

Petra Kivistö

ENERGIANTUOTANTOLAITOKSEN
VAIKUTUKSET ALUEEN
LÄHIYMPÄRISTÖÖN

Opinnäytetyö
Ympäristötekniologia


Toukokuu 2014




MAMK

University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

	Opinnäytetyön päivämäärä	
Tekijä(t) Petra Kivistö	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Ympäristötekniikan koulutusohjelma	
Nimeke Energiatuotantolaitoksen vaikutukset alueen lähiympäristöön		
Tiivistelmä Työssä tehtyjen tutkimusten tavoitteena oli selvittää Etelä-Savon Energia Oy:n Pursialan voimalaitoksen aiheuttamia vaikutuksia lähialueen ympäristöön. Huomio kiinnitettiin erityisesti laitoksen lähiympäristön ilmanlaatuun sekä toiminnan aiheuttamaan ympäristömeluun. Opinnäytetyö oli osa EU-osarahoitteista <i>Älykäs ympäristö bioenergian tutkimus- ja innovaatiotoiminnalle</i> -hanketta. Lähialueiden ilmanlaatua selvitettiin kokonaisleijumamittauksilla standardin SFS 3863 mukaisesti sekä kokonaislaskeumamittauksilla standardin SFS 3865 mukaisesti. Lisäksi mitattiin ilmanhiukkaspitoisuuksia energiantuotantolaitoksen lähiympäristössä P- ja AeroTrak-mittareilla. Tuotantolaitoksen lähiympäristöstä otettiin myös luminäytteet kokoomanäytteenotolla. Laitoksen toiminnasta aiheutuvaa ympäristömelua mitattiin äänitasomittarilla lähinnä voimalaitosta sijainneella asuinalueella Rauhaniemessä. Kokonaisleijumamittaukset tehtiin kahdessa mittauspisteessä samanaikaisesti kolmena eri päivänä. Mittauspisteet sijaitsivat Rauhaniemessä sekä Kenkäveronniemessä. Kokonaislaskeuman mittauspisteet sijaitsivat myös Rauhaniemessä sekä Kenkäveronniemessä. Luminäytteitä otettiin neljästä mittauspisteestä, jotka sijaitsivat Kenkäveronniemessä, Rauhaniemessä, Kaihulla sekä Salosaaressa. Ilman hiukkasmittaukset tehtiin samoissa mittauspisteissä. Otetuista luminäytteistä määritettiin elohopea- (Hg) ja kadmium (Cd) -pitoisuudet, pH sekä nitraatti- ja nitriittityppi. Kokonaislaskeumanäytteistä määritettiin elohopea- ja kadmiumpitoisuudet sekä epäorgaaninen ja orgaaninen kokonaislaskeuma. Melumittausten tulokset laskettiin ympäristöministeriön ympäristömelun mittaamisohjeen I 1995 mukaisesti. Saatujen tulosten perusteella lähialueilla ei todettu ympäristöhaittaa aiheuttavia pitoisuuksia. Laitoksen aiheuttama ympäristömelu Rauhaniemessä oli ohjearvojen mukaista.		
Asiasanat (avainsanat) Energiantuotantolaitokset, hiukkaset, pienhiukkaset, ilmanlaatu, laskeumat, melu		
Sivumäärä 59 s. + liitteet 10 s.	Kieli suomi	URN
Huomautus (huomautukset liitteistä)		
Ohjaavan opettajan nimi DI Martti Pouru	Opinnäytetyön toimeksiantaja DI Hanne Soininen Mikkelin ammattikorkeakoulu Energia- ja ympäristötekniikan laitos	

DESCRIPTION

		Date of the bachelor's thesis	
Author(s) Petra Kivistö		Degree programme and option Environmental Engineering	
Name of the bachelor's thesis Effects to the nearby environment caused by a power plant			
Abstract <p>The aim of this study was to investigate areal environmental effects caused by a power plant of Etelä-Savon Energia Oy, which is located in Pursiala, Mikkeli. Especially the quality of the air in the surrounding areas of the power plant and the ambient noise coming from the plant was taken into notice. This Bachelor's thesis was part of an EU financed <i>Intelligent Environment for the Production of Bioenergy research and innovation</i> -project.</p> <p>The quality of air in the surrounding areas was investigated by total suspended particles measurements (SFS 3836) and by total fallout measurements (SFS 3835). Air particle concentrations were also measured near the power plant by P- and AeroTrak particle counters. Composite snow samples near the power plant were also taken. Ambient noise coming from the operating of the plant was measured in nearest living area located.</p> <p>Total suspended particles measurements were done in two measurement points at the same time in three different days. Measurement points were in Rauhaniemi and Kenkävero. Total fallout measurements points were also in Rauhaniemi and Kenkävero. Snow samples were taken from four measurement points in Kenkäveronniemi, Rauhaniemi, Kaihu and Salosaari. Air particle measurements were also done in these four measurement points.</p> <p>Quicksilver (Hg) and Cadmium (Cd) concentrations as well as pH and nitrate and nitrite nitrogen values were analyzed from the snow samples. From the total fallout sample, both quicksilver and cadmium concentrations were analyzed as well as inorganic and organic total fallout. Ambient noise measurements were calculated according to the guidance of measuring the ambient noise by Finnish Ministry of the Environment.</p> <p>No environmentally harmful concentrations in the surrounding area were detected. The ambient noise caused by the power plant did not exceed the reference value.</p>			
Subject headings, (keywords) Power Plants, fine particles, air quality, fallout, noise			
Pages 59 p. + app. 10 p.	Language Finnish	URN	
Remarks, notes on appendices			
Tutor DI MarttiPouru		Bachelor's thesis assigned by DI Hanne Soininen Mikkeli University of Applied Sciences Department of Energy and Environmental Engineering	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	YLEISTÄ ENERGIANTUOTANNON VAIKUTUKSISTA LÄHIYMPÄRISTÖÖN.....	2
2.1	Pienhiukkaset ja niiden vaikutukset terveyteen	2
2.2	Hiukkasten leviäminen	3
2.3	Puun ja turpeen käyttöenergiantuotannossa	7
2.4	Ympäristömelu.....	8
3	ETELÄ-SAVON ENERGIA OY JA PURSIALAN VOIMALAITOKSEN VAIKUTUKSET YMPÄRISTÖÖN.....	9
3.1	Ympäristövastuullisuus	9
3.2	Pursialan voimalaitoksen sähkön ja lämmönyhteistuotanto	11
3.3	Pursialan voimalaitoksen polttotekniikat	12
3.3.1	Kiertopetikattila Pursiala 1	13
3.3.2	Leijukerroskattila Pursiala 2.....	14
3.3.3	Lämpökattila FLK 2.....	14
3.4	Pursialan voimalaitoksen savukaasujen puhdistus.....	16
3.5	Puun ja turpeen käyttö energiantuotannossa Pursialan voimalaitoksessa	16
3.6	Pursialan voimalaitoksen aiheuttama ympäristömelu	18
3.7	Aiemmat tutkimukset aiheesta.....	18
4	MUU PURSIALAN ENERGIANTUOTANTOLAITOKSEN LÄHIALUEEN YRITYSTOIMINTA.....	20
5	KÄYTETYT MATERIAALIT JA MENETELMÄT	21
5.1	Kokonaisleijuman määrittäminen tehokeräysmenetelmällä	22
5.2	Laskeuman määrittäminen.....	22
5.3	Optiset mittausmenetelmät	24
5.4	Äänitasomittaukset.....	25
5.5	Käytetyt mittausmenetelmät	26
5.6	Näytteiden analysointi.....	31
6	TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	35
6.1	Mittausajankohdan sääolot	35
6.2	Kokonaisleijumamittaukset.....	36

6.3	Kokonaislaskeumanäytteiden mittaustulokset	40
6.4	Alueen hiukkaspitoisuudet	41
6.5	Ympäristömelu Rauhaniemessä	51
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	52
	LÄHTEET	56

LIITTEET

- 1 Mittauspisteet
- 2 Raja-arvot ilmanlaadulle
- 3 Kokonaisleijuman mittauspöytäkirja
- 4 Hiukkasmittausten mittauspöytäkirjat
- 5 Melunmittauspöytäkirja

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on osa EU-rahoitteista *Älykäs ympäristö bioenergian tutkimus ja innovaatiotoiminnalle* -hanketta. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää Etelä-Savon Energia Oy:n Pursialan voimalaitoksen vaikutuksia lähialueen ympäristöön. Erityisesti laitoksen lähiympäristön ilmanlaatu sekä laitoksen toiminnasta aiheutuva melu olivat tarkastelun kohteena tehdyissä tutkimuksissa.

Pursialan voimalaitos sijaitsee Mikkelissä Pursialan teollisuusalueella. Voimalaitoksella on kaksi voimalaitosyksikköä ja lämpökattila, jotka tuottavat kaukolämpöä Mikkelin kaupungin kaukolämpöverkkoon. Lisäksi laitos tuottaa sähköä valtakunnan verkkoon. Polttoaineteholtaan Pursialan voimalaitos on 223 megawattia ja se toimittaa melkein kaiken Etelä-Savon Energia Oy:n tarvitseman sähkön sekä yli 90 % kaukolämmöstä. Voimalaitosta lähinnä sijaitseva asutus on Saimaaseen kuuluvan Pappilanselän vastarannalla Rauhaniemessä noin 400 metrin päässä voimalaitoksesta. Voimalaitoksen etelä- ja länsipuolella on Misawan saha sekä muita teollisuuslaitoksia. Voimalaitos sijaitsee asemakaavan mukaisella energianhuollon korttelialueella. (Itä-Suomen aluehallintovirasto 2014.)

Mikkelin ympäristöpalveluihin on tullut kyselyitä Etelä-Savon Energia Oy:n Pursialan energiantuotantolaitoksen päästöihin liittyen. Laitoksen lähialueilla on havaittu pinnoille sekä lumelle kertyvää pölyä, jota on arveltu nokilaskeumaksi. Laskeumien päästölähteeksi on epäilty Pursialan voimalaitosta. Pursialan voimalaitoksen kaltaisesta energiantuotantolaitoksesta voi vapautua saasteita muun muassa savukaasujen mukana ilmaan. Lisäksi esimerkiksi polttoainetoimituksia käsiteltäessä voi tapahtua pölyämistä, mikä saattaa aiheuttaa lähialueiden likaantumista Käyttämällä oikeita toimintatapoja, voidaan voimalaitoksen toiminnasta syntyviä päästöjä rajoittaa tai parhaimmassa tapauksessa ehkäistä kokonaan.

Voimalaitostoiminnasta syntyvien päästöjen vaikutuksia voidaan arvioida esimerkiksi tekemällä hiukkasmittauksia sekä ottamalla kokonaislaskeuma- tai leijumanäytteitä. Tarkkojen tulosten saamiseksi hiukkasmittaukset olisi hyvä tehdä jatkuvatoimisesti pitkällä ajanjaksolla. Tässä tutkimuksessa mittauksia tehtiin yksittäin ja ne olivat lyhytkestoisia rajallisen tutkimusajan takia. Kokonaislaskeumaa selvitettiin laskeumakeräinnäytteiden avulla ja kokonaisleijumanäytteitä otettiin tehokeräinmenetelmällä.

Lisäksi otettiin luminäytteitä voimalaitoksen lähiympäristöstä. Äänitasomittaukset suoritettiin Rauhaniemen asuinalueella. Tehtyjen mittausten ja näytteiden tulosten perusteella arvioitiin mahdollisia ympäristöhaittoja lähialueilla.

2 YLEISTÄ ENERGIANTUOTANNON VAIKUTUKSISTA LÄHIYMPÄRISTÖÖN

Energian tuotannossa suurimmat ympäristövaikutukset aiheutuvat tämän päivän käsitksen mukaan ilmaan päästetyistä päästöistä eli savukaasuista. (Hoffman ym. 2004, 137.) Energiantuotannon päästöjä ilmaan ovat muun muassa happamoittavat typen ja rikin oksidien sekä ammoniakkin päästöt, hiukkaspäästöt sekä hitaasti hajoavien orgaanisten yhdisteiden eli POP-yhdisteiden päästöt (Ympäristöhallinto 2013).

2.1 Pienhiukkaset ja niiden vaikutukset terveyteen

Pienhiukkasia muodostuu tiivistymällä höyrystyneistä aineista tai kemiallisten reaktioiden aiheuttamana. Esimerkiksi hiilen, turpeen ja nestemäisten polttoaineiden poltossa, rikkidioksidi- ja typenoksidipäästöjen muuntuessa sulfaateiksi ja nitraateiksi sekä eloperäisten hiilivetypäästöjen muuntumisessa syntyy pienhiukkasia. Pienhiukkaset koostuvat useimmiten sulfaateista, nitraateista, ammoniumista, alkuainehiilestä eli noesta, orgaanisista yhdisteistä, metalleista sekä hiukkasiin sitoutuneesta vedestä. Pienhiukkaset saattavat pysyä ilmakehässä päivä tai jopa viikkoja. (Hoffman ym. 2004, 151.) Turvetuotanto, liikenne, energiantuotanto hiilen, turpeen, puun ja nestemäisten polttoaineiden poltto ovat yleisimmät hiukkaspäästöjen synty lähteet. Pienhiukkasilla on suuri vaikutus ihmisten terveyteen ja viihtyvyyteen. (Ympäristöhallinto 2013.)

Ilmassa olevien pienhiukkasten arvellaan olevan syynä merkittävämpiin ilmansaasteista seuraaviin terveysvaikutuksiin. Pienhiukkasia ovat hiukkaset, jotka ovat aerodynaamiselta halkaisijaltaan alle 2,5 mikrometriä. Tätä kokoluokkaa ovat hiukkaset ovat niin pieniä, etteivät ne tartu hengityselinten pölynpoistomekanismeihin ja pääsevät näin ollen kulkeutumaan keuhkorakkuloihin ja jopa verenkiertoon. Pienhiukkasten aiheuttamiin vaikutuksiin on liitetty muun muassa astman yleistyminen, hengityselinten heikentynyt toimintakyky ja lisääntynyt kuolleisuus niin sanottujen ilmansaaste-

episodien aikana. World Health Organization WHO:n mukaan ilman pienhiukkaset voivat lyhentää ihmisten keskimääräistä elinikää reilulla vuodella. (Hoffman ym. 2004, 150–151.)

Halkaisijaltaan pienhiukkasia suuremmat hiukkaset eivät pysty kulkeutumaan yhtä syvälle hengityselimiin kuin pienhiukkaset. Tällaiset suuremmat hiukkaset, halkaisijaltaan yli 2,5 mikrometriä, saavat alkunsa useimmiten mekaanisen hajotuksen seurauksena. Esimerkiksi liikennepöly, lentotuhka ja maatalousmaan pölyäminen ovat ihmisten aiheuttamia hiukkasten syntytapoja. Hiukkasia ei kuitenkaan synny ainoastaan ihmisen toiminnan seurauksena. Niitä syntyy myös luonnossa maaperän ja kasvilisäyksen pölyämisestä. Sisäilmaan hiukkasia pääsee myös tekstiileistä, ruoan valmistuksesta sekä tupakoinnista. (Hoffman ym. 2004, 151.)

Valtioneuvoston asetuksessa ilmanlaadusta (38/2011) on säädetty ilmanepäpuhtauksien sitovista ja tavoitteellisista enimmäispitoisuuksista. Asetuksen mukaan ilmassa olevien hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) pitoisuuden vuorokausiraja-arvo on 50 µg/m³ ja vuosikeskiarvo 40 µg/m³. Pienhiukkasille (PM_{2,5}) raja-arvo on 25 µg/m³. Tarkemmat raja-arvot ovat liitteessä 2.

Voimalaitosten polttoprosesseissa syntyviä pienhiukaspäästöjä poistetaan savukaasuista pölynsuodattimilla. Pölynsuodattimet poistavat kuitenkin vain melko suurikokoisia hiukkasia, päästäen pienhiukkaset läpi. Osa pienhiukkasista saattaa myös muodostua vasta suodattimen jälkeen tiivistymällä. Tehokkaimmat suodattimet poistavat hyvin myös pienhiukkaset ja voimalaitosten hiukaspäästöt ovat usein alhaisia. Energiantuotannossa syntyviä pienhiukaspäästöjä on mahdollista vähentää tuotantotekniikkaa kehittämällä ja ohjaamalla tuotantoa ominaispäästöiltään pienempiin muotoihin. (Hoffman ym. 2004, 151–152.)

2.2 Hiukkasten leviäminen

Hiukkaset, ja saasteet yleensä, kulkeutuvat, laimenevat ja muuntuvat kemiallisesti tai fysikaalisesti ilmakehässä kunnes ne lopulta löytävät reseptorin, eli jonkun vastaanottavan rakennosan, esimerkiksi kasvin tai ihmisen solun. Saasteet vahingoittavat terveyttä sekä esimerkiksi erilaisia materiaaleja, kuten rakennuksia, sekä ympäristöä. Osa

saasteista poistuu ilmakehästä luonnollisesti löytämättä reseptoria itselleen. (de Nevers 2000, 13.)

Ultrapienten hiukkasten synty lähteitä ovat kaikenlainen palaminen ja etenkin kaupungeissa niitä syntyy tieliikenteestä. Suurina pitoisuuksina ultrapieniä hiukkasia ei esiinny kauaa, mutta ne voivat pysyä ilmakehässä viikkoja kasvaessaan akkumulaatio- eli kertymähiukkasiksi leviten kaukokulkeumana pitkiäkin matkoja. Tämän ominaisuuden vuoksi kertymähiukkasten yleisin lähde on nimenomaan kaukokulkeuma. (Pekkanen 2005.)

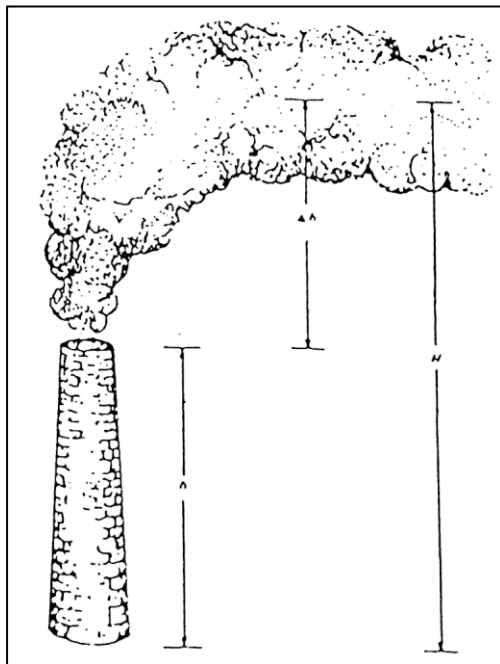
Suuriosa kaupunki-ilmassa olevista pienhiukkasista on lähtöisin kaukokulkeumasta. Esimerkiksi Helsingissä puolet kaupunki-ilmassa olevista pienhiukkasista on peräisin kaukokulkeumasta. Loput 10–20 % tulevat paikallisesta tieliikenteestä tai poltossa syntyneistä hiukkasista. Osa pienhiukkasista on peräisin pieniltä osin merisuolasta ja hiekkapölystä. (Pekkanen 2005.) Suomessa suuri osa kaukokulkeumana maan rajojen ulkopuolelta tulevista hiukkasista on peräisin lännestä päin. Tämä johtuu yleisistä lounaanpuoleisista tuulista Suomessa. Lyhyt kestoisissa, kaukokulkeutumana Suomeen tulevissa korkeapitoisissa hiukkaspitoisuuksien esiintymisissä hiukkaset tulevat useimmiten idästä, eli Venäjältä päin. (Helsingin seudun ympäristöpalvelut 2011.)

Saasteiden leviämistä ja laimenemista voidaan ennustaa erilaisten leviämismallien avulla. Yksinkertaisin saasteiden mallinnustapa on fixed-box-mallinnos, jossa mallinnuskohteen oletetaan olevan laatikon sisällä ja jossa kaikki muuttujat oletetaan vakioiksi. Kyseisellä mallilla voidaan määrittää esimerkiksi tietynkaupunkialueen saaste-pitoisuuksia. Muita mallinnustapoja ovat erilaiset diffuusiomallit, jotka kuvaavat esimerkiksi piipusta tulevien saasteiden leviämistä ja laimenemista. (de Nevers 2000, 120–126.)

Leviämislaskelmia tehdessä tarvitaan päästötietoja epäpuhtauspäästöistä aikayksikössä, savukaasujen määrästä ja lämpötilasta, savupiipun korkeudesta sekä sen halkaisijasta. Meteorologisina tietoina leviämislaskelmaa tehdessä tarvitaan tuulen suunta ja nopeus, ilmakehän stabiiliutta kuvaava suure, sekoituskorkeus sekä lämpötila. Vallitseva tuulen suunta sekä sen nopeus määrittävät epäpuhtauden keskimääräisen kulkeutumiskohteen. Ilmavirtauksen pyörteisyydellä eli turbulenssilla arvioidaan ilmakehän stabiiliutta. Ilmakehän stabiilius vaikuttaa tuulen nopeuden kanssa paljon epäpuhtau-

den sekoittumiseen ja sitä kautta myös pitoisuuksien laimenemiseen lähteen ympärillä. (Häkkinen 1987, 6.)

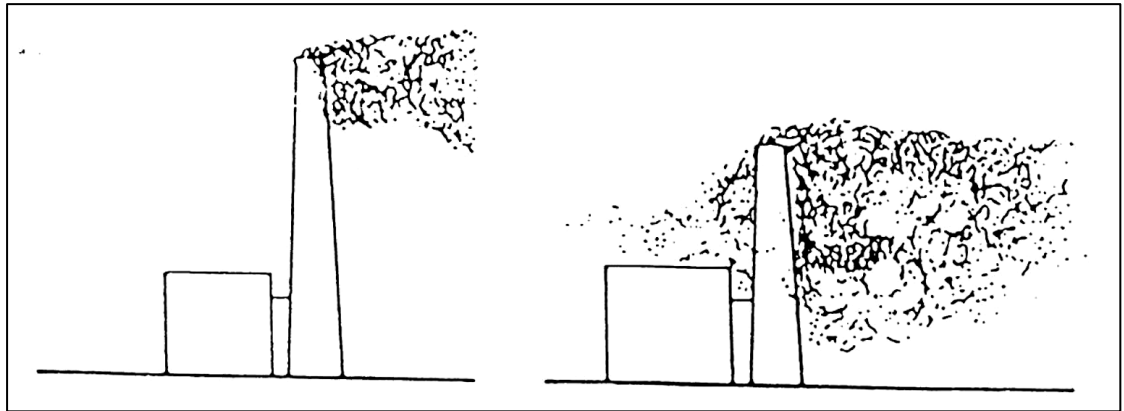
Savukaasujen leviämisessä huomattava vaikutus on myös piipunkorkeudella sekä piippulisällä. Piippulisällä tarkoitetaan savukaasujen nousemista päästölähteestä eli piipusta ylöspäin (kuva 1). Tämä niin sanottu savunousema on riippuvainen savukaasujen lämpötilasta, määrästä sekä meteorologisista tekijöistä. (Häkkinen 1987, 6.) Savukaasut nousevat ylöspäin, mikäli ne ovat kuumempia kuin ympäröivä ilma ja koska ne lähtevät piipusta pystysuoralla nopeudella, joka kuljettaa niitä ylöspäin. Savukaasujen kohoaminen lakkaa niiden sekoituessa ympäröivään ilmaan sekä niiden lämpötilan tasaantuessa ympäröivän ilman kanssa samaksi. (de Nevers 2000, 142.) Tarkemmin sanottuna savunousemalla tarkoitetaan savuviuhkan keskilinjan sekä lähteen välistä eroa. Savunousemalla voi olla huomattava päästökorkeutta lisäävä vaikutus erityisesti kuumille savukaasuille. (Häkkinen 1987, liite 3.)



KUVA 1. Havainnollistava kuva savunousemasta (Häkkinen 1987, liite 4).

Savunouseman vastakohta on savupainauma (kuva 2), jossa savu ei kohoakaan piipusta tullessa ylöspäin, vaan painautuu alaspäin. (Häkkinen 1987, liite 3.) Savupainauma aiheutuu savukaasujen alhaisesta nousunopeudesta. Myös lähellä sijaitsevat rakennukset, erityisesti korkeat sellaiset, voivat suotuisten meteorologisten olosuhteiden vallitessa aiheuttaa savupainautumaa. Lähialueiden epäpuhtauspitoisuuksia lisää huomattavasti savun joutuminen lähirakennuksista aiheutuneisiin pyörteisiin. Lähteen ja raken-

nusten mittasuhteilla on oleellinen osa savupainauaman ilmenemisessä, minkä vuoksi savupainauamaa arvioitaessa on syytä tietää päästölähteen välittömässä läheisyydessä olevien rakennusten korkeus. (Häkkinen 1987, liite 4.)



KUVA 2. Savukaasujen alhaisesta nousunopeudesta johtuva savupainauama (vasemmalla) ja korkeista lähirakennuksista johtuva painauama (oikealla) (Häkkinen 1987, liite 4).

Päästökorkeudella on suuri vaikutus päästölähteen läheisyydessä vallitseviin päästöpiitoisuuksiin maanpinnalla. Mitä korkeammalla päästölähde on, sitä pienemmät pitoisuudet saavutetaan päästölähteen läheisyydessä maanpinnalla. Tämä johtuu siitä, että esimerkiksi korkeamman savupiipun avulla epäpuhtaudet pääsevät kulkeutumaan etäämmälle päästölähteestä ennen kuin ne poistuvat ilmakehästä. Päästölähteen korkeutta voidaan lisätä esimerkiksi pidemmällä savupiipulla, jolloin piipun pituuden ja savunouseman avulla savukaasut pääsevät korkeammalle ilmaan ja kulkeutuvat näin kauemmaksi. (Häkkinen 1987, liite 3.)

Valtioneuvoston asetuksessa polttoaineteholtaan vähintään 50 megawatin polttolaitosten päästöjen rajoittamisesta (96/2013) säädetään, että polttolaitoksella syntyvät savukaasut on johdettava hallitusti ulkoilmaan piipun kautta. Asetuksen mukaan riittävä piipun korkeus on saavutettu, kun energiantuotannossa syntyvät savukaasut johdetaan ilmaan niin, ettei niistä aiheudu terveyshaittaa. Myöskään muuta merkittävää ympäristöä pilaavaa tai vaarantavaa haittaa ei saa aiheutua savukaasujen takia.

2.3 Puun ja turpeen käyttöenergiatuotannossa

Monissa Euroopan unionin ja kansallisen tason ilmasto- ja energiapolitiikan strategioissa ehdotetaan, jopa vaaditaan bioenergian käytön lisäämistä tämän hetkisestä käytöstä. Suurimpina potentiaalisina bioenergian lähteinä pidetään muun muassa metsähakkeen käytön lisäämistä sekä puun pienkäytön lisäystä. (Ilmasto-opas.)

Puun ja turpeen yhteispoltossa kattilasta syntyvä rikkipäästö on alempi kuin pelkässä turpeenpoltossa. Lämpöpinnatkin pysyvät puhtaampina turvetta käyttäessä, sillä se vähentää niiden likaantumista sekä korroosioriskiä. Lisäksi CO-, hiilivety- ja typenoksidipäästöt ovat alempia kuin esimerkiksi pölypoltossa tehokkaan sekoittumisen ja alhaisen palamislämpötilan ansiosta. (Hoffman ym. 2004, 239.) Vaikka biopolttoaineet vähentävät päästöjä fossiilisten polttoaineiden käyttöön nähden, voivat ne kuitenkin lisätä kuormitusta, eikä niiden kaikkia vaikutuksia ole vielä tutkittu. Esimerkiksi polttoaineen kuljetus voi olla suuri kuormittavatekijä. (Ilmasto-opas.)

Puubiopolttoaineen käyttö yhdistetyssä lämmön ja sähkön tuotannossa on Suomessa maailman laajinta. Lisäksi puubiomassa on tuotettu kestäväällä tavalla, mikä tekee tuotantotavasta ympäristöystävällistä. Puuperäisiä polttoaineita käyttäen tuotetaan noin 10 % Suomen sähköstä. Merkittävä ominaispäästöjä alentava tekijä Suomessa on puuperäinen energia, sillä puupolttoaine on Suomessa merkittävä uusiutuva energianlähde (Hoffman ym. 2004, 87–91.)

Käyttämällä turvetta energian tuotannossa on poltosta syntyvillä päästöillä vaikutuksia osittain luonnonvarojen kulumiseen, maisemaan, vesistöön sekä ilman laatuun unohtamatta savukaasujen kasvihuonevaikutuksia. Puupolttoaineiden hankinta vaikuttaa myös maisemaan sekä vesistöön ja ilmanlaatuun. Puupolttoaineiden ympäristövaikutukset ovat pienemmät kuin turpeen. Puun ja turpeen polttaminen, niin kuin polttaminen yleensä, aiheuttaa vesistöihin ja ilmaan hukkalämpöpäästöjä. Suurimmat ympäristövaikutukset poltossa on kuitenkin ilmaan tapahtuvilla päästöillä. Nämä päästöt heikentävät ilmanlaatua ja vaikuttavat myös ilmastonmuutokseen käytetystä polttoaineesta riippuen. (Hoffman ym. 2004, 133.)

Suomessa turvevarat ovat verrattavissa fossiilisiin polttoaineisiin, sillä energiantuotantoon soveltuvien turvevarojen muodostuminen on vaatinut tuhansia vuosia ja hiilidi-

oksidipäästöjä laskettaessa se rinnastetaan uusiutumattomiin polttoaineisiin. Tarkemmin sanottuna turve luokitellaan hitaasti uusiutuviin biopolttoaineisiin, koska sen muodostuminen vaatii 2000–3 000 vuotta. Puu taas luetaan kuuluvaksi uusiutuviin energialähteisiin ja se on yksi yleisimmistä käytetyistä polttoaineista Suomessa. (Hoffman ym. 2004, 72 & 91.)

2.4 Ympäristömelu

Ympäristömelu on ihmisen asuin- ja elinympäristössä esiintyvää melua. Melua, joka liittyy työhön tai melualtistusta ei katsota ympäristömeluun kuuluvaksi. (Pesonen 2005, 11.) Melu on kuulolle haitallista tai muuten häiritsevää ääntä ja se voi aiheuttaa uni- sekä keskittymishäiriöitä ja vähentää elinympäristön viihtyisyyttä sekä laatua (Työterveyslaitos 2011).

Ympäristönsuojelulaissa 86/2000 melun päästäminen ympäristöön luokitellaan ympäristön pilaantumiseksi, mikäli siitä aiheutuu haittaa ihmisille tai eläimille. Ihmisten ja eläinten lisäksi melu vaikuttaa myös muuhun luontoon maankäyttöä rajoittamalla. 80 desibelin ylittävä melu voi jo vaurioittaa kuuloa. Melua voidaan torjua tehokkaimmin estämällä sen synty tai rajoittamalla sen eteneminen. (Työterveyslaitos 2011.)

Terveysvalvonnassa meluja mitataan, jotta voitaisiin arvioida aiheutuuko melusta terveydensuojelulaissa tarkoitettua terveyshaittaa. Mikäli terveyshaitta todetaan, voi terveysvalvonta vaatia haitan poistamista, vähentämistä tai laatia melun tuottamiselle erillisiä ehtoja. Melumittauksia voidaan hyödyntää myös terveyshaittojen synnyn estämisen arvioinnissa. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2008, 89.)

Aistinvaraiseen tai laskentaan perustuvaa meluolosten arviointia ei pidetä juridisesti luotettavana ja riittävänä näyttönä terveyshaitasta. Tämän vuoksi selvitettyä melun haitallisuutta on syytä suorittaa äänitasomittauksia. Haitattoman ja haitallisen melutason raja-arvon määrittäminen ei ole yksikäsitteistä, joten yhtä desibeliarvoa haitalliselle melutasolle ei ole voitu määrittää (Sosiaali- ja terveysministeriö 2008, 89).

3 ETELÄ-SAVON ENERGIA OY JA PURSIALAN VOIMALAITOKSEN VAIKUTUKSET YMPÄRISTÖÖN

Etelä-Savon Energia Oy on selvittänyt merkittävimmät ympäristöriskin aiheuttajat toiminnassaan. Huomattavimmat ympäristölle haittaa aiheuttavat toiminnot ovat energiantuotannosta aiheutuvat päästöt, sähkön ja jakeluverkon öljytäytteisten komponenttien vuotoriskit sekä energian jakeluverkkojen rakentamisen johdosta aiheutuvat ympäristö-haitat. (Etelä-Savon Energia Oy 2012.) Etelä-Savon Energia Oy huolehtii ympäristöystävällisestä energiantuotannosta käyttämällä parasta mahdollista käytettävissä olevaa tekniikkaa (BAT), seuraamalla savukaasupäästöjään sekä olemalla aktiivinen ympäristöprojekteihin osallistuva ja standardeja sekä laatujärjestelmiä noudattava energian tuottaja.

3.1 Ympäristövastuullisuus

Etelä-Savon Energia Oy markkinoi Pursialan voimalaitoksella tuotettua energiaa ympäristöystävällisenä ja laitoksen energiantuotannolle on myönnetty Suomen Luonnonsuojeluliiton Ekoenergia-merkki (Etelä-Savon Energia Oy a). Energiantuotantoon käytettävä polttoaine on lähes kokonaan lähialueelta tuotua metsäenergiapuuta, teollisuudesta ylijäävää sivutuotepuuta sekä polttoturvetta (Etelä-Savon Energia Oy b). Energiantuotannon sivutuotteena aiheutuva tuhka muodostaa suurimman osan voimalaitoksen toiminnan synnyttävästä jätteestä (Etelä-Savon Energia Oy 2012, 10). Vuosittain tuhkaa syntyy voimalaitoksella 7 534 tonnia, joista hyötykäyttöön menee 82 % ja loput 18 % läjitykseen (Etelä-Savon Energia Oy 2012, 22). Jätettä muodostuu myös esimerkiksi öljyisten maiden puhdistuksesta sekä rakennustoiminnasta. Muiden jätteiden osuus voimalaitoksella oli Etelä-Savon Energia Oy:n vuoden 2012 ympäristöraportin mukaan 1 310,6 tonnia, josta hyötykäyttöön meni 19 %. Muihin jätteisiin kuului kierrätettävä metalliromu, muu kierrätettävä jäte, poltettava jäte, sekajäte sekä vaarallinen jäte. (Etelä-Savon Energia Oy 2012, 10.)

Vuoden 2012 ympäristöraportin mukaan energiantuotantolaitos päästi ilmaan 442 373 tonnia hiilidioksidia, 192 tonnia rikkidioksidia, 449 tonnia typpioksidia ja 33 tonnia hiukkasia. Vesistöihin joutui hukkalämpönä 840 TJ lämpöä. (Etelä-Savon Energia Oy 2012, 12.) Etelä-Savon Energia Oy:n aiheuttamat hiukkaspäästöt kaikista kaupungin hiukkaspäästöistä olivat 37–42 % vuosina 2009–2010. Etelä-Savon Energia Oy:n ai-

heuttamat hiukkaspäästöt olivat laskeneet vuodesta 2005, jolloin ne olivat 54 % kokonaispäästöistä. (Itä-Suomen aluehallintovirasto 2014.) Etelä-Savon Energia Oy osallistuu yleisiin ilmanlaadun mittauksiin ja kantaa näin vastuunsa lähialueen ilmanlaadusta. Lisäksi Etelä-Savon Energia Oy tiedottaa toiminnastaan ja energiantuotannon vaikutuksista ympäristöön vuosittaisissa ympäristöraporteissa. (Etelä-Savon ympäristökeskus 2004.)

Vuonna 2008 Etelä-Savon Energia Oy liittyi energiantuotannon ja energiapalveluiden toimenpideohjelmiin. Liittymisen myötä energiantuotantolaitos on mukana elinkeinoelämän energiatehokkuussopimusjärjestelmässä, jossa se sitoutuu noudattamaan asetettuja vaatimuksia. Sopimuksen myötä jatkettiin ekotuunauksen hanketta Pursialan voimalaitoksella laitoksen energiatehokkuuden parantamiseksi. (Etelä-Savon Energia Oy 2012, 15.)

Etelä-Savon Energia Oy:n kaikille ympäristölupaa vaativille laitoksille on haettu ja myönnetty asiaankuuluva ympäristölupa. Pursialan voimalaitokselle jätettiin vuonna 2012 uusi ympäristölupahakemus. (Etelä-Savon Energia Oy 2012, 15.) Vuoden 2013 ympäristötavoitteeksi asetettiin mm. hiilidioksidipäästöoikeuksissa pysyminen, uusiutuvien polttoaineiden osuuden saaminen vähintään 70 %:iin polttoaineiden käytöstä, tuhkan hyötykäytön lisääntyminen sekä asiakkaiden tiedottaminen energiansäästöasioista (Etelä-Savon Energia Oy 2012, 16).

Etelä-Savon Energia Oy ilmoittaa verkkosivuillaan, ettei viime vuosina ole tapahtunut tilanteita tai häiriöitä, jotka voisivat vahingoittaa ympäristöä (Etelä-Savon Energia Oy c). Joitakin poikkeamia voimalaitoksen toiminnassa on kuitenkin päässyt tapahtumaan. Vuonna 2012 Pursialan voimalaitokselta levisi turve ja tuhkapölyä Rauhanieheen liaten piha-alueita. Korvaavina toimenpiteinä polttoainekentän puhtaana pitoa tehostettiin lisäämällä vesipesua ja harjausta. Toinen poikkeama samaisena vuonna oli Tuppuralassa havaittu lumelle laskeutunut noki. Tilanteen korjaamiseksi kahden voimalaitoskattilan säätöjä parannettiin, jolloin saatiin estettyä nokihiukkasten ympäristöön leviäminen. (Etelä-Savon Energia Oy 2012, 12.)

Etelä-Savon Energia Oy:n toiminnasta aiheutuvat huomattavimmat riskit ympäristölle arvioidaan ja päivitetään ajantasaisiksi vuosittain ja ne on huomioitu energialaitoksen toimintajärjestelmässä. Laitoksella on käytössä sertifioidut, standardien ISO 9001 laa-

tujärjestelmät ja ISO 14001 sekä OHSAS 18001 työturvallisuus ja työterveysjohtamisjärjestelmät, mukaiset toimintajärjestelmät. Kaikki Etelä-Savon Energia Oy:n toiminnot kuuluvat näiden järjestelmien piiriin. Det Norske Veritas on myöntänyt Etelä-Savon Energia Oy:lle standardien noudattamisesta sertifikaatit. Järjestelmien ajantasaisuutta valvotaan niin sisäisillä kuin ulkoisilla auditioinneilla. Etelä-Savon Energia Oy:n noudattama ympäristöjärjestelmä pitää ympäristönsuojelun osana laitoksen jatkuvaa toimintaa. Järjestelmän tavoitteena on parantaa ympäristönsuojelua keskittämällä voimavaroja merkittävimpien ympäristöriskien ehkäisyyn sekä niiden jatkuvaan tunnistamiseen. (Etelä-Savon Energia Oy 2012, 14.)

Lainsäädännöllisesti merkittävimmät vaatimukset Etelä-Savon Energia Oy:n toiminnassa ovat ilmansuojelu, meluntorjunta, jätteiden käsittely, vesiensuojelu, ympäristönsuojelu, kemikaalilainsäädäntö sekä suojauskemikaalilainsäädäntö. Toiminnanvaatimusten ajantasaisuus varmistetaan ATK-pohjaisella lakien seurantajärjestelmällä. (Etelä-Savon Energia Oy 2012, 15.) Tämän hetkiset tärkeimmät ympäristöriskit Etelä-Savon Energia Oy:n kannalta ovat energiantuotannon päästöt, sähköverkon öljytäytteisten verkkokomponenttien vuodot, mahdolliset tulipaloista aiheutuvat ympäristöpäästöt, polttoaineiden kuljetuksista aiheutuvat öljypäästöt sekä öljylämpökusten vuodot. Riskien minimoimiseksi on laadittu toimenpideohjelmia, joissa esimerkiksi tulipalotilanteisiin on varauduttu koulutusta järjestämällä, sähköverkon öljytäytteisiä komponentteja on vaihdettu ympäristöä ajatellen varmempiin ja turvallisempiin ja energiantuotannon ominaispäästöt pyrytään pitämään nykytasollaan, jotka jo nyt ovat hyvin alhaiset. (Etelä-Savon Energia Oy 2012, 12.)

3.2 Pursialan voimalaitoksen sähkön ja lämmönyhteistuotanto

Pursialan voimalaitos on vastapainevoimalaitos, jossa sähköä tuotetaan CHP- eli yhteistuotantona. Yhteistuotanto on paras tapa vähentää energiantuotannosta aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä (Itä-Suomen aluehallintovirasto 2014). Sähkön lisäksi laitoksessa tuotetaan kaukolämpöä sekä höyryä. (Etelä-Savon Energia Oy b). Pääasiassa sähköä tuotetaan valtakunnan verkkoon vastapainesähkönä, vaikkakin hyvän markkinahinnan vallitessa myös lauhdesähköä. Lauhdesähkön tuottamiseen tarvittava jäähdytysvesiputkisto sijaitsee Saimaan Pappilanselällä. (Itä-Suomen aluehallintovirasto 2014.)

Sähkön ja lämmön yhteistuotannossa on korkeampi kokonaishyötysuhde kuin esimerkiksi lauhdutusvoimalaitoksessa, jossa noin puolet energiasta jää hyödyntämättä ja poistuu matala-arvoisena jätelämpönä jäädytysveden ja savukaasujen mukana (Hoffman ym. 2004, 74). Ympäristövaikutusten kannalta sähkön ja lämmön yhdistetty tuotanto on tehokkain, mutta ei aina välttämättä se kaikista kustannustehokkain vaihtoehto (Antikainen ym. 2007, 42). Tuotannon taloudellisuuden edellytyksenä yhteistuotannossa on suuri ja tasainen lämpökuorma sekä hyvä tuotannon hyötysuhde. Lauhdutusturbiinilla varustetulla voimalaitoksella voidaan sähköä tuottaa täydellä teholla myös pienien lämpökuormien aikana. (Hoffman ym. 2004, 75.) Yksi energiatehokkaimmista tavoista tuottaa bioenergiaa on käyttää yhdistetyssä lämmön ja sähkön tuotannossa metsistä saatavaa puuainesta. Yhdistettynä lyhyeen kuljetusmatkaan, pienenee myös tuotantomuodon ympäristökuormitus. (Ilmasto-opas.)

Suomessa on korkea energiatuotannon tehokkuus erityisesti lämmön ja sähkön yhteistuotannon (Combined Heat and Power = CHP) laajan käyttöasteen vuoksi. CHP-tuotanto on käytössä niin teollisuudessa kuin lämmityssektorilla. CHP-tuotannon osuus Suomessa on maailman laajin henkilöä kohti laskettuna ja sen osuus kokonaissähköntuotannosta on korkea. Yhteistuotannon avulla voidaan parantaa sähköntuotannon polttoaineiden käytön hyötysuhdetta. (Hoffman ym. 2004, 87.)

CHP-menetelmä on viimeisten vuosikymmenien aikana yleistynyt sähköntuotannossa. Se soveltuu hyvin Suomessa vallitseviin olosuhteisiin, jossa sähkön- ja lämmöntarve on suurimmillaan talvella. Yhteistuotantolaitoksen lähellä tulee olla paljon kulutuskohteita, jotka voivat hyödyntää ja käyttää hyväkseen tuotetun lämpöenergian prosessi tai kaukolämpönä. (Hoffman ym. 2004, 318.) Pursialan voimalaitos täyttää nämä vaatimukset, sillä se sijaitsee lähellä asutusta.

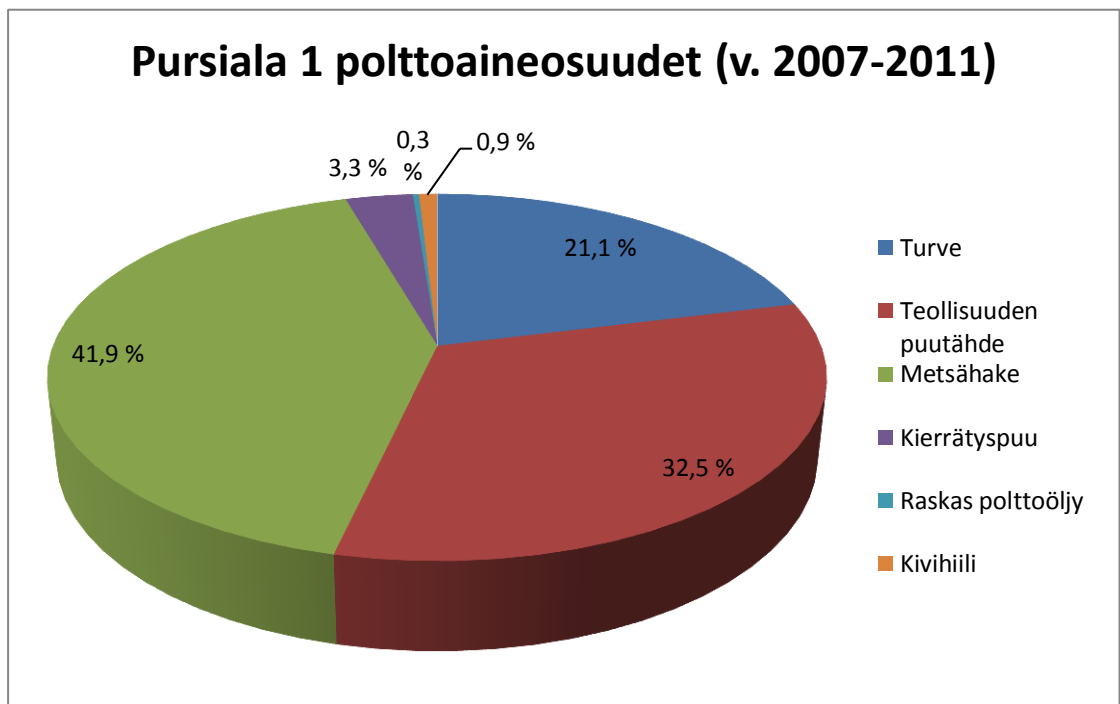
3.3 Pursialan voimalaitoksen polttotekniikat

Arina-, leiju- ja ydinpoltto ovat yleisimmät käytetyt polttotavat kiinteillä polttoaineilla toimiville kattiloille (Hoffman ym. 2004, 239). Pursialan voimalaitoksessa on käytössä Pursiala 1 ja 2 kattilat, joita käytetään vuorotellen touko-syyskuussa. Lokakuusta alkaen molempia kattiloita käytetään yhtä aikaa. Häiriötilanteissa ja talvisaikaan samanaikaisesti Etelä-Savon Energia Oy:n muiden huippukattiloiden kanssa käynnistetään lisäksi vara- ja huippukattilana toimiva FLK 2. Pursiala 1 ja 2 ovat tuottaneet

vuosina 2007–2011 vuosittain noin 290 GWh sähköä, 400 GWh kaukolämpöä ja 21 GWh höyryä. FLK2-kattilalla on vuosittain tuotettu noin 8 GWh lämpöä. Kattiloiden hyötysuhteet ovat BAT (=Best Available Technik/paras käytetävissä oleva tekniikka) -tasoa eli 75–90 %. (Itä-Suomen aluehallintovirasto 2014.)

3.3.1 Kiertopetikattila Pursiala 1

Pursiala 1 on polttoaineteholtaan 95 MW kiertopetikattila, jolla voidaan tuottaa 30 MW:n teholla sähköä ja 65 MW:n teholla kaukolämpöä kiinteällä polttoaineella. Kattila valmistui vuonna 1990 ja sen keskimääräinen hyötysuhde on 90 %. Vuodessa kattilaa käytetään noin 7 500 tuntia ja sen käyttöikäksi on arvioitu seuraavat 18 vuotta. Pursiala 1:n polttoaineena on käytetty vuosina 2007–2011 pääasiassa metsähaketta, teollisuuden puutähdettä sekä turvetta. Lisäksi polttoaineena on käytetty pienemmissä määrin kierrätyspuuta, raskas polttoöljyä sekä kivihiiltä. Tarkemmat polttoaineosuudet vuosilta 2007–2011 ovat kuvassa 3. (Itä-Suomen aluehallintovirasto 2014.)

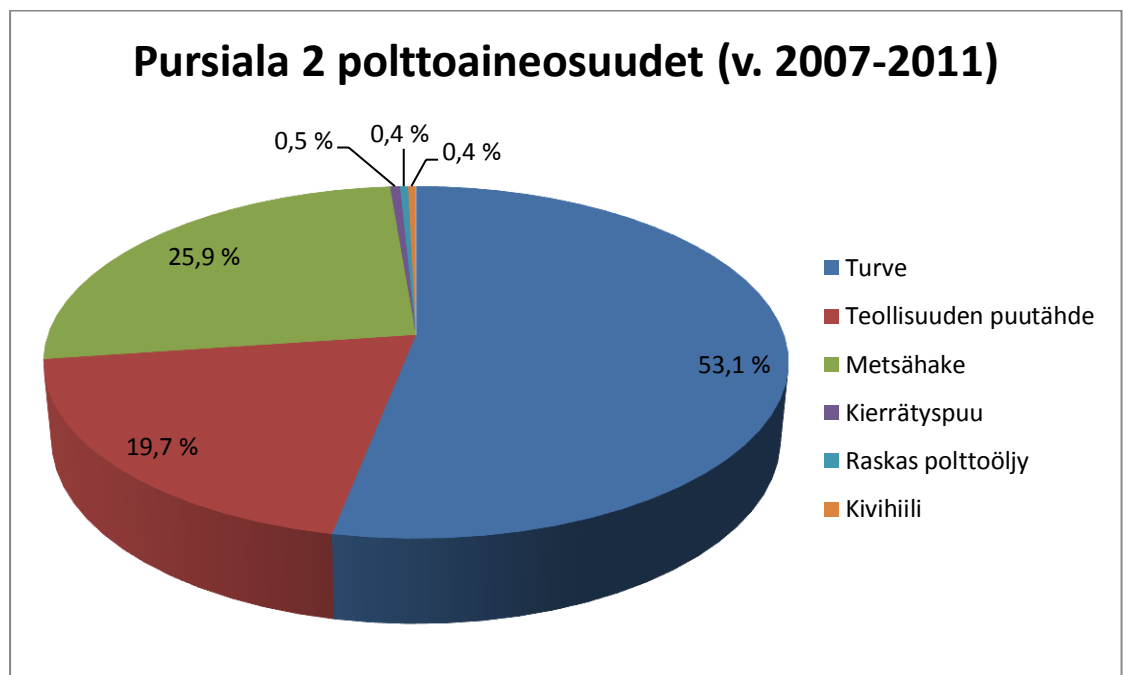


KUVA 3. Pursiala 1 polttoaineiden osuudet vuosina 2007–2011 (muokattu lähteestä Itä-Suomen aluehallintovirasto 2014).

3.3.2 Leijukerroskattila Pursiala 2

Pursiala 2 on polttoaineteholtaan 98 MW leijukerroskattila, joka valmistui vuonna 2005. Kiinteää polttoainetta käyttäessä saadaan kattilalla tuotettua 30 MW:n teholla sähköä ja 65 MW:n teholla kaukolämpöä. Keskimääräinen kattilan hyötysuhde on 90 %. Vuodessa kattilaa käytetään noin 6 800 tuntia ja sen käyttöiäksi on arvioitu vielä seuraavat 33 vuotta. (Itä-Suomen aluehallintovirasto 2014.)

Kesällä 2013 kattilan arinassa, tulistimissa ja polttoaineen syöttöjärjestelmässä tehtiin korjaustöitä, jotta puuperäisen polttoaineen käyttöastetta saataisiin lisättyä. Pursiala 2:n polttoaineena käytettiin vuosina 2007–2011 pääasiassa turvetta, jonka osuus oli yli 50 % sekä metsähaketta ja teollisuuden puutähdettä. Lisäksi polttoaineena käytettiin myös kierrätyspuuta sekä raskas polttoöljyä ja hieman kivihiiltä. Tarkemmat polttoaineosuudet vuosilta 2007–2011 ovat kuvassa 4. (Itä-Suomen aluehallintovirasto 2014.)

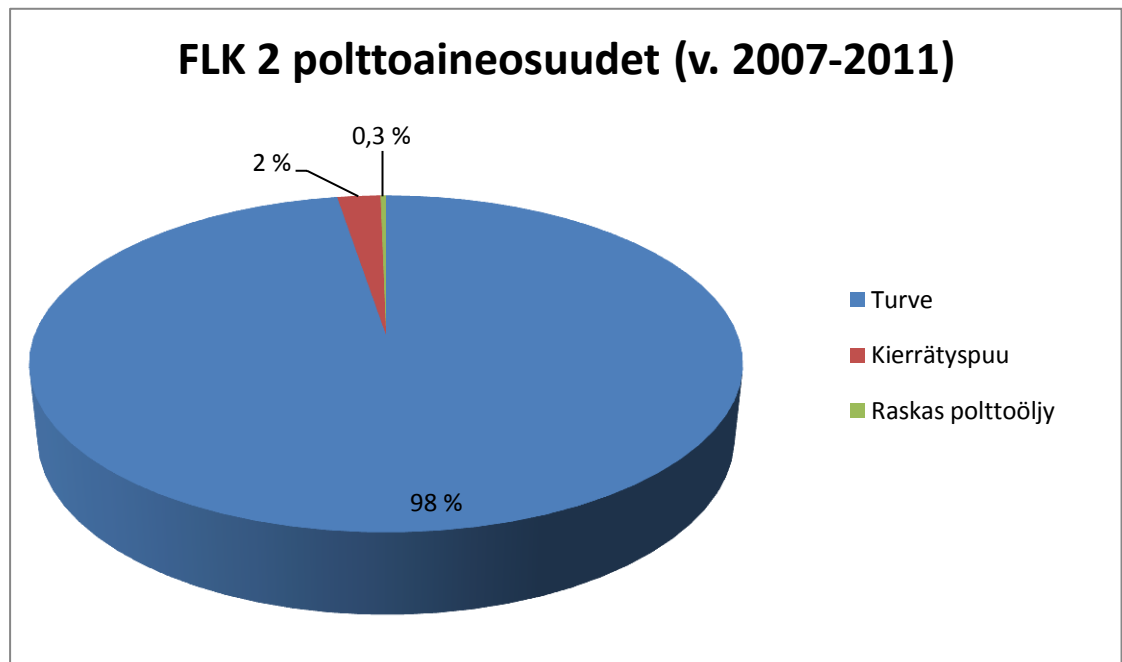


KUVA 4. Pursiala 2 polttoaineiden osuudet vuosina 2007–2011. (muokattu lähteestä Itä-Suomen aluehallintovirasto 2014.)

3.3.3 Lämpökattila FLK 2

Lämpökattila FLK 2 on leijukerroskattila, joka valmistui vuonna 1984. Polttoaineteholtaan kattila on 30 MW ja se tuottaa 27 MW:n teholla kaukolämpöä. Keskimääräinen

kattilan hyötysuhde on 90 %. Vuodessa kattilaa käytetään keskimäärin 680 tuntia ja enintään 1 500 tuntia. Kattilan jäljellä olevaksi käyttöiäksi on arvioitu seuraavat 15 vuotta. FLK 2 lämpökattilan polttoaineena käytettiin vuosina 2007–2011 suurimmaksi osaksi, yli 98 %:sti, turvetta. Lisäksi polttoaineena käytettiin raskas polttoöljyä sekä kevyt polttoöljyä. Tarkemmat polttoaineosuudet ovat kuvassa 5. (Itä-Suomen aluehallintovirasto 2014.)



KUVA 5. FLK 2 polttoaineiden osuudet vuosina 2007–2011 (muokattu lähteestä Itä-Suomen aluehallintovirasto 2014.)

Leijukerroskattilat ovat Suomessa nykyisin yleisempiä kuin ennen käytetyt arinakattilat. Yli 5 MW:n polttolaitoksissa ne ovat melkein kokonaan syrjäyttäneet arinakattilat. Leijukerroskattilat sallivat suuria polttoaineen laadun vaihteluita, pitäen silti päästöt pieninä ja hyötysuhteen korkeana. Leijukerrospoltoissa palamisreaktiota tapahtuvat paksussa, ilmavirran leijuttamassa kiintoainespatsaassa 750–950 °C lämpötilassa. Tämän kiintoainepatsaan suuri terminen kapasiteetti stabiloii palamista. Leijumateriaali on useimmiten hiekkaa, polttoaineen omaa tuhkaa tai muuta raemaista materiaalia. Petimateriaaliin voi myös lisätä palamista tehostavaa ainetta, joka samalla vähentää päästöjä. (Hoffman ym. 2004, 237–239.)

Kiintoaineen leijuttaminen tehostaa lämmön- ja aineensiiirtoa, kuin myös sekoittumista tulipesässä. Lämpötilan yläraja polttoprosessissa riippuu polttoaineen tuhkan pehmenemispisteestä. Leijutusilman nopeus on alle 3 m/s. Nopeuden tulee kuitenkin olla

sellainen, että polttoaine ja petimateriaali muodostavat kuplivan leijukerroksen tulipesään. (Hoffman ym. 2004, 239.)

3.4 Pursialan voimalaitoksen savukaasujen puhdistus

Puun polttamisesta syntyy ainoastaan hiilidioksidia, vettä ja tuhkaa, minkä ansiosta Pursialan voimalaitoksen ympäristöjalanjälki on suhteellisen pieni. (Hoffman ym. 2004, 133.) Voimalaitoksella käytetään hiukkaspäästöjen vähentämiseksi parasta mahdollista käyttökelpoista tekniikkaa. Pursiala 1 -kattilan savukaasut puhdistetaan kolmekenttäisellä sähkösuodattimella. Pursiala 2 -kattilan savukaasujen puhdistuksessa käytetään kaksikenttäistä sähkösuodatinta. Molemmat suodattimet ovat erotusasteeltaan 99,8 % ja ne edustavat vaadittua parasta käyttökelpoista tekniikkaa hiukkas- ja metallipäästöjen vähentämisessä. Jatkuvasti toimessa olevat savukaasuanalysaattorit seuraavat Pursialan voimalaitoksen savukaasujen hiukkaspäästöä ja poikkeavista pitoisuuksista tulee ilmoitus voimalaitoksen valvomoon. Vuosittain ulkopuolinen mittaja mittaa savukaasujen hiukkas-, rikkidioksidi- ja typenoksidien päästöjä. (Itä-Suomen aluehallintovirasto 2014.)

Pöly- ja noki päästöjä voi päästä Pursialan voimalaitokselta ilmaan myös polttoaineen vastaanotosta sekä varastoinnista. Pölypäästöjen minimoimiseksi voimalaitoksella on laadittu toimintaohjeet. Polttoaineen pudotusmatka lastaus- ja purkulaitteissa on minimoitu, niihin on rakennettu maanpinnanyläpuolella menevät koteloidut kuljettimet sekä toimivat erotin- ja suodatuslaitteet materiaalien siirtopisteissä. Laitoksella huolehditaan myös hyvästä huollosta ja siellä käytetään hyviä suunnittelu- ja rakentamiskäytäntöjä. Purettaessa kuormaa pidetään ovet suljettuina. Pölyä voi kuitenkin levitä ympäristöön auki olevista ovista sekä turverekkojen kääntöpaikalta. Tämän vuoksi voimalaitoksen rantaan on istutettu puita, jotta pölyn leviäminen estyisi. (Itä-Suomen aluehallintovirasto 2014.)

3.5 Puun ja turpeenkäyttö energiantuotannossa Pursialan voimalaitoksessa

Etelä-Savon Energia Oy:n Pursialan voimalaitoksessa käytetyt polttoaineet ovat läheltä kukaan kokonaan kotimaisia (Etelä-Savon Energia Oy b). Polttoaineina käytetään turvetta ja puuta. Puupolttoaineiden osuus sähköntuotantoon tarvittavasta polttoainees-

ta on 85 %, eli se toimii laitoksen pääpolttoaineena. (Etelä-Savon Energia Oy a.) Polttoaineena käytetty puu saadaan puunjalostusteollisuuden sivutuotteista, joita ovat puru, hake ja kuori. Myös metsätähdehakea hyödynnetään tuotantolaitoksen polttoaineena. (Etelä-Savon Energia Oy 2012, 8.)

Polttoaineet kuljetetaan Pursialan voimalaitokselle noin 60 ajoneuvolla vuorokaudessa, useimmiten klo 6 ja klo 22 välillä. Liikenne voimalaitokselle kulkee valtatie 5:ltä Pursialan kadulle. Tavarakuljetukset menevät Lastaajakadulle ja henkilöautot Kanavakadulle. (Itä-Suomen aluehallintovirasto 2014.)

Tasaisten poltto-olosuhteiden saamiseksi Pursialan voimalaitoksessa sekoitetaan puu ja turve keskenään. Näin saadaan samalla vähennettyä päästöhuippuja (Itä-Suomen aluehallintovirasto 2014.) Öljyä käytetään voimalaitoksen käynnistykseen sekä huippuja varapolttoaineena kaukolämmön erillis- ja kantaverkossa. (Etelä-Savon Energia Oy 2012, 8). Vuosina, jolloin turvetuotanto on ollut huonoa, on turpeen sijaan poltettu myös kivihiltä. Lisäksi polttoaineena on käytetty satunnaisesti peltoenergiaksi luokiteltuja energianlähteitä, esimerkiksi ruokahelpeä. (Itä-Suomen aluehallintovirasto 2014.)

Vuosina 2007–2011 polttoainetta käytettiin Pursialan voimalaitoksella yhteensä noin 1 150 GWh/a. Jatkossa polttoaineen kulutuksen on arvioitu olevan 1 500 GWh luokkaa. Pääpolttoaineina käytettyjen polttoaineiden osuus voi vaihdella kaikkien polttoaineiden kokonaismäärästä. Turpeen osuus pääpolttoaineesta voi olla täydet 100 % kun taas puuperäisten polttoaineiden maksimissaan 85 %. Kivihilen osuus polttoaineiden kokonaismäärästä voi olla korkeintaan 50 %. Pääasiallisena polttoaineena Pursialan voimalaitoksella on kuitenkin puu, jota saadaan teollisuuden puulähteistä (kuori, sahanpuru, puutähdehake ja -murske, kutterinlastu ja hiontapöly, metsähake sekä kierrätyspuu) Jätepuuta ei käytetä polttoaineena. (Itä-Suomen aluehallintovirasto 2014.)

Voimalaitoksen polttoaineista turpeen osuus on noin 36 %. Etelä-Savon Energia Oy aikoo vähentää turpeen käyttöä entisestään noin puoleen nykyisin käytetystä turvemäärästä. Tämän vuoksi Pursiala 2 leijukerroskattilaan tehtiin korjaustyöt vuoden 2013 kesällä. Tehdyt korjaustyöt mahdollistavat uusiutuvien polttoaineiden lisäämisen 85 %:iin aiemmin toteutuneesta 70 %:sta. Korjaustöistä huolimatta kattilassa on silti mahdollista polttaa edelleen pelkkää turvetta, mikäli tilanne niin vaatii. Tehtyjen muu-

tosten on arvioitu lisäävän puupolttoaineen kulutuksen 250 000 irtokuutiometriin vuodessa. (Itä-Suomen aluehallintovirasto 2014.) Vuonna 2012 Pursialan voimalaitoksessa käytetyt polttoaineet ja niiden ominaisuudet on listattu taulukossa 4.

TAULUKKO 1. Pursialan voimalaitoksessa käytetyt polttoaineet ominaisuuksiineen vuonna 2012 (muokattu lähteestä Itä-Suomen aluehallintovirasto 2014).

Polttoaine	Lämpöarvo MJ/kg	Rikkipitoisuus, %	Tuhkapitoisuus, %	Kosteus, %
Turve	21	0,3	7,9	44,9
Teollisuuden puutähdehake	19,2	0	<5*	35,8
Metsähake	19,0	0		41,5
Kierrätyspuu	18,6	0		39,3
Peltoenergia	11,3	0		
Raskas polttoöljy	41,1	<1	0,02	
Kevyt polttoöljy	42,7	0,001	<0,001	
Kivihiili	23,9	0,4–0,6	4,6	

*Itä-Suomen aluehallintovirasto ilmoitti Pursialan voimalaitokselle 12.2.2014 myönnettyssä ympäristöluvassa tuhkapitoisuudeksi 35,8 %. Taulukossa ilmoitettu arvo on saatu käyttöpäällikkö Asko Lintuselta.

3.6 Pursialan voimalaitoksen aiheuttama ympäristömelu

Pursialan voimalaitokselle myönnettyssä ympäristö lupapäätöksessä on asetettu melulle päivä- ja yöraja-arvot. Päivällä klo 7–22 melutaso ei saa ylittää asuin- ja virkistysalueilla melutasoa (L_{Aeq}) 55 dB. Yöaikaan, klo 22–7, melutason rajana on 50 dB. (Itä-Suomen aluehallintovirasto 2014.)

Pursialan voimalaitoksen toiminnassa melua aiheuttaa polttoaineiden kuljetus, vastaanotto, käsittely sekä kuljettimet ja ulospuhallus (Itä-Suomen aluehallintovirasto 2014). Käytettäessä leijupoltoa tarvitaan parempi ääneneristys kuin esimerkiksi arinakattiloita käytettäessä. Tämä johtuu leijutusilmapuhaltimen suuresta painevaatimuksesta. Leijukattilat tarvitsevat myös enemmän sähköä kuin arinakattilat. (Jalovaara ym. 2003.)

3.7 Aiemmat tutkimukset aiheesta

Etelä-Savon Energia Oy:n Pursialan voimalaitoksen päästöjä ympäristöön on tutkittu Ilmatieteen laitoksen päästöjen leviämismallin yhteydessä. Vuonna 1988 tehdyssä

savukaasujen leviämiselvityksessä voimalaitoksen aiheuttamien rikkidioksidi-, typpi-dioksidi- ja pölypäästöjen vaikutuksia lähialueiden ilman laatuun arvioitiin kolmessa eri polttoaine-vaihtoehdossa. Ilmatieteen laitoksenleviämismalli perustuu matemaattis-fysikaalisella mallilla tehtyihin laskelmiin, jotka kuvaavat ilman epäpuhtauksien leviämistä. (Häkkinen 1987, 3.) Selvityksessä savupiippujen korkeutena oli 70 ja 80 metriä, mikä vastaa nykyisten piippujen korkeutta. Pursiala 1 -kattilan savupiipun korkeus on 80 metriä ja Pursiala 2 -kattilan savupiipun korkeus on 70 (tarkkamitta 71) metriä (Itä-Suomen aluehallintovirasto 2014).

Vuoden 1988 leviämiselvityksen mukaan Pursialan voimalaitoksen silloiset voimalaitoksen sekä lämpökeskuksen suurimmat ilman epäpuhtauspitoisuudet SO₂:n, NO₂:n ja pölyn osalta ovat noin 1 000–1 500 metrin etäisyydellä päästölähteestä. Lämpökeskuksen ja voimalaitoksen lähialueella (0–1 000 metriä) pitoisuudet kasvavat aluksi nopeasti maksimiarvoa kohti ja pienenevät hitaasti etäisyyden kasvaessa piipusta edelleen 1 500–2 500 metrin päähän. (Häkkinen 1987, 8.)

Vuoden 1988 leviämiselvityksessä silloiselle Pursialan voimalaitokselle ja lämpökeskukselle laskettiin savukaasujen pitoisuudet kolmella eri polttoainevaihdolla. Vaihtoehdossa 1 käytettävä polttoaine oli 98 % turvetta ja 2 % öljyä. Vaihtoehdossa 2 turvetta oli polttoaineessa 49 %, hiiltä 49 % ja öljyä. 2 %. Tuohon aikaan lämpökeskuksen polttoaineena käytettiin polttoaineena suurimmaksi osaksi turvetta, jonka osuus polttoaineesta oli 98 %. Loput 2 % oli öljyä. Leviämiselvityksessä todettiin, ettei voimalaitoksen ja lämpökeskuksen päästöistä aiheudu ilmansuojelullisia ongelmia. (Häkkinen 1987, 10.) Kun silloin käytettyä polttoainetta verrataan nykyisin käytettyyn, jopa 85 % uusiutuvaa polttoainetta ja vain noin 25 % turvetta sisältävään polttoaineeseen on tilanne 80-lukuun nähden parantunut huomattavasti syntyvien savukaasujen osalta. (Itä-Suomen aluehallintovirasto 2014.)

Päästöjen leviämismallin lisäksi voimalaitos osallistuu yleisiin hiukkasmittauksiin. Laitoksen toiminnassa syntyneet päästöt on kirjattu laitoksen ympäristölupaan. Lisäksi Etelä-Savon Energia Oy:n Tikkalassa sijaitsevasta voimalaitoksesta ja sen hiukkaspäästöistä sekä niiden leviämisestä on tehty aiemmin opinnäytetyö Puuta polttavien 5–50 MW:n laitosten hiukkaspäästöistä ja niiden leviämisestä Mikkelin seudun ympäristöpalveluille vuonna 2005. Opinnäytetyön tekijä on Anne Laitinen.

Voimalaitoksen aiheuttamaa ympäristömelua mitattiin vuonna 2006 kolmella 10–25 minuuttia kestäväillä mittauksilla. Mittaukset toteutettiin eri vuodenaikoina. Mittaustulosten aritmeettinen keskiarvo oli 45,2 dB(A) ja mittausepävarmuus ± 4 dB.

4 MUU PURSIALAN ENERGIANTUOTANTOLAITOKSEN LÄHIALUEEN YRITYSTOIMINTA

Pursialan voimalaitos ei ole ainoa päästölähde Pursialan teollisuusalueella. Laitoksen läheisyydessä on muun muassa sahatoimintaa harjoittava Misawa, Matrella Oy:n elementtitehdas, Mikkelin Betoni Oy, SWM-Wood sekä Puukeskus. Yksittäisen toiminnan vaikutusta lähialueeseen on vaikea arvioida ja sen kaltainen tutkimus vaatisi tarkempia mittauksia. Pursialan teollisuusalueella sijaitsevat toimijat näkyvät liitteessä 1.

Misawan sahalla töitä tehdään kahdessa vuorossa aamukuudesta keskiyöhön. Tarpeen mukaan toimintaa on myös lauantaisin klo 6–15 välillä. Misawalla on kaksi kuivaa-moa, joita käytetään jatkuvatoimisesti. Sahatukkeja kuljetetaan tehtaalle normaalien työaikojen puitteissa. Päivittäin rekkoja tulee noin 20. Tehtaalta lähtee päivässä noin 6–8 rekka-autollista kuormaa. Lisäksi sellutehtaille kuljetetaan päivittäin suunnilleen yhdeksän rekka-autollista tavaraa. Sahan aiheuttamaa ympäristömelua on mitattu kesäkuussa 1998, huhtikuussa 1999 sekä lokakuussa 1999. Äänitasomittausten tulokset alittivat 55 dB:n ohjearvon. (Mikkelin kaupunki 2013.)

Misawan sahakiinteistöllä varastoidaan kunnossapitoon tarvittavia kemikaaleja. Lisäksi siellä varastoidaan polttoöljyä työkoneita varten sekä voiteluöljyä. Jätevedet johdetaan kaupungin jätevedenpuhdistamolle. Kesäisin tukkeja kastellaan Pappilanselästä otetulla järvivedellä. Vesi kerätään ja johdetaan viemärijärjestelmän avulla takaisin Pappilanselän järveen. Kastelun takia veteen pääsee ravinteita, kuten typpeä ja fosforia, sekä orgaanista ja epäorgaanista hienoainesta. Sadetusvesien vesistökuormitusta on tutkittu kesä- ja elokuussa 2012, jolloin niiden vesistökuormitus todettiin osittain merkittäväksi. Misawa ryhtyi tarvittaviin toimenpiteisiin tulosten saannin jälkeen. Sahalaitoksen ympäristölupa velvoittaa käyttämään parasta käyttökelpoista tekniikkaa toiminnassa, mikä takaa mahdollisimman alhaiset päästöt ja mahdollisimman pienet ympäristövaikutukset. (Mikkelin kaupunki 2013.)

Mikkelin Betoni Oy valmistaa Pursialan tehtaalla betonielementtejä asuin- ja toimitilarakentamiseen (Mikkelin Betoni Oy). Pursialassa betonielementtejä tuottaa Mikkelin Betonin lisäksi myös SBS Betoni Oy, jonka Pursialan tehdas tosin puretaan uuden tehtaan käyttöön ottamisen myötä. Toiminta Mäntyharjulla sijaitsevassa uudessa tehtaassa alkaa täyspainoisesti toukokuussa 2014 (Suutarinen 2014.) Betonin tuotantoa varten tehtaalle saapuu sementtikuljetuksia. Vastaavasti valmiita tuotteita kuljetetaan myös pois tehtaalta. Kuljetuksista aiheutuu melua, joka voi kantautua lähellä sijaitseville asuinalueille. Sementtiä valmistettaessa vapautuu sen polttoprosessissa hiilidioksidia, jonka betoni kuitenkin osittain sitoo takaisin itseensä ilmasta ajan kuluessa. Kyseistä ilmiötä kutsutaan karbonatisoitumiseksi. Betonin valmistuksessa syntyy lisäksi sementtipitoista vettä betonimyllyjen- ja autojen pesusta. (Betoniteollisuus ry.)

SWM-Wood valmistaa lämpökäsiteltyä puuta Mikkelin Pursialassa sijaitsevassa tehtaassa. Lämpökäsitelty puu on ympäristöystävällinen ja kierrätettävissä oleva tuote, jonka valmistuksessa ei käytetä haitallisia kemikaaleja. (Oy SWM-Wood ltd.) Yritys on saanut ThermoWood-tavaramerkin lämpökäsitellyn puun valmistukseen, jonka mukaan puun tuotannon päästöt ilmaan ovat erittäin alhaiset. ThermoWoodin valmistusprosessi perustuu korkeaan lämpötilaan ja vesihöyryyn, minkä ansiosta maaperään ei vapaudu haitallisia aineita. (Lämpöpuuyhdistys ry 2013.)

Puukeskus on Pursialassa sijaitseva rakennustarvikeliike. Puukeskus pyrkii pienentämään toiminnassaan syntyviä ympäristövaikutuksia. Syntyvät jätteet minimoidaan ja lajitellaan asiaankuuluvasti. Liikkeen toimintaan kuuluu oleellisena osana myös tavaran kuljetukset. Puukeskus aikoo ympäristöjärjestelmässään noudattaa ISO 14001 -standardia, joka otetaan käyttöön asteittain. (Puukeskus 2014.)

5 KÄYTETYT MATERIAALIT JA MENETELMÄT

Käytettyjen tutkimusmenetelmien avulla arvioitiin ilmanlaatua voimalaitoksen lähi-alueilla. Yleiseen viihtyvyyteen vaikuttavaa melutasoa määritettiin äänitasomittauksilla. Tutkimusmenetelminä oli leijuvan pölyn määrittäminen ilmasta tehokeräysmenetelmällä standardin SFS 3836 mukaisesti ja laskeuman määrittäminen laskeumankeräimellä standardin SFS 3865 mukaisesti. Lisäksi otettiin luminäytteitä ja mitattiin

ilman hiukkaspitoisuuksia. Opinnäytetyön mittaukset tehtiin 30.1.2014–7.4.2014. Opinnäytetyössä käytetyt mittauspisteet on esitetty liitteessä 1.

5.1 Kokonaisleijuman määrittäminen tehokeräysmenetelmällä

Tehokeräysmenetelmällä voidaan määrittää ulkoilmassa leijuvan pölyn massakonsentraatio eli kokonaisleijuma, josta käytetään myös lyhennettä TSP (Total Suspended Particulate). Kokonaisleijuman mittaus tehokeräysmenetelmällä tehtiin standardin SFS 3863 mukaisesti. Kokonaisleijumalla mitataan suurimpia, likaantumista aiheuttavia hiukkasia, jotka vaikuttavat myös eniten viihtyvyyteen (Alaviippola ym. 2008, 4). Hengitettävien hiukkasten lisäksi kokonaisleijumaan tulee mukaan myös suurempia hiukkasia (Anttila ym. 2003). Kokonaisleijumasta on mahdollista tehdä pölynmassakonsentraation lisäksi muita määrittämiä. Esimerkiksi raskasmetallipitoisuuksia on mitattu kokonaisleijumasta. (Alaviippola ym. 2007, 17.)

Kokonaisleijuman (TSP) vuosiohjearvoksi on asetettu $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ohjearvon tavoitteena on ehkäistä terveydellisiä haittoja estämällä jo etukäteen sen ylittyminen. Ilmanlaadun ohjearvot on huomioitava esimerkiksi liikenteen ja ilmanlaadun heikkenemistä mahdollisesti aiheuttavan toiminnan suunnittelussa. (Ympäristöministeriö 2013). Voimassa olevassa Valtioneuvoston asetuksessa ilmanlaadusta (38/2011) ei ole määritetty raja-arvoa kokonaisleijumalle, mutta kumotussa astutuksessa (711/2001) vuosikeskiarvon raja-arvoksi oli asetettu $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. EU:n raja- ja tavoitearvoiksi on TSP -menetelmälle asetettu hieman erilaiset arvot. EU:n ohjearvot vuorokaudeksi ovat ilma-laatuportaalin mukaan $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja vuosikeskiarvo $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ilmanlaatuportaalib).

5.2 Laskeuman määrittäminen

Laskeuman määrittäminen standardin SFS 3865 mukaisesti mahdollistaa kuukausilaskeuman määrittämisen. Menetelmän avulla saadaan määritettyä mittausjakson aikana painovoiman vaikutuksesta keräimeen laskeutunut ilmakehän pöly eli laskeuma. Kyseinen standardi käy myös luminäytteiden analysointiin. Menetelmää voidaan käyttää ilmanlaadun ja likaantuneisuuden arvioinnissa sekä epäpuhtauksien leviämisen selvittämisessä.

Laskeumalle ei ole voimassa olevia ohjearvoja Suomessa ja sitä ei yleisesti pidetä enää merkittävänä tekijänä pölyn terveysvaikutuksia arvioitaessa. Sen sijaan leijuvan pölyn (PM₁₀) määrä ja leviäminen ilmassa mielletään nykyisin yhdeksi tärkeimmäksi arviointimenetelmäksi. Lääkintöhallituksen yleiskirjeessä N:o 1664 vuodelta 1987, kokonaislaskeuman enimmäissuositus oli 10 g/m²/kk. Lääkintöhallituksen yleiskirje kumottiin ilmasuojelulailla (24.9.1982/716) vuonna 1982. Laskeuman määrää on lähinnä käytetty kuvaamaan viihtyvyyteen vaikuttavia tekijöitä. Mitä suurempi laskeuma, sitä enemmän se lisää viihtyvyyshaittoja. (Groundia Oy.)

Laskeumanäytteistä voidaan määrittää muun muassa epäorgaaninen ja orgaaninen kokonaislaskeuma sekä raskasmetallipitoisuuksia. Korkeat raskasmetallipitoisuudet hengitysilmassa ovat terveydelle haitallisia. Erityisesti korkeat arseeni-, kadmium- ja nikkelpitoisuudet uhkaavat ihmisten terveyttä. Raskasmetalleja pääsee ilmaan metalliteollisuudesta sekä fossiilisten polttoaineiden poltosta kuin myös hallitsemattomasta jätteenpoltosta. (Ilmanlaatuportaali_a.) Liikenteestä joutuu myös raskasmetalleja ilmaan renkaiden kulumisen seurauksena (Ympäristöhallinto 2013).

Raskasmetallit kiinnittyvät ilmassa usein hiukkasiin. Muun muassa kadmium sitoutuu ilmassa PM_{2,5} kokoisiin pienhiukkasiin. Kadmiumpitoisuudet ulkoilmassa ovat nykyään Euroopan maaseuduilla tavallisemmin 0,1–0,4 ng/m³ välillä. Kaupunkitausta-alueilla pitoisuudet ovat 0,2–2,5 ng/m³. Raskaasti kuormitetuilla teollisuusalueilla pitoisuudet voivat olla jopa kymmenenkertaisia kaupunkien tausta-alueiden ja maaseutualueiden pitoisuuksiin verrattuna. Metall- ja kaivosteollisuus, voimantuotanto sekä sähkön ja lämmöntuotanto ovat suurimpia kadmiumin päästölähteitä. Lisäksi fosforilannoitteet, jätteenpolto sekä liikenne aiheuttavat kadmiumpäästöjä. Kadmium voi levitä myös kaukokulkeumalla. (Alaviippola ym. 2007, 7–8.) Kadmiumin raja-arvo ilmassa on 5 ng/m³ (Ilmanlaatuportaalia).

Elohopea esiintyy luonnossa pääasiassa alkuainemuodossa sekä metyylielohopeana, joka on myrkyllisin elohopeayhdiste. Metyylielohopeaa esiintyy esimerkiksi märkälaskeumassa liuenneena. Euroopan elohopeapäästöistä 60 % arvioidaan olevan alkuainena kaasumaisessa olomuodossa, kahdenarvoisena kaasumaisena elohopeana 30 % ja loput 10 % ovat hiukkasiin sitoutuneena. Alkuaine-elohopean puoliintumisaika on 0,5–2 vuotta ja se voi levitä kaukokulkeumana pitkiä matkoja, jopa maailmanlaajuisesti. Kaasumainen kahdenarvoinen sekä hiukkasiin sitoutunut elohopea laskeutuvat

melko lähelle päästölähteitä märkä- tai kuivalaskeumana. Ne eivät myöskään säily ilmakehässä yhtä kauan kuin alkuaine-elohopea. Elohopeapitoisuuksia ei ole seurattu kovin paljoa, mutta tehtyjen mittausten perusteella elohopeapitoisuudet ovat olleet tausta-alueilla alle 2 ng/m^3 . Alueilla, jotka ovat voimakkaasti kuormitettuja, pitoisuus on ollut suunnilleen 35 ng/m^3 . Elohopean ilmaperäisiä päästölähteitä ovat hiilivoimalaitokset, polttoaineiden- ja jätteen poltto, kaatopaikat sekä metallisulatot. (Alaviippla ym. 2007, 8.)

Suomessa raskasmetallien raja-arvot ylittyvät yleensä ainoastaan suurien metallitehtaiden lähetyillä (Ilmanlaatuportaalit). Raskasmetalleja on maaperässä, kasveissa ja eläimissä luonnostaan ja pieninä määrinä ne ovat tärkeitä elämän kannalta. Suurina pitoisuuksina raskasmetallit ovat kuitenkin myrkyllisiä, sillä ne kerääntyvät elimistöön ja ravintoketjuihin. Ympäristön kannalta haitallisimpia raskasmetalleja ovat elohopea, lyijy ja kadmium. (Ympäristöhallinto 2013.) Pursialan voimalaitoksen kattiloiden metallipäästöt vuosina 2007–2011 olivat elohopean osalta yhteensä 3,3 kilogrammaa vuodessa ja kadmiumin osalta 1,4 kilogrammaa vuodessa (Itä-Suomen aluehallintovirasto 2014).

5.3 Optiset mittausmenetelmät

Optisilla mittausmenetelmillä voidaan mitata aerosolihiukkasten pitoisuuksia ja kokojakaamaa. Menetelmänä optiset mittausmenetelmät ovat herkkiä ja lähestulkoon reaaliaikaisia. Menetelmä perustuu valonsirontaan tai vaimenemiseen, joka aiheutuu ilmassa olevista hiukkasista. Valon aallonpituus rajoittaa optisten mittalaitteiden käyttöä, minkä vuoksi kokoalueen alarajana on noin 100 nanometriä. Tästä pienempiä hiukkasia voidaan mitata optisesti tiivistämällä niiden pinnalle höyryä. Tällä tavalla toimivia hiukkaslaskureita kutsutaan kondensaatiohiukkaslaskureiksi. (Helsingin yliopisto 2014.)

Hiukkasten lukumääräpitoisuutta sekä kokoa voidaan mitata optisella hiukkaslaskurilla (OPC = Optical Particle Counter), esimerkiksi AeroTrakilla, joka ohjaa hiukkaset yksitellen fokusoidun valonsäteen läpi. Mennessään valonsäteen läpi, hiukkaset sirottavat valoa. Hiukkastenpitoisuus voidaan määrittää ilmaisimelle kerättyjen sironneiden valoimpulssien saapumistaajuudesta ja pulssien korkeudesta. Pienimpiä hiukkasia on mahdollista mitata laservalolla, joka pystyy määrittämään pienempiä hiukkasia kuin

valkoinen valo. Mittausepävarmuudet aiheutuvat hiukkasten taitekerrointen sekä muodon muutoksista. Suurilla hiukkaspitoisuuksilla myös koinsidenssi on yksi virheitä aiheuttava tekijä. Koinssidenssilla tarkoitetaan useamman hiukkasen saapumista havaintotilavuuteen yhtä aikaa tai liian pienin väliajoin, jonka vuoksi ne tulkitaan yhdeksi hiukkaseksi. Optinen hiukkaslaskuri on edullinen ja helppokäyttöinen laite ja se on laajasti käytössä hiukkasten tutkimisessa sekä pitoisuuksien valvonnassa ja puhdas-tilamonitoroinnissa. (Helsingin yliopisto 2014.)

Kondensaatiohiukkaslaskuri (CPC tai CNC = Condensation Particle/Nucleus Counter), esimerkiksi P-Trak, tiivistää hiukkasten pinnalle alkoholi- tai vesihöyryä, mikä kasvattaa ne optisesti havaittaviksi (Helsingin yliopisto 2014). P-Trakissa hiukkasten pinnalle tiivistetään isopropyylialkoholia. Kyseisen laitteen mittausalue on 0,02–1 mikrometriä. Tämän kokoisia hiukkasia mitataan kappaleina kuutiosenttimetriä kohden, sillä ne ovat niin pieniä, ettei niitä hyödytä mitata massayksikössä. (Teknocalor.)

Kondensaatiohiukkaslaskurissa hiukkaset lasketaan kasvatuksen jälkeen kokonaissironnan mukaan tai yksittäin samoin kuin optisessa hiukkaslaskurissa. P-Trakilla voidaan havainnoida jopa 3 nanometriä pienempiä hiukkasia. Hiukkasten alkuperäinen kokoinformaatio menetetään kuitenkin useimmiten. Kyseistä hiukkaslaskuria käytetään näin ollen hiukkasten kokonaislukumääräpitoisuuden havainnointiin. Mikäli halutaan määrittää hiukkasten lukumääräkokojakauma, tulee laskuri yhdistää sähköiseen liikkuvuusanalysointoriin. (Helsingin yliopisto 2014.)

5.4 Äänitasomittaukset

Ympäristöministeriö on laatinut ohjeen äänitasomittausten suorittamiseen (Ympäristöministeriön ympäristönsuojeluosaston ohje 1/1995), jossa käsitellään ympäristömelun mittaamiseen liittyviä kysymyksiä. Mittausohje on tarkoitettu käytettäväksi tilanteissa, joissa saatua äänitasomittauksesta halutaan verrata meluntorjuntalaissa annettuun valtioneuvoston päätökseen melutason ohjeistoista (993/92). Ympäristöministeriön ohjeen avulla tehdyillä mittauksilla voidaan luotettavasti selvittää melutasoja, jotka sijaitseva lähellä melulähdettä. Ympäristömelun mittausohje perustuu standardiin SFS ISO 1996. (Ympäristöministeriö 1995.)

Joitakin raja-arvo ympäristömelulle on kuitenkin asetettu. Valtioneuvoston päätöksessä melutason ohjearvoista (993/1992) mukaisesti asumiseen käytettävillä ulkoalueilla A-painotetun ekvivalenttitason (L_{Aeq}) päiväohjearvo klo 7–22 välisenä aikana on 55 dB. Vastaava ohjearvo yöaikaan (klo 22–7) on 50 dB. Tosin uusilla alueilla melutason ohje-arvo on öisin 45 dB

5.5 Käytetyt mittausmenetelmät

Kokonaisleijumamittaukset suoritettiin kuvan 4 mukaisella tehokeräinlaitteistolla, johon kuului moottorilla varustettu keräin. Kuvassa on keräimen moottori ylösalaisin lattialla keräinten edessä. Muita tarvittavia laitteistoon kuuluvia välineitä olivat keräimen suoja-kotelo (Kuva 6), kalibraattori, rotametri sekä paine-eron mittari.



KUVA 6. Mittauksissa käytetyt tehokeräimet (vasemmalla) ja lasikuitusuodattimien suojakotelot (oikealla).

Ennen näytteenottoa lasikuitusuodatin kuivattiin lämpökaapissa 110 °C:ssa yön yli vakiopainoon, jonka jälkeen se punnittiin ja asetettiin suojakoteloon kuljetuksen ajaksi. Mittauspaikalla suodatinkotelo kiinnitettiin tehokeräin moottoriin ja näytettä eli ilmaa imettiin suojakotelossa olevan lasikuitusuodattimen läpi 24 tuntia. Keräimet ajastettiin ottamaan näytteet kuvassa 7 olevalla ajastimella, joka oli kiinni tehokeräin-

ten ovissa. Keräimiä oli käytössä kaksi kappaletta, joista toinen keräsi näytettä Rauhaniemessä ja toinen Kenkäveronniemessä. Tarkat mittauspisteet on kuvattu liitteessä 1.



KUVA 7. Tehokeräinten ajastin.

Näytteen keräyksen jälkeen suodatin kuivattiin uudelleen vakiopainoon yön yli lämpökaapissa ja seuraavana päivänä se punnittiin. Suodattimen loppupainosta vähennettiin sen alkupaino, jolloin saatiin selville kerätyn pölyn massa. Jakamalla kerätyn pölyn massa kerätyn ilman tilavuudella saatiin määritettyä leijuvan pölynmassakonsentraatio. Kuvassa 8 on Kenkäveronniemessä sijainnut tehokeräin. Kuvassa näkyy taustalla Pursialan voimalaitos.



KUVA 8. Kenkäveronniemen tehokeräin.

Laskeumankeräimellä kerätyn laskeumanäytteen toteutunut keruu-aika oli 31 vuorokautta. Mittauspaikat sijaitsivat Kenkäveronniemessä sekä Rauhaniemessä (liite 1). Näytteenkeruulaitteisto oli standardin SFS 3865 mukainen tasapohjainen lieriö. Kuvan 9 yläosassa on Rauhaniemessä sijainnut laskeumankeräin. Saman kuvan alaosassa on Kenkäveronniemessä sijainnut keräin.



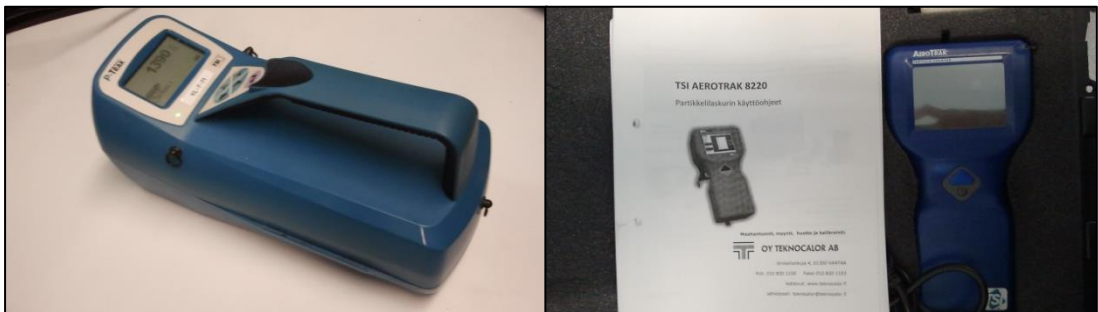
KUVA 9. Rauhaniemen ja Kenkäveronniemen laskeumankeräimet kahdesta eri kuvakulmasta.

Luminäytteet otettiin muoviputkella, jonka halkaisija oli 7,7 cm. Näytteenottoputki painettiin pystysuoraan lumikerroksen läpi. Yhteen näytteeseen otettiin 20 putkellista lunta. Luminäytteet pyrittiin ottamaan jäältä aluskasvillisuuden mukaantulon välttämiseksi. Mikäli näytteenotto jäältä ei onnistunut, otettiin se muualta. Otettaessa näytettä muualta kuin jäältä poistettiin mahdollinen putken alimpaan lumikerrokseen kiinni jäänyt kasvillisuus ja mahdollinen maa-aines varovasti pois. Luminäytteen kokoomänäyte kuljetettiin analysoitavaksi 10 litran muovi ämpärissä. Kuvassa 10 näkyy luminäytteenotossa käytetyt välineet.



KUVA 10. Luminäytteenottovälineistö.

Hiukkasmittaukset suoritettiin kuvassa 11 vasemmalla puolella olevalla P-Trakilla ultrapienien hiukkasten määrittämiseksi ja kuvassa oikealla puolella olevalla AeroTrakilla pienhiukkasten määrittämiseksi. P-Trakilla intervallina oli 10 sekuntia ja AeroTrakilla viisi minuuttia. Mittaukset suoritettiin kaikissa neljästä mittauspisteessä (liite 1). Saaduista tuloksista laskettiin hiukkaspitoisuuksien minuuttikeskiarvot.



KUVA 11. Kuvassa vasemmalla P-Trak ja oikealla AeroTrak.

Äänitasomittaukset suoritettiin Rauhaniemen asuinalueella (liite 1). Ennen mittauksia äänitasomittarin kalibrointi tarkistettiin ja se kiinnitettiin mittausalustaan. Mittausajak-

si asetettiin 10 minuuttia ja mittaus suoritettiin oktaaveittain. Äänitasomittarin mikrofoni suunnattiin kohti melulähdettä eli Pursialan voimalaitosta. Mittauksia tehtiin neljänä eripäivänä, eli ne olivat toisistaan riippumattomia. Mikäli mittausten aikana esiintyi luontaiseen ympäristömeluun kuulumattomia häiriöääniä, kuten auton moottorin käymistä läheisellä parkkipaikalla, tauotettiin mittaus ja viimeisimmät mittaussekunnit poistettiin äänitasomittarissa olevalla toiminnolla. Mittauksien aikana ei satanut lunta, eikä tuulen nopeus ollut yli 5 m/s. Käytetty melunmittauslaitteisto on kuvassa 12. Kuvan taustalla näkyy äänitasomittarin takana Pursialan voimalaitos.



KUVA 12. Melunmittauslaitteisto sijoitettuna Rauhaniemen asuinalueelle.

5.6 Näytteiden analysointi

Kokonaisleijuma mittausten näytteet analysoitiin Mikkelin ammattikorkeakoulun ympäristölaboratoriossa standardin SFS 3863 mukaisesti. Laskeumanäytteiden elohopea ja kadmiumpitoisuudet määritettiin DIN EN 1483/DIN EN ISO 12846 mukaisesti ja laskeumankeräinnäytteiden epäorgaaninen ja orgaaninen kokonaislaskeuma määritettiin standardin SFS 3865/1978 mukaisesti Eurofins-laboratoriossa. Myös luminäytteiden elohopea- ja kadmiumpitoisuudet DIN EN 1483/DIN EN ISO 12846 määritettiin standardien mukaisesti Eurofinsillä. Luminäytteiden pH sekä nitraatti- ja nitriittityppi määritettiin Mikkelin ammattikorkeakoulun ympäristölaboratoriossa.

PH-arvon määrittäminen tehtiin lasielektrodilla varustetulla MotorLab PHM 210 pH-mittarilla (kuva 13). Näytteiden annettiin sulaa huoneenlämpöiseksi ennen määrittämistä. Luminäytteiden nitriittityppimääritykset tehtiin standardin SFS 3029 mukaan. Näytteen analysointi suoritettiin yli viiden tunnin kuluttua näytteenotosta.



KUVA 13. PH-arvon määrittäminen luminäytteestä.

Kuvissa 12 ja 13 on nitriittityypin määrittämisen työvaiheita. Määrittämistä varten näytteisiin lisättiin sulfaniiliamidiliuosta sekä N-(1-naftyyli)-etyylidiamiiniliuosta. Jokaisen lisäyksen jälkeen näytteitä sekoitettiin huolellisesti. Ennen N-(1-naftyyli)-etyylidiamiiniliuoksen lisäämistä näytteisiin odotettiin 6 minuuttia. Kuvassa 14 on etualalla sulatettuna ja annosteltuna 25,0 ml vettä luminäytteistä. Kuvassa taka-alalla näkyvät määrittämiseen käytetyt reagenssit.



KUVA 14. Nitriitin määrittäminen luminäytteestä.

Reagenssien lisäyksen jälkeen odotettiin 20 minuuttia. Näytteiden absorbanssi mitattiin ilmaa vasten nollatulla spektrofotometrillä 10 millilitran kyveteissä aallonpituudella 545 nm. Ennen absorbanssien mittausta huolehdittiin, ettei kyvetissä ollut ilmakuplia tai sormenjälkiä. Käytetty spektrofotometri sekä mitatut näytteet ovat kuvassa 15.



KUVA 15. Nitriitin määritys luminäytteestä. Aallonpituuden mittaaminen spektrofotometrillä.

Nitraattityppi määritettiin luminäytteistä Vacu-vials Kit -testillä. Näytteiden nitraattityypipitoisuuksien määrittämiseksi täytettiin kuvassa 14 näkyvä vihreäkantinen reaktioputkilo merkkiviivaan asti testattavalla näytteellä. Tämän jälkeen putkiloon lisättiin

testipaketissa mukana tullut pieni kadmium-foliopaketti. Kadmiumin lisäyksen jälkeen putkea ravistettiin huolellisesti kolme minuuttia, jonka jälkeen sen annettiin tasaantua kaksi minuuttia.

Seuraavaksi näyte kaadettiin toiseen näyteastiaan. Näytteen siirtämisessä toiseen putkeen tuli varoa, ettei liuoksen pohjalla olevia kadmium partikkeleja pääse mukaan. Näyteastiaan asetettiin kärki edellä Vacu-vial-ampulli, jonka kärki katkaistiin painamalla sitä astian pohjaa vasten. Katkaistaessa ampulli täyttyi näytteellä, jättäen sisälleen sekoittamisen mahdollistavan ilmakuplan. Ampullia käännettiin muutamien minuuttien ajan antaen ilmakuplan kulkea ampullin päästä päähän. Tämän jälkeen odoteltiin kymmenen minuuttia, jonka aikana näytteen väri muuttui sen sisältämän nitraattitypen määrän mukaan.

Ampullit kuivattiin ja mahdolliset sormenjäljet pyyhittiin sen pinnalta, jotta ne eivät vaikuttaisi mittaustulokseen. Ampullit asetettiin yksitellen spektrofotometriin litteä puoli alaspäin. Kaikki työsuorituksen vaaditut välineet on kuvattu kuvassa 16. Edellä selostetut työvaiheet toistettiin jokaiselle näytteelle erikseen.



KUVA 16. Nitraattitypen määrittämiseen käytetty Vacu-vials Kit.

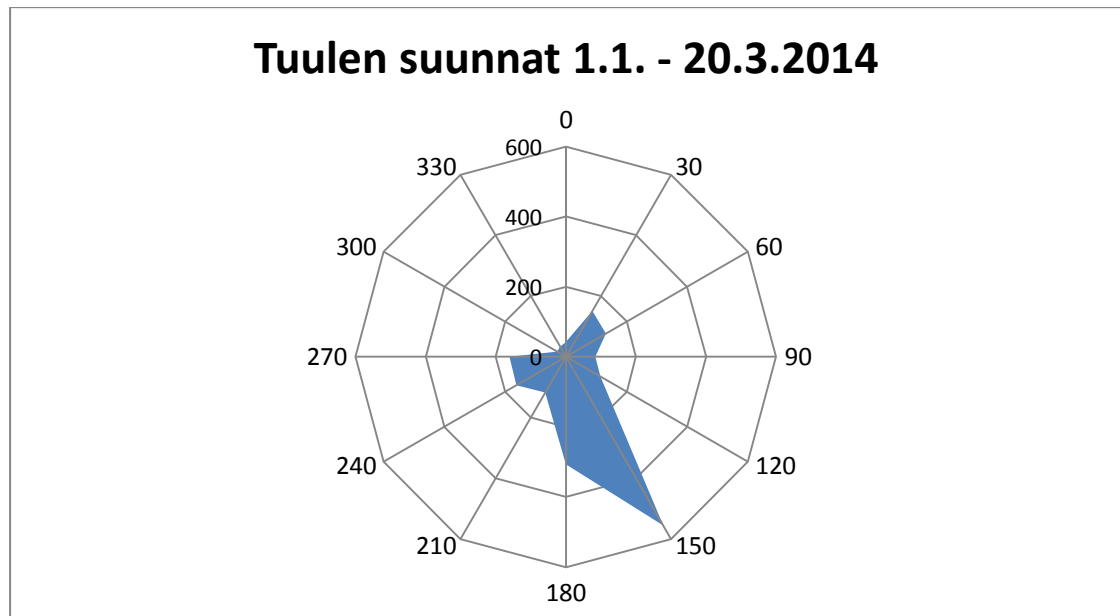
6 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

Mittaustulokset on esitetty seuraavissa kappaleissa pylväsdiagrammeilla sekä kartta-pohjalla havainnollistaen. Tuulen suunnat taulukoitiin ja ne on liitetty myös kuviin tulosten lukemisen selkeyttämiseksi. Kokonaislaskeumanäytteiden tulokset sekä ääni-tasomittaustulokset taulukoitiin omiin taulukkoihinsa.

6.1 Mittausajankohdan sääolot

Vuoden 2013–2014 talvi oli tavallista vähä lumisempi ja lumipeite jäi maahan vasta tammikuun toisella viikolla (11.1.) (Ilmatieteenlaitos). Lumi alkoi sulaa pian lumi-näytteenoton jälkeen (20.3.) viikolla 12, jonka jälkeen ei enää jäänyt pysyvää lumipei-tettä.

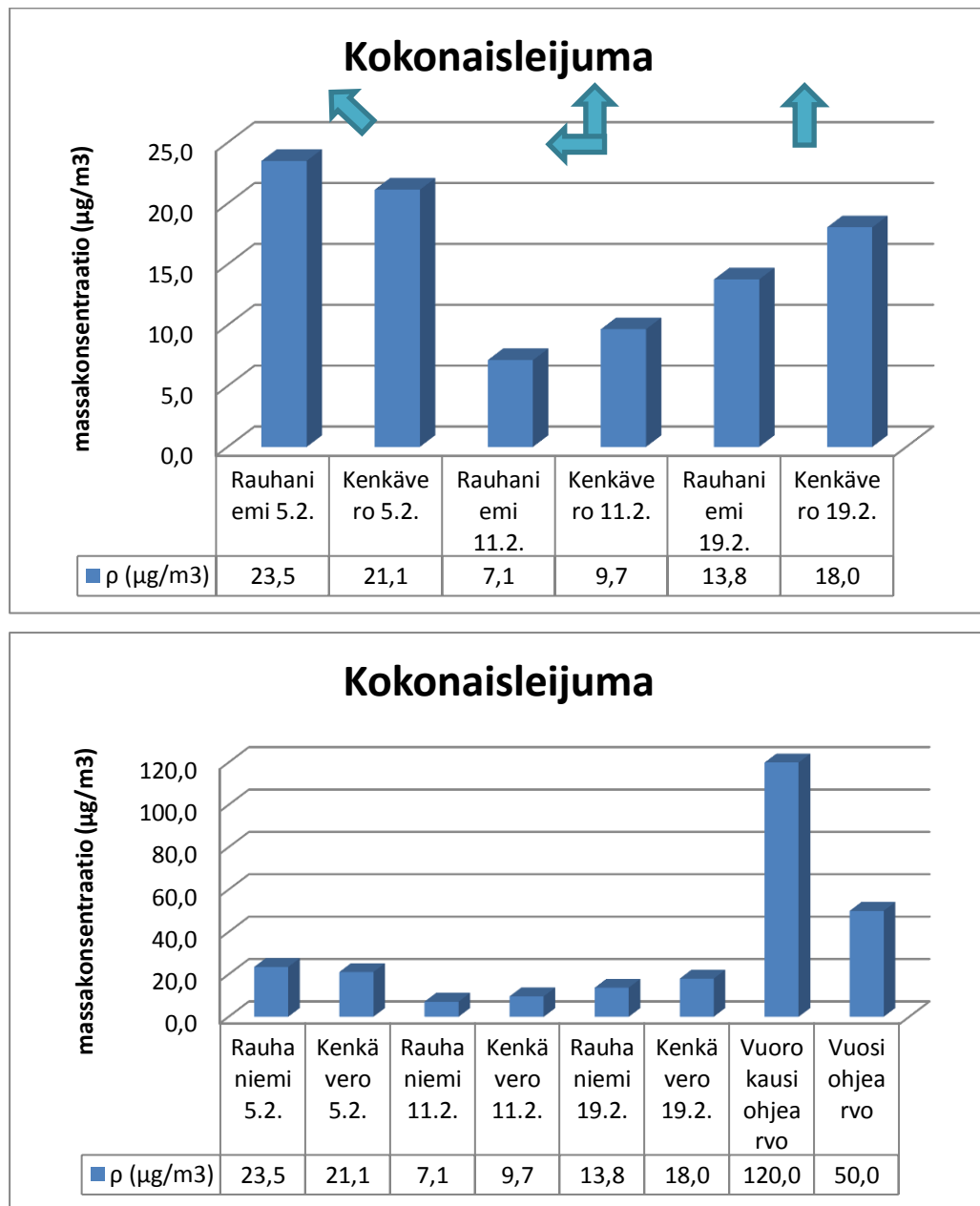
Talvella vallinneet tuulen suunnat ajalla 1.1.–20.3. ovat kuvassa 17. Pääasiassa talvel-la 2013/14 tuuli etelän suunnalta. Tieto tuulensuunnista on saatu Pursialan voimalai-toksen omalta sääasemalta.



KUVA 17. Tuulen suunnat luokiteltuna ja summattuna Mikkelissä kevättalvella 2014.

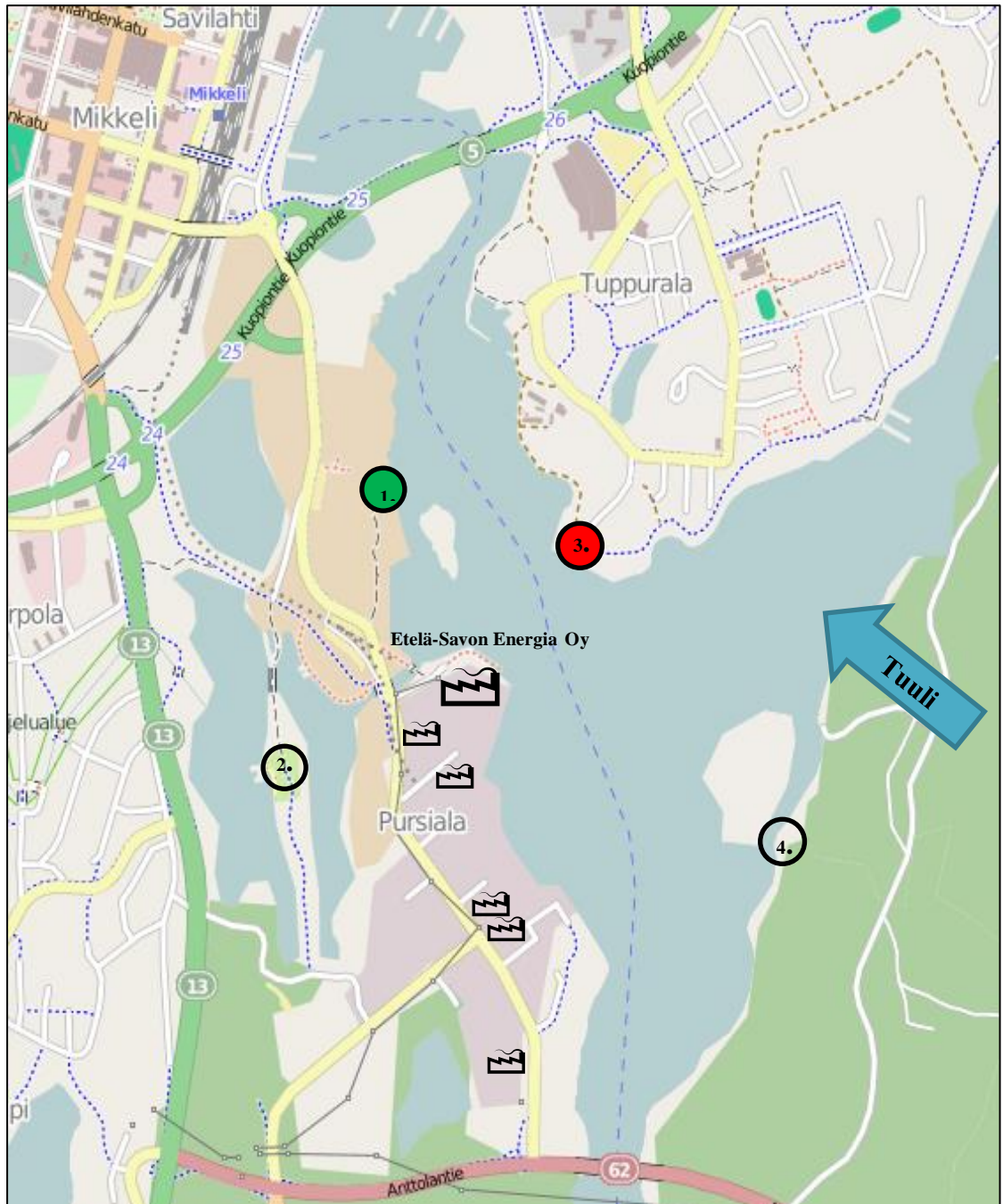
6.2 Kokonaisleijumamittaustulokset

Tehokeräysmenetelmällä selvitetty ulkoilman leijuvanpölyn kokonaismassakonsentraation p tulokset näkyvät kuvassa 18. Alimpana kuvassa on otettu vertailun vuoksi mukaan myös ilmanlaatuportaalin ilmoittamat EU:n ohjearvot. Helmikuun 5. päivänä 2014 tehdyn mittauksen aikana tuuli pääasiassa kaakosta ja Rauhaniemen pölypitoisuudet olivat korkeammat kuin Kenkäveron. Kyseisen mittauksen perusteella ei voida todeta Pursialan voimalaitoksen lisäävän ilmassa olevan pölyn määrää lähialueilla, sillä tuulen suunnan perusteella olisi ollut oletettavaa saada korkeammat pölypitoisuudet Kenkäverosta. Ohjearvot eivät ylittyneet mittauksissa.



KUVA 18. Kokonaisleijumatulokset. Nuolet kuvaavat mittaushetkellä vallinnutta tuulen suuntaa.

Kuvassa 19 kokonaisleijumatulosta on havainnollistettu karttapohjaa apuna käyttäen. Kuvassa näkyy myös mittaushetkellä vallinnut tuulensuunta sekä muita mahdollisia päästölähteitä, kuten tiet ja muu teollisuustoiminta Pursialan alueella.



KUVA 19. Kokonaisleijumatulokset ja tuulen suunta 5.2.2014 (Muokattu lähteestä OpenStreetMap).

Ilmanlaatu portaalin, ilmanlaatu nyt mittauksien mukaan 5.2.2014 ilmanlaatuindeksi oli Jyväskylässä ja Varkaudessa pääasiassa hyvä. Iltaa kohden molemmissa

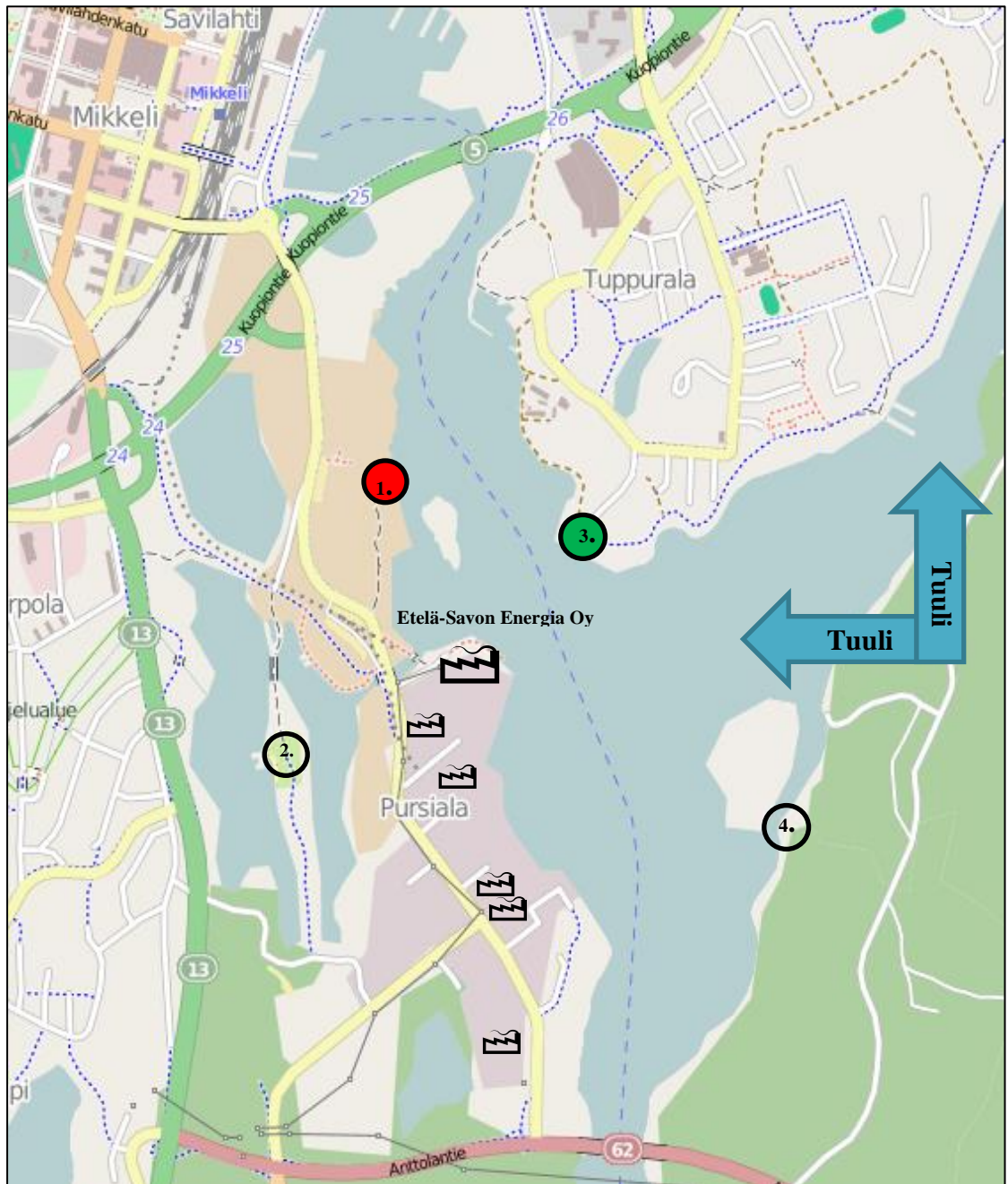
kaupungeissa ilmanlaatu heikkeni tyydyttäväksi. Jyväskylä ja Varkaus valittiin vertailukohteiksi.

Mittaushetkillä vallinneet tuulensuunnat on kirjattu taulukkoon 2. Suunnat on mitattu tasatunneittain. Taulukossa on merkitty sulkuihin kunkin tuulisuunnan kesto tunneittain mittauksien aikana.

TAULUKKO 2. Tuulen suunnat kokonaisleijumamittausten aikana.

Pvm	Tuulensuunta
5.2.	kaakko (22 h), etelä (2 h), itä (1 h)
11.2.	itä (12 h), etelä (11 h), kaakko (2 h)
19.2.	itä (25 h)

Helmikuun 11. päivänä 2014 tehdyssä mittauksissa vallitsi itä- ja etelätuuli ja Kenkäveron pölypitoisuudet olivat Rauhaniemeä korkeammat. Tuulen suuntien ja mittauspisteiden leijuvan pölyn massakonsentraatio tulosten perusteella voisi olettaa pölyn tulleen Kenkäveronniemeen voimalaitoksen suunnilta. Etelätuulen mukana saattoi kulkeutua enemmän pölyä kuin mitä itätuuli toi mukanaan niin sanotusti maaseudulta päin. Tämä voi osaltaan selittää Kenkäverossa mitatut korkeammat pölypitoisuudet. Kuvassa 20 on kokonaisleijumatulosta havainnollistettu karttapohjaa apuna käyttäen.



KUVA 20. Kokonaisleijumatulos 11.2.2014 (Muokattu lähteestä OpenStreet-Map).

Ilmanlaatuportaalin mittaustulosten mukaan 11.2.2014 ilmanlaatu indeksi oli 5.2.2014 parempi, mikäli huomioidaan mittauspaikkojen keskiarvo. Varkaudessa teollisuuden päästöt heikensivät ilmanlaatua illasta aina huonoksi asti.

Helmikuun 19. päivänä 2014 tehdyn mittauksen aikana tuuli koko mittausajan idästä. Tuolloin Kenkäveron pitoisuudet olivat Rauhaniemen pitoisuuksia korkeammat. Pitoisuuksien ero oli myös edellisiin mittauksiin verrattuna suurempi. Vallitsevan tuulen suunnan vuoksi ei kuitenkaan voida sanoa pölyn tulleen Porsialan voimalaitokselta,

sillä Kenkäveronniemen mittauspiste sijaitsee laitokselta katsottuna luoteessa. Tuulen pitäisi puhaltaa näin ollen kaakosta, jotta pitoisuuksien voitaisiin olettaa tulleen Pursialan voimalaitokselta. Kartalla kuvattuna tilanne olisi näyttänyt tuulen suuntaa lukuun ottamatta samalta kuin kuvassa 18, joten siitä ei tehty erillistä karttaa. Ilmanlaatuindeksi oli 19.2.2014 Jyväskylässä ja Varkaudessa hyvä.

6.3 Kokonaislaskeumanäytteiden mittaustulokset

Laskeumanäytteistä saatujen analyysi tulosten perusteella laskettiin kokonaislaskeuma kuukauden ajalta. Luminäytteistä kokonaislaskeuma laskettiin siltä ajalta kun lumi oli ollut maassa. Laskeumatulokset ovat taulukossa 3.

Kenkäveron mittauspisteessä saatiin Rauhaniemeä korkeampi orgaaninen ja epäorgaaninen kokonaislaskeuma tulos. Myös kadmiumpitoisuus Kenkäverossa oli korkeampi kuin Rauhaniemessä. Kenkäveron kadmiumpitoisuus ylitti määrittämissä rajat, kun taas Rauhaniemen pysyi sen alapuolella. Elohopeapitoisuus ei ylittänyt määrittämissä rajat kummassakaan mittauspisteessä. Orgaanisen ja epäorgaanisen kokonaislaskeuman pitoisuudet olivat alhaisempia Pursialan ympäristössä kuin toisessa tutkimuksessa mitatut Tikkanen lämpökeskuksen alueelta otetut laskeumanäytteet.

TAULUKKO 3. Kokonaislaskeumanäytteiden tulokset.

	Menetelmä	Yksikkö	Kenkävero	Rauhaniemi
Orgaaninen ja epäorgaaninen kok.laskeuma	SFS 3865/1978	mg/m ² /kk	0,65	0,22
Elohopea	DIN EN 1483/DIN EN ISO 12846	µg/m ² /kk	<0,1	<0,1
Kadmium	DIN EN ISO 17294-2	µg/m ² /kk	2,31	<0,2

Luminäytteistä korkein pH-arvo oli Kaihun mittauspisteestä otetussa näytteessä, jossa pH-arvo oli 6,4. Rauhaniemessä ja Salosaassa pH-arvot olivat lähellä toisiaan. Alhaisin pH-arvo oli Kenkäveronniemessä. Nitraattityppeä oli hieman näytteissä, tosin hyvin vähän ja arvot olivat lähellä nollanäytteen arvoja. Suurimmat nitriittityppipitoisuudet olivat Kenkäveron mittauspisteessä. Nitriittityppeä näytteissä ei ollut käytännössä lainkaan. Myöskään elohopeaa tai kadmiumia ei todettu. Luminäytteiden tulokset ovat taulukossa 7.

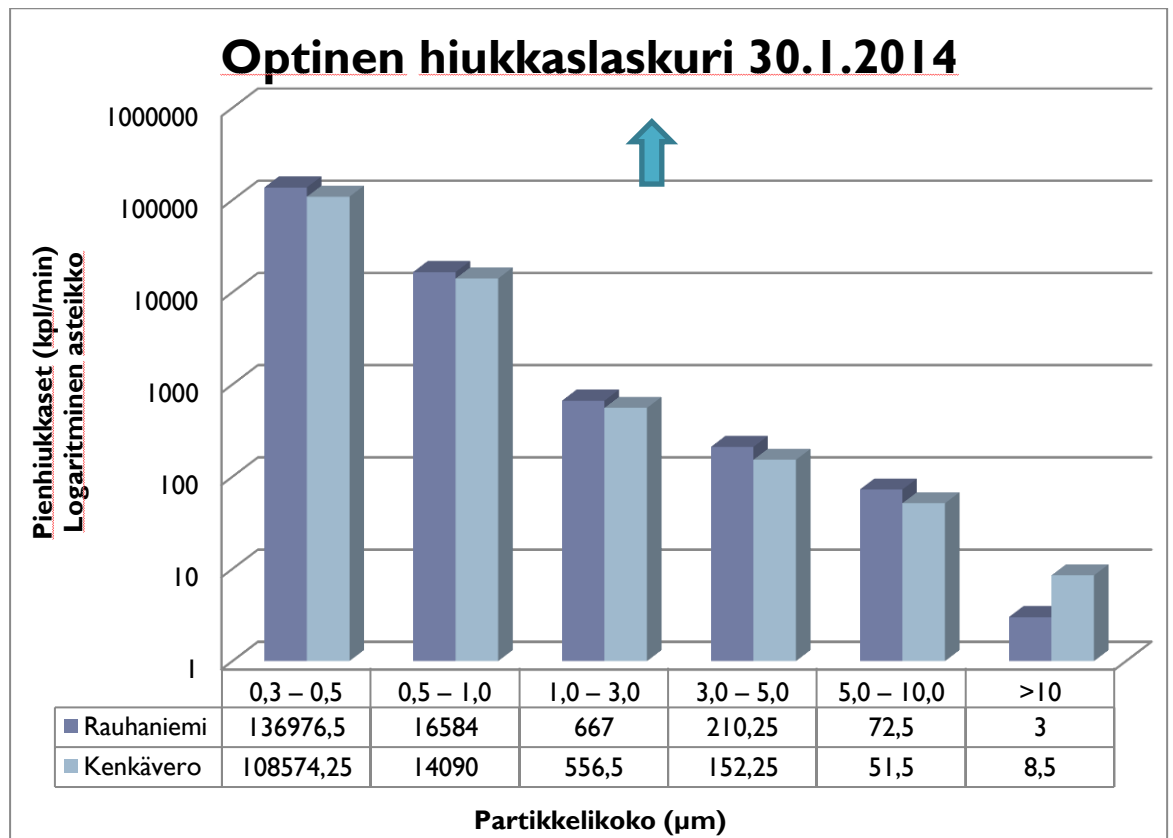
TAULUKKO 4. Luminäytteiden tulokset.

Analyyysi	Rauhaniemi	Kenkävero	Kaihu	Salosaari
pH	5,4	4,8	6,4	5,2
Nitraattityppi (ppm/m ² /kk)	4,20	7,32	5,47	5,54
Nitriittityppi (µg/m ² /kk)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Elohopea (µg/m ² /kk) DIN EN 1483	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Kadmium (µg/m ² /kk) DIN EN ISO 17294-2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2

Laskeumanäytteiden tulokset sopivat yhteen talvella 2013–2014 vallinneiden tuulien kanssa, sillä kuluneena talvena tuuli suurimmaksi osaksi etelästä. Pursialan voimalaitoksen pohjoispuolella sijainneessa Kenkäveron mittauspisteessä mitattiin Rauhaniemen mittauspistettä korkeampia pitoisuuksia, joten tehtyjen tulosten perusteella voidaan olettaa Kenkäveroon tuleen saasteita etelästä eli Pursialasta päin. Tämän oletuksen perustana on, että saasteita ei tullut suurempina pitoisuuksina jostakin toisesta, vähemmän tuulisesta ilmansuunnasta.

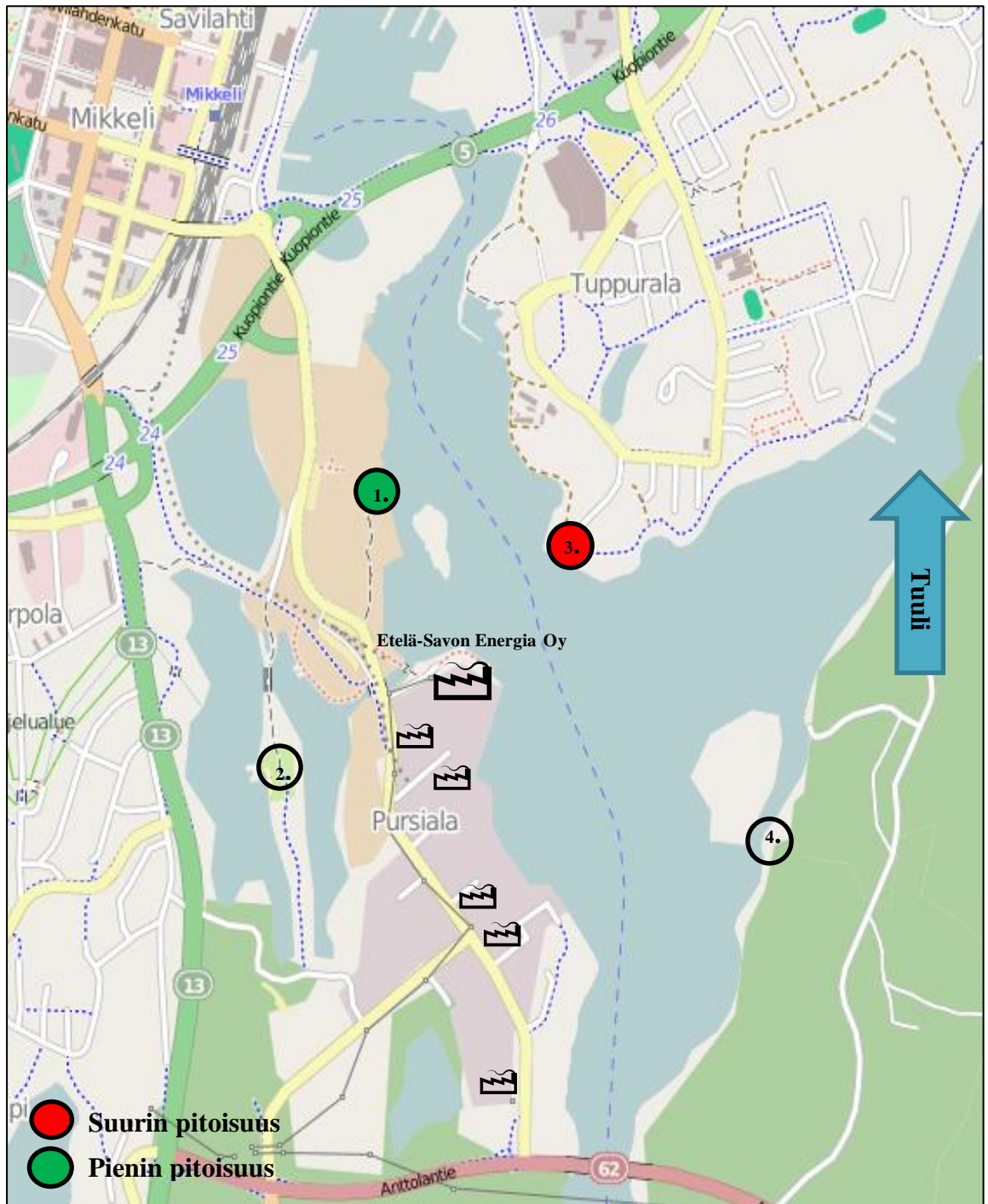
6.4 Alueen hiukkaspitoisuudet

Tammikuun 30. päivä 2014 tehtyjen hiukkasmittausten tulokset ovat kuvissa 21 ja 22. Mittaukset tehtiin ainoastaan Rauhaniemen ja Kenkäveron mittauspisteissä. Mittaushetkellä vallitsi etelätuuli. Rauhaniemessä mitattiin hieman suurempia hiukkaspitoisuuksia kokojakaumalla 0,3–10,0 µm. Suurimpia, yli 10 µm olevia hiukkasia oli enemmän Kenkäverossa. Myös ultrapieniä hiukkasia oli enemmän Kenkäverossa kuin Rauhaniemessä.



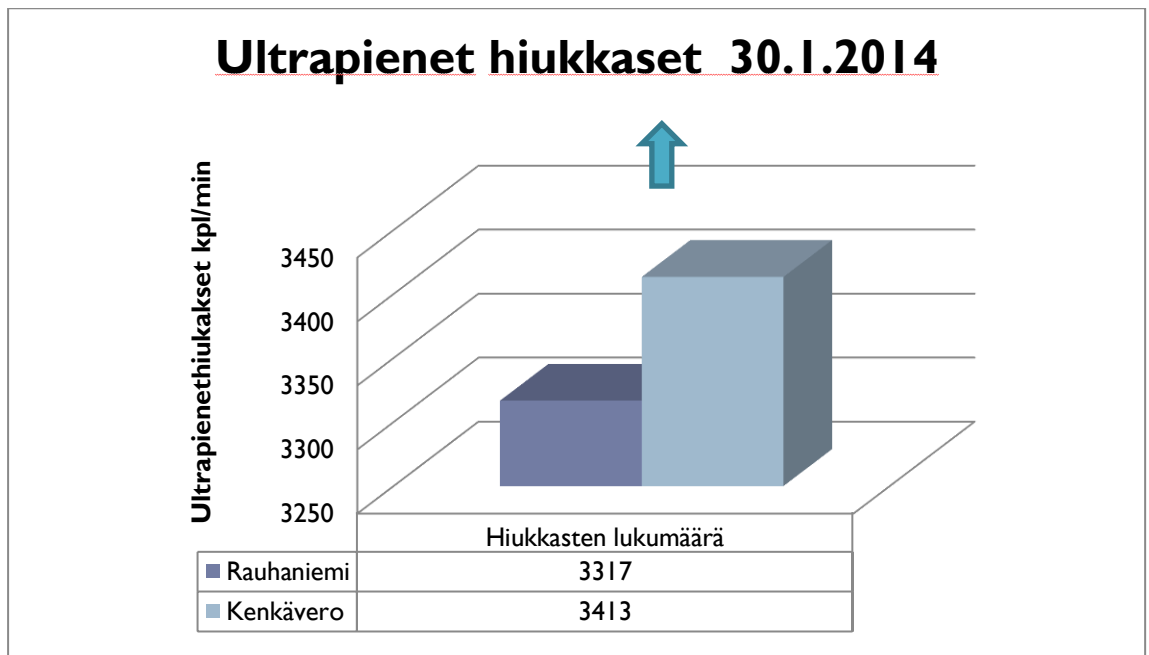
KUVA 21. 30.1.2014 AeroTrakilla mitatut ilman hiukkaset. Nuoli kuvaa mittaushetkellä vallinnutta tuulen suuntaa.

Kuvassa 22. optisen hiukkaslaskurin tuloksia on havainnollistettu karttapohjalla, jossa näkyvät eri päästölähteiden sijainnit sekä mittaushetkellä vallinnut tuulen suunta. Rauhaniemeen näyttäisi kulkeutuvan eniten alle 10 µm kokoisia hiukkasia. Yli 10 µm kokoluokkaan mentäessä Kenkäveron pitoisuudet ylittävät Rauhaniemen.



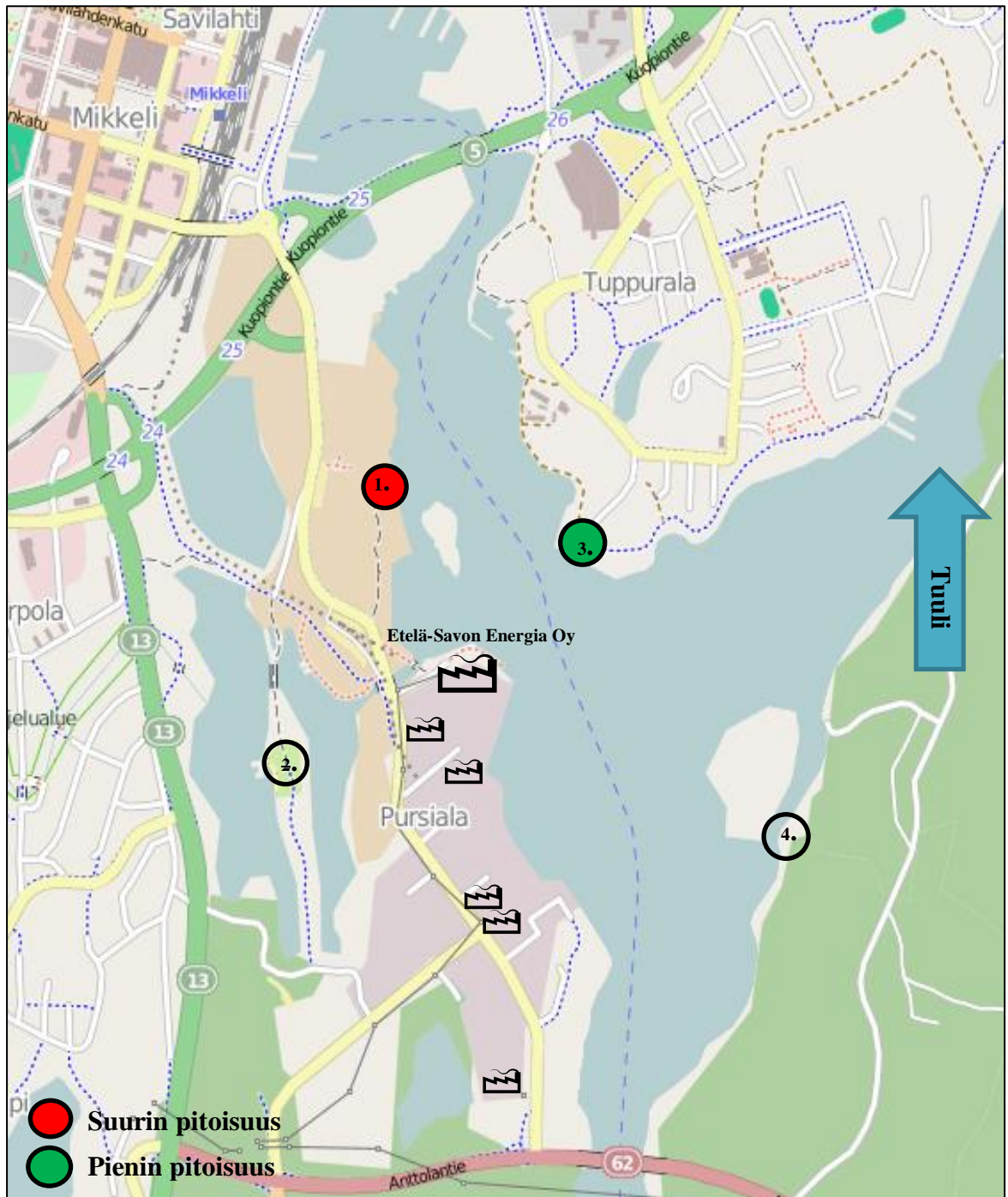
KUVA 22. 30.1.2014 otetut AeroTrak tulokset karttapohjalla (Muokattu lähteestä OpenStreetMap).

Ultrapienten hiukkasten pitoisuudet 30.1.2014 ovat kuvassa 23. Kenkäverossa mitattiin hieman korkeampia pitoisuuksia kuin Rauhaniemessä tämän kokoluokan hiukkasten suhteen. Pitoisuudet olivat kuitenkin suunnilleen samat, ilmeisesti vallitsevasta tuulen suunnasta johtuen (etelätuuli). Ilmanlaatuindeksi 30.1.2014 oli Jyväskylässä ja Varkaudessa tasolla hyvä/tyydyttävä.



KUVA 23. 30.1.2014 P-Trakilla mitatut ilmassa olevat ultrapienet hiukkaset. Nuoli kuvaa mittaushetkellä vallinnutta tuulen suuntaa.

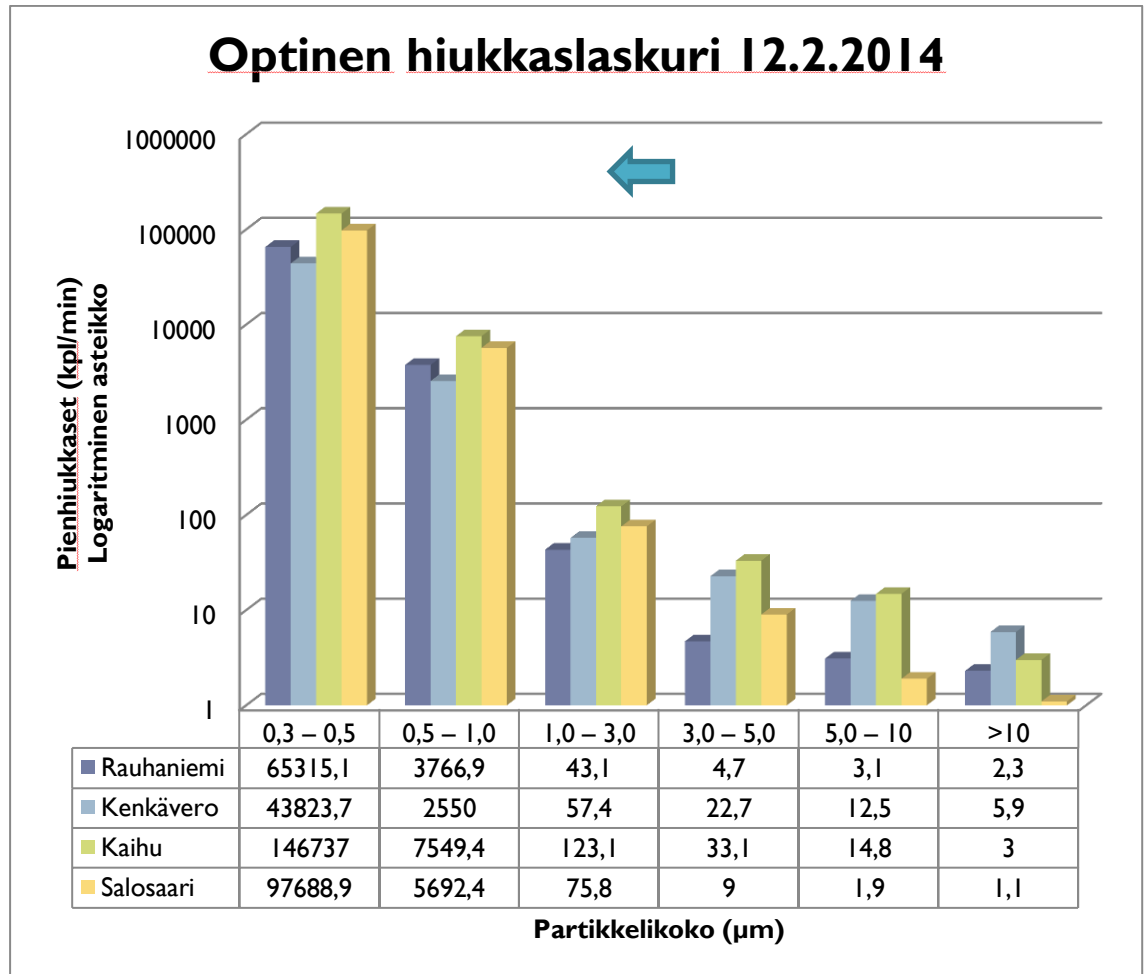
Kuvassa 24 on havainnollistettu ultrapienien hiukkasten pitoisuuksia mittauspisteissä karttapohjan avulla. Tilanne on pitoisuuksien kannalta käänteinen AeroTrak-mittauksiin nähden. Kyseisen mittauksen perusteella ilman pienhiukkaset näyttäisivät leviävän eritavalla niiden kokoluokasta riippuen. On myös mahdollista, että eriävät pitoisuudet johtuvat mittauspisteiden lähellä sijaitsevista mahdollisista eriävistä päästölähteistä.



KUVA 24. 30.1.2014 P-Trakilla mitatut ilmassa olevat ultrapienet hiukkaset karttapohjalla kuvattuna (Muokattu lähteestä OpenStreetMap).

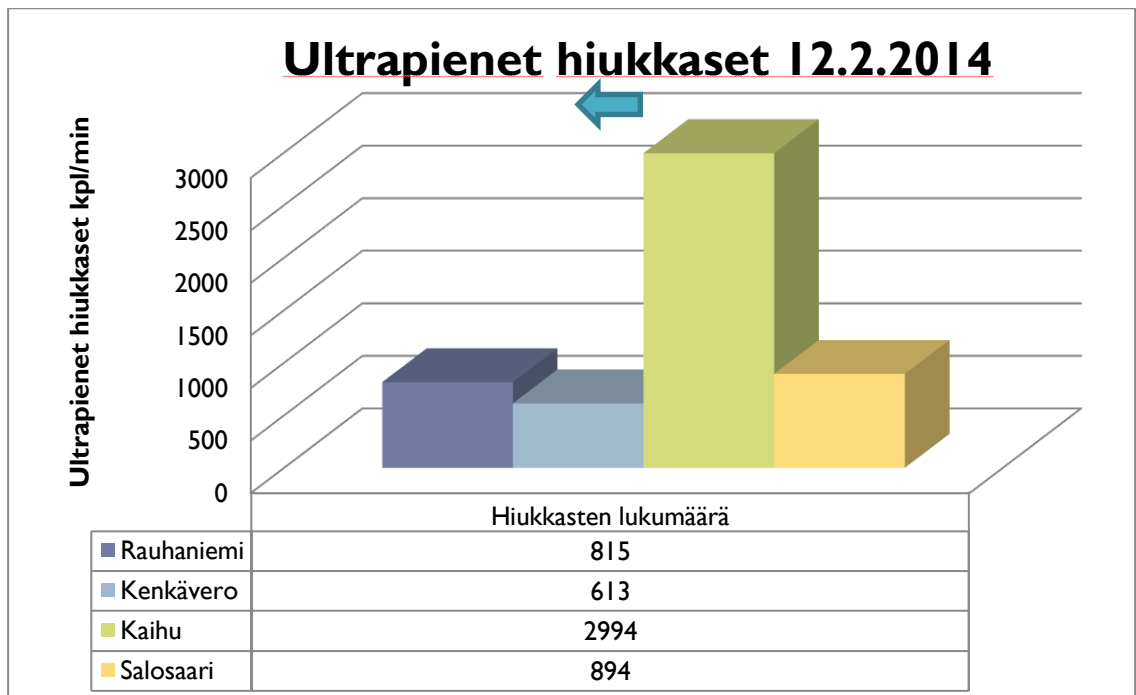
Helmikuun 12. päivänä 2014 tehtyjen hiukkasmittausten tulokset ovat kuvissa 25 ja 26. Mittaushetkellä vallitsi itätuuli, eli tuuli puhalsi maaseudulta päin. Korkeimmat hiukkaspitoisuudet kokojakaumalla 0,3–10,0 mitattiin Kaihun mittauspisteessä. Salossa mitattiin toiseksi suurimmat hiukkaspitoisuudet kokojakaumalla 0,3–3,0 μm . Rauhaniemessä oli Kenkäveroa korkeammat pitoisuudet kokojakaumalla 0,3–1,0 μm ,

jonka jälkeen Kenkäveron hiukkaspitoisuudet ylittivät Rauhaniemen pitoisuudet mentäessä suurempaan kokoluokkaan.



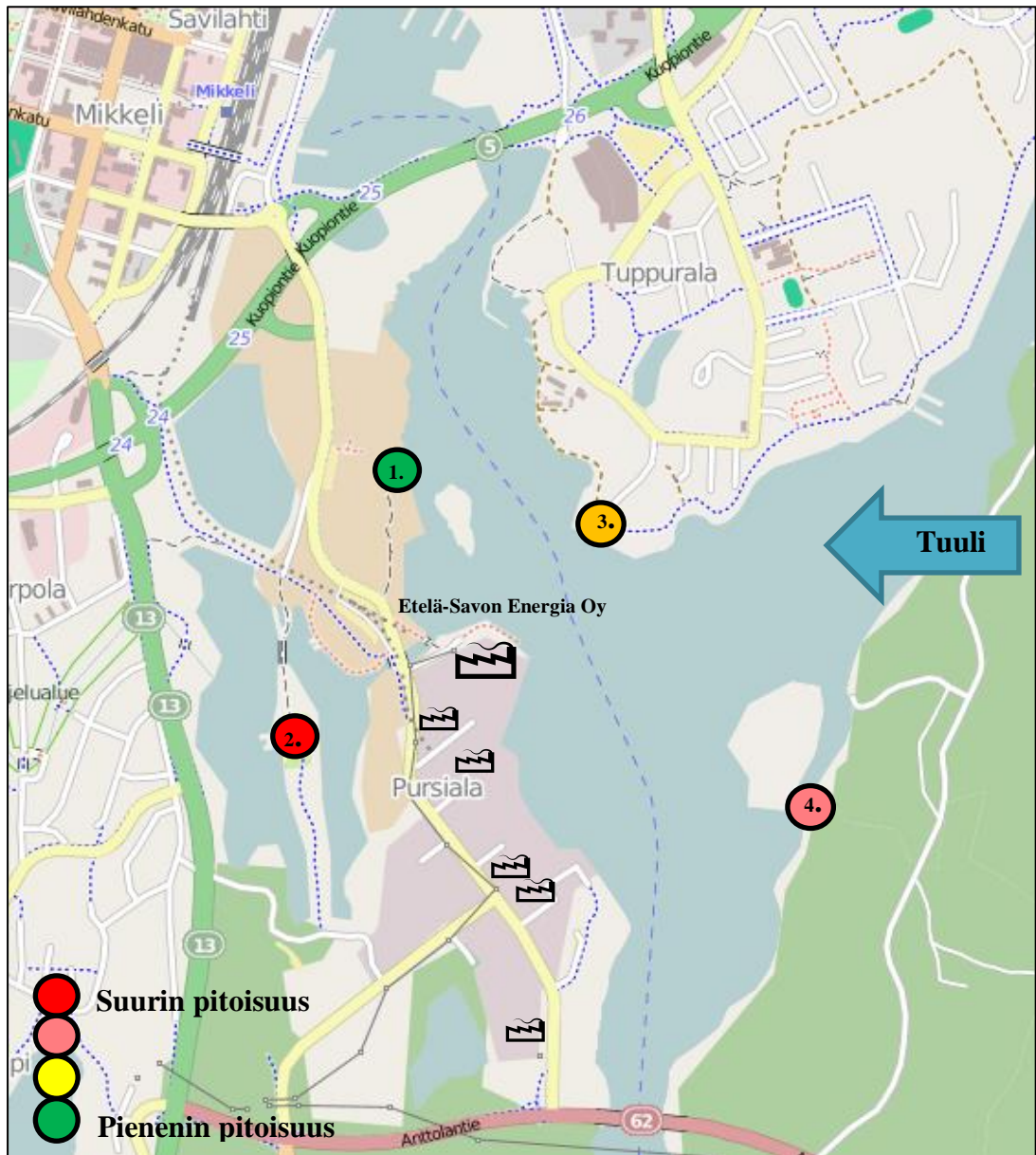
KUVA 25. 12.2.2014 AeroTrak-mittarilla mitatut ilman hiukkasat. Nuoli kuvaa mittaushetkellä vallinnutta tuulen suuntaa.

Ultrapieniä hiukkasia mitattiin eniten Kaihulla ja vähiten Kenkäverossa (kuva 24). Salosaassa oli toiseksi eniten ultrapieniä hiukkasia Kaihun jälkeen. Itätuulen perusteella hiukkasia näyttäisi tulevan Kaihun alueelle Pursialan voimalaitoksen suunnilta.



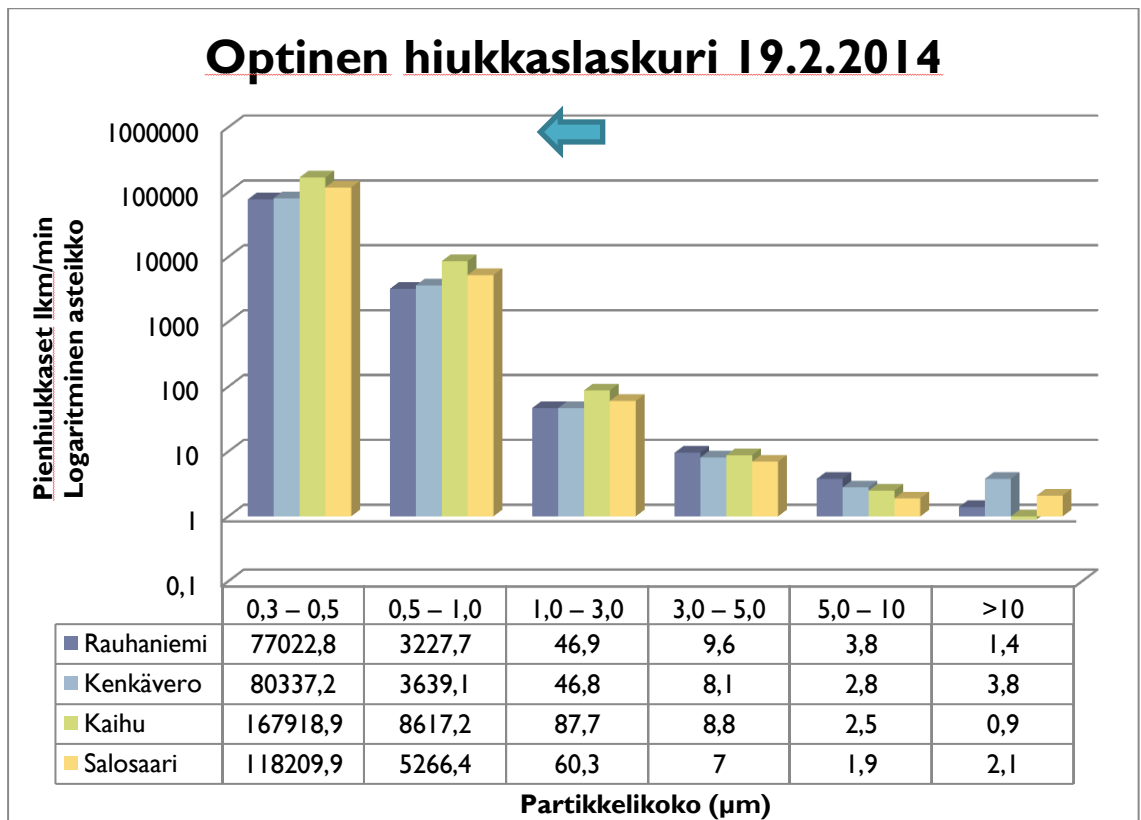
KUVA 26. 12.2.2014 P-Trakilla mitatut ilmassa olevat ultrapienet hiukkaset. Nuoli kuvaa mittaushetkellä vallinnutta tuulen suuntaa.

Kuvassa 27 on 12.2.2014. mitatut pitoisuudet karttapohjalla kuvattuna. Erityisen hyvin kuva kertoo ultrapienien hiukkasten pitoisuuksista. Aerotrakilla mitattujen hiukkasten pitoisuudet vaihtelivat suurempaan koko jakaumaan mentäessä niin paljon, että niitä oli vaikea havainnollistaa käytetyssä karttapohjassa selkeästi. Ilmanlaatuindeksi oli 12.2.2014 Jyväskylässä ja Varkaudessa tasolla hyvä.



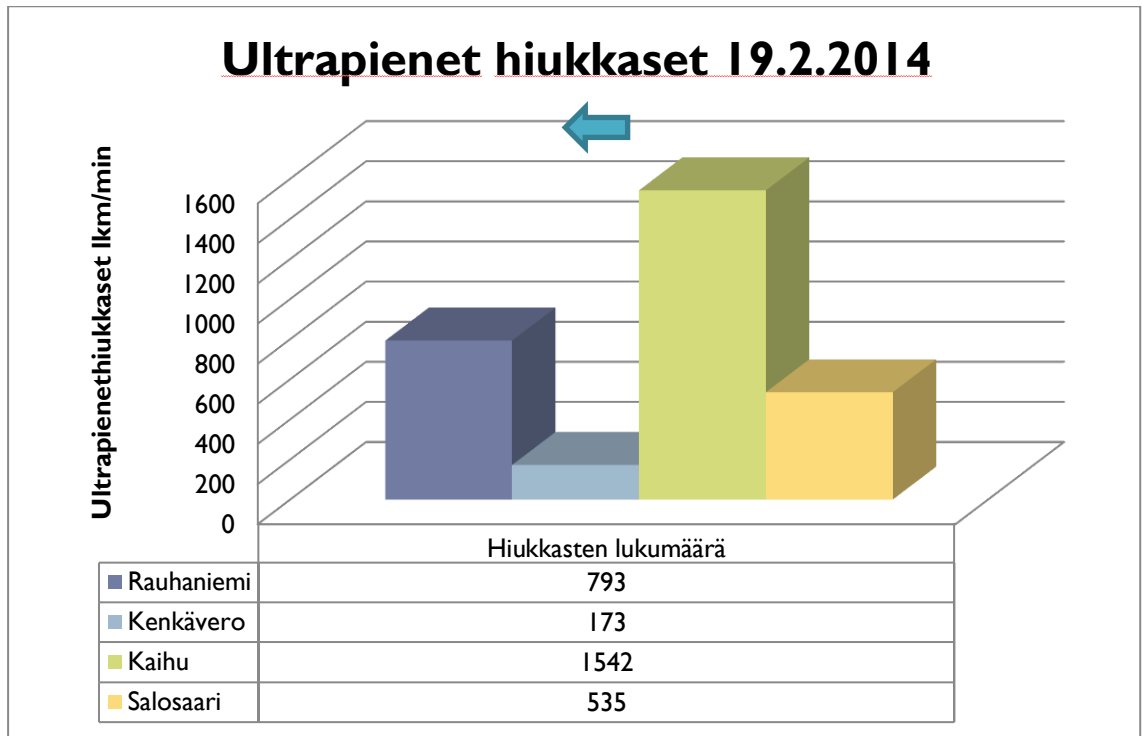
KUVA 27. 12.2.2014 P-Trakilla mitatut ilmassa olevat ultrapienet hiukkaset (Muokattu lähteestä OpenStreetMap).

Helmikuun 19. päivänä 2014 tehtyjen hiukkasmittausten tulokset ovat kuvissa 28 ja 29. Mittaushetkellä vallitsi itätuuli. Suurimmat hiukkaspitoisuudet kokojakaumalla 0,3–5,0 mitattiin jälleen Kaihulla sekä Salosaassa. Edellisestä mittauksesta poiketen 5,0–10,0 μm hiukkasia mitattiin Kaihulla toiseksi vähiten. Rauhaniemen ja Kenkäveron hiukkaspitoisuudet olivat suunnilleen samaa luokkaa.



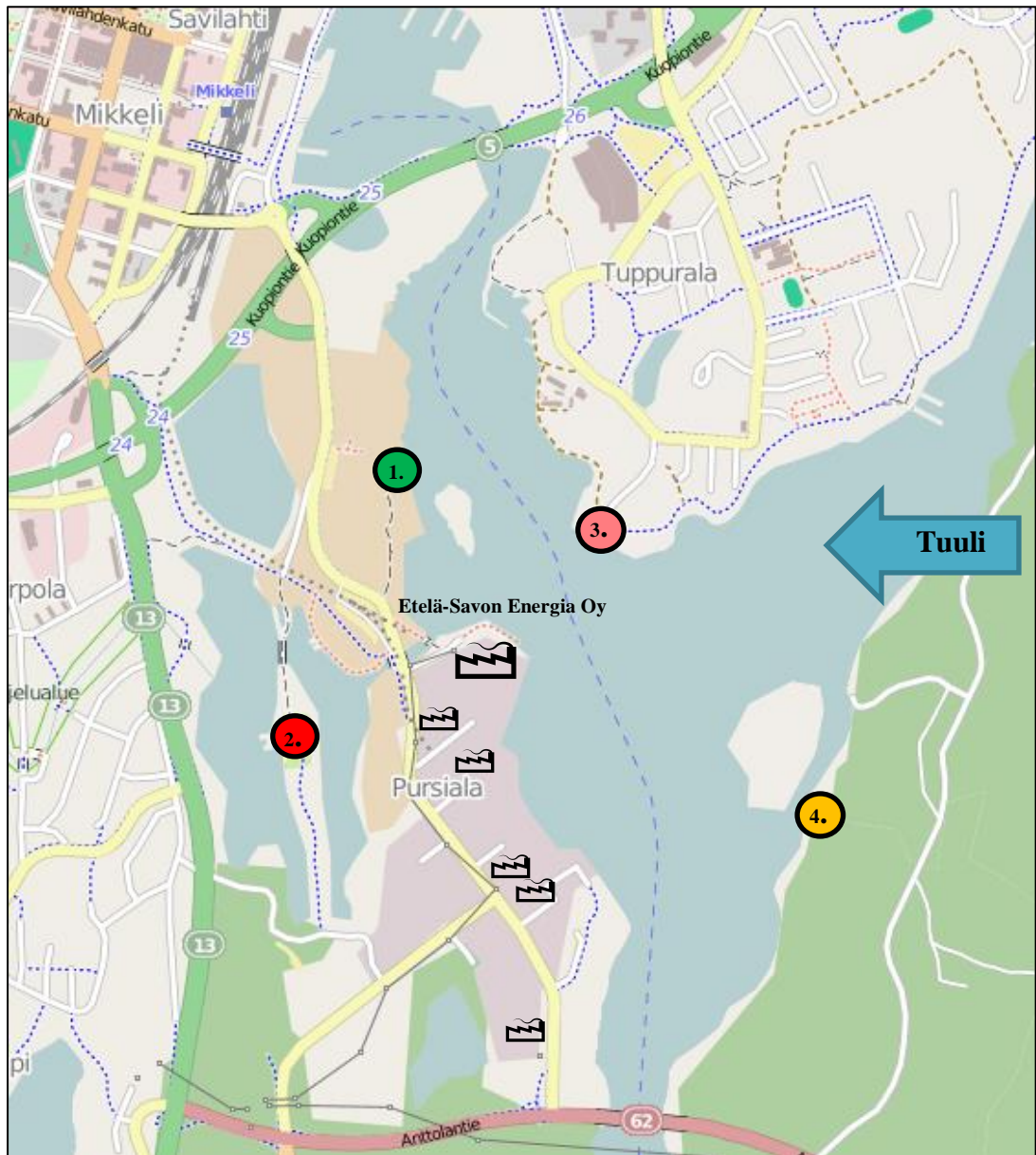
KUVA 28. 19.2.2014 AeroTrak-mittarilla mitatut ilman hiukkaset. Nuoli kuvaa mittaushetkellä vallinnutta tuulen suuntaa.

Ultrapieniä hiukkasia oli jälleen eniten Kaihulla ja vähiten Kenkäverossa. Rauhaniemessä mitattiin toiseksi eniten ultrapieniä hiukkasia. Kuvassa 29 on ultrapienten hiukkasten pitoisuudet eri mittauspisteissä.



KUVA 29. 19.2.2014 P-Trakilla mitatut ilmassa olevat ultrapienet hiukkaset. Nuoli kuvaa mittaushetkellä vallinnutta tuulen suuntaa.

Kuvassa 30 ultrapienien hiukkasten pitoisuuksia on kuvattu kartalla. Kuva havainnollistaa kuinka itätuuli voi puhaltaa saasteita Pursialan teollisuusalueelta Kaihulle päin lisäksi näin hiukkaspitoisuuksia Kaihun mittauspisteessä. Toisaalta, vallinneesta itätuulesta huolimatta, oli Rauhaniemessä toiseksi eniten ultrapieniä hiukkasia mittaushetkellä. Myös Salosaaren hiukkaspitoisuudet olivat kolmanneksi korkeimmat. Kenkäverossa mitattiin matalimmat pitoisuudet. Tämän mittauksen perusteella hiukkasia näyttäisi tulevan Pursialan teollisuus alueen ja sen läpi kulkevan Pursialankadun tieliikenteen lisäksi kauempaakin. Kyse voi olla kaukokulkeumasta, joka voi olla lähtöisin kauempana tapahtuvasta toiminnasta, jopa Venäjältä saakka. Ilmanlaatuindeksi oli Jyväskylässä hyvä. Varkaudessa indeksi käväisi kaupungin teollisuuspäästöjen osalta tyydyttävässä illasta, muuten taso pysyi hyvänä.



KUVA 30. 19.2.2014 P-Trakilla mitatut ilmassa olevat ultrapienet hiukkaset (Muokattu lähteestä OpenStreetMap).

6.5 Ympäristömelu Rauhaniemessä

Pursialan voimalaitoksen aiheuttamaa ympäristömelua mitattiin Rauhaniemessä neljällä toisistaan riippumattomalla mittauksella. Mittausten perusteella laskettu Ekvivalentti A-äänitaso L_{Aeq} oli 44,8 dB ja aritmeettinen keskiarvo $L_{Aeq\Sigma}$ 44,7 dB. Tulokset on kirjattu taulukkoon 5. Mittausepävarmuus on mittauspisteen ja melulähteen välisen etäisyyden sekä mittausten lukumäärän johdosta ± 4 dB. Epävarmuuteen vaikuttaa myös sää. Mittaushetkillä mittaustaikaa ja voimalaitoksen välissä sijaitseva järvi oli jäässä. Kahdella mittauskerralla jään päällä oli lumipeite, ja kahdella lumi oli sulanut

pois. Pursialan voimalaitoksen ympäristömelu ei ylittänyt Valtioneuvoston päätöksessä melutason ohjearvoista (993/1992) asetettuja ohjearvoja.

TAULUKKO 5. Pursialan voimalaitoksen aiheuttama ympäristömelu Rauhaniemessä.

Mittauspiste	Ekvivalentti A-äänitaso L_{Aeq} (dB)	Aritmeettinen keskiarvo $L_{Aeq\Sigma}$ (dB)	Ohjearvo A-painotettu L_{Aeq} (dB)	
Rauhaniemi	44,8	44,7	55	päiväohjearvo (klo 7 1–22)
			50	yöohjearvo (klo 22–7)
Tulosten epävarmuus ± 4				

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tuulen suunnalla ja nopeudella on tunnetusti vaikutusta ilmansaasteiden leviämiseen ja laimenemiseen. Myös yleisellä säätilanteella kuten esimerkiksi ilmanpaineella on merkitystä päästöjen leviämiseen. Lähellä sijaitsevat rakennukset, piipun korkeus ja maaston muodot vaikuttavat myös päästöjen kulkeutumiseen. (de Nevers 2000, 8–114.)

Saatujen hiukkasmittaustulosten perusteella voitiin havaita kohonneita hiukkaspitoisuuksia mittauspisteissä, joihin tuuli puhalsi jonkun päästölähteen suunnasta. Toisaalta myös maaseudulta päin puhaltanut tuuli lisäsi erityisesti ultrapienien hiukkasten määrää niin sanotulla taustamittaalueella Salosaassa. Hiukkaskoon kasvaessa Salosaassa mitatut pitoisuudet pienenevät.

Yksi selitys Salosaassa vallinneille korkeille pienhiukkaspitoisuuksille, mutta vähäisille karkeille hiukkasille voi olla kasvillisuuden paljous ja liikenteen vähyys. Hiukkasia syntyy ihmisen toiminnan lisäksi myös luonnossa maaperän ja kasvillisuuden pölyämisestä. (Pekkanen 2014.) Tutkimuksen mittausajankohta sijoittui talveen, jolloin maa on usein jäässä, minkä vuoksi se ei pääse pölyämään yhtä paljon kuin kesällä. Hiukkasmittausten aikana maassa oli vähä lumisesta talvesta huolimatta lunta, joten itätuulen vallitessa mitatut korkeat hiukkaspitoisuudet Salosaaren taustamittauspisteessä eivät selity maaperän pölyämisellä. Sen sijaan kasvillisuus olisi voinut mahdollisesti aiheuttaa jonkinlaista pölyä ilmaan kovien tuulien vallitessa, sillä kasvillisuus ei

vähäisen lumimäärän vuoksi ollut täysin lumen peitossa. Tämän ajatuksen oikeaksi toteaminen vaatisi kuitenkin useampivuotisia mittauksia, niin vähälumisina kuin lumisinkin talvina, luotettavan tuloksen saamiseksi.

Kokonaisleijuman mittaustulokset muuttuivat tuulen suunnan muuttuessa. Itätuulen ja etelätuulen vallitessa pitoisuudet Kenkäveronniemessä kohosivat Rauhaniemen mittauspisteeseen verrattuna. Toisaalta kaakkoistuulen vallitessa Rauhaniemen pölypitoisuus oli Kenkäveroa korkeampi. Ei voida siis suoraan väittää pölyn tulevan Pursialasta. Kokonaisleijuma mittaukset tehtiin vain kolmelta vuorokaudelta, joten niiden tulokset eivät ole suoraan verrattavissa mainittuihin raja-arvoihin. Voidaan kuitenkin todeta, että pitoisuudet eivät ylittäneet ohjearvoja eivätkä raja-arvoja.

Suurimmat ilmanhiukkaset ovat usein peräisin mekaanisesta hajotuksesta, kuten esimerkiksi liikennepölystä, lentotuhkasta tai maatalouden pölyämisestä. (Hoffman ym. 2004, 151). Ensimmäisessä AeroTrak-mittarilla suoritetussa mittauksessa (30.1.2014) Kenkävero ylitti Rauhaniemen pitoisuudet juuri karkeimpien hiukkasten (PM₁₀) osalta. Tämä voi johtua Pursialan teollisuustoiminnan lisäksi myös tieliikenteestä. Mahdollisia tieliikenne päästöjä voisi kulkeutua Kenkäveroon esimerkiksi Pursialan voimalaitoksesta katsoen etelässä sijaitsevalta Anttolantieltä tai Pursialankadulta (liite 1). Tieliikenne aiheuttaa talvisin katupölyä ja melua erityisesti nastarenkaiden käytön takia (Liikenteen turvallisuusvirasto 2014).

Mahdollisia muita päästölähteitä voimalaitoksen lähialueilla ovat esimerkiksi Pursialassa oleva teollisuustoiminta sekä tieliikenne. Myös pienen mittakaavan poltto pienissä tulisijoissa ja kattiloissa on suuri yksittäinen hiukkaspäästöjen lähde Suomessa. Pienissä tulisijoissa ja kattiloissa ei usein ole hiukkaspäästöjä rajoittavaa puhdistintekniikkaa ja usein kotitaloussijoissa polttoaineenlaatu ja polttotapa vaihtelevat voimakkaasti. Hiukkaspäästöt voivat huonolaatuisessa palamisessa olla huomattavasti suuremmat, jopa monikymmenkertaiset puhtaaseen palamiseen verrattuna. Muita suuria hiukkaspäästöjen lähteitä Suomessa ovat liikenne, energiantuotanto sekä teollisuuden prosessipäästöt. (Hoffman ym. 2004, 152.)

Etenkin panospolttiset tulisijat ja klapikattilat aiheuttavat hiukas- ja vetypäästöjä, jotka syntyvät epätäydellisessä palamisessa. Käytetyllä polttoaineella ja sen laadulla sekä polttotavoilla voidaan vaikuttaa merkittävästi puun pienpoltossa syntyviin pääs-

töihin. Lisäksi päästöihin vaikuttaa väärin mitoitettut ja vanhat klapikattilat sekä riittämättömällä ilmamäärällä polttaminen eli niin sanottu kitupolttto. Pellettikattilat, jotka toimivat automaattisesti sekä muut jatkuvatoimiset puulämmityslaitteet aiheuttavat vähemmän päästöjä. (Antikainen ym. 2007, 48.)

Otetuissa laskeumanäytteissä ei ilmennyt hälyttäviä kadmium- tai elohopeapitoisuuksia. Talven aikana tuuli suurimmaksi osaksi etelästä, millä näyttäisi olleen vaikutusta Kenkäveron mittauspisteessä mitattuihin laskeumatuloksiin. Kenkäverossa mitattiin korkeampia laskeumapitoisuuksia kuin Rauhaniemessä. Korkeammat pitoisuudet Kenkäverossa voivat johtua joko Pursialan teollisuusalueelta mahdollisesti tulevista saasteista tai etelätuulien kuljettamasta kaukokulkeumasta. Esimerkiksi juuri kadmium, jonka pitoisuudet ylittivät määritysrajan Kenkäverossa, voi levitä kaukokulkeumalla sitoutumalla pienhiukkasiin. Tarkempien tulosten saamiseksi ja mittausepävarmuuksien pienentämiseksi olisi hyvä kerätä laskeumanäytteitä useammalla eri laskeumankeräimellä. Mittauspisteitä olisi syytä olla myös useammalla kehällä.

Mittausten aikana Kenkäverossa sijainnut laskeumankeräin oli päässyt kaatumaan vaihtelevan lämpötilan takia, mikä vaikuttaa tulosten epävarmuuteen ja saattaa osaltaan selittää Kenkäveron korkeammat pitoisuudet tuloksissa. Tällaisen epävarmuustekijän poistamiseksi voitaisiin yhteen mittauspisteeseen sijoittaa vaikkapa kaksi keräintä, jolloin saataisiin rinnakkaiset näytteet. Mikäli toiselle näytteelle kävisin jotain, olisi tällöin mahdollisuus verrata tuloksien oikeellisuutta keskenään.

Rauhaniemen mittauspisteessä tulosten epävarmuutta lisää Graanintiellä helmikuussa 2014 toteutettu pilaantuneen maan puhdistus. Toteutettu puhdistus suoritettiin massan vaihdolla, mistä saattoi aiheutua mittauspaikoille kulkeutuvaa pölyä. Maan puhdistuksesta aiheutunut pöly saattoi olla syynä Rauhaniemessä mitattuihin, muita mittauspisteitä korkeampiin pitoisuuksiin. Otetusta lumilaskeumanäytteestä olisi tutkimuksessa tehtyjen määritysten lisäksi ollut hyvä määrittää myös epäorgaaninen ja orgaaninen kokonaislaskeuma, joka kuvaisi hyvin likaavaa vaikutusta.

Kattavampien tulosten saamiseksi mittauksia olisi hyvä tehdä jatkuvatoimisesti ja pitempiaikaisesti. Lisäksi mittauspisteitä olisi hyvä olla enemmän, jotta mittauksia tulisi otettua useammasta ilmansuunnasta. Mittauspisteitä olisi hyvä sijoittaa myös useam-

malle eri kehälle, jotta voitaisiin tutkia päästöjen laimenemista etäisyyden kasvaessa päästölähteestä.

Mittalaitteiden vähyyden vuoksi ainoastaan laskeumankeräimillä ja tehokeräimillä saatiin otettua näytteet täysin samanaikaisesti. AeroTrakilla ja P-Trakilla hiukkasmittaukset tuli suorittaa eri aikaan, sillä kyseisiä laitteita oli käytössä vain yksi kutakin. Tulosten vertailtavuuden kannalta olisi hyvä, mikäli hiukkasmittaukset otettaisiin samanaikaisesti. Näin esimerkiksi vaihtelevat sääolot eivät häiritse mittauksen vertailtavuutta.

Rauhaniemessä mitattu voimalaitoksen aiheuttama ympäristömelu ei ylittänyt Ympäristöministeriön asettamia ohjearvoja. Mittaustulosten aritmeettinen keskiarvo (44,7 dB(A)) oli hieman alhaisempi kuin vuonna 2006 mitattu (45,2 dB(A)), mutta mittauspävarmuus huomioon ottaen tulokset ovat käytännössä samoja.

Ilmatieteen laitoksen tekemässä Pursialan voimalaitoksen savukaasujen leviämiselvityksessä todettiin saastepitoisuuksien kasvavan voimalaitoksen lähialueella, 0–1000 metrin etäisyydellä, aluksi nopeasti, jonka jälkeen ne pienenevät hitaasti etäisyyden kasvaessa. Selvityksessä ei kuitenkaan todettu Pursialan voimalaitoksen savukaasujen aiheuttavan ilmansuojelullisia ongelmia, vaikka selvityksessä käytettiin ilmanlaadulle haitallisempia polttoaineita mitä voimalaitos nykyisin käyttää.

Pursialan voimalaitokselle tehdyn savukaasujen leviämiselvityksen sekä tässä tutkimuksessa tehtyjen tutkimusten osalta ei pystytty toteamaan voimalaitoksen normaalisesta toiminnasta aiheutuvan suoraa ympäristöhaittaa laitoksen lähialueille. Tutkimusongelma vaatisi kuitenkin tarkempia jatkotutkimuksia, jotta tulos voitaisiin todeta täysin varmaksi.

LÄHTEET

Alaviippola, Birgitta, Pietarila, Harri, Lappi, Sari, 2008. Pienten polttolaitosten (5–50 MW) piipun korkeuden mitoitus. Ilmatieteen laitos. Helsinki.

Antikainen, Riina, Tenhunen, Jyrki, Ilomäki, Mika, Mickwitz, Per, Punntila, Pekka, Puustinen, Markku, Seppälä, Jyri, Kauppi, Lea, 2007. Bioenergian uudet haasteet Suomessa ja niiden ympäristönäkökohdat. PDF-dokumentti. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/39770/SYKEra_11_2007.pdf?sequence=1. Ei päivitystietoa. Luettu 18.3.2014.

Anttila, Pia, Alaviippola Birgitta, Salmi Timo, 2003. Ilmanlaatu Suomessa -mitatut pitoisuudet suhteessa ohje- ja raja-arvoihin sekä vertailuja Eurooppalaisiin pitoisuustasoihin. Ilmanlaadun julkaisuja. Ilmatieteen laitos. Helsinki.

Betoniteollisuus ry. Betonin ympäristövaikutukset. WWW-dokumentti. <http://www.betoni.com/paikallavalurakentaminen/betonin-ymparisto-vaikutukset>. Ei päivitystietoja. Luettu 8.5.2014.

de Nevers, Noel, 2000. Air Pollution Control Engineering. Second Edition. The McGraw-Hill Companies, Inc. University of Utah.

Etelä-Savon Energia Oy a. ESE Konserni. WWW-dokumentti. <http://www.esefi.fi>. Ei päivitystietoja. Luettu 13.1.2014.

Etelä-Savon Energia Oy b. ESE energian ja lämmöntuottajana. WWW-dokumentti. <http://www.esefi.fi/ymparisto/ese-energian-ja-lammontuottajana/>. Ei päivitystietoja. Luettu 13.1.2014.

Etelä-Savon Energia Oy c. Ympäristöraportti. WWW-dokumentti. <http://www.esefi.fi/ymparisto/ymparistoraportti/>. Ei päivitystietoja. Luettu 13.1.2014.

Etelä-Savon Energia Oy, 2012. Ympäristöraportti 2012. E-julkaisu. http://www.ejulkaisu.fi/ESE/YMPARISTORAPORTTI_2012/. Ei päivitystietoja. Luettu 5.3.2014.
Etelä-Savon ympäristökeskus 2004. Ympäristölupapäätös. Dnro ESA-2004-Y-16-111.

Groundia Oy. Hyvinkään, Jukolan ja Harattan kalliokiviaineksen ottotoiminta ympäristövaikutusten arviointiselostus. WWW-dokumentti. www.ymparisto.fi. Ei päivitystietoja. Luettu 8.5.2014.

Helsingin yliopisto, 2014. Optiset menetelmät. WWW-dokumentti. <http://hiukkastieto.fi/node/45>. Päivitetty 3.3.2014. Luettu 9.5.2014.

Helsingin seudun ympäristöpalvelut, 2011. Pienhiukkasia kulkeutuu seudulle. WWW-dokumentti. <http://www.hsy.fi/seututieto/ilmanlaatu/vaikuttavatekijat/pienhiukkaset/Sivut/default.aspx>. Päivitetty 23.6.2011. Luettu 15.5.2014.

Hoffman, Kai, Ohlström, Mikael, Hongisto, Mikko, Ruska, Maija & toimituskunta, 2004. Energia Suomessa; tekniikka, talous ja ympäristövaikutukset. Edita Prima Oy. Helsinki.

Häkkinen, Anja, 1987. Pursialan teollisuusalueen voimalaitoksen ja lämpökeskuksen savukaasujen leviämisselvitys: rikkidioksidi, typpidioksidi, hiukkaset. Ilmatieteen laitos.

Ilmanlaatuportaalia. Raskasmetallit. WWW-dokumentti.
<http://www.ilmanlaatu.fi/ilmansaasteet/komponentit/metallit.html>. Ei päivitystietoa.
Luettu 3.4.2014.

Ilmanlaatuportaali. Ohjeavot. WWW-dokumentti.
<http://www.ilmanlaatu.fi/ilmansaasteet/saadokset/ohjeavot.html>. Ei päivitystietoja.
Luettu 24.4.2014.

Ilmasto-opas. Biomassan tuotanto ja polttoaineen käyttö ratkaisevassa roolissa bio-energian ilmastohyötyjä arvioitaessa. WWW-dokumentti. <http://ilmasto-opas.fi>. Ei päivitystietoja. Luettu 16.5.2014.

Ilmatieteenlaitos. Talven 2013–2014 sää. WWW-dokumentti.
<http://ilmatieteenlaitos.fi/talvitilanne>. Ei päivitystietoa. Luettu 27.4.2014.

Itä-Suomen aluehallintovirasto 2014. Ympäristölupapäätös. Nro 8/2014/1. Dnro ISAVI/99/04.08/2012.

Jalovaara, Jukka, Aho, Juha, Hietamäki, Eljas, Hyytiä, Hille 2003. Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT) 5 50 MW:n polttolaitoksissa Suomessa. Suomen ympäristökeskus. Helsinki.

Liikenteen turvallisuusvirasto, 2014. Kitkat vai nastat? Talvirenkaiden valinnalla on suuri vaikutus katupölyn syntymiseen. WWW-dokumentti.
http://www.trafi.fi/autoilu/auton_kaytto/auton_renkaat/nastat_vai_kitkat. Päivitetty 7.4.2014. Luettu 1.5.2014.

Lämpöpuuyhdistys ry, 2013. ThermoWood -ympäristönäkökohtia. WWW-dokumentti. <http://www.thermowood.kotisivukone.com/ym>. Ei päivitystietoja. Luettu 8.5.2014.

Mikkelin Betoni Oy. Suoraselkäinen betonitoimittaja. WWW-dokumentti.
<http://www.mikkelinbetoni.fi/yritys>. Ei päivitystietoja. Luettu 8.5.2014.

Mikkelin kaupunki, 2013. Ympäristöluvan muutos/Misawa Homes of Finland Oy. Päätös/2013. Ympäristölautakunta.

OpenStreetMap. Karttapohja. WWW-dokumentti.
<http://www.openstreetmap.org/#map=14/61.6771/27.3010>. Ei päivitystietoja. Luettu 11.5.2014.

Oy SWM-Wood Ltd. Lämpökäsitelty puu. WWW-dokumentti. <http://www.swm-wood.com/fi/lampokasitelty-puu/ominaisuudet>. Ei päivitystietoja. Luettu 8.5.2014.

Pekkanen, Juha, 2005. Kaupunki-ilman pienhiukkasten terveysvaikutukset. WWW-dokumentti. <http://demo.seco.tkk.fi/tervesuomi/item/ktl:9008>. Päivitetty 5.9.2005. Luettu 15.5.2014.

Pekkanen, Juha, 2014. Kaupunki-ilman pienhiukkasten terveysvaikutukset. WWW-dokumentti. <http://duodecimlehti.fi> Ei päivitystietoja. Luettu 3.5.2014.

Pesonen, Kari, 2005. Ympäristömelun haittojen arvioinnin perusteita. Sosiaali- ja terveysministeriön selvityksiä 2005:14. Helsinki.

Puukeskus 2014. Puukeskuksen ympäristöpolitiikka. WWW-dokumentti. <http://www.puukeskus.fi/yrittavastuu/ymparistopolitiikka>. Ei päivitystietoja. Luettu 8.5.2014.

SFS 3029. Veden nitriittitypen määrittäminen. Suomenstandardisoimisliitto. Vahvistettu 26.3.1976.

SFS 3863. Leijuvan pölyn määrittäminen ilmasta. Suomen standardisoimisliitto. Vahvistettu 1.6.1977.

SFS 3865. Laskeuman määrittäminen. Suomenstandardisoimisliitto. Vahvistettu 4.9.1978.

Sosiaali- ja terveysministeriö, 2008. Asumisterveysopas. Ympäristö ja Terveys-lehti. Pori.

Suutarinen, 2014. Suomen suurin ja Euroopan modernein betonielementti tehdas Mikkelisiin. WWW-dokumentti. <http://www.suutarinen.fi/index.php?id=153>. Päivitetty 6.5.2014. Luettu 8.5.2014.

Teknocalor. TSI P-Trak 8525. WWW-dokumentti. <http://www.teknocalor.fi/fi/mittauslaitteet/tuotteet/sisailman-laatu/hiukkaslaskurit/tsi-p-trak-8525>. Ei päivitystietoja. Luettu 10.5.2014.

Työterveyslaitos, 2011. Melu. WWW-dokumentti. <http://www.ttl.fi/fi/tyoymparisto/melu/sivut/default.aspx>. Päivitetty 3.3.2011. Luettu 28.4.2014.

Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta (38/2011). WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi>. Ei päivitystietoa. Luettu 25.4.2014.

Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta (711/2001). WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi>. Ei päivitystietoa. Luettu 25.4.2014.

Valtioneuvoston asetuksessa polttoaineteholtaan vähintään 50 megawatin polttolaitosten päästöjen rajoittamisesta (96/2013). WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi>. Ei päivitystietoja. Luettu 10.5.2014.

Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista (993/1992). WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi>. Ei päivitystietoa. Luettu 24.4.2014.

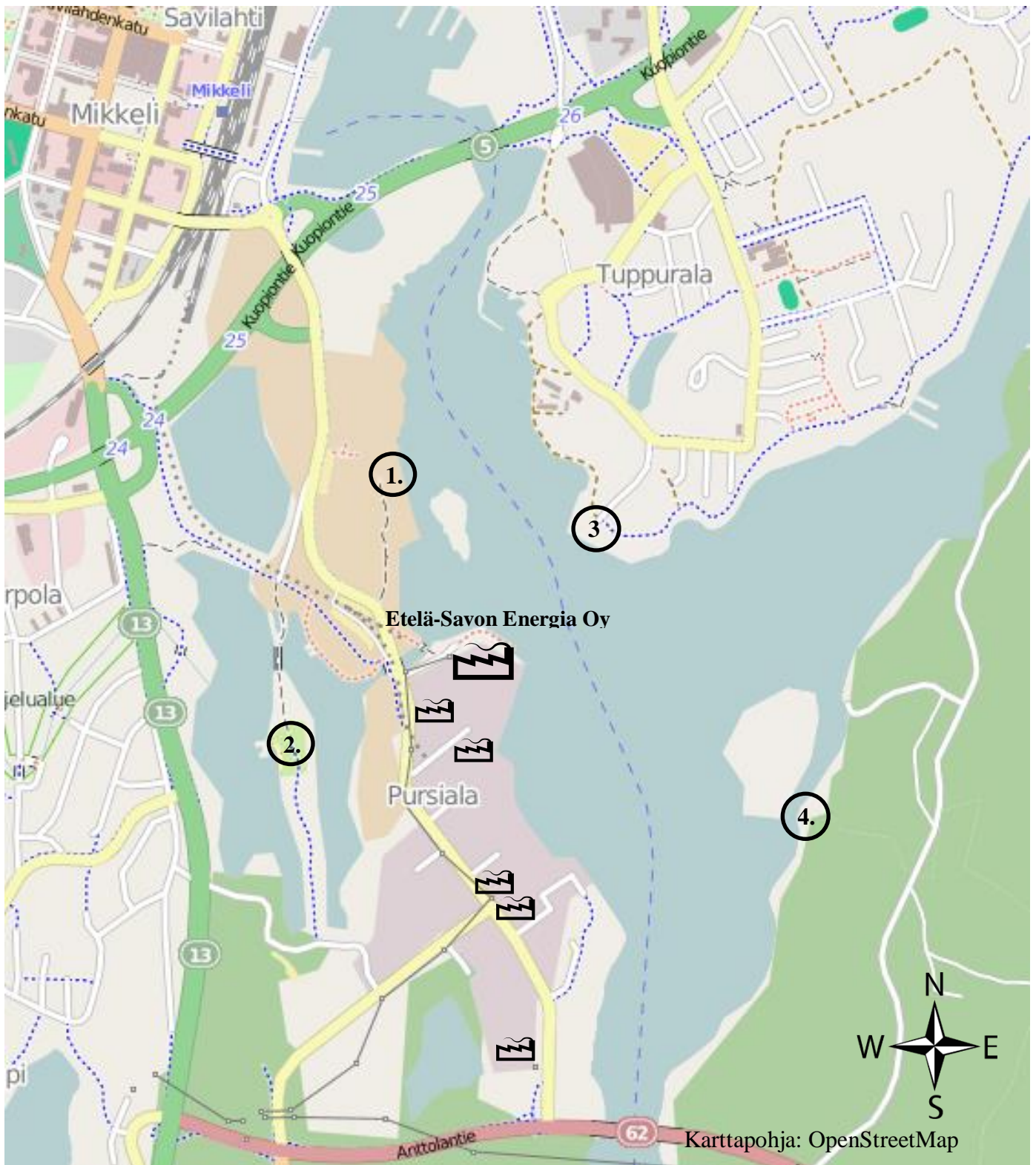
Ympäristöhallinto, 2013. Ilman epäpuhtauksien päästöt Suomessa. WWW-dokumentti. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Ilman_epapuhtauksien_paastot. Päivitetty 24.3.2014. Luettu 25.4.2014.

Ympäristöministeriö, 1995. Ympäristöministeriön ympäristönsuojeluosaston ohje 1/1995.

Ympäristöministeriö, 2013. Ilmanlaatua koskeva sääntely. WWW-dokumentti. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ilmasto_ja_ilma/Ilmansuojelu/Ilmansuojelun_raja_ja_ohjearvot. Päivitetty 30.8.2013. Luettu 24.4.2014.

Ympäristönsuojelulaki 86/2000. WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi>. Ei päivitystietoja. Luettu 5.3.2014.

LIITE 1.
Mittauspisteet



Suuntaa antavat mittauspisteet:

1. Kenkäveronniemi (600 m)
2. Kaihu (500 m)
3. Rauhaniemi (400 m)
4. Salosaari (900 m)

Suluissa etäisyydet Pursialan voimalaitoksesta linnuntietä pitkin



Teollisuustoiminta (alhaalta ylöspäin):

1. Etelä-Savon Energia Oy
2. Puukeskus
3. Misawa
4. Martella Oy
5. Oy SWM-Wood

Raja-arvot ilmansaasteille

Raja-arvot terveyshaittojen ehkäisemiseksi

Yhdiste	Aika	Raja-arvo*	Sallitut ylitykset vuodessa
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Rikkidioksidi SO ₂	Tunti Vuorokausi	350 125	24 3
Typpidioksidi NO ₂	Tunti Vuosi	200 40	18 -
Hengitettävät hiukkaset PM ₁₀	Vuorokausi Vuosi	50 40	35 -
Pienhiukkaset PM _{2,5}	Vuosi	25	
Lyijy Pb	Vuosi	0.5	-
Bentseeni C ₆ H ₆	Vuosi	5	-
Hiilimonoksidi CO	8 tuntia	10 000	-

*Kustakin tunti- ja vuorokausiraja-arvopitoisuuden ylityksestä on viipymättä tiedotettava väestölle.

Raja-arvot kasvillisuuden suojelemiseksi

Yhdiste	Aika	Kriittinen taso
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Rikkidioksidi SO ₂	Vuosi/ Talvikausi	20
Typen oksidit NO+NO ₂	Vuosi	30

Kasvillisuuden suojelun raja-arvoja tulee soveltaa tausta-alueilla.

Lähde: Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta (38/2011).

Kokonaisleijuman mittauspöytäkirja

MITTAUSPÖYTÄKIRJA, kokonaisleijuma
Tehokeräimet

1. Punnitus alussa

	Mittaus pvm	Massa m (g)
Suodatinpaperi 1.1	5.2.2014	12,24462
Suodatinpaperi 1.2	5.2.2014	9,56846
Suodatinpaperi 2.1	11.2.2014	13,7467
Suodatinpaperi 2.2	11.2.2014	12,3874
Suodatinpaperi 3.1	19.2.2014	12,03373
Suodatinpaperi 3.2	19.2.2014	12,67343

2. Kotelo

Suodatinpaperi 1.1	4.+1.	Rauhaniemi
Suodatinpaperi 1.2	2.+6.	Kenkävero
Suodatinpaperi 2.1	4.+1.	Rauhaniemi
Suodatinpaperi 2.2	2.+6.	Kenkävero
Suodatinpaperi 3.1	4.+1.	Rauhaniemi
Suodatinpaperi 3.2	2.+6.	Kenkävero

Koordinaatit Rauhaniemi: N61°40.705' E027°17.729'

Koordinaatit Kenkävero: N61°40.820' E027°17.154'

3. Moottori

Suodatinpaperi 1.1	Moottori 1.	Rauhaniemi
Suodatinpaperi 1.2	Moottori 2.	Kenkävero
Suodatinpaperi 2.1	Moottori 1.	Rauhaniemi
Suodatinpaperi 2.2	Moottori 3.	Kenkävero
Suodatinpaperi 3.1	Moottori 1.	Rauhaniemi
Suodatinpaperi 3.2	Moottori 3.	Kenkävero

4. Rotametrin lukema alussa

Suodatinpaperi 1.1	0,32
Suodatinpaperi 1.2	0,80
Suodatinpaperi 2.1	0,20
Suodatinpaperi 2.2	0,92
Suodatinpaperi 3.1	0,35
Suodatinpaperi 3.2	0,8

5. Rotametrin lukema lopussa

Suodatinpaperi 1.1	0,25
Suodatinpaperi 1.2	0,90
Suodatinpaperi 2.1	0,29
Suodatinpaperi 2.2	0,95
Suodatinpaperi 3.1	0,35
Suodatinpaperi 3.2	0,8

6. Paino lopussa

	Massa m (g)
Suodatinpaperi 1.1	12,28875
Suodatinpaperi 1.2	9,60668
Suodatinpaperi 2.1	13,75918
Suodatinpaperi 2.2	14,40550
Suodatinpaperi 3.1	12,0624
Suodatinpaperi 3.2	12,7054

Mittausten aloituksen aikaiset säätiedot:**5.2.2014**

Tuuli:	4 m/s
Lämpötila:	-2,0 °C
Kastepiste:	-3,6 °C
Keskim. sadekertymä (1 vrk)::	0,0 mm
Kosteus:	95 %
Paine:	1017,0 hPa
Lumen syvyys:	10 cm
Näkyvyys:	6 km
Pilvisyys:	pilvistä 8/8

11.2.2014

Tuuli:	2 m/s
Lämpötila:	0,5 °C
Kastepiste:	0,0 °C
Keskim. sadekertymä (1 vrk):	1,9 mm
Kosteus:	%
Paine:	1005 hPa
Lumen syvyys:	10 cm
Näkyvyys:	yli 20 km
Pilvisyys:	pilvistä 8/8

19.2.2014

Tuuli:	2 m/s
Lämpötila:	0,2 °C
Kastepiste:	0,1 °C
Keskim. sadekertymä (1 vrk)::	0,0 mm
Kosteus:	99 %
Paine:	1004,2 hPa
Lumen syvyys:	11 cm
Näkyvyys:	2 km
Pilvisyys:	pilvistä 8/8

Hiukkasmittausten mittauspöytäkirjat

Hiukkasmittaukset 1, 30.1.2014

1. Rauhaniemi klo 10.50 / N61°40.705' E027°17.729'

AeroTrak (Counts)					P-Trak (pt/cc)
0,3 – 0,5	134516	128844	139112	145434	3150
0,5 – 1,0	16261	15398	16992	17685	3340
1,0 – 3,0	725	588	669	686	3460
3,0 – 5,0	392	158	147	144	
5,0 – 10,0	170	33	39	48	
>10	4	5	1	2	

AeroTrakissä yhden minuutin intervalli.

2. Kenkävero klo 11.00 / N61°40.820' E027°17.154'

AeroTrak (Counts)					P-Trak (pt/cc)
0,3 – 0,5	105650	109163	106908	112576	3230
0,5 – 1,0	13618	14554	13639	14549	3480
1,0 – 3,0	547	511	509	659	3530
3,0 – 5,0	162	150	111	186	
5,0 – 10,0	57	48	34	67	
>10	9	10	3	12	

Mittaushetkellä Pursialan voimalaitoksen savut kohosivat Kenkäveron ylle.

Hiukkasmittausten mittauspöytäkirjat

Hiukkasmittaukset 2, 12.2.2014

1. Kenkävero klo 11.00 / N61°40.820' E027°17.154'

AeroTrak (Counts)			P-Trak (pt/cc)
0,3 – 0,5	200591	237646	622
0,5 – 1,0	11189	14311	624
1,0 – 3,0	441	133	615
3,0 – 5,0	206	21	611
5,0 – 10,0	110	15	594
>10	51	8	

AeroTrakissä 5 minuutin intervalli. P-trakissa 1 minuutin intervalli (laski aina 10 sekutnia ennen näytteenottoa).

2. Rauhaniemi klo 12.00 / N61°40.705' E027°17.729'

AeroTrak (Counts)			P-Trak (pt/cc)
0,3 – 0,5	316754	336397	823
0,5 – 1,0	18111	19558	831
1,0 – 3,0	204	227	799
3,0 – 5,0	25	22	800
5,0 – 10,0	22	9	820
>10	12	11	

3. Kaihu klo 13.00 / N61°40.438' E027°16.868

AeroTrak (Counts)			P-Trak (pt/cc)
0,3 – 0,5	728497	738873	3590
0,5 – 1,0	36466	39028	3440
1,0 – 3,0	554	677	2780
3,0 – 5,0	133	198	2490
5,0 – 10,0	69	79	2670
>10	12	18	

4. Salosaari klo 14.00 / N61°40.345' E027°18.277

AeroTrak (Counts)			P-Trak (pt/cc)
0,3 – 0,5	609726	367163	756
0,5 – 1,0	36238	20686	849
1,0 – 3,0	474	284	963
3,0 – 5,0	41	49	946
5,0 – 10,0	9	10	956
>10	3	8	

Mittaushetkellä tuuli idästä klo 11 ja etelästä Rauhaniemien, Kaihun ja Salosaaren mittausten aikana.

Hiukkasmittausten mittauspöytäkirjat

Hiukkasmittaukset 3, 19.2.2014

1. Kenkävero klo 13.30 / N61°40,820' E027°17,154'

AeroTrak (Counts)		P-Trak (pt/cc)	
0,3 – 0,5	382236	421136	99
0,5 – 1,0	17367	19024	101
1,0 – 3,0	231	237	128
3,0 – 5,0	43	38	146
5,0 – 10,0	18	10	300
>10	23	15	261

AeroTrakissä 5 minuutin intervalli. P-trakissa 1 minuutin intervalli (laski aina 10 sekutnia ennen näytteenottoa).

2. Rauhaniemi klo 12.30 / N61°40,705' E027°17,729'

AeroTrak (Counts)		P-Trak (pt/cc)	
0,3 – 0,5	371276	398952	536
0,5 – 1,0	15458	16819	766
1,0 – 3,0	247	222	791
3,0 – 5,0	46	50	970
5,0 – 10,0	22	16	1040
>10	12	2	653

3. Kaihu klo 14.00 / N61°40,438' E027°16,868

AeroTrak (Counts)		P-Trak (pt/cc)	
0,3 – 0,5	842009	837180	1520
0,5 – 1,0	43003	43169	2130
1,0 – 3,0	402	475	1410
3,0 – 5,0	43	45	1210
5,0 – 10,0	14	11	1530
>10	5	4	1450

4. Salosaari klo 14.30 / N61°40,345' E027°18,277

AeroTrak (Counts)		P-Trak (pt/cc)	
0,3 – 0,5	569178	612921	524
0,5 – 1,0	25441	27223	534
1,0 – 3,0	308	295	539
3,0 – 5,0	37	33	526
5,0 – 10,0	12	7	547
>10	19	2	541

Mittaushetkellä oli kevyttä lumisadetta.

Melunmittauspöytäkirja**MITTAUSPÖYTÄKIRJA, Ympäristömelumittaus**

Mittausten suorittaja:	Petra Kivistö
Käytetty laitteisto:	Norsonic Nor140 äänitasomittari
Mittauksenkesto:	10 min
Mittalaitteen korkeus:	120 cm
Etäisyys melulähteestä:	400 m

Frekvenssi oktaaveittain 1/1
Kalibroinnin tarkistus 113,8

Melumittaus 1, klo 12.04 26.2.2014

Tuuli:	etelä, 2 m/s
Lämpötila:	2,8 °C
Kastepiste:	-2,3 °C
Sadekertymä (1 h):	0.0 mm
Kosteus:	70 %
Paine:	1028,7 hPa
Lumen syvyys:	10 cm
Näkyvyys:	yli 20 km
Pilvisyys:	puolipilvistä 4/8

Matkan varrella jäätä, ei lunta → Heijastus lähes veden kaltainen

Häiriölähteitä:

- Rekan peruutusääni MISAWALTA
- Kaislikko kahisi hieman
- Moottorisahan pärinää kuului kauempaa järven toiselta puolelta (Salosaaren tienoilta)
- Lintujen viserrys

Leq: A: 46,0
Z: 73,1

Melumittaus 2, klo 10.46 27.2.2014

Tuuli:	etelä 2 m/s
Lämpötila:	0,5 °C
Kastepiste:	-2,6 °C
Sadekertymä (1 h):	0,0 mm
Kosteus:	80 %
Paine:	1024,3 hPa
Lumen syvyys:	10 cm
Näkyvyys:	yli 20 km
Pilvisyys:	Pilvistä 8/8

Melumittauspöytäkirja**Häiriölähteitä:**

- Lintujen sirkutus
- Rekan peruutusääni MISAWALTA
- Koiran haukunta Salosaaren tienoilta
- Variksen raakunta
- Tikan naputus vähän matkan päässä
- (Etelä-Savon Energia Oy:n oma rekka → kuuluu voimalaitoksen aiheuttamaan ympäristömeluun)

Leq: A 43,3
 Z: 63,4

Melumittaus 3, klo 15.11 20.3.2014

Tuuli: etelä, 3 m/s
Lämpötila: -1 °C
Kastepiste: -
Sadekertymä (1 h): 0,0 mm
Kosteus: 65 %
Paine: 1007 hPa
Lumen syvyys: cm
Näkyvyys: - km
Pilvisyys: melko pilvistä 7/8

Matkan varrella jäätä lumipeitteellä. Ennen mittausta ollut lauhaa, mutta viikon verran kerinnyt jo pakastaa ennen mittausta. Jää kuitenkin hieman ehtinyt sulaa.

Häiriölähteitä:

- harakan raakunta
- lintujen viserrys
- kolinaa Misawalta
- liikenteen humina 5 tieltä päin

Leq: A: 45,7
 Z: 65,4

Melumittaus 4, klo 10.51 7.4.2014

Tuuli: lounas 1 m/s, puuska 2 m/s
Lämpötila: 3,6 °C
Kastepiste: -3,5 °C
Sadekertymä (1 h): 0,0 mm
Kosteus: 60 %
Paine: 1012,6 hPa
Lumen syvyys: 0 cm
Näkyvyys: yli 20 km
Pilvisyys: selkeää 0/8

Matkan varrella oli jäätä.

Häiriötekijät:

- lintujen sirkutus
- Misawalta kuului meteliä
- mittauspisteen yli lenteli lokkeja → mittaus tauotettu ja häiriötekijä pyyhitty pois mittauksesta

Leq: A: 43,7 dB
 Z: 62,4 dB