



ILMANLAATUSELVITYS

HANASAAREN VOIMALAITOKSEN PÄÄSTÖJEN LEVIÄMISMALLISELVITYS



**HANASAAREN VOIMALAITOKSEN
PÄÄSTÖJEN LEVIÄMISMALLISELVITYS**

**Jenni Latikka
Antti Wemberg**

**ILMATIETEEN LAITOS – ASiantuntijapalvelut
ILMANLAATU JA ENERGIA
Helsinki 27.10.2017**

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	Ilmanlaadun raja- ja ohjearvot	6
3	MENETELMÄT	8
3.1	Leviämismallilaskelmien kuvaus	8
3.2	Leviämismallilaskelmien lähtötiedot	10
4	TULOKSET	13
4.1	Rikkidioksidipitoisuudet	14
4.2	Typpidioksidipitoisuudet	16
4.3	Hiukkaspitoisuudet	17
5	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	19
	VIITELUETTELO	21
	LIITEKUVAT	22

1 JOHDANTO

Tässä työssä arvioitiin Helen Oy:n Hanasaaren voimalaitoksen K3-, K4- ja K8-kattiloiden päästöjen aiheuttamia ilman epäpuhtauspitoisuuksia laitoksen ympäristössä kolmella eri päästötasolla. Leviämismallilaskelmat tehtiin rikkidioksidi-, typenoksidi- ja hiukkaspäästöille ja mallinnuksen tuloksena saatuja pitoisuuksia verrattiin ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin. Leviämismallilaskelmat toteutettiin vuoden 2014 toteutuneilla päästöillä, Teollisuuspäästödirektiivin (IED) päästörajoja vastaavilla päästöillä ja parasta käytettävissä olevalla tekniikalla (BAT) vastaavilla päästötasolla. Vuoden 2014 toteutuneet päästöt vastaavat laitoksen nykytilaa.

Työn tilasi Helen Oy ympäristölupahakemuksen tueksi. Mallinnusta varten työn tilaaja toimitti BAT-tason päästötiedot. Lisäksi työssä hyödynnettiin soveltuvin osin pääkaupunkiseudun päästöjen leviämismallinnuksen (*Hannuniemi ym., 2016*) lähtötietoja sisältäen voimalaitoksen tekniset tiedot sekä 2014 ja IED päästötiedot. 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 kaukokulkeutuna 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 sekä muiden ilmassa olevien yhdisteiden kanssa muodostaen uusia yhdisteitä. Ilmansaasteet poistuvat ilmasta sateen huuhtomina (märkälaskeuma), kivalaskeumana erilaisille pinnoille tai kemiallisen muutunnan kautta.

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

Inversiolla tarkoitetaan tilannetta, jossa ilmakehän lämpötila nousee ylöspäin mentäessä. Erityisesti maanpintainversion aikana ilmanlaatu voi paikallisesti huonontua nopeasti. Maanpintainversiossa maanpinta ja sen lähellä oleva ilmakerros jäähtyy niin, että kylmempi ilma jää ylempänä olevan lämpimämmän ilman alle. Kylmä pinta-ilmalla ei raskaampana pääse kohoamaan yläpuolellaan olevan lämpimän kerroksen läpi, ja ilmakehän pystysuuntainen liike estyy. Inversiokerroksessa tuuli on hyvin heikkoa ja ilmaa sekoittava pyörteisyys on vähäistä, minkä vuoksi ilmansaasteet laimenevat huonosti. Inversiotilanteissa pitoisuudet kohoavat taajamissa etenkin 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 häiriöpäästötilanteissa. Puhtailla tausta-alueilla rikkidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvot ovat olleet noin 1–2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

2.3 Typpidioksidi

Typhen yhdisteitä vapautuu päästölähteistä ilmaan typhen 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 tynninä 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 kohonneet pitoisuudet voivat lisätä suhteellisen nopeasti. Pakkaskaudella tapahtuva typpidioksidipitoisuuden kohoaminen on erityisen haitallista astmaatikoiden, koska jo puhtaan kylmän ilman hengittäminen rasituksessa aiheuttaa useimmille astmaatikoiden 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, 2017*). 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

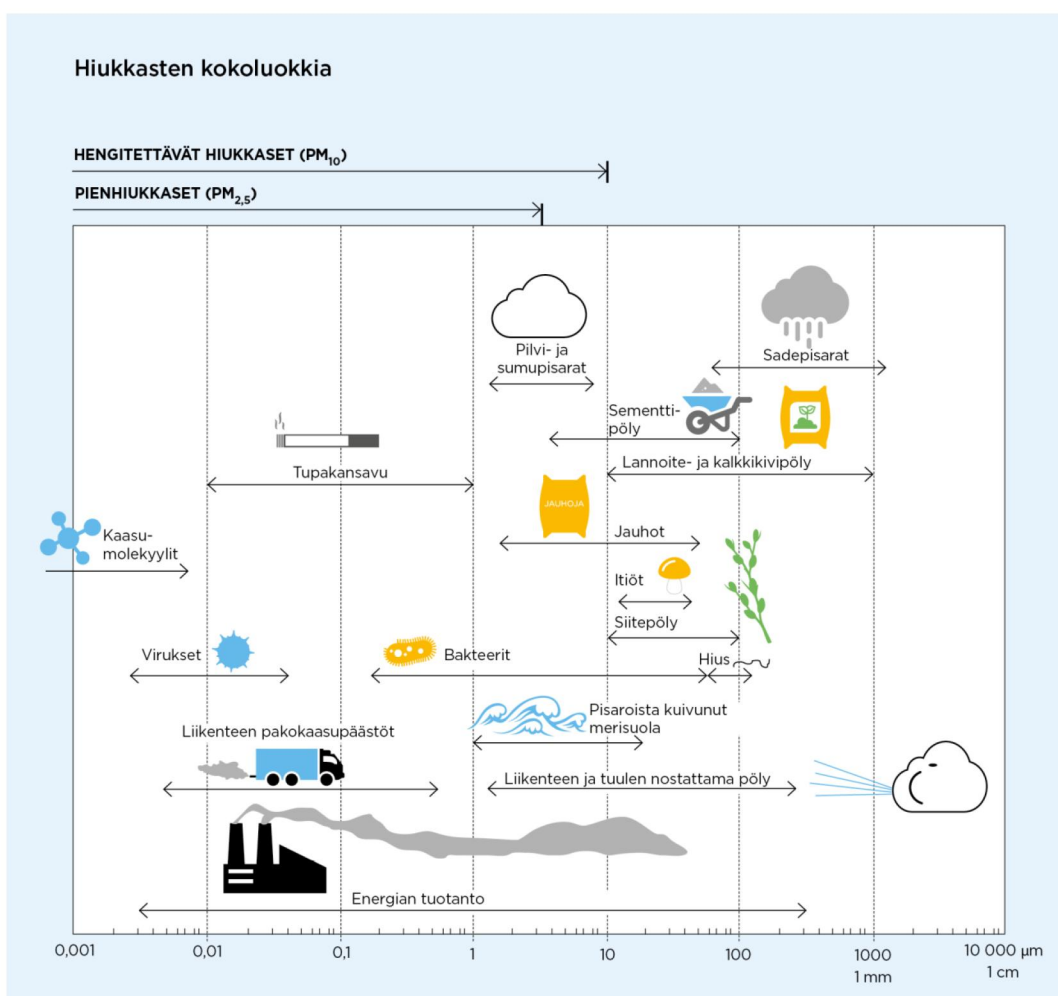
Ulkoilman hiukkaset ovat nykyisin merkittävimpiä ilmanlaatuun vaikuttavia tekijöitä Suomen kaupungeissa. Pienhiukkasia pidetään haitallisimpana ilmaperäisenä ympäristötekijänä ihmisten terveydelle. Ulkoilman hiukkaset ovat taajamissa suurelta osin peräisin liikenteen ja tuulen nostattamasta katupölystä (ns. resuspensio) eli epäsuorista päästöistä. Hiukkaspitoisuuksia kohottavat myös ihmisperäiset suorat hiukkaspäästöt, jotka ovat peräisin energiantuotannon ja teollisuuden prosesseista, autojen pakokaasuista ja puun pienpoltosta. Nämä hiukkaspäästöt ovat pääasiassa pieniä hiukkasia. 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 syväälle ihmisten hengitysteihin. Hengitettävälle 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 ja 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 kaupunkikeskus- toissa. Suomessa hiukkaspitoisuudet kohoavat yleensä voimakkaasti keväällä maaliskuussa, kun maanpinnan kuivuessa tuuli ja liikenne nostattavat katupölyä ilmaan. Liikenteen vaikutukset korostuvat matalan päästökorkeuden vuoksi. Hengitettävälle hiukkasille annettu vuorokausiohjearvo ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ylittyy keväisin yleisesti Suomen kaupungeissa samoin kuin vuorokausipitoisuuksille asetettu raja-arvotaso ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Vuorokausiraja-arvotason ylityksiä saa olla kullakin asemalla 35 kappaletta vuodessa, ennen kuin raja-arvo katsotaan ylittyneeksi. Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuudelle annettu raja-arvo on ylittynyt kerran vuonna 2006 Helsingin keskustassa (*Kaski ym., 2017*). Katupölyn muodostumiseen voidaan merkittävästi vaikuttaa oikea-aikaisella katujen siivouksella ja kunnossapidolla sekä pölynsidonnalla.

Vuosikeskiarvopitoisuudelle annettu raja-arvo $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ alittuu Suomessa. Suurimpien kaupunkien keskusta-alueilla on mitattu useina vuosina yli $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$:n hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvoja. 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 9–12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Pohjois-Suomessa noin 3–6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

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



Kuva 1. Hiukkasten kokoluokkia. Hiukkasten koko ilmaistaan halkaisijana mikrometreissä (μm). Mikro (μ) etuliite tarkoittaa miljoonasosaa. $1 \mu\text{m}$ on siten metrin miljoonasosa eli millimetrin tuhannesosa

2.5 Ilmanlaadun raja- ja ohjearvot

Leviämismallilaskelmilla tai ilmanlaadun mittauksilla saatua 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 $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja typen oksidien (NO_x) vuosikeskiarvopitoisuuksille kriittinen taso $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Näitä tasoja sovelletaan rakennetun ympäristön ulkopuolella olevilla alueilla, kuten luonnonsuojelun kannalta merkityksellisillä alueilla ja laajoilla maa- ja metsätalousalueilla (*Vna 79/2017*).

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⁾	–

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

Ilmanlaadun ohjearvot on otettava huomioon suunnittelussa ja niitä sovelletaan mm. alueiden käytön, kaavoituksen, rakentamisen ja liikenteen suunnittelussa ja ympäristölupaharkinnassa. Ohjearvojen soveltamisen avulla pyritään ehkäisemään 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 $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja vuosikeskiarvopitoisuudelle ohjearvon $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (*WHO, 2006*). WHO:n ohjearvot eivät ole osa Suomen lainsäädäntöä.

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

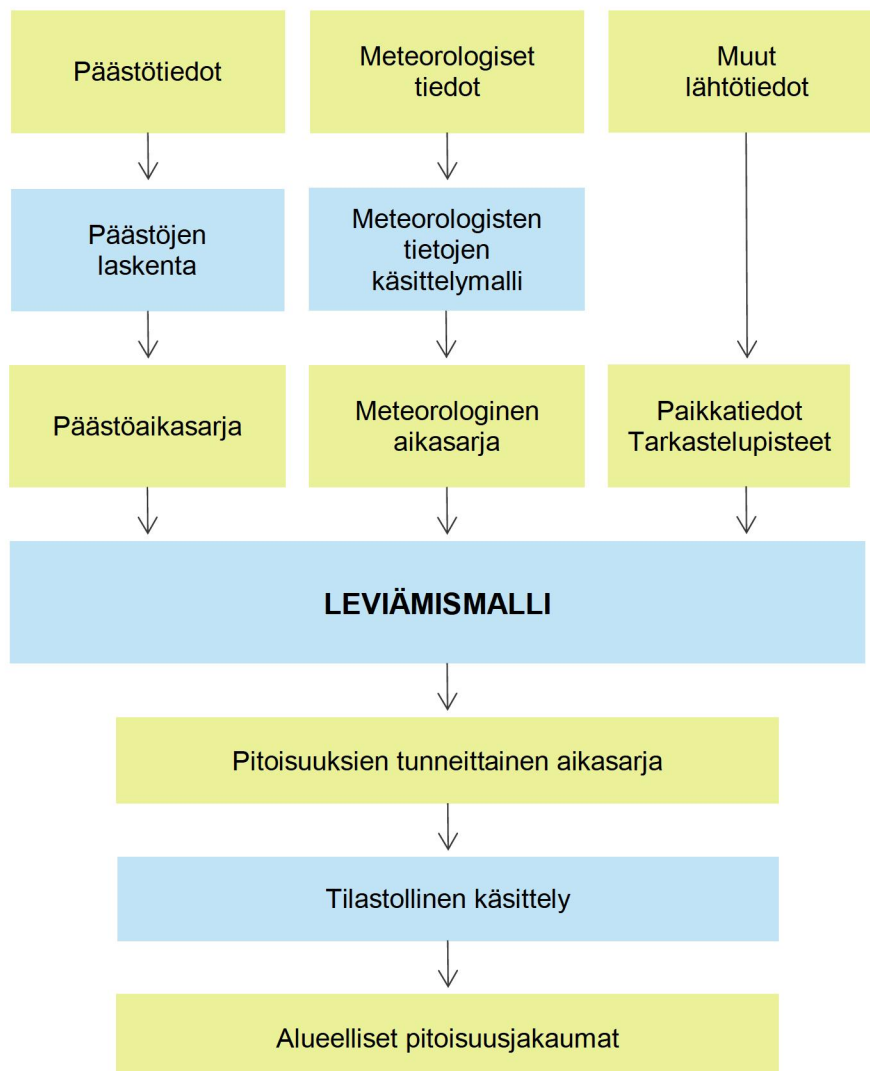
Leviämismalleilla tutkitaan päästöjen kulkeutumista ilmakehässä ja niiden aiheuttamia ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia maanpinnan tasolla. Malleihin sisältyy usein laskentamenetelmiä, joiden avulla voidaan tarkastella epäpuhtauksien muuntumista, kemiallisia reaktioita ja poistumista ilmakehästä laskeutumaan 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 sekä ilman-suojelutoimenpiteiden 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 typpidioksidista sekä typpimonoksidista, jota on valtaosa päästöistä. Osa typpimonoksidista hapettuu ilmassa terveydelle haitalliseksi typpidioksidiksi.

Tässä selvityksessä käytetyillä leviämismalleilla 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, mittamalla ja mallittamalla saatuja tietoja ilmakehän tilasta sekä tietoja epäpuhtauksien taustapitoisuuksista. Lisäksi lähtötiedoiksi tarvitaan erilaisia paikkatietoja, kuten tietoja maanpinnan muodoista ja laadusta sekä päästölähteiden sijainnista. Pistemäisten lähteiden päästöjen laskennassa huomioidaan lähdekohtaiset päästöt, savukaasujen ominaisuudet ja laitoksen tekniset tiedot. Leviämislaskelmia varten muodostetaan kaikille päästölähteille päästöaikasarjat, joissa on jokaiselle tarkastelujakson tunnille (1–3 vuotta, 8 760–26 280 tuntia) laskettu päästmäärä erikseen eri ilman epäpuhtauksille.

Leviämismallin tarvitseman meteorologisen aikasarjan muodostuksessa käytetään Ilmatieteen laitoksella kehitettyä meteorologisten tietojen käsittelymallia, joka perustuu ilmakehän rajakerroksen parametrisointimenetelmään (*Rantakrans, 1990; Karpinen, 2001*). Menetelmän avulla voidaan meteorologisten rutiinhavaintojen ja fyysiikan 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 pituista tutkimusalueen sääolosuhteita edustavaa meteorologista aineistoa. Laskelmissa käytettäviksi sääasemiksi valitaan tutkimusaluetta lähimpänä sijaitsevat 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 tunneittaiset 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 pitoisuusaikasarjasta 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. Näin ollen ilmanlaatuvaikutuksia arvioidessa on suositeltavaa tarkastella vuosiraja-arvoon ja vuorokausiohjearvoon verrannollisia pitoisuustasoja. 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 laskettiin Helen Oy:n Hanasaaren voimalaitoksen K3-, K4- ja K8-kattilan päästöjen aiheuttamia ilman epäpuhtauspitoisuuksia laitoksen ympäristössä ja niiden muutosta nykytilasta (2014) Teollisuudenpäästädirektiivin (LED) tasoon ja parasta käytettävissä olevaa tekniikka (BAT) vastaavaan tasoon. Leviämislaskelmat tehtiin voimalaitoksen rikkidioksidi-, typenoksidi- ja hiukkaspäästöille.

K3- ja K4-kattilan käynnistyksessä käytetään raskasta polttoöljyä mutta niissä poltetaan puupellettiä ja kivihiiltä. Kattilassa K8 käytetään kevyttä ja raskasta polttoöljyä. Kullekin tarkastellulle epäpuhtauskomponentille muodostettiin koko kolmen vuoden laskentajakson kattaneet tunneittaiset päästöaikasarjat. Nämä aikasarjat muodostettiin laitosten annettujen päästö-, savukaasu- ja käyntituntimäärien perusteella. Päästöjen lyhytaikaisvaihtelua kuvattiin aikasarjassa tunneittaisena satunnaisvaihteluna ($\pm 20\%$). Taulukossa 3 on esitetty rikkidioksidin, typen oksidien ja hiukkasten kokonaisvuosipäästöt eri päästötasoilla ja taulukossa 4 eri kattiloiden kuukausittaiset käyttötunnit.

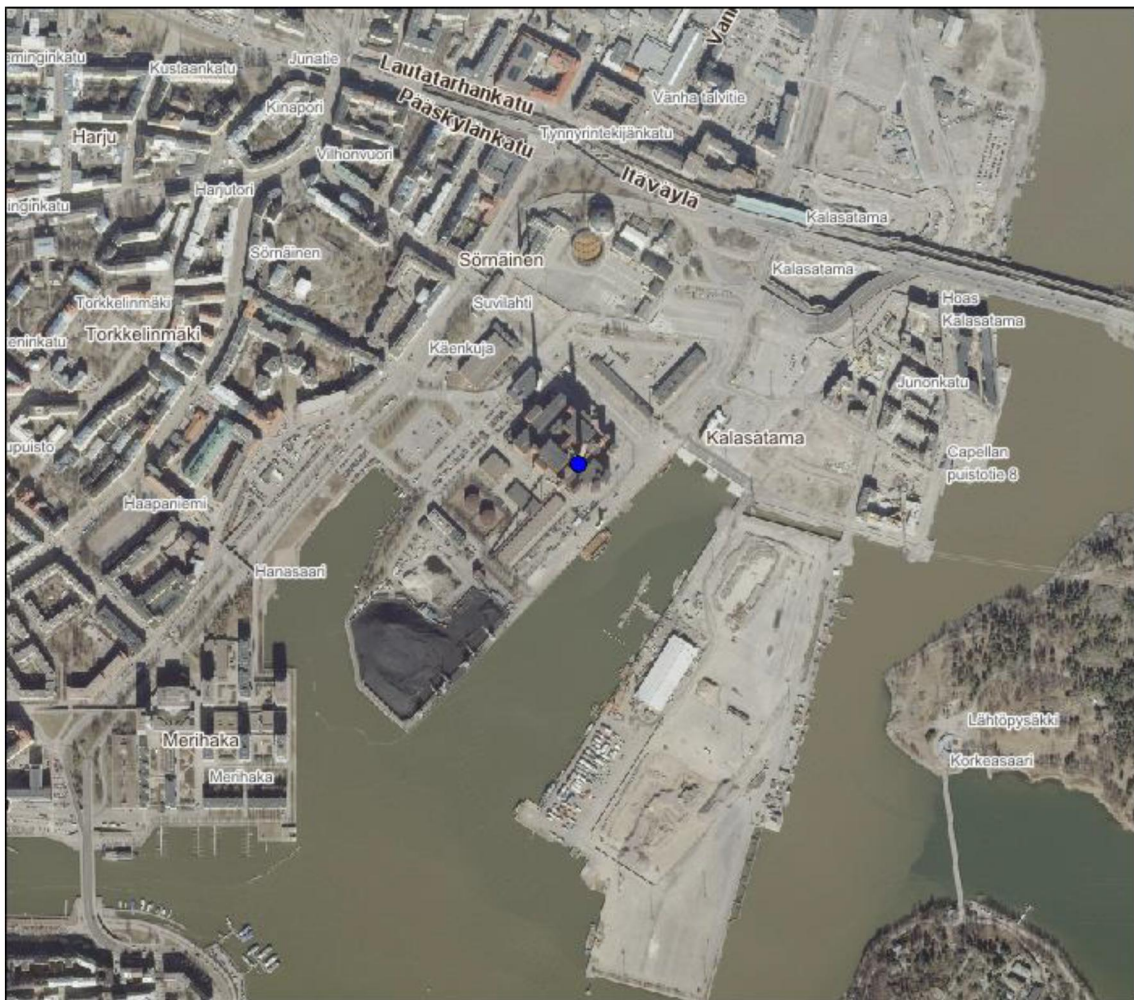
Taulukko 3. Hanasaaren voimalaitoksen leviämiselvityksessä käytetyt lähtötiedot ja eri päästöt eri päästötasoilla.

	2014	IED	BAT (2020)
Savukaasujen lämpötila piipun suulla (°C)	80	80	80
Savukaasujen tilavuusvirtaus (Nm ³ /h)	459 513	459 903	459 903
Hormin halkaisija piipun suulla (m)	4,61	4,61	4,61
Piipun korkeus maanpinnasta (m)	150	150	150
Rikkidioksidipäästöt (g/s)	33,2	25,6	16,7
Typenoksidipäästöt NO _x (NO ₂ :na) (g/s)	61,5	25,6	19,2
Hiukkaspäästöt (g/s)	2,3	2,6	1,5

Taulukko 4. Kattiloiden käyttötunnit eri kuukausina

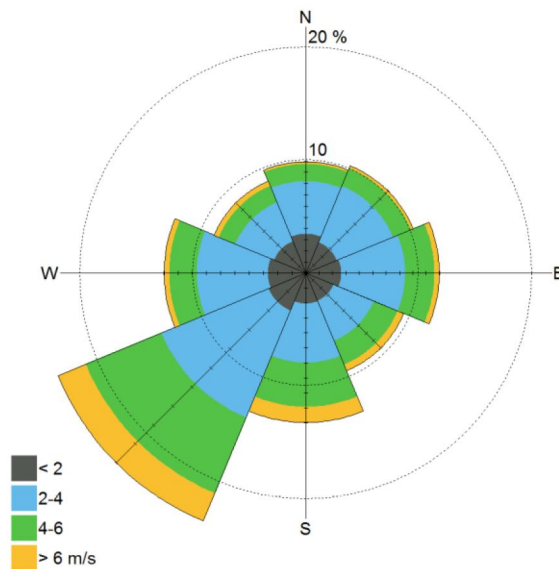
Kuukausi	K3	K4	K8
Tammikuu	516	742	5
Helmikuu	615	672	0
Maaliskuu	744	744	0
Huhtikuu	713	720	0
Toukokuu	413	203	12
Kesäkuu	341	0	14
Heinäkuu	741	0	4
Elokuu	258	0	0
Syyskuu	195	0	19
Lokakuu	586	233	0
Marraskuu	613	625	0
Joulukuu	722	711	0
Yhteensä	6457	4640	54

Tutkimusalue oli kooltaan 20 × 20 km. Voimalaitoksen päästöjen aiheuttamat pitoisuudet laskettiin hengityskorkeudelle (2 m) laskentapisteikköön, jossa oli noin 39 000 laskentapistettä. Laskentapisteikössä pisteiden välisiä etäisyyksiä on tihennetty pitoisuuksien muodostumisen kannalta merkittävimällä alueella eli päästölähteiden lähiympäristössä. Laskentapisteikön pisteet olivat tiheimmillään 20 metrin etäisyydellä toisistaan ja harvimmillaan 200 metrin etäisyydellä toisistaan. Tutkimusalueiden maanpinnan korkeuserot huomioitiin laskentapisteissä Maanmittauslaitoksen maastonkorkeusmallin mukaisesti. Päästölähteen sijainti voimalaitosalueella on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Hanasaaren voimalaitos. K3-, K4- ja K8-kattiloiden päästöt johdetaan yhteiseen piippuun. Piippu on merkitty sinisellä pisteellä. Taustakuva: MML ortokuva 10/2017.

Tutkimusalueen ilmastollisia olosuhteita edustavana meteorologisena aikasarjana käytettiin pääkaupunkiseudun leviämismallinnuksen (2016) tietoja. Aikasarja on muodostettu Kumpulan ja Helsinki-Vantaan lentoaseman sääasemien vuosien 2012–2014 havainnoista. Lisäksi sekoituskorkeuden määrittämiseen käytettiin Joki-oisten observatorion luotaushavainnoita. Kuvassa 4 on esitetty tuulen suunta- ja nopeusjakauma tutkimusalueella tuuliruusun muodossa. Tutkimusalueella etelä-länsituulet ovat valitsevia lounaistuulen ollessa päätuulensuunta.



Kuva 4. Tuulen suunta- ja nopeusjakauma tutkimusalueella vuosina 2012–2014, Lasketut tuulitiedot kuvaavat olosuhteita 10 metrin korkeudella maan pinnasta.

4 TULOKSET

Leviämismallilaskelmien pitoisuustulokset esitetään taulukkoina ja karttakuvina. Aluejakaumakuvissa on esitetty laskentapisteittäisistä keskiarvoista samanarvonvii-voin 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 maksimiarvot esiintyvät.

Pitoisuuksien aluejakaumissa esiintyy kohonneiden pitoisuuksien kielekkeitä, joiden sijaintiin vaikuttaa varsinkin tuulen pysyvyys pitkällä tarkastelujaksolla tietyssä ilman-suunnassa. Maanpinnan muodot voivat aiheuttaa aluejakaumiin erillisiä suppeita alueita, joissa pitoisuudet ovat joko korkeampia tai matalampia kuin lähiympäristössään. Pistemäisten päästölähteiden välittömään läheisyyteen muodostuu usein ns. katve-alue, 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.

4.1 Rikkidioksidipitoisuudet

Leviämislaskelmien tuloksena saadut Hanasaaren voimalaitoksen eri vuosien päästöjen aiheuttamat ulkoilman rikkidioksidipitoisuuksien korkeimmat arvot tutkimusalueella on esitetty taulukossa 5 ja pitoisuuksien suhde voimassa oleviin ohje- ja raja-arvoihin kuvassa 5.

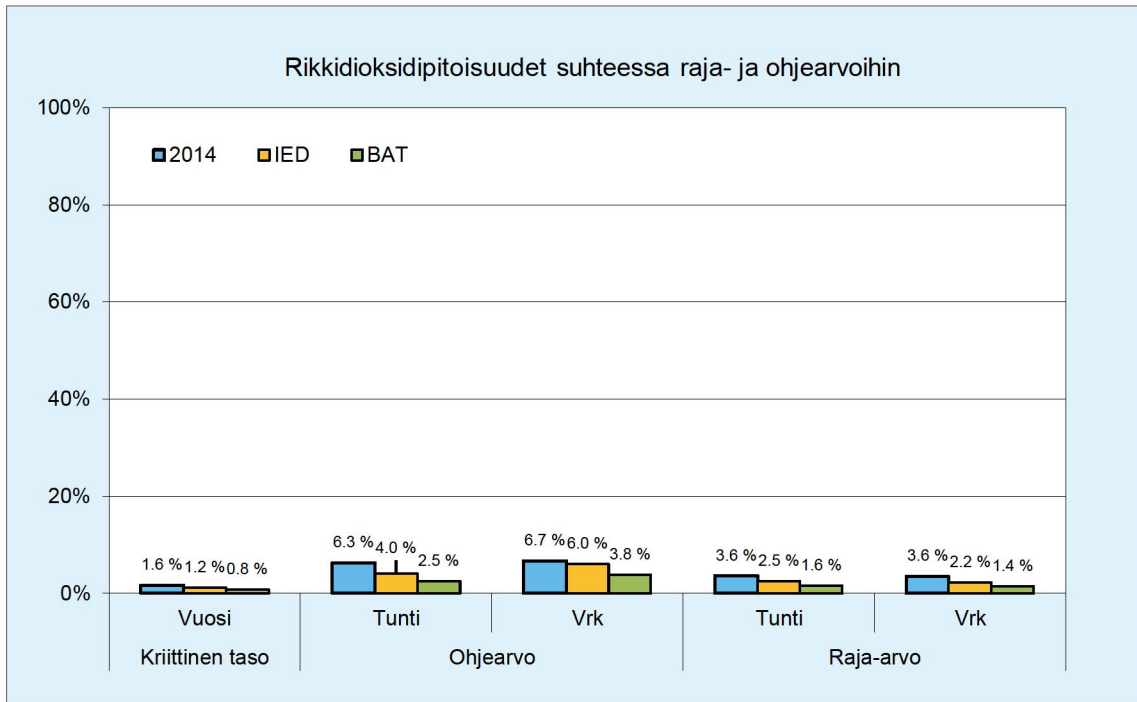
Mallinnetuista epäpuhtauksista rikkidioksidipitoisuudet olivat korkeimmat suhteessa voimassa oleviin ohje- ja raja-arvoihin. Kaikki ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset pitoisuudet ovat kuitenkin pienentyneet verrattaessa BAT-päästötasoa vuoden 2014 toteutuneisiin ja IED-tason päästöihin. BAT-päästötasolla rikkidioksidipitoisuudet ovat $3,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vuorokausiohjearvosta, eli 3,8 %. Tuntiohjearvoon ja raja-arvoihin verrattaessa suhde on pienempi.

Taulukko 5. Leviämismallilaskelmilla saadut Hanasaaren voimalaitoksen rikkidioksidipäästöjen aiheuttamat korkeimmat ulkoilman rikkidioksidipitoisuudet hengityskorkeudella eri päästötasoilla.

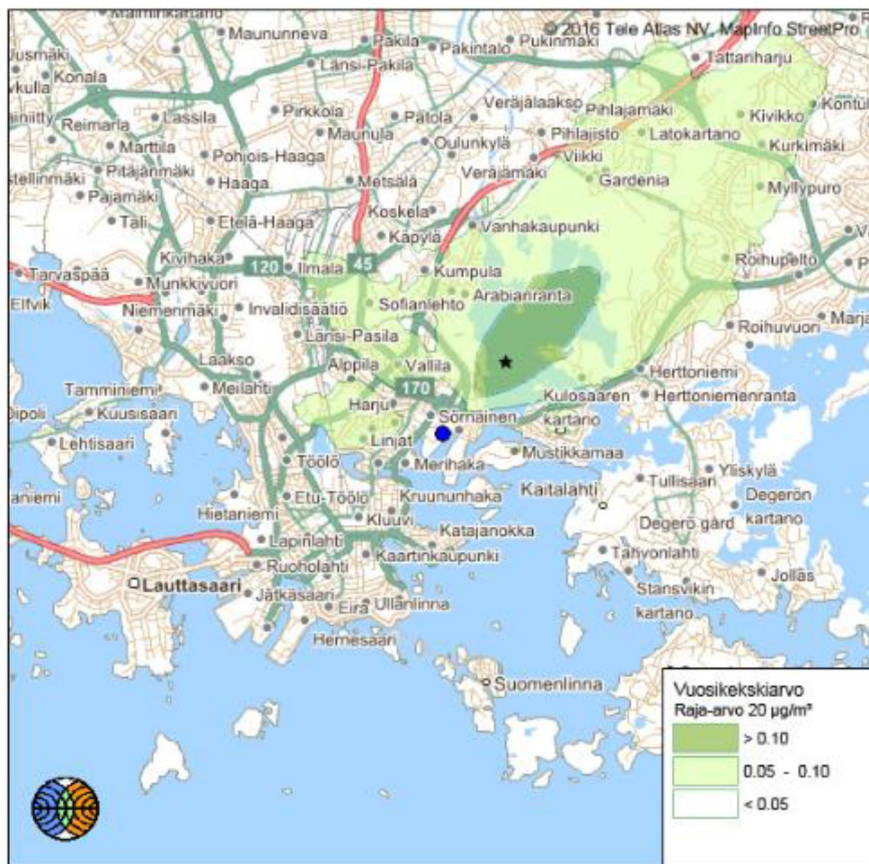
Rikkidioksidipitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Raja- tai ohjearvo	Päästötaso		
		2014	IED	BAT
Kriittinen taso	20 ^(***)	0,3	0,2	0,2
Korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus	80 ^(*)	5,3	4,8	3,0
Korkein vuorokausiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus	125 ^(**)	4,5	2,8	1,8
Korkein tuntiohjearvoon verrannollinen pitoisuus	250 ^(*)	15,7	10,0	6,2
Korkein tuntiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus	350 ^(**)	12,6	8,8	5,5
(* ohjearvo (** raja-arvo (***) ekosysteemivaikutusperusteinen raja-arvo				

Rikkidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvon aluejakauma on esitetty kuvassa 6. Korkeimmat rikkidioksidipitoisuudet muodostuivat voimalaitoksen koillispuolelle vallitsevasta tuulen suunnasta johtuen. Vuosipitoisuudet ovat korkeimmillaan $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (alle 1 %) kriittisestä tasosta, joka on annettu kasvillisuuden ja ekosysteemien suojelemiseksi.

Rikkidioksidin ohjearvoon verrannollisen vuorokausi- ja tuntipitoisuuden aluejakauma kuva on esitetty raportin lopussa liitekuviissa 1–2. Molemmat pitoisuudet ovat jakautuneet melko tasaisesti laitoksen eri puolille. Suurimmat vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet esiintyvät noin 1,5 km etäisyydellä voimalaitoksen luoteispuolella ollen 2,5–3,8 % ohjearvosta.



Kuva 5. Leviämismallilla laskettujen ulkoilman korkeimpien rikkidioksidipitoisuuksien suhde ilmanlaadun terveysvaikutusperusteisiin raja- ja ohjearvoihin. Kuvassa y-akselin 100 % kuvaa ohje- tai raja-arvotasoa, johon pitoisuuksia verrataan.



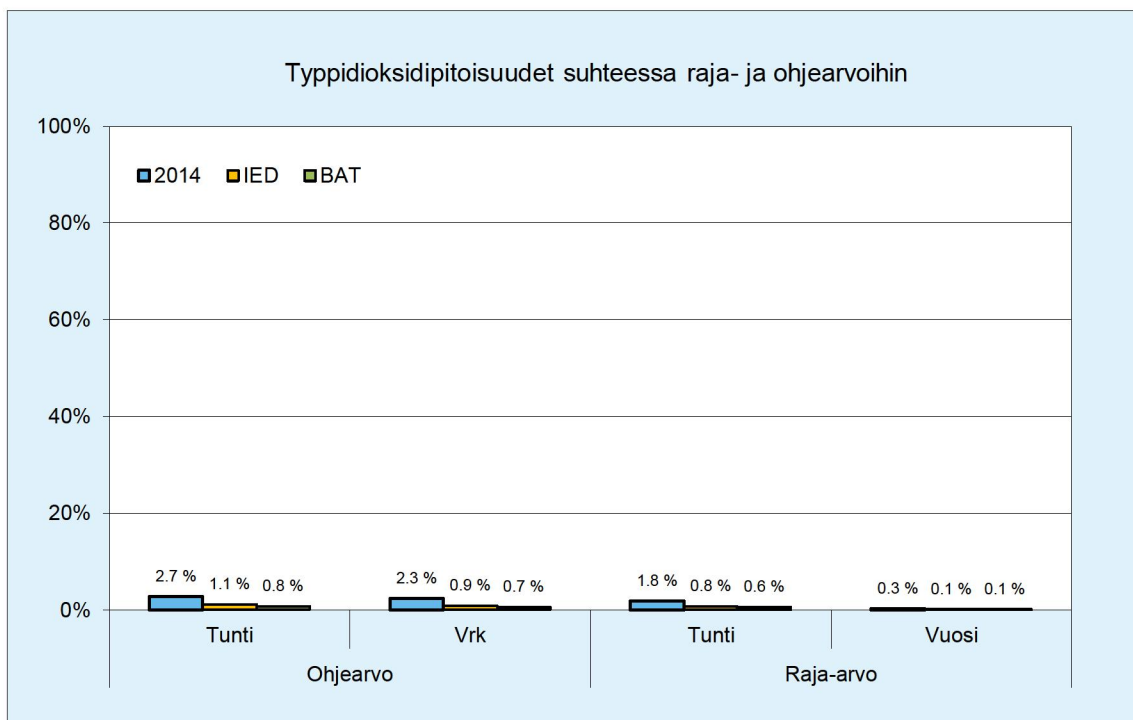
Kuva 6. Rikkidioksidin korkein vuosiraja-arvoon verrannollisen pitoisuuden jakauma. Suurin pitoisuus on esitetty mustalla tähdellä ja voimalaitoksen sijainti sinisellä ympyrällä.

4.2 Typpidioksidipitoisuudet

Hanasaaren voimalaitoksen päästöjen aiheuttamat ulkoilman typpidioksidipitoisuuksien korkeimmat arvot tutkimusalueella on esitetty taulukossa 6 ja pitoisuuksien suhde voimassa oleviin ohje- ja raja-arvoihin kuvassa 7. BAT-päästötasolla typpidioksidipitoisuudet ovat hyvin pienet vastaten 0,1–0,8 % ohje- tai raja-arvosta. Laskelmissa on huomioitu typenoksidipäästöjen ilmakemiallinen muutunta kulkeutumisen aikana.

Taulukko 6. Leviämismallilaskelmilla saadut Hanasaaren voimalaitoksen aiheuttamat korkeimmat ulkoilman typpidioksidipitoisuudet eri päästötasoilla.

Typpidioksidipitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Raja- tai ohje-arvo	Päästötaso		
		2014	IED	BAT
Korkein vuosiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus	40	0,10	0,04	0,03
Korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus	70 (*)	1,6	0,7	0,5
Korkein tuntiohjearvoon verrannollinen pitoisuus	150 (*)	4,1	1,6	1,2
Korkein tuntiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus	200 (**)	3,5	1,6	1,2
(*) ohje-arvo (**) raja-arvo				



Kuva 7. Leviämismallilla laskettujen ulkoilman korkeimpien typpidioksidipitoisuuksien suhde ilmanlaadun terveysvaikutusperusteisiin raja- ja ohjearvoihin. Kuvassa y-akselin 100 % kuvaa ohje- tai raja-arvotasoa, johon pitoisuuksia verrataan.

Typidioksidin vuosikeskiarvon alueellinen jakautuminen tutkimusalueella on esitetty kuvassa 8. Korkeimmat pitoisuudet muodostuivat voimalaitoksen koillispuolelle vallitsevista tuulensunnista johtuen. Vuosipitoisuudet ovat korkeimmillaan 0,1 % terveyden suojelemiseksi annetusta vuosiraja-arvosta.

Typidioksidipitoisuuden vuorokausi- ja tuntiohjearvoon verrannollisen pitoisuuden jakautuminen tarkastelualueella on esitetty liitekuviissa 3–4. Voimalaitoksen päästöjen aiheuttamat vuorokausipitoisuudet tarkastelualueella ovat pääsääntöisesti 0,2–0,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ voimalaitoksen eri puolella. Suurimmat mallinnetut pitoisuudet esiintyvät voimalaitoksen luoteis-kaakkoispuolella ollen enintään 0,7 % vuorokausiohjearvosta.



Kuva 8. Korkein vuosiraja-arvoon verrannollinen typidioksidipitoisuuden jakauma. Suurin pitoisuus on esitetty mustalla tähdellä ja voimalaitoksen sijainti sinisellä ympyrällä.

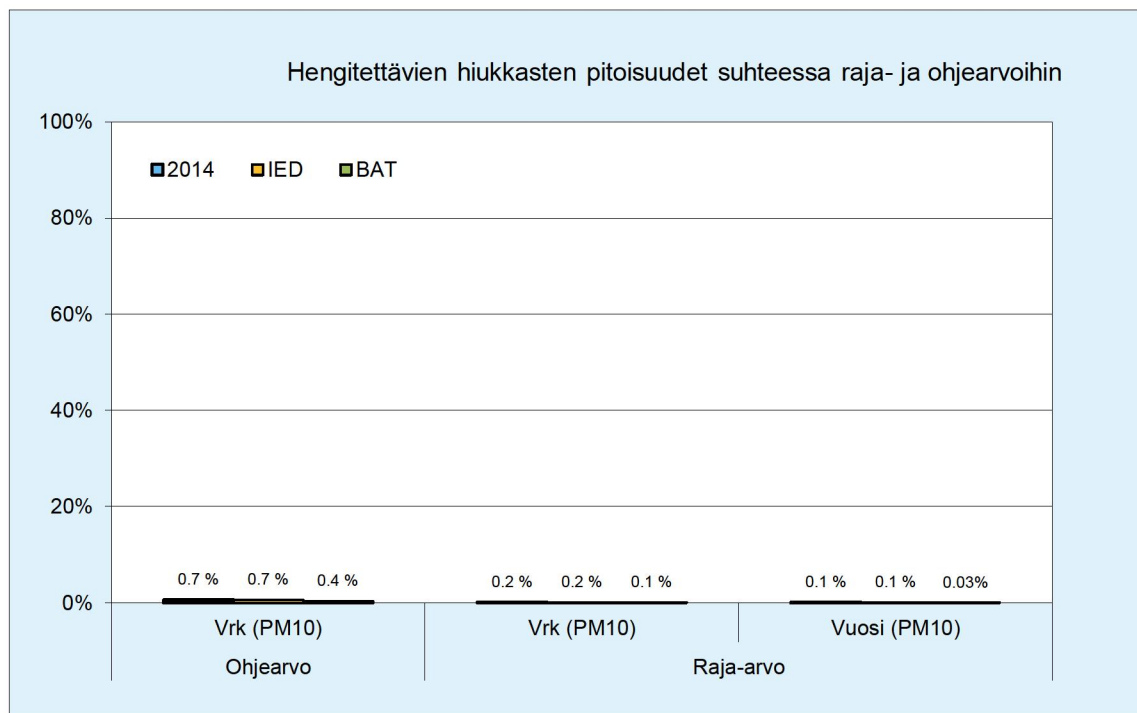
4.3 Hiukkaspitoisuudet

Leviämislaskelmien tuloksina saadut Helenin Hanasaaren voimalaitoksen päästöjen aiheuttamat hiukkaspitoisuuksien korkeimmat arvot tutkimusalueella on esitetty taulukossa 7. Pitoisuuksien suhde voimassa oleviin ohje- ja raja-arvoihin on esitetty kuvassa 9. Hiukkaspäästö on mallilaskelmissa oletettu kokonaisuudessaan olevan hengitettävien hiukkasten kokoluokkaa eli halkaisijaltaan alle 10 μm hiukkasia (PM_{10}).

Taulukko 7. Leviämismallilaskelmilla saadut Helenin Hanasaaren voimalaitoksen hiukkaspäästöjen aiheuttamat korkeimmat ulkoilman hiukkaspitoisuudet hengityskorkeudella eri päästötasoilla.

Hiukkaspitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Raja- tai ohjearvo	Päästötaso		
		2014	IED	BAT
Korkein vuosiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus	40 (*)	0,02	0,02	0,01
Korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus	70 (*)	0,5	0,5	0,3
Korkein vuorokausiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus	50 (**)	0,1	0,1	0,1

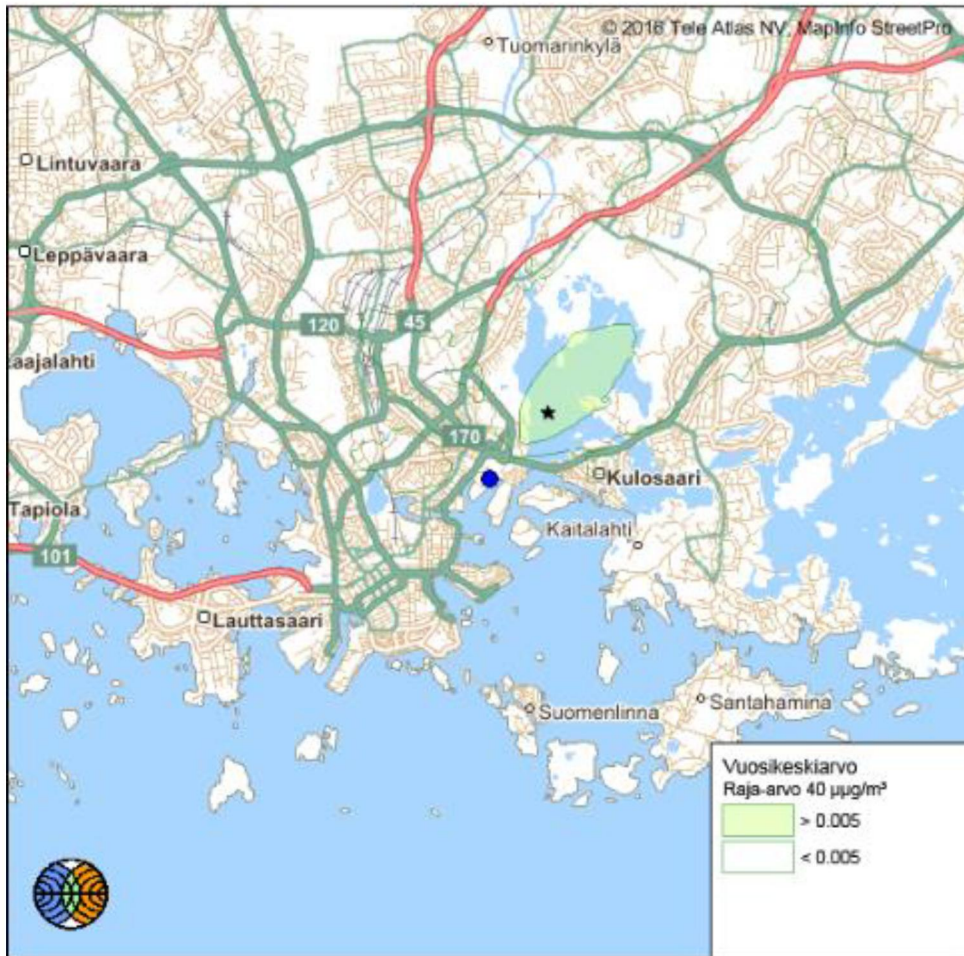
(* ohjearvo
(** raja-arvo)



Kuva 9. Leviämismallilla laskettujen ulkoilman korkeimpien hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien suhde ilmanlaadun terveysvaikutusperusteisiin raja- ja ohjearvoihin. Kuvassa y-akselin 100 % kuvaa ohje- tai raja-arvotasoa, johon pitoisuuksia verrataan.

Voimalaitoksen päästöjen aiheuttamat hiukkaspitoisuudet ovat pienet. Hiukkaspitoisuudet BAT-päästötasolla olivat suurimmillaan $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, eli 0,4 % PM_{10} vuorokausiohjearvosta ja alle 0,1 % vuorokausiraja-arvosta.

Hiukkasten vuosikeskiarvon alueellinen jakautuminen on esitetty kuvassa 10. Suurimmat pitoisuudet esiintyvät voimalaitoksen koillispuolella ollen kuitenkin hyvin pieniä, enintään $0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Kuva 10. Korkein hengitettävien hiukkasten (PM10) vuosiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus. Suurin pitoisuus on esitetty mustalla tähdellä ja voimalaitoksen sijainti sinisellä ympyrällä.

5 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä työssä arvioitiin leviämismallinnuksen avulla Helen Oy:n Hanasaaren voimalaitoksen K3-, K4- ja K8-kattiloiden rikkidioksidi-, typenoksidi- ja hiukkaspäästöjen aiheuttamia ilmanlaatuvaikutuksia kolmella eri päästötasolla. Työssä mallinnettiin päästöjen leviämistä nykytilaa vastaavilla, vuoden 2014 toteutuneilla päästöillä sekä Teollisuuspäästädirektiivin (IED) mukaisilla ja parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa (BAT) vastaavilla päästötasoilla voimalaitoksen lähiympäristössä hengityskorkeudella. Tarkastelu tehtiin käyttötunteihin perustuvalla päästöaikasarjalla. Vuoden 2014 ja IED-tason tulokset perustuvat Pääkaupunkiseudun leviämismallinnuksen (2016) tuloksiin, jota hyödynnettiin leviämismallinnuksessa myös muiden lähtötietojen osalta mahdollisuuksien mukaan.

Leviämismallilaskelmat tehtiin Ilmatieteen laitoksella kehitetyllä UDM-FMI leviämismallilla. Mallinnettuja tuloksia verrattiin ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin. Ilmanlaadun ohjearvot tulisi ottaa huomioon esimerkiksi kaavoituksessa ja suunnittelussa, jolloin pyritään etukäteen välttämään ihmisten pitkäaikainen altistuminen terveydelle haitallisen korkeille ilmansaasteiden pitoisuuksille. Terveysperusteiset ilmanlaadun raja-arvot ovat ohjearvoja sitovampia, eivätkä saa ylittyä alueella, joilla asuu tai oleskelee ihmisiä.

Leviämismallinnuksella saadut ilman epäpuhtauksien pitoisuudet vaihtelivat eri päästötasojen välillä. Pitoisuudet olivat suurimmat nykytilannetta vastaavalla päästötasolla ja pienimmät BAT-päästöillä. Merkittävin epäpuhtaus oli rikkidioksidi, jonka osuus voimassa oleviin raja- ja ohjearvoihin oli kuitenkin pieni, enintään 6,7 %. Rikkidioksidin vuorokausiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus nykytilanteessa oli $4,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, IED-päästötasolla $2,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja BAT-päästötasolla $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Rikkidioksidin vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus BAT-päästötasolla oli $3,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, eli 3,8 % ohjearvosta ja tuntiohjearvoon verrannollinen pitoisuus $6,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, eli 2,5 % ohjearvosta.

Typpidioksidi- ja hiukkaspitoisuuksien osuus voimassa oleviin vuosiraja-arvoihin oli kaikilla kolmella päästötasolla hyvin pieni, enintään 0,3 %. Typpidioksidin vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus nykypäästöillä oli $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, eli 2,7 %. IED- ja BAT-päästötasolla pitoisuus oli alle 1 % ohjearvoon verrannollisesta pitoisuudesta. Hiukkaspitoisuuksien vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus oli nykytilanteen ja IED-päästötasolla sama, $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. BAT-päästöillä pitoisuus oli $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nyt tehtyjen leviämismallilaskelmien tulosten perusteella voidaan arvioida, että Hanasaaren voimalaitoksen nykytilanteen, IED- ja BAT-päästötason aiheuttamat rikkidioksidi-, typenoksidi- ja hiukkaspäästöt eivät aiheuta terveydellistä riskiä lähialueen asukkaille, sillä terveyden suojelemiseksi annetut ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot alituvat selvästi.

VIITELUETTELO

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

Hannuniemi, H., Salmi, J., Rasila, T., Wemberg, A., Komppula, B., Lovén, K. ja Pietarila, H., 2016. Pääkaupunkiseudun päästöjen leviämismalliselvitys. Autoliikenteen, energiantuotannon, laivaliikenteen ja lentoliikenteen typenoksidi-, pienhiukkas- ja rikkidioksidipäästöjen leviämismallinnus. Ilmatieteen laitos, Asiantuntijapalvelut, Ilmanlaatu ja energia, Helsinki. 47 sivua + 27 liites.

Ilmanlaatuportaali 2017. Ympäristönsuojelun tietojärjestelmän ilmanlaatuosa, tarkistettut 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.

Kaski, N., Loukkola, K., Portin, H., 2017. Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 2016. HSY:n julkaisuja 3/2017., ISBN: 978-952-7146-29-3 <https://www.hsy.fi/sites/Esitteet/EsitteetKatalogi/Raportit/ilmanlaatu-paakaupunkiseudulla-2016.pdf>

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.

Vna 750/2013. Valtioneuvoston asetus polttoaineteholtaan alle 50 megawatin energiantuotantoyksiköiden ympäristönsuojeluvaatimuksista. Annettu 24.10.2013

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

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

LIITEKUVAT

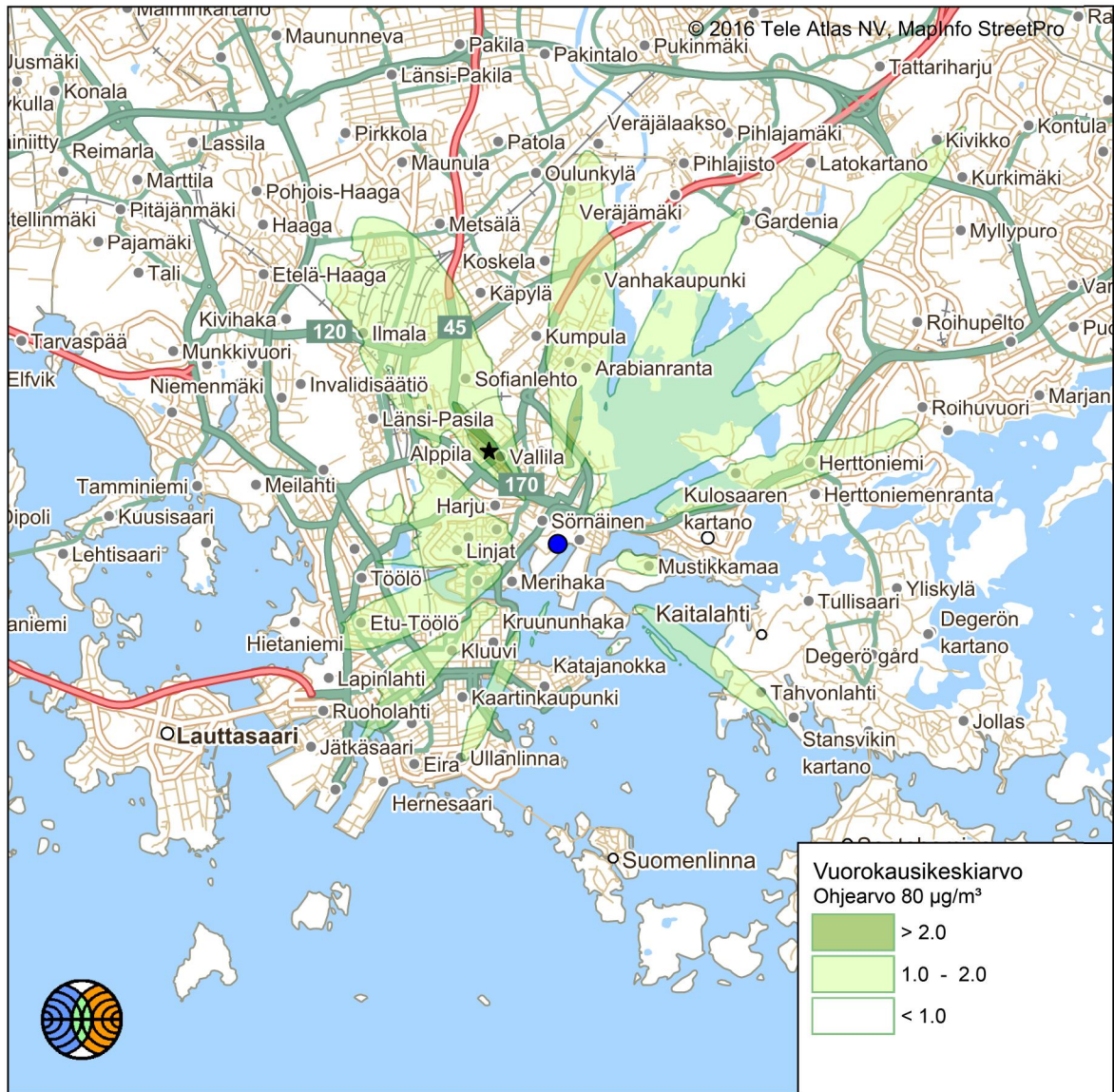
Leviämiskuvissa on esitetty laskentapisteittäisistä keskiarvoista samanarvonviivoin muodostetut korkeimpien pitoisuuksien alueet, joilla tietyn pitoisuuden ylittyminen on pitkän havaintojakson aikana todennäköistä. Laskentapiste, johon muodostui koko tutkimusalueen suurin pitoisuus, on esitetty kuvassa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



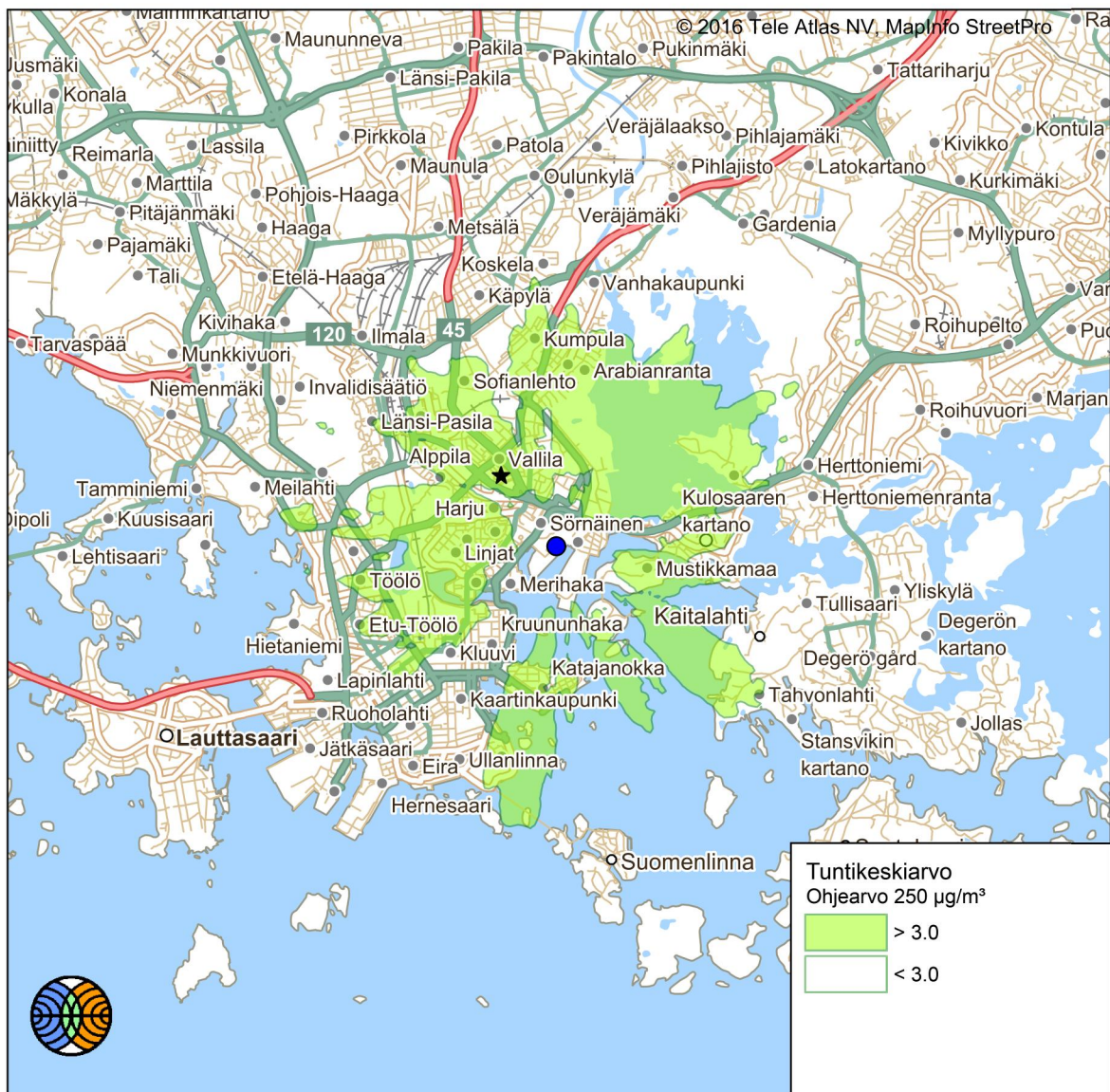
Ilmatieteen laitos 2017

● = piippu

☆ = maksimi = 3,0 µg/m³

Kuva 1. Rikkidioksidin korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).

HELEN OY Hanasaaren voimalaitos



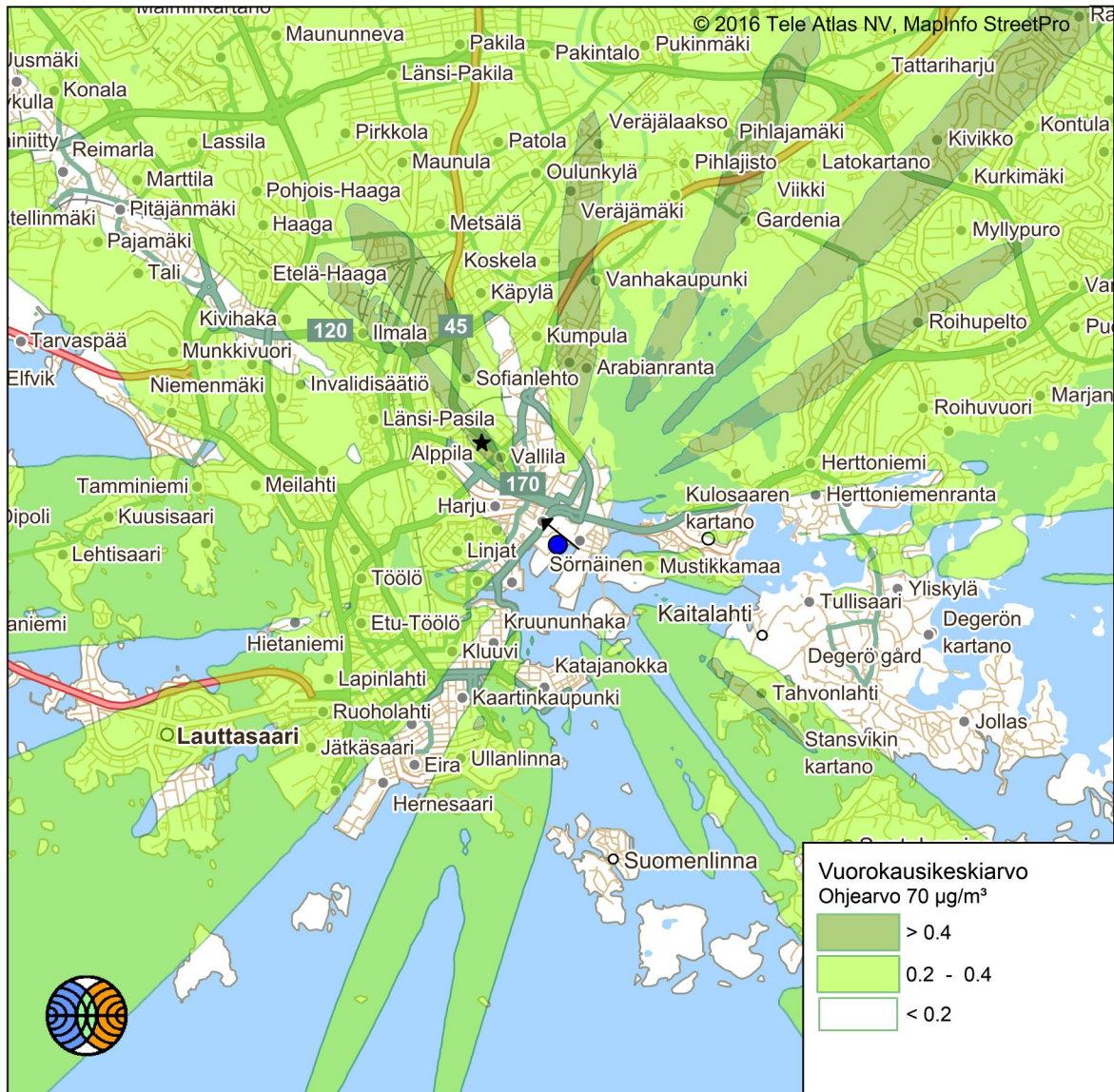
Ilmatieteen laitos 2017

● = piippu

☆ = maksimi = 6,1 µg/m³

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

HELEN OY Hanasaaren voimalaitos



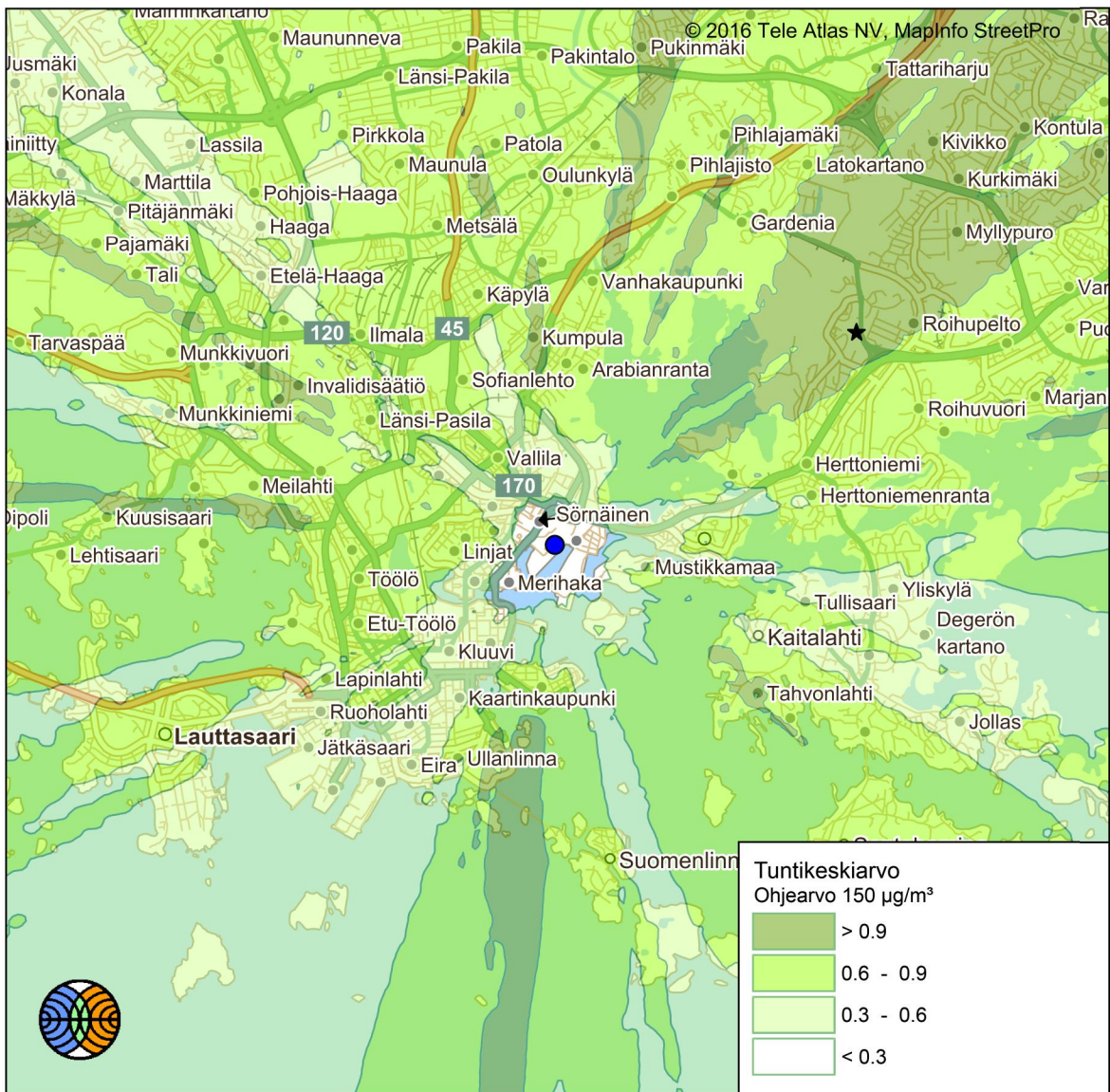
Ilmatieteen laitos 2017

● = piippu

☆ = maksimi = 0,5 µg/m³

Kuva 3. Typpidioksidin korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).

HELEN OY Hanasaaren voimalaitos



Ilmatieteen laitos 2017

● = piippu

☆ = maksimi = 1,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

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

HELEN OY Hanasaaren voimalaitos



Ilmatieteen laitos 2017

● = piippu

☆ = maksimi = 0,3 µg/m³

Kuva 5. Hengitettävien hiukkasten korkein vuorokausi-ohjearvoon verrannollinen pitoisuus (µg/m³).



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

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

WWW.ILMATIETEENLAITOS.FI

