



HELEN OY:N PATOLAN LÄMPÖKESKUKSEN ILMANLAATUVAIKUTUSTEN ARVIOINTI

ILMANLAATUSELVITYS



ILMANLAATUSELVITYS

**HELEN OY:N
PATOLAN LÄMPÖKESKUKSEN
ILMANLAATUVAIKUTUSTEN ARVIOINTI**

**Antti Wemberg
Jenni Latikka**

**ILMATIETEEN LAITOS – ASiantuntijapalvelut
ILMANLAATU JA ENERGIA
Helsinki 19.6.2017**

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	3
2	TAUSTATIETOA ILMANLAADUSTA	3
2.1	Ilmanlaatuun vaikuttavat tekijät	3
2.2	Rikkidioksidi	4
2.3	Typpidioksidi	4
2.4	Hiukkaset	5
2.5	Ilmanlaatuun liittyvä lainsäädäntö	7
3	MENETELMÄT	9
3.1	Leviämismallilaskelmien kuvaus	9
3.2	Leviämismallilaskelmien lähtötiedot	11
4	TULOKSET	14
4.1	Rikkidioksidipitoisuudet maksimipäästötilanteessa	15
4.2	Typpidioksidipitoisuudet maksimipäästötilanteella	17
4.3	Hiukkaspitoisuudet maksimipäästötilanteella	18
5	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	20
6	VIITELUETTELO	21
	LIITTEET	22

1 JOHDANTO

Tutkimuksessa arvioidaan leviämismallilaskelmin Helen Oy:n Patolan lämpökeskuksen päästöjen aiheuttamia ilmanlaatuvaikutuksia laitoksen ympäristössä kahdella eri tarkasteluvaihtoehdolla. Ensimmäisessä tarkastelussa selvityksessä on mukana olemassa oleva piippu (korkeus 130 m) sekä suunnitteilla olevan pellettilämpökeskuksen piippu (korkeus 80 m). Toisessa tarkastelussa ovat samat lähtötiedot, mutta pellettilämpökeskuksen piipun korkeus on 60 m. Leviämismallilaskelmilla tarkasteltiin laitoksen rikkidioksidi-, typenoksidi- ja hiukkaspäästöjen maanpintatasolle aiheuttamaa pitoisuutta.

Lämpökeskuksen päästöjen ilmanlaatuvaikutuksia arvoitiin leviämismallilaskelmilla epäpuhtauksittain teoreettisena maksimipäästötarkasteluna. Maksimipäästö-tarkastelussa laitoksen oletetaan toimivan vuoden ympäri täydellä teholla. Tällä menetelmällä selvitetään kuinka korkeiksi pitoisuudet voivat enimmillään kohota maksimipäästön esiintyessä satunnaisesti erilaisissa meteorologisissa olosuhteissa kolmen vuoden (2013–2015) tarkastelujaksolla. Selvityksessä ei ole otettu huomioon laitoksen todennäköisiä käyntiaikoja, mahdollisia huoltotaukoja tai prosessivaihtelua. Leviämismallinnuksen tuloksena saatuja pitoisuuksia on verrattu ilmanlaadun ohje- ja raja- ja tavoitearvoihin.

Työn tilasi Helen Oy, joka vastasi leviämismallilaskelmissa tarvittavista päästöihin ja tekniisiin tietoihin liittyvistä lähtötiedoista. Leviämismallilaskelmat tehtiin Ilmatieteen laitoksen Asiantuntijapalvelut -yksikössä.

2 TAUSTATIETOA ILMANLAADUSTA

2.1 Ilmanlaatuun vaikuttavat tekijät

Ilmanlaatua heikentävien ilmansaasteiden suurimpia päästölähteitä Suomessa ovat liikenne, energiantuotanto, teollisuus ja puun pienpoltto. Ilmansaasteita kulkeutuu Suomeen myös kaukokulkeumana maamme rajojen ulkopuolelta. Ilmansaasteiden päästöistä suurin osa vapautuu ilmakehän alimpaan kerrokseen, jota kutsutaan 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 muiden ilmassa olevien yhdisteiden kanssa muodostaen uusia yhdisteitä. Ilmansaasteet poistuvat ilmasta sateen huuhtomina (märkälasseuma), kuivalasseumana erilaisille pinnoille tai kemiallisen muutunnan kautta.

Ilmansaasteiden leviäminen tapahtuu pääosin ilmakehän alimmassa osassa, rajakerroksessa. Sen korkeus on Suomessa tyypillisesti alle kilometri, mutta etenkin 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 tuoliolosuhteet 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, jonka määrää ilmakehän pystysuuntainen lämpötilarakenne ja mekaaninen turbulenssi eli alustan kitkan synnyttämä ilman pyörteisyys. Ilmakehän stabiiliustilanteista 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 yläpuolelleen 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 liikenne-ruuhkien aikana, koska ilmansaasteet kerääntyvät matalaan ilmakerrokseen päästölähteiden lähelle.

2.2 Rikkidioksidi

Ulkoilman rikkidioksidipitoisuudet ovat nykyisin alhaisella tasolla Suomessa. Rikkidioksidipäästöjen tehokkaan ja pitkäjänteisen rajoittamisen seurauksena taajama-alueiden rikkidioksidipitoisuudet ovat laskeneet lähelle tausta-alueiden pitoisuuksia. Ulkoilmassa oleva rikkidioksidi on pääosin peräisin energiantuotannosta, teollisuudesta ja laivojen päästöistä. Teollisuuspaikkakunnilla rikkidioksidipitoisuudet voivat kohota lyhytaikaisesti ja paikallisesti epäedullisissa meteorologisissa tilanteissa ja häiriöpäästötilanteissa. Puhtailla tausta-alueilla rikkidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvot ovat olleet noin 1–2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

2.3 Typpidioksidi

Typen yhdisteitä vapautuu päästölähteistä ilmaan typen oksideina eli typpimonoksidina (NO) ja typpidioksidina (NO₂). Näistä yhdisteistä terveysvaikutuksiltaan haitallisempaa on typpidioksidi, jonka pitoisuuksia ulkoilmassa säädellään ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoilla. Typpidioksidin määrään ilmassa vaikuttavat myös kemialliset 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.

Typpidioksidille herkimpiä väestöryhmiä ovat lapset ja astmaatit, joiden hengitysoireita kohonnut pitoisuudet voivat lisätä suhteellisen nopeasti.

Pakkaskaudella tapahtuva typpidioksidipitoisuuden kohoaminen on erityisen haitallista astmaatikoille, koska jo puhtaan kylmän ilman hengittäminen rasituksessa aiheuttaa useimmille astmaatikoille keuhkoputkien supistusta ja typpidioksidi pahentaa tästä aiheutuvia oireita kuten hengenahdistusta ja yskää.

Typpidioksidin vuosikeskiarvopitoisuudet ovat suurimmissa kaupungeissa keskimäärin 20–30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Vilkkaimmilla teillä ja katukuiluosuuksilla pitoisuudet voivat olla lähellä vuosiraja-arvoa 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Pienissä ja keskisuurissa kaupungeissa typpidioksidin vuosikeskiarvot ovat yleensä noin 10–20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Komppula ym., 2014). Typpidioksidin tuntipitoisuudet voivat kohota yli raja-arvotason (200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) suurimpien kaupunkien vilkkaasti liikennöidyillä keskusta-alueilla muutamia kertoja vuodessa (Ilmanlaatuportaali, 2016). Ylitystunteja saa olla vuodessa 18 kpl, ennen kuin raja-arvo katsotaan ylittyneeksi. Puhtailla tausta-alueilla typpidioksidin vuosikeskiarvot ovat olleet Etelä-Suomessa noin 2–6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Pohjois-Suomessa noin 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

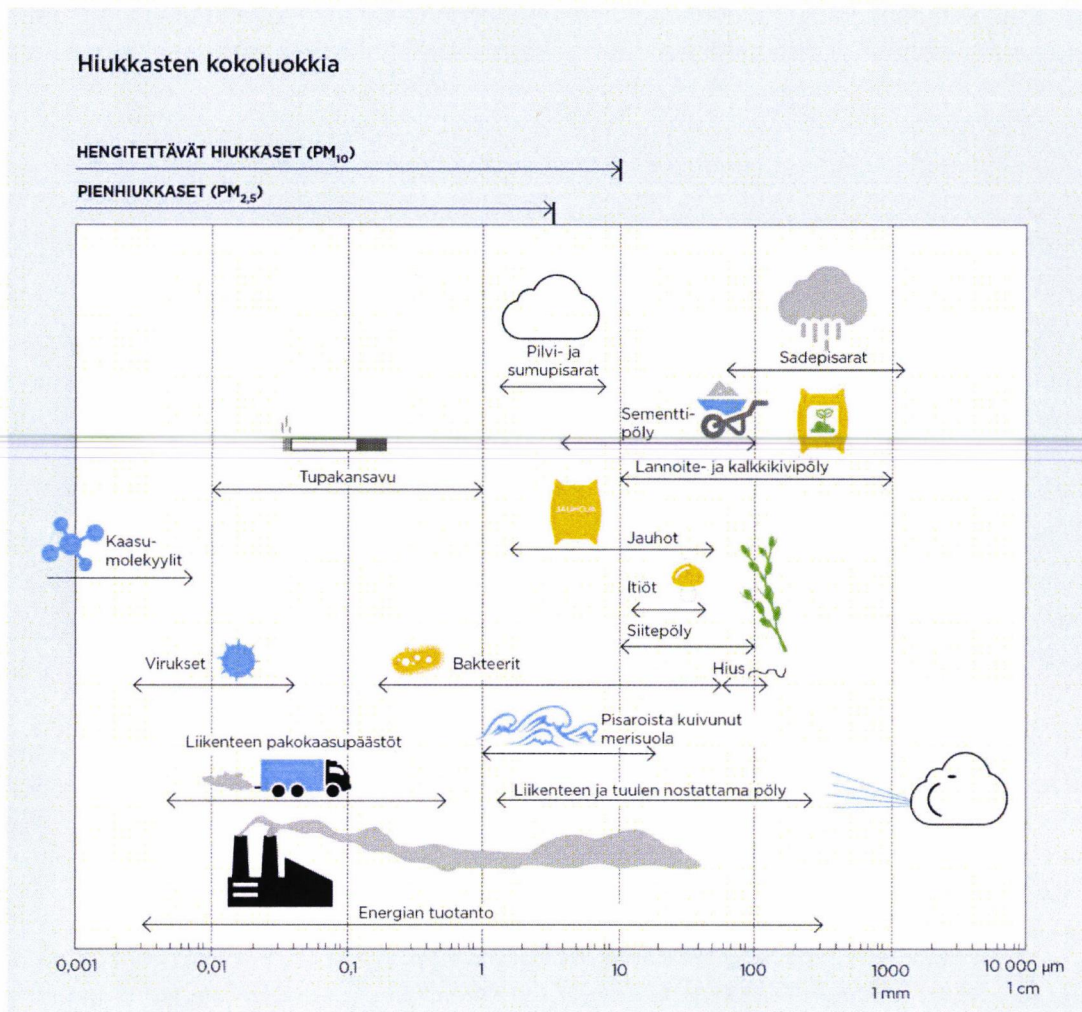
2.4 Hiukkaset

Ulkoilman hiukkaset ovat nykyisin merkittävimpiä ilmanlaatuun vaikuttavia tekijöitä Suomen kaupungeissa. Pienhiukkasia pidetään haitallisimpana ilmaperäisenä ympäristötekijänä ihmisten terveydelle. Ulkoilman hiukkaset ovat taajamissa suurelta osin peräisin liikenteen ja tuulen nostattamasta katupölystä (ns. resuspensio) eli epäsuorista päästöistä. Hiukkaspitoisuuksia kohottavat myös ihmisperäiset suorat hiukkaspäästöt, jotka ovat peräisin energiantuotannon ja teollisuuden prosesseista, autojen pakokaasuista ja puun pienpoltosta. Hiukkasiin on sitoutunut myös erilaisia haitallisia yhdisteitä kuten hiilivetyjä ja raskasmetalleja.

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. Hengitettäville hiukkasille, joiden halkaisija on alle 10 mikrometriä (PM_{10}), on annettu ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet kohoavat erityisesti keväällä, jolloin jauhautunut hiekoitushiekka ja asfalttipöly nousevat ilmaan kuivilta kaduilta liikenteen nostattamana. Pienhiukkaset, joiden halkaisija on alle 2,5 mikrometriä ($\text{PM}_{2,5}$), ovat pääasiassa peräisin suorista autoliikenteen ja teollisuuden päästöistä sekä kaukokulkeumasta, jonka lähde voi olla esimerkiksi metsä- ja maastopalot. Pienhiukkaspitoisuudelle on annettu vuosiraja-arvo. Hiukkasten kokoluokkia on havainnollistettu kuvassa 1.

Suurimmat hiukkaspitoisuudet esiintyvät vilkkaasti liikennöidyissä kaupunkikeskustoissa. Suomessa hiukkaspitoisuudet kohoavat yleensä voimakkaasti keväällä maaliskuussa, kun maanpinnan kuivuessa tuuli ja liikenne nostattavat katupölyä ilmaan. Liikenteen vaikutukset korostuvat matalan päästökorkeuden vuoksi. Hengitettäville hiukkasille annettu vuorokausiohjarvo (70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ylittyy keväisin yleisesti Suomen kaupungeissa samoin kuin vuorokausipitoisuuksille asetettu raja-arvotaso (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Vuorokausiraja-arvotason ylityksiä saa olla kullakin mittausasemalla 35 kappaletta vuodessa, ennen kuin raja-arvo katsotaan ylittyneeksi. Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuudelle annettu raja-arvo on ylittynyt vain Helsingin keskustassa

(viimeisin raja-arvon ylitys oli vuonna 2006). Katupölyn muodostumiseen voidaan merkittävästi vaikuttaa oikea-aikaisella katujen siivouksella ja kunnossapidolla sekä pölynsidonnalla.



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

Maamme suurimpien kaupunkien keskusta-alueilla on mitattu useina vuosina yli $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$:n hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvoja. Hengitettävien hiukkasten vuosipitoisuudelle annettu raja-arvo $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ on alittunut Suomessa. Pääkaupunkiseudulla mitatut hengitettävät hiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudet ovat olleet suurimmillaan tasoa $25\text{--}30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pienempienkin kaupunkien keskusta-alueilla hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvot voivat ylittää $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Komppula ym., 2014). Puhtailla tausta-alueilla vuosikeskiarvopitoisuudet ovat olleet Etelä-Suomessa noin $9\text{--}12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Pohjois-Suomessa noin $3\text{--}6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Pienhiukkaspitoisuuden (PM_{2,5}) vuosikeskiarvolle määritetty raja-arvo 25 µg/m³ alittuu kaikkialla Suomessa. Korkeimmillaan vuosipitoisuus on ollut Helsingin vilkkaasti liikennöidyillä keskusta-alueilla noin 12–14 µg/m³. Maaseututausta-alueilla pitoisuustaso on Etelä-Suomessa noin 7–10 µg/m³, Keski-Suomessa noin 4–7 µg/m³ ja Pohjois-Suomessa noin 3 µg/m³. Pitoisuuserot erityyppisten mittausympäristöjen välillä ovat melko pieniä: kaupunkiympäristön päästölähteet kohottavat vuositasolla pitoisuuksia liikenneympäristöissä noin 3–4 µg/m³ ja kaupunkitausta-alueilla noin 1–2 µg/m³ taustapitoisuuksista. Pienhiukkasten taustapitoisuudesta valtaosa on kaukokulkeutunutta hiukkasainesta. Kaukokulkeuma muodostaa huomattavan osan myös kaupunki-ilman pienhiukkaspitoisuuksista (*Alaviippola ja Pietarila, 2011*).

2.5 Ilmanlaatuun liittyvä lainsäädäntö

Leviämismallilaskelmilla tai ilmanlaadun mittauksilla saatuja ulkoilman epäpuhtauksien pitoisuuksia voidaan arvioida vertaamalla niitä ilmanlaadun ohje-, raja- 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 ja 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 rikkidioksidin, typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuudet eivät saisi ylittää taulukon 1 raja-arvoja alueilla, joilla ihmiset saattavat altistua ilmansaasteille.

Kasvillisuuden ja ekosysteemien suojelemiseksi on rikkidioksidin vuosikeskiarvopitoisuuksille annettu kriittinen taso 20 µg/m³ ja typen oksidien (NO_x) vuosikeskiarvopitoisuuksille kriittinen taso 30 µg/m³. Näitä tasoja sovelletaan rakennetun ympäristön ulkopuolella olevilla alueilla, kuten luonnonsuojelun kannalta merkityksellisillä alueilla ja laajoilla maa- ja metsätalousalueilla (*Vna 79/2017*).

Ilmanlaadun ohjearvot on otettava huomioon suunnittelussa ja niitä sovelletaan mm. alueiden käytön, kaavoituksen, rakentamisen ja liikenteen suunnittelussa ja ympäristölupaharkinnassa. Ohjearvojen soveltamisen avulla pyritään ehkäisemään ennalta ilmansaasteiden aiheuttamia terveysvaikutuksia. Suomessa voimassa olevat ulkoilman rikkidioksidin, typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia koskevat ilmanlaadun ohjearvot on esitetty taulukossa 2. WHO on antanut lisäksi suosituksenomaisina ohjearvoina pienhiukkasten vuorokausikeskiarvopitoisuudelle ohjearvon 25 µg/m³ ja vuosikeskiarvopitoisuudelle ohjearvon 10 µg/m³ (*WHO, 2006*). WHO:n ohjearvot eivät ole osa Suomen lainsäädäntöä.

Taulukko 1. Terveyshaittojen ehkäisemiseksi annetut ulkoilman rikkidioksidin, typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuuksia koskevat raja-arvot (Vna 79/2017).

Ilman epäpuhtaus	Keskiarvon laskenta-aika	Raja-arvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (293 K, 101,3 kPa)	Sallittujen ylitysten määrä kalenterivuodessa
Rikkidioksidi (SO_2)	1 tunti	350 ¹⁾	24
	24 tuntia	125 ¹⁾	3
Typpidioksidi (NO_2)	1 tunti	200 ¹⁾	18
	kalenterivuosi	40 ¹⁾	–
Hengitettävät hiukkaset (PM_{10})	24 tuntia	50 ²⁾	35
	kalenterivuosi	40 ²⁾	–
Pienhiukkaset ($\text{PM}_{2,5}$)	kalenterivuosi	25 ²⁾	–

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

²⁾ Tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

Taulukko 2. Ulkoilman rikkidioksidin, typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia koskevat ilmanlaadun ohjearvot (Vnp 480/1996).

Ilman epäpuhtaus	Ohjearvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (293 K, 101,3 kPa)	Tilastollinen määrittely
Rikkidioksidi (SO_2)	250	Kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste
	80	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
Typpidioksidi (NO_2)	150	Kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste
	70	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
Hengitettävät hiukkaset (PM_{10})	70	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo

3 MENETELMÄT

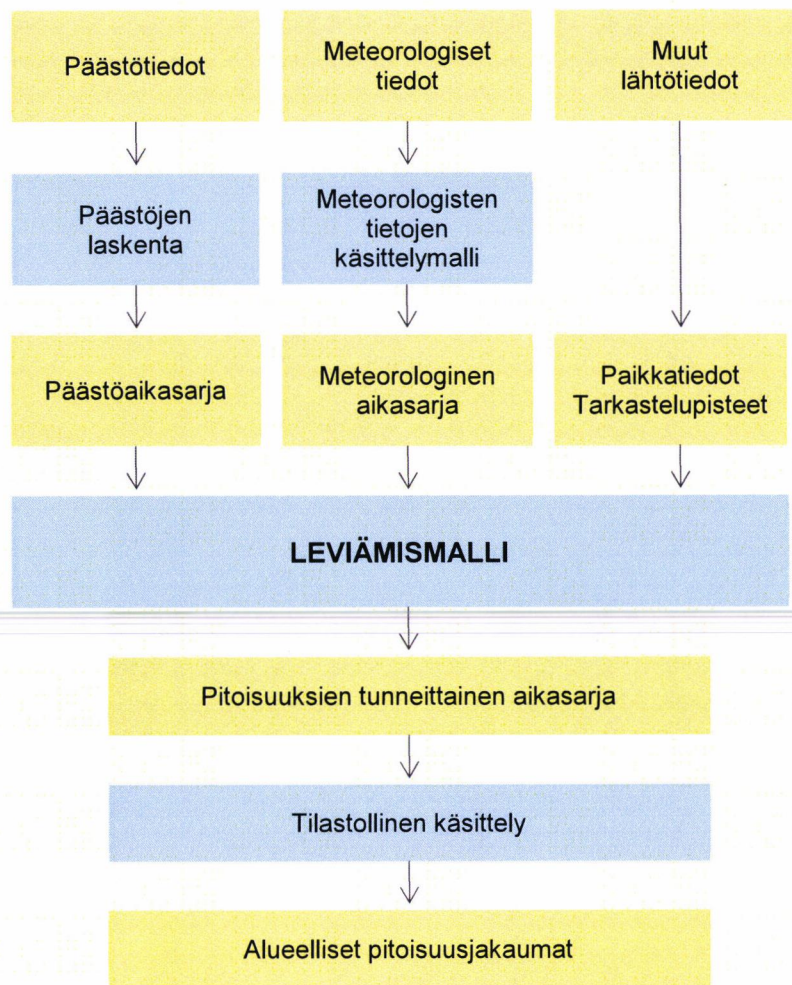
3.1 Leviämismallilaskelmien kuvaus

Leviämismalleilla tutkitaan päästöjen kulkeutumista ilmakehässä ja niiden aiheuttamia ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia maanpinnan tasolla. Malleihin sisältyy usein laskentamenetelmiä, joiden avulla voidaan tarkastella epäpuhtauksien muuntumista, kemiallisia reaktioita ja poistumista ilmakehästä laskeumana sekä ilman epäpuhtauspitoisuuksien muodostumista. Tässä tutkimuksessa käytettiin Ilmatieteen laitoksella kehitettyjä leviämismalleja laitoksen päästöjen leviämisen kuvaamiseen ja niiden ilmanlaatuvaikutusten arvioimiseen.

Ilmatieteen laitoksen leviämismalleja on kehitetty pitkäjänteisesti tavoitteena tuottaa luotettavaa tietoa ilmanlaadusta mm. kaupunki- ja liikennesuunnittelun, ilmansuojelutoimenpiteiden suunnittelun tueksi sekä ilman epäpuhtauksista aiheutuvan väestön altistumisen arvioimiseksi. Mallien toimintaa on kehitetty lukuisissa tutkimusprojekteissa ja verifiointitutkimusten mukaan mallinnusten tulokset on todettu Suomen taajamien ja teollisuusympäristöjen ilmanlaadun mittaustulosten kanssa hyvin yhteensopiviksi. Leviämismalleilla saatujen tulosten on osoitettu täyttävän hyvin ilmanlaatuasetuksessa (*Vna 38/2001*) annetut laatutavoitteet mallintamiselle sallituista epävarmuuksista.

Nykyisissä Ilmatieteen laitoksen leviämismalleissa kuvataan tarkasti päästökohdassa tapahtuvaa mekaanista ja lämpötilaeroista johtuvaa nousulisää, lähimpien esteiden aiheuttamaa savupainumaa, ilmassa tapahtuvia päästöaineiden kemiallisia prosesseja sekä epäpuhtauksien poistumamekanismeja. Malleihin sisältyy laskentamenetelmä typenoksidien kemialliselle muutunnalle. Autoliikenteen ja energiantuotannon typenoksidipäästöt koostuvat tyypidioksidista sekä typpimonoksidista, jota on valtaosa päästöistä. Osa typpimonoksidista hapettuu ilmassa terveydelle haitallisemmaksi tyypidioksidiksi.

Tässä selvityksessä käytetyllä leviämismallilla voidaan arvioida ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia ja hajujen esiintymistä päästölähteen lähialueilla. Kaupunkimallia UDM-FMI (Urban Dispersion Modelling system) käytetään pistemäisten päästölähteiden (esim. piippujen) ilmanlaatuvaikutusten arviointiin. Kaavio leviämismallin toiminnasta on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Kaaviokuva Ilmatieteen laitoksella kehitetyn leviämismallin, kaupunkimallin UDM-FMI toiminnasta.

Leviämismallien lähtötiedoiksi tarvitaan tietoja päästöistä ja niiden lähteistä, mittaamalla ja mallittamalla saatuja tietoja ilmakehän tilasta sekä tietoja epäpuhtauksien taustapitoisuuksista. Lisäksi lähtötiedoiksi tarvitaan erilaisia paikkatietoja, kuten tietoja maanpinnan korkeudesta ja laadusta sekä päästölähteiden sijainnista. Pistemäisten lähteiden päästöjen laskennassa huomioidaan lähdekohtaiset päästöt, savukaasujen ominaisuudet ja laitoksen tekniset tiedot. Maksimipäästötarkastelussa päästöjen tason oletetaan olevan suurimmillaan koko tarkastelujakson (3 vuotta) ajan.

Leviämismallin tarvitseman meteorologisen aikasarjan muodostuksessa käytetään Ilmatieteen laitoksella kehitettyä meteorologisten tietojen käsittelymallia, joka perustuu ilmakehän rajakerroksen parametrisointimenetelmään (Karpainen, 2001). Menetelmän avulla voidaan meteorologisten rutiinihavaintojen ja fysiikan perusyhtälöiden avulla arvioida rajakerroksen tilaan vaikuttavat muuttujat, joita tarvitaan epäpuhtauksien leviämismallilaskelmissa. Menetelmässä huomioidaan tutkimusalueen paikalliset tekijät, kuten leviämisalustan rosoisuus ja vuodenaikaiset albedoarvot (maanpinnan kyky heijastaa auringon säteilyä) eri maanpinnan laaduille. Laskelmissa käytetään yleensä 1–3 vuoden pituisia tutkimusalueen sääolosuhteita

edustavaa meteorologista aineistoa. Laskelmissa käytettäviksi sääasemiksi valitaan tutkimusaluetta edustavimmat sääasemat, joilla mitataan kaikkia mallin tarvitsemia suureita. Säähavainto- ja luotausaineistot täyttävät WMO:n ja ICAO:n laatuvaatimukset. Tuulen suunta- ja nopeustiedot muodostetaan kahden tai useamman sääaseman havaintojen etäisyyspainotettuna tilastollisena yhdistelmänä. Lopputuloksena saadaan leviämismalleissa tarvittavien meteorologisten tietojen tunnitaiset aikasarjat.

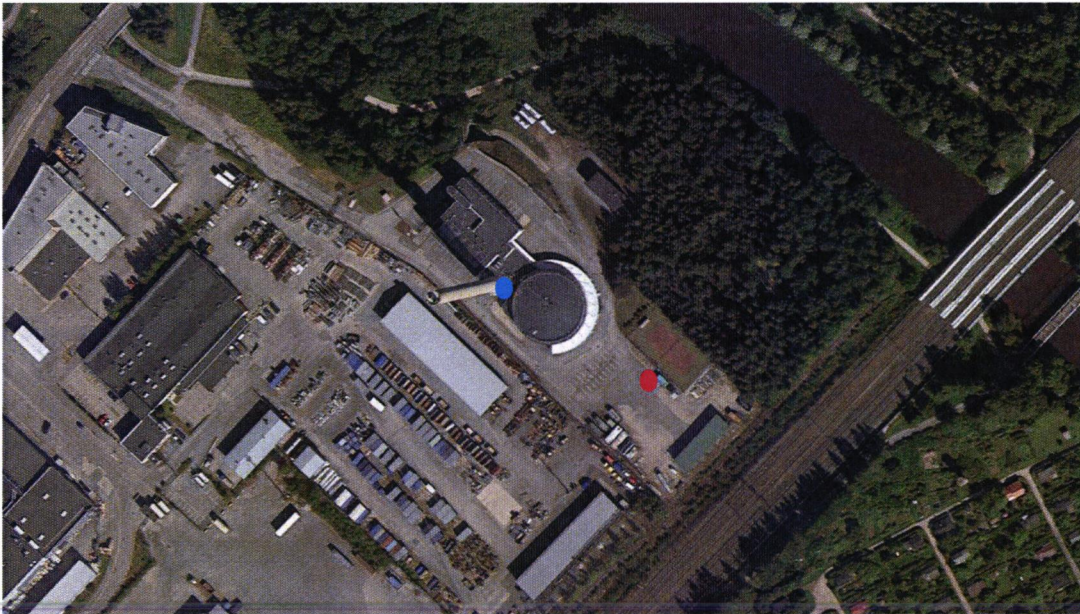
Leviämismallit laskevat epäpuhtauspitoisuuksia tarkastelujakson jokaiselle tunnille laskentapisteikköön, joka muodostetaan kullekin tutkimusalueelle sopivaksi. Laskentapisteitä on yleensä useita tuhansia ja niiden etäisyys toisistaan vaihtelee muutamasta kymmenestä metristä satoihin metreihin riippuen tutkimusalueen koosta ja tarkasteltavista kohteista. Mallin tuottamasta pitoisuusajasarjasta lasketaan tilastollisia ilmanlaadun raja- ja ohjearvoihin verrannollisia suureita, jotka esitetään raportissa mm. pitoisuuksien aluejakaumakuvina ja taulukkoina.

Leviämismallilaskelmilla saatavien tulosten luotettavuuteen vaikuttavat malliin syötettävät lähtötiedot sekä itse mallin toiminta. Mallilaskelmilla kuvataan ilmiöiden tavanomaista kehittymistä pitkällä aikavälillä yksinkertaistaen jossain määrin todellisuutta. Malliin sisältyy oletuksia ja yksinkertaistuksia, jotka ovat välttämättömiä mallin toiminnan ja lähtötietojen puutteellisen saatavuuden vuoksi. Vuosikeskiarvopitoisuudet edustavat vallitsevaa pitoisuustilannetta pitkällä ajanjaksolla ja vuorokausi- ja tuntikeskiarvopitoisuudet edustavat lyhytkestoisempia episoditilanteita, jolloin meteorologinen tilanne on paikallisesti päästöjen laimenemisen ja sekoittumisen kannalta epäedullinen. Huomionarvoista on, että suurimman osan ajasta epäpuhtauspitoisuudet ovat pienempiä kuin korkeimmat hetkelliset pitoisuudet.

Yleensä leviämismallilaskelmien tuloksiin liittyy epävarmuutta sitä enemmän mitä lyhyemmän jakson pitoisuusarvoista on kyse. Mallitulosten epävarmuuden pienentämiseksi laskennassa tarkastellaan pitkää kolmen vuoden aikasarjaa (yli 26 000 tarkastelutuntia), jolloin tilastolliset raja- ja ohjearvoihin verrannolliset pitoisuudet ovat mahdollisimman edustavia.

3.2 Leviämismallilaskelmien lähtötiedot

Tässä tutkimuksessa mallinnettiin Helen Oy:n Patolan vanhan lämpökeskuksen ja uuden pellettilämpökeskuksen ilmanlaatuvaikutuksia laitoksen ympäristössä. Suunnitelman mukaan pellettilämpökeskuksella on oma 80 metrin piippu. Olemassa olevan piipun korkeus on 130 m. Toisena vaihtoehtona on tarkasteltu pellettilämpökeskuksen piipun korkeudella 60 m. Mallinnuksessa on käytetty piippujen sijaintina kartalla osoitettuja paikkoja lämpökeskuksen alueelta (kuva 3).



Kuva 3. Helen Oy:n Patolan uuden pellettilämpökeskuksen piipun sijainti punaisella pisteellä merkittynä ja vanhan piipun paikka on kuvassa merkitty sinisellä pisteellä, Kuva: Google Maps, 2017.

Leviämlaskelmat tehtiin lämpökeskuksen päästöille teoreettisena maksimipäästötarkasteluna, jolla pyritään kuvaamaan ilmanlaatuvaikutuksia suurimmillaan. Maksimipäästötarkastelussa lämpökeskuksen oletetaan toimivan täydellä teholla koko tarkastelujakson (2013–2015) ajan. Maksimipäästötarkastelulla huomioidaan tutkimusalueelle ominaiset epäpuhtauspitoisuuksien kannalta epäedulliset meteorologiset tilanteet (esim. inversio), joissa laitoksen toiminnan päästöjen aiheuttamat epäpuhtauspitoisuudet voivat kohota merkittävästi. Mallilaskelmilla selvitettiin, kuinka korkeiksi pitoisuudet voivat suurimmillaan kohota lämpökeskuksen aiheuttaman maksimipäästön esiintyessä satunnaisesti erilaisissa meteorologisissa olosuhteissa. Maksimipäästötarkastelu on teoreettinen kuvaus lämpökeskuksen toiminnasta ja normaalitoiminnan aiheuttama kuormitus on käytännössä vähäisempää kuin maksimipäästötarkastelussa.

Leviämlaskelmat tehtiin lämpökeskuksen rikkidioksidi-, typenoksidi- ja hiukkaspäästöille. Taulukossa 3 on esitetty lämpökeskuksen päästölaskennassa käytetyt tekniset tiedot, maksimipäästötilanteesta aiheutuvat päästöt ja muut laitosta koskevat mallilaskelmissa käytetyt lähtötiedot.

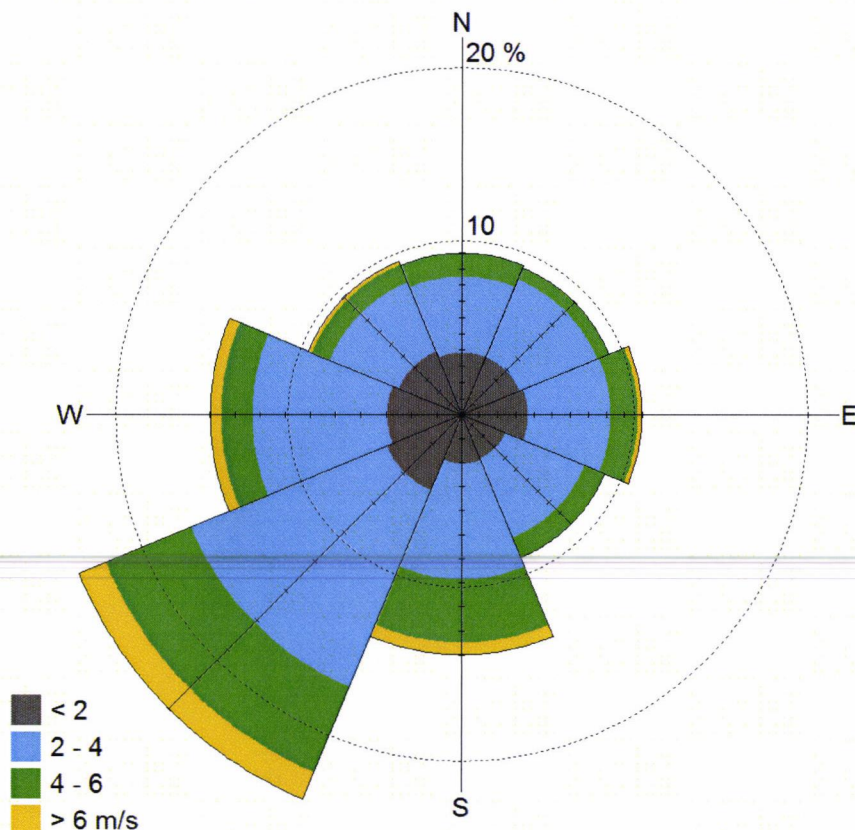
Taulukko 3. Helen Oy:n Patolan lämpökeskuksen päästölaskennassa käytetyt tekniset tiedot, maksimipäästörajojen mukaiset päästöt ja muut laitosta koskevat mallilaskelmissa käytetyt lähtötiedot.

	Maksimipäästötarkastelu pellettilämpökeskus		Maksimipäästö-tarkastelu vanha lämpökeskus
	Piippu 80 m	Piippu 60 m	
Savukaasujen lämpötila piipun suulla (°C)	55,7	55,7	130
Savukaasujen tilavuusvirtaus (Nm ³ /h)	150 336	150 336	222 160
Hormin halkaisija piipun suulla (m)	2,30	2,30	2,47
Kattilarakennuksen korkeus (m)	27	27	27
Piipun korkeus maanpinnasta (m)	80	60	13
Rikkidioksidipäästöt (g/s)	3,55	3,55	23,59
Typenoksidipäästöt NO _x (NO ₂ :na) (g/s)	8,35	8,35	14,35
Hiukkaspäästöt (g/s)	0,42	0,42	0,69

Tutkimusalue oli kooltaan 35 km × 45 km. Lämpökeskuksen päästöjen aiheuttamat pitoisuudet laskettiin laskentapisteikköön maanpintatasolle. Laskentapisteikkö sisälsi noin 111 000 laskentapistettä. Laskentapisteikössä pisteiden välisiä etäisyyksiä oli tihennetty pitoisuuksien muodostumisen kannalta merkittävimmällä alueella eli päästölähteen lähiympäristössä. Laskentapisteikön pisteet olivat tiheimmillään 20 metrin etäisyydellä toisistaan ja harvimmillaan 200 metrin etäisyydellä toisistaan. Tutkimusalueiden maanpinnan korkeuserot huomioitiin laskentapisteissä Maanmittauslaitoksen maastonkorkeusmallin mukaisesti.

Tutkimusalueen ilmastollisia olosuhteita edustava meteorologinen aikasarja muodostettiin Helsinki-Vantaan lentoaseman ja Kumpula sääasemien havaintotiedoista vuosilta 2013–2015. Sekoituskorkeuden määrittämiseen käytettiin Jokioisten observatorion radioluotaushavaintoja. Tuulen suunta- ja nopeusjakauma tutkimusalueella on esitetty kuvassa 4. Tutkimusalueella etelä- ja lounaistuulet ovat vallitsevia, kun taas koillis- ja pohjoistuulia esiintyy vähemmän.

Leviämisen aikana tapahtuvan typenoksidipäästöjen muutunnan kuvaamiseen käytettiin Ilmatieteen laitoksen Espoon Luukin taustailmanlaadun mittausasemalta saatuja otsonin pitoisuuksia vuosilta 2013–2015. Taustapitoisuuksina käytettiin pitoisuuksien kuukausittain laskettuja tunnittaisia keskiarvoja, joilla pyrittiin kuvaamaan otsonipitoisuuksien vuorokauden sisäistä vaihtelua (*Ilmanlaatuportaali, 2016*).



Kuva 4. Tuulen suunta- ja nopeusjakauma tutkimusalueella vuosina 2013–2015, Laske tuulitiedot kuvaavat olosuhteita 10 metrin korkeudella maan pinnasta.

4 TULOKSET

Tutkimuksessa selvitettiin leviämislaskelmin Helen Oy:n Patolan vanhan lämpökeskuksen ja uuden pellettilämpökeskuksen päästöjen aiheuttamia ilmanlaatuvaikutuksia laitoksen ympäristössä maanpintatasolla. Selvitys tehtiin pellettikeskuksen kahdella piipun korkeudella.

Maksimipäästötarkastelulla on mahdollista saada esiin päästöjen leviämisen ja laimenemisen kannalta epäedullisissa meteorologisissa tilanteissa (esim. inversio) syntyvät korkeimmat pitoisuudet, jotka laitoksen normaalin toiminnan mallilaskelmissa voivat jäädä huomioimatta. Maksimipäästötarkastelun tuloksena esitetyt korkeimmat pitkäaikaispitoisuudet (vuosikeskiarvot) yleensä yliarvioivat pitoisuuksia, koska laitoksen toiminta jatkuvalla täydellä teholla on teoreettista. Tarkastelu ei ota huomioon todellisia käyttötunteja, prosessien vaihtelua tai laitoksen huoltotaukoja.

Leviämismallilaskelmien pitoisuustulokset esitetään taulukkoina, kuvaajina ja karttakuvina. Aluejakaumakuvissa on esitetty laskentapisteittäisistä keskiarvoista samanarvonviivoin muodostetut korkeimpien pitoisuuksien alueet, joilla tietyn pitoisuuden ylittyminen on pitkän havaintojakson aikana todennäköistä.

Pitoisuuksien aluejakaumat eivät edusta koko tulostusalueella yhtä aikaa vallitsevaa pitoisuustilannetta vaan ne kuvaavat eri päivinä ja eri tunteina esiintyvien, raja- ja ohjearvoihin verrannollisten pitoisuuksien maksimitasoa tutkimusalueen eri osissa. Suurimman osan ajasta pitoisuudet ovat kaikissa laskentapisteissä selvästi pienempiä kuin aluejakaumakuvissa esitetyt korkeimmat arvot. Lisäksi suurimmassa osassa tutkimusaluetta pitoisuudet ovat jatkuvasti merkittävästi pienempiä kuin niissä kohteissa, joissa maksimi-arvot esiintyvät.

Pitoisuuksien aluejakaumissa esiintyy kohonneiden pitoisuuksien kielekkeitä, joiden sijaintiin vaikuttaa hetkellinen tuulen suunta ja ilmakehän olosuhteet. Maanpinnan muodot voivat aiheuttaa aluejakaumiin erillisiä suppeita alueita, joissa pitoisuudet ovat joko korkeampia tai matalampia kuin lähiympäristössään.

Pistemäisten päästölähteiden välittömään läheisyyteen muodostuu usein ns. katvealue, jossa pitoisuudet ovat minimissään ja kasvavat lyhyellä etäisyydellä nopeasti. Tällaisten aivan päästölähteen ympärille muodostuvien, muita arvoja matalampien pitoisuuksien alueiden laajuuteen vaikuttavat piipun korkeus ja poistokaasujen nousulisä. Nousulisää aiheuttavat poistokaasujen nousunopeus piipussa sekä ulkolämpötilan ja poistokaasujen lämpötilan välinen ero.

4.1 Rikkidioksidipitoisuudet maksimipäästöttilanteessa

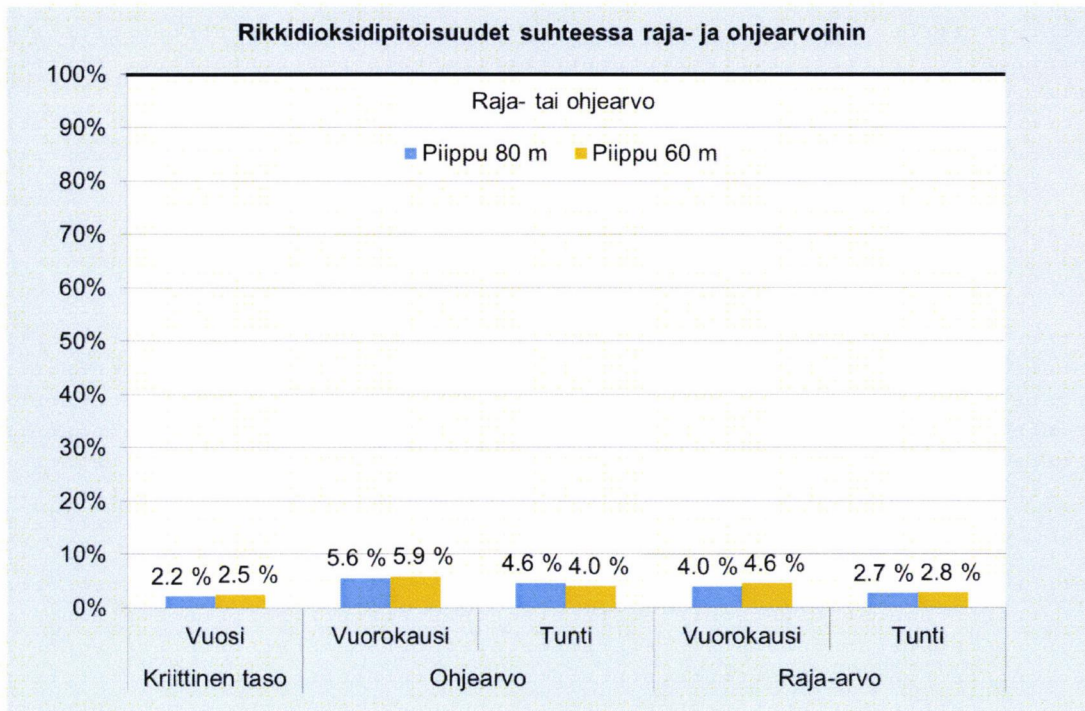
Leviämismallilaskelmien tuloksina maksimipäästötarkastelulla saadut lämpökeskuksen päästöjen aiheuttamat ulkoilman rikkidioksidipitoisuuksien suurimmat arvot tutkimusalueella on esitetty taulukossa 4. Korkeimpien pitoisuuksien suhde voimassa oleviin raja- ja ohjearvoihin on esitetty kuvassa 5. Tuloksista nähdään, että voimalaitoksen päästöjen aiheuttamat rikkidioksidipitoisuudet alittavat selvästi voimassa olevat ohje- ja raja-arvot, ollen enimmillään alle 6 % vuorokausi- ja tuntiohjearvoista.

Rikkidioksidipitoisuuden alueellinen jakautuminen voimalaitoksen ympäristössä pellettikattilan piipun korkeudella 80 m on esitetty liitekuviissa 1 ja 2. Liitekuviissa 1 on esitetty rikkidioksidin vuorokausiohje-arvoon verrannollinen pitoisuus ja liitekuviissa 2 tuntiohjearvopitoisuuteen verrannollinen pitoisuus. Vuorokausikeskiarvon maksimipitoisuudet esiintyvät lämpökeskuksen länsipuolella noin 1 km ja maksimi tuntikeskiarvopitoisuudet noin 2,5 km etäisyydellä piipuista ollen kuitenkin selvästi alle ohje- ja raja-arvojen.

Taulukko 4. Leviämismallilaskelmilla saadut Helen Oy:n Patolan lämpökeskuksen päästöjen aiheuttamat suurimmat raja- ja ohjearvoihin verrannolliset ulkoilman rikkidioksidipitoisuudet maksimipäästötilanteessa. Tarkastelu on tehty kahdella pellettikattilan piipun korkeudella: 60 m ja 80 m.

Rikkidioksidipitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Raja- tai ohjearvo	Suurin pitoisuus	
		Piippu 80 m	Piippu 60 m
Korkein vuosikeskiarvo, kriittinen taso	20	0,4	0,5
Korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus	80 ⁽¹⁾	4,5	4,7
Korkein vuorokausiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus	125 ⁽²⁾	5,0	5,1
Korkein tuntiohjearvoon verrannollinen pitoisuus	250 ⁽¹⁾	11,5	11,4
Korkein tuntiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus	350 ⁽²⁾	9,5	10,0

(¹ ohjearvo
(² raja-arvo



Kuva 5. Leviämismallilaskelmilla saatujen Helen Oy:n Patolan lämpökeskuksen päästöjen aiheuttamien korkeimpien rikkidioksidipitoisuuksien suhde (%) voimassa oleviin ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin maksimipäästötarkastelulla. Tarkastelu on tehty kahdella pellettikattilan piipun korkeudella: 60 m ja 80 m.

4.2 Typpidioksidipitoisuudet maksimipäästötilanteella

Leviämismallilaskelmien tuloksina maksimipäästötarkastelulla saadut lämpökeskuksen päästöjen aiheuttamat ulkoilman typpidioksidipitoisuuksien suurimmat arvot tutkimusalueella on esitetty taulukossa 5. Tutkimusalueen korkeimpien typpidioksidipitoisuuksien suhteesta voimassa oleviin ohje- ja raja-arvoihin (kuva 6) nähdään, että pitoisuudet ovat hyvin pieniä, alle 2 % ohje- ja raja-arvoista.

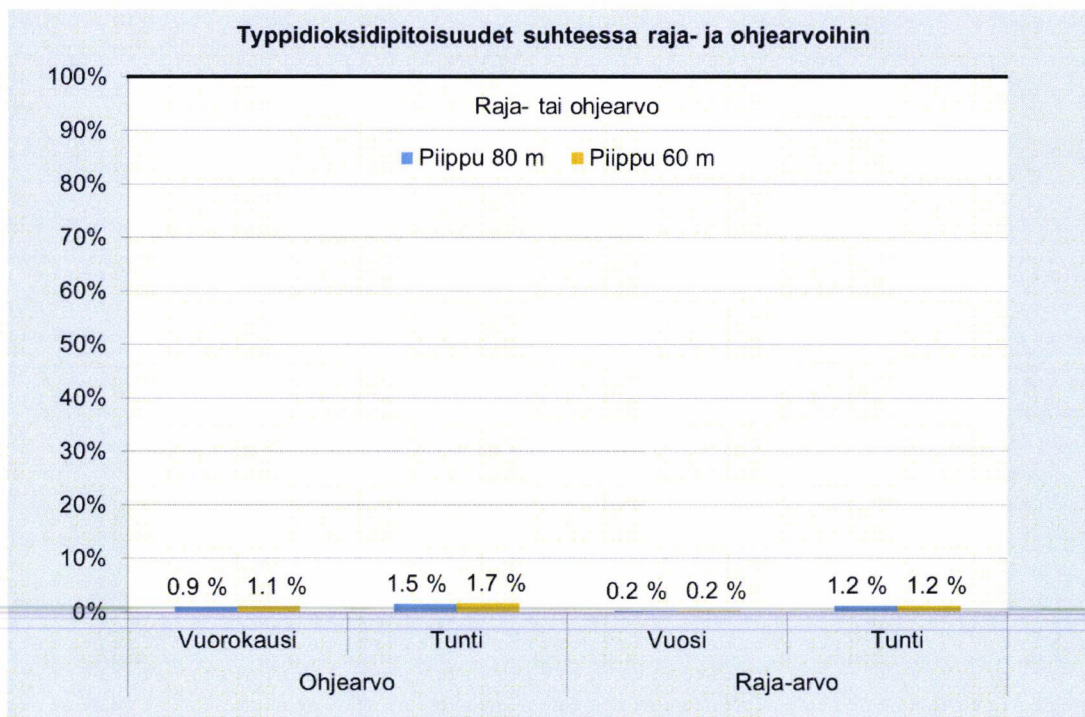
Taulukko 5. Leviämismallilaskelmilla saadut Helen Oy:n Patolan lämpökeskuksen päästöjen aiheuttamat suurimmat raja- ja ohjearvoihin verrannolliset ulkoilman typpidioksidipitoisuudet maksimipäästötilanteessa. Tarkastelu on tehty kahdella pellettikattilan piipun korkeudella: 60 m ja 80 m.

Typpidioksidipitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Raja- tai ohjearvo	Suurin pitoisuus	
		Piippu 80 m	Piippu 60 m
Korkein vuosikeskiarvopitoisuus	40 ⁽²⁾	0,07	0,09
Korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus	70 ⁽¹⁾	0,66	0,76
Korkein tuntiohjearvoon verrannollinen pitoisuus	150 ⁽¹⁾	2,30	2,49
Korkein tuntiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus	200 ⁽²⁾	2,30	2,35

⁽¹⁾ ohjearvo

⁽²⁾ raja-arvo

Liitekuvassa 3 on esitetty maksimipäästötarkastelulla saatu korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen typpidioksidipitoisuuden aluejakauma pellettikattilan piipun korkeudella 80 m. Typpidioksidipitoisuuden vuorokausiohjearvoon verrannollinen maksimiarvo sijoittuu noin 1,2 km etäisyydelle länteen. Tuntiohjearvoon verrannollinen typpidioksidipitoisuuden aluejakauma on esitetty liitekuvassa 4. Koko alueen maksimipitoisuus ($2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) esiintyy piipun koillispuolella noin kilometrin etäisyydellä. Tuntiarvojen aluejakaumaan vaikuttavat hyvin paljon hetkelliset sääolosuhteet. Lisäksi laskelmissa on huomioitu typenoksidien ilmakeemiallinen muutunutta kulkeutumisen aikana, jolloin pitoisuuksien korkein arvo saattaa sijaita etäällä päästölähteestä.



Kuva 6. Leviämismallilaskelmilla saatujen Helen Oy:n Patolan lämpökeskuksen päästöjen aiheuttamien korkeimpien typidioksidipitoisuuksien suhde (%) voimassa oleviin ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin maksimipäästötarkastelulla. Tarkastelu on tehty kahdella pellettikattilan piipun korkeudella: 60 m ja 80 m.

4.3 Hiukkaspitoisuudet maksimipäästötilanteella

Leviämismallilaskelmien tuloksina maksimipäästötarkastelulla saadut lämpökeskuksen päästöjen aiheuttamat ulkoilman hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) ja pienhiukkasten ($PM_{2,5}$) pitoisuuksien suurimmat arvot tutkimusalueella on esitetty taulukossa 6. Vastaavasti kuvassa 7 on esitetty tutkimusalueen korkeimpien pitoisuuksien suhde voimassa oleviin ohje- ja raja-arvoihin. Tuloksista nähdään, että pitoisuudet tutkimusalueella ovat hyvin pienet, alle 3 % voimassa olevista ohje- ja raja-arvoista.

Liitekuvassa 5 on esitetty hiukkaspitoisuuksien (PM_{10}) vuorokausiohjearvoon verrannollinen aluejakaumakuva pellettikattilan piipun korkeudella 80 m. Suurimmat hiukkaspitoisuudet keskittyvät tasaisesti lämpökeskuksen ympäristöön, ollen kuitenkin hyvin pieniä.

Taulukko 6. Leviämismallilaskelmilla saadut Helen Oy:n Patolan lämpökeskuksen päästöjen aiheuttamat suurimmat raja- ja ohjearvoihin verrannolliset ulkoilman hiukkaspitoisuudet maksimipäästötilanteessa. Tarkastelu on tehty kahdella pellettikattilan piipun korkeudella: 60 m ja 80 m.

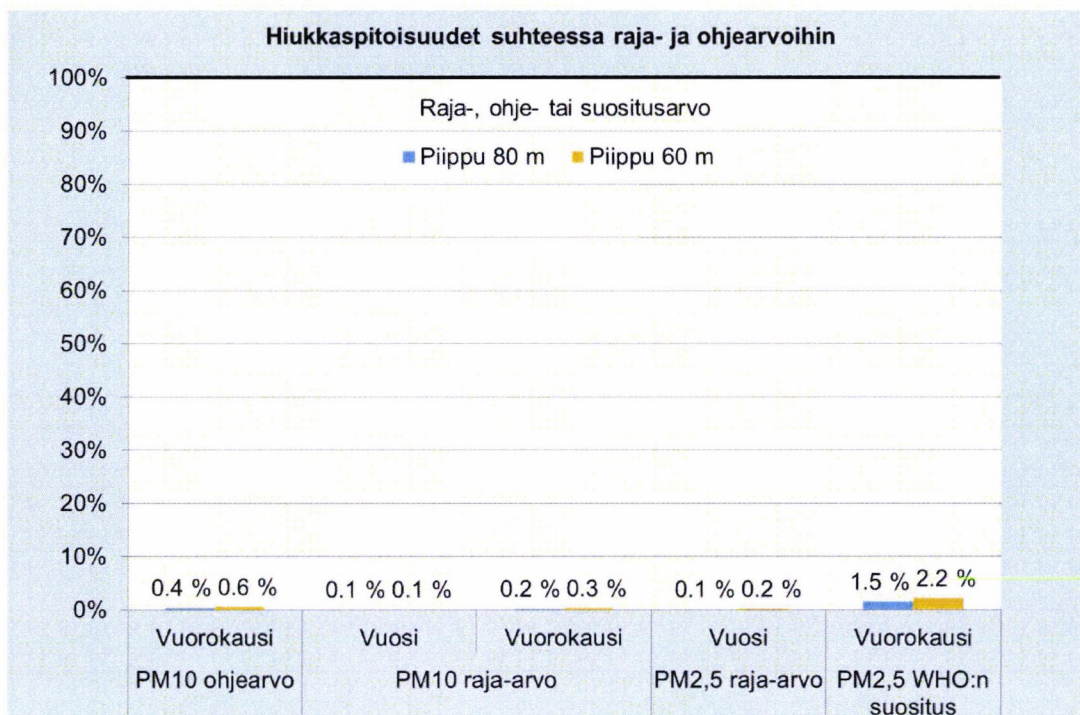
Hiukkaspitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Raja- tai ohjearvo	Suurin pitoisuus	
		Piippu 80 m	Piippu 60 m
Korkein vuosikeskiarvopitoisuus	40 ⁽²⁾ 25 ⁽³⁾ 10 ⁽⁴⁾	0,03	0,04
Korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus	70 ⁽¹⁾	0,28	0,40
Korkein vuorokausiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus	50 ⁽²⁾	0,10	0,16
Korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus	25 ⁽⁴⁾	0,38	0,54

(¹ ohjearvo (PM_{10}))

(² raja-arvo (PM_{10}))

(³ raja-arvo ($\text{PM}_{2,5}$))

(⁴ WHO:n asettama ohjearvo ($\text{PM}_{2,5}$))



Kuva 7. Leviämismallilaskelmilla saatujen Helen Oy:n Patolan lämpökeskuksen päästöjen aiheuttamien korkeimpien hiukkaspitoisuuksien suhde (%) voimassa oleviin ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin maksimipäästötarkastelulla. Tarkastelu on tehty kahdella pellettikattilan piipun korkeudella: 60 m ja 80 m.

5 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksessa selvitettiin leviämislaskelmin Helen Oy:n Patolan vanhan lämpökeskuksen ja uuden pellettilämpökeskuksen päästöjen aiheuttamia ilmanlaatuvaikutuksia laitoksen ympäristössä maanpintatasolla. Laskelmat on tehty kahdella tarkasteluvaihtoehdolla: suunnitteilla olevan pelletikattilan piipun korkeudella 80 m sekä 60m. Vanhan piipun korkeus on molemmissa vaihtoehdoissa 130 m. Lähtötiedot toimitti työn tilaaja Helen Oy. Tarkastelun kohteena olivat laitoksen rikkidioksidi-, typenoksidi-, hiukkaspäästöt.

Työ toteutettiin teoreettisena maksimipäästötarkasteluna, jolla voidaan selvittää, kuinka korkeiksi pitoisuudet voivat pahimmillaan kohota maksimipäästön esiintyessä satunnaisesti erilaisissa meteorologisissa olosuhteissa kolmen vuoden (2013–2015) tarkasteluajanjaksolla. Lämpökeskuksen normaalitoiminnan päästöjen aiheuttama kuormitus ulkoilmaan on käytännössä vähäisempää kuin nyt tehdyssä maksimipäästötarkastelussa. Leviämismallilaskelmat tehtiin Ilmatieteen laitoksella kehitetyllä UDM-FMI -leviämismallilla.

Mallinnettuja pitoisuuksia verrattiin ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin. Ilmanlaadun ohjearvot tulisi ottaa huomioon esimerkiksi kaavoituksessa ja suunnittelussa, jolloin pyritään etukäteen välttämään ihmisten altistuminen terveydelle haitallisen korkeille ilmansaasteiden pitoisuuksille. Terveysperusteiset ilmanlaadun raja-arvot ovat ohjearvoja sitovampia, eivätkä ne saa ylittyä alueella, joilla asuu tai oleskelee ihmisiä.

Nyt tehtyjen leviämislaskelmien tuloksena saadut Patolan lämpökeskuksen maksimipäästötilanteen aiheuttamat rikkidioksidin, typpidioksidin, pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten pitoisuudet alittivat kaikkialla tutkimusalueella voimassa olevat ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot tutkitulla piipun korkeuksilla. Pitoisuudet olivat korkeimmillaankin alle 6 % ohje- ja raja-arvoista.

Tehtyjen leviämismallilaskelmien tulosten perusteella voidaan arvioida, että lämpökeskuksen rikkidioksidi-, typenoksidi-, hiukkaspäästöt eivät aiheuta terveydellistä riskiä lähialueen asukkaille, sillä terveyden suojelemiseksi annetut ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot sekä tavoitearvot alittuvat selvästi maksimipäästötarkastelussa. Päästöjen leviämis- ja laimenemisolosuhteet ovat ilmanlaadun kannalta riittävän hyvät nyt tarkastellulla piippujen korkeudella (80 m ja 60 m). Työssä käytetyt lähtötiedot, kuten piipun halkaisija, poistokaasujen lämpötila ja nousunopeus vaikuttavat päästöjen leviämiseen ja laimenemiseen, joten lähtötietojen muuttuessa merkittävästi on ilmanlaadun leviämismallinnus suositeltavaa päivittää. Leviämislaskelmien tuloksia arvioitaessa on myös otettava huomioon, että tässä työssä ei ole tarkasteltu lämpökeskuksen mahdollisia hajapäästöjä tai häiriöpäästöjä.

6 VIITELUETTELO

Alaviippola, B. ja Pietarila, H., 2011, Ilmanlaadun arviointi Suomessa, Pienhiukkaset (PM_{2,5}), Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun asiantuntijapalvelut, 48 s. + 13 liites.

Ilmanlaatuportaali 2016. Ympäristönsuojelun tietojärjestelmän ilmanlaatuosa, tarkistetut mittaustulokset. www.ilmanlaatu.fi

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.

Komppula, B., Anttila, P., Vestenius, M., Salmi, T. ja Lovén, K., 2014. Ilmanlaadun seurantarpeen arviointi. Ilmatieteen laitos, Asiantuntijapalvelut, Ilmanlaatu ja energia. 123 s. + 47 liites.

Vna 79/2017, Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta. Annettu 1.2.2017.

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

WHO, 2000. Air Quality Guidelines for Europe, Second Edition. WHO Regional Publications, European Series, No. 91.

WHO, 2006. WHO Air quality guidelines. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulphur dioxide. Global update 2005. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe.

LIITTEET

Liitekuvat

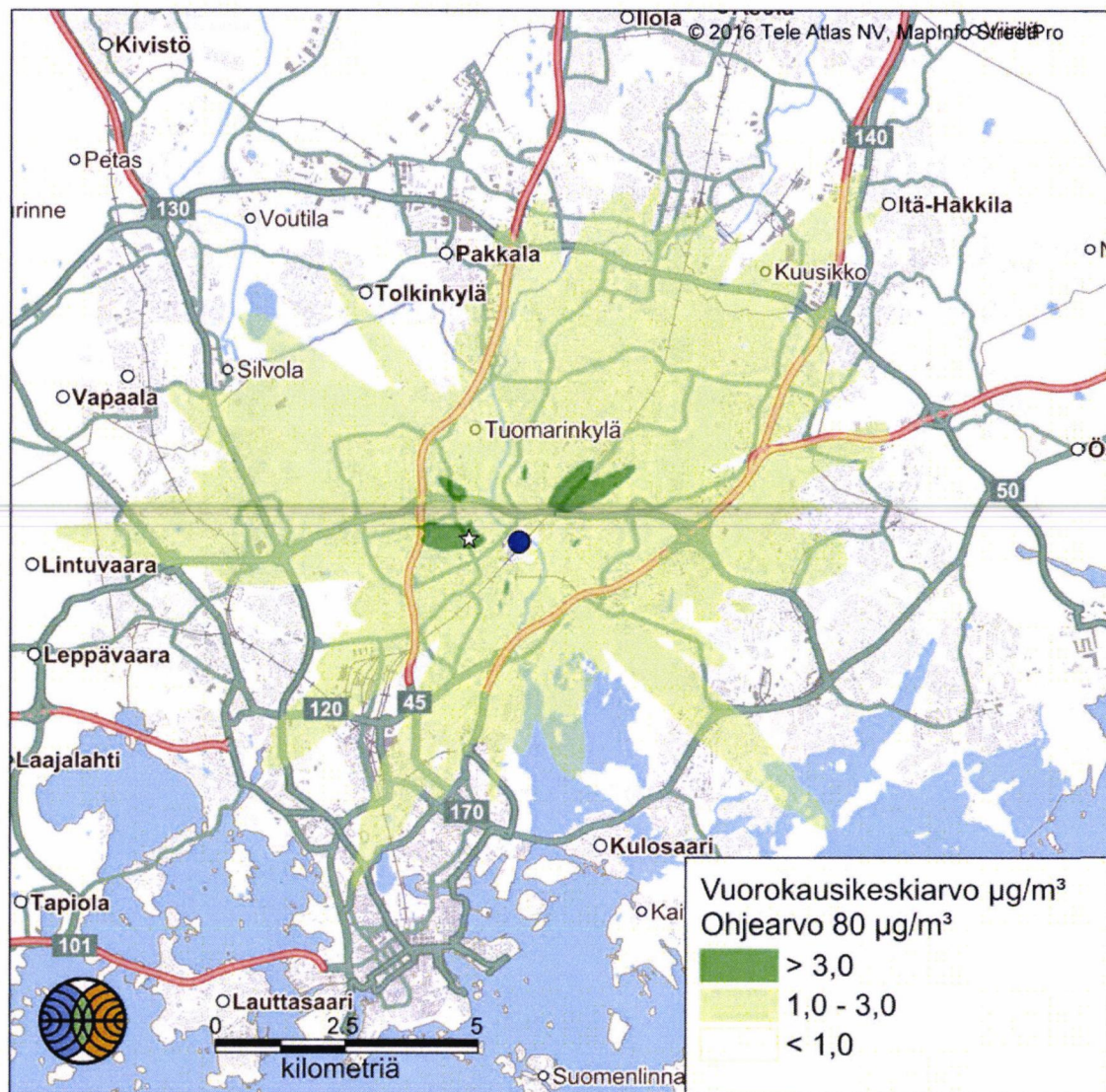
Leviämiskuvissa on esitetty laskentapisteittäisistä keskiarvoista samanarvonviivoin muodostetut korkeimpien pitoisuuksien alueet, joilla tietyn pitoisuuden ylittyminen on pitkän havaintojakson aikana todennäköistä. Laskentapiste, johon muodostui koko tutkimusalueen suurin pitoisuus, on esitetty kuvassa valkoisella tähdellä.

Pitoisuuksien aluejakaumat eivät edusta koko tulostusalueella yhtä aikaa vallitsevaa pitoisuustilannetta vaan ne kuvaavat eri päivinä ja eri tunteina esiintyvien, raja- ja ohjearvoihin verrannollisten pitoisuuksien maksimitasoa tutkimusalueen eri osissa. Suurimman osan ajasta pitoisuudet ovat kaikissa laskentapisteissä selvästi pienempiä kuin aluejakaumakuvissa esitetyt korkeimmat arvot. Lisäksi suurimmassa osassa tutkimusaluetta pitoisuudet ovat jatkuvasti merkittävästi pienempiä kuin niissä kohteissa, joissa maksimiarvot esiintyvät.

Pitoisuuksien aluejakaumissa esiintyy kohonneiden pitoisuuksien kielekkeitä, joiden sijaintiin vaikuttaa varsinkin tuulen pysyvyys pitkällä tarkastelujaksolla tietyssä ilmansuunnassa. Maanpinnan muodot voivat aiheuttaa aluejakaumiin erillisiä suppeita alueita, joissa pitoisuudet ovat joko korkeampia tai matalampia kuin lähiympäristössään.

Pistemäisten päästölähteiden välittömään läheisyyteen muodostuu usein ns. katvealue, jolla pitoisuudet ovat minimissään ja kasvavat lyhyellä etäisyydellä nopeasti. Tällaisten aivan päästölähteen ympärille muodostuvien, muita arvoja matalampien pitoisuuksien alueiden laajuuteen vaikuttavat piipun korkeus ja poistokaasujen nousulisä. Nousulisää aiheuttavat poistokaasujen nousunopeus piipussa sekä ulkolämpötilan ja poistokaasujen lämpötilan välinen ero.

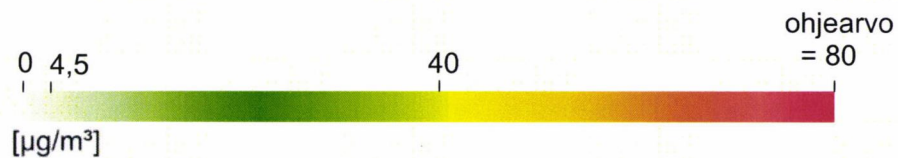
HELEN OY Patolan lämpökeskus pellettilämpökeskuksen piipun korkeus 80 m



Ilmatieteen laitos 2017

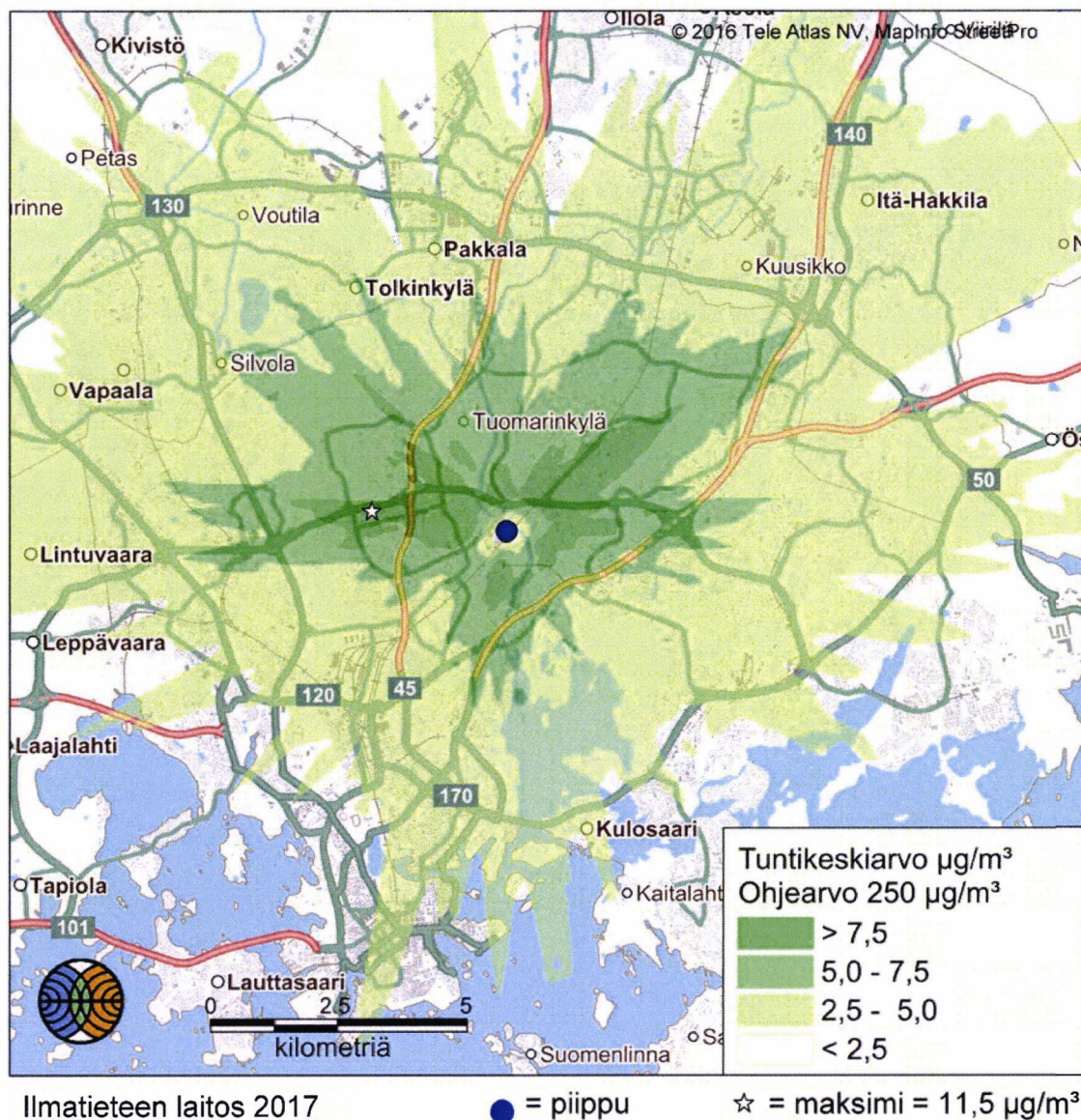
● = piippu

☆ = maksimi = $4,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$



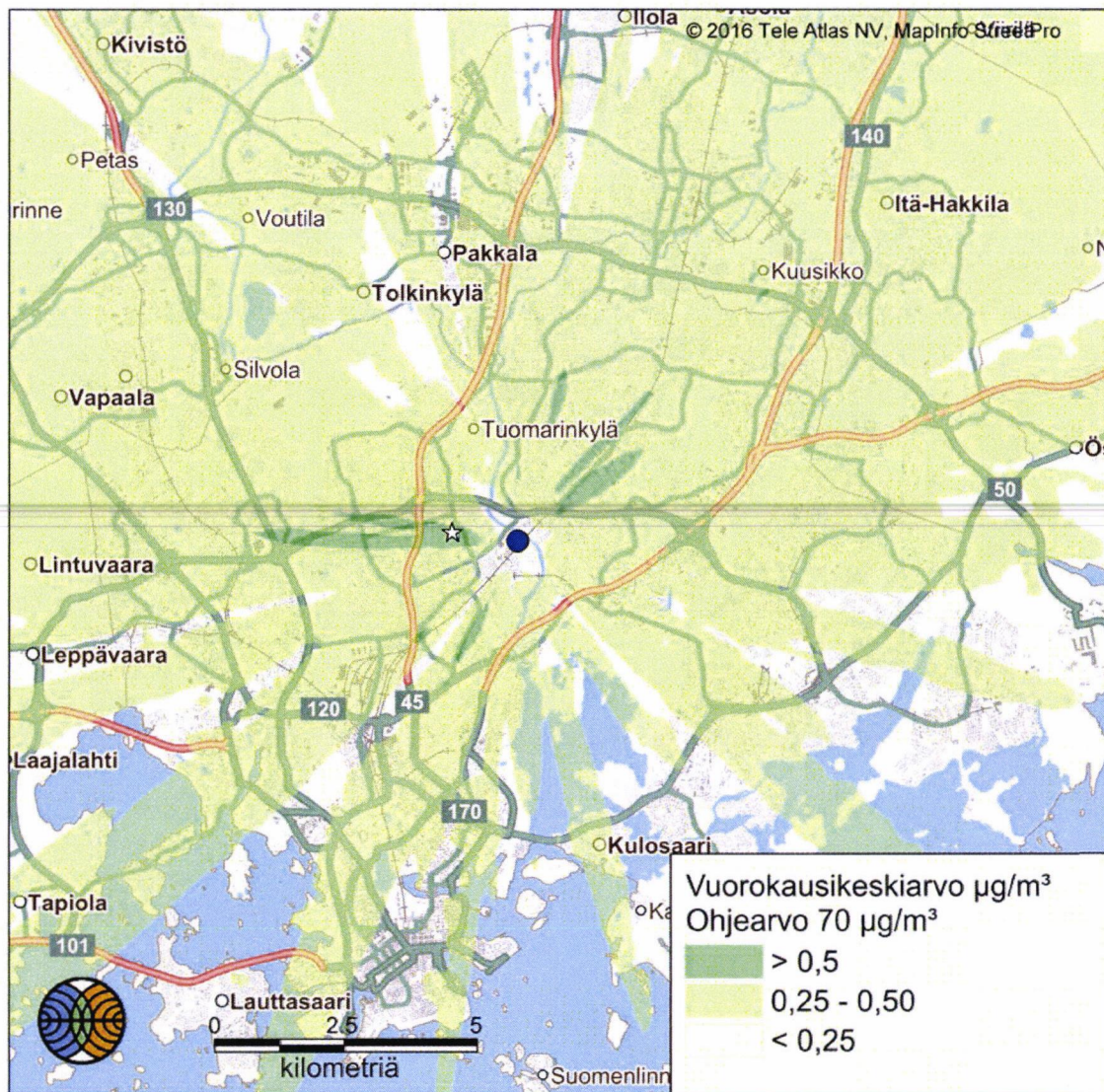
Kuva 1. Rikkidioksidin korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

HELEN OY Patolan lämpökeskus pellettilämpökeskuksen piipun korkeus 80 m



Kuva 2. Rikkidioksidin korkein tuntiohjearvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).

HELEN OY Patolan lämpökeskus pellettilämpökeskuksen piipun korkeus 80 m



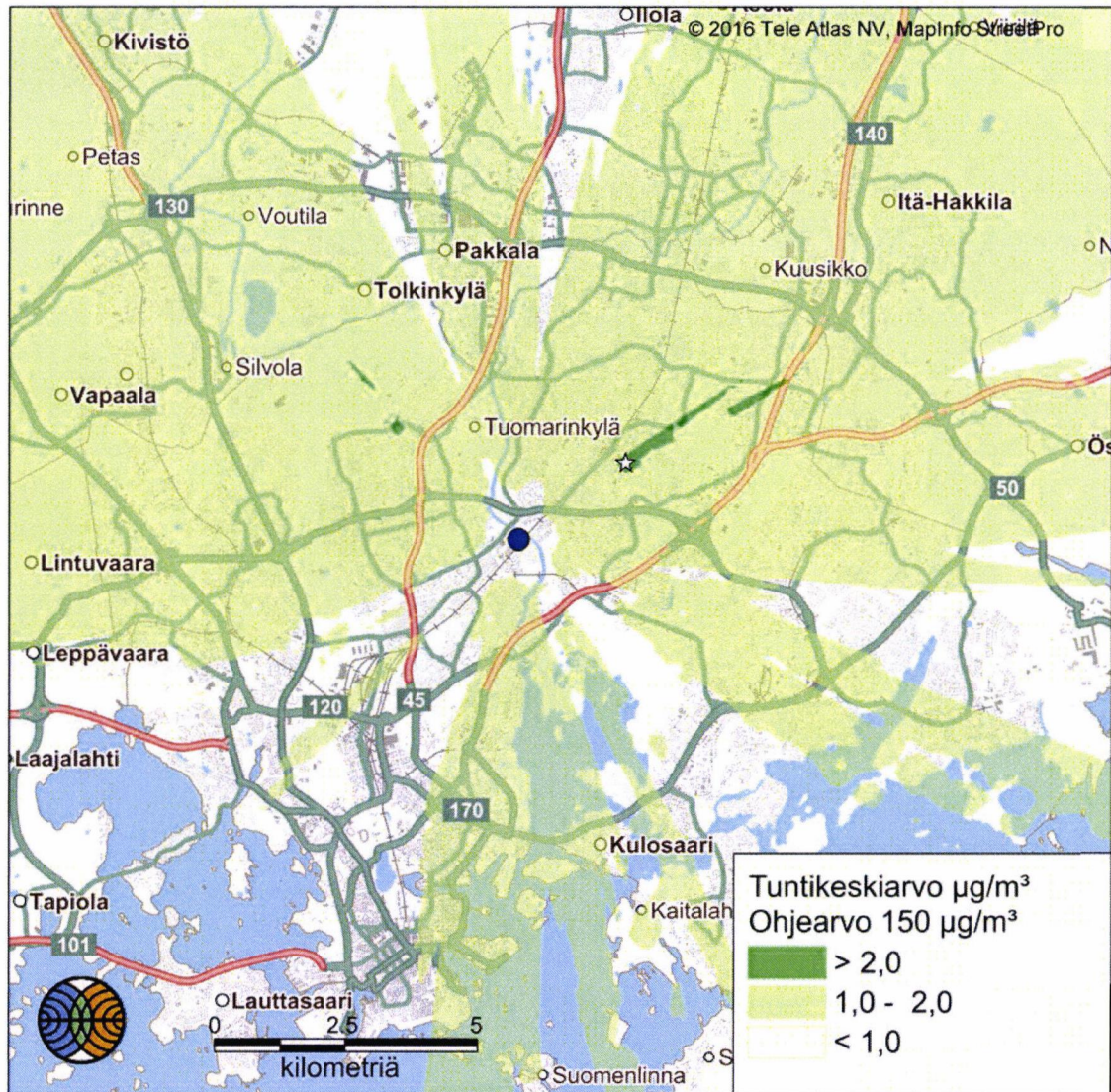
● = piippu

☆ = maksimi = $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$



Kuva 3. Typpidioksidin korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

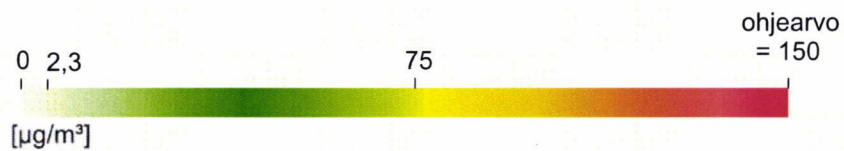
HELEN OY Patolan lämpökeskus pellettilämpökeskuksen piipun korkeus 80 m



Ilmatieteen laitos 2017

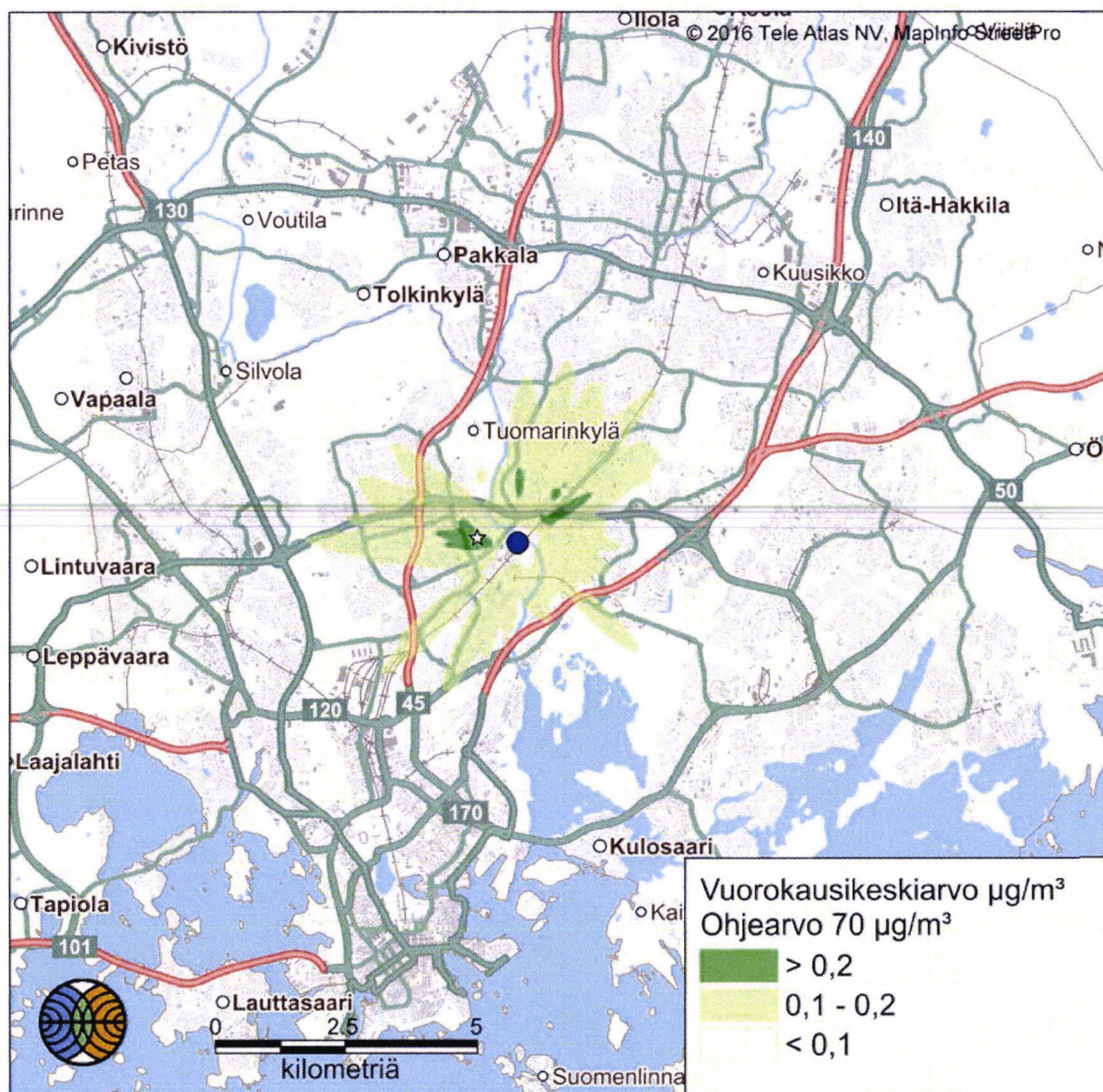
● = piippu

☆ = maksimi = $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$



Kuva 4. Typpidioksidin korkein tuntiohjearvoon verrannollinen pitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

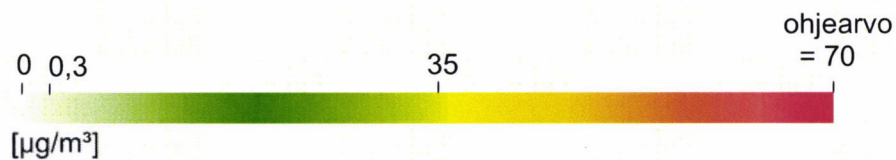
HELEN OY Patolan lämpökeskus pellettilämpökeskuksen piipun korkeus 80 m



Ilmatieteen laitos 2017

● = piippu

☆ = maksimi = $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$



Kuva 5. Pienhiukkasten PM10 korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

ILMATIETEEN LAITOS
Erik Palménin aukio 1
00560 Helsinki
puh. 029 539 1000

WWW.ILMATIETEENLAITOS.FI

