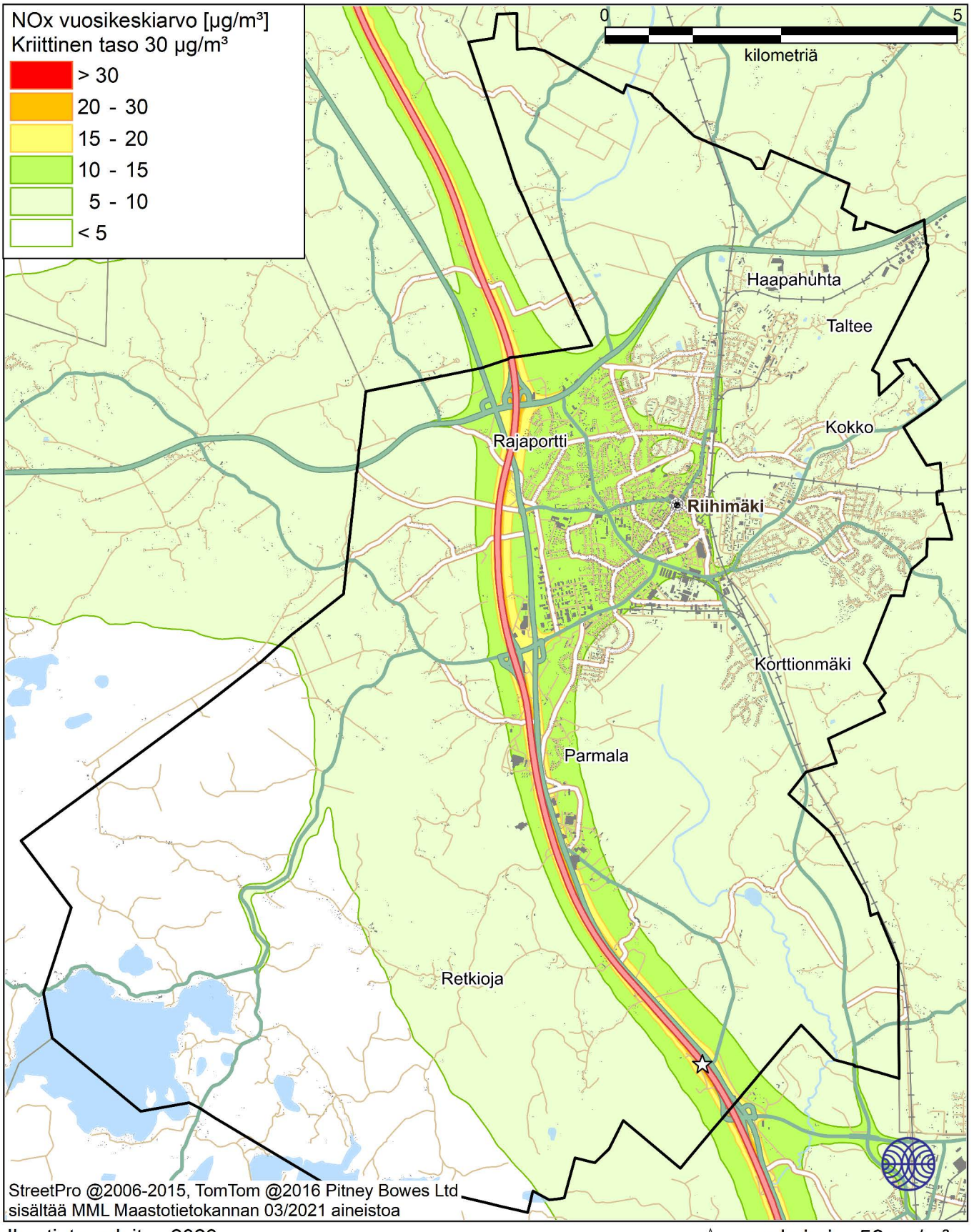
Kuva 15. Kiinteistokohtaisen lämmityksen päästöjen aiheuttama typpidioksidin vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 1,7 µg/m³

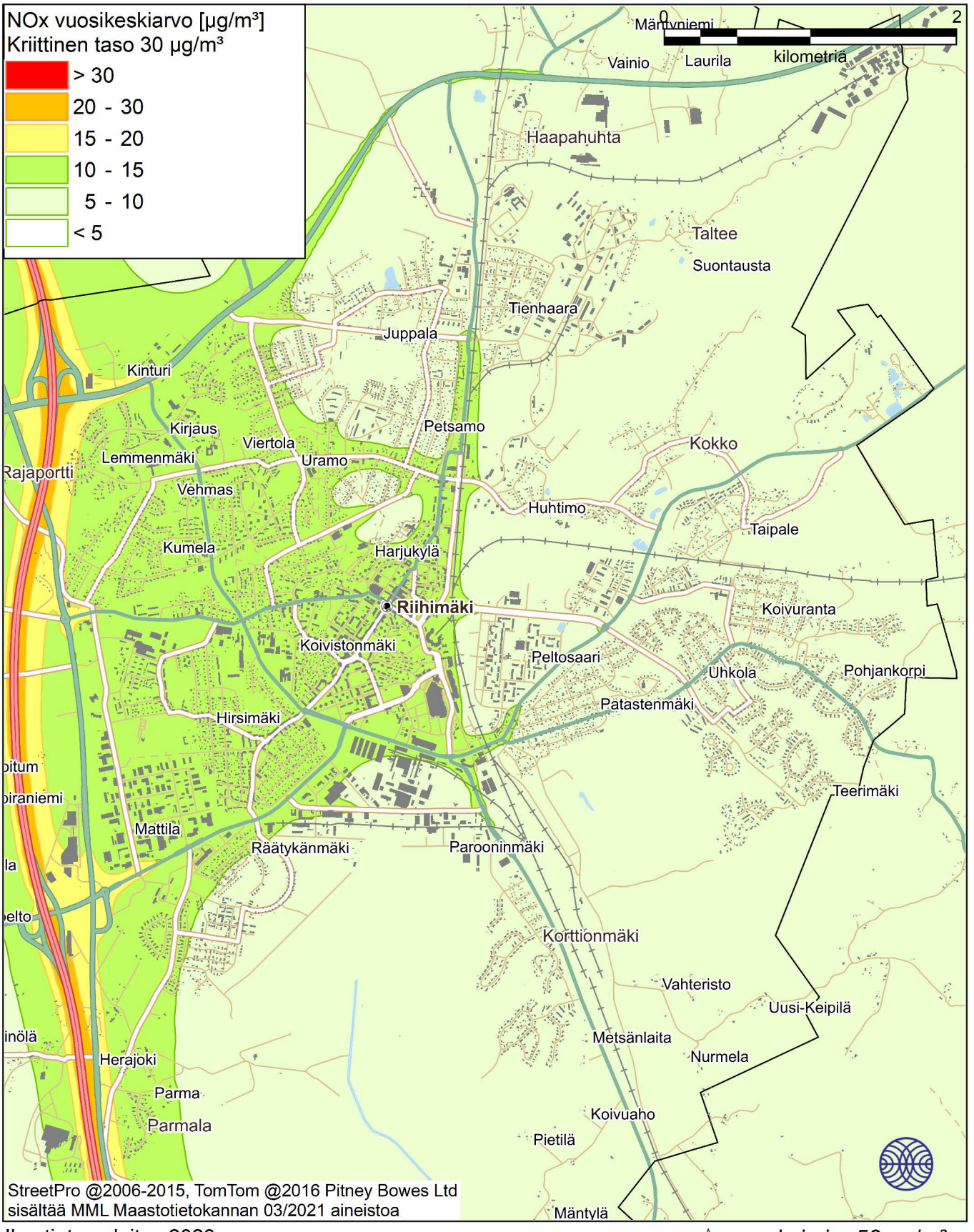
Kuva 16. Kiinteistokohtaisen lämmityksen päästöjen aiheuttama typpidioksidin vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 58 µg/m³

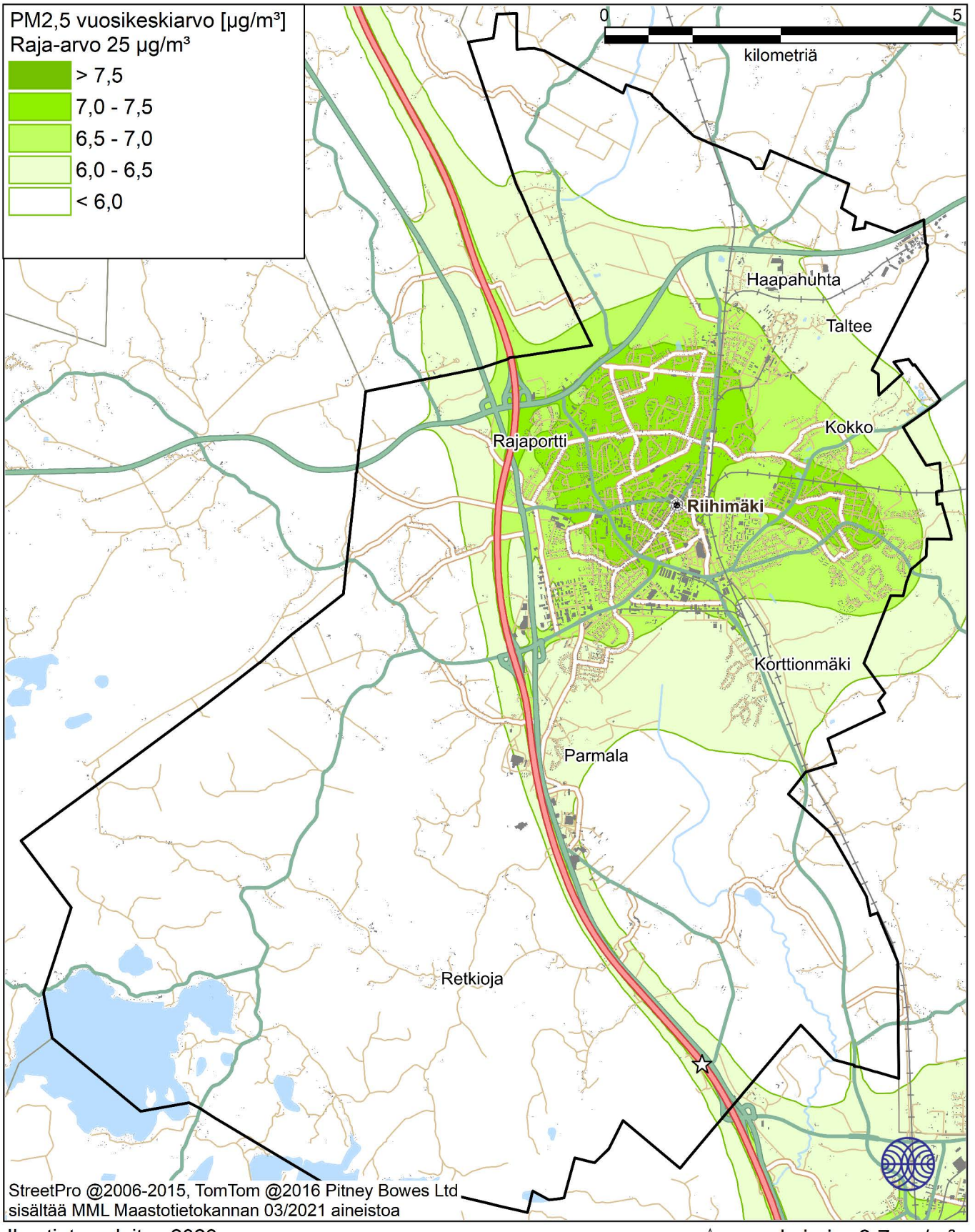
Kuva 17. Kaikkien päästölähteiden ja taustapitoisuuden aiheuttama typen oksidien vuosiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 58 µg/m³

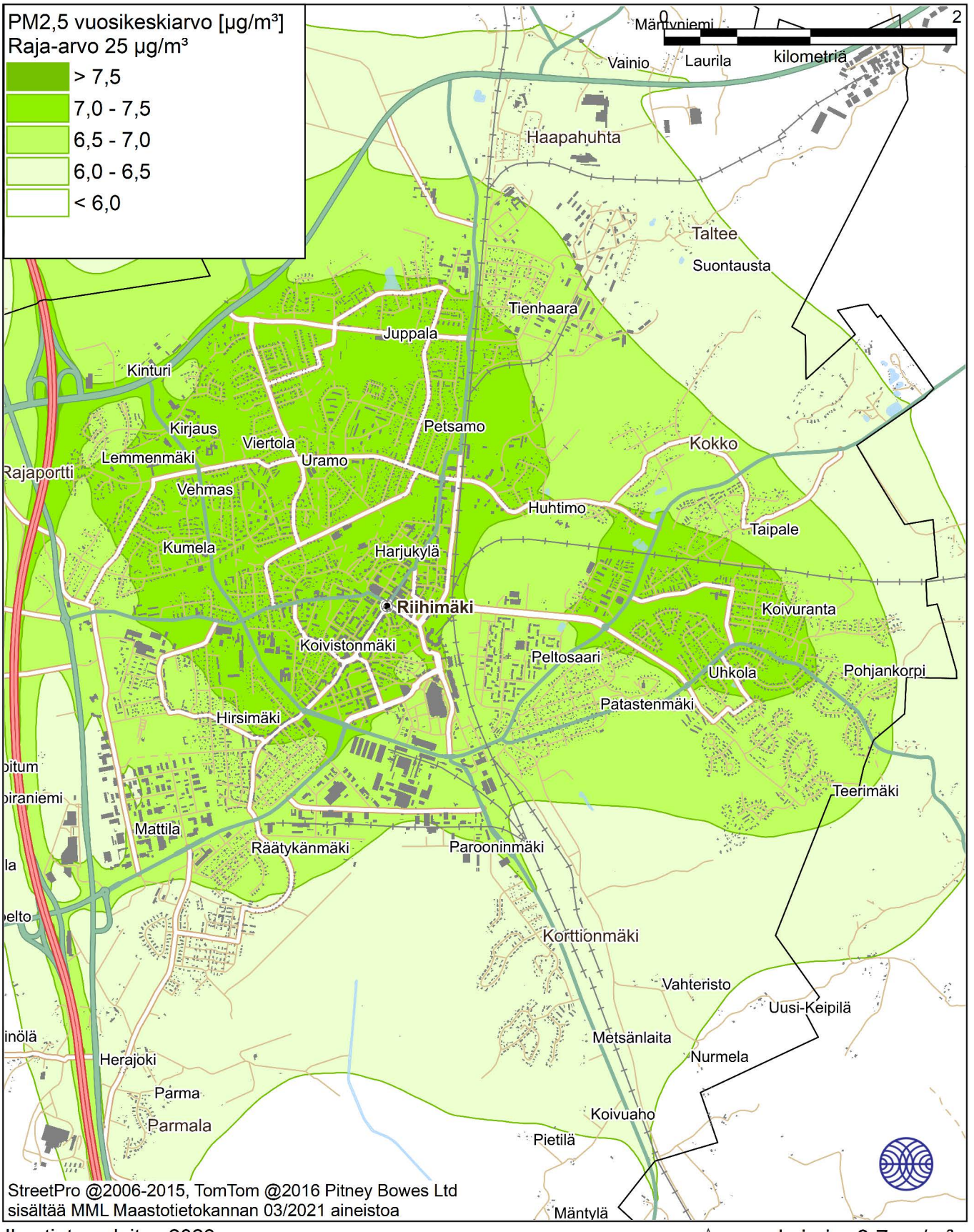
Kuva 18. Kaikkien päästölähteiden ja taustapitoisuuden aiheuttama typen oksidien vuosiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 8,7 µg/m³

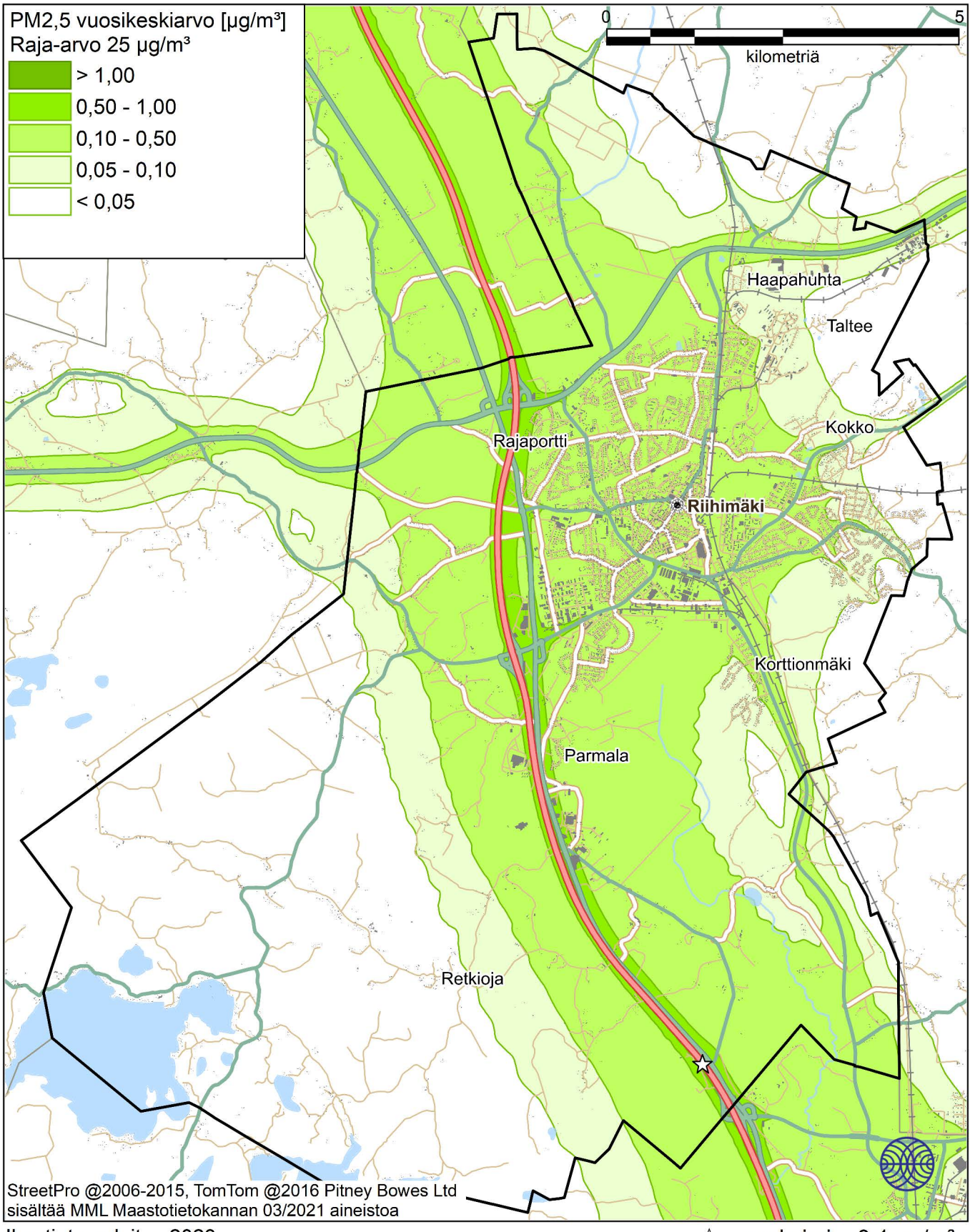
Kuva 19. Kaikkien päästölähteiden ja taustapitoisuuden aiheuttama pienhiukkasten vuosiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 8,7 µg/m³

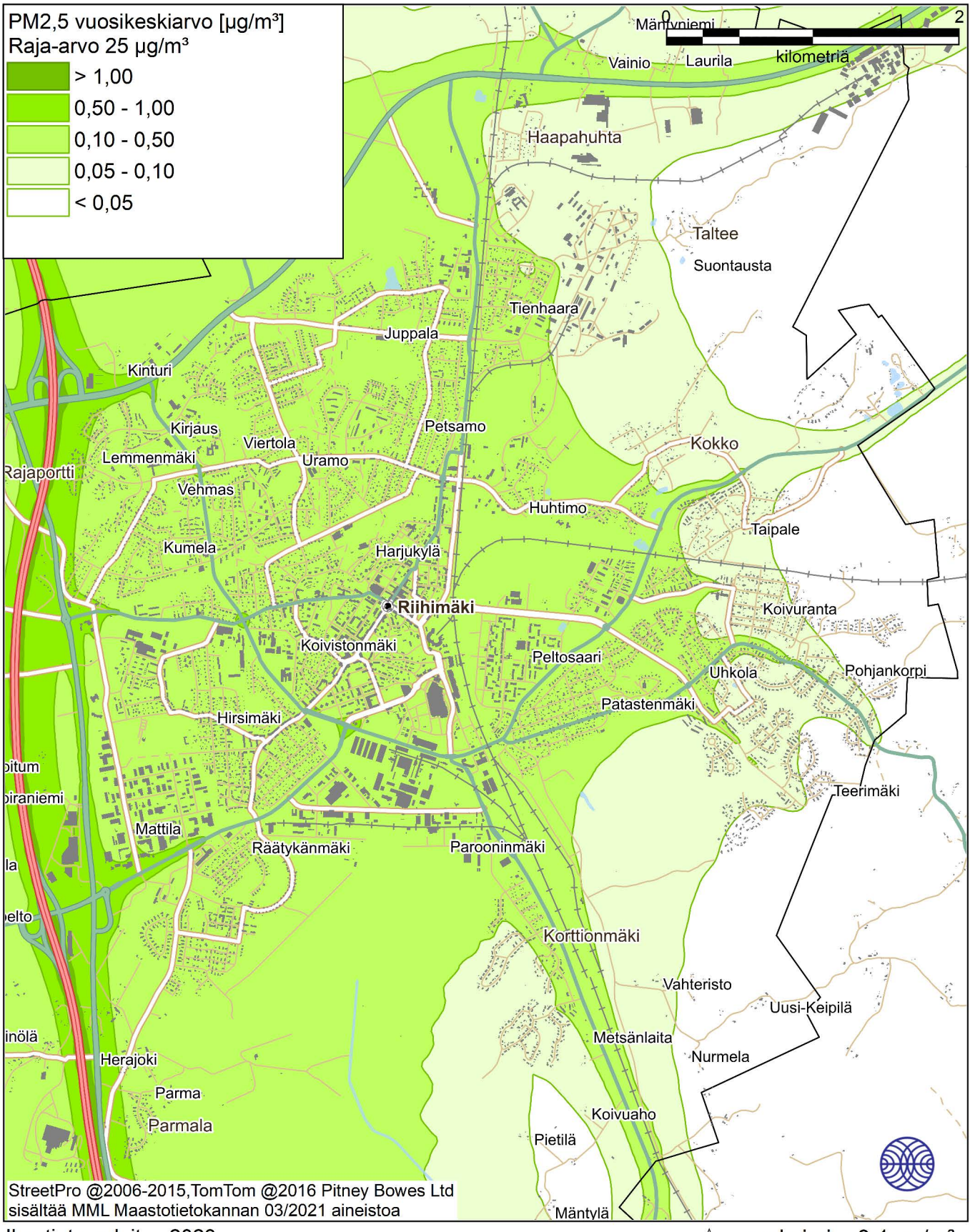
Kuva 20. Kaikkien päästölähteiden ja taustapitoisuuden aiheuttama pienhiukkasten vuosiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 3,1 µg/m³

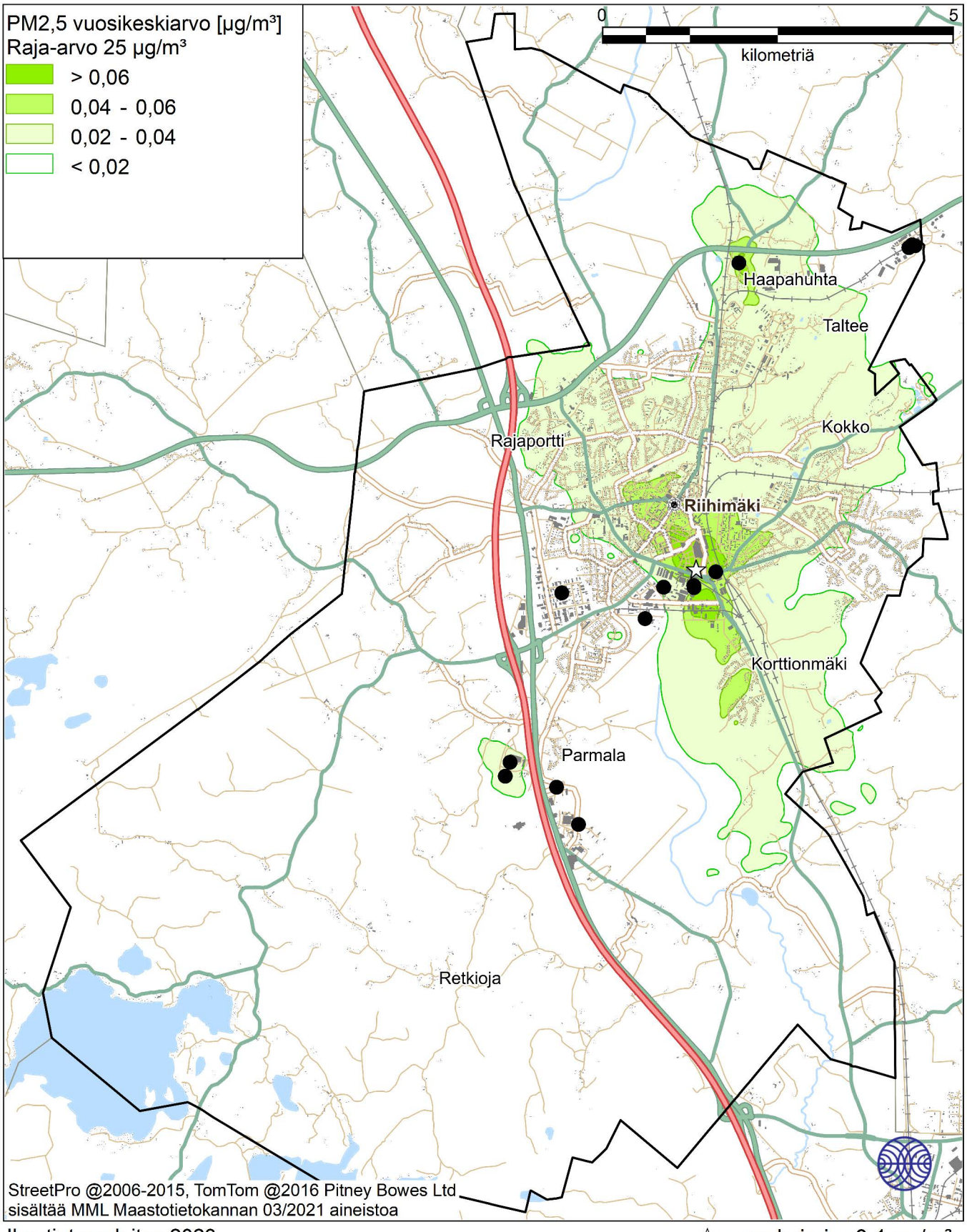
Kuva 21. Autoliikenteen päästöjen aiheuttama pienhiukkasten vuosiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 3,1 µg/m³

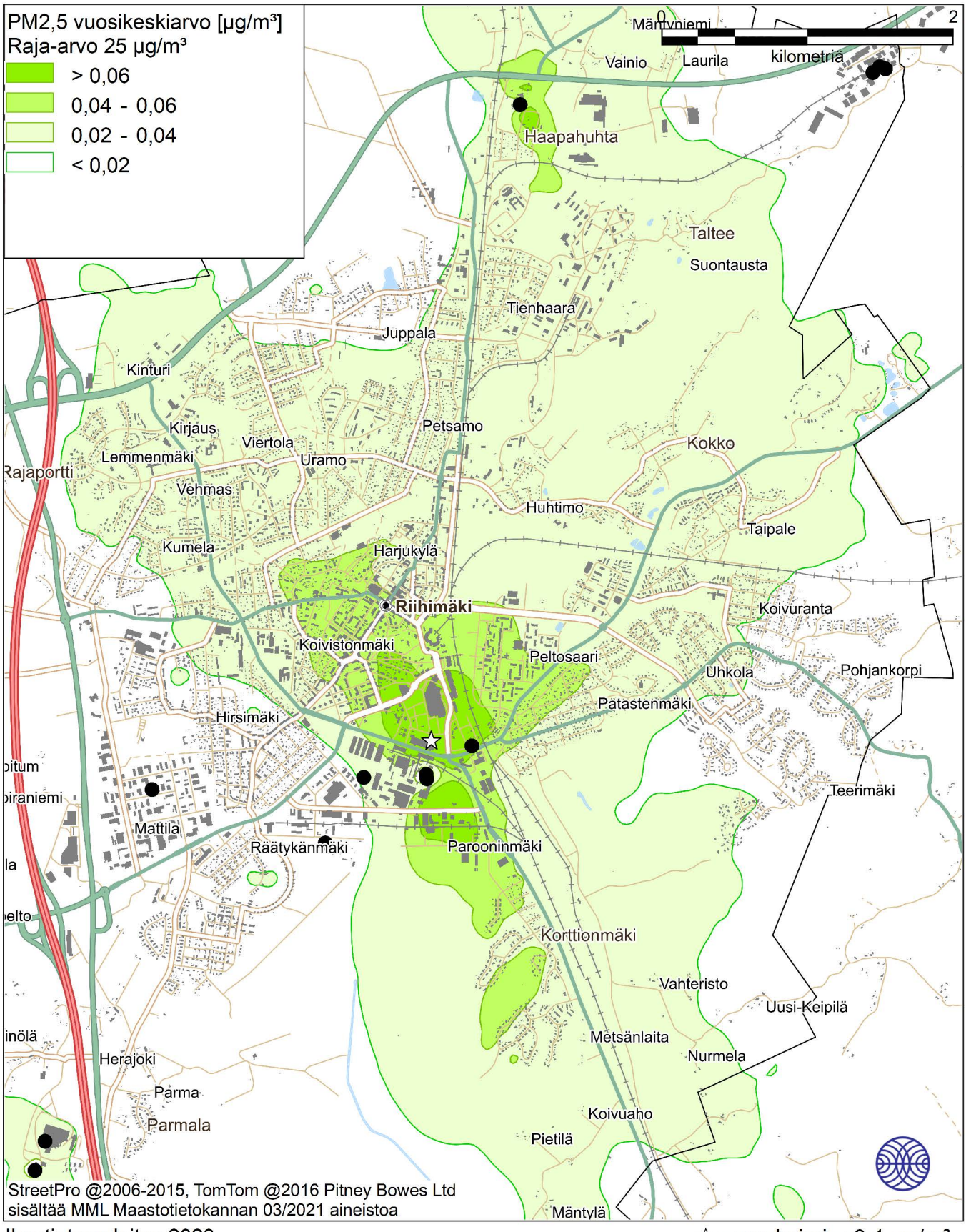
Kuva 22. Autoliikenteen päästöjen aiheuttama pienhiukkasten vuosiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 0,1 µg/m³
● = päästölähteet

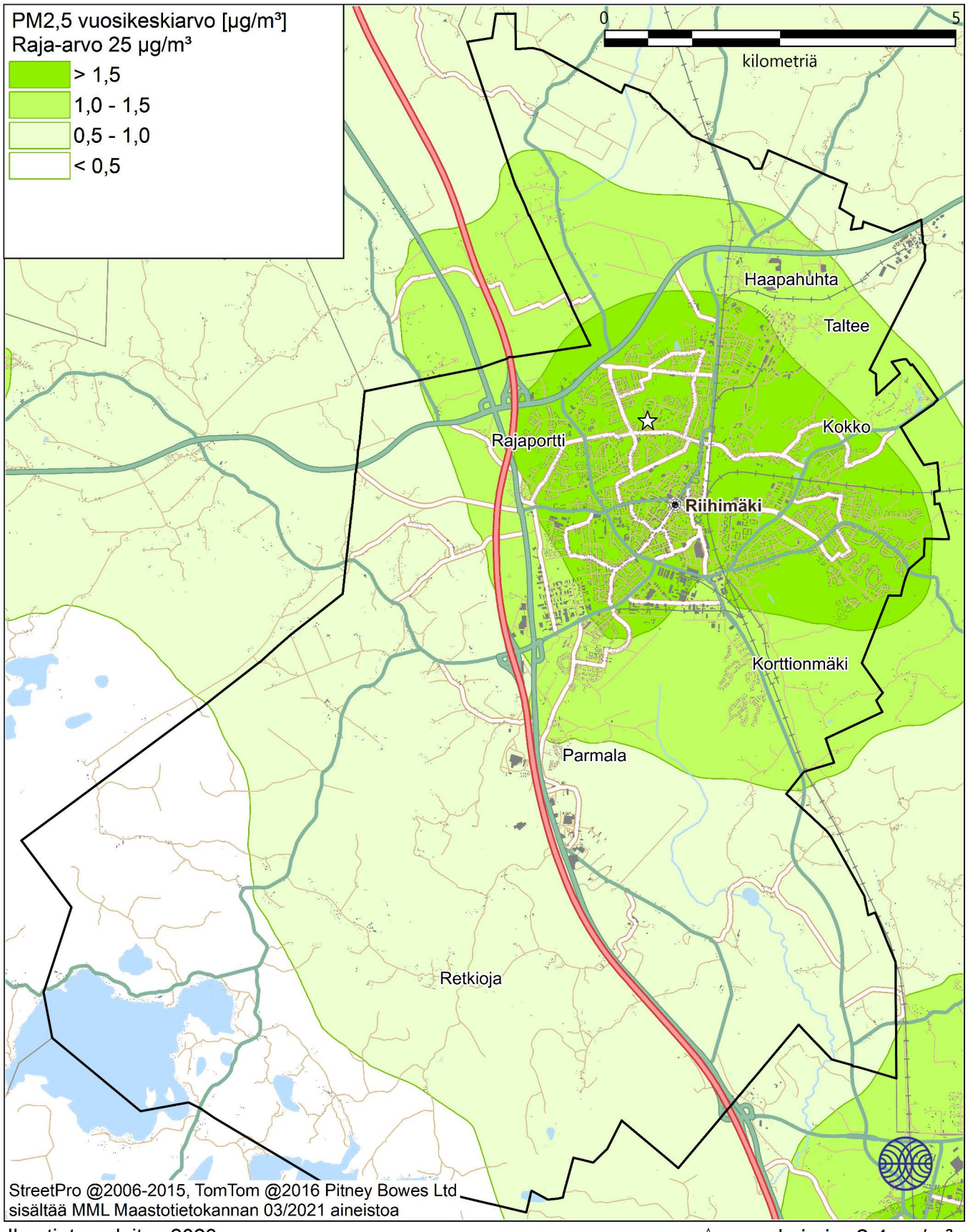
Kuva 23. Energiantuotannon ja teollisuuden päästöjen aiheuttama pienhiukkasten vuosiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 0,1 µg/m³
● = päästölähteet

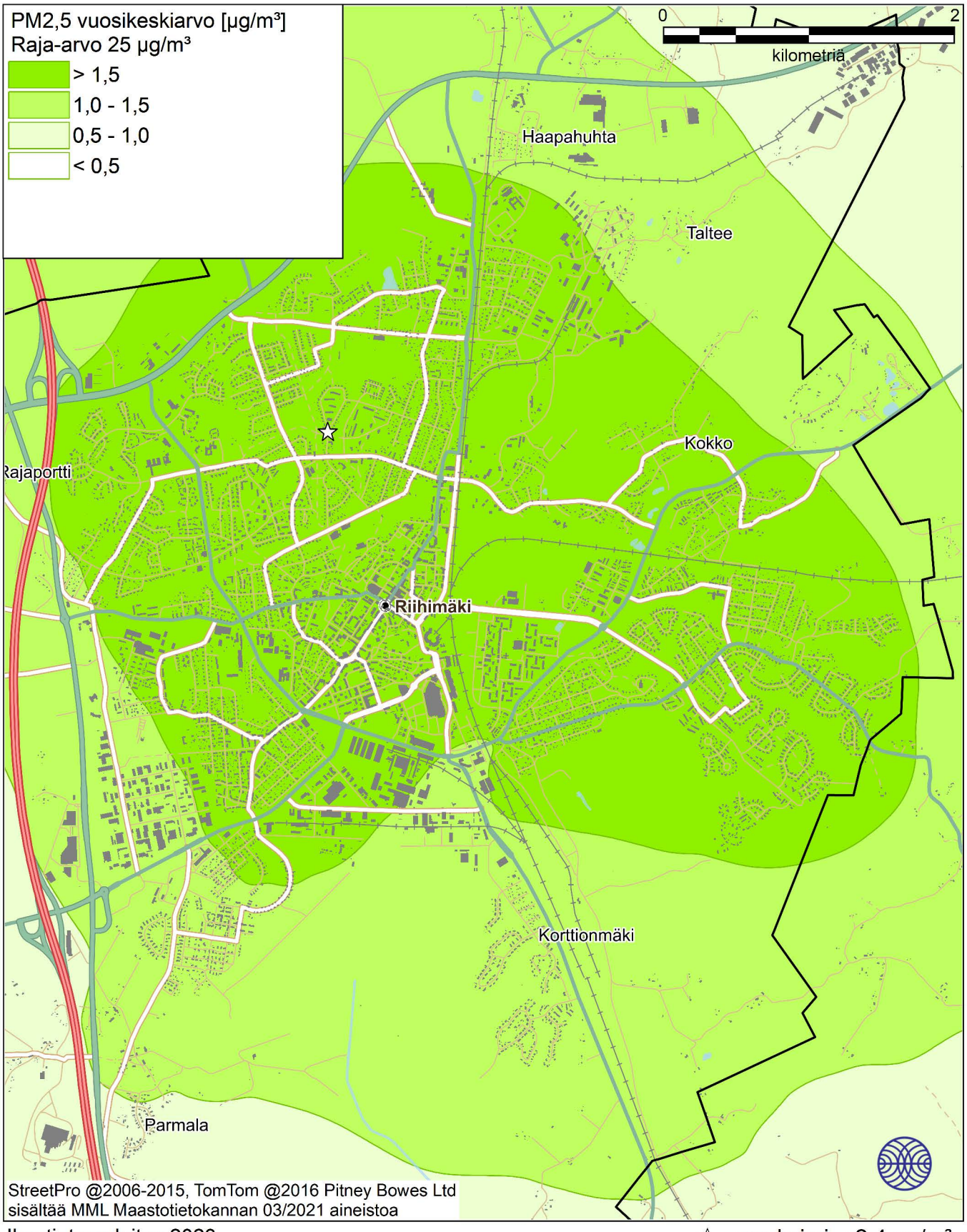
Kuva 24. Energiantuotannon ja teollisuuden päästöjen aiheuttama pienhiukkasten vuosiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 2,4 µg/m³

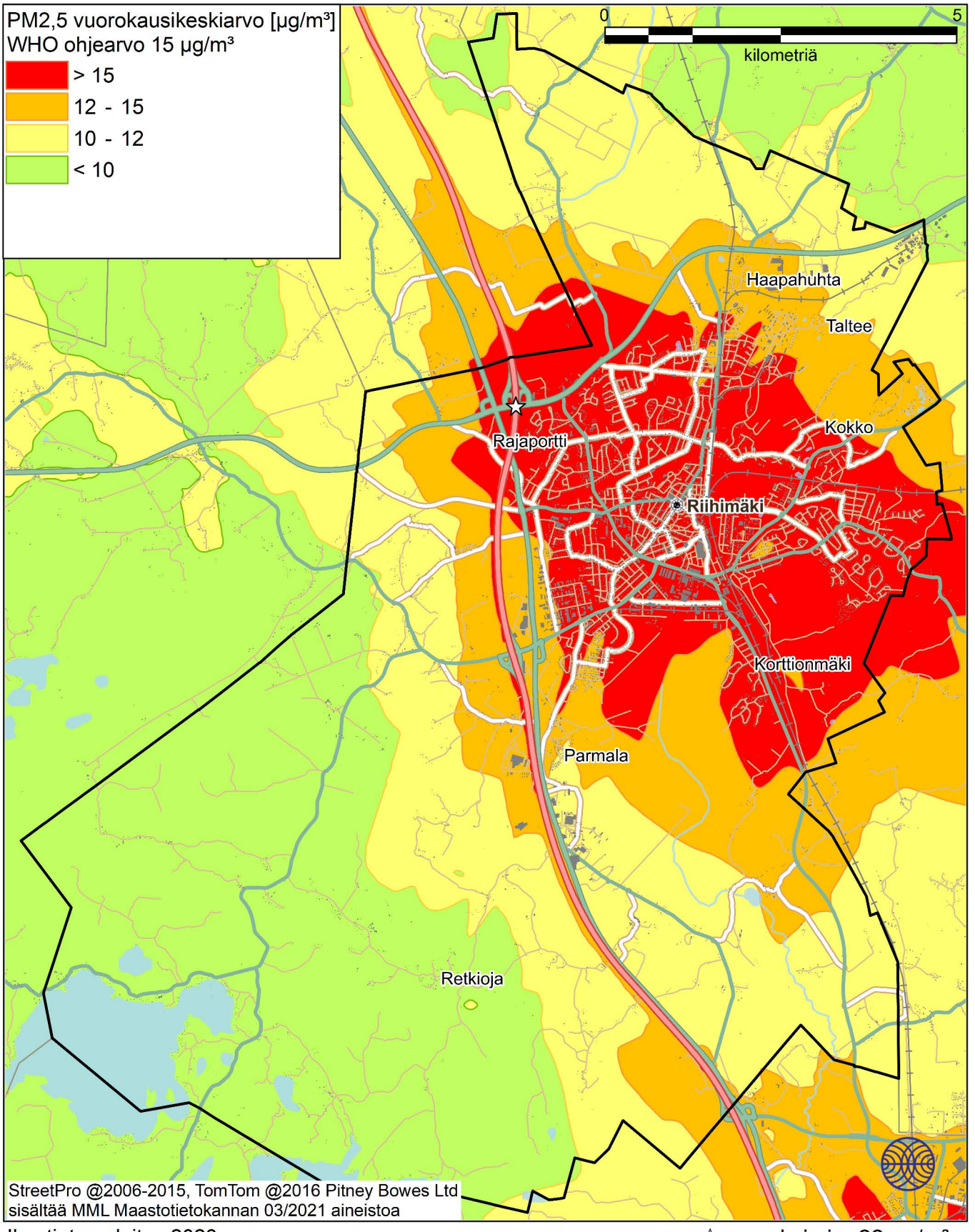
Kuva 25. Kiinteistokohtaisen lämmityksen päästöjen aiheuttama pienhiukkasten vuosiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 2,4 µg/m³

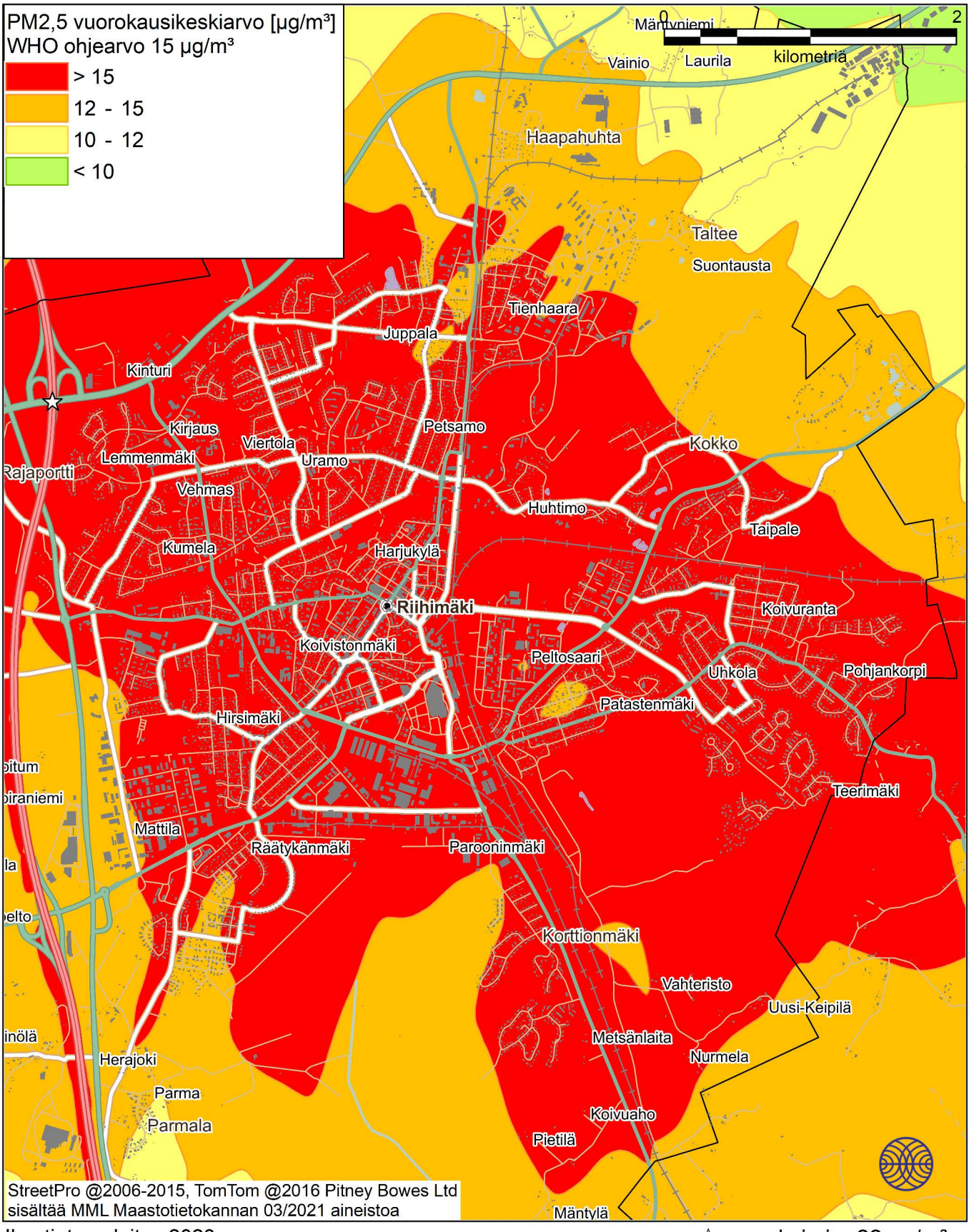
Kuva 26. Kiinteistokohtaisen lämmityksen päästöjen aiheuttama pienhiukkasten vuosiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 22 µg/m³

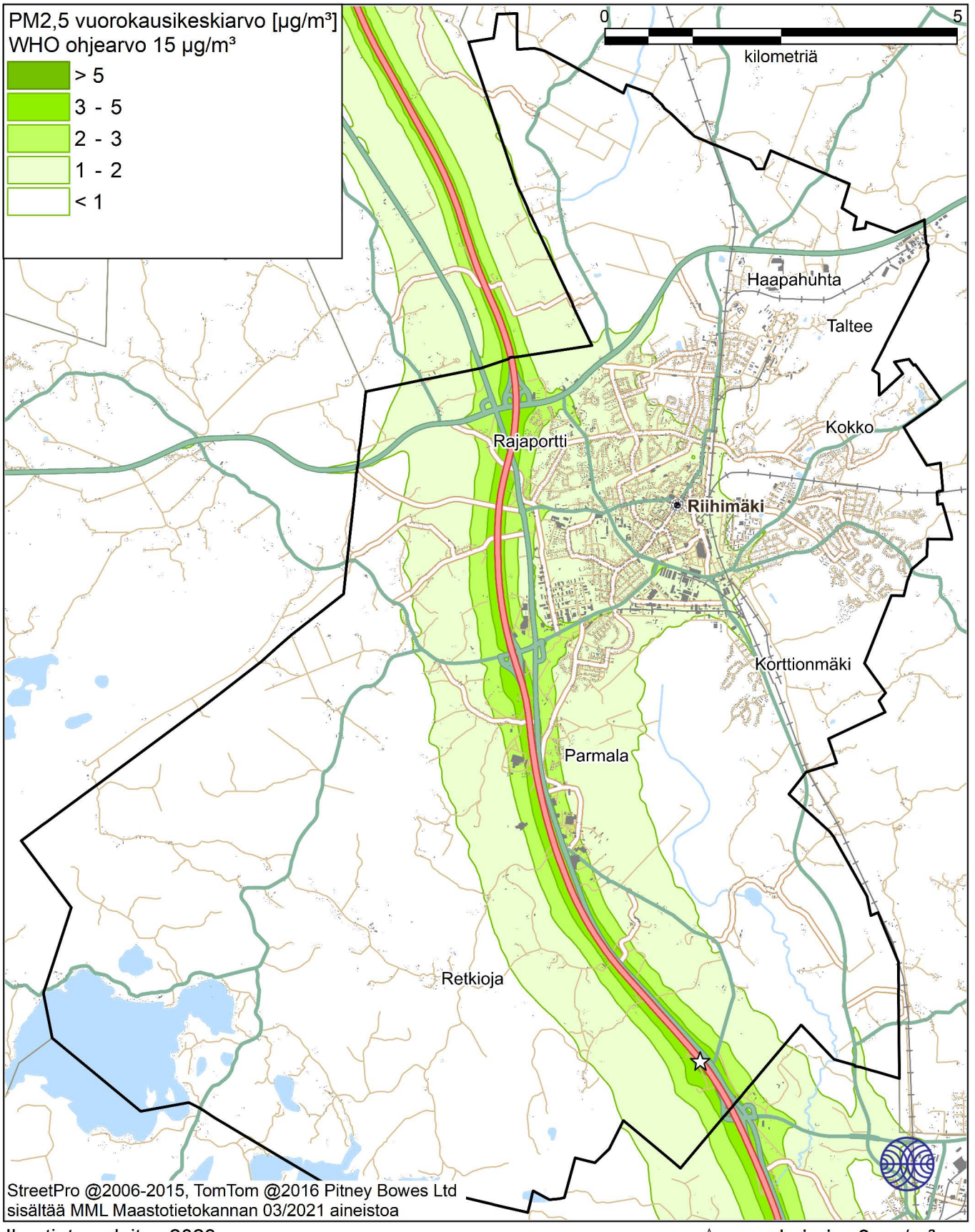
Kuva 27. Kaikkien päästölähteiden ja taustapitoisuuden aiheuttama pienhiukkasten vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 22 µg/m³

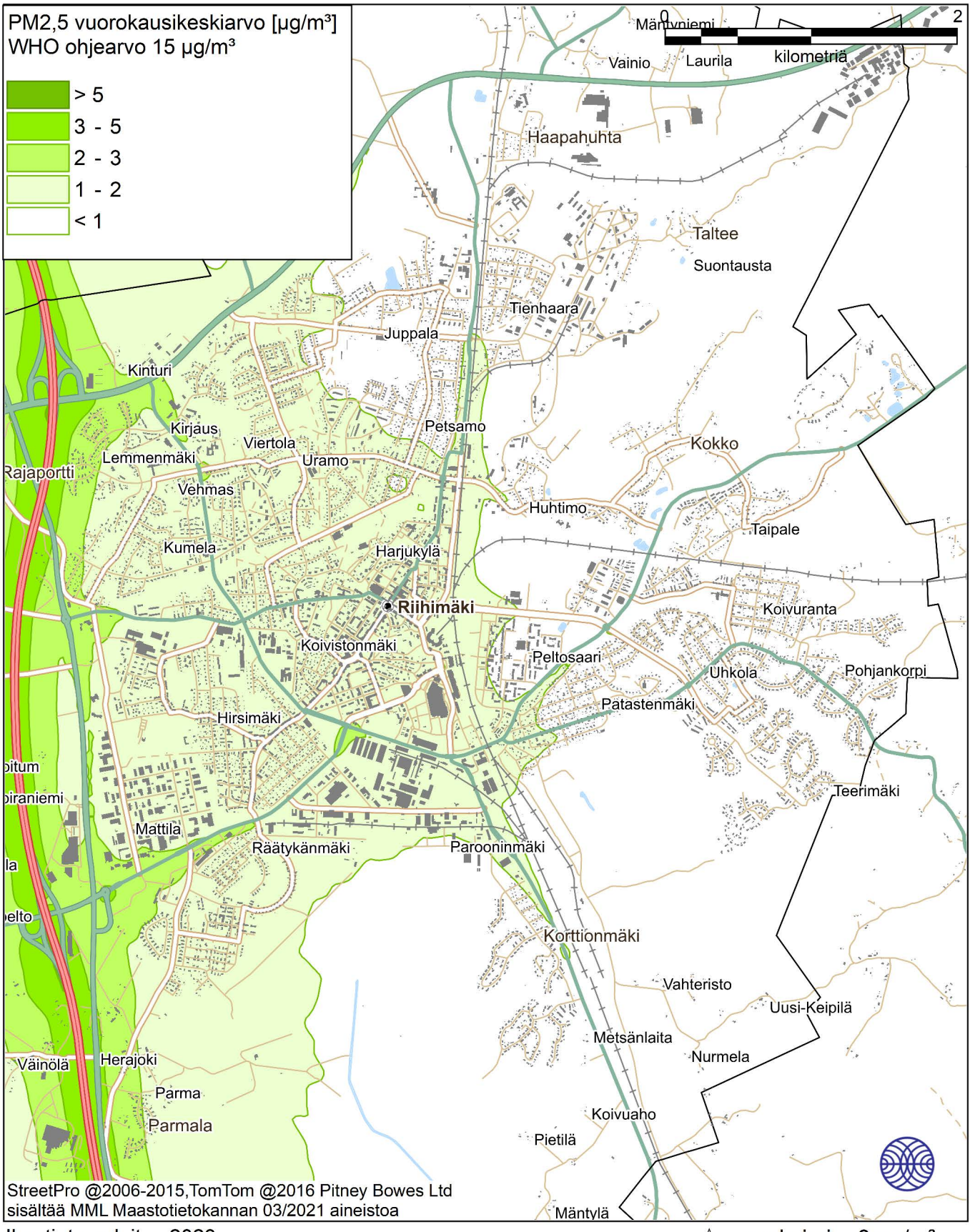
Kuva 28. Kaikkien päästölähteiden ja taustapitoisuuden aiheuttama pienhiukkasten vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 8 µg/m³

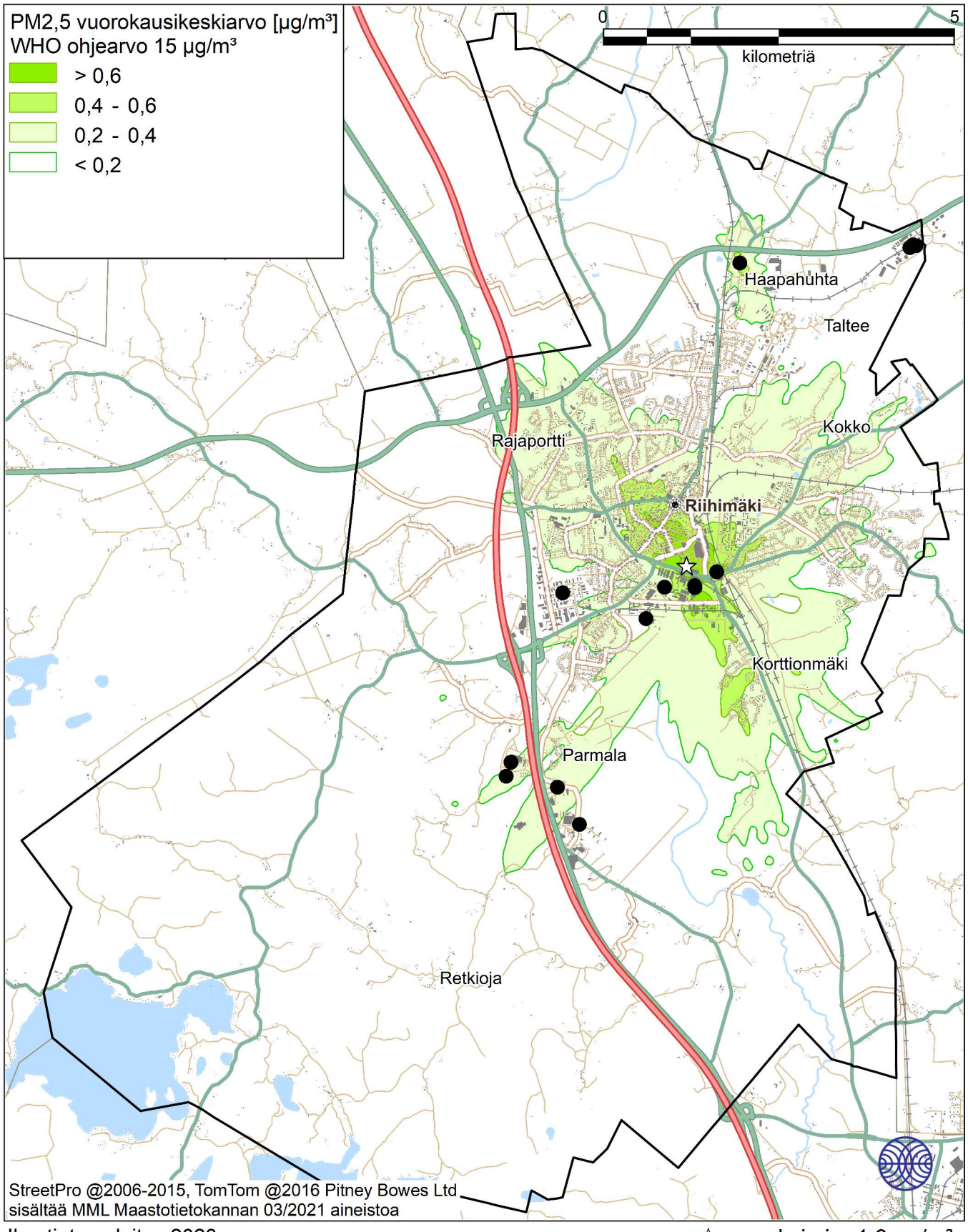
Kuva 29. Autoliikenteen päästöjen aiheuttama pienhiukkasten WHO:n vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 8 µg/m³

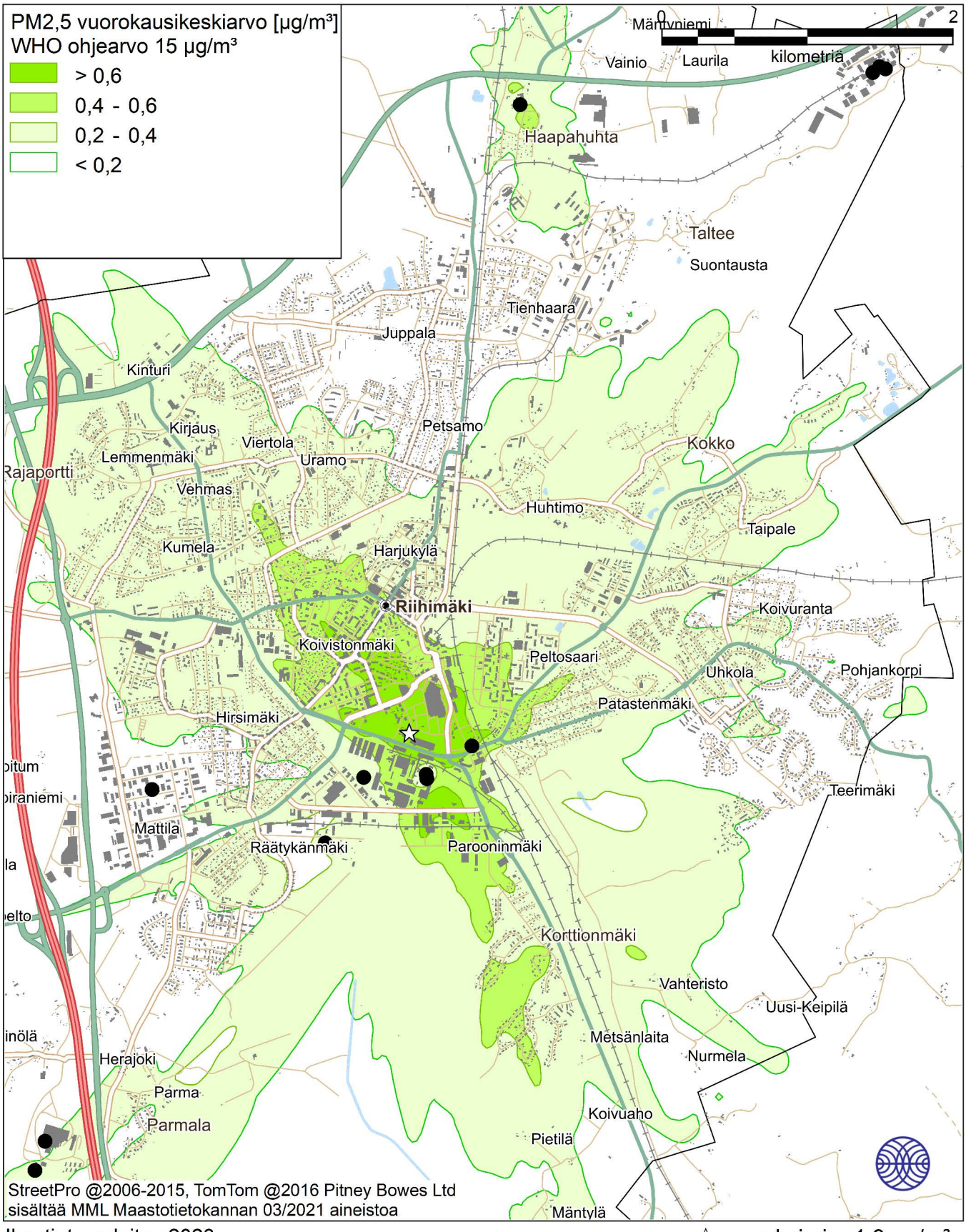
Kuva 30. Autoliikenteen päästöjen aiheuttama pienhiukkasten WHO:n vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 1,3 µg/m³
● = päästölähteet

Kuva 31. Energiantuotannon ja teollisuuden päästöjen aiheuttama pienhiukkasten vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).

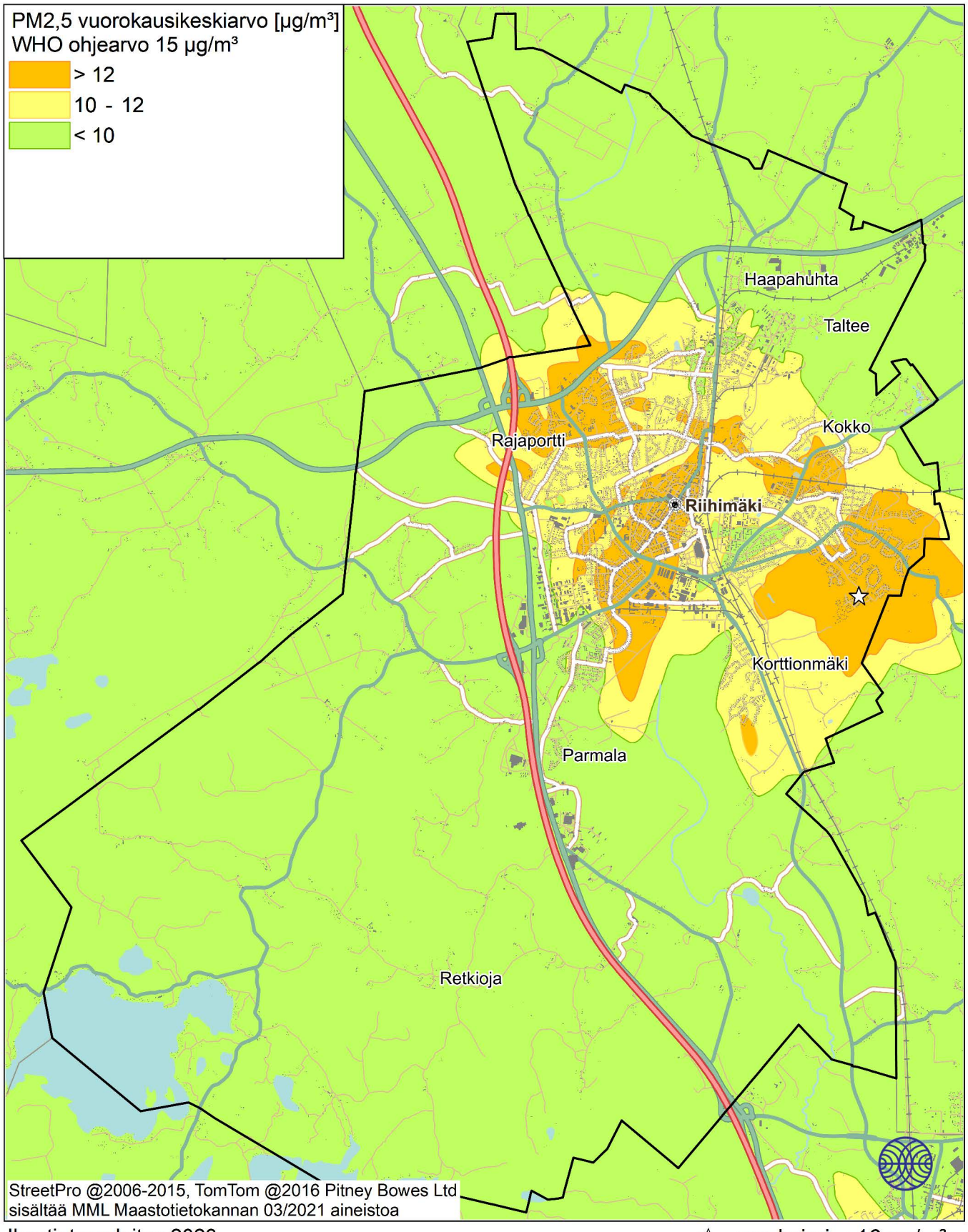


Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 1,3 µg/m³

● = päästölähteet

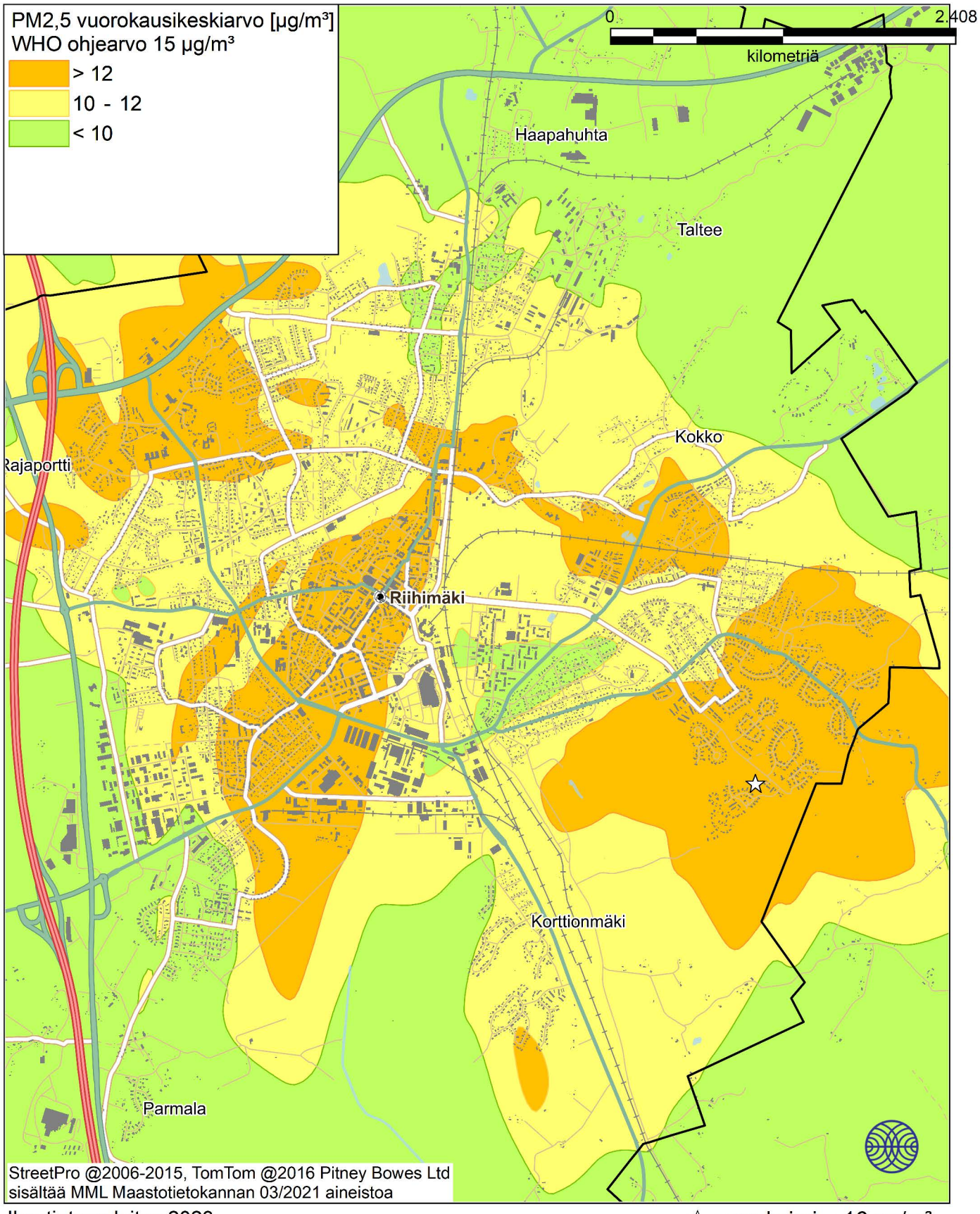
Kuva 32. Energiantuotannon ja teollisuuden päästöjen aiheuttama pienhiukkasten vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 16 µg/m³

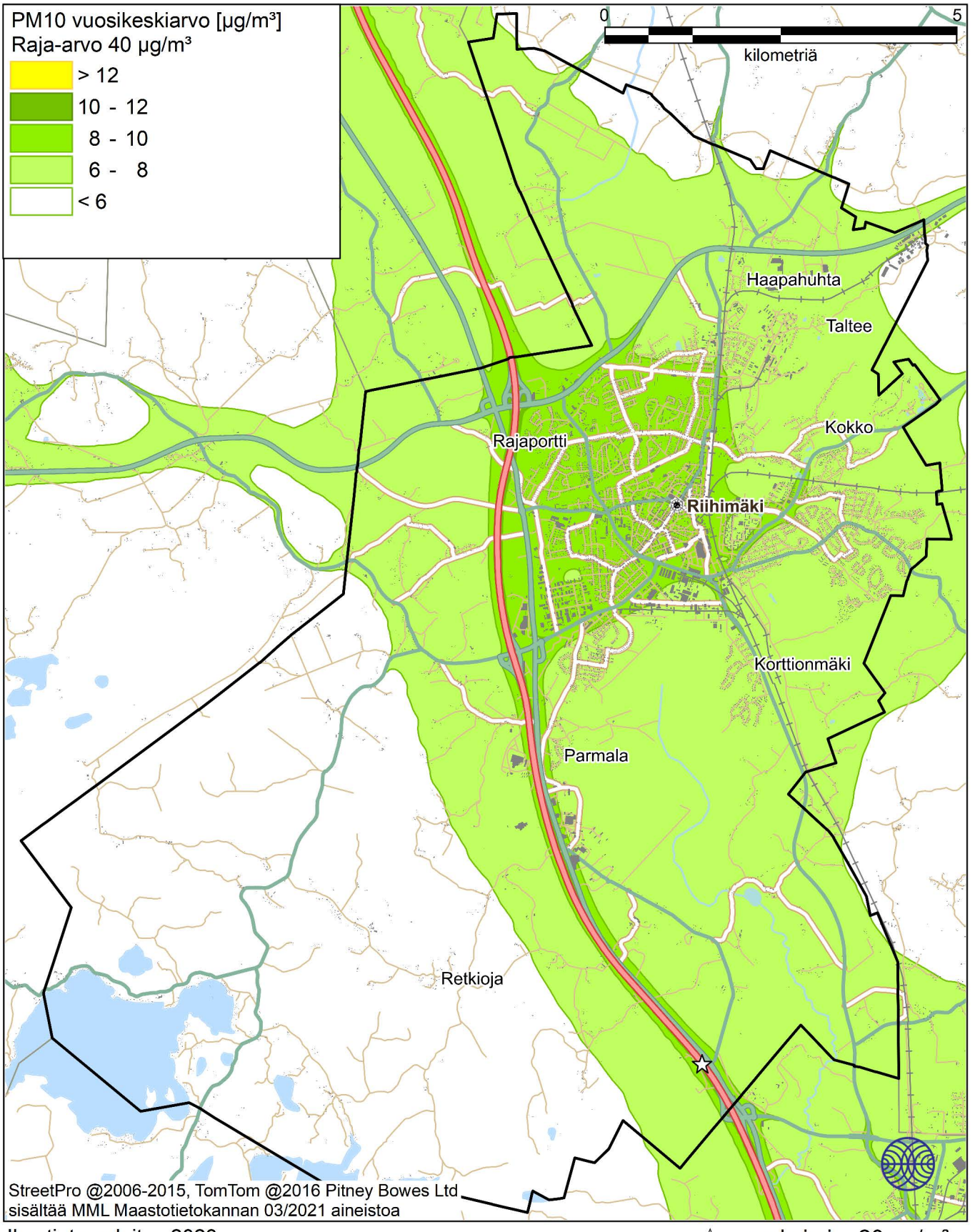
Kuva 33. Kiinteistokohtaisen lämmityksen päästöjen aiheuttama pienhiukkasten WHO:n vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 16 µg/m³

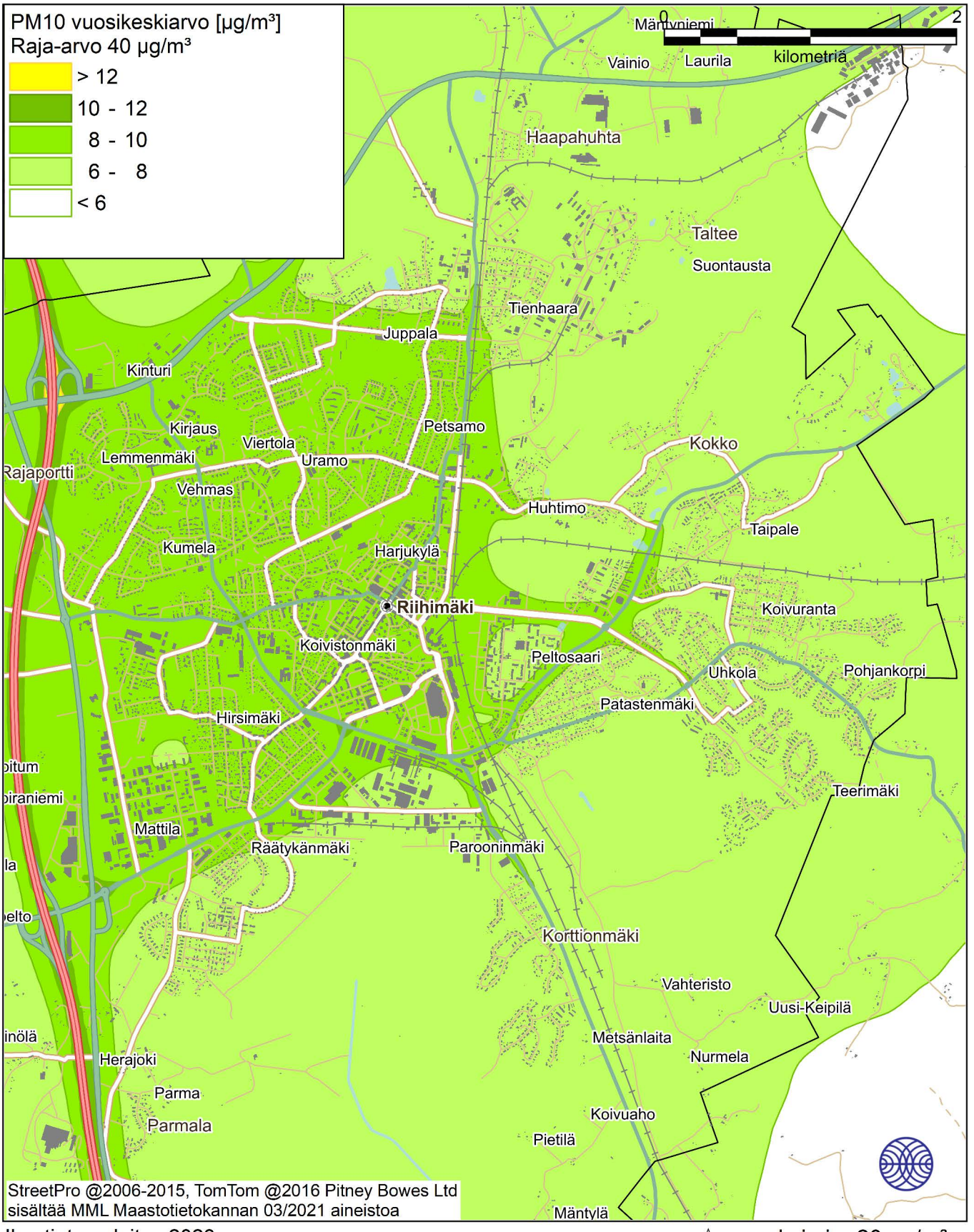
Kuva 34. Kiinteistokohtaisen lämmityksen päästöjen aiheuttama pienhiukkasten WHO:n vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 20 µg/m³

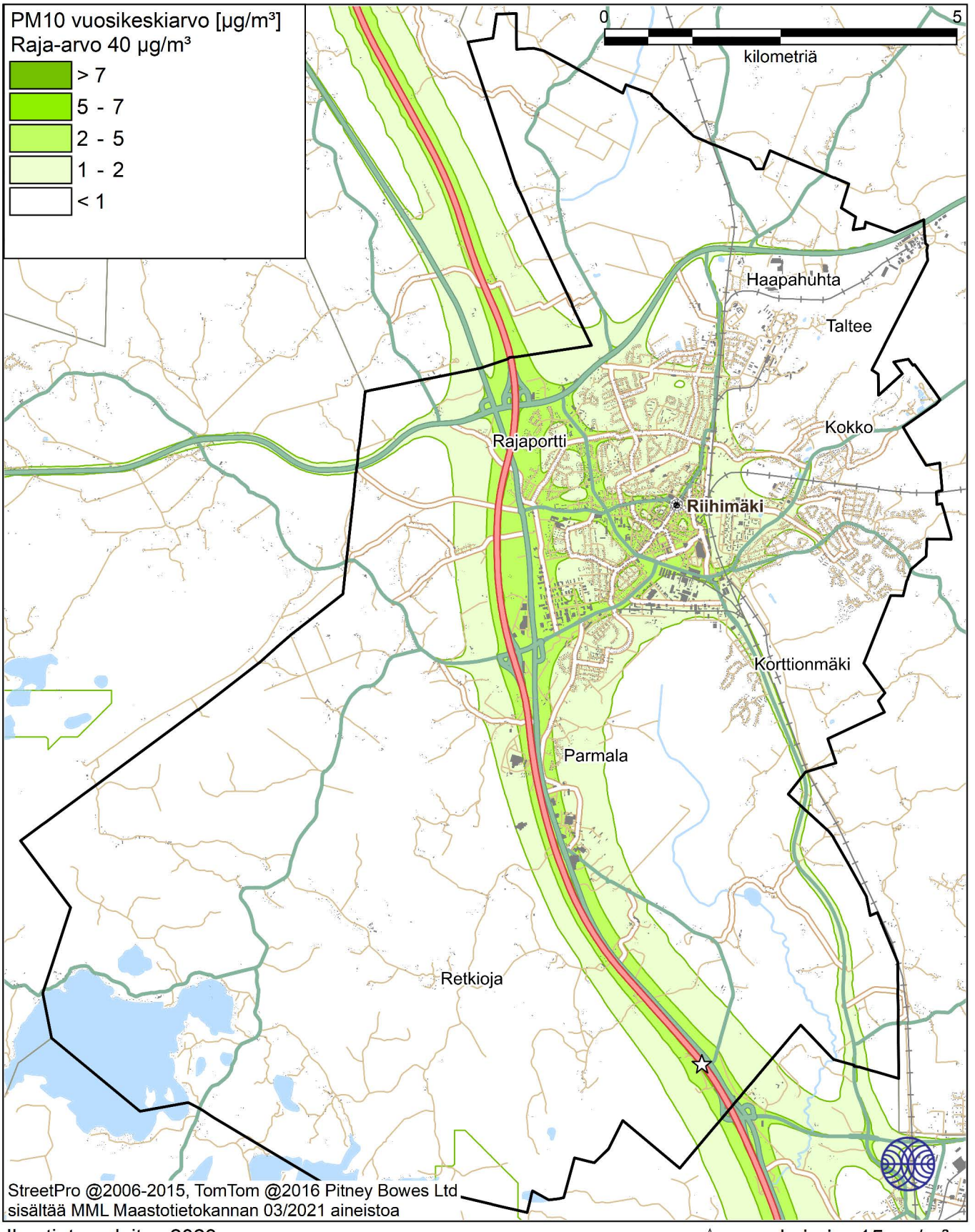
Kuva 35. Kaikkien päästölähteiden ja taustapitoisuuden aiheuttama hengitettävien hiukkasten vuosiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 20 µg/m³

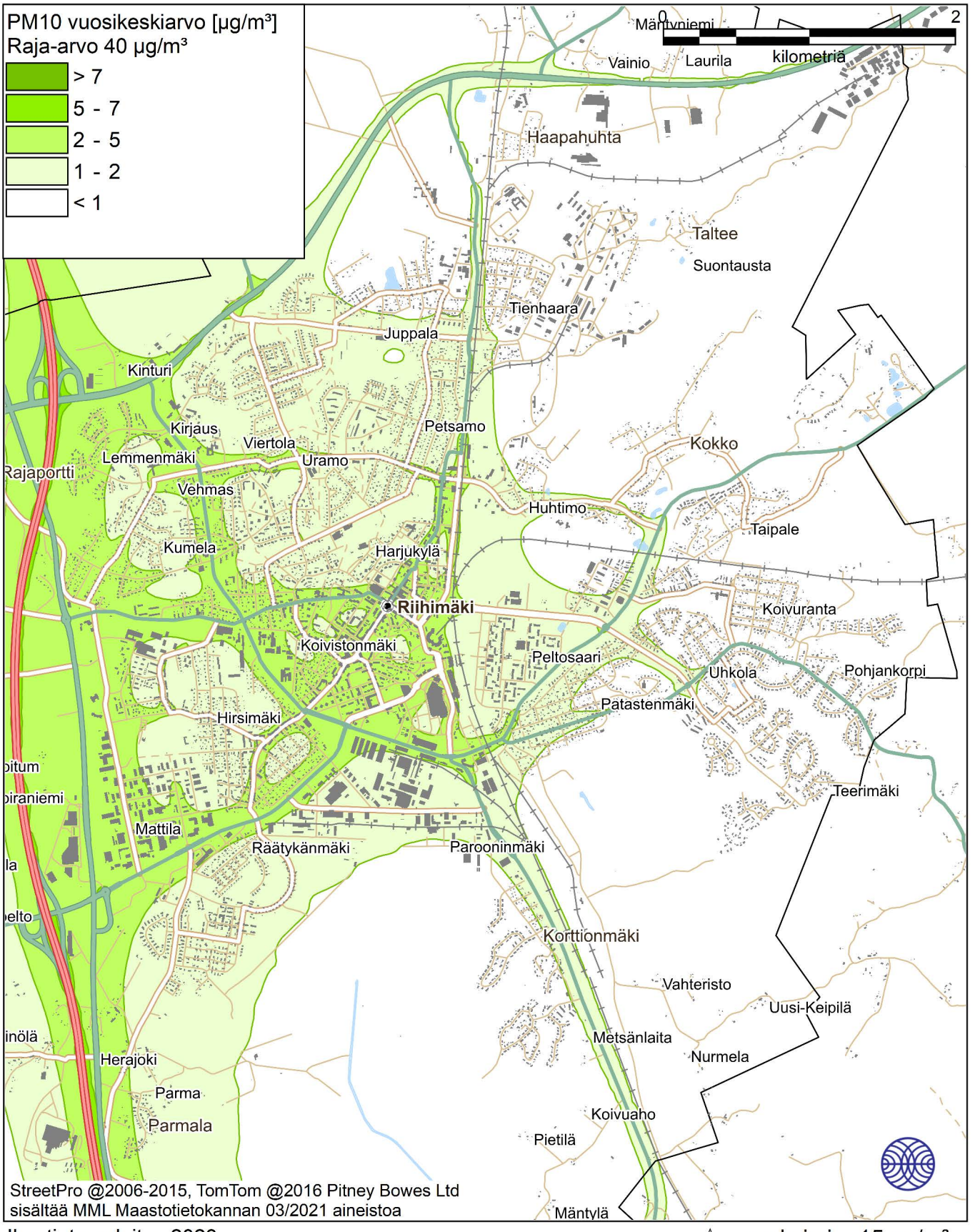
Kuva 36. Kaikkien päästölähteiden ja taustapitoisuuden aiheuttama pienhiukkasten vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 15 µg/m³

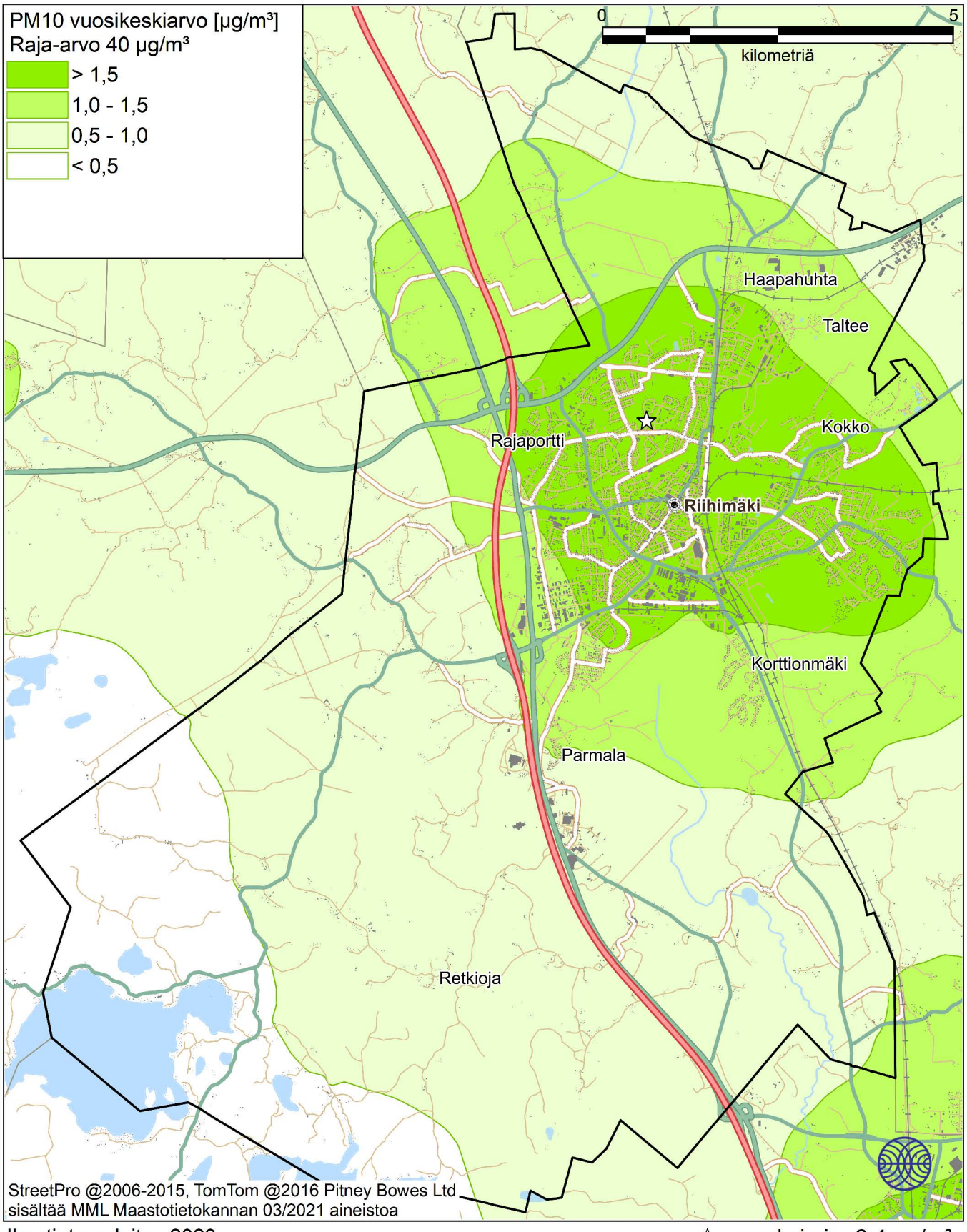
Kuva 37. Autoliikenteen päästöjen aiheuttama hengitettävien hiukkasten vuosiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 15 µg/m³

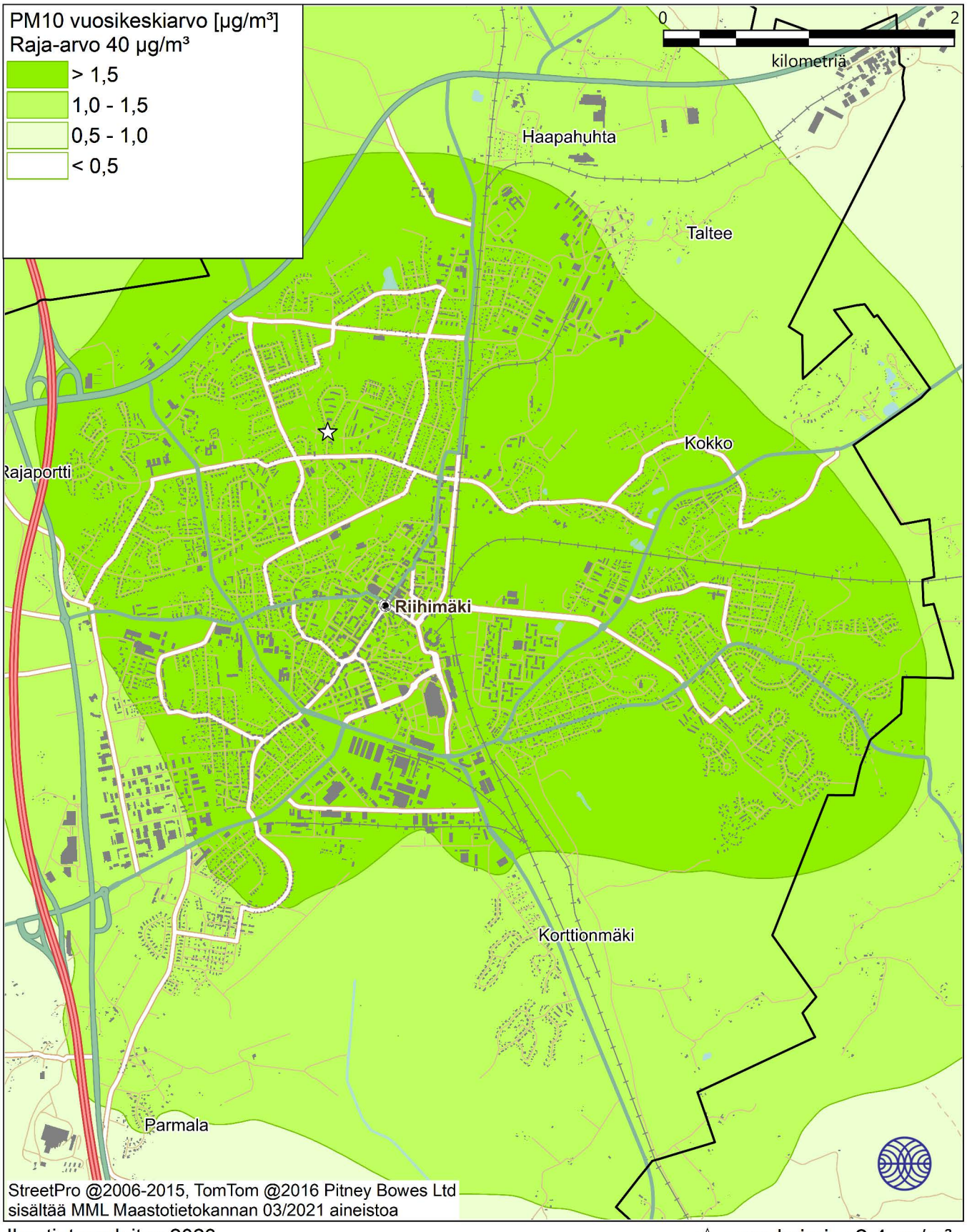
Kuva 38. Autoliikenteen päästöjen aiheuttama hengitettävien hiukkasten vuosiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 2,4 µg/m³

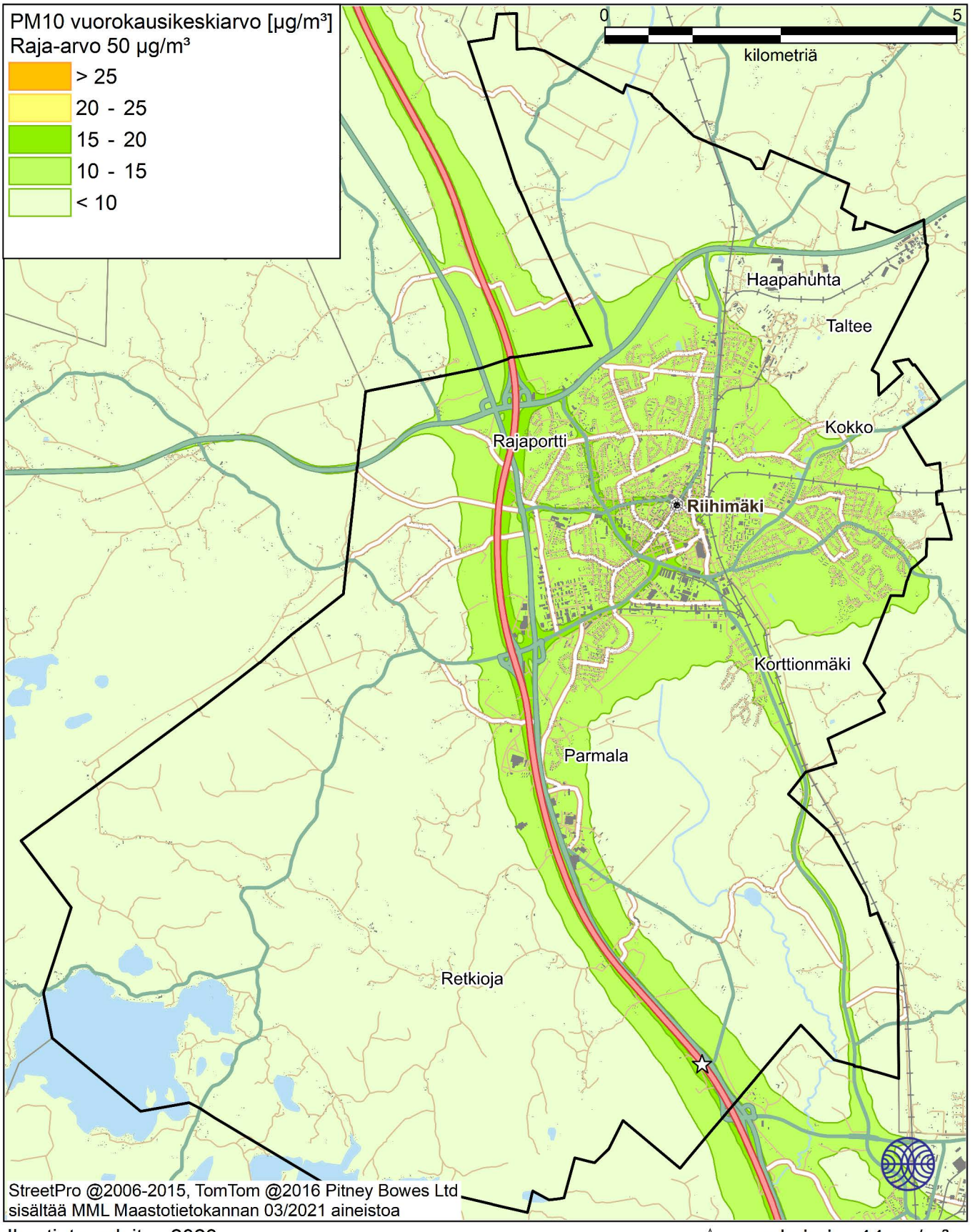
Kuva 39. Kiinteistokohtaisen lämmityksen päästöjen aiheuttama hengitettävien hiukkasten vuosiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 2,4 µg/m³

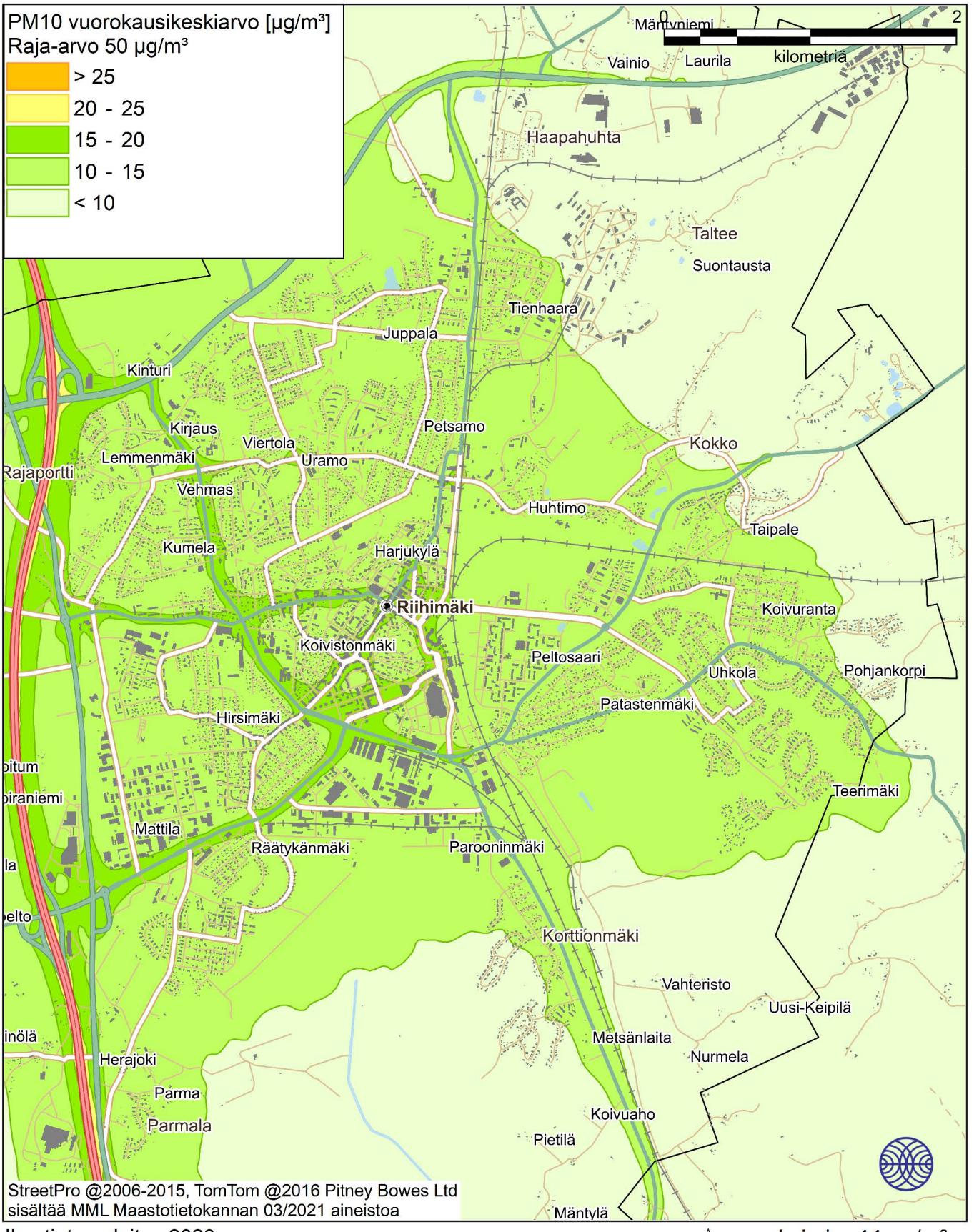
Kuva 40. Kiinteistokohtaisen lämmityksen päästöjen aiheuttama hengitettävien hiukkasten vuosiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 44 µg/m³

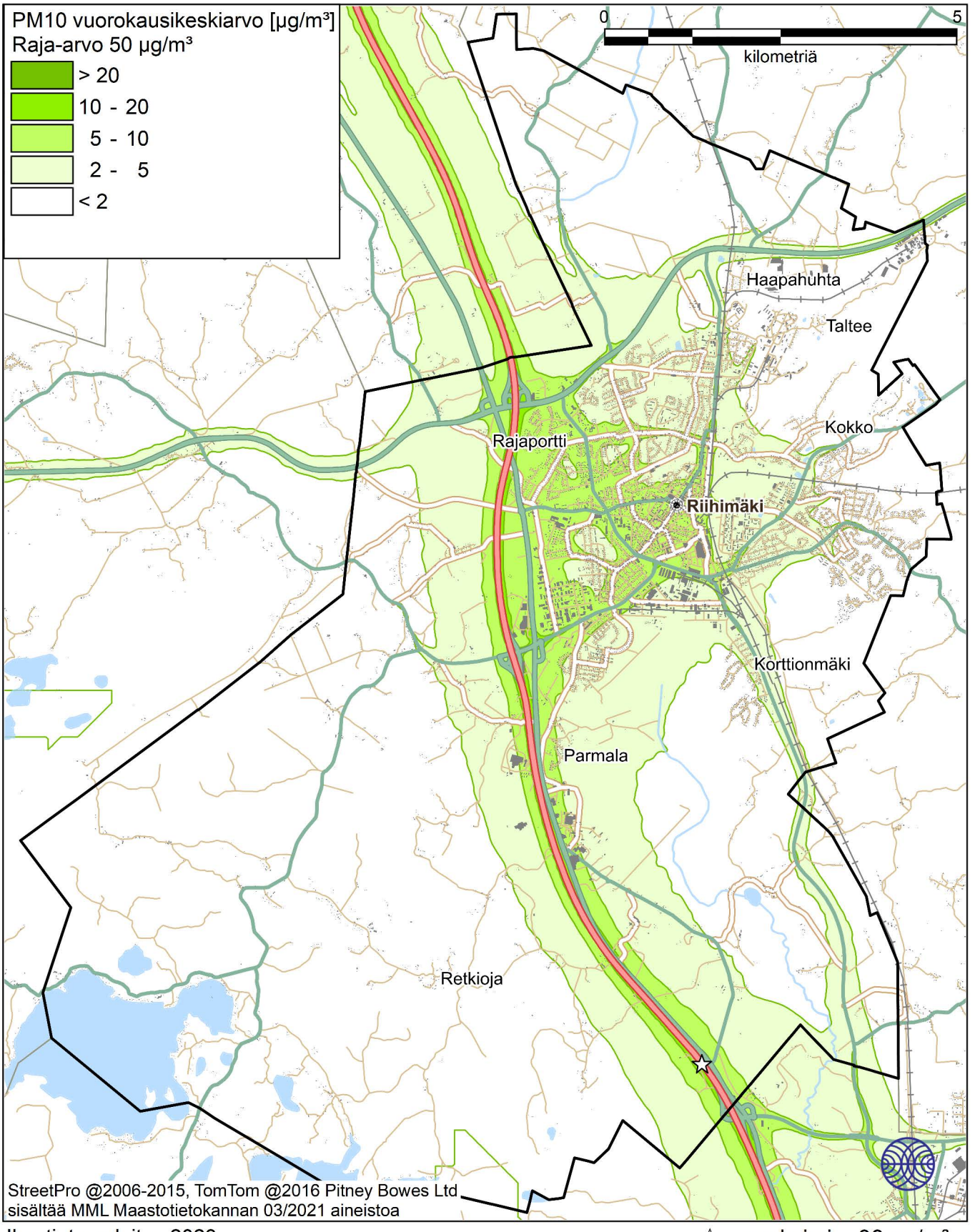
Kuva 41. Kaikkien päästölähteiden ja taustapitoisuuden aiheuttama hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 44 µg/m³

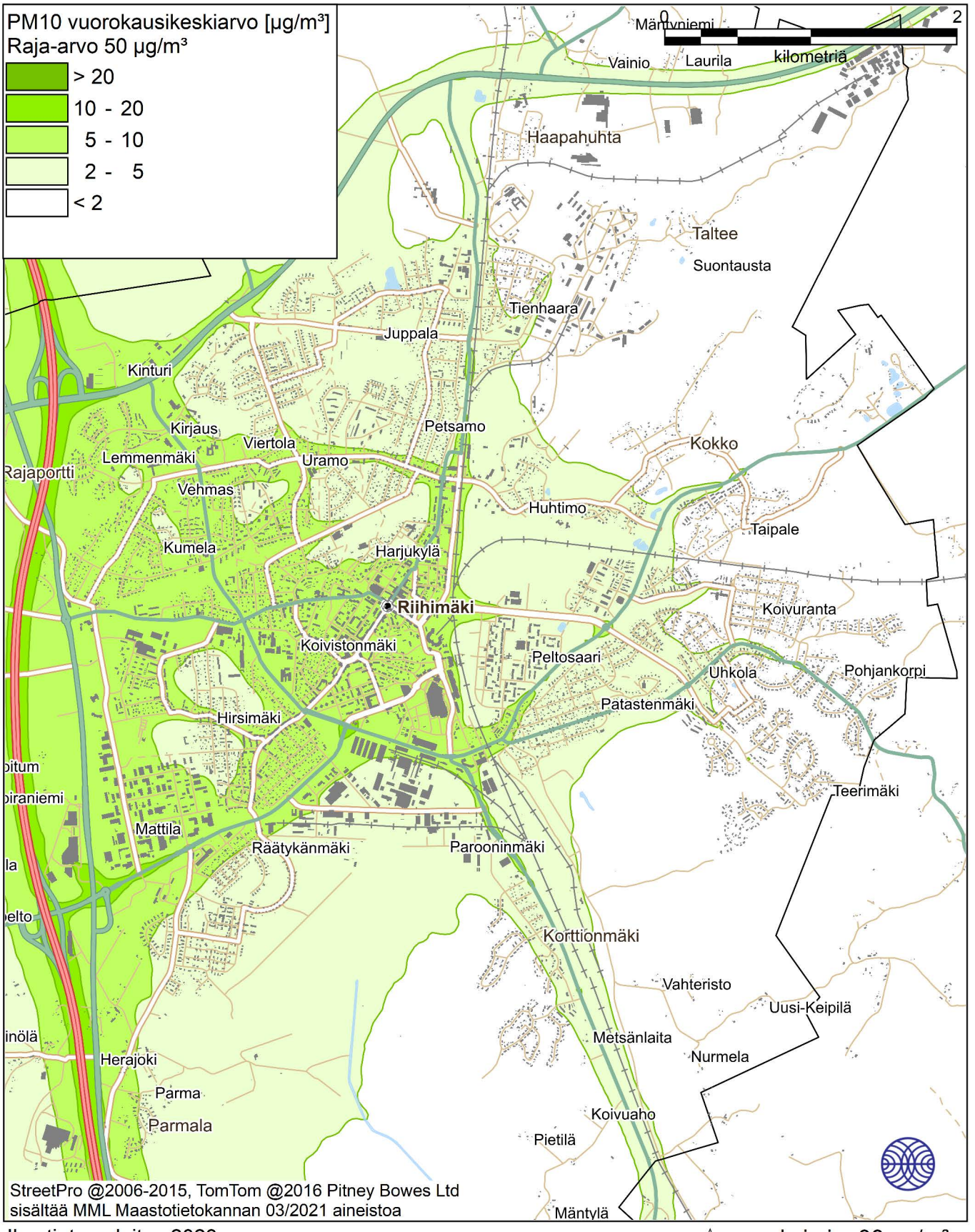
Kuva 42. Kaikkien päästölähteiden ja taustapitoisuuden aiheuttama hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 38 µg/m³

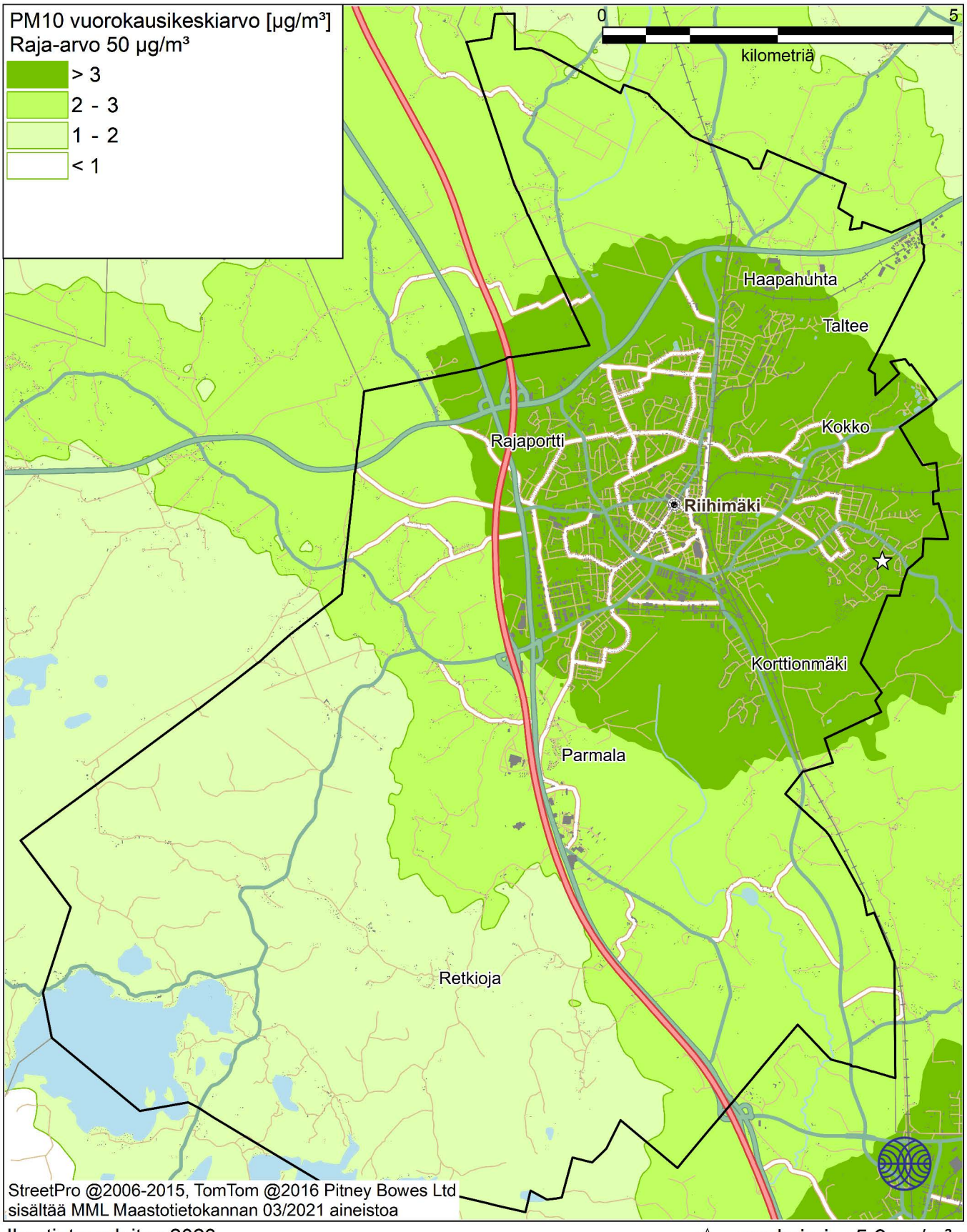
Kuva 43. Autoliikenteen päästöjen aiheuttama hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 38 µg/m³

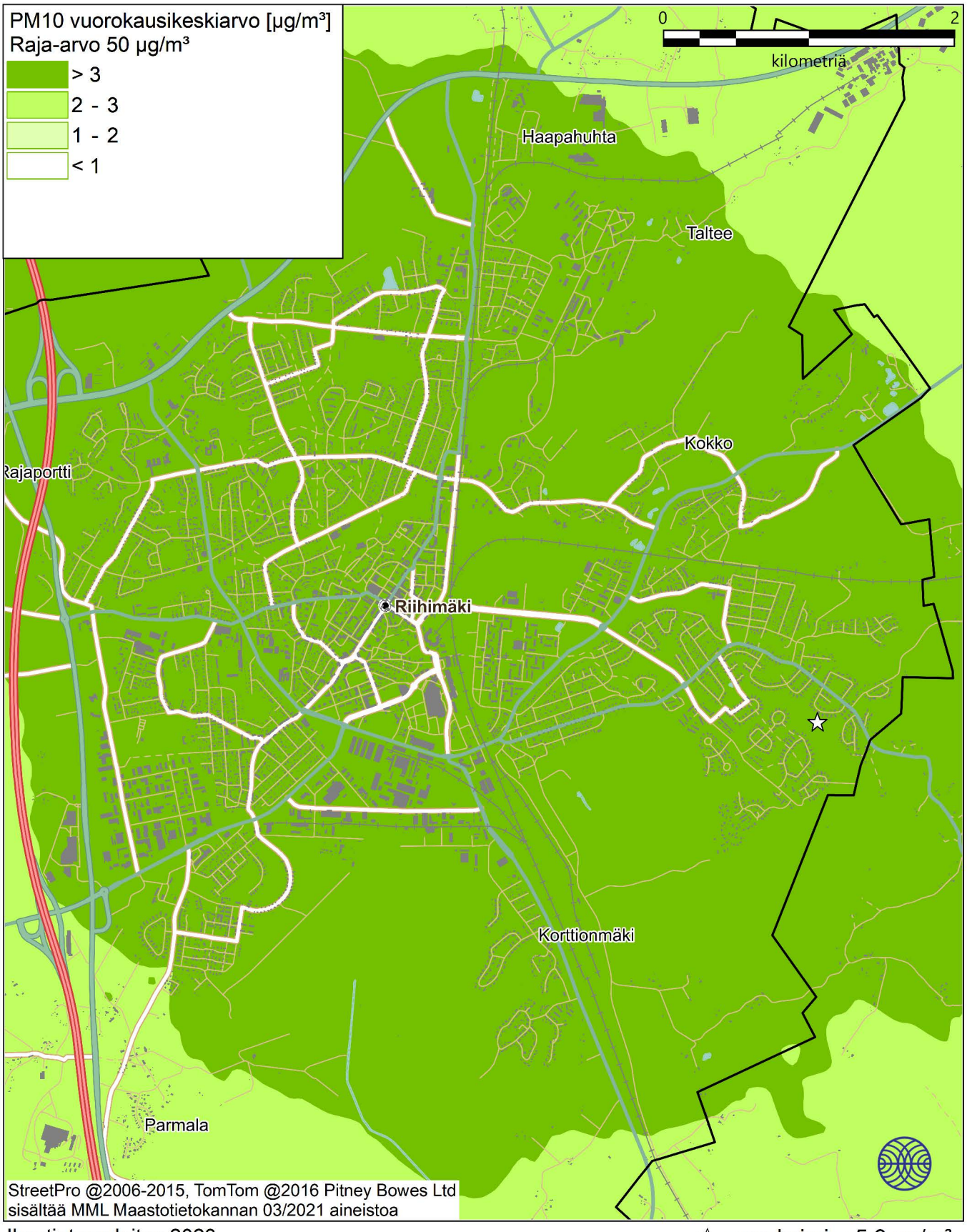
Kuva 44. Autoliikenteen päästöjen aiheuttama hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 5,9 µg/m³

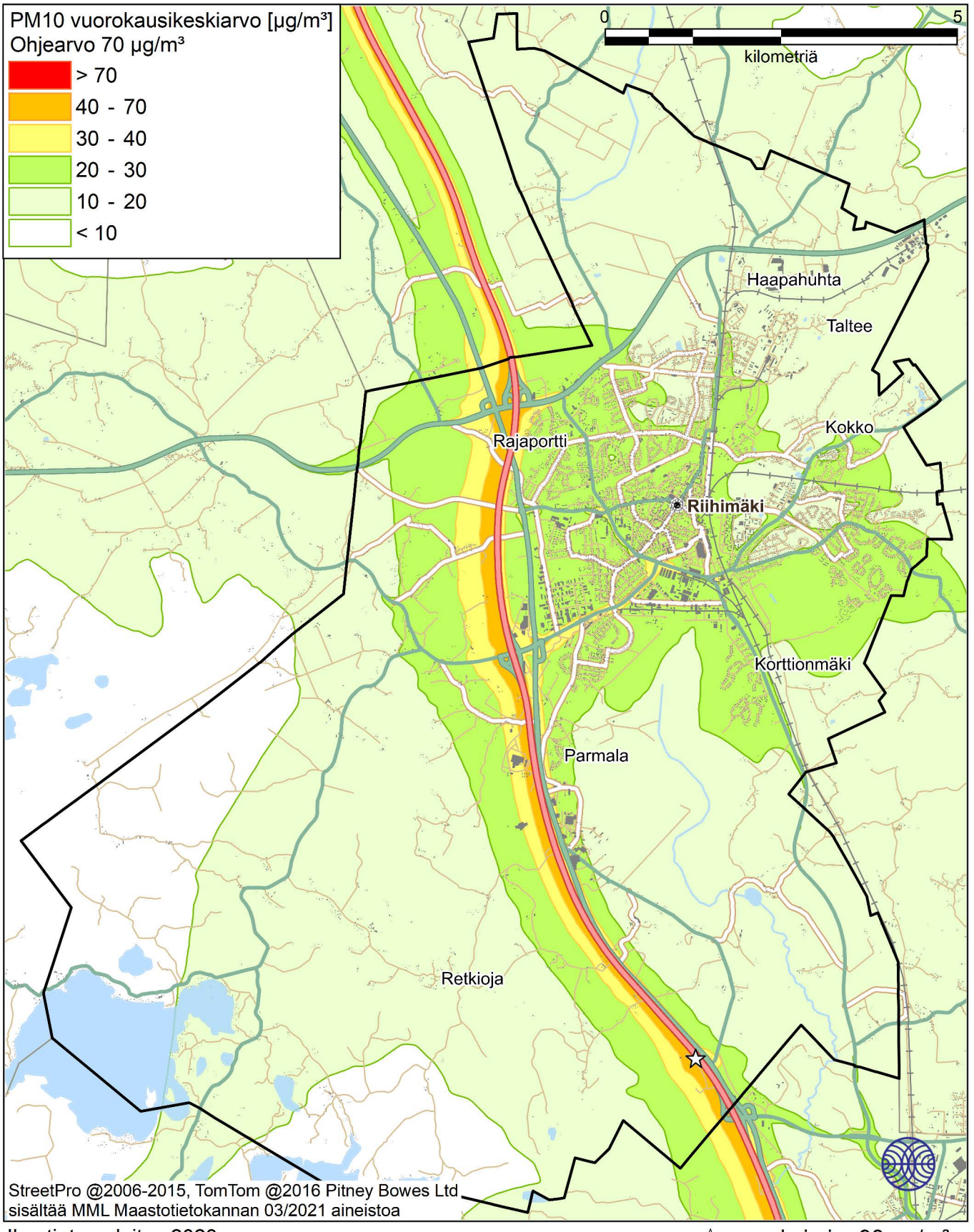
Kuva 45. Kiinteistokohtaisen lämmityksen päästöjen aiheuttama hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 5,9 µg/m³

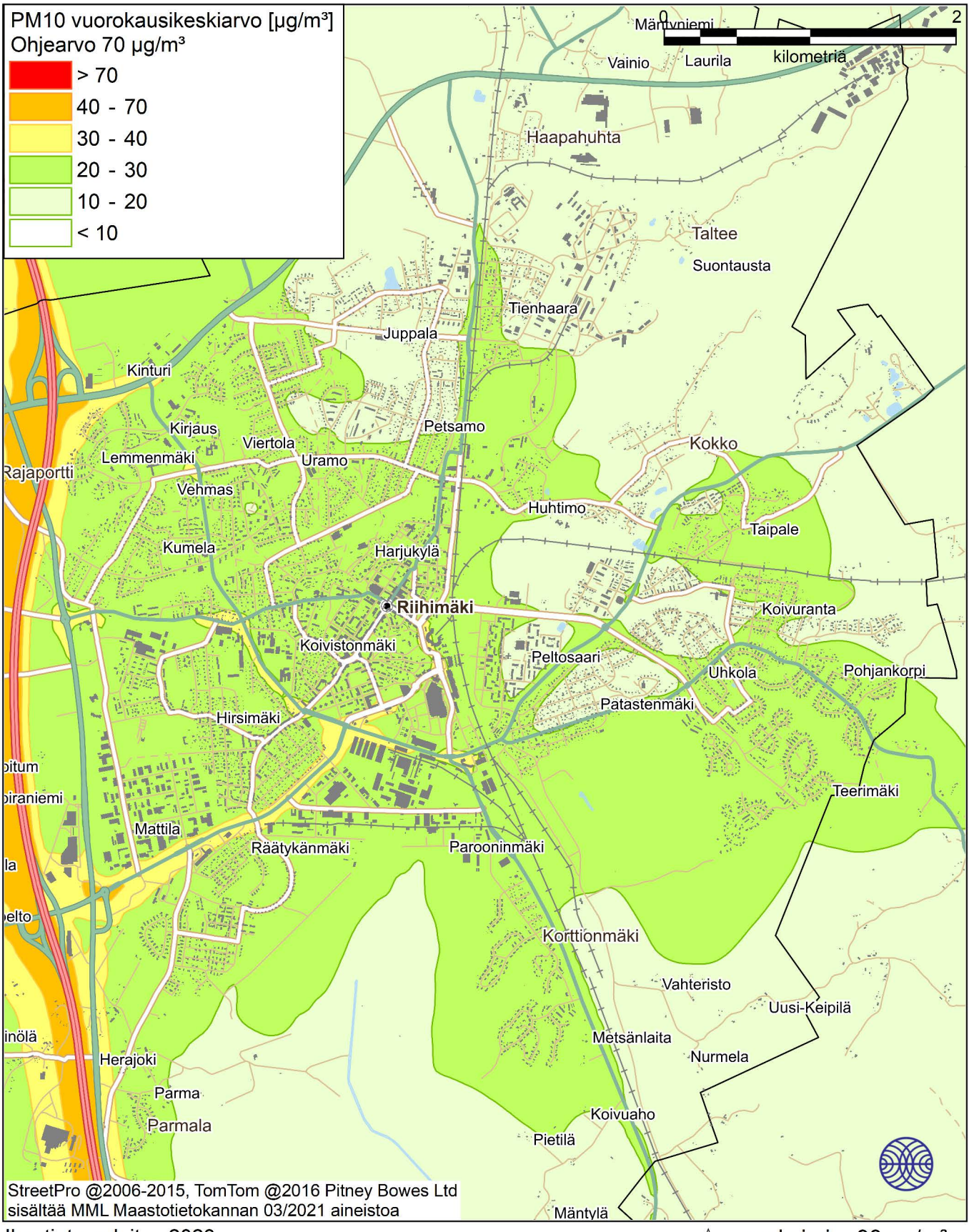
Kuva 46. Kiinteistokohtaisen lämmityksen päästöjen aiheuttama hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 93 µg/m³

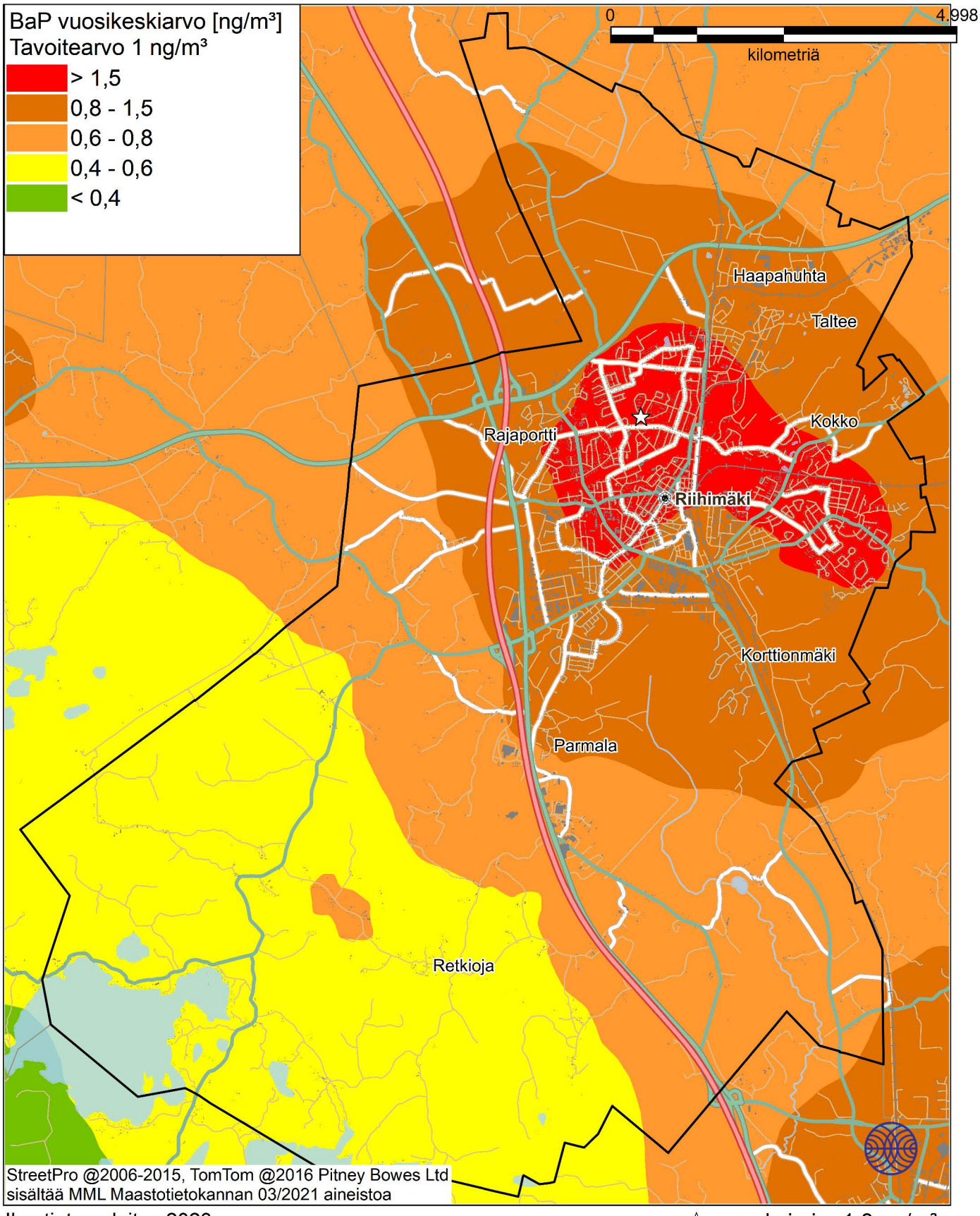
Kuva 47. Kaikkien päästölähteiden ja taustapitoisuuden aiheuttama hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 93 µg/m³

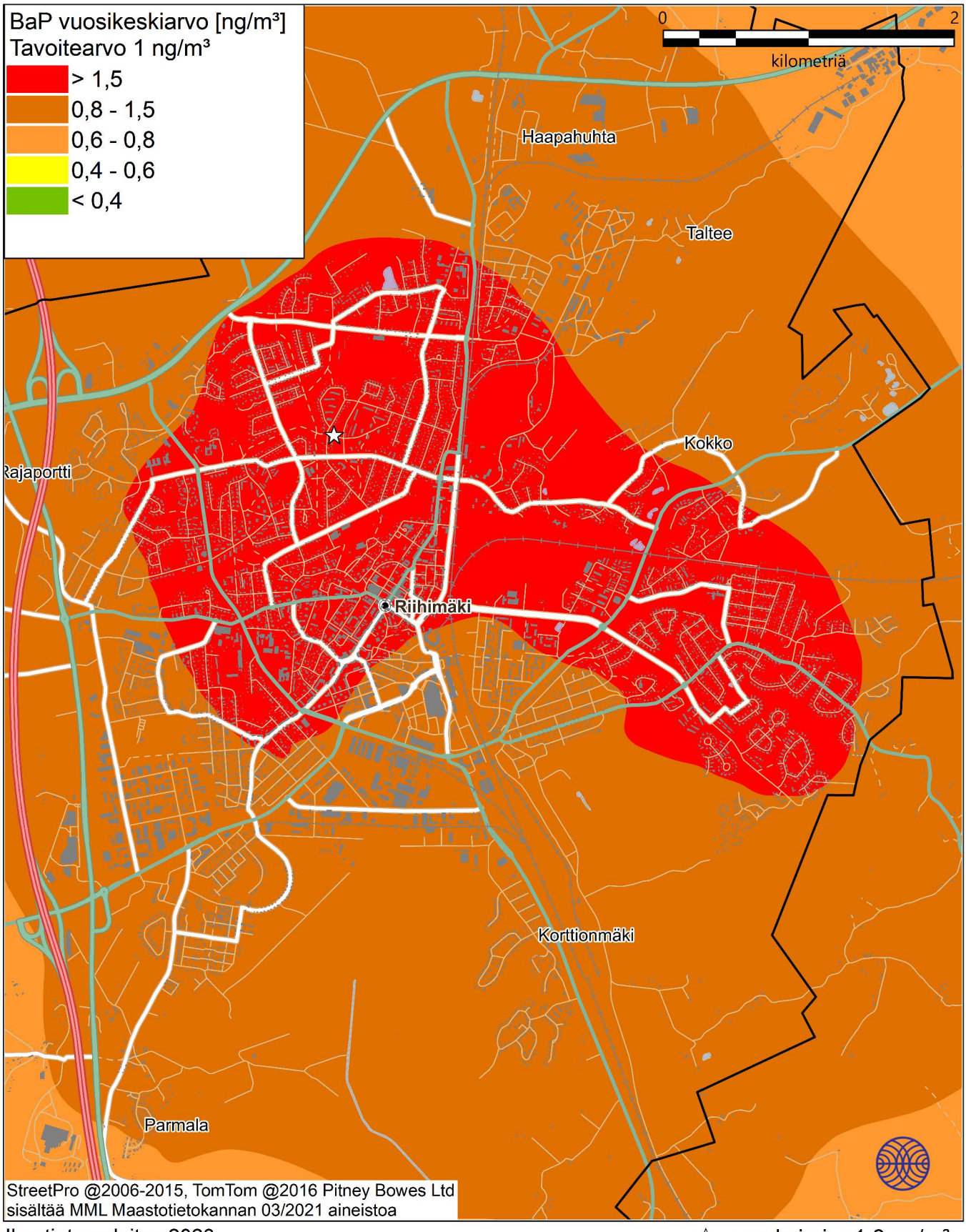
Kuva 48. Kaikkien päästölähteiden ja taustapitoisuuden aiheuttama hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 1,8 ng/m³

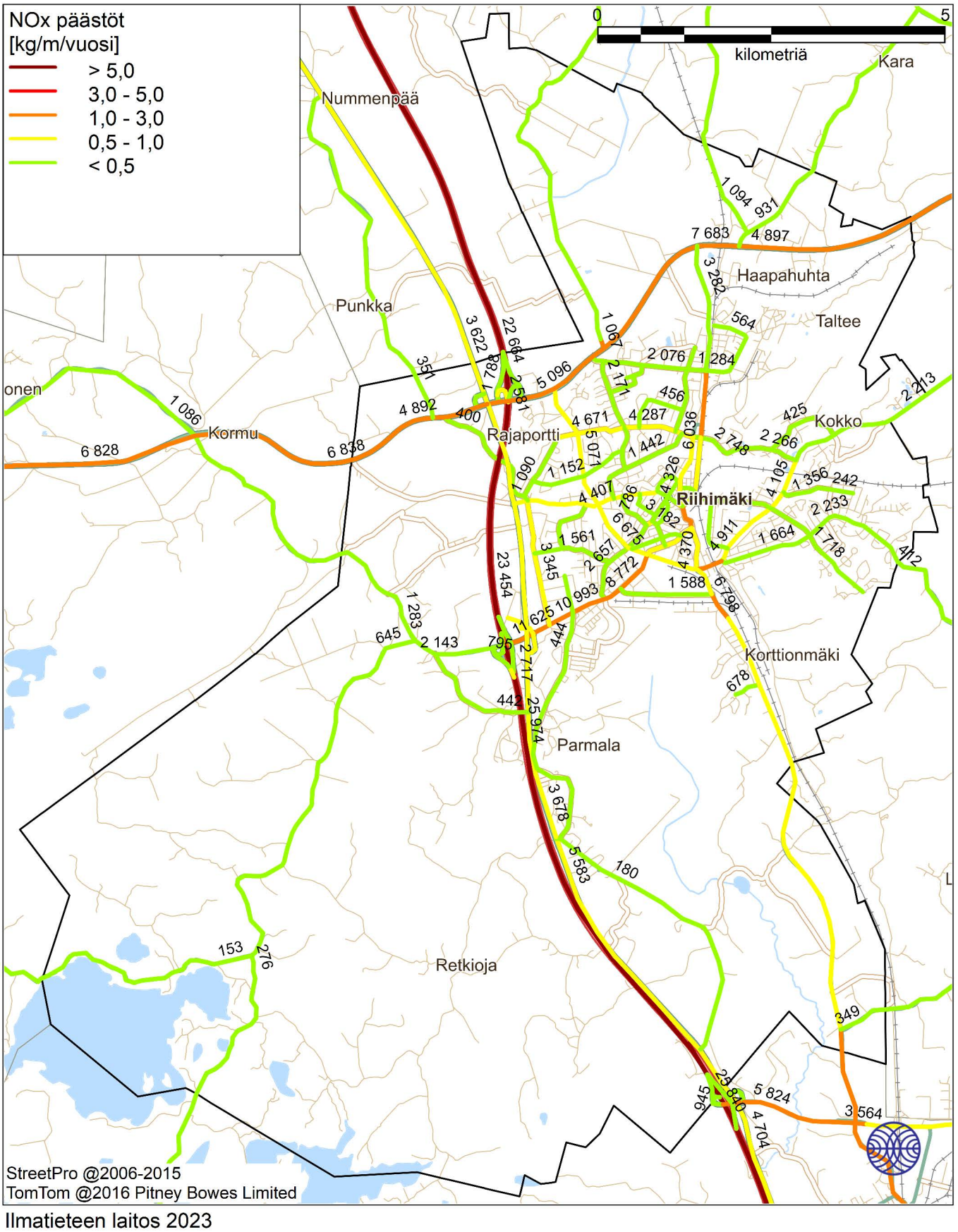
Kuva 49. Kiinteistokohtaisen lämmityksen päästöjen aiheuttama bentso(a)pyreenin tavoitearvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



Ilmatieteen laitos 2023

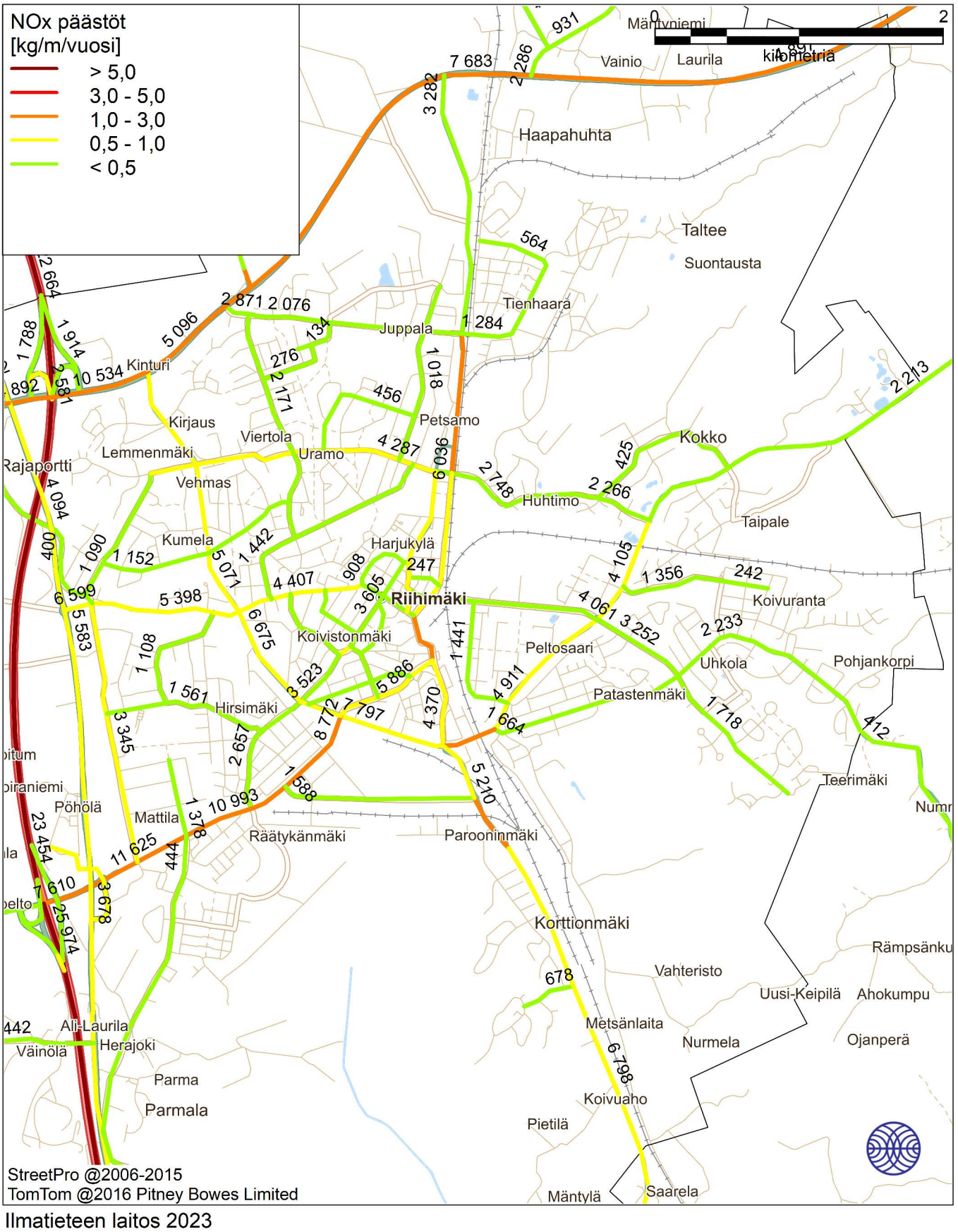
☆ = maksimi = 1,8 ng/m³

Kuva 50. Kiinteistokohtaisen lämmityksen päästöjen aiheuttama bentso(a)pyreenin tavoitearvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



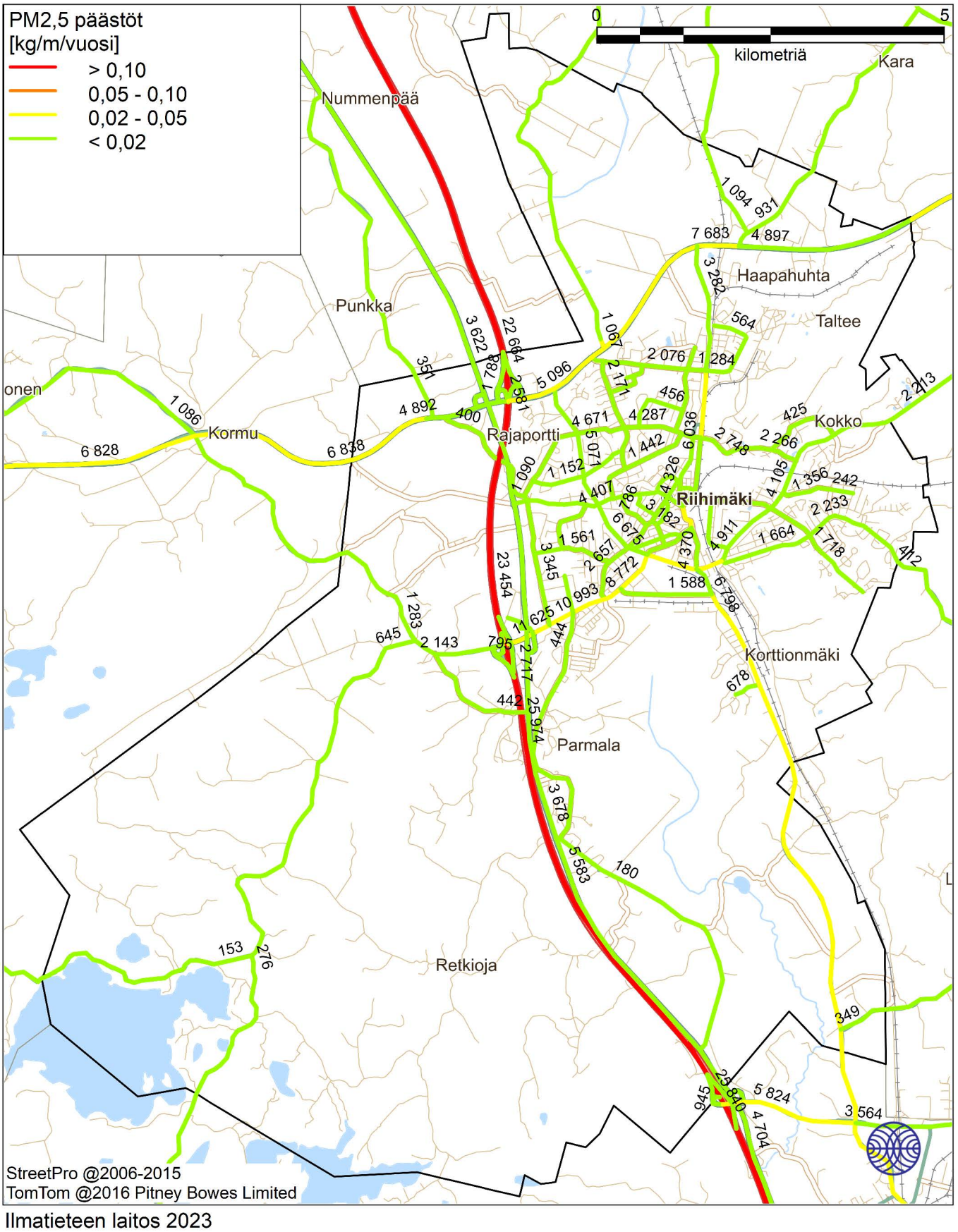
Ilmatieteen laitos 2023

Kuva 51. Autoliikenteen pakokaasujen typenoksidipäästöt [kg/m/vuosi] ja keskimääräinen vuorokausiliikenne (KVL) vuonna 2020.



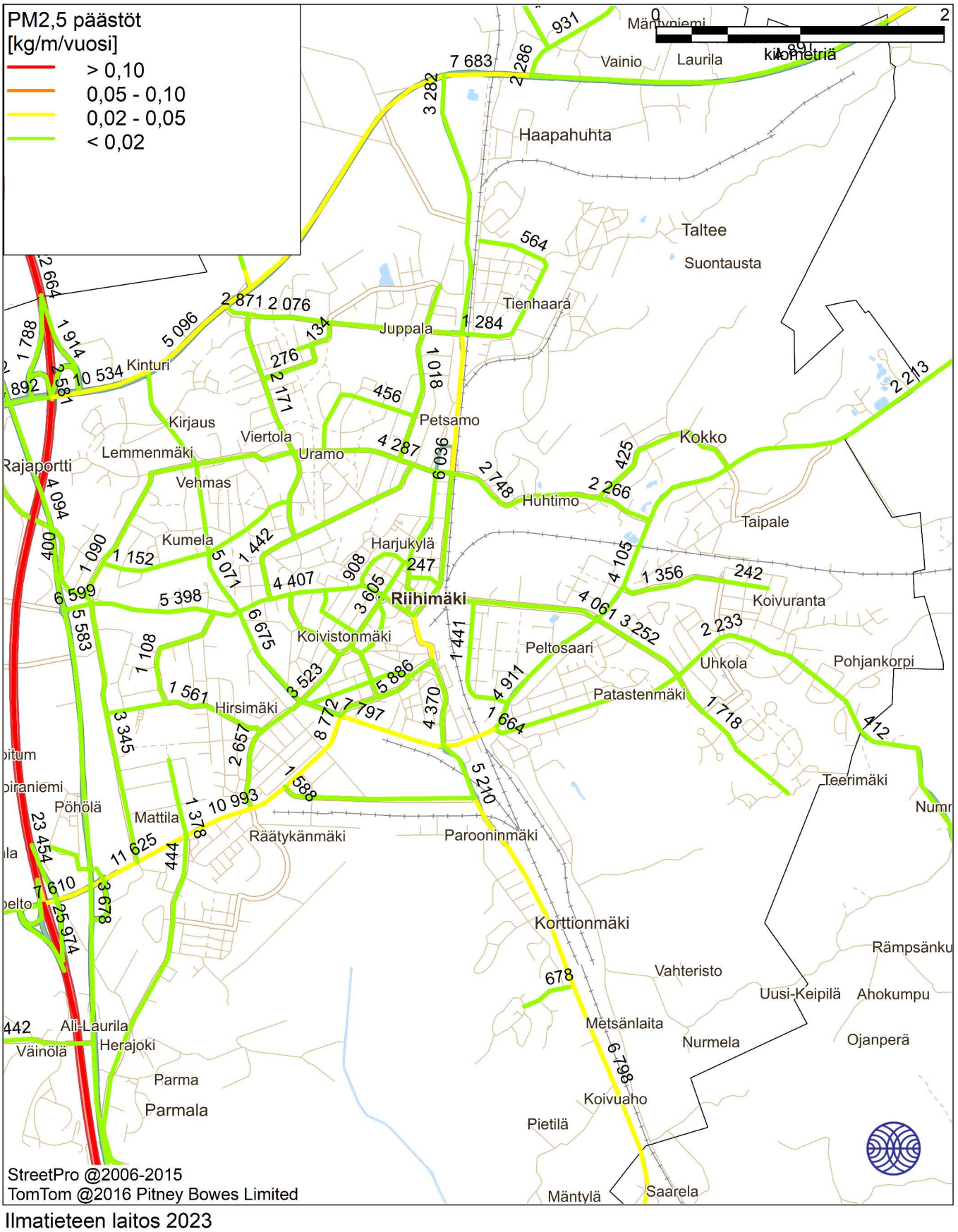
Ilmatieteen laitos 2023

Kuva 52. Autoliikenteen pakokaasujen typenoksidipäästöt [kg/m/vuosi] ja keskimääräinen vuorokausiliikenne (KVL) vuonna 2020.



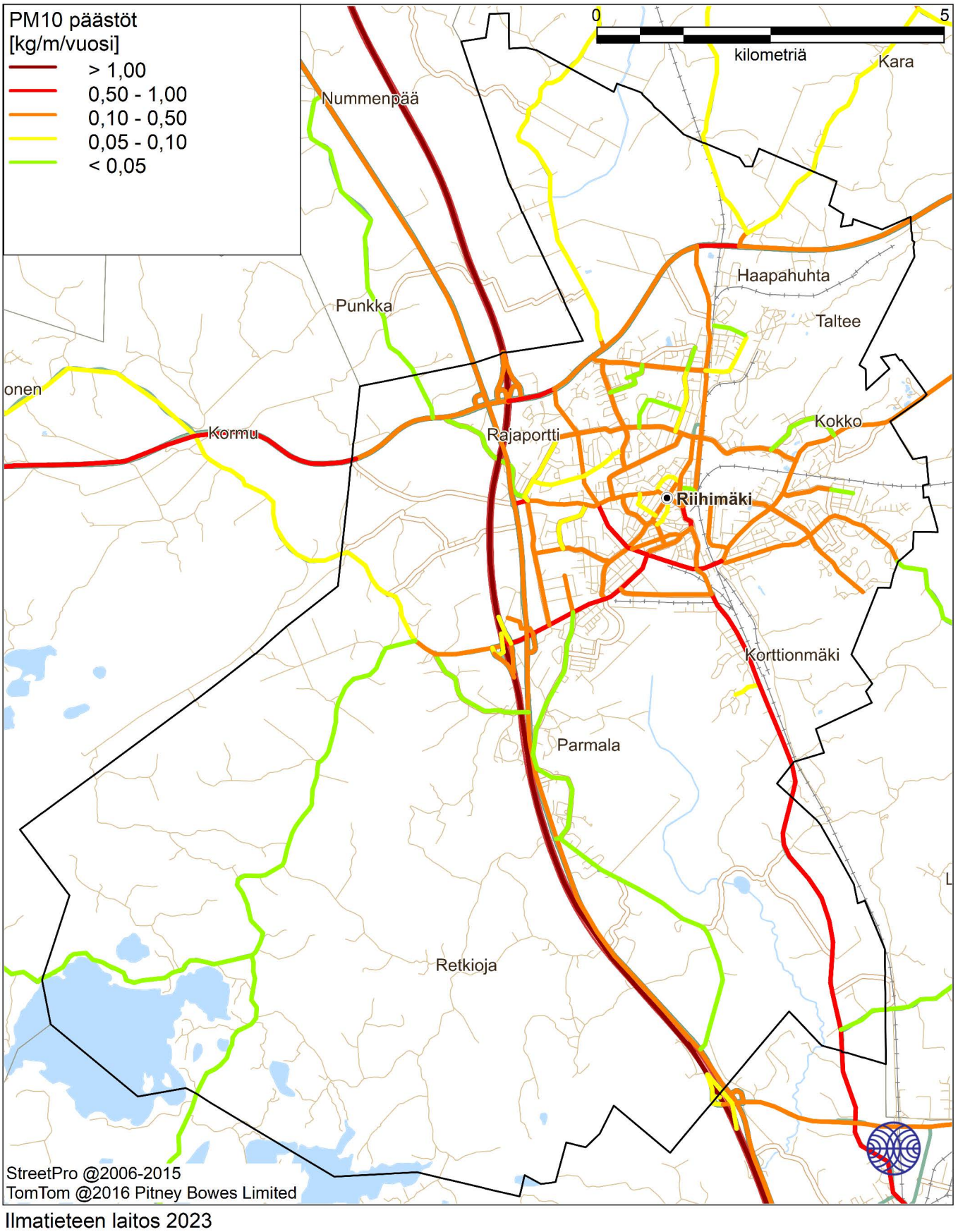
Ilmatieteen laitos 2023

Kuva 53. Autoliikenteen pakokaasujen pienhiukkaspäästöt [kg/m/vuosi] ja keskimääräinen vuorokausiliikenne (KVL) vuonna 2020.



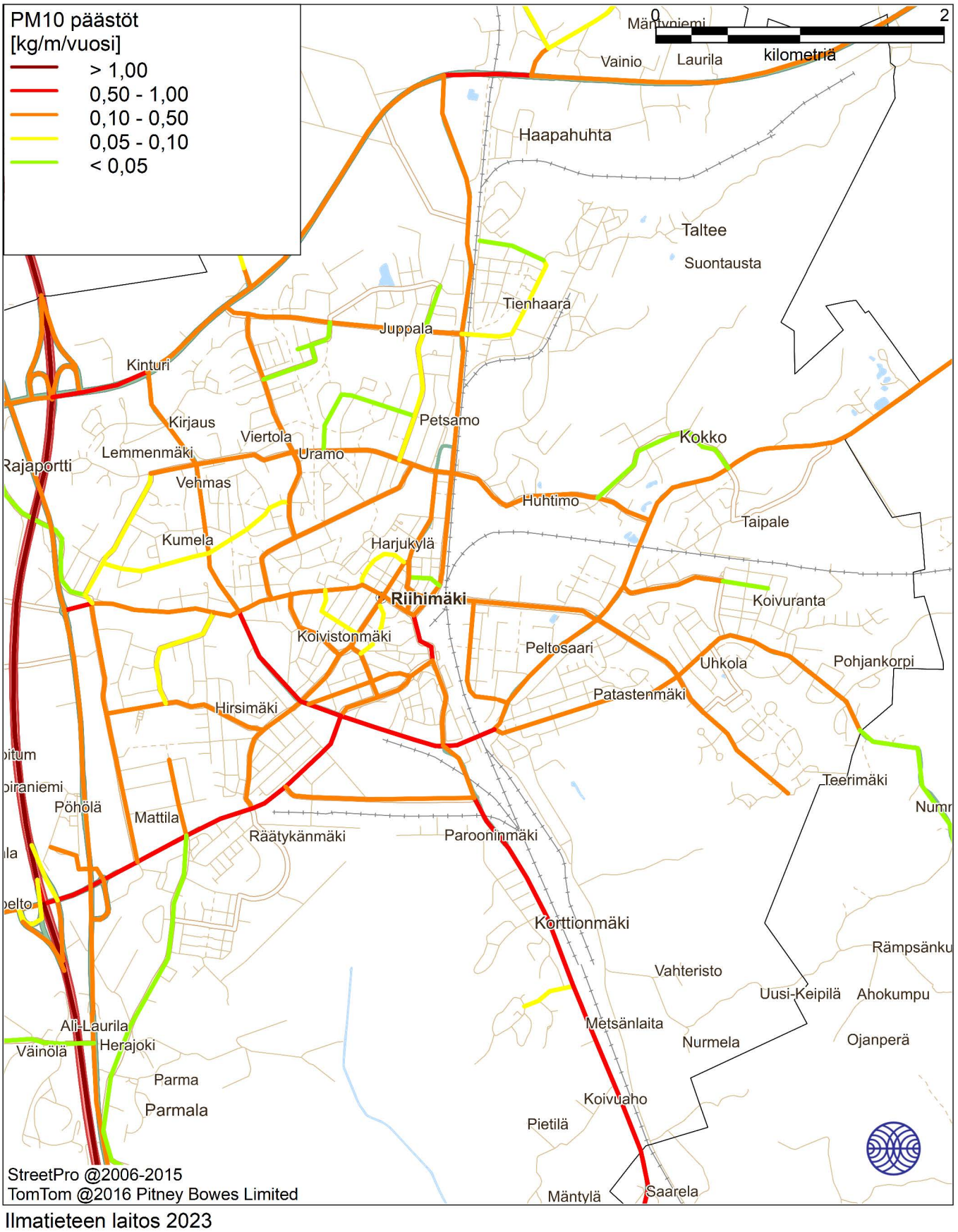
Ilmatieteen laitos 2023

Kuva 54. Autoliikenteen pakokaasujen pienhiukkaspäästöt [kg/m/vuosi] ja keskimääräinen vuorokausiliikenne (KVL) vuonna 2020.



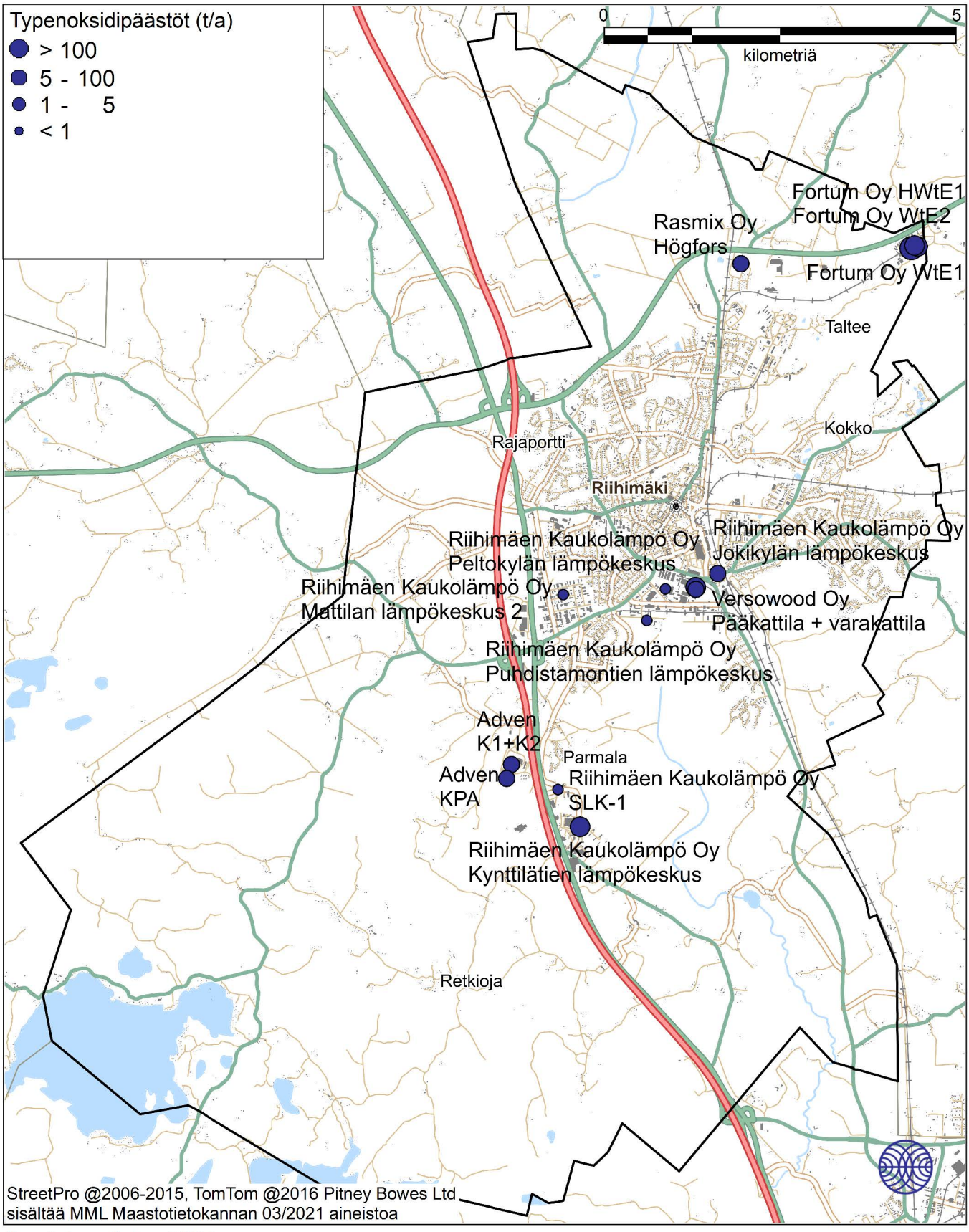
Ilmatieteen laitos 2023

Kuva 55. Autoliikenteen pakokaasujen hengitettävien hiukkasten päästöt [kg/m/vuosi] ja keskimääräinen vuorokausiliikenne (KVL) vuonna 2020.



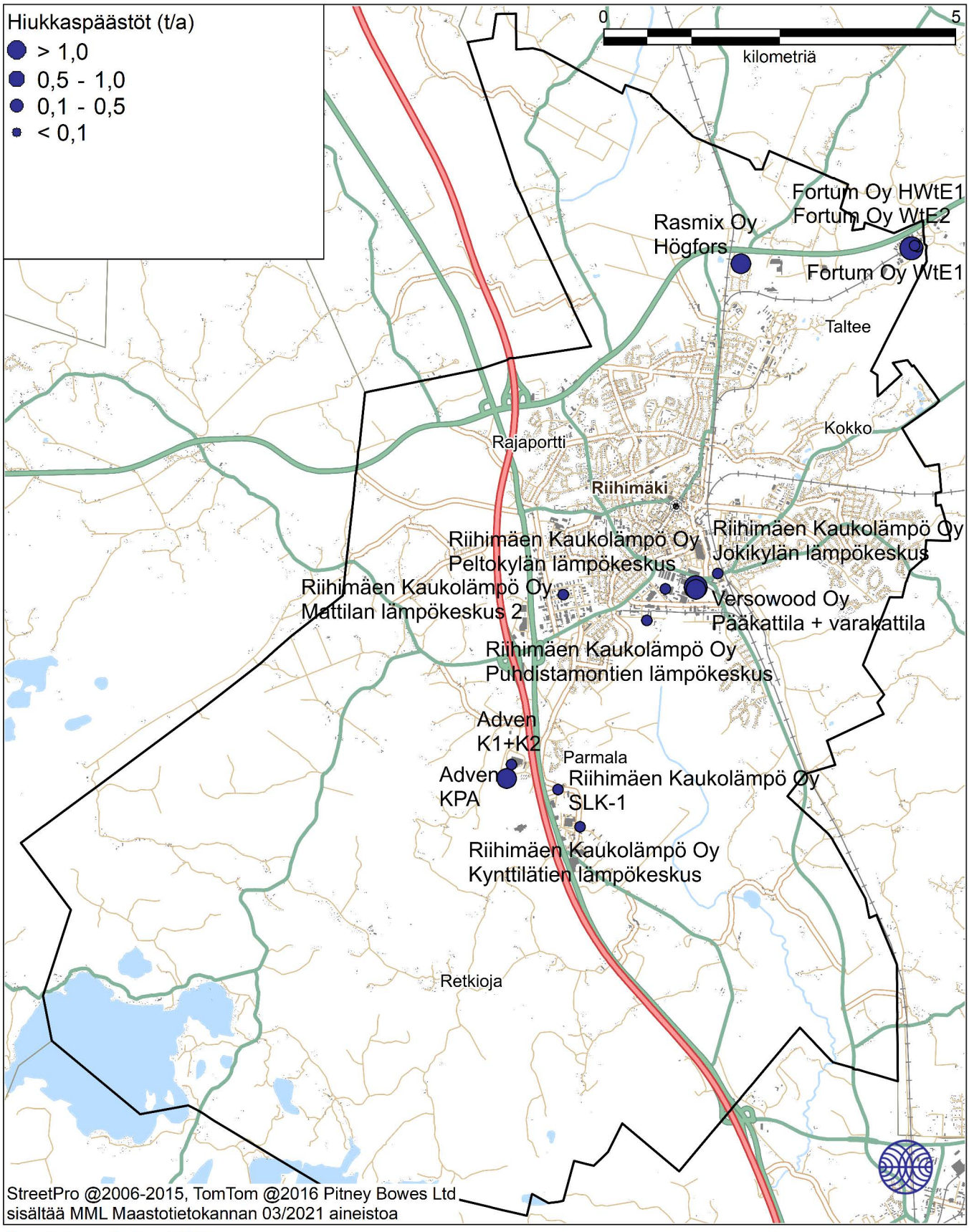
Ilmatieteen laitos 2023

Kuva 56. Autoliikenteen pakokaasujen hengitettävien hiukkasten päästöt [kg/m/vuosi] ja keskimääräinen vuorokausiliikenne (KVL) vuonna 2020.



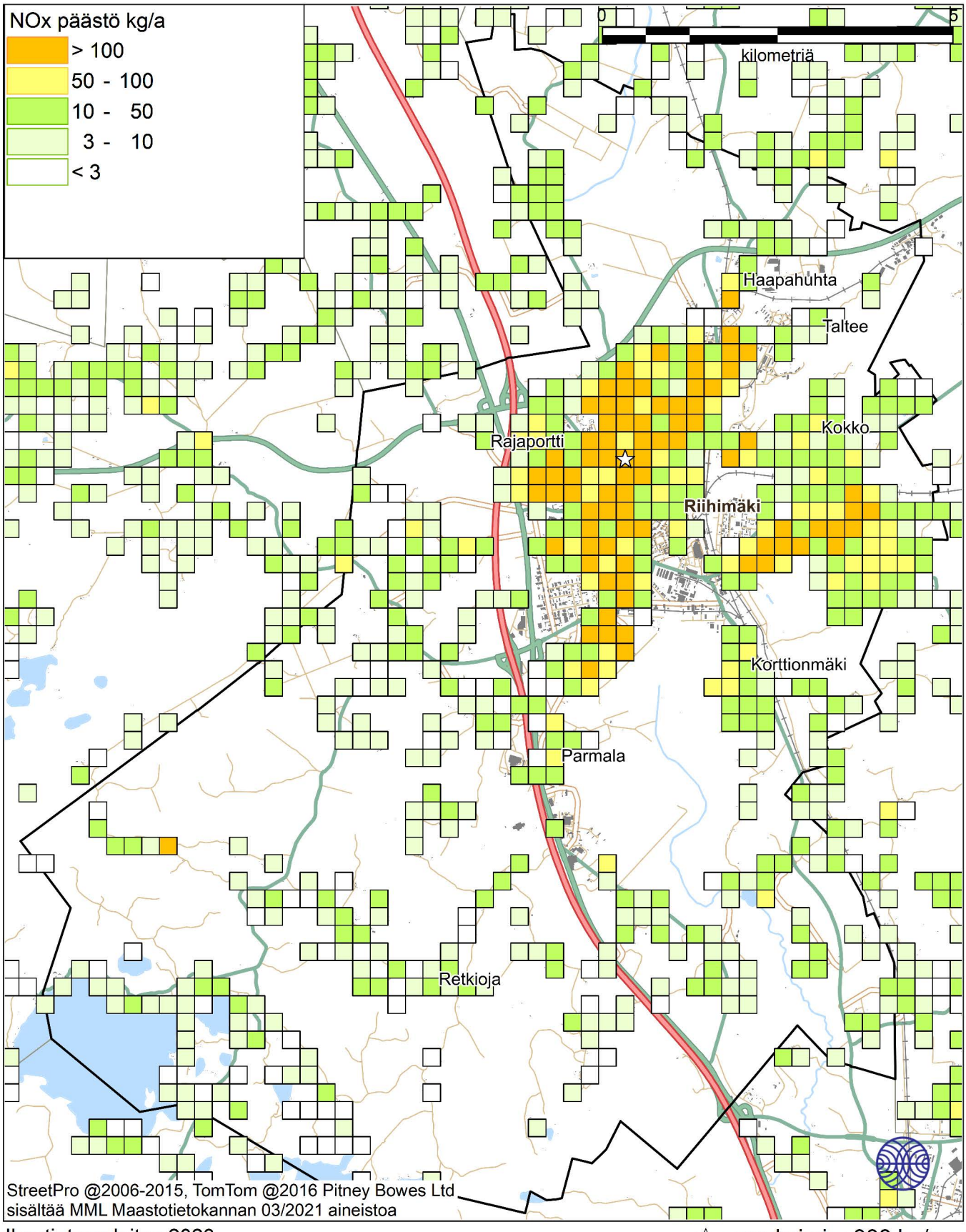
Ilmatieteen laitos 2023

Kuva 57. Energiantuotannon ja teollisuuden typenoksidipäästöt (t/a) vuonna 2021.



Ilmatieteen laitos 2023

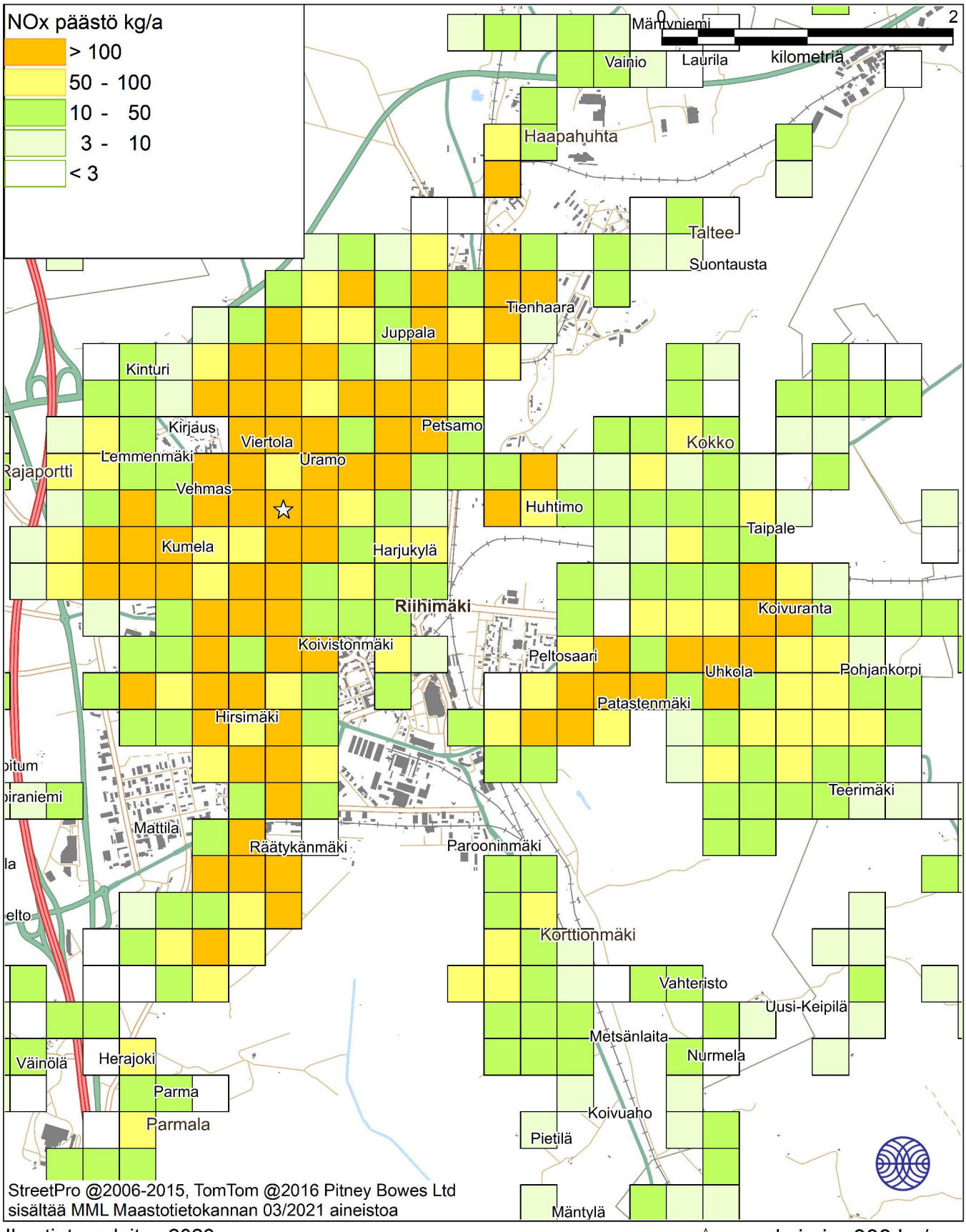
Kuva 58. Energiantuotannon ja teollisuuden hiukkaspäästöt (t/a) vuonna 2021.



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 338 kg/a

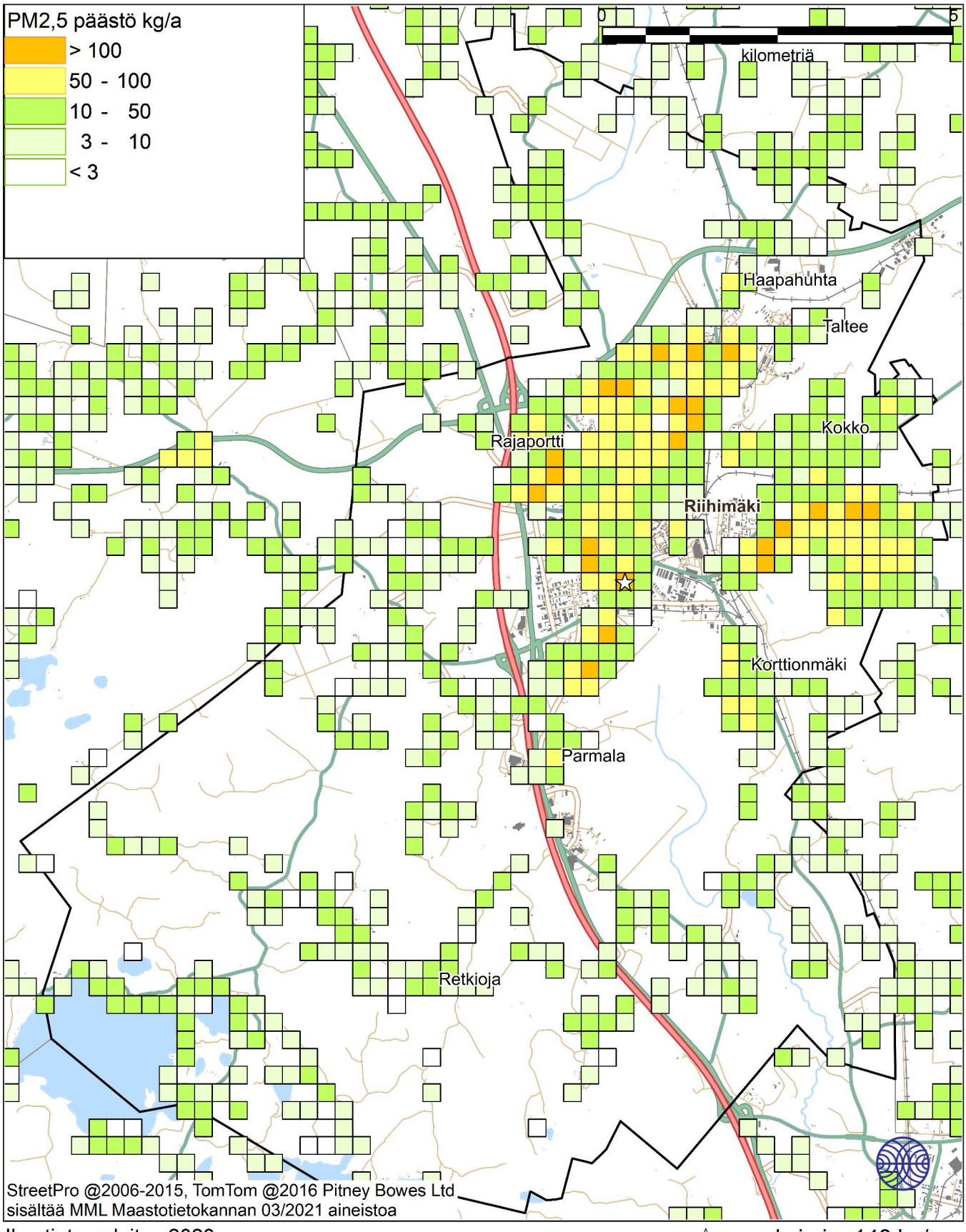
Kuva 59. Kiinteistokohtaisen lämmityksen aiheuttamat typenoksidipäästöt (kg/vuosi).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 338 kg/a

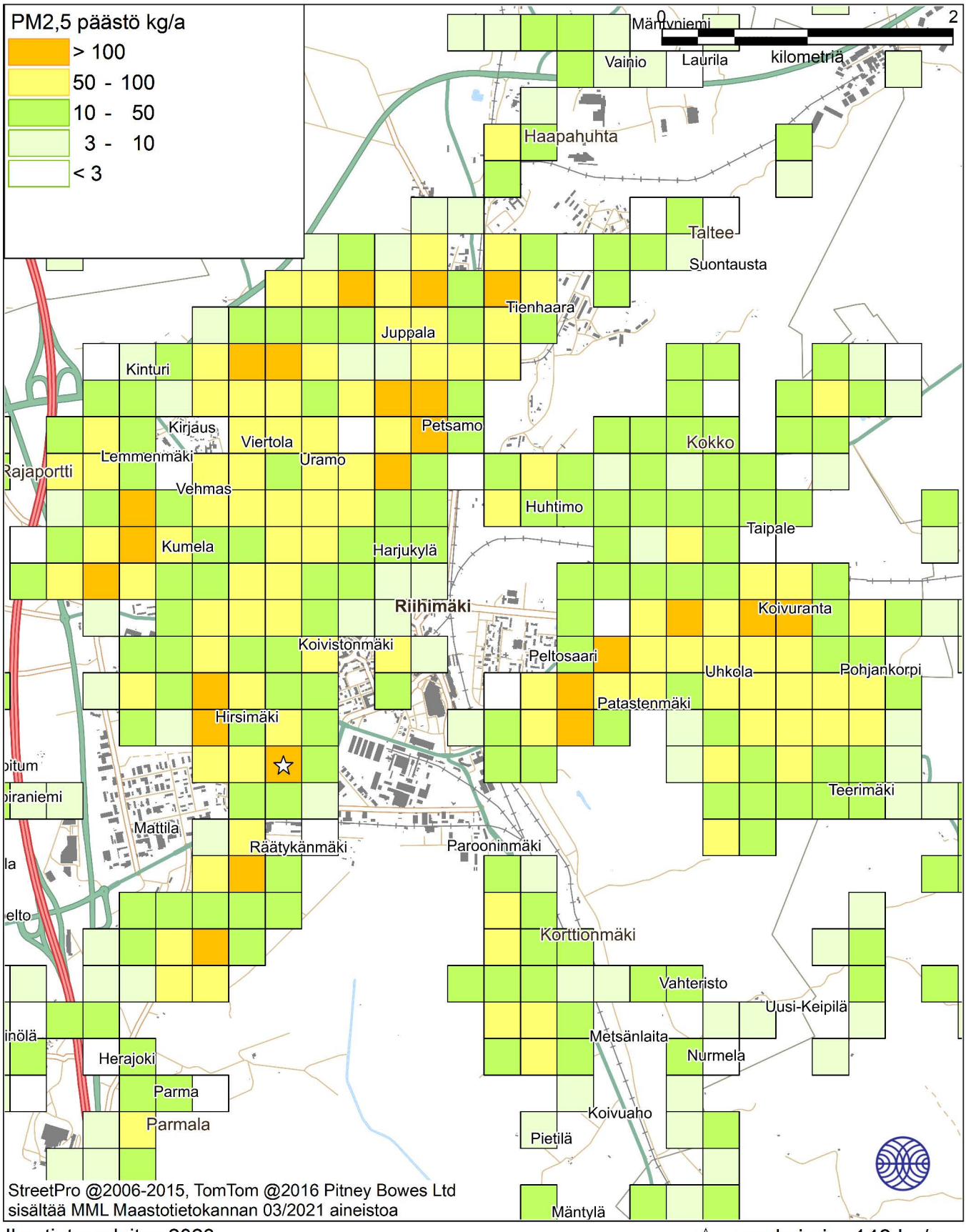
Kuva 60. Kiinteistokohtaisen lämmityksen aiheuttamat typenoksidipäästöt (kg/vuosi).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 148 kg/v

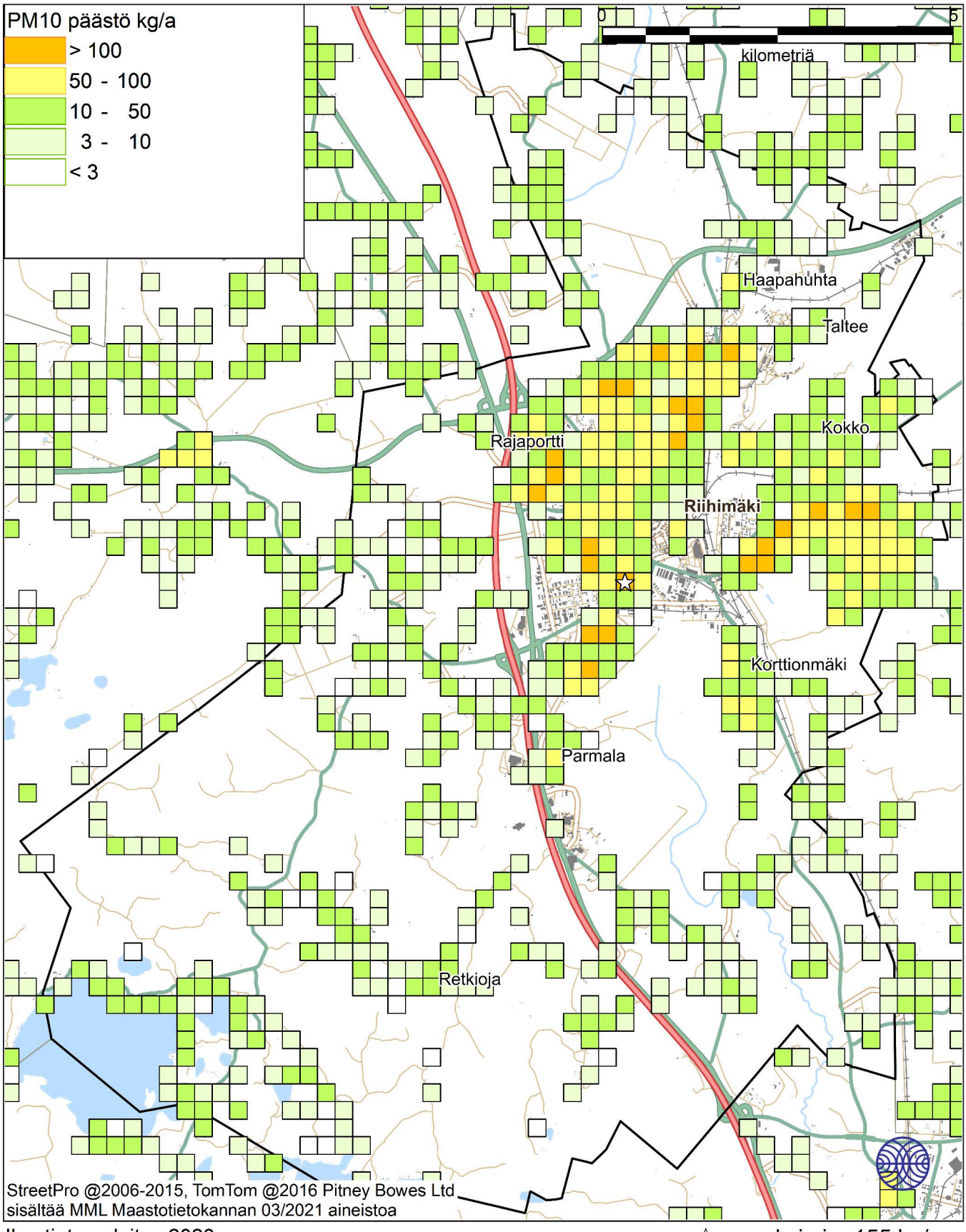
Kuva 61. Kiinteistokohtaisen lämmityksen aiheuttamat pienhiukkaspäästöt (kg/vuosi).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 148 kg/a

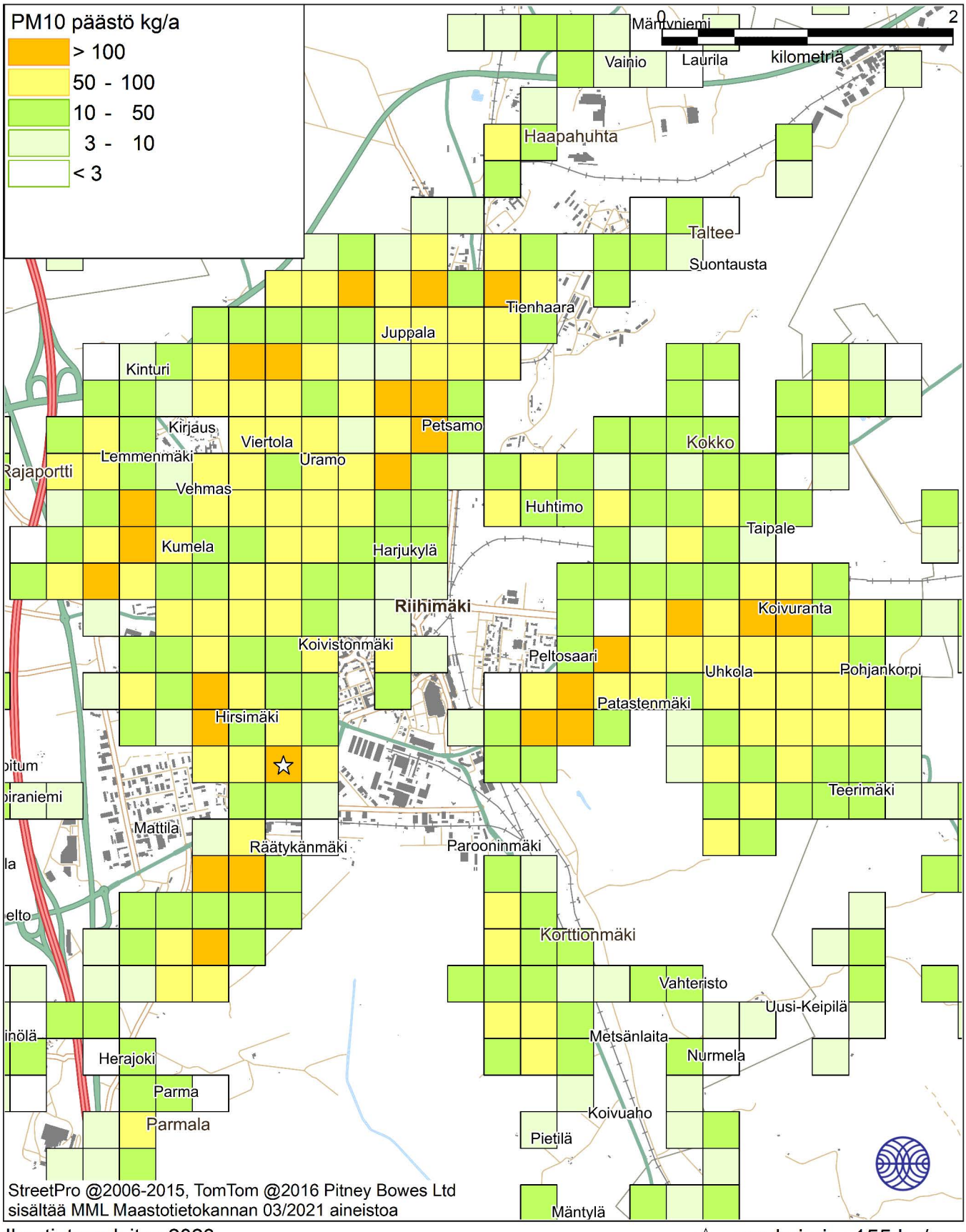
Kuva 62. Kiinteistokohtaisen lämmityksen aiheuttamat pienhiukkaspäästöt (kg/vuosi).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 155 kg/v

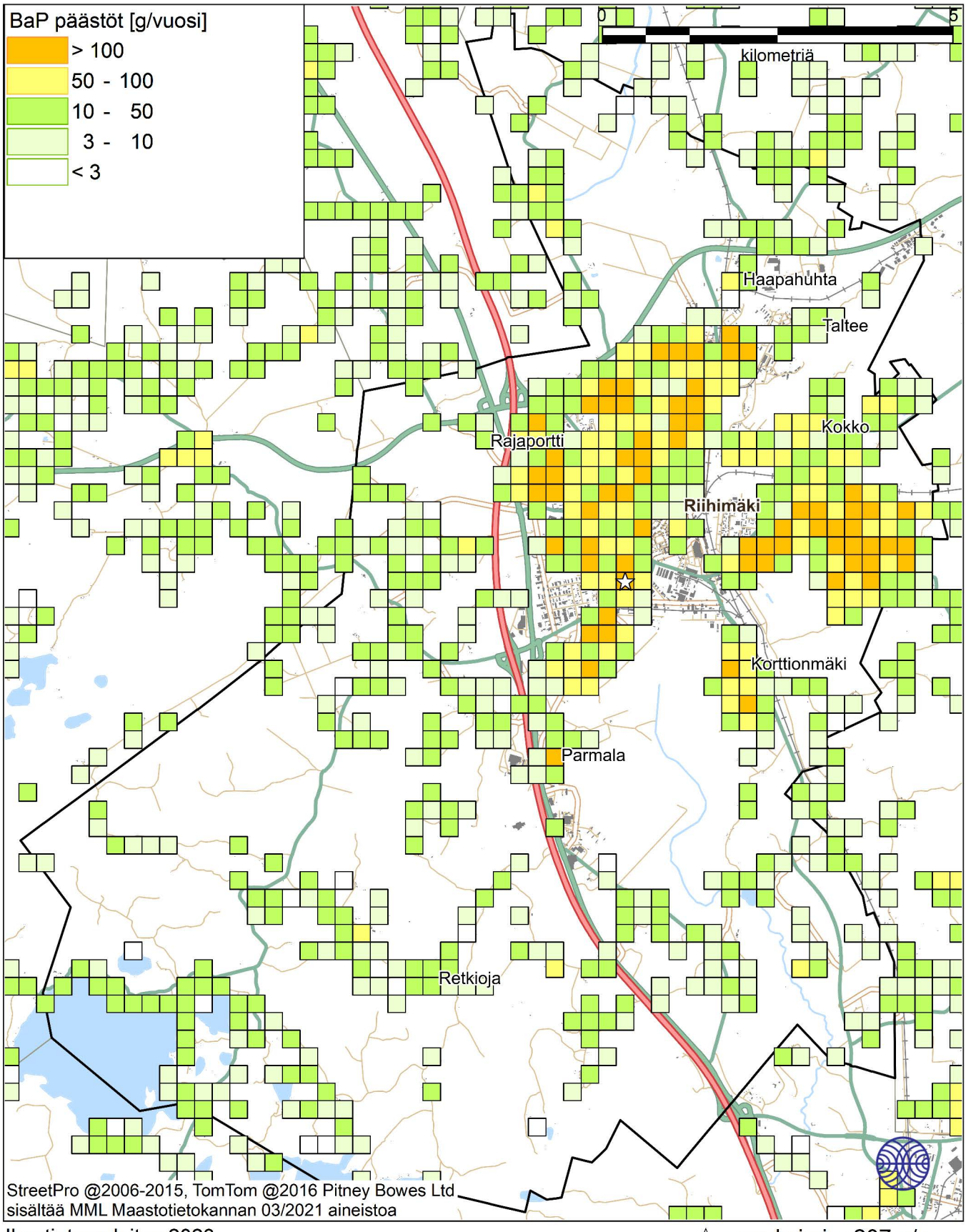
Kuva 63. Kiinteistokohtaisen lämmityksen aiheuttamat hengitettävien hiukkasten päästöt (kg/vuosi).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 155 kg/a

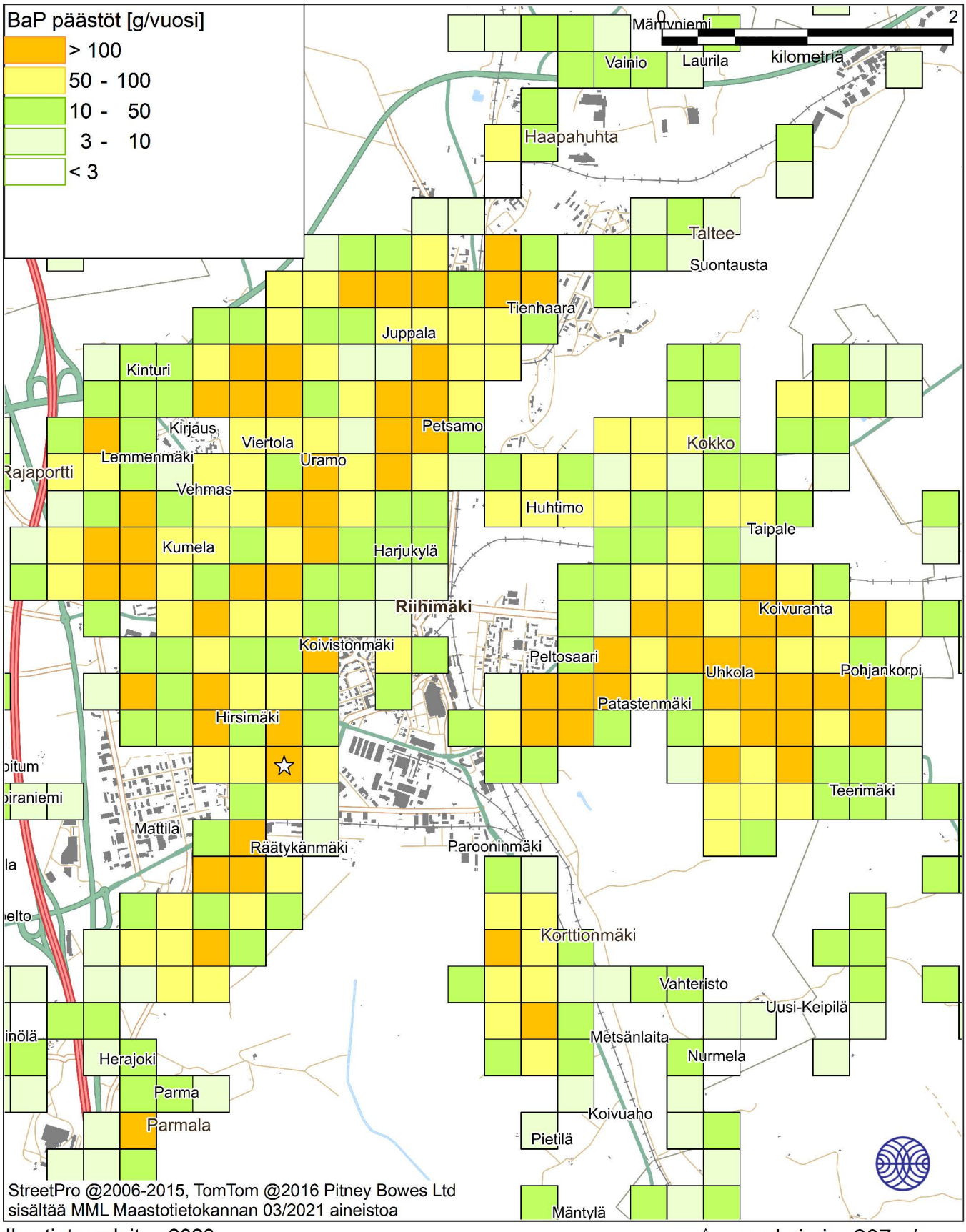
Kuva 64. Kiinteistokohtaisen lämmityksen aiheuttamat hengitettävien hiukkasten päästöt (kg/vuosi).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 207 g/v

Kuva 65. Kiinteistokohtaisen lämmityksen aiheuttamat bentso(a)pyreenipäästöt (g/vuosi).



Ilmatieteen laitos 2023

☆ = maksimi = 207 g/a

Kuva 66. Kiinteistokohtaisen lämmityksen aiheuttamat bentso(a)pyreenipäästöt (g/vuosi).

ILMATIETEEN LAITOS

ILMATIETEEN LAITOS
puh. 029 539 1000

Ilmanlaatu ja energia
ilmanlaatupalvelut@fmi.fi
www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaatupalvelut

WWW.ILMATIETEENLAITOS.FI