

**TAMPEREEN KESKUSTAN LIIKENNEOSAYLEISKAAVAN
ILMANLAATUSELVITYS**

**Harri Pietarila
Katja Puputti
Timo Rasila**

**ILMATIETEEN LAITOS – ILMANLAADUN ASIAANTUNTIJAPALVELUT
Helsinki 29.9.2004**

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	3
2	TUTKIMUSMENETELMÄT	4
2.1	Viivalähdemalli	4
2.2	Typenoksidipäästöjen ilmakemiamalli.....	4
2.3	Meteorologisten tietojen käsittely leviämismalleissa.....	6
3	TUTKIMUKSEN SUORITUS.....	7
3.1	Meteorologiset tiedot	7
3.2	Liikenteen päästötiedot	8
3.3	Lasketut pitoisuudet	10
4	ILMANLAADUN OHJEARVOT JA SUOSITUKSET	12
5	TULOKSET	13
6	TULOSTEN ARVIOINTI.....	16
7	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	18
	VIITELUETTELO.....	22
	LIITEKUVAT	

1 JOHDANTO

Tutkimuksessa selvitettiin Tampereen keskustan ilmanlaatua alueen liikenneosayleiskaavan laatimista varten. Tutkimuksessa määritettiin leviämislaskelmilla Tampereen keskustan typpidioksidipitoisuuksia kaavaehdotuksen ja perusennusteen mukaisissa liikennejärjestelmissä vuonna 2020. Lisäksi vuoden 2020 ennusteita verrattiin Tampereen seudun ilmanlaatatutkimuksessa aiemmin arvioituun nykytilannetta edustavaan vuoden 2000 tilanteeseen. Leviämislaskelmissa tarkasteltiin Tampereen keskustan kaava-alueen ja sen lähialueen autoliikenteen typenoksidipäästöjä. Autoliikenteen päästöjen leviämismallilaskelmat tehtiin vuodelle 2020 arvioituilla liikennetiedoilla, ajoneuvojakaumilla ja autojen ominaispäästökertoimilla. Tampereen kaupunki tilasi selvityksen Ilmatieteen laitokselta ja selvityksen tilaaja yhdessä Tampereen teknillisen yliopiston kanssa toimittivat leviämisselvityksessä tarvittavia lähtötietoja.

Päästöjen leviämislaskelmiin käytettiin Ilmatieteen laitoksella kehitettyä matemaattis-fysikaalisia tietokonemallia, viivalähdemallia, joka kuvaa kaupunkialueen liikenteen ilman epäpuhtauspäästöjen leviämistä. Typpidioksidipitoisuudet arvioitiin Tampereen keskustan liikenneosayleiskaavan alueelle noin $2,8 \times 5,3$ km:n kokoiselle tulostusalueelle, yhteensä 1588:een tulostuspisteeseen. Pitoisuudet laskettiin maanpintatasoon. Saa- duista tuntipitoisuuksien aikasarjoista muodostettiin kuhunkin tulostuspisteeseen tilastollisten määrittelyjen mukaiset korkeimmat vuosi-, vuorokausi- ja tuntikeskiarvot, joita on verrattu kotimaisiin ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin.

Mallilaskelmien meteorologisina tietoina käytettiin Tampereen seudun ilmastollisia olosuhteita edustavaa vuoden 2000 havainnoista muodostettua neljän sääaseman etäisyyspainotettua yhdistelmäaineistoa. Päästöjen leviämistä, pitoisuuksien muodostumista ja hajujen esiintymistä tarkasteltiin kaikissa em. kolmivuotisjakson aikana esiintyneissä tunneittaisissa meteorologisissa tilanteissa. Myös typen oksidien ilmakemiallinen muuttunta päästöjen kulkeutumisen aikana otettiin huomioon laskelmissa.

2 TUTKIMUSMENETELMÄT

2.1 Viivalähdemalli

Autoliikenteen päästöjen aiheuttamat typpidioksidipitoisuudet arvioitiin Ilmatieteen laitoksen viivalähdemallilla. Viivalähdemallilla laskettiin typpidioksidin ja typenoksidipitoisuudet haluttuihin pisteisiin eri etäisyyksille liikenneväylästä. Ilmatieteen laitoksella kehitetty viivalähdemalli perustuu leviämisen osalta analyttiseen ratkaisuun (*LUHAR & PATIL, 1989*) ja päästöjen kemiallisen muutunnan osalta ns. 'discrete parcel'-menetelmään (*BENSON, 1984*), joka on samanlainen kuin amerikkalaisessa CALINE-mallissa.

Viivalähdemallissa käytetään meteorologisena perusaineistona 1–3 vuoden pituista parametrien tunneittaisten arvojen aikasarjaa, joka sisältää tiedot tuulen suunnista ja nopeuksista sekä ilmakehän stabiiliudesta laskenta-alueella. Päästötietojen aikasarjassa huomioidaan mm. tarkasteltavien viivalähteiden sijainti, päästökorkeus sekä päästömäärät ja niiden ajallinen vaihtelu. Laskenta etenee tunnin aika-askeleella kunnes koko meteorologisten tietojen aikasarja ja päästötietojen aikasarja on käyty läpi. Viivalähdemallin laskentatuloksina saatavia pitoisuuden tuntikeskiarvoja analysoidaan tilastollisesti niin, että laskentapisteesiin voidaan tuottaa mm. kotimaisten ilmanlaadun ohjearvojen ja raja-arvojen määrittelyjen mukaiset tilastoarvot eri epäpuhtauskomponenteille. Laskennallisista tunnusluvuista voidaan arvioida yksittäisen viivalähteen vaikutus lähialueen pitoisuuksiin tai kaikkien tutkimusalueen viivalähteiden päästöjen kokonaisvaikutus komponenteittain. Viivalähdemallilla tehtävät sovellutukset voidaan yhdistää Ilmatieteen laitoksen kaupunkimalliin. Kaupunkimallilla saadaan laskettua tarvittavat taustapitoisuudet viivalähdemallin sovellutuskohteisiin.

2.2 Typenoksidipäästöjen ilmakemiamalli

Polttoaineiden palamisessa muodostuvat kiinteiden lähteiden ja liikenteen typenoksidipäästöt ovat pääasiassa typpimonoksidia (NO), kun taas typpidioksidia (NO₂), joka on mm. terveysvaikutuksiltaan haitallisempaa, on päästöistä ainoastaan pieni osa. Oksidit hapettuvat ilmassa kaasufaasireaktioissa hapen, otsonin, hydroksyyli-radikaalin ja orgaanisten peroksidiradikaalien toimiessa hapettimina. Reaktionopeudet riippuvat muun

muassa 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 leviämismallilaskelmilla voitaisiin kuvata erilaisten hapettuneiden typen yhdisteiden pitoisuuksia ulkoilmassa, on mallisovellutuksissa otettava huomioon ilmakehässä tapahtuvat kemialliset reaktiot. Liikenteen päästöjen leviämistä kuvaavan viivalähdemalliin on kehitetty Ilmatieteen laitoksella typen oksidien muutuntaa arvioiva malli, jolla voidaan huomioida erilaisten taustapitoisuuksien ilmakemiallinen vaikutus kunkin viivalähteen päästöön seuraavasti:

- 1) Alueellinen tausta arvioidaan Ilmatieteen laitoksen perustason seuranta-asemien tai vastaavien tausta-asemien mittaustuloksista, joista määritetään kullekin kuukaudelle vuorokauden sisäistä vaihtelua kuvaavat typpidioksidi- ja otsonipitoisuuksien keskimääräiset tuntikeskiarvojen jakaumat.
- 2) Kaupunkimallilla määritetään laskennassa tarkasteltavalle yksittäiselle viivalähteelle piste- ja pintalähteiden aiheuttama typen oksidien taustapitoisuus. Tämä jaetaan typpidioksidi- ja typpimonoksidipitoisuuksiksi ns. steady-state-approksimaatiolla, jossa huomioidaan auringon säteilyn, lämpötilan ja otsonipitoisuuden vaikutus.
- 3) Muiden viivalähteiden aiheuttamat typpidioksidi- ja typpimonoksidipitoisuudet otetaan huomioon 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 kulumisen typen oksidien ilmakemiallisissa reaktioissa huomioidaan, toisin sanoen alueellisen otsonitaustan ei oleteta olevan muutunnassa ehtymätön otsonilähde.

2.3 Meteorologisten tietojen käsittely leviämismalleissa

Ilman epäpuhtauksien leviäminen tapahtuu pääosin ilmakehän alimmassa osassa, jota kutsutaan rajakerrokseksi. Rajakerroksen korkeus on Suomessa tyypillisesti alle kilometri, mutta varsinkin kesällä se voi nousta yli kahteen kilometriin. Rajakerroksen tuuliolosuhteet määräävät karkeasti ilman epäpuhtauksien kulkeutumissuunnan, mutta rajakerroksen ilmavirtausten pyörteisyys ja kerroksen korkeus vaikuttavat merkittävästi epäpuhtauksien sekoittumiseen ja pitoisuuksien laimenemiseen kulkeutumisen aikana. Leviämisen kannalta keskeisiä meteorologisia muuttujia ovat siis tuulen suunta ja nopeus, ilmakehän stabiilisuutta kuvaava suure ja sekoituskorkeus.

Tässä leviämisselvityksessä on käytetty Ilmatieteen laitoksen ilmanlaatuosastolla kehitettyä meteorologisten tietojen käsittelymallia, eli ilmakehän rajakerroksen parametrisointimenetelmää (*RANTAKRANS, 1990, KARPPINEN, 2001*). Mallin avulla voidaan normaalien meteorologisten rutiinihavaintojen ja fysiikan perusyhtälöiden avulla arvioida ne rajakerroksen tilaan vaikuttavat muuttujat, joita tarvitaan epäpuhtauksien leviämismallilaskelmissa. Tarvittavat mittaukselliset tiedot saadaan Ilmatieteen laitoksen havaintotietokantaan talletetuista sää-, auringonpaiste- ja radioluotaushavainnoista.

Perinteisissä leviämismallisovellutuksissa on käytetty karkeaa ilmakehän stabiilisuusluokitusta (Pasquill-Turner) ja mallien muuttujille on annettu luokittaiset vakioarvot. Rajakerroksen parametrisoinnin avulla on mahdollista ilmaista leviämismalleissa käytetyt muuttujat jatkuvina rajakerroksen tilan funktioina, joissa voidaan ottaa paremmin huomioon myös päästölähteisiin liittyvä fysiikka. Menetelmässä huomioidaan tutkimusalueen paikalliset tekijät, kuten leviämisalustan rosoisuus ja vuodenaikaiset albedoarvot (maanpinnan kyky heijastaa auringon säteilyä) eri maanpinnan laaduille. Sääasemilta saatavat perushavainnot valitaan tutkimusaluetta lähimpänä olevalta asemalta. Tämän lisäksi tuulen suunta- ja nopeustiedot muodostetaan kahden tai useamman aseman havaintojen etäisyyspainotettuna tilastollisena yhdistelmänä. Luotaushavainnot valitaan lähimmältä luotausasemalta. Lopputuloksena saadaan leviämismalleissa tarvittavien meteorologisten tietojen tunneittaiset aikasarjat.

3 TUTKIMUKSEN SUORITUS

3.1 Meteorologiset tiedot

Leviämislaskelmia varten määritettiin ilmakehän rajakerrosta kuvaavat parametrit, jotka edustavat tutkimusaluetta mahdollisimman hyvin. Tuulitietojen etäisyyspainotettu yhdistelmäaineisto muodostettiin Tampere-Pirkkalan ja Jämsän Kuoreveden lentosääasemien, Jokioisten observatorion sekä Tampereen Siilinkarin sääasemilta saaduista vuoden 2000 havainnoista. Tarvittavat auringonpaistetiedot saatiin Tampere-Pirkkalan säteilymittausaineistosta ja sekoituskorkeuden määrittämiseen käytettiin Jokioisten observatorion radioluotaushavaintoja. Käytetty aineisto oli sama kuin vuonna 2002 valmistuneessa Tampereen seudun typenoksidipäästöjen leviämisselvityksessä (*SALMI et al., 2002*). Typenoksidipäästöjen ilmakemiamallissa käytetyt otsonin ja typen oksidien taustapitoisuudet ja niiden vaihtelu saatiin Ähtärin taustahavaintoaseman vuoden 2000 mittaustuloksista.

Tuulensuuntien- ja nopeuksien suhteellinen jakautuminen vuoden 2000 tuuliaineistossa on esitetty tuuliruuusuna liitekuvassa 1. Prosenttiarvo ympyrän kehällä kuvaa kunkin tuulensuunnan (suuntasektorin) osuutta koko aineistosta. Tehdyn tilastollisen tarkastelun mukaan tutkimusalueella olivat vallitsevia lounais-, etelä- ja kaakkoistuulet, joiden kunkin osuus koko aineistosta oli noin 18 %. Vähiten esiintyi koillistuulia, joiden osuus oli noin 5 % kaikista tuulista. Nopeusjakauma kunkin tuulensuuntasektorin sisällä on esitetty neljänä luokkana (prosenttiasteikot sektoreiden sisällä 10 %:n välein). Tuulten nopeusjakaumassa heikkotuulisimpaan luokkaan (alle 2 m/s) jäävien tuulten osuus oli suuntasektorista riippuen 24–58 % kaikista tuulista. Eniten heikkoja tuulia esiintyi koillisen puoleisilla ja vähiten lounaan puoleisilla tuulilla. Suurimpia tuulennopeuksia (yli 6 m/s) esiintyi hyvin vähän, eli vain 0,5–5 % kaikista suuntasektorin tuulista. Edellä esitetyt tuulen nopeustiedot kuvaavat olosuhteita 10 metrin korkeudella maan pinnasta.

Sekoitusvoimakkuuden ja sekoituskorkeuden kuukausittainen esiintymistaajuus vuonna 2000 on esitetty liitekuvassa 2. Sekoitusvoimakkuudet on luokiteltu karkeasti kolmeen luokkaan: voimakas, kohtalainen ja heikko sekoittuminen. Voimakasta sekoittumista (labiileja tilanteita) esiintyi eniten kesällä, varsinkin elokuussa, jolloin päiväaikaan

maanpinnan lämpeneminen aiheuttaa alimpaan ilmakerrokseen turbulenttista pyörteisyttä. Labiileissa tilanteissa esiintyvät epäpuhtauspitoisuudet ovat pääsääntöisesti pieniä, mutta pitoisuudet voivat lyhytaikaisesti kohota myös korkeiden päästökohteiden lähellä. Käytetyssä aineistossa näiden labiilien tilanteiden suhteellinen osuus on kesällä noin 12 %, kun taas talvikuukausina niitä esiintyy joko hyvin vähän tai ei lainkaan. Heikkoa sekoittumista (stabiileja tilanteita) esiintyy käytetyssä aineistossa eniten helmikuussa, jolloin niiden suhteellinen osuus oli noin 50 %. Heikoissa sekoittumistilanteissa pitoisuudet voivat kohota voimakkaasti varsinkin matalalta lähtevien päästöjen vaikutuksesta.

Sekoituskerroksen korkeus määrää pystysuunnassa päästöjen laimenemistilavuuden ylärajan. Kun sekoituskerroksen korkeus on pieni, pitoisuudet voivat kohota voimakkaasti matalien lähteiden päästöjen vaikutuksesta. Piippujen savuviuhkat voivat heijastua myös sekoituskerroksen ylärajalta (yläinversion tapauksessa) ja tästä voi aiheutua korkeita pitoisuuksia joillekin tietyille etäisyyksille piipuista. Matalia, alle 100 metrin ja 100–200 metrin sekoituskerroksia esiintyi tutkimuksessa käytetyssä meteorologisessa aineistossa runsaasti etenkin maaliskuussa, elokuussa ja syyskuussa (liitekuva 2), jolloin oli runsaasti heikokuulisia ja selkeitä öitä. Yli 500 metrin sekoituskerroksen ei vaikuta enää merkittävästi pitoisuuksien kohoamiseen lähileviämisen mittakaavassa. Talvella sekoituskerroksen yläraja yletti melko harvoin yli 500 metriin.

3.2 Liikenteen päästötiedot

Autoliikenteen päästöt arvioitiin leviämismallilaskelmia varten viivalähteinä. Liikenteen päästöt laskettiin käyttämällä hyväksi tieosakohtaisia ajosuoritteita sekä Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen (VTT) Suomen tieliikenteen pakokaasupäästöjen laskentajärjestelmän (LIISA) mukaisia vuodelle 2020 arvioituja päästökertoimia ja ajoneuvojakautumia.

Liikenteen päästöjen laskennassa käytetyt menetelmät olivat pääosin samoja kuin vuonna 2002 valmistuneessa Tampereen seudun typenoksidipäästöjen leviämisselvityksessä (SALMI *et al.*, 2002). Tampereen teknillinen korkeakoulu toimitti tätä tutkimusta varten Tampereen teiden ja katuojen liikennemäärätiedot perusennusteelle ja keskustan liikenneosayleiskaavaehdotukselle. Mallilaskelmissa otettiin huomioon tässä selvityksessä

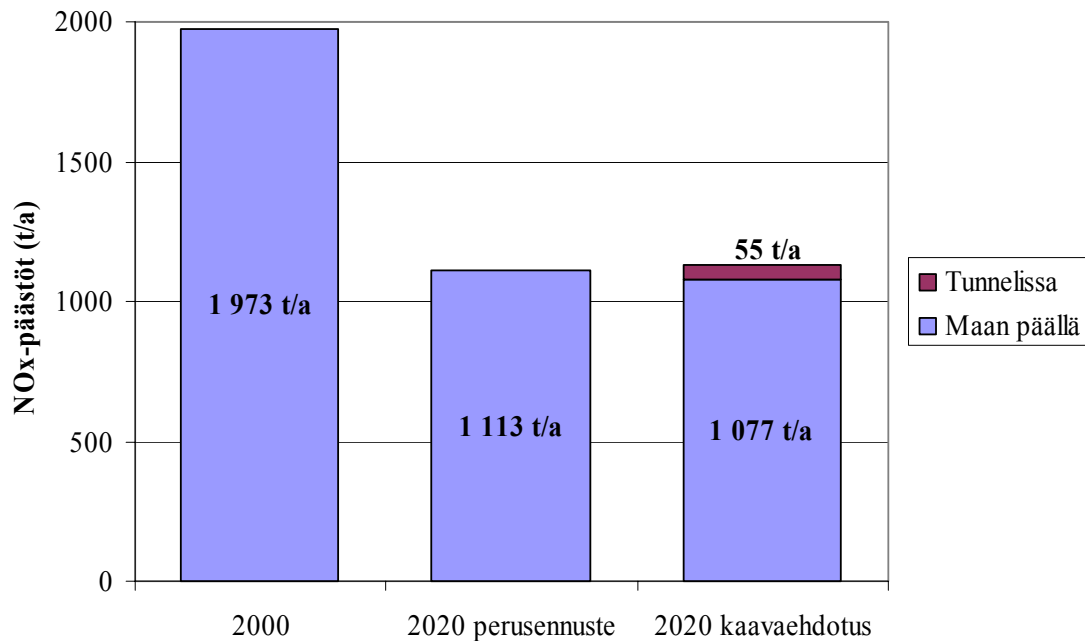
kaava-alueella ja sen lähiympäristössä (noin 3 km:n etäisyydellä kaava-alueelta) sijaitsevat tiet ja kadut. Kaavaehdotuksessa on oletettu, että Tampellan pitkäkatu ja Ratapihankadun ja Tampellan puistokadun välinen tunneli on käytössä. Tunneleissa vapautuvat pakokaasupäästöt vapautuvat ulkoilmaan suunnitelmien mukaan suuaukkojen kautta. Mallilaskelmissa ei otettu huomioon suuaukkojen kautta vapautuvia tunnelien päästöjä.

Leviämislaskelmissa huomioidun tiestön typenoksidipäästöt kuvattiin kaikkiaan yhteensä noin 4200 viivalähteenä. Tieosakohtaisten kokonaisajosuoritteiden lisäksi käytettävissä olivat tiedot myös mm. tienosien alku- ja loppukoordinaateista, pituuksista, tietyypeistä, nopeusrajoituksista ja raskaiden ajoneuvojen suoriteosuuksista. Kunkin viivalähteen keskimääräinen päästö laskettiin eri ajoneuvotyyppien nopeusriippuvien päästökertoimien, keskimääräisen vuorokausiliikenteen ja raskaiden ajoneuvojen suoriteosuuden perusteella. Päästölaskennassa käytettiin VTT:n arviota eri ajoneuvotyyppien keskimääräisistä suoriteosuuksista Suomessa vuonna 2020. Lisäksi otettiin huomioon katalysaattoriajoneuvojen yleistymisen myötä lisääntyvä typpidioksidin (NO_2) osuus typenoksidipäästöistä. Etenkin dieselkäyttöisillä katalysaattorilla varustetuilla ajoneuvoilla typpidioksidin osuus typenoksidipäästöistä on nykytiedon mukaan huomattavan suuri. Vuoden 2020 leviämismallilaskelmissa oletettiin autoliikenteen typenoksidipäästöistä olevan keskimäärin 10 % typpidioksidia, kun esim. vuodelle 2000 tehdyissä Tampereen seudun leviämislaskelmissa vastaavana arvona käytettiin 6 %:a.

Viivalähteiden päästöt määritettiin leviämislaskelmia varten suhteessa tienosan todelliseen pituuteen (päästön yksikkö g/s/m). Autoliikenteen viivalähteittäiset päästöt kaava-alueella on esitetty liitteen kuvassa 3 perusennusteelle ja liitteen kuvassa 4 kaavaehdotukselle. Leviämislaskelmia varten autoliikenteen päästöjen tunti-, viikonpäivä- ja kuukausivaihtelut mallinnettiin käyttämällä liikennelaskennoissa saatuja liikennemäärien vaihtelujakaumia. Päästöjen arviointimenetelmä ja liikenteen ajallisen vaihtelun kuvauksessa käytetyt lähtötiedot on kuvattu tarkemmin raportissa *SALMI et al., 2002*.

Kuvassa A esitetään Tampereen liikenteen päästöt vuonna 2000 sekä vuonna 2020 perusennusteessa ja kaavaehdotuksessa. Tampereen liikenteen typenoksidipäästöt olivat vuonna 2000 Tampereen seudun typenoksidipäästöjen leviämisselvityksen (*SALMI et*

al., 2002) mukaan 1973 t/a. Tässä tutkimuksessa arvioitua Tampereen liikenteen päästöt olisivat vuonna 2020 perusennusteen mukaisessa tilanteessa 1113 t/a ja keskustan liikenneosayleiskaavaehdotuksen mukaisessa tilanteessa 1132 t/a. Kaavaehdotuksen tilanteessa autoliikenteen typenoksidipäästöistä vapautuu liikennetunneleissa noin 55 t/a.



Kuva A. Tampereen liikenteen päästöt vuonna 2000 sekä vuonna 2020 perusennusteessa ja keskustan liikenneosayleiskaavaehdotuksessa.

3.3 Lasketut pitoisuudet

Liikenteen päästöjen aiheuttamat typidioksidipitoisuudet laskettiin Tampereen keskustan liikenneosayleiskaavan alueelle noin $2,8 \times 5,3$ km:n kokoiselle tulostusalueelle, yhteensä 1588:een tulostuspisteeseen. Laskentapisteen sijainti oli tiheimmillään 25 m päässä toisistaan. Liikenteen päästöjen leviämislaskelmissa otettiin huomioon teiden ja katujen päästöt noin 3 km:n etäisyydelle kaava-alueelta.

Leviämismalleilla laskettiin kuhunkin tulostuspisteeseen vuoden 2000 tunneittaisia meteorologisia tilanteita vastaavat typidioksidipitoisuuden tuntikeskiarvojen aikasarjat. Pitoisuudet laskettiin maanpintatasoon. Saaduista typidioksidipitoisuuden aikasarjoista

muodostettiin kuhunkin tulostuspisteeseen tilastollisten määrittelyjen mukaiset korkeimmat vuosi-, vuorokausi- ja tuntikeskiarvot, jotka on määritelty seuraavasti:

- korkein vuosikeskiarvo on suurin meteorologisen aineiston pohjana olevan tarkasteluvouden pitoisuuskeskiarvoista
- korkein vuorokausikeskiarvo on suurin koko tarkastellun meteorologisen jakson vuorokausipitoisuuksista
- toiseksi korkein vuorokausikeskiarvo on suurin koko tarkastellun meteorologisen jakson kalenterikuukausien toiseksi korkeimmista vuorokausipitoisuuksista
- korkein tuntikeskiarvo on suurin koko tarkastellun meteorologisen jakson tuntikeskiarvoista
- korkein tuntikeskiarvojen 99 %:n rajapitoisuus on koko tarkastellun meteorologisen jakson suurin kalenterikuukauden 99 %:n rajapitoisuuksista (99 %:n rajapitoisuus on se pitoisuus, jonka vain 1 % tarkastelukuukauden tuntikeskiarvoista ylittää, käytännössä siis yleensä pahimman kuukauden kahdeksanneksi korkein tuntikeskiarvo)
- 19. korkein tuntikeskiarvo on suurin koko tarkastellun meteorologisen jakson vuosittaisista 19. korkeimmista tuntipitoisuuksista

Tulostuspisteisiin lasketut pitoisuuskeskiarvot esitetään aluejakaumakuvina, joissa kullakin alueella tietyn pitoisuuden ylittyminen on todennäköistä pitkän havaintojakson aikana. Tunti- ja vuorokausikeskiarvojen aluejakaumat eivät siis esitä ajallisesti yhteisestä tilannetta, vaan pitoisuuksien suurimmat arvot saattavat esiintyä eri laskentapisteteissä eri ajankohtina. Raportin kuvissa esitetyt typpidioksidipitoisuudet ovat kotimaisiin terveysvaikutusperusteisiin ohje- ja raja-arvoihin verrannollisia. Leviämislaskelmien tuloksina esitetyissä, raportin lopussa olevissa pitoisuuksien aluejakaumakuvissa on tulostusalueen korkeimman pitoisuusarvon sijaintipaikka merkitty keltaisella tähdellä. Kunkin maksimin numeroarvo on luettavissa vasemmalla aluejakaumakuvan alapuolelta. Pitoisuuksien aluejakaumakuvissa on ilmoitettu myös vastaavat Suomessa nykyisin voimassa olevat terveysvaikutusperusteiset ohje- ja raja-arvot.

4 ILMANLAADUN OHJEARVOT JA SUOSITUKSET

Mittauksilla tai leviämismallilaskelmilla saatuja ilman epäpuhtauspitoisuuksia voidaan arvioida vertaamalla niitä ilmanlaadun ohje-, raja- ja suositusarvoihin. Ohjearvot on otettava huomioon suunnittelussa ja niitä sovelletaan mm. alueiden käytön, kaavoituksen, rakentamisen ja liikenteen suunnittelussa ja ympäristölupaharkinnassa. Ohjearvojen soveltamisen avulla pyritään ehkäisemään epäpuhtauksien aiheuttamia terveys- ja luontovaikutuksia.

Taulukossa 1 on esitetty maassamme voimassa olevat typpidioksidipitoisuuksien ohjearvot (*Vnp 480/96*). Ilman typpidioksidipitoisuuden vuorokausikeskiarvo voi ohjearvomäärittelyjen mukaan ylittää yhden kerran kuukaudessa taulukossa 1 esitetyn vuorokausiohjearvon. Ilman typpidioksidipitoisuuden tuntikeskiarvoista voi yksi prosentti kuukauden jaksolla olla suurempia kuin taulukon tuntiohjearvo. Ohjearvomäärittelyjen mukaan ohjearvoihin verrattavat pitoisuudet ilmoitetaan lämpötilassa 20 °C.

Taulukko 1. Suomessa voimassa olevat ulkoilman typpidioksidipitoisuuden ohjearvot (*Vnp 480/96*).

Ilman epäpuhtaus	Ohjearvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tilastollinen määrittely
Typpidioksidi (NO_2)	70 150	kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste

Valtioneuvoston asetuksessa 9.8.2001 (*Vnp 711/2001*) annetut EU:n ilmanlaadun ensimmäisen tytärdirektiivin (*1999/30/EY*) mukaiset typpidioksidia koskevat raja-arvot on esitetty taulukossa 2. Annetuilla raja-arvoilla pyritään välttämään ja ehkäisemään terveydelle haitalliset vaikutukset tai vähentämään niitä. Terveyshaittojen vähentämiseksi ja niiden ehkäisemiseksi annetut raja-arvot ovat voimassa alueilla, joilla asuu ja oleskelee ihmisiä ja joilla ihmiset saattavat altistua ilman epäpuhtauksille. Typpidioksidille on annettu lisäksi varoituskynnys, joka on $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kolmen peräkkäisen tunnin aikana mitattuna. Varoituskynnyksen ylittymisestä on tiedotettava väestölle.

Taulukko 2. Ihmisten terveyden suojelemiseksi annetut ulkoilman typpidioksidipitoisuuksien raja-arvot (*Vnp 711/2001*).

Ilman epäpuhtaus	Keskiarvon laskenta-aika	Raja-arvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Sallitut ylitykset	Ajankohta, jolloin pitoisuuksien viimeistään oltava raja-arvoa pienemmät
Typpidioksidi (NO_2)	tunti vuosi	200 40	18 krt/vuosi –	1.1.2010 1.1.2010

5 TULOKSET

Leviämislaskelmien tuloksena saadut Tampereen keskustan liikenneosayleiskaava-alueen ja sen lähialueen liikenteen vuodelle 2020 arvioitujen perusennusteen ja kaavaehdotuksen mukaisen liikennejärjestelmän päästöjen aiheuttamat suurimmat ulkoilman typpidioksidipitoisuudet tutkimusalueella on esitetty taulukossa 3. Taulukossa 3 esitetään lisäksi vastaavat Tampereen seudun typenoksidipäästöjen leviämisselvityksessä vuodelle 2000 arvioidut tulokset (*SALMI et al., 2002*).

Taulukko 3. Leviämismallilla arvioidut tutkimusalueen suurimmat ulkoilman typpidioksidipitoisuudet vuonna 2000 ja vuonna 2020 perusennusteen ja kaavaehdotuksen mukaisissa tilanteissa.

Pitoisuus	Ohje ^b -/ raja ^a -arvo	NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
		2000	2020 perusennuste	2020 kaavaehdotus
Vuosikeskiarvo	40 ^{a,1}	53	39	37
Korkein vuorokausikeskiarvo	–	105	83	76
Toiseksi korkein vuorokausikeskiarvo	70 ^b	88	73	74
Korkein tuntikeskiarvo	–	273	200	196
Korkein tuntikeskiarvojen 99% rajapitoisuus	150 ^b	163	130	119
19. korkein tuntikeskiarvo	200 ^{a,1}	–	119	113

¹ alitettava viimeistään 1.1.2010

Vuoden 2020 päästötilanteessa kaava-alueen suurimmaksi typpidioksidipitoisuuden ohjearvoon verrannolliseksi vuorokausiarvoksi saatiin perusennusteessa $73 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja kaavaehdotuksessa $74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eli hienokseltaan yli ohjearvon $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vuoden 2000

tilanteessa ohjearvo ylittyisi sen sijaan varsin selvästi vuorokausikeskiarvon maksimin ollessa $88 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Korkeimmaksi ohjearvoon verrannolliseksi tuntikeskiarvoksi saatiin perusennusteessa $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja kaavaehdotuksessa $119 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eli ohjearvo $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ alittuu molemmissa tapauksissa selvästi. Vuonna 2000 myös tuntiohjearvo ylittyi. Suurimmaksi typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvoksi saatiin perusennusteessa $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja kaavaehdotuksessa $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eli molemmissa tapauksissa korkeimmat pitoisuudet ovat miltei raja-arvon $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ suuruisia. Vuonna 2000 vuosiraja-arvo sen sijaan ylittyi korkeimmillaan varsin selvästi (maksimi $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Edellä esitetyt maksimiarvot arvot ovat tutkimusalueen tiettyihin yksittäisiin laskentapisteisiin saatuja, vuoden pituisen tarkastelujakson suurimpia pitoisuusarvoja. On huomattava, että suurimman osan ajasta pitoisuuksien tunti- ja vuorokausiarvot ovat näissäkin laskentapisteissä selvästi pienempiä kuin esitetyt korkeimmat arvot. Suurimmassa osassa tutkimusaluetta pitoisuudet ovat jatkuvasti merkittävästi pienempiä kuin niissä kohteissa, joissa esitetyt maksimiarvot esiintyvät.

Leviämislaskelmin määritetty kaava-alueen ja sen lähialueen liikenteen päästöjen aiheuttama laskennallisten typpidioksidipitoisuuksien alueellinen vaihtelu vuoden 2020 perusennusteen mukaisessa tilanteessa käy ilmi liitekuvista 5–7 ja kaavaehdotuksen mukaisessa tilanteessa liitekuvista 8–10. Suurimmat liikenteen päästöjen aiheuttamat typpidioksidipitoisuudet muodostuivat perusennusteessa Kekkosen tien varteen risteysalueille ja niiden lähistöön sekä Tampereen valtatie ja Hatanpään valtatie risteysalueelle. Kaavaehdotuksen mukaisessa tilanteessa suurimmat pitoisuudet muodostuivat Tampereen valtatie ja Hatanpään valtatie risteysalueen ohella Tampellan tunnelin itäisen suuaukon ympäristöön sekä suuaukosta itään Kekkosen tien ja Hervannan valtaväylän lähistöön.

Typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvo (liitekuvat 5 ja 8) ovat tulosten mukaan sekä perusennusteessa että kaavaehdotuksessa korkeimmillaan pienellä alueella miltei raja-arvon $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ suuruisia. Perusennusteessa korkeimmat pitoisuudet muodostuivat Kekkosen tien risteysalueella ja kaavaehdotuksessa Tunnelin suuaukosta itään olevalle väylälle Hervannan valtaväylän ja Kalevan puistotien risteysalueelle. Molemmissa vaihto-

ehdoissa vilkkaimmin liikennöityjen väylien varsilla typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvot kohosivat yli $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja suurimmillaan risteyksissä yli $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Typpidioksidipitoisuuden korkeimmat vuorokausikeskiarvot ylittävät sekä perusennusteessa että kaavaehdotuksessa tulosten mukaan pienellä alueella vilkkaimmissa risteyksissä ilmanlaadun ohjearvon $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Lähellä ohjearvoja (yli $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$) olevia pitoisuuksia muodostui risteysalueiden lisäksi vilkkaimpien liikenneväylien varsille (liitekuvat 6 ja 9). Perusennusteessa Kekkosen tien varrelle muodostui lähelle ohjearvoa olevia pitoisuuksia, mutta kaavavaihtoehdossa pitoisuudet ovat Kekkosen tien varrella varsin selvästi alle ohjearvon. Kaavaehdotuksessa sen sijaan Tampellan tunnelin itäpäästä lähtevän väylän varrelle muodostuvat pitoisuudet ovat lähellä ohjearvoa. Tuntiohjearvo alittuu varsin selvästi molemmissa vaihtoehdoissa (liitekuvat 7 ja 10).

Liitekuvin 11–16 esitetään typpidioksidipitoisuuksien muutos perusennusteen ja kaavaehdotuksen välillä. Liitekuvin 11–13 esitetään pitoisuuksien absoluuttinen muuttuminen (yksikkönä $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ja liitekuvin 14–16 pitoisuuksien suhteellinen muutos verrattuna perusennusteeseen (yksikkönä %). Kuvissa vihreällä esitettävillä alueilla ilmanlaatu paranee ja punertavilla alueilla huononee kaavaehdotuksessa verrattuna perusennusteeseen. Kaavaehdotuksessa pitoisuudet ovat suurimmassa osassa kaava-alueen pienempiä kuin perusennusteessa. Eniten pitoisuudet pienenevät kaava-alueen pohjoisosissa, etenkin Kekkosen tien varrella liikenteen siirtyessä käyttämään rakennettavaa Tampellan tunnelia. Typpidioksidin vuosi- ja vuorokausikeskiarvot pienenevät tulosten mukaan varsin laajalla alueella Kekkosen tien varrella yli 20 %. Vuosikeskiarvona tämä tarkoittaa yli $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$:n ja vuorokausikeskiarvona yli $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$:n pitoisuuden pienenemistä.

Tulosten mukaan ilmanlaatu heikkenisi kaavaehdotuksessa verrattuna perusennusteeseen pienellä alueella kaava-alueen itäosaa. Typpidioksidin vuorokausi- ja tuntikeskiarvojen suhteellinen huononeminen olisi suurinta Tampellan tunnelin itäisen suuaukon ympärillä, jossa pitoisuudet kasvaisivat pienellä alueella yli 10 % verrattuna perusennusteeseen. Hervannan valtaväylän varrella pitoisuudet kasvaisivat 5–10 %. Typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvo kasvaisi Tampellan tunnelin itäisen suuaukon

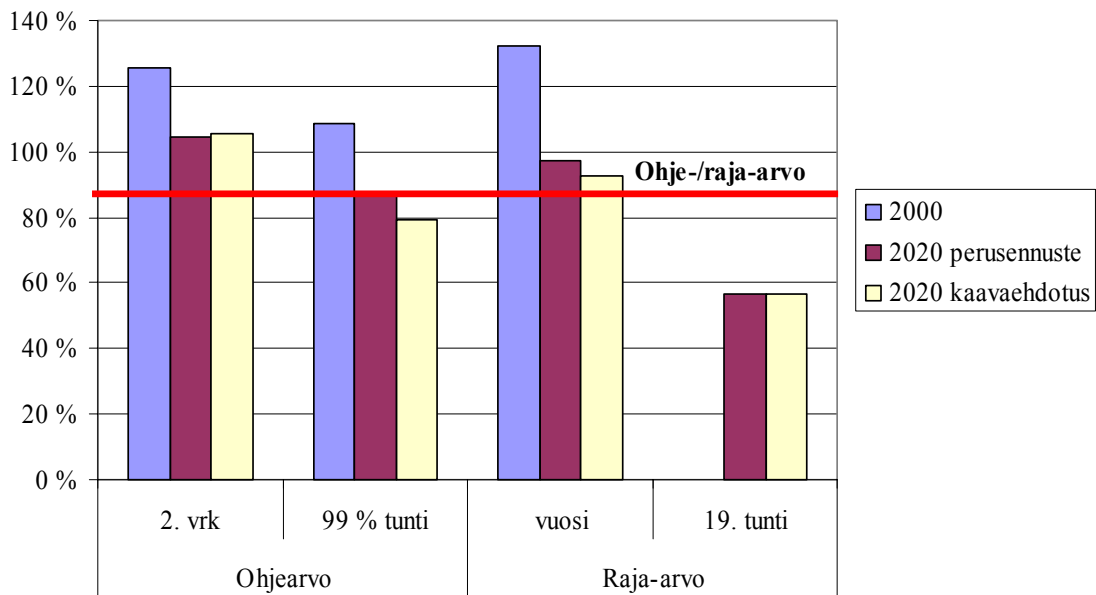
ja Hervannan valtavyölylän lähistön lisäksi pienellä alueella Tammelan puistokadun varrella 5–10 %.

Liitekuissa 17–19 esitetään vertailun vuoksi Tampereen seudun typenoksidipäästöjen leviämismallilaskelmissa vuodelle 2000 lasketuista typpidioksidituloksista kaava-alueelle tuotetut pitoisuusjakaumat. Vuoden 2000 ja 2020 tulokset eivät ole täysin vertailukelpoisia keskenään mm., koska laskennoissa on käytetty hieman erilaista laskentapisteikköä. Korkeimmat typpidioksidipitoisuudet ylittivät vuonna 2000 Tampereen keskustassa suurehkoilla alueella vilkkaiden risteysien lähistössä ja vilkkaimpien teiden varsilla vuorokausikeskiarvoina Suomessa voimassa olevan ohjearvotason $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (liitekuva 18). Lähellä vuorokausiohjearvoa (yli $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$) olevia pitoisuuksia esiintyisi varsin laajalla alueella Tampereen keskusta-alueella ja vilkkaiden liikenneväylien varsilla. Typpidioksidin tuntiohjearvon ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) suuruksia pitoisuuksia muodostui laskelmissa pienelle alueelle Lempääläntien, Nekaläntien ja Viinikankadun risteyksessä (liitekuva 19). Typpidioksidipitoisuuden vuosiraja-arvon ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, alitettava viimeistään 1.1.2010) ylittäviä pitoisuuksia muodostui vuoden 2000 tilanteessa lähinnä pienille alueille Helsinki–Tampere-moottoritien ja Paasikiven-Kekkosentien varrella sekä vilkkaille risteysalueille (liitekuva 17). Kaiken kaikkiaan typpidioksidin pitoisuustasot ovat kaava-alueella selvästi korkeammat kuin kummassakaan vuoden 2020 laskentavaihtoehdossa.

6 TULOSTEN ARVIOINTI

Tutkimuksessa arvioitiin Tampereen keskustan liikenneosayleiskaavan alueella leviämismallilaskelmin liikenteen päästöjen aiheuttamia typpidioksidipitoisuuksia vuoden 2020 tilanteessa perusennusteen sekä kaavaehdotuksen mukaisessa liikennejärjestelmässä. Arviointi toteutettiin tarkastelemalla leviämislaskelmin maanpintaan muodostuvia pitoisuuksia. Seuraavassa verrataan mallilaskelmin saatuja pitoisuuksia kappaleessa 4 esitettyihin ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin sekä Tampereen keskustan vuoden 2000 pitoisuustasoihin.

Kuvassa B esitetään mallilaskelmien tuloksena saatujen liikenteen päästöjen aiheuttamien tutkimusalueen korkeimpien typpidioksidipitoisuuksien suhde (%) ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin vuonna 2000 sekä vuonna 2020 perusennusteen ja kaavaehdotuksen liikennetilanteessa.



Kuva B. Liikenteen aiheuttamat korkeimmat typpidioksidin (NO_2) maanpintataso pitoisuudet suhteessa (%) ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin Tampereen keskustan liikenneosayleiskaavan alueella vuonna 2000 ja vuonna 2020 perusennusteen ja kaavaehdotuksen liikennejärjestelmissä.

Liikenteen päästöjen aiheuttamat kaava-alueen korkeimmat ohje-arvoihin verrannolliset typpidioksidipitoisuudet ylittävät maanpintatasolla vuoden 2000 tilanteessa miltei 1,3-kertaisesti ilmanlaadun vuorokausiohje-arvon ja noin 1,1-kertaisesti tuntiohje-arvon. Sekä vuoden 2020 perusennusteessa että kaavaehdotuksessa vuorokausiohje-arvo ylittyisi korkeimmillaan hienokseltaan (noin 1,05-kertaisesti), mutta tuntiohje-arvo alittuisi noin 10–20 %:lla. Vuoden 2000 tilanteessa vuosiraja-arvo ylittyi miltei 1,4-kertaisesti, mutta vuoden 2020 perusennusteessa ja kaavaehdotuksessa korkeimmat vuosikeskiarvot olisivat hienokseltaan alle raja-arvon. Tuntiraja-arvo sen sijaan alittuisi selvästi molemmissa vuoden 2020 vaihtoehdoissa. On muistettava, että edellä oleva vertailu on tehty tutkimusalueen korkeimmille pitoisuuksille, jotka muodostuivat vilkkaisiin risteysalueisiin. Suuressa osassa kaava-aluetta pitoisuudet alittavat vuonna 2000 sekä vuoden 2020 molemmissa vaihtoehdoissa selvästi sekä ohje- että raja-arvot. Edellä esitetty ohje- ja raja-

arvovertailu on tehty mallilaskelmin arvioiduille maanpintatason pitoisuuksille. Korkeiden rakennusten kattotasoilla ja suojaisilla sisäpihoilla pitoisuudet ovat näitä maanpintatason pitoisuuksia pienempiä.

Vertailuksi voidaan todeta, että mm. Tampereella ja muissa Suomen kaupungeissa tehtyjen ilmanlaatumittausten tulosten ja eri kaupunkeihin tehtyjen leviämismallilaskelmien tulosten perusteella voidaan todeta, että etenkin suurimpien kaupunkien keskustoissa typpidioksidipitoisuudet ylittävät nykyisin ajoittain epäedullisissa meteorologisissa olosuhteissa ilmanlaadun ohjearvot. Esimerkiksi pääkaupunkiseudulla tehtyjen tutkimusten mukaan typpidioksidipitoisuus ylittäisi nykyisin varsin laajalla alueella Helsingin kantakaupungin alueella ja vilkkaiden teiden varsilla vuorokausiohjearvon (*PIETARILA et al., 2000*). Ilmatieteen laitoksella EU:n ilmanlaadun direktiivien täytäntöön panemiseksi tehdyn ilmanlaadun alustavan arvioinnin (*PIETARILA et al., 2001*) tulosten mukaan myös typpidioksidin raja-arvot voivat nykyisin ylittyä etenkin suurimpien kaupunkien vilkkaasti liikennöidyillä keskusta-alueilla lähinnä liikenneväylien ja risteyksien läheisyydessä.

7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksessa selvitettiin Tampereen keskustan liikenneosayleiskaavan laatimista varten kaava-alueen ilmanlaatua. Tutkimuksessa määritettiin leviämislaskelmin kaava-alueen typpidioksidipitoisuuksia. Autoliikenteen typpidioksidipäästöjen leviämislaskelmat tehtiin kaava-alueen ja sen lähialueen autoliikenteen päästöille vuodelle 2020 arvioidussa perusennusteen sekä kaavaehdotuksen mukaisissa tilanteissa. Laskelmissa otettiin huomioon mm. kaavaehdotuksen vaikutukset Tampereen keskustan liikenneväyliin sekä liikennemäärissä, eri ajoneuvotyyppien suoriteosuuksissa ja ominaispäästökertoimissa ennustetut muutokset vuoteen 2020 mennessä. Lisäksi otettiin huomioon arvioitu typpidioksidin osuuden kasvu autojen typenoksidipäästöistä. Tuloksia verrattiin ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin sekä aiemmin Ilmatieteen laitoksella vuoden 2000 tilanteelle tehdyn leviämismallinnuksen tuloksiin.

Korkeimmat typpidioksidipitoisuudet ylittivät vuonna 2000 Tampereen keskusta-alueella vilkkaiden risteyksien lähistössä sekä Helsinki–Tampere-moottoritien ja Paasikiven-Kekkosentien varrella vuorokausikeskiarvoina Suomessa voimassa olevan ohjearvotason $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Lähellä vuorokausiohjearvoa (yli $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$) olevia pitoisuuksia esiintyi varsin laajalla alueella Tampereen keskusta-alueella ja vilkkaiden liikenneväylien varsilla. Typpidioksidin tuntiohjearvon ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) suuruisia pitoisuuksia muodostui laskelmissa pienelle alueelle Lempääläntien, Nekalantien ja Viinikankadun risteyksessä. Typpidioksidipitoisuuden vuosiraja-arvon ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, alitettava viimeistään 1.1.2010) ylittäviä pitoisuuksia muodostui vuoden 2000 tilanteessa lähinnä pienille alueille Helsinki–Tampere-moottoritien ja Paasikiven-Kekkosentien varrella sekä vilkkaille risteys-alueille.

Molemmissa vuoden 2020 tarkastelutapauksissa kaava-alueen typpidioksidipitoisuudet pienenisivät varsin selvästi verrattuna vuoteen 2000 lähinnä autokannan uusiutumisesta johtuvan päästöjen vähenemisen seurauksena. Kaava-alueen korkein typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvo olisi vuonna 2020 noin 70 %, korkein ohjearvoon verrannollinen vuorokausikeskiarvo hieman yli 80 % ja korkein ohjearvoon verrannollinen tuntikeskiarvo 70–80 % vuoden 2000 vastaavista pitoisuuksista. Tutkimusalueen korkeimmat pitoisuudet muodostuivat vuonna 2000 sekä vuoden 2020 molemmissa vaihtoehtoisissa vilkkaille risteysalueille, mutta eri vaihtoehtoisissa eri risteyksiin. Vuoden 2020 vaihtoehtoisissa typpidioksidipitoisuuden vuorokausiohjearvo ylittyisi hienokseltaan enää hyvin pienellä alueella vilkkaalla risteysalueella: perusennusteessa Kekkosentien ja Tammen puistotien risteyksessä ja kaavaehdotuksessa Tampellan tunnelin itäisen suuaukon lähellä. Lähellä vuorokausiohjearvoa (yli $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$) olevia pitoisuuksia esiintyisi lähinnä enää muutamilla keskustan risteysalueilla sekä esim. perusennusteessa Kekkosentien varrella ja kaavaehdotuksessa Tampellan tunnelista itään lähtevän liikenneväylän varrella. Typpidioksidipitoisuuden tuntiohjearvo ei enää ylittyisi vuoden 2020 tilanteessa kummassakaan vaihtoehdossa.

Mallilaskelmien tulosten mukaan kaavaehdotuksen mukaiset liikennejärjestelyt parantavat ilmanlaatua suurimmassa osassa kaava-aluetta verrattuna perusennusteeseen. Eniten typpidioksidipitoisuudet pienenevät kaavaehdotuksen liikennejärjestelyillä kaava-alueen pohjoisosissa, etenkin Kekkosentien varrella liikenteen siirtyessä käyttämään

rakennettavaa Tampellan tunnelia. Esimerkiksi typpidioksidin vuosi- ja vuorokausikeskiarvot pienenevät tulosten mukaan varsin laajalla alueella Kekkosen tien varrella yli 20 %. Tulosten mukaan ilmanlaatu heikkenisi kaavaehdotuksen liikennejärjestelyillä pienellä alueella kaava-alueen itäosaa verrattuna perusennusteeseen. Typpidioksidipitoisuuden vuorokausi- ja tuntikeskiarvojen kasvu olisi suurinta Tampellan tunnelin itäisen suuaukon ympärillä, jossa pitoisuudet kasvaisivat pienellä alueella yli 10 % verrattuna perusennusteeseen. Lähellä Hervannan valtaväylää pitoisuudet kasvaisivat 5–10 %. Typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvo kasvaisi Tampellan tunnelin itäisen suuaukon ja Hervannan valtaväylän lisäksi pienellä alueella Tammelan puistokadun varrella.

Tutkimuksessa ei otettu huomioon kaavaehdotuksessa suunniteltujen tunneleiden pakokaasupäästöjä. Tunneleissa vapautuvat pakokaasut johdetaan ulkoilmaan suunnitelmien mukaan suuaukkojen kautta. Suuaukkojen kautta ulkoilmaan vapautuvat päästöt nostavat pitoisuustasoa suuaukkojen lähialueilla tässä tutkimuksessa arvioidusta. Tämän tutkimuksen tulosten mukaan etenkin Tampellan tunnelin itäisen suuaukon ympäristössä ilmanlaatu heikkenee verrattuna perusennusteeseen ja kaavaehdotuksessa pitoisuudet kohoaisivatkin korkeimmillaan varsin lähelle ilmanlaadun ohjearvoja. Pahimmillaan pienellä alueella vuorokausiohjearvo jopa ylittyisi hienokseltaan tulosten mukaan. Tulosten perusteella olisikin suositeltavaa tarkastella tunneleiden ilmastointiratkaisuja ja niiden aiheuttamia ilmanlaatuvaikutuksia myöhemmin tarkemmin esim. tunneleiden rakennus- ja ilmastointisuunnittelun yhteydessä. Ilmanlaadun kannalta olisi todennäköisesti parempi ratkaisu, jos tunnelin pakokaasupäästöt johdettaisiin ulkoilmaan mahdollisimman korkealta joko puhaltamalla ne ulos suuaukon yläosasta tai erillisten ilmastointipiippujen kautta. Tällöin tulee kuitenkin varmistua siitä, että ilmastoinnin päästöt eivät aiheuta merkittäviä ilmanlaatuvaikutuksia esim. poistokohteiden lähistössä mahdollisesti sijaitsevien korkeiden rakennusten raittiin ilman sisäänottokohdissa.

Tutkimuksessa arvioitiin liikenteen aiheuttamia maanpintatason pitoisuuksia. Korkeiden rakennusten kattotasoilla ja liikenteen päästöiltä suojaisilla sisäpihoilla pitoisuudet ovat todennäköisesti arvioituja maanpintatason pitoisuuksia pienempiä, koska liikenteen päästöt vapautuvat ulkoilmaan lähellä maanpintaa ja laimenevat ylöspäin mentäessä. Maanpintatason pitoisuustuloksista voidaan karkeasti arvioida, että myös vilkkaimpien liikenneväylien varsilla sijaitsevien useampikerroksisten rakennusten kattotasoilla ja

näiden rakennusten väylistä poispäin olevilla sisäpihoilla typpidioksidipitoisuudet alittavat todennäköisesti vuorokausi- ja tuntiohjearvot, vaikka tien puolella rakennusta maanpinnalla (jalkakäytävällä) ohjearvot ylittyisivätkin. Lähellä vilkkaita väyliä sijaitsevien rakennusten raittiin ilman sisäännotot olisikin suositeltavaa sijoittaa kattotasolle ja mahdollisimman etäälle liikenneväylistä, jotta raittiin ilman sisäännotolle voidaan taata riittävän hyvä ilmanlaatu. Tulosten perusteella olisi edelleen suositeltavaa, että esim. suunnitellun Tampellan tunnelin suuaukkojen välittömään läheisyyteen ei sijoitettaisi ilmanlaadulle herkkiä rakennuskohteita tai toimintoja.

Ilmanlaatu paranee tutkimusten tulosten mukaan varsin selvästi nykyisestä sekä perusennusteen että kaavaehdotuksen liikennejärjestelyillä autoliikenteen yleisen myönteisen päästökehityksen myötä. Typpidioksidipitoisuudet eivät kuitenkaan pienene tulevaisuudessa yhtä paljon kuin typenoksidipäästöt johtuen mm. typen oksidien ilmakemiasta. Typpidioksidipitoisuudet ovatkin tulosten mukaan edelleen vuonna 2020 pahimmillaan vilkkaimmissa risteyksissä lähellä ohjearvoja ja epäedullisissa meteorologisissa tilanteissa esim. vuorokausiohjearvo saattaa satunnaisesti edelleen ylittyä. Kaavaehdotus on pääsääntöisesti ilmanlaadun kannalta parempi vaihtoehto kuin perusennuste lukuun ottamatta Tampellan tunnelin suuaukkojen lähialueita ja suhteellisen pieniä alueita kaava-alueen itäosassa. Tulevaisuudessa ilmanlaatuun voidaan edelleen vaikuttaa mm. suunnittelemalla liikennejärjestelmät mahdollisimman sujuviksi niin että vältetään liikenteen ruuhkautumiselta, turhilta pysähtymisiltä ja kiihdytyksiltä sekä tyhjäkäynniltä. Edelleen ilmanlaatua voidaan parantaa esim. tehostamalla julkisen liikenteen saatavuutta ja houkuttelevuutta etenkin keskustaan suuntautuvan liikenteen osalta. Ongelma-alueiden liikennekuormitusta voidaan vähentää ohjaamalla esim. raskasliikenne mahdollisimman tehokkaasti keskusta-alueen ulkopuolelle. Kaavoituksessa tulisi lisäksi välttää herkkien rakennuskohteiden sijoittaminen lähelle vilkkaita risteysalueita ja liikenneväyliä.

VIITELUETTELO

BENSON, P., 1984. CALINE 4 – a dispersion model for predicting air pollutant concentrations near roadways. FHWA/CA/TL-84/15, California Department of Transportation, Sacramento.

KARPPINEN, A., 2001. Meteorological pre-processing and atmospheric dispersion modelling of urban air quality and applications in the Helsinki metropolitan area. Contributions 33, Finnish Meteorological institute, Helsinki.

LUHAR, K. L. & PATIL, R. S., 1989. A general finite line source model for vehicular pollution prediction. *Atmos. Environ.* 23, 555–562.

PIETARILA, H., RASILA, T., RANTAKRANS, E. & PESONEN, R., 2000. Keskustatunnelin ilmanlaatuvaikutukset. Hiilimonoksidi- ja typenoksidipäästöjen leviämisselvitys. Ilmatieteen laitos, ilmanlaatu, Helsinki.

PIETARILA, H., SALMI, T., SAARI, H. & PESONEN, R., 2001. Ilmanlaadun alustava arviointi Suomessa – Rikkidioksidi, typen oksidit, PM₁₀ ja lyijy. Ilmatieteen laitos, ilmanlaadun tutkimus, Helsinki.

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

SALMI, J., PIETARILA, H. & RASILA, T., 2002. Tampereen seudun typenoksidipäästöjen leviämislaskelmat vuosille 2000 ja 2020. Ilmatieteen laitos, ilmanlaadun tutkimus, Helsinki.

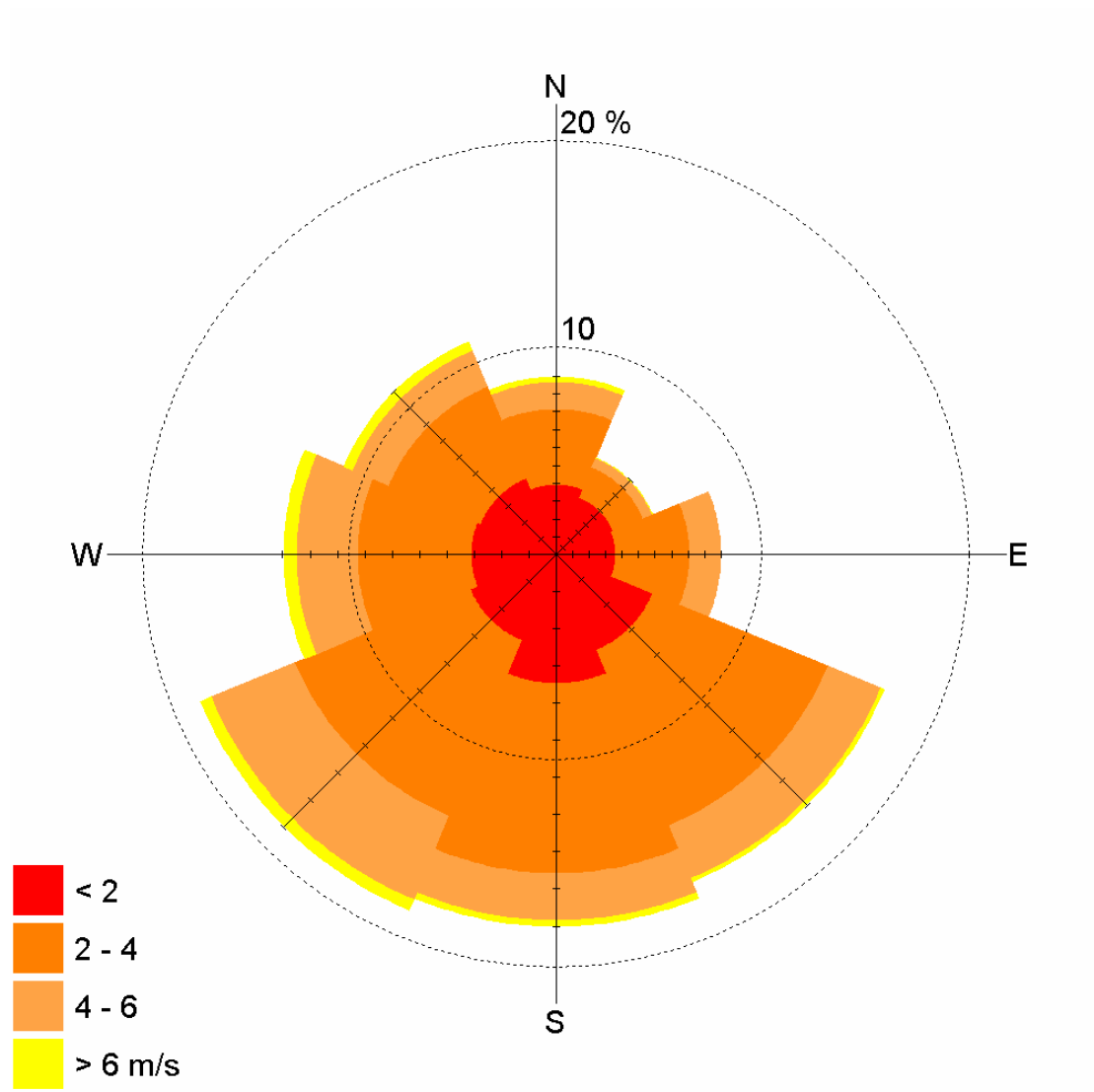
Vnp 480/96. Valtioneuvoston päätös ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvoista. Annettu Helsingissä 19.6.1996.

Vnp 711/2001. Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta. Annettu Helsingissä 9.8.2001.

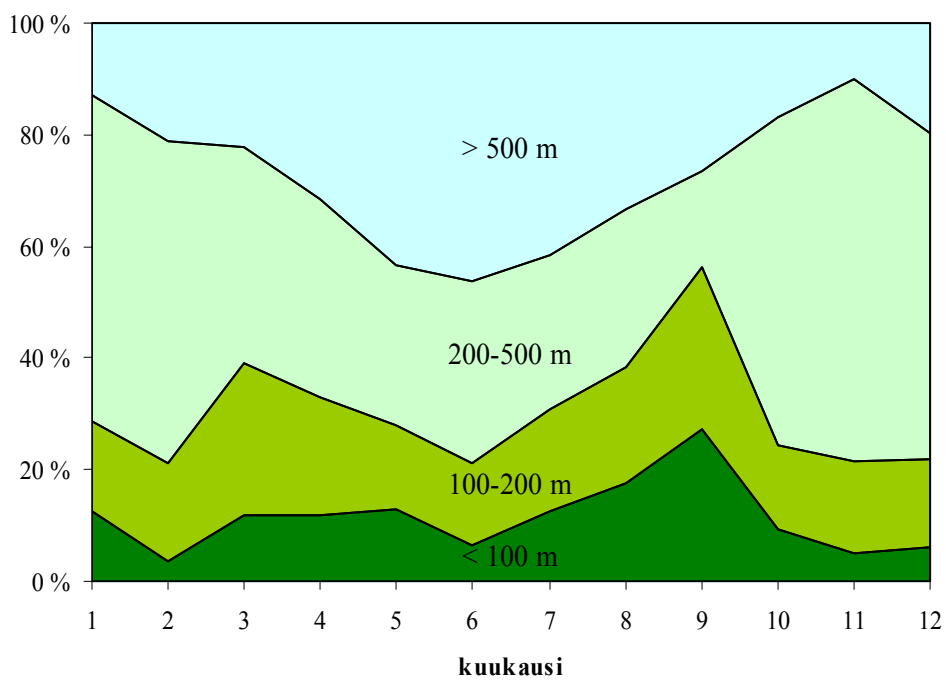
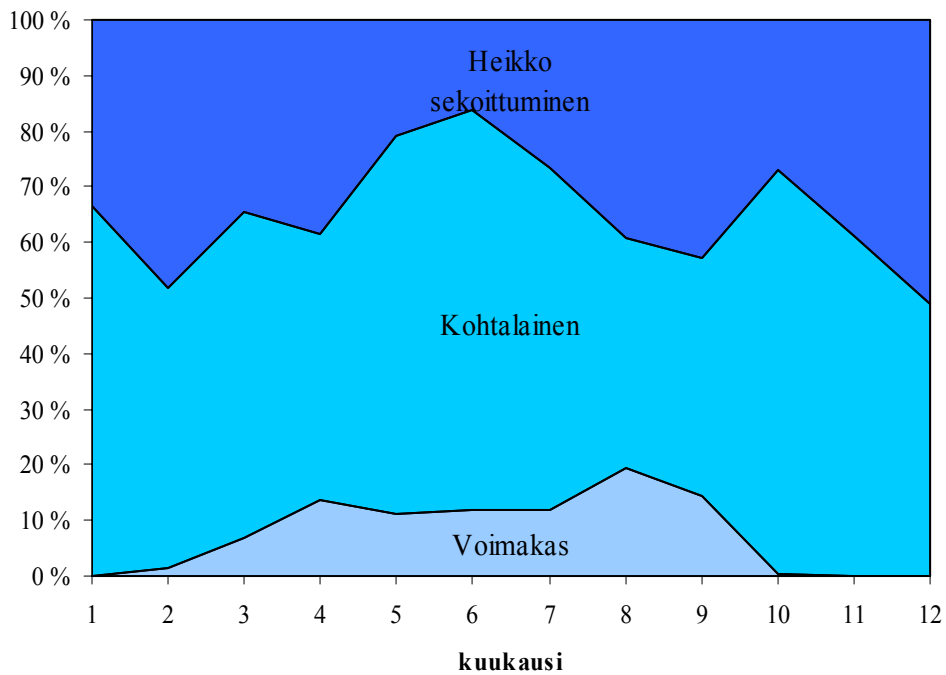
1999/30/EY. Neuvoston direktiivi ilmassa olevien rikkidioksidin, typpidioksidin ja typen oksidien, hiukkasten ja lyijyn pitoisuuksien raja-arvoista. Annettu 22.4.1999.

LIITEKUVAT

HUOMAUTUS: Pitoisuuksien vuorokausi- ja tuntikeskiarvojen aluejakaumat eivät edusta koko tutkimusalueella samanaikaisesti vallitsevaa tilannetta, vaan pitoisuuksien suurimmat arvot saattavat esiintyä eri laskentapisteissä tai tulostusalueen osissa eri ajankohtina (eri päivinä ja eri tunteina).



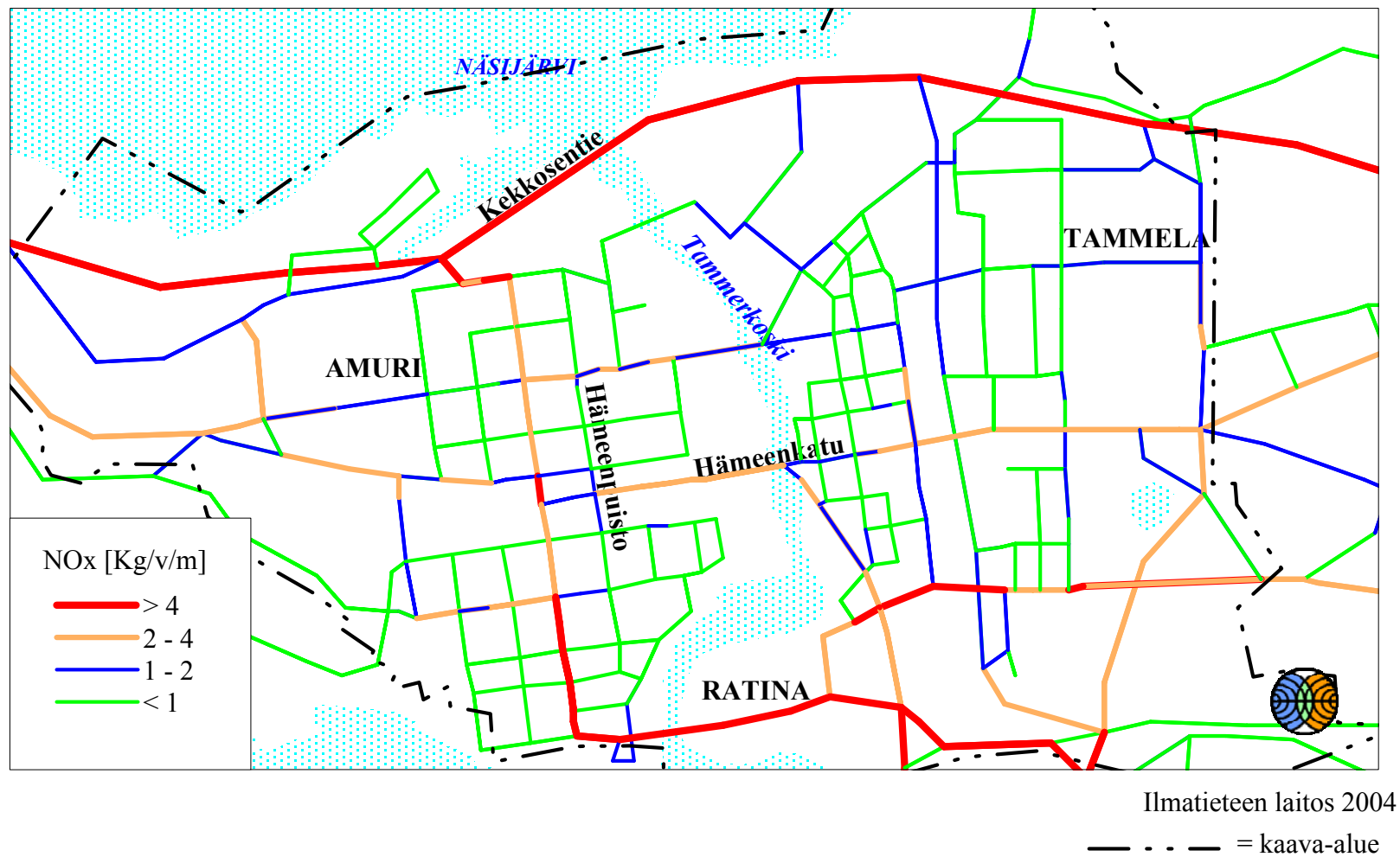
Kuva 1. Tuulen suunta- ja nopeusjakauma Tampereen seudulla vuonna 2000.



Kuva 2. Sekoitusvoimakkuuden (ylempi kuva) ja sekoituskorkeuden (alempi kuva) esiintymistäajuus kuukausittain Tampereen seudulla vuonna 2000.

TAMPERE 2020

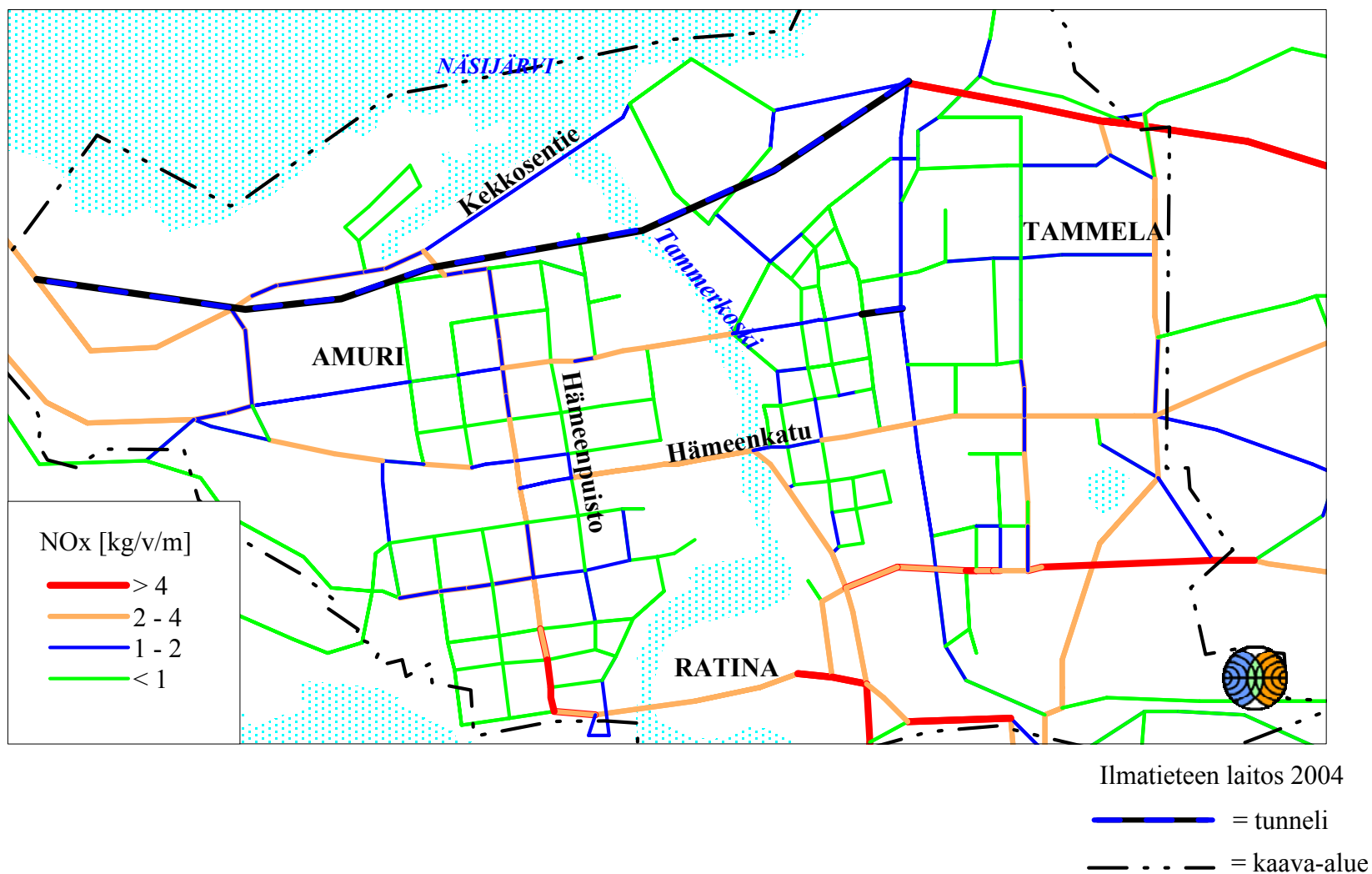
Perusennuste



Kuva 3. Autoliikenteen viivalähteiden typenoksidipäästö.

TAMPERE 2020

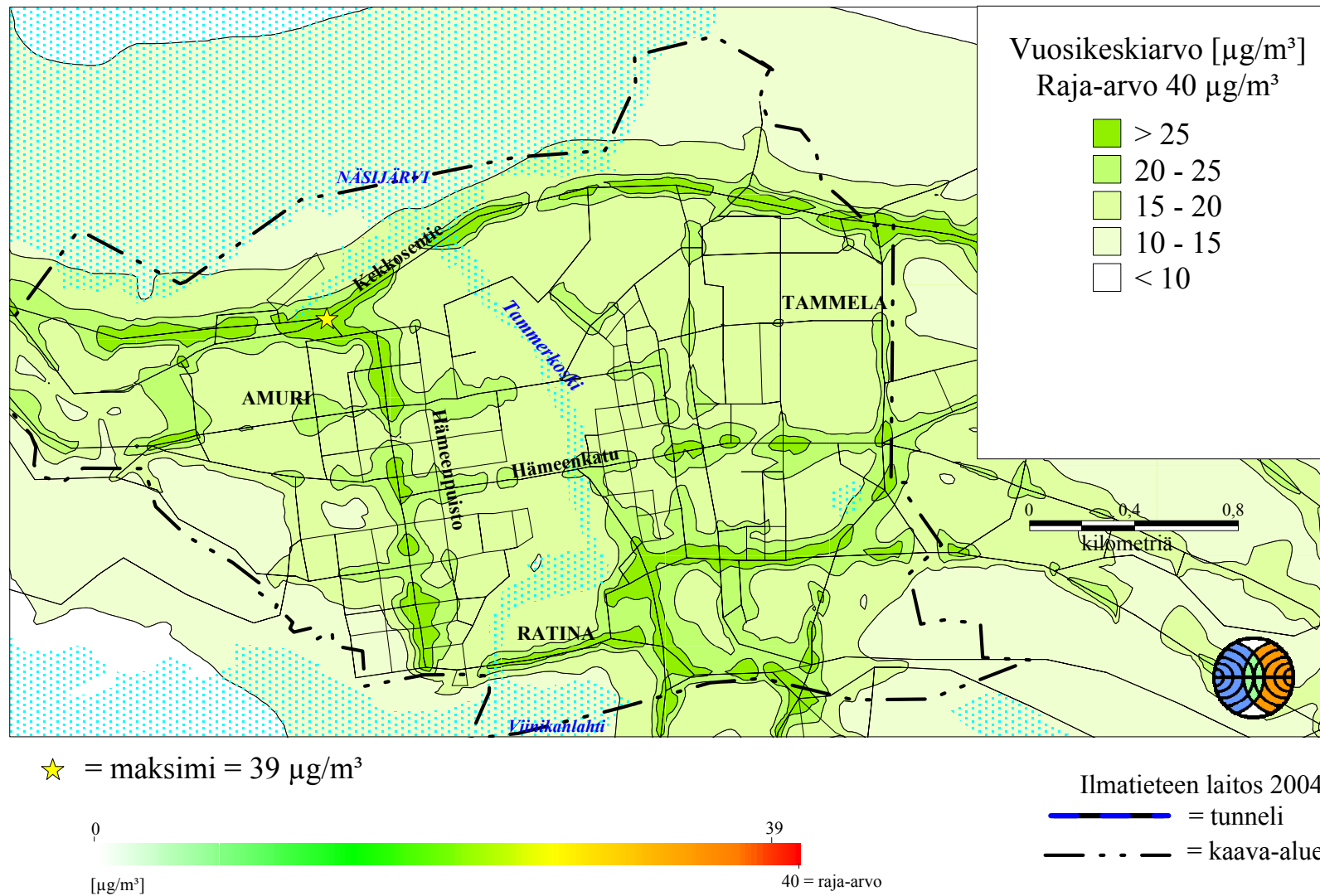
Kaavaehdotus



Kuva 4. Autoliikenteen viivalähteiden typenoksidipäästö.

TAMPERE 2020

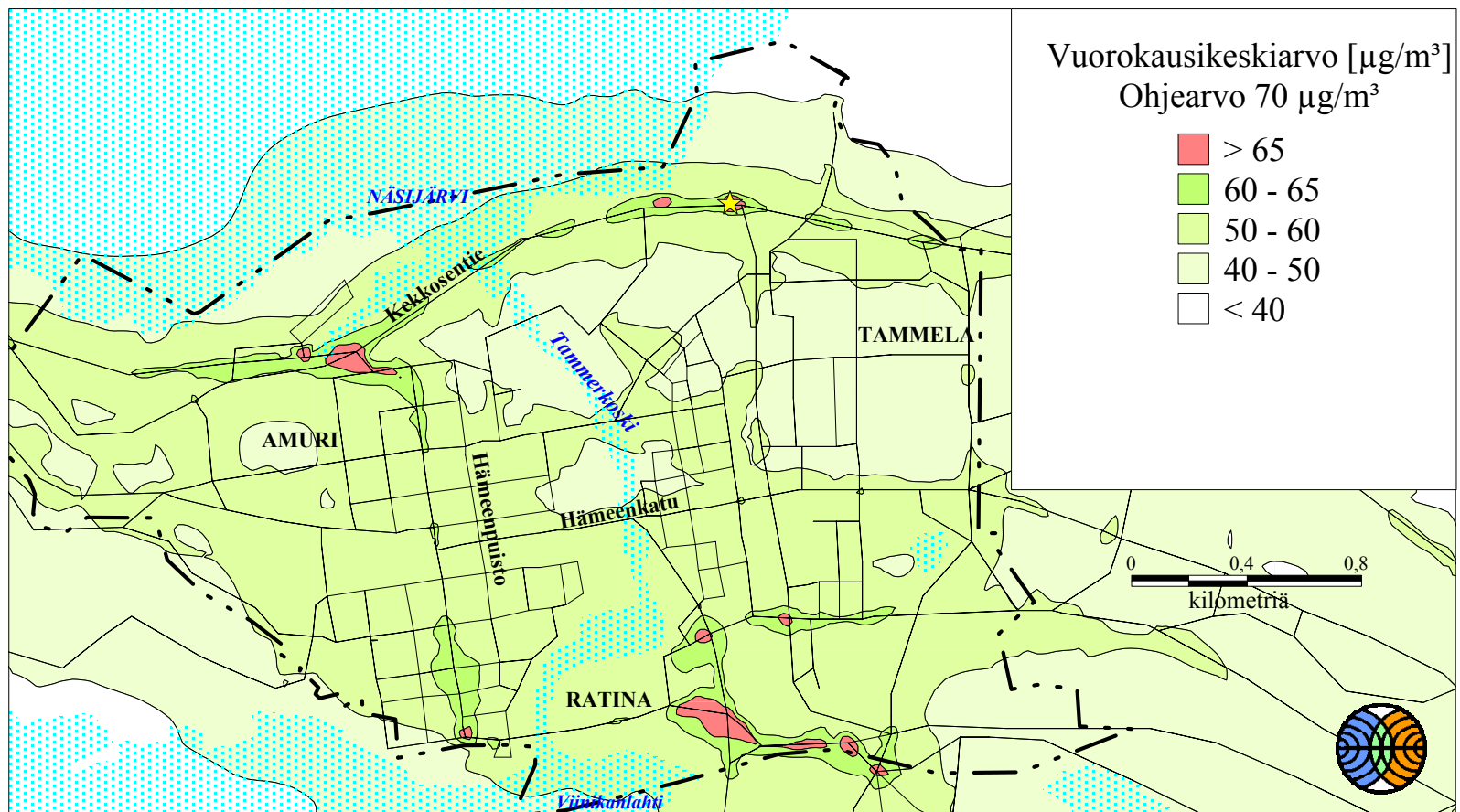
Perusennuste



Kuva 5. Typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

TAMPERE 2020

Perusennuste



★ = maksimi = $73 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Ilmatieteen laitos 2004

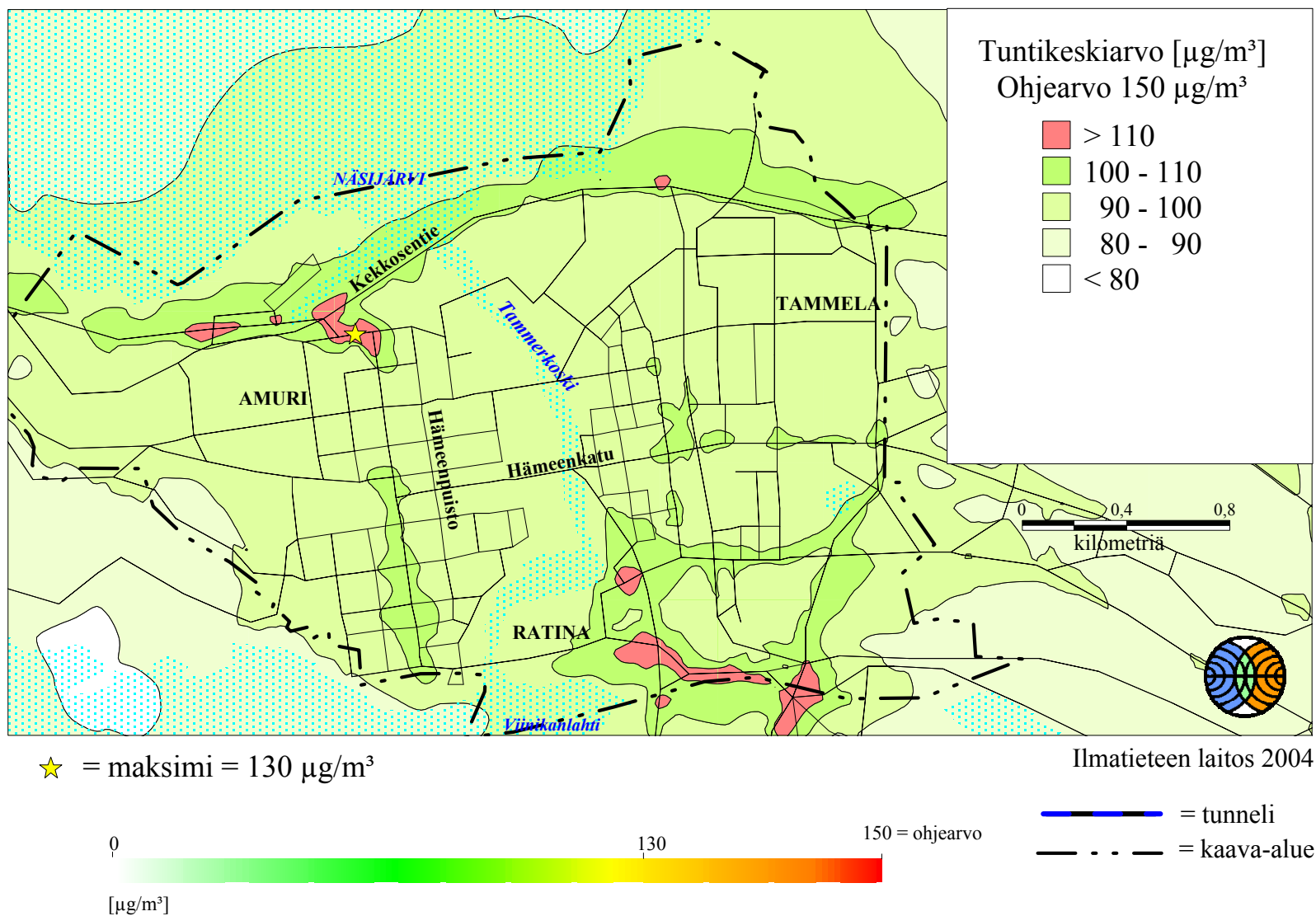


— — — = tunneli
— . . — = kaava-alue

Kuva 6. Typpidioksidipitoisuuden korkein ohjearvoon verrannollinen vuorokausikeskiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

TAMPERE 2020

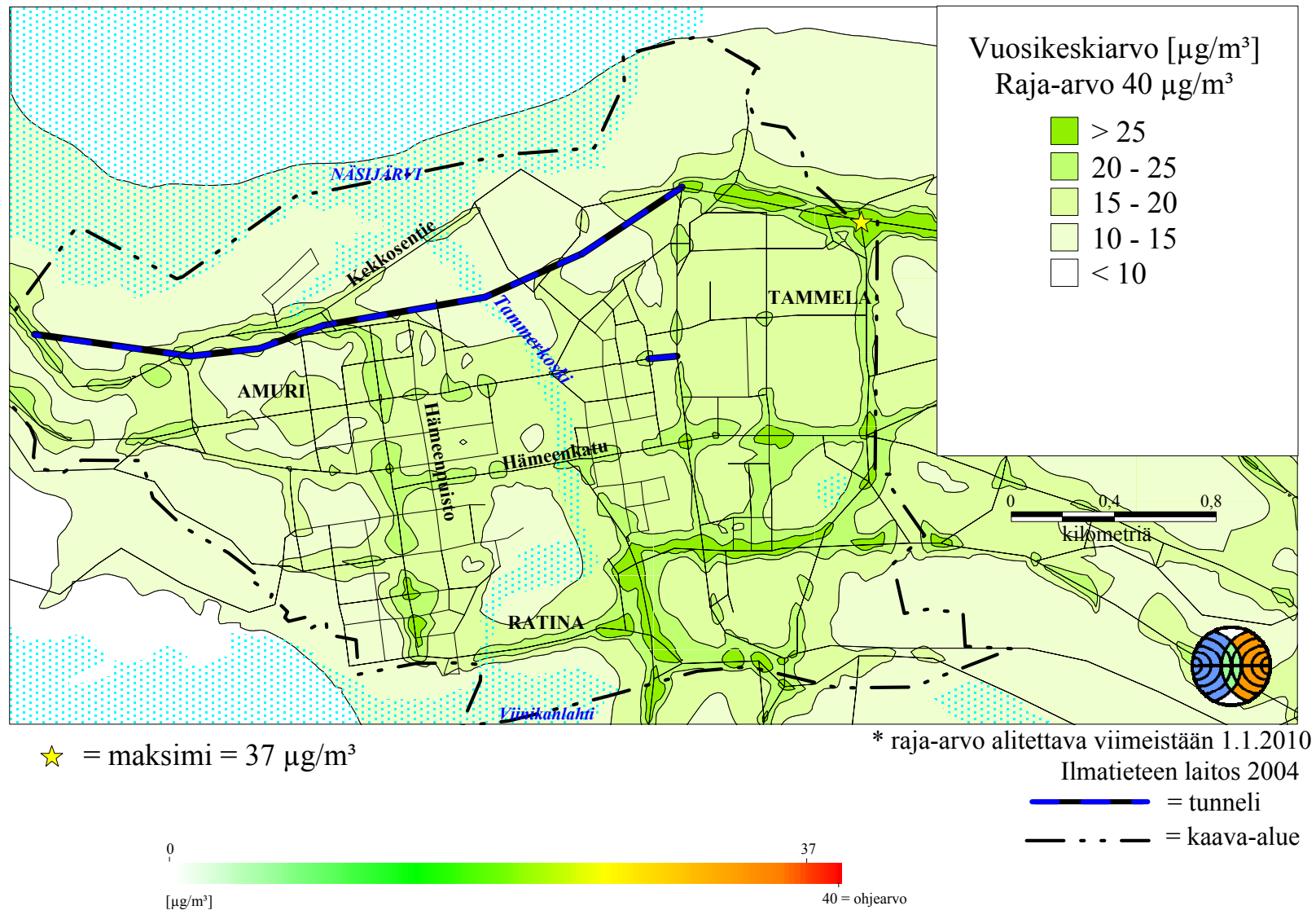
Perusennuste



Kuva 7. Typpidioksidipitoisuuden korkein ohjearvoon verrannollinen tuntikeskiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

TAMPERE 2020

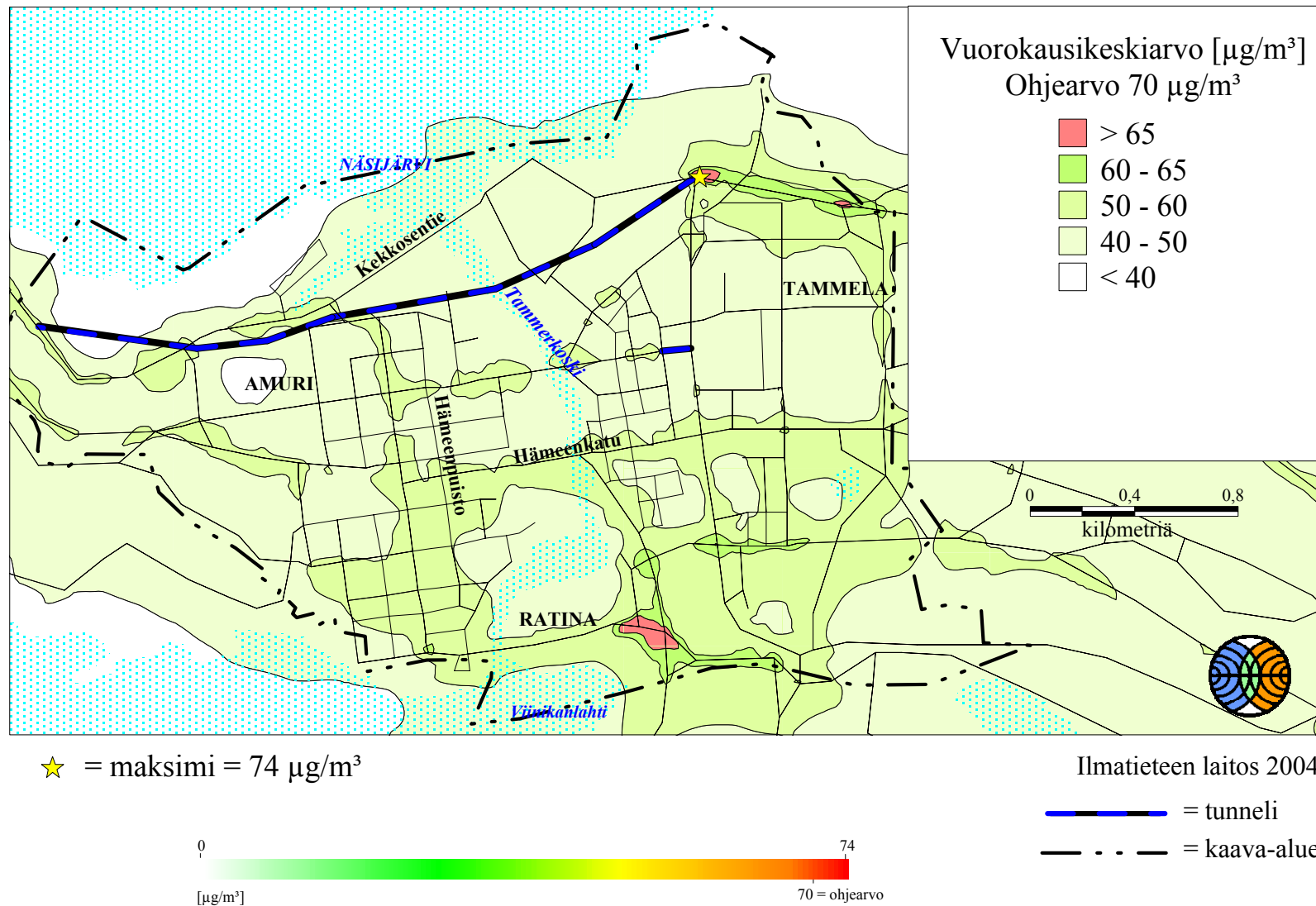
Kaavaehdotus



Kuva 8. Typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

TAMPERE 2020

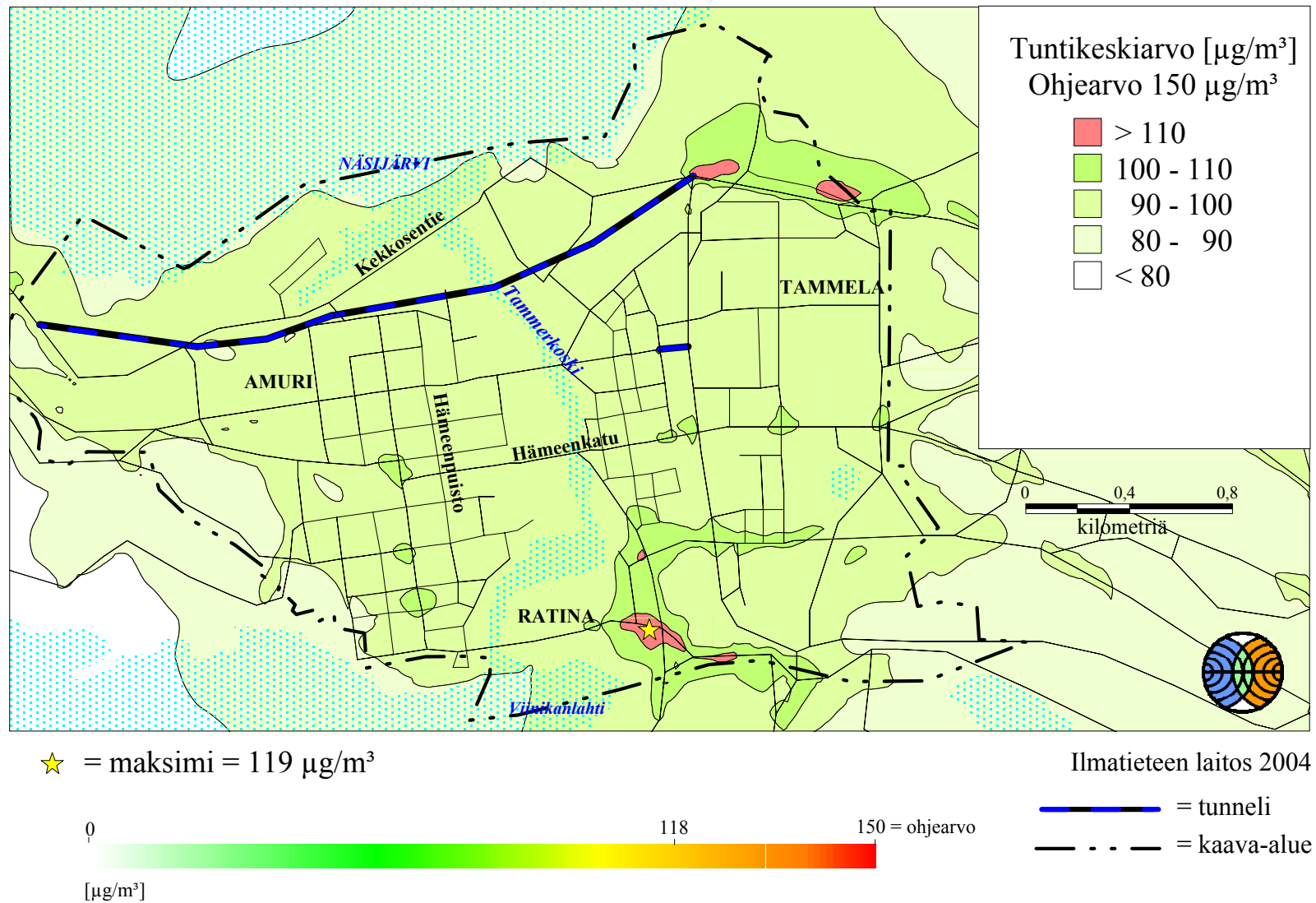
Kaavaehdotus



Kuva 9. Typpidioksidipitoisuuden korkein ohjearvoon verrannollinen vuorokausikeskiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

TAMPERE 2020

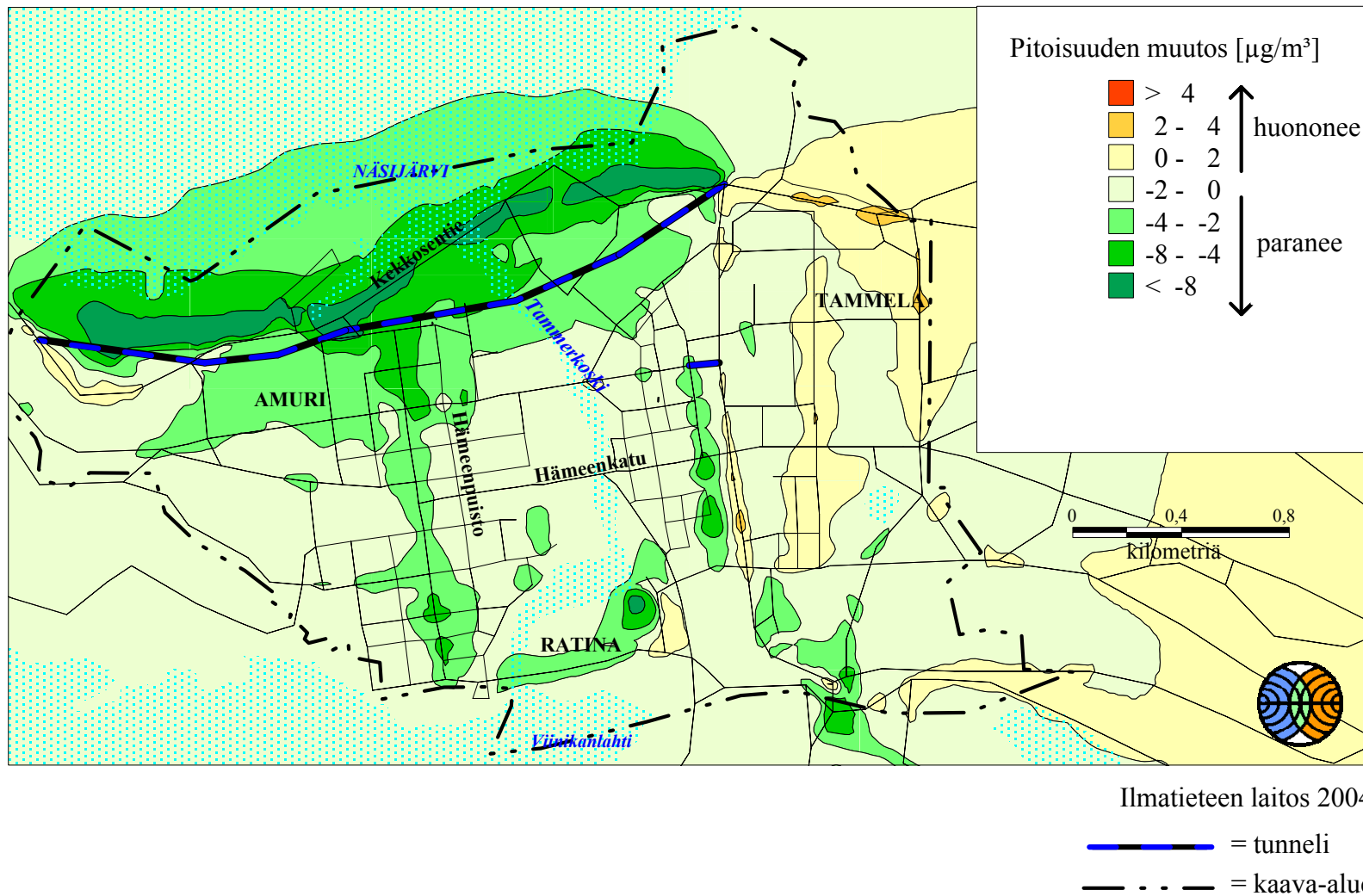
Kaavaehdotus



Kuva 10. Typpidioksidipitoisuuden korkein ohjearvoon verrannollinen tuntikeskiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

TAMPERE 2020

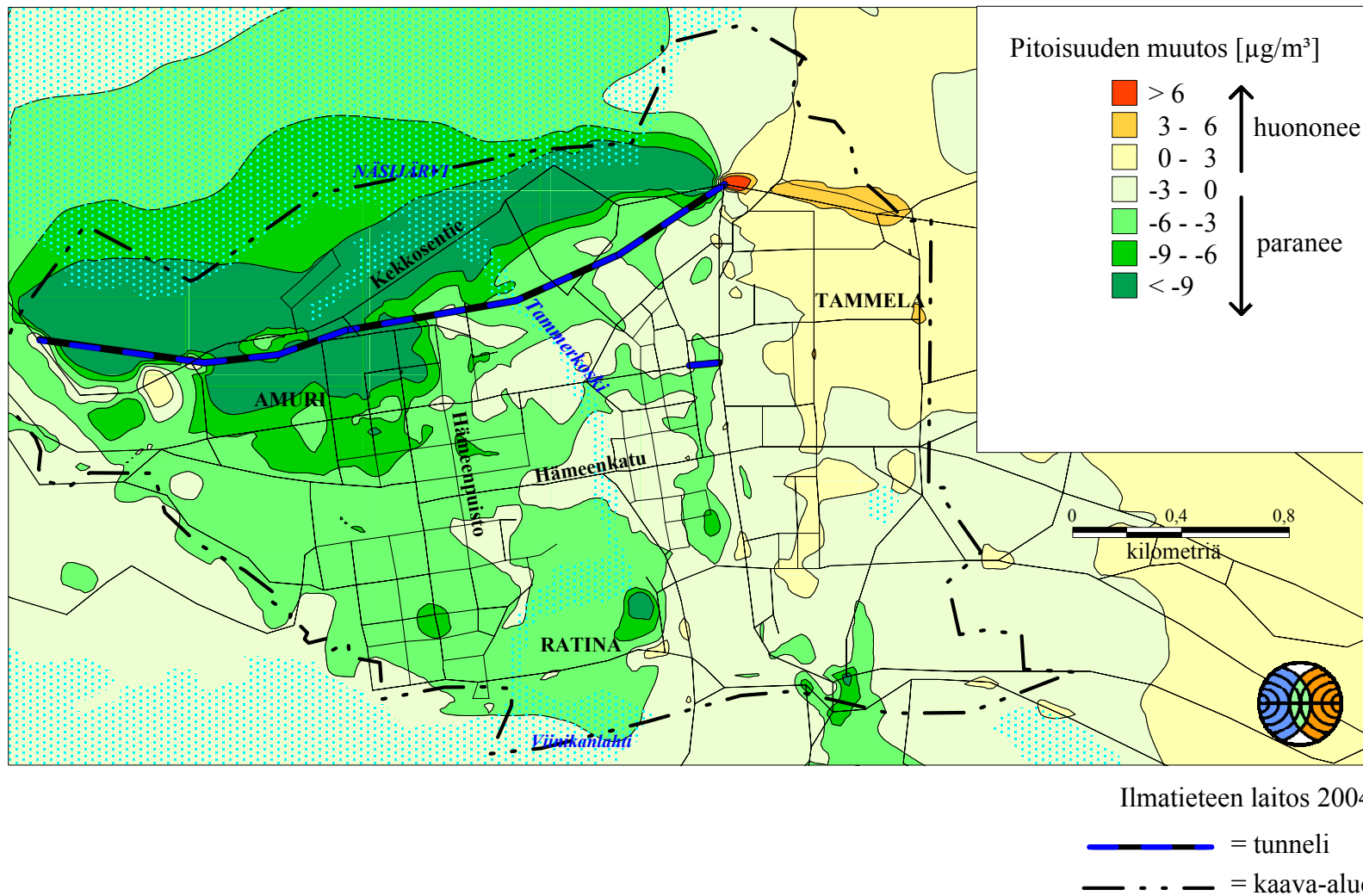
Muutos perusennusteesta kaavaehdotukseen



Kuva 11. Typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvon absoluuttinen muutos [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

TAMPERE 2020

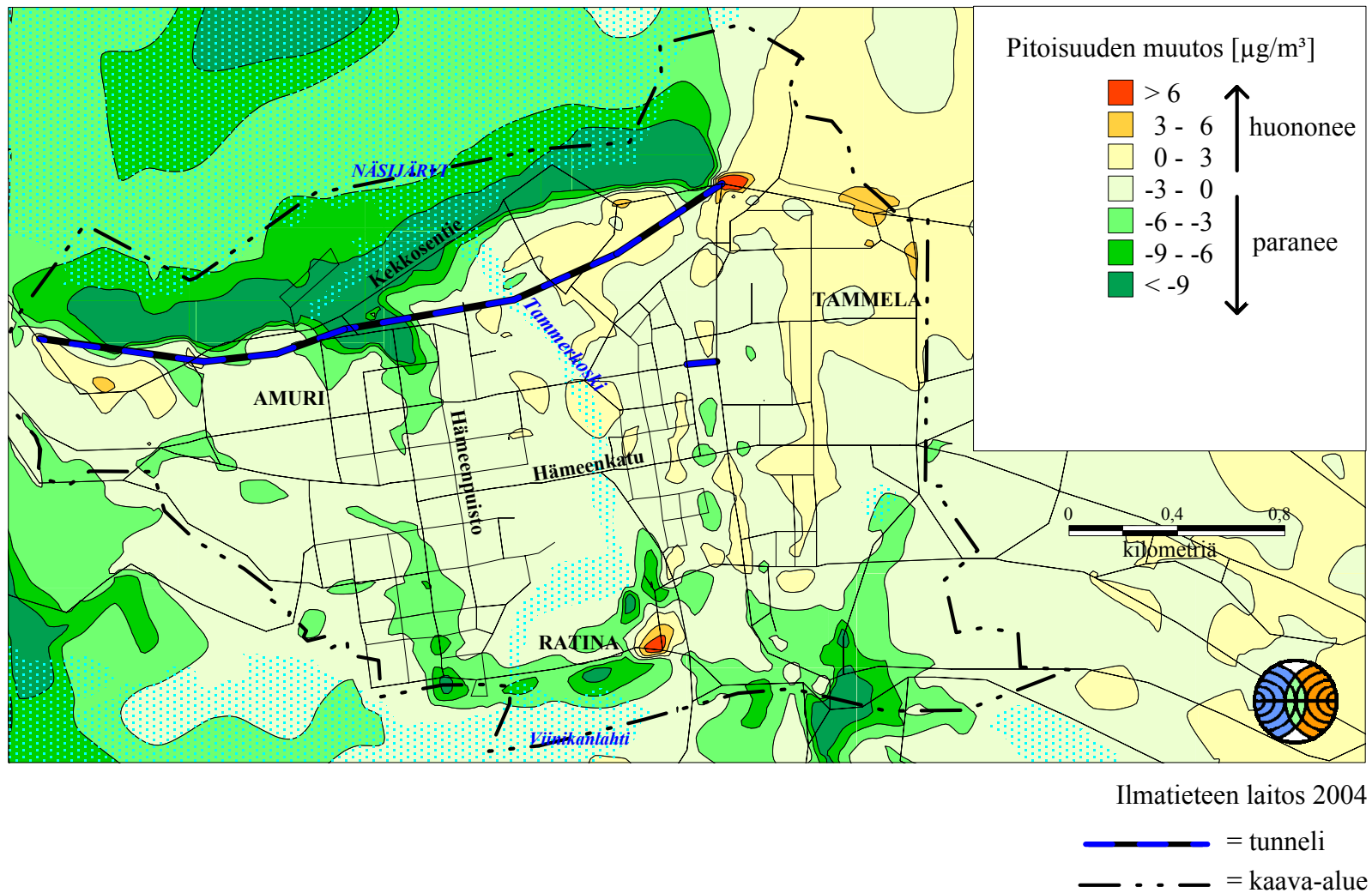
Muutos perusennusteesta kaavaehdotukseen



Kuva 12. Typpidioksidipitoisuuden ohjearvoon verrannollisen vuorokausikeskiarvon absoluuttinen muutos [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

TAMPERE 2020

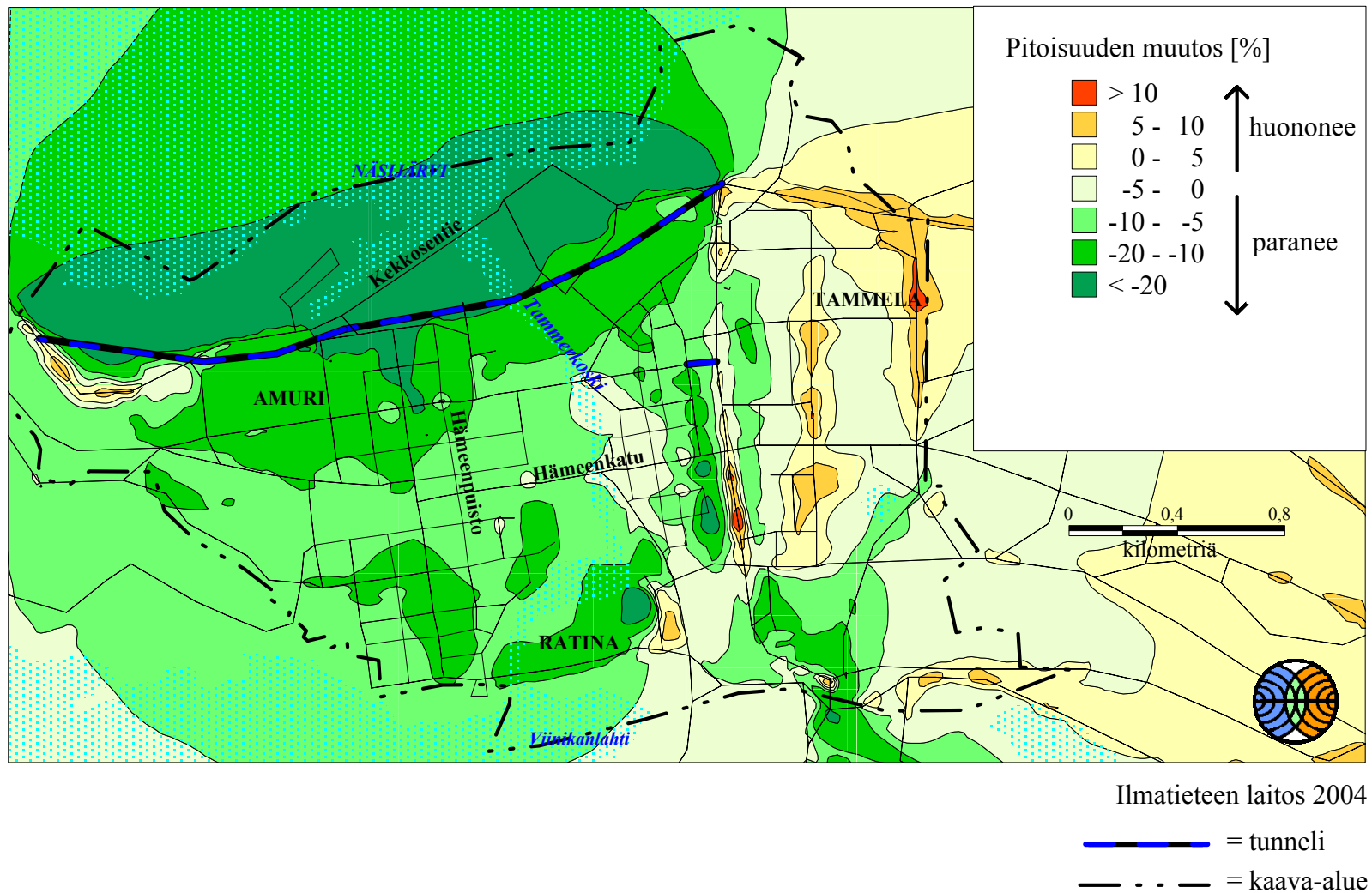
Muutos perusennusteesta kaavaehdotukseen



Kuva 13. Typpidioksidipitoisuuden ohjearvoon verrannollisen tuntikeskiarvon absoluuttinen muutos [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

TAMPERE 2020

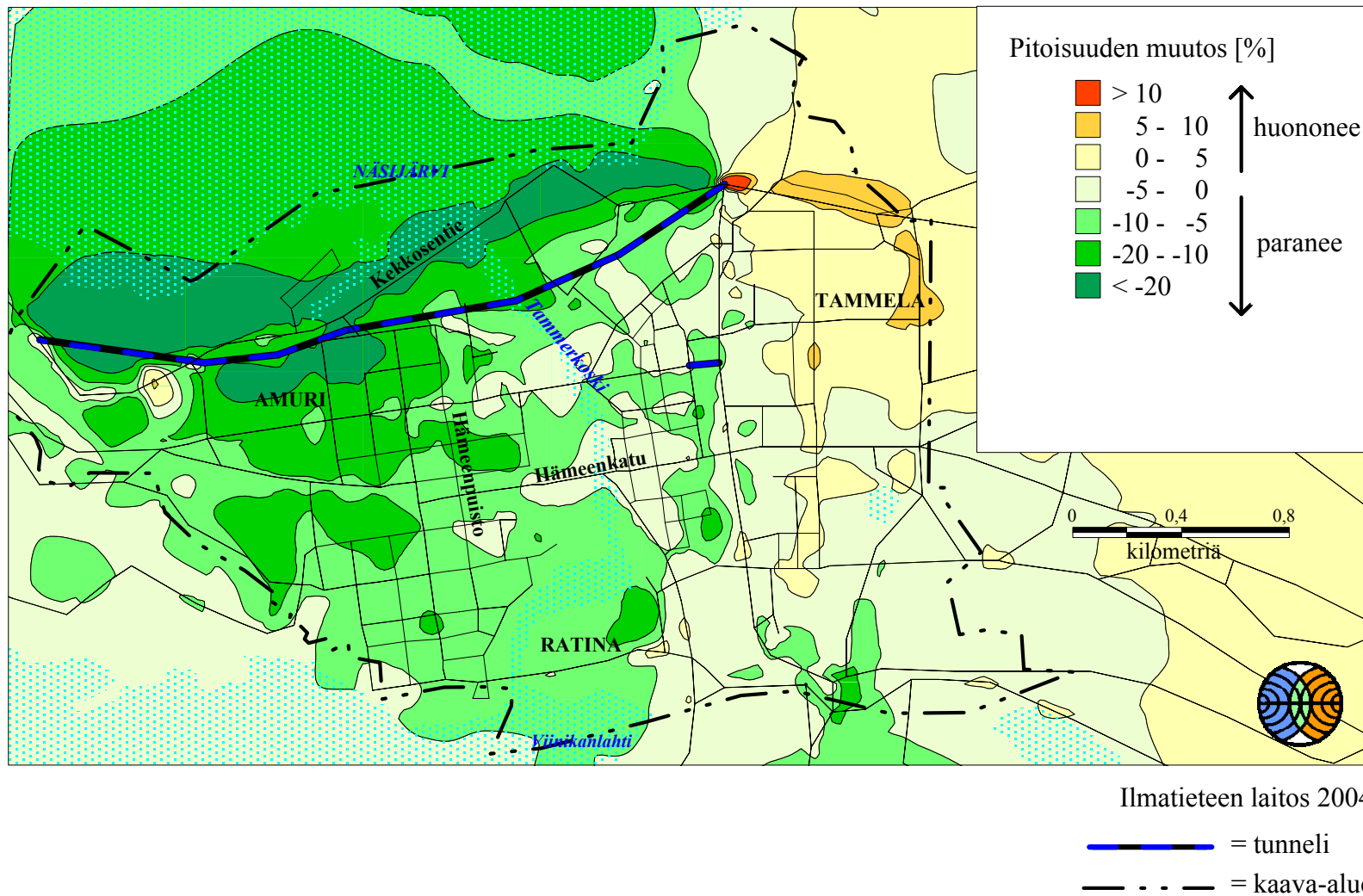
Muutos perusennusteesta kaavaehdotukseen



Kuva 14. Typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvon suhteellinen muutos [%].

TAMPERE 2020

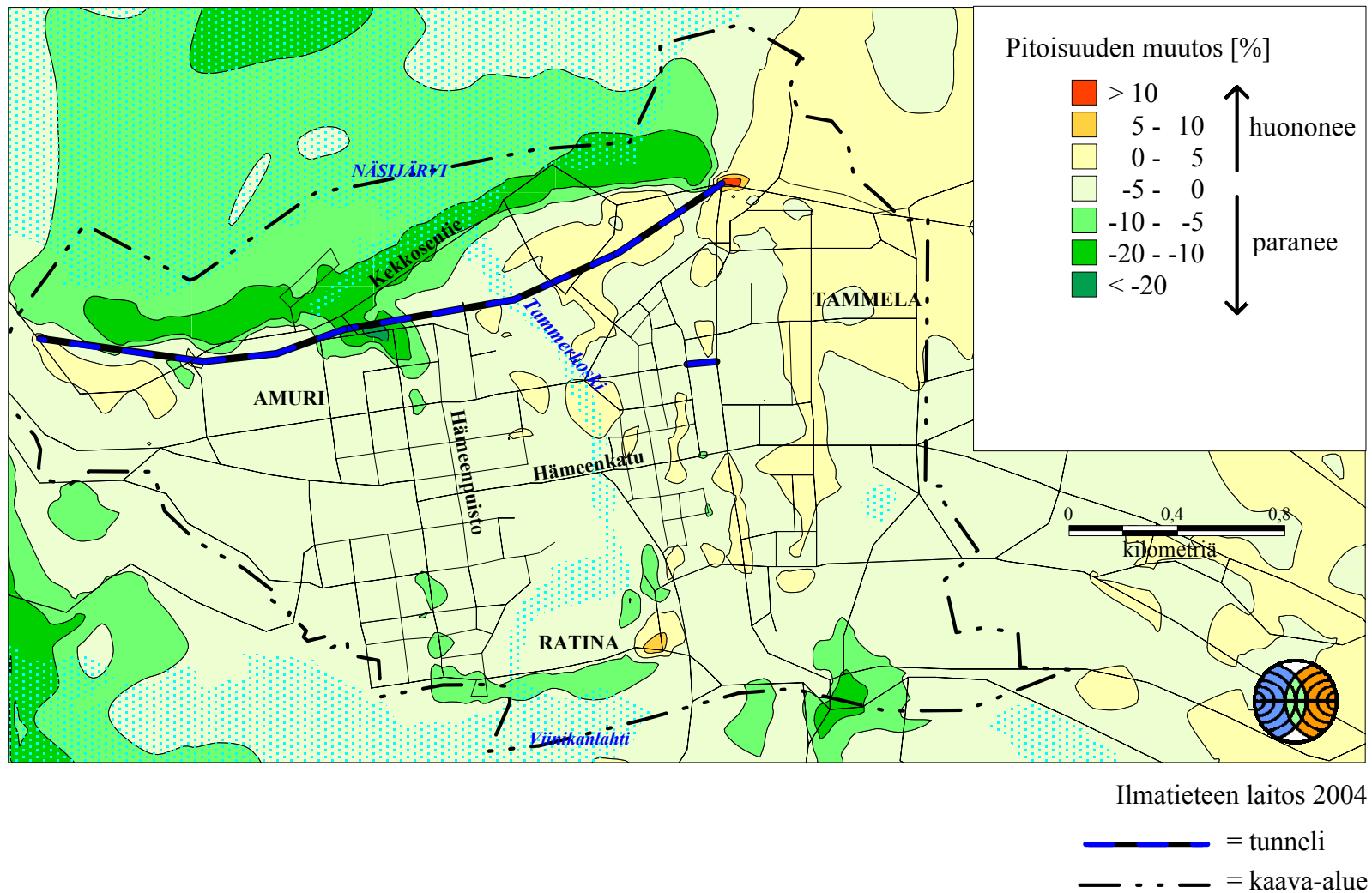
Muutos perusennusteesta kaavaehdotukseen



Kuva 15. Typpidioksidipitoisuuden ohjearvoon verrannollisen vuorokausikeskiarvon suhteellinen muutos [%].

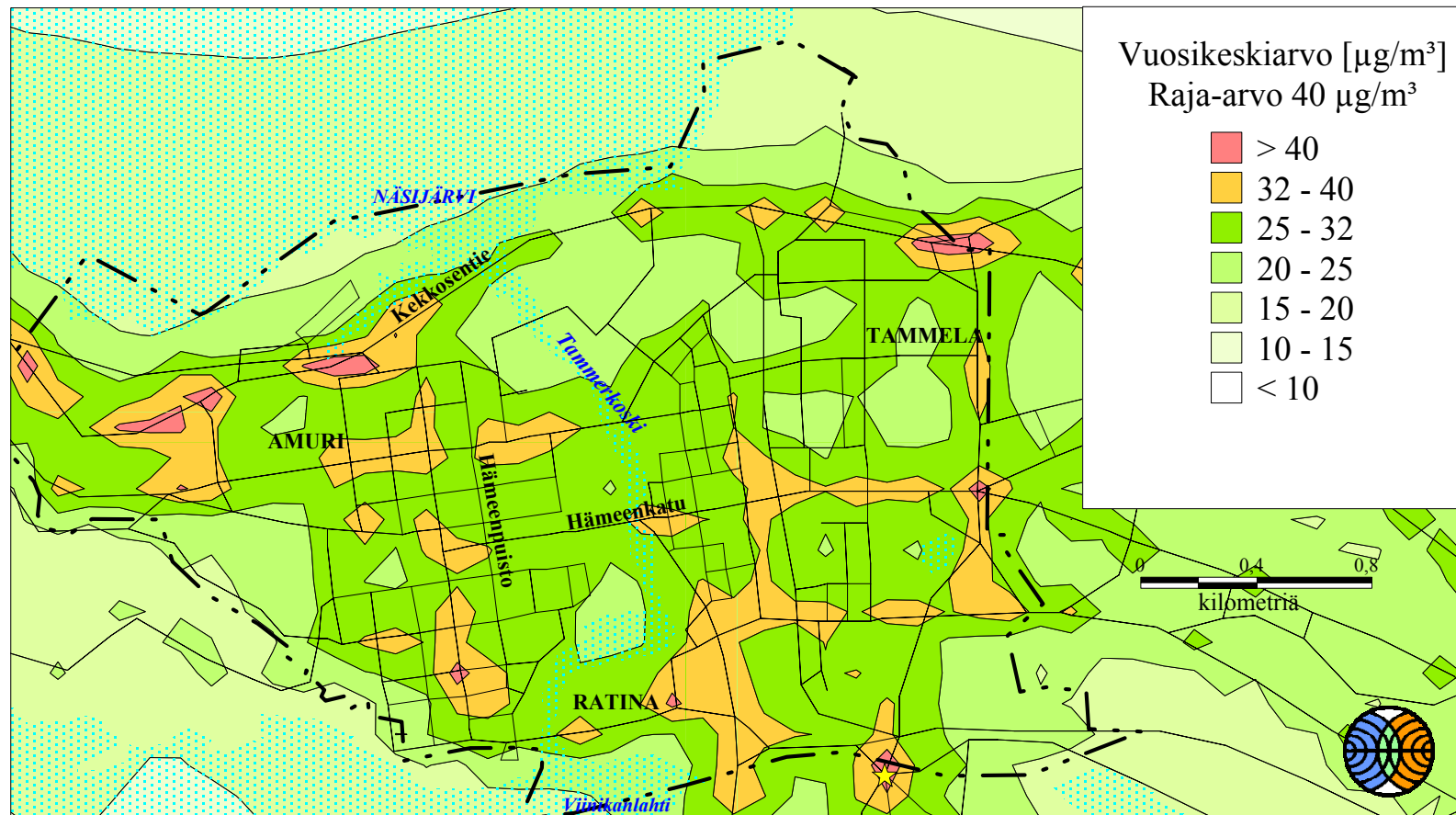
TAMPERE 2020

Muutos perusennusteesta kaavaehdotukseen



Kuva 16. Tyypidioksidipitoisuuden ohjearvoon verrannollisen tuntikeskiarvon suhteellinen muutos [%].

TAMPERE 2000



★ = maksimi = $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$

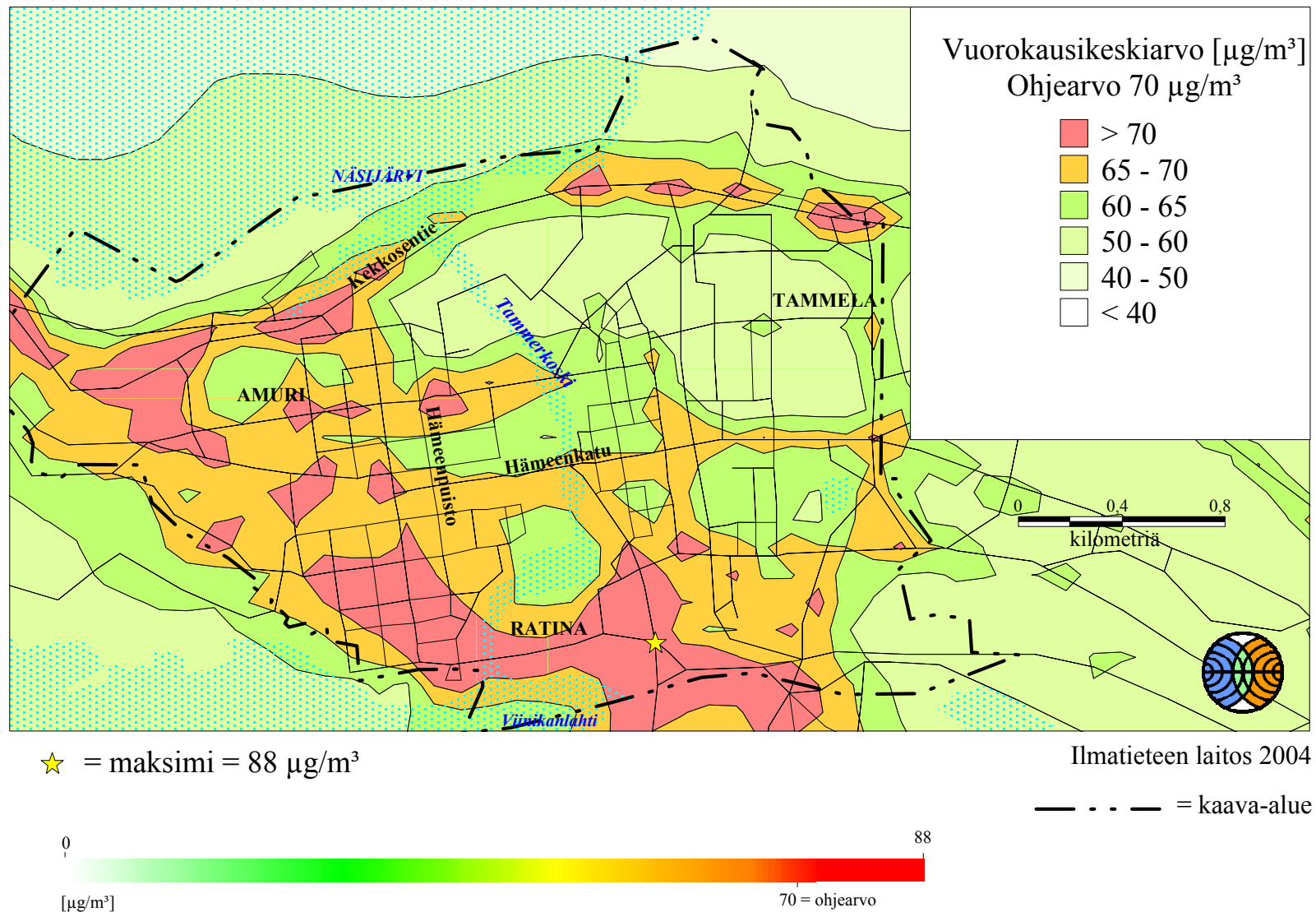


Ilmatieteen laitos 2004

— . . — = kaava-alue

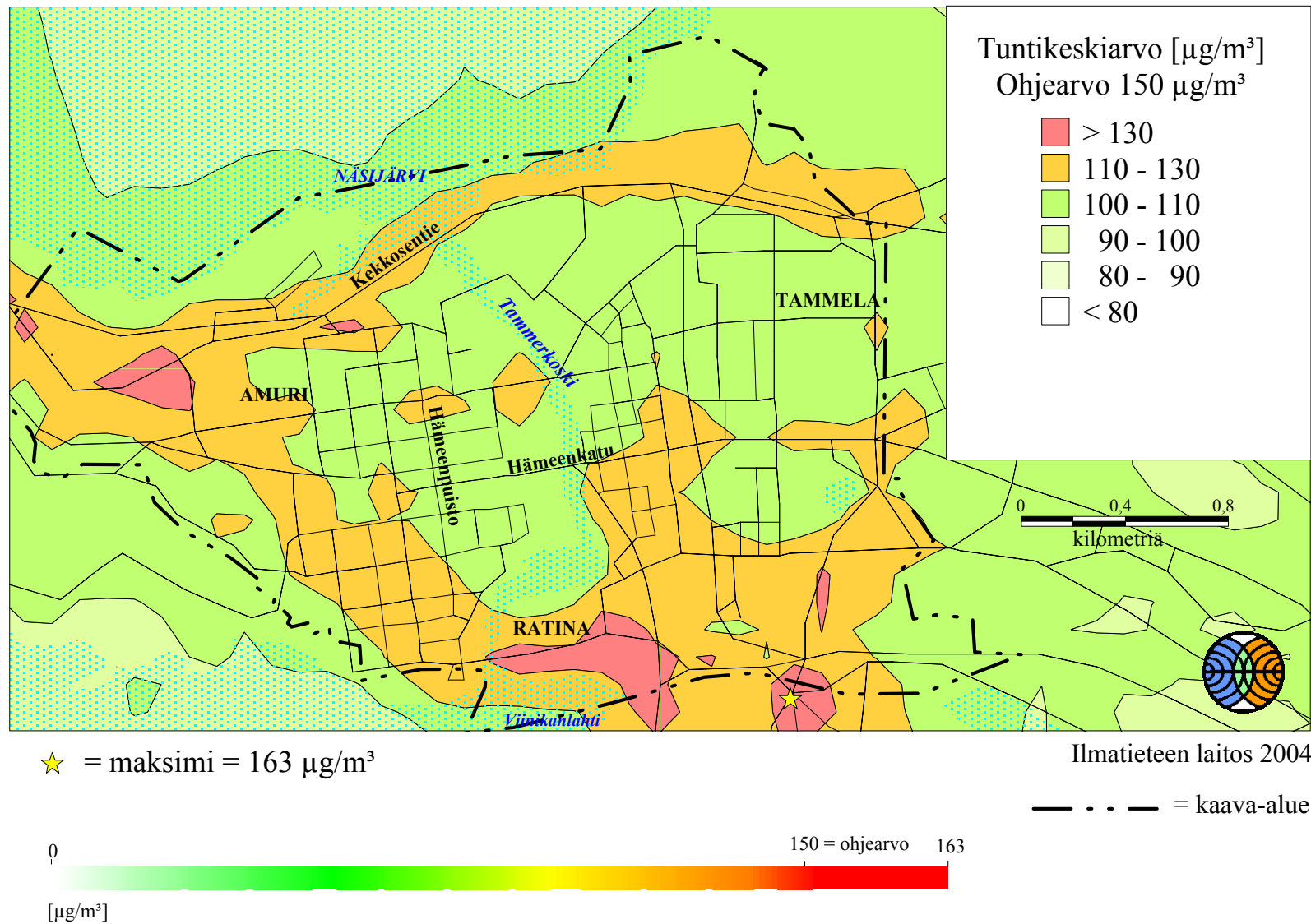
Kuva 17. Typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

TAMPERE 2000



Kuva 18. Typpidioksidipitoisuuden korkein ohjearvoon verrannollinen vuorokausikeskiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

TAMPERE 2000



Kuva 19. Typpidioksidipitoisuuden korkein ohjearvoon verrannollinen tuntikeskiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].