



Ronja Ryyppö

PUUNPOLTOSTA AIHEUTUNEIDEN PIEN-  
HIUKKASPITOISUUKSIEN ALUEELLINEN JA  
AJALLINEN JAKAUMA SEKÄ TULISIJOJEN  
KÄYTTÖTOTTUMUKSET TURUN SEUDULLA

Maantieteen pro gradu -tutkielma

Turku 11.8.2021

*Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.*

# TURUN YLIOPISTO

Luonnontieteiden ja tekniikan tiedekunta

Maantieteen- ja geologian laitos

Ronja Ryyppö: Puunpoltosta aiheutuneiden pienhiukkaspitoisuuksien alueellinen ja ajallinen jakauma sekä tulisijojen käyttötottumukset Turun seudulla

Pro gradu -tutkielma, 84 s. + 14 liites.

Maantiede

Elokuu 2021

---

Raskasmetalleja sisältävät ja syöpävaaralliset pienhiukkaset (PM<sub>2,5</sub>) on tunnistettu kansainvälisesti merkittäväksi kansanterveydelliseksi ongelmaksi ja ympäristöuhaksi. Pienen kokonsa vuoksi ne pääsevät eteneeseen ihmiskehossa verenkierron kautta sisäelimiin. Pienhiukkaset on yhdistetty useisiin vakaviin sairauksiin kuten erilaisiin syöpiin ja hengityselinsairauksiin. Niiden on arvioitu aiheuttavan noin 7 miljoonaa ennenaikaista kuolemantapausta maailmanlaajuisesti. Pienhiukkaspitoisuuksien vaikutuksia on tutkittu laajalti.

Tässä työssä tutkitaan tulisijojen käyttötapoja ja niiden käytöstä syntyneiden pienhiukkaspitoisuuksien alueellista ja ajallista leviämistä Turun seudulla. Lisäksi selvitetään, voidaanko valituista sosioekonomisista tekijöistä löytää sellaisia, joiden voidaan sanoa olevan yhteydessä suuremmalle todennäköisyydelle altistua korkeammille puunpolton pienhiukkaspitoisuuksille. Tutkimus suoritettiin alueella, johon kuuluivat Turun lisäksi Raision ja Kaarinan kaupungit ja osia Paraisten ja Naantalın kaupungeista. Paraisten ja Naantalın alueista tutkimusalueen ulkopuolelle jätettiin rannikon saaret Paraisten pääsaarien ja Naantalın Luonnonmaan saarta lukuun ottamatta. Näillä alueilla katsotaan olevan harvaa vapaa-ajan asutusta, joissa sekä puunpoltto että alueella viipyvät ihmismäärät ovat pienet.

Aihetta lähestyttiin pientaloasukkaille suunnatun kyselytutkimuksen kautta. Aineistona käytetään myös Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) ja Tilastokeskuksen (TK) yhteistä yhdyskuntarekisterin (YKR) aineistoa, jonka avulla selvitettiin sosioekonomisten muuttujien vaikutusta todennäköisyydelle altistua puunpolton pienhiukkaskasille. Ilmatieteen laitoksen pienhiukkasmallien avulla selvitetään PM<sub>2,5</sub> pitoisuuksien leviämistä Turun seudulla. Aineistojen käsittely ja visualisointi toteutettiin QGIS paikkatieto-ohjelman ja Excel taulukkolaskentaohjelman avulla. Teoriapohjaa tutkimukseen haettiin aikaisemmin tehdyistä tutkimuksista sekä muun muassa Euroopan Unionin (EU) ja Maailman terveysjärjestön (WHO) julkaisuista.

Tutkimustuloksista käy ilmi, että tutkimusalueella yleisimmin käytetyt tulisijat ovat erilaiset lämpöä varaavat takat. Puuta poltetaan eniten lisälämmön ja tunnelman vuoksi taloissa, joiden pääasiallinen lämmitysjärjestelmä perustuu puuhun, sähköön tai öljyyn. Tulokset vahvistavat aikaisempia tutkimustuloksia, joiden mukaan puunpolton pienhiukkasia esiintyy pääasiassa lämmityskaudella, vaikka puulla lämmitettävät saunanpesät lämpiävät tasaisesti ympäri vuoden. Lämmityskaudella puuta poltetaan melko tasaisesti ympäri viikon. Kuitenkin lämmityskauden perjantai- ja lauantai-illoissa huomattiin selvä piikki tuloksissa, joka osoittaa ajankohdan olevan erityisen suosittu aika polttaa puuta. Sosioekonomisten tekijöiden mukaan puunpolton pienhiukkaskasille altistuvat keskimääräistä enemmän etenkin Turussa asuvat nuoret aikuiset ja Turun suurissa lähiöissä kerrostaloissa asuvat varsinkin Turun itäosissa sekä Turun Kehätien (E18) sisäpuolella, keskustasta pohjoiseen sijoittuvilla asuinalueilla. Asunnonhallinta- ja tuloluokkien suhteen ei tunnistettu selvää yhteyttä altistumiselle.

Tulokset ovat merkityksellisiä, kun mietitään kenelle ja mille alueille tulevaisuudessa kampanjat puun oikeanlaisesta poltosta kannattaisi osoittaa. Tiedotuskampanjat ovat tärkeitä välineitä, kun mietitään puunpoltosta syntyvien pienhiukkasten vähentämistä, sillä sekä poltettavan puun laadulla että puun polttotavoilla voidaan vaikuttaa helposti syntyvien pienhiukkasten määrään.

UNIVERSITY OF TURKU

Faculty of Science ja Engineering

Department of Geography and Geology

Ronja Ryyppö: Regional and temporal distribution of fine particles caused by small scale wood combustion and the usage habits of fireplaces in Turku region.

Master thesis 84 p. + 14 app.

Geography

August 2021

---

Heavy metal-containing and carcinogenic fine particles (PM<sub>2.5</sub>) have been identified as an significant public health problem and environmental threat. Due to their small size, they can propagate in the human body through the bloodstream to the internal organs. The fine particles have been linked to a number of serious diseases such as various cancers and respiratory diseases. They are estimated to cause about 7 million premature deaths worldwide. The effects of fine particle concentrations have been extensively studied.

This study investigates the uses of fireplaces and the regional and temporal distribution of fine particle concentrations arising from their use in the Turku region. In addition, it will be investigated whether selected socio-economic factors can be found to be associated with a higher probability of exposure to higher concentrations of fine particles origin from wood combustion. The study was conducted in an area that included the cities of Turku, Raisio and Kaarina and parts of the cities of Parainen and Naantali. Of the Parainen and Naantali areas, the coastal islands were excluded from the study area, with the exception of the Main Islands of Parainen and the Naantali Luonnonmaa Island. Excluded areas are considered to have sparse leisure settlements where both wood burning and number of people staying in the area are low.

The topic was approached through a survey of residents of detached houses. The study material also includes the data of the Finnish Environment Institute's (SYKE) and Statistics Finland's (TK) community register (YKR), which was used to determine the effect of socio-economic variables on the probability of exposure to fine particles from wood burning. The Finnish Meteorological Institute's fine particle models are used to study the distribution of PM<sub>2.5</sub> concentrations in the Turku region. Data processing and visualization were performed using QGIS spatial data program and Excel spreadsheet program. The theoretical basis for the research was sought from previous studies and publications from the European Union (EU) and the World Health Organization (WHO), among others.

The research results show that the most commonly used fireplaces in the research area are various heat-storing fireplaces. Wood is burned the most due to the additional heat and ambience in houses whose main heating system is based on wood, electricity, or oil. The results confirm previous research findings that fine particles from wood burning occur mainly during the heating season, although wood-heated sauna nests heat evenly throughout the year. During the heating season, the wood is burned fairly evenly throughout the week. However, on Friday and Saturday nights of the heating season, a clear peak was observed in the results, indicating that the time point is a particularly popular time to burn wood. According to socio-economic factors, young adults living in Turku and residents living in apartment buildings, especially in the large suburbs in Eastern Turku and inside the Turun Kehätie (E18), in residential areas north of the city center of Turku are more likely to be exposed to fine particles from wood burning. No clear link to exposure was identified for housing management and income categories.

The results are relevant when considering to whom and in which regions the future information campaigns for the proper burning of wood should be directed. Information campaigns are important tools when considering the reduction of fine particles from wood burning, as both the quality of the wood to be burned and the ways the fireplaces are operated can easily influence the amount of fine particles generated.

---

Keywords: Fine particles, PM<sub>2.5</sub>, wood combustion, fireplace, QGIS.

## Sisällysluettelo

1	Johdanto	4
2	Puunkäyttö ja sen vaikutukset Suomessa	9
2.1	Puun merkitys energianlähteenä	10
2.2	Puunpoltto ja ilmanlaatu	12
2.2.1	Pienhiukkaset, PM <sub>2,5</sub>	15
2.2.2	Pienhiukkasten koostumus	20
2.3	Pienhiukkasille altistuminen ja vaikutukset terveyteen	22
2.4	Pienhiukkaspitoisuudet Turun seudulla	25
2.5	Pienhiukkaspäästöjen vähentäminen	30
3	Aineistot ja menetelmät	35
3.1	Ilmatieteen laitoksen leviämismallinnus	36
3.2	YKR-aineisto	38
3.3	Kyselytutkimuksen vastausaineisto	39
3.4	HSY:n selvitys tulisijojen käytöstä ja puunpolton päästöistä	40
3.5	Paikkatietomenetelmät	41
3.5.1	YKR-aineiston käsittely	42
3.5.2	Ilmatieteen laitoksen leviämismallinnus	42
3.6	Kyselytutkimuksen suorittaminen	43
4	Tulokset	45
4.1	Pienhiukkasten korkeimpien pitoisuuksien alueellinen jakauma	45
4.2	Puunpolton pienhiukkasille altistuvat väestöryhmät	48
4.2.1	Rakennustyyppin ja asunnonhallintasuhteen merkitys	48
4.2.2	Ikäryhmän merkitys	52
4.2.3	Tulojen merkitys	54
4.3	Tulisijojen käyttötottumukset Turun seudulla	57
4.3.1	Kiinteistöt, joissa ei polteta puuta	57
4.3.2	Puupolton ajallinen jakauma	58

4.3.3 Puunpolton yhteys lämmitysjärjestelmiin	61
4.3.4 Käytetyt tulisijatyyppit ja tulisijojen käytöllä haetut hyödyt	65
4.3.5 Polttopuun hankinta ja varastointi	66
5 Pohdinta	69
5.1 Pienhiukkaspitoisuus- ja YKR-aineisto	70
5.2 Kysely tulisijojen käyttötottumuksista Turun seudulla	73
5.2.1 Lämmitysjärjestelmien yhteys puunpoltoon ja polttopuun kulutus	73
5.2.2 Puunpolton ajallinen jakauma	74
5.2.3 Tulisijojen käyttötottumukset ja käytettävä polttopuu	74
5.2.4 Polttopuun varastointi ja hankinta	75
5.2.5 Savujen haitat	76
6 Johtopäätökset	77
Kiitokset	79
Lähteet	80
Liitteet	85
Liite 1 Tulisijojen käyttö Turun seudulla tutkimuksen kyselylomake	85

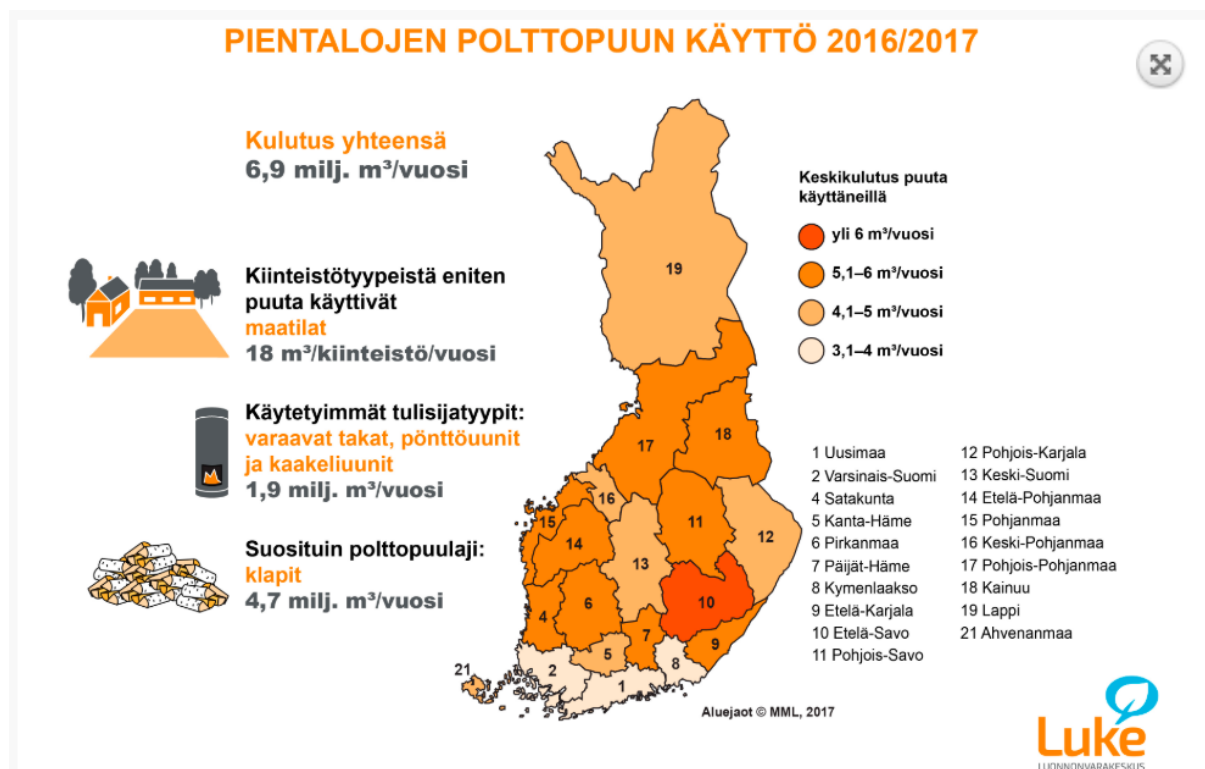
# 1 Johdanto

Suomalaisten suhde metsään on vahva, eikä fraasi ”metsäinen kansa” ole harvinaisuus suomalaisten tai suomalaisuuden yhteydessä. Metsästä on saatu suoja, lähtöaineita maan teollisuudelle, rakennusmateriaalia, ravintoa ja energiaa kuten polttopuuta ja turvetta. Metsässä liikkumisen hyödyistä on tutkittu olevan liikkujalle erityisesti psykologisia terveyshyötyjä kuten stressitason laskua ja myönteisiä vaikutuksia mielialaan. Varsinaisten sairauksien hoidosta on vielä vain vähän tutkimustietoa (Pasanen 2019, 51, Tyrväinen ym. 2018.) Kantar TNS (2018) on selvittänyt Suomen Metsäyhdistyksen ja Suomen Metsämuseo Luston toimesta suomalaisten suhdetta metsään Kestävästi metsäsuhteessa -hankkeessa. Metsät näyttäytyvät suomalaisille turvallisina. Metsäsuhdetta tutkivan tutkimuksen tulosten mukaan suurin osa suomalaisista pitää metsää itselleen tärkeänä tai melko tärkeänä (83 %). Suomalaiset viettävät metsässä aikaa erityisesti kesäisin ja syksyisin pääasiassa ulkoillen, sienestäen ja marjastaen. Vaikka 86 % vastaajista pitää tärkeänä tai melko tärkeänä että metsien annetaan pysyä mahdollisimman luonnonmukaisina. Yli puolelle vastaajista oli kuitenkin tärkeää, että samaan aikaan metsien taloudellinen hyödyntäminen tapahtuu tehokkaasti.

Metsän merkitys on muuttunut aikojen saatossa, mutta metsä on edelleen tärkeä elementti suomalaisten elämässä. Metsä tuo edelleen maahamme vaurautta teollisuuden kautta, ruokaa, rakennusmateriaaleja ja energiaa. Suomessa metsän yksityisomistus on yleistä ja omistajien määrä on suuri, sillä yli 2 miljoonaa suomalaista omistaa palan metsää (Maa- ja metsätalousministeriö 2020). Ottaen huomioon suuren yksityisomistajien määrän ei ole ihme, että puulla lämmittäminen on Suomessa suosittua. Puulla lämmitetään etenkin pientaloja ja vapaa-ajanasuntoja. Puulla lämpiävät muun muassa takat, polttokattilat ja saunan kiukaat tuoden lämpöä, tunnelmaa ja ruuanvalmistus mahdollisuuksia. Puulla lämmittämistä pidetään ympäristöystävällisenä ja hiilineutraalina tapana lämmittää. Suomalaisille savunhaju on tuttu ja siihen ei koeta liittyvän negatiivisia tuntemuksia, vaan sen tunnetaan kuuluvan luonnollisena osana ympäristöön. (SYKE 2020.)

Puun pienpoltto on kasvussa. Luonnonvarakeskus (LUKE) uutisoi 2018 polttopuun käyttömäärien olevan nousussa Suomessa. Itseasiassa trendi on ollut sama 1980-luvulta lähtien. Nousua on tapahtunut lähes 25 % viimeisen 25 vuoden aikana. Lämmityskaudella 2016/17 Suomessa käytettiin kotitalouksien lämmitystarkoitukseen arvion mukaan lähes 7 miljoonaa kuutiota puuta (Kuva 1). Suurin

osa tästä puusta poltettiin suoraan klapeina ja halkoina. Hakkeen, pellettien ja muun puun käyttö pientalojen lämmityksessä oli vähäistä, vain noin 15 % kokonaismäärästä. Yleisimmät käytetyt tulisijatyypit, joissa suomalaiset polttavat puuta ovat erityyppiset lämpöä varaavat takat sekä hake- ja klapikattilat. Puulla lämpiävät saunan kiukaat ovat yleisiä suomalaisten kodeissa ja lomiasunnoissa. Kaikesta kotitalouksen käyttämästä polttopuusta LUKE:n arvion mukaan noin viidennes käytetään puulla lämpiävien saunan kiukaiden lämmitykseen. Puusta saatava energiamäärä (15 TW vuonna 2017) on samaa suuruusluokkaa kuin tuulivoimasta tai turpeenpoltosta vuosittain saatava energiamäärä. (LUKE 2018.)



Kuva 1 Suomessa käytettävät puumäärät ja käyttötavat lämmityskaudella 2016/17. Vähiten polttopuuta käytetään maan eteläosissa, Etelä-Savossa määrät ovat maan suurimmat. Suomalaiset polttavat pääasiassa puuklapeja, joiden määrä käytetystä polttopuusta on lähes 70 %. (Lähde: LUKE 2018.)

Vaikka Suomessa puunpolto koetaan hiilineutraalina ja ympäristöystävällisenä tapana lämmittää, asia ei kuitenkaan ole aivan yksioikoinen. Puunpolton päästöjä on tutkittu paljon Suomessa ja maailmalla ja ne tunnetaan jo hyvin. Puunpolton päästöt ovat peräisin puun epätäydellisestä palamisesta. Kotitalouksien toimesta syntyvät päästöt ovat paikallisia, sillä päästölähteet sijaitsevat matalalla lähellä maanpintaa. Tulipesien savukaasut jäätyvät savupiipun pään jälkeen nopeasti, jolloin ne jäävät alueelle leijailemaan. Puunpolton päästöillä onkin erityinen vaikutus paikalliseen ilmanlaatuun hengityskorkeudella. Perinteisesti puuta on poltettu haja-asutusalueilla. Nykyisin puun käyttö

on lisääntynyt myös kaupunkialueella, jossa tiiviimmän rakennuskannan ja väestötiheyden myötä useampia ihmisiä altistuu puupoltosta aiheutuvien päästöjen korkeammille pitoisuuksille. (Savolahti ym. 2015.)

Pienhiukkaset (PM<sub>2,5</sub>) ovat tunnistettu kansainvälisesti merkittäväksi ympäristöongelmaksi ja kansanterveydelliseksi uhaksi muun muassa niiden sisältämien raskasmetallien ja syöpävaarallisten yhdisteiden kuten PAH-yhdisteiden johdosta. Pitkäaikaisen altistumisen tiedetään pahentavan kroonisia sydämen, verenkierron- ja hengityselinten oireilua. Useissa tutkimuksissa pienhiukkaset on liitetty mm. hengityselinsairauksiin kuten astmaan, erilaisiin syöpätauteihin kuten keuhkosityöpään ja lisäksi sydän- ja verisuonisairauksiin. (Salonen ym. 2015, Savolahti ym. 2015.) Suomessa kohonneille pienhiukkaspitoisuuksille altistuminen on mahdollista maan eteläosan kaupunkialueilla, joissa pitoisuudet voivat hetkellisesti kohota yli määriteltyjen raja-arvojen. Maan keski- ja pohjoisosassa pitoisuudet ovat hyvin maltilliset. Terveyden ja hyvinvointilaitoksen (THL) mukaan on arvioitu, että vuonna 2010 pitkäaikainen altistuminen pienhiukkasille aiheutti EU:n alueella 380 000 ja Suomessa 1800 ennenaikaista kuolemantapausta (THL 2019b). Maailmanlaajuisesti 7 miljoonaa ihmistä kuolee ennenaikaisesti pienhiukkasten aiheuttamiin sairauksiin (WHO 2018b). Lisäksi pienhiukkaspäästöt aiheuttavat moninkertaisen määrän lievempiä haittoja, jotka muuttuvat kroonisiksi pitkällä altistusajoilla. (Hänninen ym. 2016, Lelieveld ym. 2019).

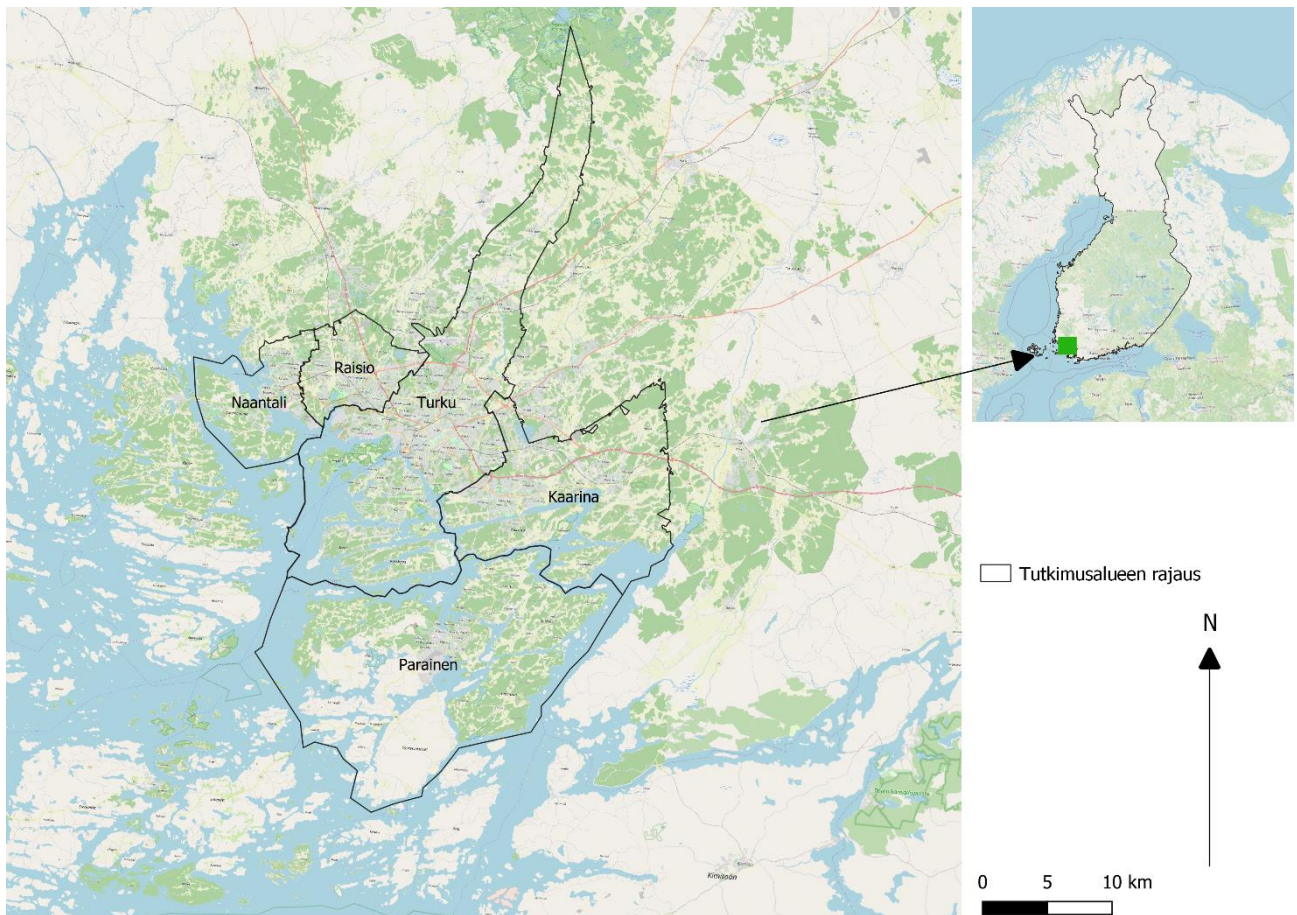
Tällä tutkimuksella tuotetaan Turun seudulle entistä tarkempaa ja ajantasaisempaa tietoa mm. alueen tulisijojen ja polttopuun käytöstä, varastoinnista, pääasiallisen lämmitysjärjestelmän yhteydestä puunpolton yleisyyteen sekä puunpoltosta syntyvien pienhiukkaspitoisuuksien ajallisesta jakautumisesta. Työtä varten suoritettiin kyselytutkimus, jonka avulla edellä mainittuja asioita selvitettiin alueen asukkailta. Kyselytutkimus suoritettiin yhteistyössä Turun kaupungin kaupunkiympäristötoimialan kanssa. Turun kaupungin ympäristötoimi erotti kyselyn vastausaineistosta dataa Ilmatieteen laitokselle (IL), joka mallinsi osin aineistoon perustuen leviämismallinnuksen ja päästöaikasarjat puun pienpoltosta syntyville pienhiukkas- ja bentso(a)pyreeni pitoisuuksille. Puunpolton päästöjen leviämismallinnus on osa suurempaa, Turun seudulla samaan aikaan toteutettua teollisuuden päästöjen leviämismallinnusta, johon osallistui paikallisia teollisuuslaitoksia, energiantuottajia sekä auto- ja laivaliikenteen edustajia (Turun kaupunki 2020). IL:n mallinnusta käytetään puunpolton päästöjen osalta työssä tunnistamaan tutkimusalueelta ne alueet, joilla tavataan yli 4 µg/m<sup>3</sup> (mikrogrammaa kuutiometrissä ilma) vuorokausikeskiarvoja ja yli 1,25 µg/m<sup>3</sup> kuukausikeskiarvoja. Puunpolton päästöjen mallinnusaineiston tuloksia vertaillaan Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) ja Tilastokeskuksen (TK) yhteiseen yhdyskuntarekisterin (YKR) aineistoon ja pyritään tunnistamaan

valituista sosioekonomisista tekijöistä yhteyksiä puunpolton aiheuttamiin kohonneisiin pitoisuuksiin. Tarkasteltaviksi sosioekonomisiksi tekijöiksi tähän tutkimukseen valittiin rakennustyyppi ja asunnonhallintasuhde, väestön ikäjakauma sekä YKR aineiston ruutujen mukaiset alueelliset tulot. Kyselytutkimuksesta saatava tieto antaa sekä kokonais- että puunpolton pienhiukkaspitoisuuksien mallinnukselle alueellista tarkkuutta, sillä kotitalouksien puunpolto on yksi suurimmista pienhiukkasten syntylähteistä. Lisäksi saadaan tarkempaa tietoa puunkäytöstä energiana Turun alueella. Turun seudun kaupunkien kannalta tulokset ovat merkityksellisiä, sillä niiden valossa puunpolttopoihin ja puunpolton pienhiukkaspäästöihin liittyviä toimenpiteitä, tukitoimia ja valistuskampanjoita voidaan kohdentaa niille alueille, joilla puuta poltetaan runsaasti ja tavataan kohonneita puunpolton päästöjen pitoisuuksia. Edellä mainittujen lisäksi kyselytutkimuksella tuotettiin tietoa Euroopan aluekehitysrahaston rahoittamalle Kuivaa Asiaa hankkeelle, joka on Turun kaupungin, Helsingin seudun ympäristöpalveluiden (HSY) ja Työtehoseuran (TTS) yhteinen hanke. Hankkeen tarkoitus on kehittää puunpolttoon liittyviä palveluita sekä löytää tapoja, joilla alueen asukkaiden puunkäyttö saadaan vähäpäästöisemmäksi ja tehokkaammaksi. Hanketta varten kyselytutkimuksessa selvitettiin ihmisten toimintaa liittyen muun muassa puun hankintaan, varastointiin, sekä lisäpalveluiden tarpeelle. HSY suoritti vastaavan tutkimuksen ”*Tulisijojen käyttö ja päästöt pääkaupunkiseudulla vuonna 2018*” (HSY 2018).

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää miten puunpolton korkeimmat pienhiukkaspitoisuudet jakautuvat tutkimusalueella ja vaikuttavatko tutkimukseen valitut sosioekonomiset tekijät puunpolton pienhiukkasille altistumiseen. Lisäksi selvitetään minkälaista kotitalouksien puun käyttö on tutkimusalueella ja miten puun käyttö jakautuu ajallisesti. Tutkimuksessa etsitään vastauksia seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Miten puunpoltosta aiheutuneet pienhiukkaspitoisuudet jakautuvat tutkimusalueella alueellisesti ja ajallisesti?
2. Voidaanko valituista sosioekonomisista tekijöistä tunnistaa väestöryhmiä, jotka todennäköisimmin altistuvat puunpolton aiheuttamille pienhiukkaspitoisuuksille?
3. Onko rakennusten pääsääntöisellä lämmitysjärjestelmällä yhteyttä puunpolton yleisyyteen ja poltettavan puun määrää?
  - a. Minkälaisissa tulisijoissa puuta poltetaan ja mitkä ovat lämmityksen lisäksi yleisimmät syyt puunpolttoon?
  - b. Miten Turun seudulla puuta varastoidaan ja mitkä ovat alueen asukkaiden pääasialliset polttopuun hankintatavat?

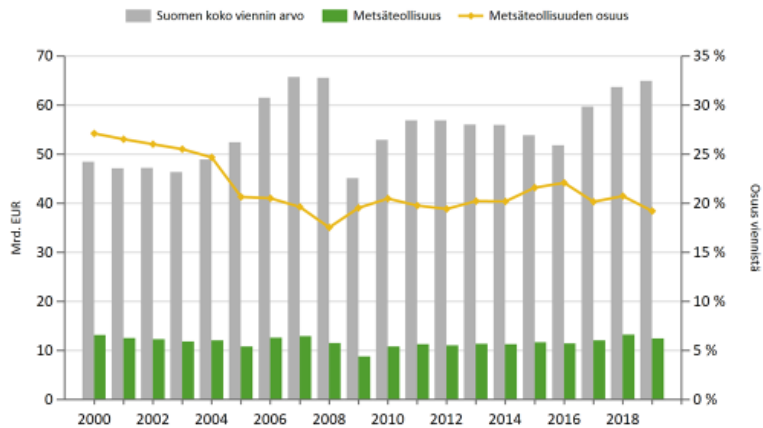
Tässä tutkimuksessa Turun seutu käsittää alueen, joka koostuu Turun lisäksi Raision, Kaarinan, Paraisten ja Naantalin kaupunkien alueista (Kuva 2). Paraisten ja Naantalin saaristosta on rajattu tutkimusalueen ulkopuolelle Rymättylän, Nauvon, Korppoon, Iniön ja Houtskarın alueet, sillä niillä katsottiin olevan vain hyvin harvaa vakinaista asumusta, joten sekä puunpoltto että alueella viipyvät ihmismäärät ovat pienet.



*Kuva 2 Tutkimusalueeseen sisältyvät alueet Turun, Raision, Naantalin, Kaarinan ja Paraisten kaupungeista. Tutkimuksen ulkopuolelle jätettiin Naantalin ja Paraisten saaristosta Rymättylän, Nauvon, Korppoon, Iniön ja Houtskarın alueet, sillä siellä katsottiin olevan hyvin harvaa vakinaista asumusta. Näin alueen puunpoltto ja päästöille altistuvat ihmiset ovat määrällisesti pieniä.*

## 2 Puunkäyttö ja sen vaikutukset Suomessa

LUKE:n mukaan Suomi on Euroopan metsäisin maa. Suomen metsät edustavat noin 11 % Euroopan metsistä ja puustoisista alueista ja kattavat 75 % maamme pinta-alasta. (LUKE 2015.) Ei siis ole ihme, että puu on näytellyt merkittävää osaa maamme vaurastumisessa. Metsäteollinen toiminta alkoi Suomessa 1500-luvulla, kun ensimmäinen vesisaha rakennettiin. Sahatoiminta kehittyi hitaasti ja pariksi vuosisadaksi puusta valmistettu terva nousi Suomen merkittävimäksi vientituotteeksi. 1700-luvulla sahat yleistyvät ja Suomi siirtyi veistetyistä lankuista ja laudoista koneellisesti tuotettuihin sahateollisuuden tuotteisiin. Tämän johdosta sahateollisuus ohitti tervan pääasiallisena vientituotteena. 1840-luvulla paperinvalmistuksessa siirryttiin lumpusta puupohjaisiin raaka-aineisiin ja Suomeen saatiin ensimmäinen paperikone. Paperinvalmistuksen siirtyminen puupohjaiseen raaka-aineeseen johti metsäteollisuuden laajenemiseen Suomessa. Paperinvalmistuksessa tarvittava kuitumassa saatiin hiomalla puuta. Puuhiokkeen kysyntä kasvoi Suomessa 1900-luvun alkupuolella ja 1940-luvulle saakka puumassa oli yksi Suomen merkittävimmistä vientituotteista. 1900-luvun alkupuolella metsäteollisuuden osuus Suomen viennistä oli noin 70 %. (Metsäteollisuus:... 2014, Metsähallitus 2019.) Monen, nykyäänkin tunnetun yrityksen alku perustuu metsäteollisuuteen. Nykyinen Nokia Oyj, silloinen Nokia AB perustettiin vuonna 1865 Nokianvirran varteen, jossa se aloitti toimintansa puusellutehtaana (Nokia s.a.). Ruokailuvälineistään tunnettu Hackman aloitti toimintansa 1800-luvun alussa myymällä puutavaraa ja oli yksi Suomen merkittävimmistä puutavaran viejistä lähes 100 vuoden ajan. (Hackman s.a.) Metsäteollisuuden osuus viennistä on pienentynyt 2000-luvulla. Siitä huolimatta se on edelleen noin 20 % Suomen teollisuudenarvosta (Kuva 3). Metsäteollisuuden tuotteet ovat vahvasti edustettuina maamme merkittävimpien vientituotteiden joukossa. (Maa- ja metsätalousministeriö 2020.)



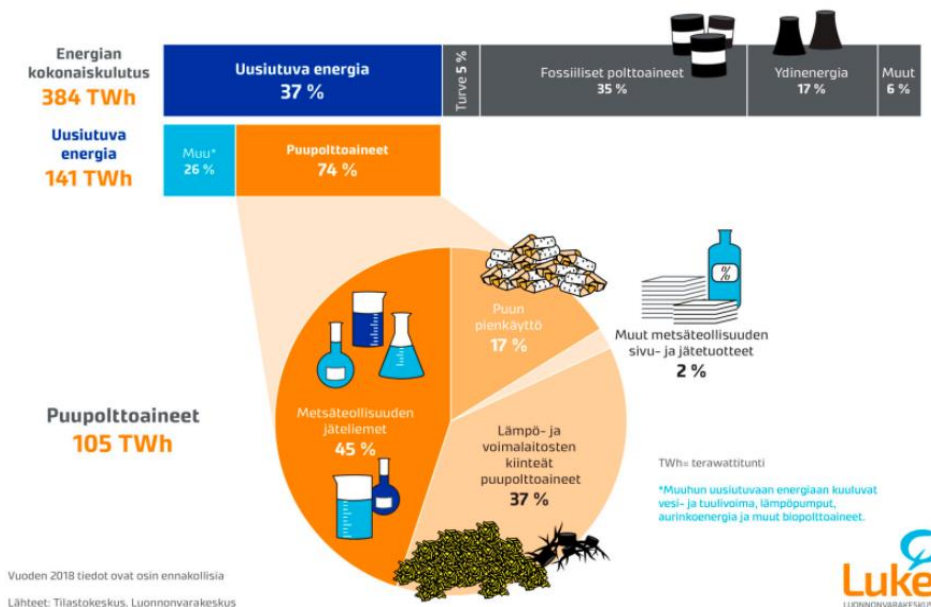
Kuva 3 Suomen viennin kehitys 2000-luvun alusta ja metsäteollisuuden osuus Suomen viennin arvosta 2000–2019 (Metsähallitus 2020, Rautavirta M. Tullin tietojen perusteella).

Kehittynyt teknologia ja uudet innovaatiot ovat mahdollistaneet puun monipuolisemman käytön. Esimerkkinä tämän hetken metsäteollisuuden innovaatioista voidaan mainita Metsä Group konserniin kuuluvan Metsä Fibren viimeisimmät investoinnit. Raumalle on rakenteilla uuden tyyppinen saha, jossa käytetään uudenlaista konenäköön perustuvaa teknologiaa. (Metsä Fibre rakentaa Raumalle... 2020) Toinen investointi on Kemiin rakennettava biotuotetehdas. Puuta uusi tehdas käyttää 7,6 miljoonaa kuutiometriä vuodessa ja investoinnin arvo on 1,6 miljardia euroa. Puusta valmistetaan lainerikartonkia, sellua ja muita biotuotteita. Uuden tehtaan odotetaan lisäävän Suomen viennin arvoa puolen miljardin euron arvosta vuodessa. (Metsä Group on... 2021.) Investointien työllistävä vaikutus on suuri ja ne tarjoavat toimeentulon monille. Kemiin rakenteilla oleva biotuotetehdas on herättänyt kuitenkin huolta luonnonsuojelupiireissä. Suomen luonnonsuojeluliiton (SLL) Lapin piiri on antanut lausunnon tehtaan ympäristövaikutusten arviointimenettelyn (YVA) yhteydessä. Lausunnossa SLL esittää huolensa muun muassa puun riittävyydestä ja tarvittavan puumäärän vuoksi toteutettavien hakkuiden vaikutuksista luonnon monimuotoisuuteen ja hiilinieluihin sekä sellun valmistuksesta syntyvien päästöjen vaikutuksista Perämereen. (SLL 2019.)

## 2.1 Puun merkitys energianlähteenä

Puulla on merkittävä rooli energianlähteenä Suomessa. LUKE:n mukaan puupolttoaineilla tuotetaan 27 % kaikesta Suomessa käytettävästä energiasta (Kuva 4). Uusiutuvasta energiasta lähes kolme neljäsosaa on peräisin puupolttoaineista. LUKE:n selvityksessä uusiutuva energia sisältää vesi- ja tuulivoiman, aurinkoenergian, lämpöpumput, puupolttoaineet ja muun biomassan. Puupolttoaineet sisältävät kotitalouksien käyttämän puun lisäksi metsäteollisuuden sellunkeitossa syntyvät jäteli-

met kuten mustalipeän, jota poltetaan kuivattuna soodakattiloissa sähkön tuottamiseksi sekä sähkön ja lämmön yhteistuotantoon käytetyt kiinteät puupolttoaineet. Suomessa käytetystä puusta vain 46 % jää metsäteollisuuden tuotteisiin ja yli puolet puuaineksesta käytetään energiana. (LUKE 2018.) Suomessa asuinrakennusten lämmittämiseen kuluu paljon energiaa. Se onkin toiseksi suurin energiankuluttajasektori 26 % osuudellaan. Ainoastaan energiantuotanto- ja teollisuussektori kuluttaa energiaa enemmän, lähes puolet kaikesta kulutetusta energiasta. (Tilastokeskus 2018a.) Lämmittämisen energiantarvetta lisää Suomen pohjoinen sijainti ja sille tyypilliset pitkät, kylmät jaksot. Sijainnin lisäksi energiantarpeeseen vaikuttavat mm. rakennusten koko ja energiatehokkuus. Puunpoltto asuinrakennusten lämmityksessä on kaukolämmön jälkeen toiseksi yleisin lämmitystapa. Eriytisesti puulla lämmitetään omakotitaloja ja vapaa-ajan asuntoja. Muissa rakennustyypeissä kuten kerrostaloissa ja rivitaloissa puulämmityksen osuus on vain murto-osa. Yli 65 % saunan kiukaista lämpiävät puulla. (Tilastokeskus 2018b.)



Kuva 4 Energiantuotannon jakautuminen vuonna 2018. Uusiutuvasta energiasta 74 % on peräisin puupolttoaineista, loput 26 % sisältävät muut uusiutuvat energiamuodot kuten tuuli- ja vesivoiman, aurinkoenergian, muut biopolttoaineet sekä lämpöpumput (LUKE 2018, lähteet Tilastokeskus ja Luonnonvarakeskus).

Puunpoltto herättää suomalaisissa paljon tunteita. Yle (Ahjopalo 2019) uutisoi otsikolla

”Saunan savut ja tunnelmallinen takkatuli ovat pyhiä – suomalainen kilahtaa, kun puunpolttoon uhataan puuttua”

Uutinen perustuu Lahdessa puunpolton aiheuttamien PAH-yhdisteiden tutkimiseen, tulosten julkistamiseen ja niiden herättämään keskusteluun (Rautavuori 2019). Alkuvuonna 2018 Lahdessa Lau-  
neen pientaloalueella havaittiin huolestuttavan korkeita bentso(a)pyreeni pitoisuuksia. Neljän kuu-  
kauden mittausjakson aikana pitoisuuksien keskiarvot olivat kaksinkertaiset asetuksen mukaiseen

tavoitekeskiarvoon verrattuna. Korkeimmillaan pitoisuudet ylittivät tavoitekeskiarvon hetkellisesti yli kymmenkertaisesti (Auranen ja Kähäri 2018: 6). Ylen uutisessa haastateltu THL:n ympäristöterveysyksikön ylilääkäri Raimo O. Salonen toteaa puunpolton päästöjen ovat suomalaisille henkilökohtaisempia kuin teollisuuden tai liikenteen päästöt. Muiden päästöjen rajoituksiin suhtaudutaan kevyemmin kuin puunpoltosta aiheutuvien päästöjen rajoituksiin. Yksi syy vastustukseen on, että kansalaiset joutuisivat itse toteuttamaan ja kustantamaan puunpolttoon vaadittavat muutokset. Puumielletään vähäpäästöiseksi bioenergiaksi ja monelle suomalaiselle sitä on saatavilla helposti ja edullisesti. (Ahjopalo 2019.) Saunatutkijaksi nimetty Turun yliopiston tutkijatohtori Laura Seesmeri kertoo saunalla olevan suuri merkitys suomalaisille. Erityisesti puusauna on monelle suomalaiselle juuri se oikea sauna. Hän arvioi, että tästä syystä keskustelu puulämmittämisestä ja sen aiheuttamista päästöistä saa monet ihmiset hermostumaan. (Rautavuori 2019.) Jopa kansanedustajat ja ympäristövaliokunnan jäsenet Olli Immonen ja Rami Lehto ovat ilmoittaneet julkisesti vastustavansa puunpolton rajaamista. (Suomen Uutiset 2018.)

## 2.2 Puunpoltto ja ilmanlaatu

Valtioneuvoston asetuksessa ilmanlaadusta (26.1.2017/79) ilmalla viitataan alailmakehän ulkoilmaan, vaikkakin asetuksessa suljetaan pois kohteet, joihin sovelletaan työturvallisuuslakeja. Ilmanlaatuun vaikuttavia epäpuhtauksia ovat asetuksen määritelmän mukaan ilmassa esiintyvät aineet, joilla on epäsuotuisa vaikutus ympäristöön ja ihmisten terveyteen. (Finlex 2017.) Aineet voivat esiintyä kaasuna kuten hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>) tai hiukkasina kuten pienhiukkaset. Ilman epäpuhtaudet voivat olla peräisin ihmistoiminnasta kuten liikenteestä tai teollisuudesta tai luonnollisista lähteistä kuten tulivuorten purkauksista ja metsäpaloista. (Hengitysliitto 2020.) Samassa asetuksessa säädetään lisäksi mm. ilmanlaadun tarkkailusta, tarkkailun seurannasta, selvilläolovelvollisuudesta sekä annetaan rajat ilman epäpuhtauksille (Finlex 2017).

Suomessa ilmanlaatua kansallisella tasolla seuraa Ilmatieteen laitos, jolla on koko maan kattava ilmanlaadun mittausverkko. Kaupungeilla ja kunnilla on velvollisuus suorittaa ilmanlaadunseurantaa omilla alueillaan. ELY-keskukset valvovat ilmanlaadun mittausta omilla alueillaan (Komppula ym. 2017: 10). Ilmanlaatua voidaan kuvailla yleisellä tasolla laatusanoilla kuten hyvä tai tyydyttävä tai esimerkiksi värikoodeilla. Ilmatieteen laitos julkaisee sivuillaan ajantasaista tietoa eri alueiden ilmanlaadusta 5-portaisella asteikolla hyvästä erittäin huonoon. Mittauksissa voidaan huomioida mm. hiukkasten (PM<sub>10</sub> ja PM<sub>2,5</sub>), rikkidioksidin, hiilimonoksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuudet. (Ilmanlaatuindeksi s.a.) Ilman epäpuhtauksista voidaan erottaa omaksi ryhmäkseen esimerkiksi kasvihuonekaasut, jotka näyttelevät merkittävää tekijää käynnissä olevassa maailmanlaajui-

sessä ilmastonmuutoksessa. Kasvihuonekaasuihin kuuluvat hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>), vesihöyry (H<sub>2</sub>O), metaani (CH<sub>4</sub>), otsoni (O<sub>3</sub>) ja dityppioksidi (N<sub>2</sub>O) sekä suuri joukko erilaisia fluoripitoisia kaasuja. Kasvihuonekaasut voivat olla peräisin ihmistoiminnasta tai luonnollisista lähteistä pois lukien fluoripitoiset kaasut, jotka ovat peräisin ihmistoiminnasta. Vesihöyry on kasvihuonekaasuista yleisin ja se syntyy veden luonnollisen kiertokulun seurauksena. (UNFCCC 2009.)

Ilmanlaatu vaihtelee eri alueilla. Ilmanlaadussa voi olla suuria eroja lähelläkin sijaitsevien alueiden välillä. Ilmanlaatuun vaikuttavat esimerkiksi ilmassa esiintyvien epäpuhtauksien määrä, maastonmuodot, vuodenaika sekä sääolot. Päästölähteiden välittömässä läheisyydessä pitoisuudet ovat luonnollisesti suuremmat kuin kauempana päästölähteistä. Avoimella, tasaisella paikalla ilma vaihtuu nopeammin ja päästöt laimenevat tehokkaammin kuin esimerkiksi kaupunkien korkeasti rakennetuissa keskustoissa tai maastonmuodoiltaan kuilumaisessa ympäristössä. (THL 2019a.) Vuodenaikojen vaikutus nähdään esimerkiksi lämmityskaudella, jolloin puunpolton pienhiukkas- ja bentso(a)pyreeni pitoisuuksille altistuminen on todennäköisintä tiheästi rakennetulla pientaloalueella (Rasila ym. 2018: 6). Keväisin ongelmana kaupungeissa ja ruuhkaisten liikenneväylien läheisyydessä on katupöly, joka nousee ilmaan jään sulamisen ja teiden kuivumisen jälkeen. Keväällä ja kesällä osaa väestöstä kiusaavat siitepöly ja sen allergeenit. (THL 2019a.) Epäpuhtauksien päästökorkeudella on oma merkityksensä ilmanlaatuun. Lähellä maan pintaa ilmaan päästetyt epäpuhtaudet vaikuttavat ihmisten hengitysilmaan ja niiden laimeneminen on hitaampaa kuin korkealla ilmaan pääsevien epäpuhtauksien. Sään vaikutus voidaan havainnollistaa esimerkiksi sateen kautta, joka poistaa ilmasta epäpuhtauksia. Inversio on säähän liittyvä ilmiö, joka vaikuttaa ilmanlaatuun erityisesti talvella ja keväällä. Inversio on normaaliin verrattuna käänteinen tilanne, jossa maan pinnan läheisyydessä oleva ilma on kylmempää kuin yläpuolella oleva ilma. Kylmempi ilma ei pääse sekoittumaan normaaliin tapaan, vaan pysyy maan pinnan läheisyydessä. Tästä johtuen maan pinnan läheisyydessä olevat ilman epäpuhtaudet eivät laimene ja ilmanlaatu voi huonontua paikallisesti nopeasti ja merkittävästi. Ilmassa esiintyvät epäpuhtaudet voivat olla paikallisesti syntyneitä tai muualla syntyneitä tuulten mukana kulkeutuneita. (Aarnio ym. 2016, THL 2019a.) Epäpuhtaudet saattavat myös reagoida keskenään ja muuttua toisiksi yhdisteiksi. Tällaisia muuttuneita yhdisteitä kutsutaan sekundaarisiksi päästöiksi. (YM 2019: 42.)

Yhdistyneiden kansakuntien (YK) ilmastopimus, Pariisin ilmastopimus ja Kioton pöytäkirja (vuoteen 2021 saakka) ohjaavat kansainvälistä ilmastopolitiikkaa. Laajin ja tärkein sopimuksista on YK:n ilmastopimus, jonka on ratifioinut 197 maata. Sopimuksesta päätettiin Rio De Janeirossa vuonna 1992 ja se astui voimaan vuonna 1994. Sopimuksen tavoite on pysäyttää ihmistoiminnasta

aiheutuvien kasvihuonekaasujen lisääntyminen ilmakehässä vaarattomalle tasolle. Sopimus asetti mukana oleville maille velvollisuuden raportoida kasvihuonekaasupäästöt sekä laatia maakohtaiset ilmasto-ohjelmat. Pariisin sopimus täydentää YK:n ilmastopöytäkirjasta ja siinä keskitytään vuoden 2020 jälkeiseen aikaan. Se on solmittu 2015 ja astui voimaan seuraavana vuonna, kun se saavutti tarvittavan määrän osapuolia. Sopimuksen tavoitteena on pysäyttää globaali lämpeneminen 1,5 °C asteeseen. Kioton pöytäkirja on näistä kolmesta sopimuksesta ainoa, joka asettaa maille konkreettisia määrällisiä vähennystavoitteita kasvihuonekaasuille. Kioton pöytäkirjan toinen velvoitekausi päättyi vuoden 2020 lopussa, jonka jälkeen voimaan astui Pariisin ilmastopöytäkirja. (ilmasto.org 2019.)

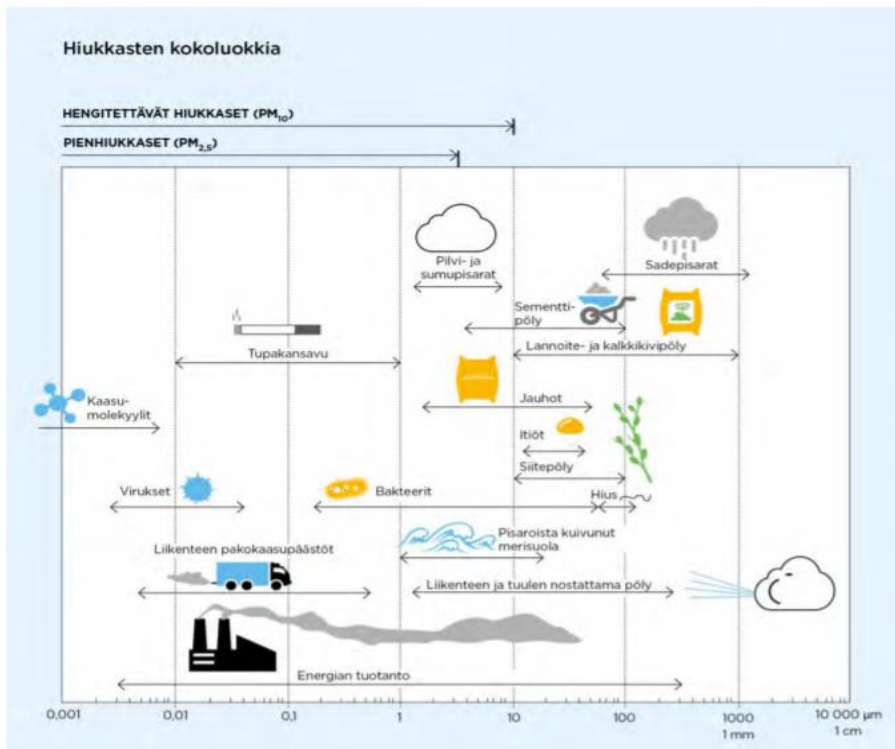
Euroopan unionilla (EU) on oma ilmasto-ohjelma. Sen tavoite on vähentää EU:n alueen ihmistoiminnasta syntyvät kasvihuonekaasupäästöt nollaan vuoteen 2050 mennessä. Samalla EU:n tavoite on olla ensimmäinen hiilineutraali maanos. Ilmanpäästöjä rajoittamalla halutaan vähentää ympäristöriskejä, jotka vaikuttavat negatiivisesti alueen asukkaiden turvallisuuteen ja terveyteen ja varmistaa terveellinen ja monimuotoinen elinympäristö kaikille. Tätä tavoitetta tukemaan on julkaistu Euroopan vihreän kehityksen ohjelma (The European Green Deal), jossa esitellään ne toimet, joiden avulla tulokseen pyritään. Toimia ovat muun muassa kiertotalouden lisääminen, ympäristöystävällisiin ratkaisuihin siirtymisen tukeminen ja energiatehokkuuden parantaminen. Koska suurin osa EU:n kasvihuonekaasupäästöistä liittyy energian tuottamiseen, näyttelee energiantuotantoon liittyvät toimet suurta osaa tavoitteiden saavuttamisessa. Välitavoitteeksi EU on asettanut vuoden 2030, johon mennessä kasvihuonekaasupäästöjen tulisi olla puolittuneet vuoden 1990 tasosta. Vuonna 2018 päästövähennys vuoden 1990 tasosta oli 23 %, joten töitä tavoitteen saavuttamiseksi on vielä tehtävä. (Euroopan Komissio 2019, European Commission 2020.) Suomessa Ympäristöministeriö (YM) on julkaissut 2019 Kansallisen ilmansuojeluohjelman 2030, joka on EU:n päästökattodirektiivin jäsenvaltioiltaan vaatima toimintasuunnitelma siitä, miten jäsenvaltiot aikovat saavuttaa EU:n asettamat päästökattodirektiivin tavoitteet. Suomi on asettanut itselleen lisätavoitteen, joka kohdistuu terveyteen vaikuttavien pienhiukkaspäästöjen vähentämiseen. Pienhiukkaspäästöjen vähentäminen säätelyllä on hankalaa, sillä voimassa olevia rajoituksia ei ole. (YM 2019: 19, 72, 94).

Ihmisten mielenkiinto ilmanlaatuun kohtaan on kasvussa. Yksi syy tähän on ilmanlaatu- ja ympäristöasioiden saama julkisuus useiden toimijoiden taholta. Tietoisuus ilmanlaadun merkityksestä terveyteen ja ympäristöön on lisääntynyt ja ilmanlaatuun koskevia asioita on ratkaistu tuomioistuimissa saakka. On tutkittu, että kaupungeissa, joissa ilmanlaatu on huono, asukkaat ovat alkaneet suorittaa ilmanlaatu mittauksia joko oma-aloitteisesti tai esimerkiksi yhteistyössä kansalaisjärjestöjen kanssa.

Tämä on mahdollista nykyisellä tekniikalla, sillä mittalaitteiden hinnat ovat tulleet alas, niiden käyttö on yksinkertaistunut ja tarkkuus parantunut halvemmissakin laitteissa. Saatujen tulosten jakaminen internetsovelluksen avulla on helppoa ja tieto ajantasaista. Samalla asukkaat kasvattavat omaa ja naapuruston tietoisuutta ilmanlaadusta. Vapaaehtoisten mittauksilla voidaan täydentää virallisia mittauksia tehtäessä yhteistyötä virallisten toimijoiden kanssa. Ilmiötä kutsutaan kansalaistieteeksi (citizen science). Kansalaistieteilijöillä tarkoitetaan henkilöitä, jotka tutkivat omaa mielenkiinnon kohdetta teknisellä laitteistolla ilman muodollista koulutusta. Ilmanlaatuun liittyviä osin kansalaistieteellisiä projekteja on toteutettu esimerkiksi Belgiassa yhteistyönä Antwerpenin yliopiston ja muiden paikallisten toimijoiden sekä 20 000 vapaaehtoisen kanssa. Tavoitteena oli kartoittaa Belgian pohjoisosan typpidioksidipäästöjä. Yhteiseurooppalaisessa CleanAir@School projektissa useat eri Euroopan maiden ympäristöviranomaiset ja koulut toimivat yhteistyössä. Tavoitteena oli mitata kouluissa vallitsevaa ilmanlaatua ja samalla kasvattaa vanhempien ja oppilaiden tietoisuutta ilmanlaadusta ja päästöjen aiheuttamista haitoista. (EEA 2019: 7–29, EEA 2020: 5–10.)

### 2.2.1 Pienhiukkaset, PM<sub>2,5</sub>

Tässä tutkimuksessa keskitytään tarkastelemaan niitä puunpolton päästöjä, joilla tiedetään olevan erityinen vaikutus terveyteen ja ennenaikaisiin kuolemantapauksiin. Tällaisia puunpoltossa syntyviä päästöjä ovat pienhiukkaspäästöt. Pienhiukkaset ovat osa hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) ryhmää. Hengitettävät hiukkaset ovat halkaisijaltaan alle 10 µm (mikrometriä) kokoiset hiukkaset. Hiukkasia, joiden halkaisija on 2,5 µm tai alle kutsutaan pienhiukkasiksi. Pienhiukkaset ovat erotettu omaksi ryhmäksi niiden terveysvaikutusten takia. PM<sub>2,5</sub> ryhmään kuuluvat hiukkaset pääsevät etenemään elimistössä pidemmälle kuin suuremmat hiukkaset. Suuremmat hengitettävät hiukkaset kuten merisuola ja pöly ovat usein koostumukseltaan pienhiukkasia vaarattomampia. Pienhiukkaset leviävät tehokkaasti tuulien mukana ja ne saattavat matkata tuhansia kilometrejä syntypaikaltaan. (Pienhiukkaset s.a.) Hiukkasten kokoa on havainnollistettu kuvassa 5 (Salmi ym. 2020: 52).



Kuva 5 Eri lähteistä vapautuvien hiukkasten kokoluokkia. Hiukkasia tarkasteltaessa yksikkönä käytetään mikrometriä, eli metrin miljoonasosaa (Lähde: Salmi ym. 2020: 58).

Ilman epäpuhtaudet ovat nykyajan suurin uhka ihmisten terveydelle ja ekosysteemeille. Niillä on vaikutuksia talouteen, rakennettuun ympäristöön ja ne ovat syynä ilmastonmuutokseen. (EEA 2020: 9–12.) Ympäristöministeriön mukaan 64 % kaikista ilman epäpuhtauksien aiheuttamista terveyshaitoista johtuu pienhiukkasista (YM 2019: 10). Pienen kokonsa takia pienhiukkaset pääsevät hengityselimissä keuhkorakkuloihin saakka. Ultrapienet hiukkaset, kooltaan alle  $0,1\mu\text{m}$  altistavat sydän- ja verisuonisairauksille, sillä ne pääsevät tunkeutumaan keuhkorakkuloiden kautta verenkiertoon ja sisäelimiin saakka. (Hiukkaset ja kaasumaiset... 2020.) Pienhiukkaspitoisuudelle ei tunneta turvallista rajaa, mutta sille on määritelty tavoiteraja-arvo EU:n puolesta ja ohjearvo Maailman terveysjärjestön (WHO) puolesta. Arvot poikkeavat toisistaan siten, että WHO:n ohjearvo on huomattavasti matalampi kuin EU:n tavoiteraja-arvo. EU on määritellyt ilmanlaadun standardeissa pienhiukkaspitoisuuden tavoiteraja-arvoksi ulkoilmassa  $25\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  (mikrogrammaa kuutiometrissä ilmaa) vuoden keskiarvona. Pienhiukkaspitoisuuksien tarkkailuvelvoite EU:n alueella on valtioilla, joissa  $\text{PM}_{2,5}$  pitoisuus on vuonna 2015 ylittänyt  $20\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  vuosikeskiarvorajan. WHO:n ohjearvo vuosikeskiarvosta on  $10\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja vuodessa sallitaan kolme päivää, jolloin pienhiukkaspitoisuus voi nousta arvoon  $25\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  (EEA 2020: 13–14, 37.)

Ihmistoiminnasta peräisin olevat pienhiukkaset syntyvät energiantuotannossa, teollisuudessa, liikenteen polttomoottoreissa ja katupölystä, maataloudessa ja kotitalouksien polttoprosesseissa. Metsä-

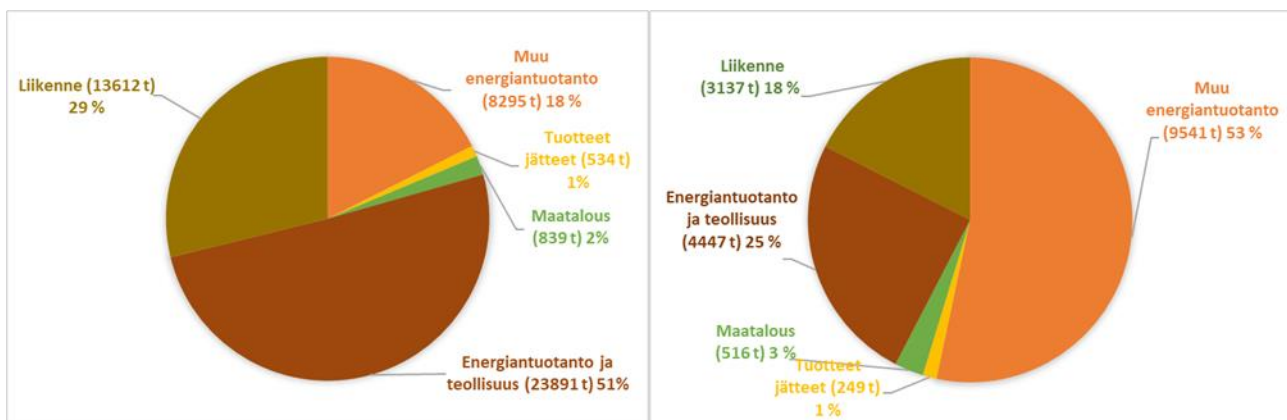
hakuut ja jätteiden poltto lisäävät pienhiukkaspitoisuuksia. Hiukkasten luonnollisia lähteitä ovat mm. tulivuoren purkaukset, pölymyrskyt ja metsäpalot. (WHO 2018b.) Ihmistoiminnalla on vaikutusta luonnollisten lähteiden pienhiukkasiin ilmastonmuutoksen kautta. Alueilla, joilla kuivuus ja kuumat kaudet yleistyvät nähdään tulevaisuudessa enemmän metsäpaloja ja pölymyrskyjä. (EEA 2020: 44.) Kuittinen ym. (2021) nostaa laivaliikenteen maailman suurimmaksi pienhiukkaspäästöjen aiheuttajaksi. VTT:n ja Tampereen yliopiston yhteisessä tutkimuksessa tutkittiin laivojen PM<sub>2,5</sub> päästöjä eri puolella maailmaa avomerellä ja rannikkoseuduilla. Tulosten mukaan laivaliikenne tuottaa pienhiukkaspäästöjä määrällisesti yhtä paljon kuin kaikki muu ihmistoiminta yhteensä. Eniten laivaliikenne lisää rannikkoalueen pienhiukkaspäästöjä Aasiassa. Savukaasujen pienhiukkaspitoisuus laskee kymmenyksen käytettäessä vähärikkistä polttoainetta. Tulosten mukaan suuremmat pienennykset pienhiukkaspäästöissä vaatisivat siirtymisen puhtaampiin polttoaineisiin kuten dieseliin ja maakaasuun.

Suomessa tilanne pienhiukkaspitoisuuksien osalta on hyvä. Molemmat, EU:n tavoiteraja-arvo ja WHO:n ohjearvo alittuvat, eikä Suomelle ole asetettu pienhiukkasia koskevia lisävähennystavoitteita (YM 2019: 20–23). IQAir keskittyy vuosittaisessa ilmanlaaturaportissaan PM<sub>2,5</sub> pitoisuuksiin ja niiden globaaliin vertailuun. IQAirin World Air Quality Report 2020 listaa Suomen pienhiukkaspitoisuuden maailman neljänneksi pienimmäksi väestöpainotetulla vuosikeskiarvolla laskettuna. (IQAir 2020: 11.) WHO julkaisi 2018 tilaston vuosilta 2008–2016. WHO:n mukaan Suomessa on maailman puhtain ilma PM<sub>2,5</sub>-pitoisuuksien osalta (IL 2018). Tutkimusten mukaan yli puolet Suomen, Etelä-Suomessa jopa 70 % ilmassa esiintyvistä pienhiukkasista on kulkeutunut ilmakehään muualta tuulten ja ilmavirtojen liikuttamina (YM 2019: 41). Suomessa pienhiukkasten pääsiallinen lähde on kotitalouksien puunpoltto. Teollisuuden ja liikenteen aiheuttamat PM<sub>2,5</sub>-päästöt ovat olleet pitkään laskusuunnassa. Kyseiset päästöt ovat laskeneet vuosien 1990 ja 2018 välillä noin 70 %. Samalla puunpolton pienhiukkaspäästöt ovat kasvaneet ja nousseet suurimmaksi pienhiukkasten lähteeksi. Vuonna 2018 puunpoltosta syntyneet pienhiukkaspäästöt olivat yli 50 % kaikista Suomen PM<sub>2,5</sub>-päästöistä. (ympäristö.fi 2013, 2020.)

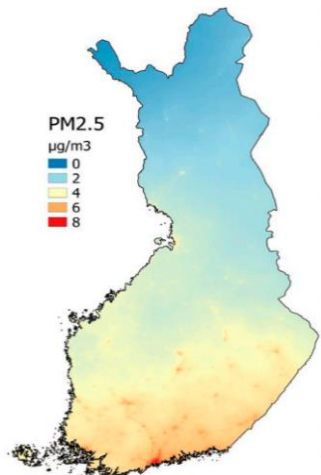
Myös Korhonen ym. (2019) on tutkimuksessaan päätenyt tulokseen, jonka mukaan rakennusten lämmittäminen puulla on suurin pienhiukkaspäästöjen lähde Suomessa. Ero seuraaviin, energiantuotantoon ja teollisuuteen sekä liikenteeseen on huomattava. Jälkimmäisten päästöjä on rajoitettu lainsäädännön-, rajoitusten- ja uuden teknologian avulla. Toimet ovat olleet tehokkaita, sillä energiantuotannon ja teollisuuden sekä liikenteen pienhiukkaspäästöt ovat vähentyneet huomattavasti vuodesta 1990 verrattuna vuoden 2018 tilanteeseen (Kuva 6). Puun pienpolton yleistyminen ja teol-

lisuuden ja liikenteen rajoitustoimilla saavutetut tulokset ovat nostaneet puunpolton suurimmaksi pienhiukkaspäästöjen lähteeksi. Hänninen ym. (2019) on tutkinut PM<sub>2,5</sub> päästöjen vähentämistä ja tulosten mukaan kehityksen suunta on samanlainen tulevaisuudessakin. Tuloksista mallinnettiin skenaario vuoden 2030 pienhiukkaspäästöistä. Mallinnuksen mukaan puunpoltosta syntyvät pienhiukkaspäästöt ovat suurin yksittäinen pienhiukkaslähde Suomessa vuonna 2030. Puunpolton pienhiukkasten odotetaan vähenevän vuoteen 2030 mennessä vain noin 10 %. Samaan aikaan liikenteen pakokaasuista aiheutuneiden pienhiukkasten odotetaan vähenevän noin 80 %.

Ilmatieteen laitos on mallintanut vuoden 2015 pienhiukkaspäästöt (Kuva 7). Korkeimmat pienhiukkaspitoisuudet löytyvät pääkaupunkiseudulta, jossa pienhiukkaspitoisuuden vuosikeskiarvo on noin 8,5 µg/m<sup>3</sup>. (YM 2019: 67.) Myös Rasilan ym. (2019) mukaan pienhiukkaspitoisuudet ovat Suomessa maltilliset. Pohjois-Suomessa pienhiukkaspitoisuus on vuosikeskiarvona noin 3 µg/m<sup>3</sup>. Etelä-Suomessa, josta löytyvät maan korkeimmat pitoisuudet, vuosikeskiarvo on tasolla 10 µg/ m<sup>3</sup>. Korkeimmat 14 µg/m<sup>3</sup> vuosikeskiarvopitoisuudet löytyvät pääkaupunkiseudun vilkkaasti liikennöityjen teiden läheisyydestä. Koko maassa pitoisuudet pysyvät alle EU:n asettaman tavoiteraja-arvon (25 µg/ m<sup>3</sup>) ja muutamaa aluetta lukuun ottamatta myös WHO:n ohjearvon (10 µg/ m<sup>3</sup>). (Ympäristö.fi 2013, Rasila ym. 2018.) WHO:n vuorokautinen ohjearvon ylittyy Suomessa ympäri vuoden vain vilkkaiden liikenneväylien läheisyydessä. Talvisin ohjearvo saattaa ylittyä puun pienpolton aiheuttamien pienhiukkaspäästöjen vuoksi tiheästi rakennetuilla pientaloalueilla ja niiden läheisyydessä. (Aarnio ym. 2016: 3–4.)



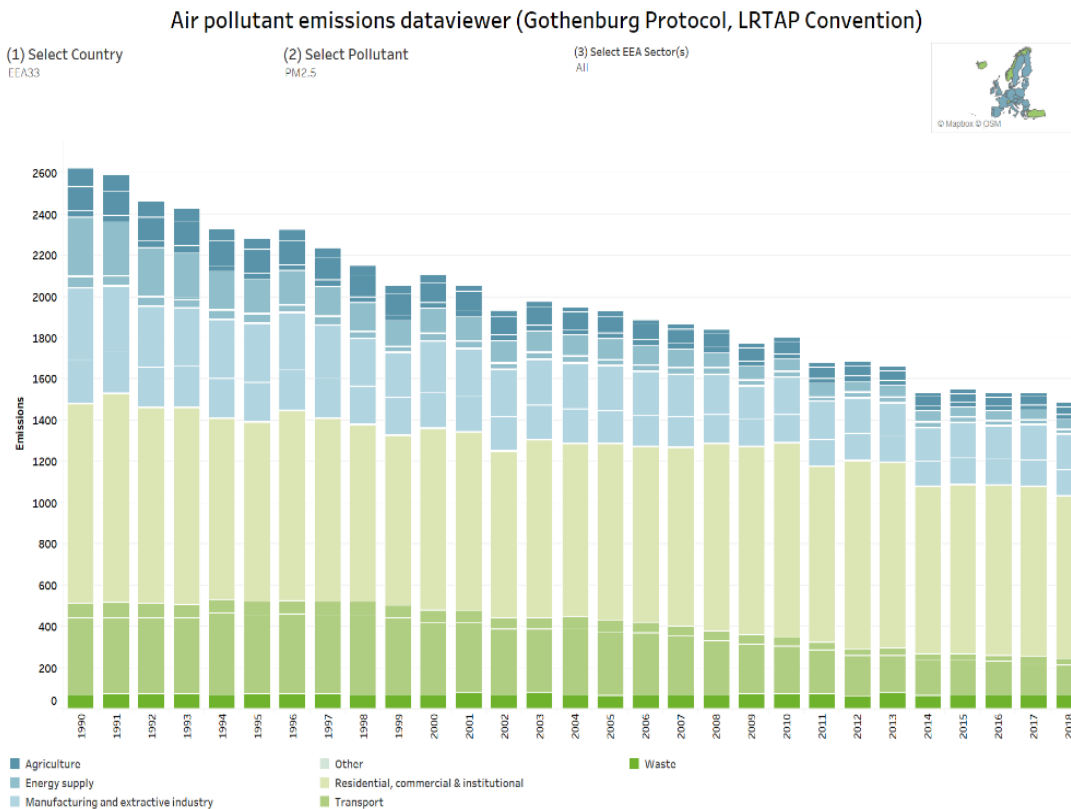
Kuva 6 Vasemmalla vuoden 1990 pienhiukkaspäästöjen jakauma päästösektoreiden mukaan eriteltynä ja oikealla tilanne vuonna 2018. Pienhiukkaspäästöjen kokonaismäärä on aikavälillä vähentynyt huomattavasti. Ainoa sektori, jolla päästöt ovat kasvaneet on ”muu energiantuotanto”, joka sisältää palvelusektorin ja yhteisöjen-, asuntojen-, maa- ja metsätalouden, sekä puolustusvoimien käyttämät kiinteät energianlähteet. Asunnoissa käytetyt kiinteät polttoaineet tuottivat koko sektorin pienhiukkaspäästöistä yli puolet (n. 5000 t) vuonna 2018. (Aineisto: ympäristö.fi 2020.)



Kuva 7 Ilmatieteen laitoksen mallintamat PM<sub>2,5</sub> pitoisuudet Suomessa vuonna 2015. Mallinnuksessa on huomioitu Suomessa syntyneet ja kaukokulkeuman kautta Suomeen ajautuneet pienhiukkaset (Lähde: YM 2019: 67).

Vuonna 2018 Euroopassa vain Suomi, Viro, Islanti ja Irlanti alittivat WHO:n pienhiukkasille asettaman ohjearvon. Euroopan ympäristökeskuksen (EEA) mukaan WHO:n asettama ohjearvo pienhiukkasille ylittyi 29 Euroopan maassa. 6 maassa ylittyi myös EU:n pienhiukkaspitoisuuksille asettama tavoiteraja-arvo. EEA on arvioinut, että pienhiukkaset aiheuttavat 417 000 ennen aikaista kuolemantapausta Euroopassa. Kehityssuunta on kuitenkin ollut positiivinen, sillä verrattaessa vuosien 2009 ja 2018 pienhiukkasten aiheuttamia ennen aikaista kuolemantapauksia määrä on laskenut 60 000 tapauksella vuodessa (Kuva 8). (EEA 2020: 42–44.) THL (2019a) arvioi, että pienhiukkaset aiheuttavat vuosittain Suomessa 1800 ennen aikaista kuolemantapausta. Hänninen ym. (2019: 16) on laskenut kotimaisten pienhiukkaspäästöjen olevan vastuussa 500 ennen aikaisesta kuolemantapauksesta vuosittain. Tämä on kolminkertaisesti liikenteessä menetettyjen elämien määrä. Lisäksi pienhiukkaset aiheuttavat moninkertaisen määrän lievempiä haittoja, jotka muuttuvat kroonisiksi pitkällä altistusajoilla.

Korkeimmat pienhiukkaspitoisuudet löytyvät Lähi-Idästä, Itäisestä Aasiasta ja Afrikasta. Kehittyvissä maissa ei ole vauraampien maiden resursseja rajoittaa pienhiukkasten syntyä. Teollisuuden ja liikenteen päästöt ovat kehittyvissä maissa korkeampia. Käytettävissä oleva teknologia on vanhempaa, eikä viimeisimpiä teknologisia ratkaisuja ole käytössä. Raaka-aineina on käytettävä saatavilla olevia resursseja ja etenkin energiatuotannossa energialähteellä on suuri merkitys pienhiukkasten syntyyn. Tuloerot maissa ovat suuret ja heikoimmassa asemassa olevilla ei ole mahdollisuutta valita energialähteitään. Kotitalouksien ruuan valmistuksessa ja lämmityksessä käyttämät kiinteät energialähteet nostavat sisäilman pienhiukkaspitoisuuksia. Yli 200 µg/m<sup>3</sup> vuosikeskiarvopitoisuudet ylittyvät Qatarissa, Nepalissa, Saudi-Arabiassa, Egyptissä, Nigeriassa ja Bahrainissa. (WHO 2018b, 2020.)

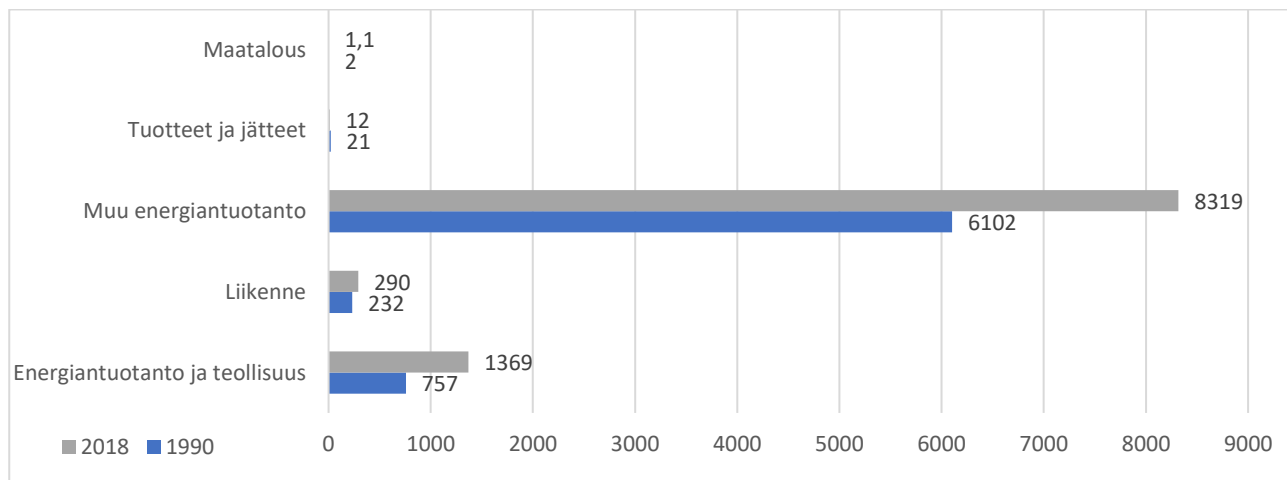


Kuva 8 Euroopan ympäristökeskuksen 33 jäsen- ja yhteistyömaan yhteenlasketut pienhiukkaspäästöt sekä niiden kehitys 1990–2018. Kuvion yksikkö on Gg (gigagramma, 1 Gg=1000 t). (Lähde: EEA 2020: 7)

## 2.2.2 Pienhiukkasten koostumus

Pienhiukkasten koostumus vaihtelee niiden syntyvän ja ajan mukaan. Puunpoltossa syntyneet pienhiukkaset sisältävät useita eri yhdisteitä mm. epäorgaanista tuhkaa, mustaa hiiltä ja PAH yhdisteitä. Puun epäorgaaninen tuhka syntyy niistä puun sisältämistä epäorgaanisista aineista, jotka eivät höyrysty tai höyrystyvät ainoastaan osittain polton yhteydessä. Jäähdyessään nämä ainekset tiivistyvät pieniksi hiukkasiksi. Epäorgaaninen tuhka sisältää mm. kalsiumoksidia (CaO), piidioksidia (SiO<sub>2</sub>) ja rautaoksidia (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) (Alakangas ym. 2016: 54–60.) Mustaa hiiltä, pääasiassa nokea, syntyy Suomessa erityisesti puunpoltossa ja liikenteen polttomoottoreissa. Kuten pienhiukkaset, mustan hiilenkin osuus on vähentynyt liikenteen päästöissä kehittyneen teknologian ja rajoitusten ansiosta. Pienhiukkasten sisältämä musta hiili vaikuttaa ilmaston lämpenemiseen ja se on nimetty hiili-dioksidin jälkeen toiseksi suurimmaksi ilmastoa lämmittäväksi tekijäksi. Musta hiili absorboi aurinkon säteilyä ja vaikuttaa mm. arktisella alueella lumi- ja jääpeitteiden heijastavuuteen. (Savonlahti ym. 2015: 1–3.) PAH-yhdisteistä tunnetuin on bentso(a)pyreeni (BaP), joka on liitetty erityisesti puun pienpolttoon (Kuva 9) (PAH yhdisteet s.a.). PAH-yhdisteisiin kuuluu suuri määrä karsinogeenisiä, eli syöpävaarallisia yhdisteitä, jotka sisältävät vähintään kaksi aromaatti rengasta. BaP on

yhdisteen viisirenkainen kestävä ja muuttumaton muoto, joka voi kulkeutua tuulten mukana kauas syntypaikaltaan. Se tavataan yleensä kiinnittyneenä pienhiukkaseen. (Rasila ym. 2018: 6.) Bentso(a)pyreeni on liitetty mm. keuhkosyövän esiintyvyyteen. Sen on todettu aiheuttavan myös muun muassa allergisia oireita, lisääntymisongelmia ja sikiövaurioita. BaP on PAH-yhdisteiden tarkaste- luaine, jonka pitoisuuksilla PAH-yhdisteiden määrää kuvataan. (Auranen & Kähäri 2018: 2–6.) EU on määritellyt BaP pitoisuudelle tavoitearvon (Taulukko 1), joka on 1 ng/m<sup>3</sup> (nanogrammaa kuu- tiometrissä ilmaa) vuoden keskiarvona. Pitoisuuden ylempi arviointikynnys on 0,6 ng/m<sup>3</sup> vuosikes- kiarvona. Alueilla, joilla ylempi arviointikynnys ylittyy kolmena vuotena viidestä, tulee pitoisuuks- sia seurata jatkuvalla mittauksella. Alemman arviointikynnyksen (0,4 ng/m<sup>3</sup>) ylittävillä alueilla seu- rantaa voidaan suorittaa mittausten ja mallintamisen yhdistelmällä. (Salmi ym. 2020: 56.) WHO ei ole asettanut bentso(a)pyreeni pitoisuuksille ilmanlaadun suhteen ohjerajaa. Viitearvoksi on mainit- tu 0,12 ng/m<sup>3</sup>. Arvon asetuksessa on käytetty oletamaa, jonka mukaan kyseisellä pitoisuudella hy- väksytään riski sairastua syöpään yhdelle 100 000:sta. (EEA 2020: 14.) EU:n jäsenvaltioiden on pitänyt päästä 1 ng/m<sup>3</sup> raja-arvon alle vuoteen 2013 mennessä (YM 2019: 58).



Kuva 9 Vuosien 1990 ja 2018 PAH-päästöt (kg) päästölähteittäin (Aineisto: ympäristö.fi 2020).

Taulukko 1 EU:n ja valtioneuvoston asetuksella (113/2017) vahvistetut tavoitearvot ja arviointikynnykset bentso(a)pyreeni päästöille.

Tarkastelujakso	Tavoitearvo (ng/m <sup>3</sup> )	Ylempi arviointikynnys (ng/m <sup>3</sup> )	Alempi arviointikynnys (ng/m <sup>3</sup> )
Bentso(a)pyreeni Vuosi	1	0,6	0,4

Suurimmat altistukset bentso(a)pyreenille tapahtuvat sisätiloissa kotitalouksissa, joissa ruuan valmistus toteutetaan avotulella. WHO:n mukaan kerosiinin käyttö nostaa intialaiskotien bentso(a)pyreeni pitoisuudet arvoon 6,9 ng/m<sup>3</sup>. Pitoisuudet kohoavat jopa 166 ng/m<sup>3</sup>, kun polttoaineeksi valitaan sisätiloissa lanta, hiili tai puu. Teollistuneissa maissa kotitalouksien pitoisuudet ovat murtoosa edellä mainituista. (WHO 2018: 301.) Suomessa BaP -pitoisuudet jäävät pääasiallisesti EU:n tavoitearvon alapuolelle. Vuosikeskiarvot ylittyvät ajoittain Raahen Raippaluodossa, jossa sijaitsee paljon teollisuutta. (YM 2019: 45, 58.)

### **2.3 Pienhiukkasille altistuminen ja vaikutukset terveyteen**

Pienhiukkaset on määritelty WHO:n osalta syöpävaarallisiksi vuonna 2013 (Aarnio ym. 2016: 19). Suurin osa Suomen pienhiukkaspitoisuuksista on peräisin kaukokulkeutumasta. Suomessa altistuminen korkeammille pienhiukkaspitoisuuksille on todennäköisintä vilkkaasti liikennöityjen teiden läheisyydessä ja tiheästi rakennetuilla pientaloaluilla, joilla puu poltto on yleistä. (YM 2020, 41–43.) THL:n (2019b) mukaan puunpoltosta aiheutuneet pienhiukkaspäästöt kattavat 40 % ja PAH-yhdisteet 80 % kotimaisista kokonaispäästöistä. Paikalliset pienhiukkaspäästöt ovat kaukokulkeuman kautta leviäviin verrattuna haitallisempia. Paikalliset päästölähteet sijaitsevat matalalla ja päästöt vapautuvat lähellä ihmisten hengityskorkeutta. (Chafe ym. 2015: 2–3, Auranen & Kähäri 2018: 2–3.)

Useat tutkimukset ovat osoittaneet pienhiukkaspitoisuuksien yhteyden ihmisten terveyteen (Chafe ym. 2015: 15). Pitkäaikainen altistuminen pienhiukkasille lisää ennenaikaisen kuoleman riskiä. Pienhiukkasten tiedetään olevan yhteydessä krooniseen sydämen, verenkierron- ja hengityselinten oireiluun. Useissa tutkimuksissa korkeat pienhiukkaspitoisuudet on liitetty kohonneeseen riskiin sairastua mm. astmaan ja keuhkokuumeeseen, rinta- ja keuhkosityöpään ja sydän- ja verisuonisairauksiin. Niiden tiedetään aiheuttavan kehityshäiriöitä ja keskenmenoja. (Aarnio ym. 2016, Salonen ym. 2016, Savonlahti ym. 2016, Auranen ja Kähäri 2018.) Kohonneet pienhiukkaspitoisuudet on yhdistetty myös kognitiivisiin sairauksiin kuten lapsilla ylivilkkauteen ja autismiin (WHO 2018a) ja aikuisilla muistin heikentymiseen ja dementiaan (Chen ym. 2017, Wang ym. 2020).

Yksi varhaisimmista tutkimuksista, joka yhdistää kohonneen hiukkaspitoisuuden ennenaikaisiin kuolemantapauksiin tehtiin Dublinissa 2000-luvun alussa. Hiukkaspitoisuuksien vaikutus terveyteen oli tunnistettu, mutta varsinaista näyttöä ennen aikaisten kuolemantapausten vähenemisestä hiukkaspitoisuuden laskiessa ei ollut. Vuonna 1990 Dublinissa kiellettiin kivihiilen kuten bitumihiilen, joka on turpeesta saatava hiililaji, poltto, jakelu ja myynti. Bitumihiili ja muut kiinteät energialähteet

yleistyivät lämmityksessä 1980-luvulla, niiden hinnan laskiessa öljyn hinnan alapuolelle. Samaan aikaan ilmanlaatu kaupungissa heikkeni ja erityisesti hengityselinperäisten kuolemantapausten määrä lisääntyi. Tutkimuksessa vertailtiin muiden kuin traumaperäisten kuolemantapausten määrää kieltoa edeltäneen ja seuranneen kuuden vuoden ajan. Analysoitavat päästöt olivat rikkidioksidi sekä musta hiili (black smoke). (Clancy ym. 2002.) Musta hiili on tunnustettu korreloivan erityisesti pienpoltossa syntyvän PM<sub>2,5</sub> pitoisuuden kanssa (Gotschi ym. 2002, YM 2019: 70). Musta hiili väheni bitumihiilen käyttökiellon jälkeen yli 70 %. Määrällisesti suurin muutos tapahtui talvella. Kesällä vähennys oli yli 40 %, vaikka asuinrakennusten lämmitys oli vähäistä. Samaan aikaan rikkidioksidipitoisuudet vähenivät keskimäärin 33 %. Tutkimuksen ajanjaksoilla vuoden keskimääräiset kuolemantapaukset vähenivät 5,7 % verrattuna vertailujaksoon. Sydän- ja verisuonisairauksiin liittyvissä kuolemantapauksissa huomattiin laskua. Suhteellisesti eniten, 15,5 % vähenivät hengityselimiin liittyvät kuolemantapaukset. Ajallisesti suurimmat muutokset kuolemantapausten vähennyksissä huomattiin lämmityskausina. (Clancy ym. 2002.)

WHO:n (2018b) mukaan 90 % maailman väestöstä asuu alueilla, joissa pienhiukkaspitoisuus ylittää WHO:n ohjearvon. Köyhimmissä maissa jopa 98 %, ja Afrikassa 100 % alle 5-vuotiaista lapsista altistuu korkeille pienhiukkaspitoisuuksille (WHO 2018a: 2). Tässä tutkimuksessa pienhiukkasia ja ilmanlaatua on tarkasteltu ulkoilman osalta. On muistettava, että sisäilmanlaadulla on yhtä suuri, ellei suurempi merkitys terveyteen. Sisäilman epäpuhtaudet laimenevat hitaammin ilmanvaihdon rajallisuudesta johtuen, eikä auringon päästöjä hajottava säteily saavuta sisätilassa olevia epäpuhtauksia. WHO on arvioinut, että vuonna 2016 pienhiukkaset aiheuttivat 7 miljoonaa ennenaikaista kuolemantapausta, joista yli puoli miljoonaa tapausta koski alle viisivuotiaita lapsia. Kokonaismäärästä sisäilmanpitoisuudet aiheuttivat 3,8 miljoonaa ennenaikaista kuolemantapausta. 90 % pienhiukkasten aiheuttamista ennenaikaisista kuolemantapauksista koskee matalan- ja keskitulon maita Afrikassa, Aasiassa, Etelä-Amerikassa, Lähi-idässä ja Itä-Euroopassa. (WHO 2018a: 1–4, 2018b.) Matalan tulotason maissa elää kolme miljardia ihmistä, joilla ei ole käytössään puhtaita energianlähteitä. Etenkin naiset ja lapset altistuvat suurille pienhiukkaspitoisuuksille sisätiloissa. Naiset ja lapset viettävät paljon aikaa kotona ja altistuvat lämmityksen ja ruuanvalmistuksen päästöille. Pienet lapset ovat alttiimpia ilman epäpuhtauksien vaikutuksille. He voivat altistua jo äitinsä kohdussa. Lapset ovat lisäksi aikuisia aktiivisempi ja hengittävät aikuisia nopeammin. Heidän kokonsa ja kehitysvaiheessa olevat keuhkot ja muut elimet asettavat heidät erityiseen riskiryhmään. Lapsilla on myös pidempi eliniänodote, joten vauriot voivat kehittyä piilossa ja puhjeta vasta myöhemmällä iällä. Maailmassa alle 5-vuotiaiden lapsien toiseksi yleisin, Afrikassa yleisin kuolinsyy on akuutti hengitystieinfektio. (WHO 2018a: 1–4, 2018b.)

Kodeissa, joissa ruuan valmistuksen ja lämmityksen energialähteenä käytetään kiinteää polttoainetta kuten puuta tai hiiltä, pienhiukkaspitoisuudet rakennusten sisällä nousevat jopa yli kymmenkertaiseksi verrattuna WHO:n ohjearvoon (Chafe ym. 2015, Scibor ym. 2019). Kiinan maaseudulla Yunnanissa kiinteät polttoaineet ovat kotitalouksien pääasiallinen energianlähde. Alueella tutkittiin naisten ja lasten altistumista pienhiukkaspitoisuuksille sisätiloissa. Tutkimustulosten mukaan naiset altistuvat lämmityskaudella keskimäärin  $117 \mu\text{g}/\text{m}^3$  suuruisille pienhiukkaspitoisuuksille ja kesällä  $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pitoisuuksille (vaihteluväli  $9\text{--}634 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Kehittynyt sähköllä tai kaasulla toimiva ruuanvalmistuslaite laski pienhiukkaspitoisuuksia huomattavasti. Lasten altistuminen väheni kun heille tuli lisää ikää, mikä viittaa siihen, että vanhemmat lapset voivat liikkua itsenäisemmin kotien ulkopuolella. Myös yli 70-vuotiaiden naisten altistuminen oli pienempää kuin nuorempien. (Baumgartner ym. 2011.)

Myös Nepalissa tehdyssä tutkimuksessa verrattiin eroja ruuan valmistuksessa syntyvien pienhiukkaspitoisuuksien välillä, kun energianlähteenä käytettiin puuta tai nestemäistä kaasua. Tutkimus suoritettiin Katmandun alueella. Kohteena olivat tiilen valmistuksen parissa työskentelevät ja heidän perheensä. Työntekijät perheineen asuvat lähellä kilnejä, joissa tiilet poltetaan. Kodit ovat yleisesti laastittomia tiilirakennuksia ja kattoina toimivat erilaiset peltilevyt. Useat tutkimusalueen asukkaat kärsivät hengityselinoireista. Kotien rakenteesta johtuen ulko- ja sisäilman pienhiukkaspitoisuudet ovat hyvin lähellä toisiaan. Kaikkien tutkimuksessa mukana olleiden kotien pienhiukkaspitoisuus ylitti WHO:n ohjearvon. Puun käyttö ruuan valmistuksen energialähteenä nosti sisäilman pienhiukkaspitoisuutta (geometrinen keskiarvo, GM, noin  $540 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) huomattavasti enemmän verrattuna nestekaasun käyttöön (GM noin  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). (Johnston ym. 2020.)

Vauraimpien maiden nykyaikaisemmat, tiiviit ja hormilliset tulipesät vapauttavat vähemmän pienhiukkasia sisäilmaan kuin ruuan valmistus ja kodin lämmitys avotulella. Ne eivät kuitenkaan ole päästöttömiä, etenkin jos niitä käytetään valmistajan ohjeistuksen vastaisesti. (Chafe ym. 2015.) Tästä huolimatta vauriissakin maissa altistutaan ulkoilman pienhiukkaspitoisuuksille sisätiloissa etenkin lämmityskaudella. Puolan Krakovassa tutkittiin (Scibor ym. 2019) ulkoilman hiukkaspitoisuuden vaikutusta sisäilmanlaatuun ja etsittiin korrelaatiota sisäilman hiukkaspitoisuuksien ja rakennusten fyysisten ominaisuuksien välillä. Tutkimuksessa tarkasteltiin hiukkaspitoisuuksia pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten osalta. Mittaustuloksissa huomattiin selvä yhteys, jonka mukaan sisäilman pitoisuudet nousivat ulkoilman pitoisuuksien noustessa. Kesällä hiukkaspitoisuudet olivat merkittävästi matalampia. Ero selitetään talviajan puunpoltolla. Rakennusten fyysiseksi piirteeksi, joka edisti hiukkasten siirtymistä sisäilmaan, tunnistettiin käytetty ikkunatyyppe. Vanhan

malliset ikkunat, joiden tiivisteet joko puuttuvat tai ovat kuluneet vuosien saatossa vuotavat ulkoilmaa sisälle ja nostavat sisäilman hiukkaspitoisuuksia.

Salonen ym. (2016) on tutkinut naapuruston puunpoltossa syntyneiden pienhiukkasten ja bentso(a)pyreenin vaikutusta sisäilmaan Suomessa. Tutkimus suoritettiin Niiralan pientaloalueella Kuopiossa alkuvuodesta 2015. Tutkimuksessa oli mukana 7 eri ikäistä rakennusta, joiden ilmanvaihto vaihteli painovoimaisesta koneelliseen. Osallistuvissa taloissa ei käytetty tulisijoja tutkimuksen aikana. Tutkimuksessa mitatut ulkoilman pitoisuudet vastasit aikaisemmin pääkaupunkiseudulla pientaloalueella mitattuja tuloksia. Tulosten mukaan rakennuksen iällä ja ilmanvaihdoilla ei ollut merkitystä siihen, kuinka tehokkaasti ulkoilman pitoisuudet siirtyvät sisälle. Sisäilman pitoisuudet kohosivat vastaamaan lähes 40 % ulkoilman pienhiukkaspitoisuudesta ja 23 % ulkoilman BaP -pitoisuudesta. Pienhiukkas- ja BaP-pitoisuudet talojen pihoilla ylittivät ajoittain EU:n tavoiterajarvot, mutta jäivät alle EU:n tavoiteraja-arvojen sisätiloissa. BaP-pitoisuudet ylittivät WHO:n ohjearvon ( $0,12 \text{ ng/m}^3$ ) muutamissa mittauksissa sisätiloissa moninkertaisesti.

Suomessa pienhiukkaspitoisuudet ovat vuosikeskiarvona tarkasteltaessa maailman matalimpia. Tutkimuksissa on osoitettu matalillakin pitoisuuksilla olevan vaikutus väestön sairastavuuteen ja enenaikaisiin kuolemantapauksiin (YM 2019: 47). Kiinassa vanhuksilla (65–114-vuotiaat) tehdyn 12 vuoden tutkimuksen mukaan jo  $10 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  korotus pienhiukkaspitoisuudessa vaikutti ikäihmisten kognitiivisiin taitoihin heikentävästi. Pitkäaikaisessa altistuksessa olleet vanhukset pärjäsivät kognitiivisissa testeissä heikommin kuin vanhukset, joiden elinympäristössä oli matalampi pienhiukkaspitoisuus. (Wang ym. 2020.) Samanlaiseen lopputulokseen päätyivät Ailshire ja Clarke (2014) tutkiessaan yhteyttä ikäihmisten kognitiivisten taitojen ja pienhiukkaspitoisuuden välillä Yhdysvalloissa. Tutkimustulosten mukaan  $10 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  korotus pienhiukkaspitoisuudessa lisää kognitiivisten testien virhekerrointa 1,5 kertaiseksi.

## **2.4 Pienhiukkaspitoisuudet Turun seudulla**

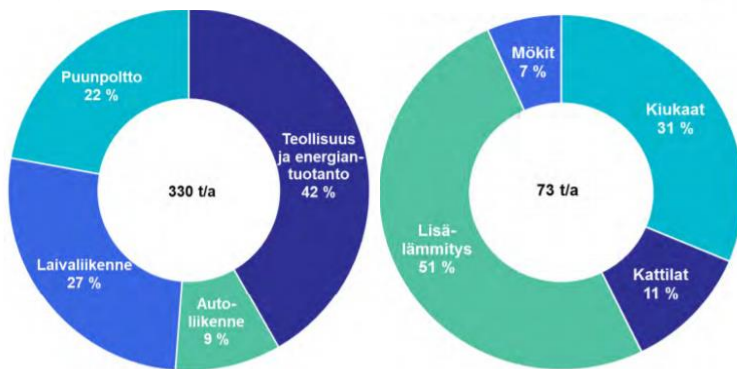
Osana 2020 julkaistua Turun seudun ilmanlaadunselvitystä Ilmatieteen laitos on mallintanut alueen pienhiukkas- ja bentso(a)pyreeni pitoisuuksia. Edellinen selvitys ”Turun seudun päästöjen leviämismalliselvitys” julkaistiin vuonna 2009. Tuolloin selvityksessä keskityttiin teollisuuden päästöihin, eikä puunpolton päästöjä otettu huomioon. Puunpolton lisäksi pienhiukkasten päästölähteinä huomioitiin vuoden 2020 selvityksessä liikenne, teollisuus ja energiantuotanto sekä laivaliikenteen päästöt. Jatkuvatoimisia pienhiukkasten mittauspisteitä on Turun seudulla yksi, Raision Ihalan mittaustasema. Bentso(a)pyreeni pitoisuuksien mallinuksessa huomioitiin ainoastaan puunpolton pääs-

töt, eikä muita lähteitä tai taustapitoisuutta otettu huomioon. Turun seudulla ei ole bentso(a)pyreenille jatkuvaa mittausta. Pitoisuudet mallinnettiin kahden metrin korkeudelle, jolloin ne vastaavat hyvin hengityskorkeudella esiintyviä pitoisuuksia. Ilmanlaatu Turun seudulla on pääasias-  
sa hyvä eikä asetettuja vuosikeskiarvojen tavoiteraja-arvoja ylitetä alueella. Paikallisesti eniten  
pienhiukkaspäästöjä vapautuu puun pienpoltosta, liikenteen polttomoottoreista ja liikenteen aiheut-  
tamasta katupölystä. Muualta kulkeutuneella taustapitoisuudella (Taulukko 2) on suuri vaikutus  
alueen ilmanlaatuun pienhiukkaspitoisuuksien osalta. Kansallisen altistumisen vähennystavoitteet  
koskevat alueita, joilla vuosikeskiarvo ylittää 8,5 µg/m<sup>3</sup> rajan. Turun seudulla raja alittuu hienoisesti  
vuosikeskiarvon ollessa korkeimmillaan keskustan mittauspisteellä 8,4 µg/m<sup>3</sup>. (Salmi ym. 2009: 16,  
2020: 5–9.)

*Taulukko 2 Ilmatieteen laitoksen mallintamat pienhiukkaspitoisuudet päästölähteittäin. Ylemmällä rivillä esitetty tarkastelujakson 2016–2018 korkein vuosikeskiarvo ja alemmalla korkeimmat päiväpitoisuudet. Tulokset ovat tutkimus-  
alueen eri alueilta, joten syntylähteen mukaan jaotellut päästöt eivät täsmää korkeimman vuosikeskiarvon kanssa. (Ai-  
neisto: Salmi ym. 2020: 16.)*

PM2,5 2018	Ohje- /raja-arvo	Yhteen- sä	Taustapitoi- suus	Puun- poltto	Laivalii- kenne	Autolii- kenne	Energiantuotanto ja teollisuus
Vuosikeskiarvo (µg/m <sup>3</sup> )	EU 25 WHO 10	8,4	4,4	0,8	0,8	3,3	0,6
Vuorokausiohjarvo (µg/m <sup>3</sup> )	WHO 25	26	4,8	9,1	13	19	9,3

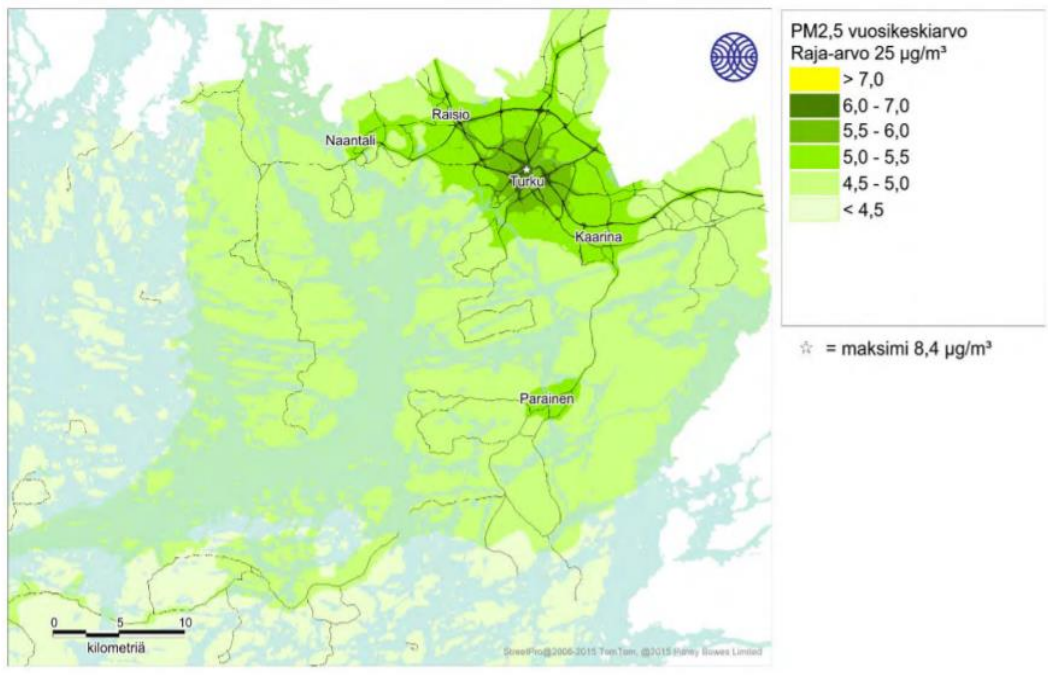
Pienhiukkasten taustapitoisuus selvitettiin Paraisten Utön mittausaseman kolmen vuoden tarkastelu-  
jakson 2016–2018 mittaustuloksista. Turun seudun pienhiukkaspitoisuuden taustapitoisuus oli tark-  
kastelujaksolla 4,4 µg/m<sup>3</sup>. Taustapitoisuus on laskenut viimeisten 11 vuoden aikana. Vuoden 2009  
ilmanlaadun selvityksessä Paraisten Utön mittausaseman kolmen vuoden tarkastelujaksolla 2005–  
2007 pienhiukkaspitoisuuden taustapitoisuudeksi saatiin 6 µg/m<sup>3</sup>. Vuosikeskiarvotasolla paikalliset  
pienhiukkaspäästöt jäävät pienemmäksi kuin taustapitoisuus. (Salmi ym. 2009: 19, 2020: 8.) Turun  
seudun ilmanlaatuselvityksen mukaan Turun seudulla ilmaan vapautuu yhteensä 330 tonnia pien-  
hiukkasia vuodessa (Kuva 10). Tästä määrästä puunpoltosta syntyvät päästöt kattavat 22 % eli 73  
tonnia vuodessa. Pääosa puunpolton pienhiukkaspitoisuuksista on peräisin lisälämmityslähteistä  
kuten takoista. Myös saunan kiukaat erottuvat suurena pienhiukkaspitoisuuden nostajina. (Salmi  
ym. 2020: 57,69.)



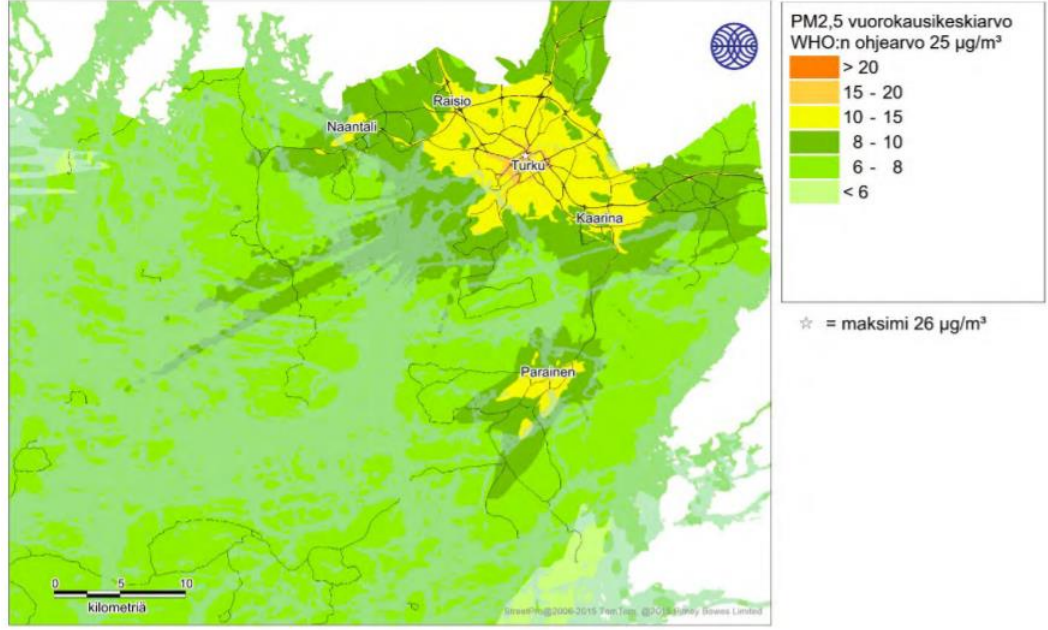
Kuva 10 Vasemmanpuoleisessa kuviossa Turun seudun pienhiukkaspäästöjen kokonaismäärä ja jakauma päästölähteittäin tonneina. Oikeanpuoleisessa kuviossa eritelty puunpoltosta syntyvien pienhiukkaspäästöjen osuudet syntylähteiden mukaan. (Lähde: Salmi ym. 2020: 58, 69.)

Korkeimmat pienhiukkaspitoisuudet tutkimusalueella vuosikeskiarvon perusteella tarkasteltuna esiintyivät Turun keskustan suurilla risteysalueilla ja vilkkaasti liikennöityjen teiden varsilla (Kuva 11). Teollisuuden päästölähteet sijaitsevat pääosin korkealla. Tästä syystä niiden päästöt laimenevat nopeammin eikä niillä ole erityistä vaikutusta paikalliseen ilmanlaatuun kuin korkeintaan teollisuuslaitosten välittömässä läheisyydessä tai poikkeavissa sää oloissa kuten inversion aikana. (Salmi ym. 2020: 5–6.) Kun huomioidaan kaikki selvityksessä mukana olleet pienhiukkasten päästölähteet ja tarkastellaan pienhiukkaspitoisuuksia vuorokausitasolla huomataan, että WHO:n vuorokautinen ohjearvo voi ylittyä aivan Turun keskustassa (Kuva 12). Pitoisuus voi nousta lähelle ohjearvoa myös vilkkaimpien teiden lähetyvillä. Pitoisuudet laimenevat nopeasti, kun liikutaan kauemmas liikenneväylien luota.

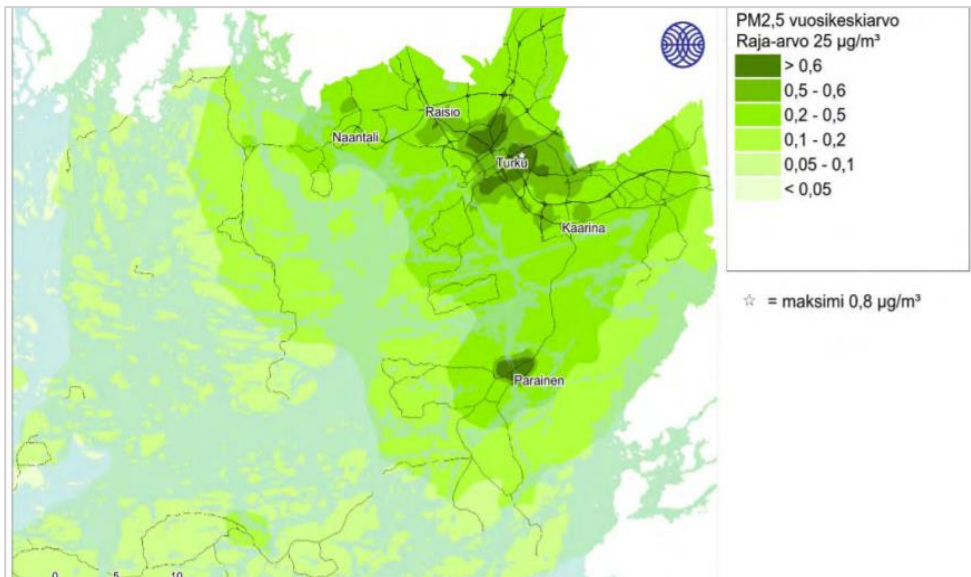
Puun pienpolton pienhiukkasmallinnuksessa otettiin huomioon alueen pientalot ja vapaa-ajan-asunnot. Puunpolton pienhiukkaspäästöillä on vain pieni vaikutus kokonaispäästöjen vuosikeskiarvoon, sillä se jää alle  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  tasolle (Kuva 13). (Salmi 2020: 21–22.) Puunpolton pienhiukkaspitoisuuksien korkeimmat vuorokausikeskiarvot esiintyvät Paraisten keskustassa, jossa puunpolton pienhiukkaspitoisuus voi nousta arvoon  $9,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Kuva 14). Puunpoltosta aiheutuneita yli  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vuorokausikeskiarvon pienhiukkaspitoisuuksia esiintyy jokaisen tutkimuksessa mukana olevan kaupungin alueilla. Naantalissa ja Kaarinassa alueita on vähiten. (Salmi ym. 2020; 21.)



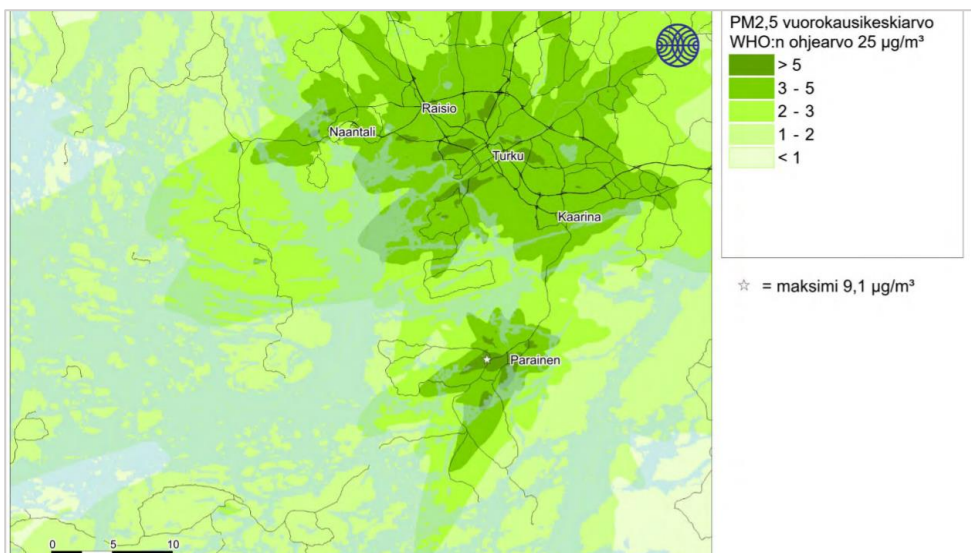
Kuva 11 Ilmatieteen laitoksen pienhiukkasmallinnus tarkastelujakson 2016–2018 korkeimmasta vuosikeskiarvosta. Mukana kaikki päästölähteet. (Lähde: Salmi ym. 2020: 17.)



Kuva 12 Ilmatieteen laitoksen pienhiukkasmallinnus tarkastelujakson 2016–2018 korkeimmasta vuorokausikeskiarvosta. Mukana kaikki päästölähteet. (Lähde: Salmi ym. 2020: 18.)

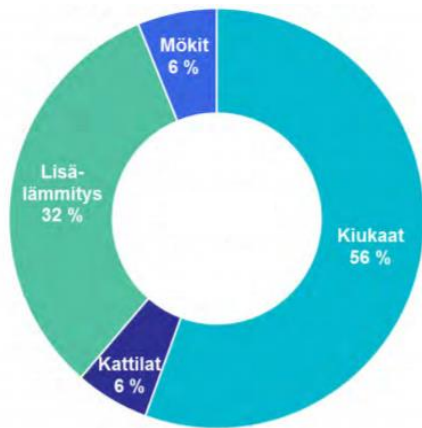


Kuva 13 Ilmatieteen laitoksen pienhiukkasmallinnus tarkastelujakson 2016–2018 korkeimmasta vuosikeskiarvosta, kun huomioidaan pelkästään puunpoltosta syntyneet pienhiukkaspäästöt (Lähde: Salmi ym. 2020: 22).



Kuva 14 Ilmatieteen laitoksen pienhiukkasmallinnus tarkastelujakson 2016–2018 korkeimmasta vuorokausikeskiarvosta, kun huomioidaan pelkästään puun pienpoltosta aiheutuneet pienhiukkaspäästöt (Lähde: Salmi ym. 2020: 22).

Turun seudun ilmanlaadunselvityksessä puunpolton bentso(a)pyreeni pitoisuudet mallinnettiin vuosille 2016–2018. Bentso(a)pyreeni pitoisuutta ei mitata Turun seudulla jatkuvatoimisilla mittareilla. Ilmatieteen laitos on mitannut Suomen BaP-taustapitoisuuden keskiarvoksi 0,11 ng/m<sup>3</sup> Hyytiälän maaseututausta-asemalla suoritetuissa mittauksissa 2016–2018. Tätä pitoisuutta ei huomioitu Ilmatieteen laitoksen Turun seudun ilmanlaadunselvityksessä 2020. Tutkimusalueen BaP-päästöt on jaoteltu päästölähteiden suhteellisten osuuksien mukaan kuvassa 15. Valtaosa päästöistä on peräisin saunan kiukaista ja muista tulisijoista. (Salmi ym. 2020: 30, 69.)



Kuva 15 Ilmatieteen laitoksen mallintamat bentso(a)pyreeni päästöjen suhteelliset osuudet päästölähteittäin Turun seudulla (Lähde: Salmi ym. 2020: 69).

Ilmatieteen laitoksen tutkimusalueen BaP-pitoisuuksien mallinnukselle tullaan suorittamaan uusintalaskennan tulosten varmistamiseksi. Oletamus on, että uusintalaskennan tulokset ovat matalammat kuin tällä hetkellä esitetty pitoisuudet Turun seudun ilmanlaatuselvityksessä. Tästä syystä tässä tutkimuksessa ei esitetä bentso(a)pyreeni pitoisuuksien määrällisiä arvoja. Koska kyseisessä mallinnuksessa on otettu huomioon ainoastaan puunpoltosta syntyvät pitoisuudet, voidaan olettaa alueellisten pitoisuuksien jakautuvat esitettyjen puunpolton pienhiukkaspitoisuuksien mukaisesti. Bentso(a)pyreeni pitoisuudet ovat siis korkeampia samoilla alueilla, joilla tavataan korkeampia puunpolton pienhiukkaspitoisuuksia kuten kaupunkien tiheästi rakennetuilla pientaloalueilla ja Parraisten keskustassa. (Salmi 2021.)

## 2.5 Pienhiukkaspäästöjen vähentäminen

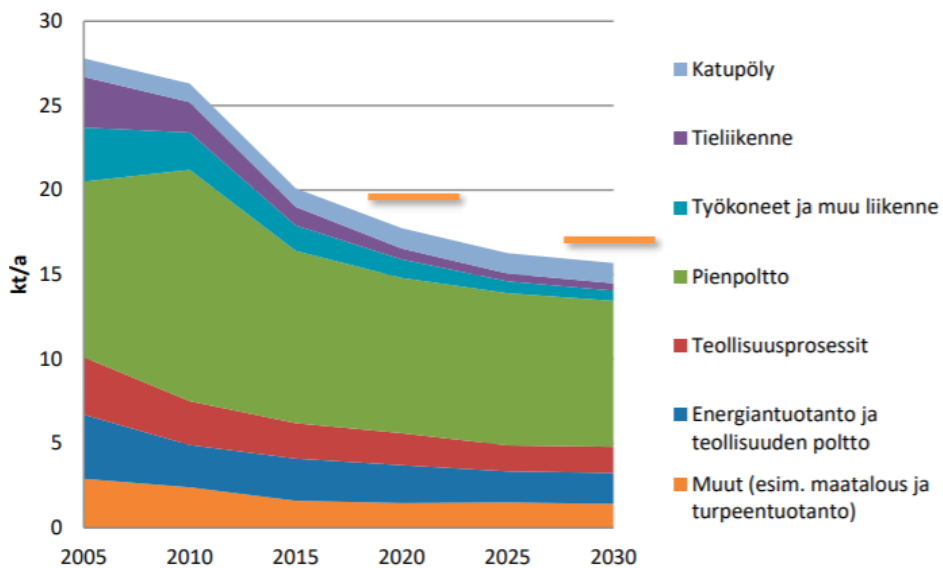
Pienhiukkaspäästöjen vähentäminen maailmanlaajuisesti on tärkeää, sillä pienhiukkaspitoisuudet vaikuttavat kaukokulkeuman kautta muillakin alueilla kuin pelkästään syntyalueellaan. Chafen ym. (2015) mukaan maiden energia- ja ilmastopolitiikat ovat ajoittain ristiriidassa hiukkasiin liittyviin tavoitteisiin nähden. Energiapolitiikan näkökulmasta kansalaisia rohkaistaan käyttämään uusiutuvaa energiaa. Yhtenä soveltuvana vaihtoehtona on markkinoitu biomassan esim. puun polttamista. Jos asiaa tarkastellaan ilmanlaadun ja hiukkaspitoisuuksien kannalta, tulisi energiatehotonta biomassan polttoa vähentää. Esimerkiksi Norjassa uusien rakennusten energiasta vähintään 40 % on tultava muualta kuin fossiilisista polttoaineista ja sähköverkosta. Tästä syystä uusien pellettiuunien- ja kattiloiden hankkimista tuetaan rahallisesti. Vuonna 2013 rahaa käytettiin 4,3 miljardia euroa. Isossa-Britanniassa valtio maksaa korvauksia kotitalouksille jokaisesta kilowattitunnista, joka on tuotettu biomassaa polttavissa uuneissa tai kattiloissa. Tarkoituksena on saavuttaa maan tavoite vähentää kasvihuonekaasuja 80 %:lla vuoteen 2050 mennessä vuoden 1990 tasosta. Myös EU:n 2020 tavoitteisiin kuuluu biomassan lisääminen energiantuotannossa. (Chafe ym. 2015: 1–4.) 2020 ta-

voitteella tarkoitetaan EU:n pyrkimystä vähentää päästöjä, parantaa energiatehokkuutta ja lisätä uusiutuvaa energiaa 20 %:lla vuoden 1990 tasosta vuoteen 2020 mennessä (ilmasto.org 2020).

YK on vuonna 2015 sopinut uudet kestävän kehityksen tavoitteet vuosiksi 2015–2030. Vuonna 2015 julkistettu ”The 2030 Agenda for Sustainable Development” sopimus on jatkoa kahdeksalle niin kutsutulle vuosituhat tavoitteelle ”Millennium Development Goals”. Tavoitteet liittyvät muun muassa köyhyyden poistamiseen, tasa-arvon saavuttamiseen ja puhtaaseen energiaan. Tavoite 7:ssä esitetään tavoitteet uusiutuvalle ja puhtaalle energialle. Kohdan alatavoitteiden mukaan kaikilla maailman ihmisillä tulisi olla mahdollisuus uudenaikaisiin ja edullisiin energiapalveluihin vuoteen 2030 mennessä . Tavoitteena on lisäksi parantaa energiatehokkuutta ja lisätä uusiutuvien energialähteiden käyttöä. Puhtaiden ja kohtuuhintaisten energianlähteiden saatavuus on parantunut, kun verrataan tasoa tilanteeseen ennen vuosituhat tavoitteita. Kuitenkin esimerkiksi 10 %:lla maailman asukkaista ei ole käytössään sähköä. Tästä johtuen monet naiset ja tytöt viettävät paljon aikaa vedenhakumatkoilla, eikä heillä ole mahdollisuutta osallistua ansiotyöhön tai opiskeluun. Koulunkäynti- ja köyhyyden poistoon liittyvien ongelmien lisäksi puhtaan energian puuttuminen on sidoksissa mm. pienhiukkaspitoisuuksiin, talouskasvuun ja terveydenhuoltoon. 2,8 miljardia ihmistä käyttää edelleen ruuanvalmistukseen huonosti sopivia polttoaineita ja vanhaa teknologiaa, joka altistaa heidät huonolle sisäilmalle ja siitä johtuville sairauksille. (UN 2020a, 2020b.)

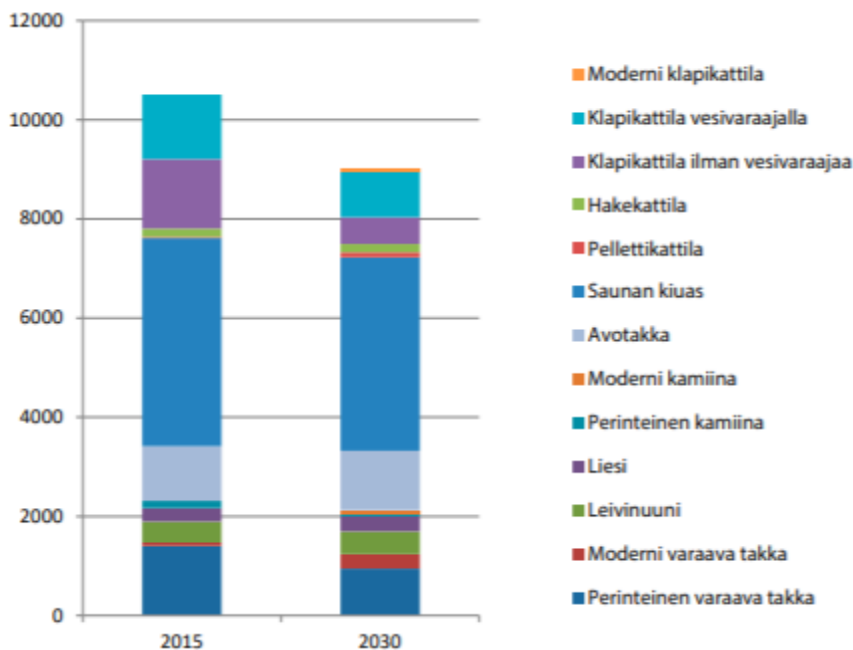
Varhaisimmassa vaiheessa ilmanlaatu voidaan ottaa huomioon jo uuden alueen suunnitteluvaiheessa. Pienhiukkaspäästöjen on todettu laimenevan nopeasti, kun liikutaan kauemmas niiden syntypaikalta. Tästä syystä rakennusten sijoittelussa tulisi huomioida suurempien teiden ja teollisuuslaitosten sijainnit sekä ilmanvaihto ja tuuletusmahdollisuuksien suunnat. Uudiskohteessa ilmanlaadun huomioiminen on helpompaa, sillä jo olemassa olevia alueita on vaikea muuttaa jälkikäteen. Jo olemassa olevilla alueilla voidaan käyttää hyväksi kehittynyttä teknologiaa ja muuttaa esimerkiksi lämmitysjärjestelmiä vähemmän saastuttavimmiksi. (Scibor ym. 2019: 2.)

Muun muassa Hänninen ym. (2019) on tutkinut ja mallintanut Suomen pienhiukkaspäästöjä. Tutkimustuloksien mukaan Suomessa kuolee ennenaikaisesti 2 000 ihmistä ilmansaasteisiin ja näistä kuolemantapauksista 1 600 on sidoksissa pienhiukkasiin. Saadut tulokset viittaavat puunpolton pienhiukkaspäästöjen vähenevän tulevaisuudessa vain vähän. Pääasiallinen pienhiukkasten väheneminen saavutetaan liikenteessä ja teollisuudessa. Tästä syystä puunpolton pienhiukkaspäästöt kasvattavat osuuttaan pienhiukkasten kokonaisuudessa. YM (2019) on julkaissut oman arvionsa pienhiukkaspäästöjen kehityksestä Suomessa vuosina 2005–2030 (Kuva 16).



Kuva 16 Pienhiukkaspäästöjen toteutunut kehitys Suomessa vuosina 2005–2018 ja arvio päästöjen rajoitustoimien tehosta vuoteen 2030 mennessä. Oranssit merkit osoittavat päästövähennysvelvoitteiden tasoa. (Lähde: YM 2019: 65.)

Aikaisemmin puun pienpolton päästöjä ei ole säännelty, mutta asia on muuttumassa. EU:n 2015 uudistettuun ekosuunnitteludirektiivin asetuksiin paikallisista tilalämmittimistä (EU 2015/1186) ja keskuslämmityskattiloista (EU 2015/1189) on tehty lisäys koskien kiinteää polttoainetta käyttäviin hormittomiin ja hormillisiin tilalämmittimiin. Ekosuunnitteludirektiivi (Ecodesign-direktiivi) (2009/125/EC) on alun perin julkaistu vuonna 2009 ja se koskee EU:n alueella myytäviä ja käytettäviä laitteita, jotka kuluttavat energiaa. Direktiivi asettaa tällaisten tuotteiden suunnittelulle ja myynnille ekologisia vaatimuksia. Aikaisemmin asetuksessa on annettu vaatimuksia muunlaisille tilalämmittimille ja yhdistelmälämmittimille kuten lämpöpumppu- ja kattilatilalämmittimille, mutta tulipesiä ei ole huomioitu. Tulevaisuudessa puuta polttavat tulipesät saunan kiukaita lukuun ottamatta kuuluvat kyseisen asetuksen alaisuuteen. Tämän myötä tulipesiin tulee liittää EU:n energia- tehokkuusindeksin mukaisesti lasketut energiamerkinnot. (Pöyry 2013: 1–4, EUR-Lex 2015.) Kansallisessa Ilmansuojeluohjelmassa 2030 YM (2019) arvioi ekosuunnitteludirektiivin uudistuksen vaikutusten näkyvän Suomessa hitaasti. Pääosa Suomessa myytävistä takoista ja muista vastaavista lämmittimistä ovat täyttäneet asetuksen vaatimukset jo pitkään. Lisäksi takkoja ja vastaavia tulisijoja uusitaan harvakseltaan. On arvioitu, että puunpolton pienhiukkaspäästöistä 40 % (Kuva 17) on peräisin puulla lämpiävistä saunan kiukaista, jotka eivät kuulu uudistuneen ekosuunnitteludirektiivin piiriin. Toisaalta YM toteaa uusien alustavien päästömittausten perusteella nykyisten puulla lämpiävien saunanpesien olevan vähemmän saastuttavampia kuin aikaisemmin on oletettu. (YM 2019: 31–32.) Jos puunpolttomäärät kuitenkin jatkavat edelleen kasvuaan kuten LUKE:n (2018) mukaan on tapahtunut vuodesta 1990 lähtien, on puunpolton pienhiukkaspäästöjen vähentäminen haastavaa.



Kuva 17 Puunpoltosta syntyneet pienhiukkaspäästöt kt/a (kilotonnia vuodessa) Suomessa vuonna 2015 ja arvio vuoden 2030 päästöistä jaoteltuina tulipesätyyppien mukaisesti (Lähde: YM 2019: 66).

Energiantuotannon ja teollisuuden, sekä tieliikenteen päästöjä on mahdollista vähentää uudella teknologialla ja siirtymällä energiantuotannossa pois kiinteistä polttoaineista kuten turpeesta ja hielestä. On huomattava, että kaikkeen teknologiallaan ei pystytä vaikuttamaan. Tieliikenteen päästöistä osa on peräisin katupölystä ja näihin päästöihin ei moottoreiden kehitys vähäpäästöisemmiksi auta. Katupöly on peräisin mm. talvikauden hiekoituksesta, renkaiden aiheuttamasta tiepinnan kulumisesta ja jarrupölystä. Vaikka katupölyssä on pääasiassa suurempia, hengitettäviä hiukkasia, mahtuu mukaan myös terveydelle vaarallisempia pienhiukkasia. (YM 2019: 41, THL 2019c.) Hänen ym. on arvioinut ekosuunnitteludirektiivin, infokampanjoiden ja puunpolton rajoittamistoimien tehokkuutta puunpolton pienhiukkaspäästöjen pienentämiseksi. Katupölyn vähennyksen arvioinnissa otettiin huomioon nastarenkaiden käyttöosuus, katujen puhdistus ja pölynsidonta toimet. Tutkimuksen mukaan 30 % maamme pienhiukkaspäästöistä on peräisin suomalaisista lähteistä. Toisin sanoen kotimaisista lähteistä peräisin olevat pienhiukkaspäästöt aiheuttavat vuosittain 500 ennen aikaista kuolemantapausta. Näiden tapausten määrään voidaan vaikuttaa suoraan Suomessa tehdyillä toimenpiteillä. Puunpolton ja liikenteen pienhiukkaspäästöistä tehty skenaario ennustaa puunpolton pienhiukkasten vähenevän 10 %, kun liikenteen pienhiukkaspäästöissä odotetaan vähennystä 81 % vuoteen 2030 mennessä. Tehokkain tapa puunpoltossa syntyvien pienhiukkaspäästöjen vähentämiseen olisi rajoittaa puunpolttoa ja asettamalla rajoituksia puulla lämpiävien saunan kiukaiden päästöihin. Nämä tavat nähdään kuitenkin erittäin vaikeina toteuttaa. Puunpolton info- ja valistuskampanjoilla saadaan aikaiseksi vähäisiä pienhiukkaspäästöjen vähennyksiä. Ne nähdään

kuitenkin kustannustehokkaina, nopeina ja suhteellisen helposti toteutettavissa olevina tapoina vähentää puunpolton pienhiukkaspäästöjä. Kampanjat tulisi kohdentaa tarkasti suurimman hyödyn saavuttamiseksi. Katupölyn määrää voidaan edelleen pienentää muun muassa valitsemalla käyttöön kitkarenkaat, suorittamalla lumikaudella tehokasta aurausta, jolla vähennetään hiekoituksen tarvetta, puhdistamalla liikenneväylät ajoissa ja käyttämään apuna suolaliuosta, joka vähentää pölyn nousemista ylös. (Hänninen ym. 2019: 16–20.) Jokainen tulisijan käyttäjä voi omalla toiminnallaan vaikuttaa puunpoltosta syntyvään päästömäärään. Puunpolton oikeat puunpolttotavat ovatkin olleet tapetilla viime vuosina. Monet eri toimijat ovat julkaisseet oppaita puunpolttoon kuten HSY: opas puunpolttoon, VTT: Tehokas ja ympäristöä säästävä tulisijalämmitys ja Omakotiliitto: Opas puunpolttoon. Sanoma oppaissa on pääasiallisesti sama: puhdasta kuivaa puuta tulisi polttaa tulipesässä valmistajan ohjeiden mukaisesti, huomioiden valmistajan suosittamat tulipesän täyttöasteet, ilmamäärä ja sytytystavat.

### 3 Aineistot ja menetelmät

Tutkimuksessa käytetään useita eri aineistoja, joista osa on valmiina käyttöön saatuja ja osan keräämiseen on itse osallistuttu. Valmiita tutkimusaineistoja ovat SYKE:n ja TK:n yhteinen YKR-aineisto, Ilmatieteen laitoksen leviämismallinnusaineisto sekä HSY:n ”Tulisijojen käyttö ja päästöt pääkaupunkiseudulla vuonna 2018”-selvitys (Ohtonen ym. 2020). YKR- ja pienhiukkasten leviämismallinnusaineistot ovat paikkatietoaineistoja, joiden avulla tutkitaan alueen pienhiukkaspitoisuuksien leviämistä ja niiden mahdollista yhteyttä sosioekonomisiin tekijöihin. HSY:n selvitystä käytetään pääasiassa tämän tutkimuksen tulosten vertailuun. Turun seudun tulisijojen käyttötutkimuksen vastausaineiston avulla tutkitaan alueen tulisijojen käyttötottumuksia kuten puunpolton ajallista jakaumaa ja pääsääntöisen lämmitysjärjestelmän yhteyttä puunpoltoon. Aineistot on esitetty tiivistettyinä taulukossa 3.

Taulukko 3 Tutkimusaineistojen tiivis kuvaus.

Aineisto	Ylläpitäjä/ Tuottaja	Kuvaus	Spatiaalinen tarkkuus	Käytetyn aineiston vuosi
Ilmatieteen laitoksen leviämismallinnus	Ilmatieteen laitos	Turun seudun ilmanlaatuselvitys, johon mallinnettu Turun, Raision, Naantalın, Kaarinan ja Paraisten ilman epäpuhauksien pitoisuuksia. Tarkastelussa huomioitu teollisuuden, liikenteen, laivaliikenteen ja puun pienpolton pitoisuudet.	Rasterimuotoinen aineisto, jossa 100 m x 100 m ruudut. Tieto kiinnitetty ruudun keskikohtaan. Hilarakennetta on tiivistetty vilkkaimpien teiden läheisyydessä.	Mallinnuksen tarkastelujakso 2016–18
YKR-aineisto	Suomen ympäristökeskus ja Tilastokeskus	Yhdyskuntarekisteriaineisto, jonka avulla voidaan seurata ja tutkia yhdyskuntarakenteen muutoksia ja jakautumista mm. väestörakenteen, työ- ja toimipaikkojen suhteen. Aineistoa kerätty vuodesta 1990 saakka.	Rasterimuotoinen 250 m x 250 m ruutuaineisto, jossa tieto kiinnitetty ruudun keskikohtaan. Hila väli tasainen ja pysyvä.	2017 (Viimeinen vuosi, jolta kaikki aineisto oli saatavilla)
Turun seudun kyselytutkimuksen vastausaineisto	Turun kaupungin kaupunkiympäristötoimiala yhteistyössä R. Ryyppö kanssa	Turun seudulla suoritettu kyselytutkimus, jolla selvitettiin mm. asukkaiden puunpolton tottumuksia, -määriä ja ajallista jakaumaa	Rakennuskohtainen sijainti X- ja Y-koordinaattien mukaan	Tiedot lämmityskaudelta 2017–18
Pääkaupunki-seudun kyselytutkimuksen tulokset	Ohtonen ym., HSY	Pääkaupunkiseudulla suoritettu kyselytutkimus, joka vastaa lähes identtisesti Turun seudulla suoritettua tutkimusta	Päästöt mallinnettu 100 m x 100m hilaan, paikkatietoaineistoa ei käytetä tässä tutkimuksessa	Tiedot vuodelta 2018

### 3.1 Ilmatieteen laitoksen leviämismallinnus

Ilmanlaatua voidaan tutkia jatkuvilla mittauksilla, suuntaa antavilla mittauksilla, päästökartoituksilla ja leviämismallinuksilla. Jatkuvia mittauksia käytetään mm., kun halutaan tietää alueen pitoisuustasot reaaliajassa tai tutkia alueen epäpuhtauksien muutoksia. Suuntaa antavia mittauksia suoritetaan alueilla, joiden ilmanlaatu ei ole tiedossa tai niillä voidaan tukea jatkuvia mittauksia. Molempia mittaustavoilla voidaan suorittaa lyhyt- ja pitkäaikaisia mittauksia. Ilmansuojeluasetuksen (79/2017) 1. liitteessä määritellään tarkkaan, miten mittalaitteet tulee asettaa sen mukaan, minkälaista tietoa ja minkälaisesta ympäristöstä mittaustietoa haetaan. Päästökartoituksella saadaan tietoa eri päästölähteiden kuten teollisuuden aiheuttamien päästöjen kokonaismääristä ja sen avulla voidaan selvittää niiden vaihtelua eri aikoina. Tässä tutkimuksessa ilmanlaadun alueellisen tarkastelun aineistona käytetään Ilmatieteen laitoksen leviämismallinnusta puunpolton pienhiukkaspitoisuuksista. Leviämismallinnuksen avulla voidaan tutkia mm. epäpuhtauksien pitoisuuksia, tulevaisuuden skenaarioita ja pitoisuuksien alueellisia vaihteluita. Sen avulla voidaan esimerkiksi suunnitella toimia ilmanlaadun parantamiseksi. (Komppula ym. 2017: 17–18.) Epäpuhtauksia mallintamalla voidaan pitoisuuksia selvittää kerralla laajemmalla alueella kuin pelkillä mittauksilla. Mallintaminen voidaan suorittaa pelkillä aikaisemmin määritellyillä päästöskenaariomalleilla tai mallinuksen alueellista tarkkuutta voidaan lisätä esimerkiksi kyselytutkimuksen avulla kuten Ilmatieteen laitoksen mallinnuksessa on tehty. (Kattavaa tietoa... 2020: 11–12).

Ilmatieteen laitos julkaisi vuonna 2020 Turun seudun ilmanlaatu -selvityksen, jossa käsitellään alueen päästöjä tarkastelujaksolta 2016–2018. Selvityksessä esitettiin eri päästöille kuten pienhiukkasille ja typpioksidoille lasketut eri päästölähteiden leviämismallit. Ilmatieteen laitokselta saatiin käyttöön tätä tutkimusta varten tutkimusalueen puunpolton pienhiukkaspitoisuusmallinnuksien tulostiedot paikkatietoaineistona. Aineisto sisälsi tiedot mm. pienhiukkasten vuosi-, kuukausi- ja vuorokausikeskiarvoina (Taulukko 4). Tulostiedot toimitettiin tekstitiedostona ja tiedot sisälsivät 83 000 laskentahilan pistettä/tiedosto. Paikkatietoaineisto toimitettiin ETRS-GK23FIN koordinaatistossa. Tiedot ovat kerätty 100 m x100 m alueelta, jonka jälkeen tieto on liitetty ruudun keskipisteeseen. Ilmatieteen laitoksen mallinnuksessa käytetty aineisto ei ollut laskentahilojen osalta tasavälinen, vaan hilojen tiheyden olivat suuremmat alueilla, joilla pienhiukkaspitoisuuksien tunnetaan olevan korkeampia kuten vilkkaasti liikennöityjen teiden läheisyydessä. Aineistoksi toimitetut tiedot ovat kaikkien tietojen osalta kolmen vuoden tarkastelujakson 2016–2018 korkeimmat keskiarvot pois lukien toisen vuorokauden keskiarvo, joka oli kolmen vuoden laskentajakson ajalta toiseksi korkein vuorokausikeskiarvo. (Salmi 2021.)

Taulukko 4 Ilmatieteen laitokselta tutkimukseen saatu data liittyen pienhiukkaspitoisuuksiin (Salmi 2021).

---

XXX	X-koordinaatti (ETRS-GK23FIN)
YYY	Y-koordinaatti (ETRS-GK23FIN)
PERIOD	koko laskentajakson (2016–2018) keskiarvo.
YEAR	korkein vuosikeskiarvo laskentajakson kolmesta vuosikeskiarvosta (raja-arvo).
MONTH	kuukausikeskiarvo, kolmen laskentavuoden korkein arvo
DAY	korkein vrk-keskiarvo, kolmen laskentavuoden korkein arvo (WHO ohjearvo).
2.DAY	kuukauden toiseksi korkein vrk-keskiarvo, kolmen laskentavuoden korkein arvo (ohjearvo).
HOUR	korkein tuntikeskiarvo, kolmen laskentavuoden korkein arvo
99 %H	kuukauden tuntiarvojen 99-persentiili, kolmen laskentavuoden korkein arvo (ohjearvo).

---

Aineistona puunpolton pienhiukkasten leviämismalleissa Ilmatieteen laitos käytti SYKE:n ja HSY:n tuottamia päästöarvioita ja -kertoimia erityyppisille tulisijoille sekä tähän työhön liittyvän ”Tulisijojen käyttö Turun seudulla” kyselytutkimuksen tuloksia puunpolttomäärien, tulisijojen käyttöaikojen, tulisija tyyppien sekä sijaintien osilta. Kyselytutkimuksen vastauksista Ilmatieteen laitos huomioi 792, joista omakotitaloja edusti 712 vastausta. Turun kaupungin kaupunkiympäristötoimialan jakamat kyselyt Turun Portsan alueelle huomioitiin selvityksessä omakotitaloina. Rivi- ja kerrostaloja ei selvityksessä huomioitu niiden vähäisen puun käytön takia. Asuinrakennusten päästömalleissa puunpoltosta vapautuva energia arvioitiin HSY:n (2020) mukaisesti olevan noin 7847 MJ/k-m<sup>3</sup>. Vapaa-ajanasunnot huomioitiin Tilastokeskuksen (2017) energiakulutustietojen mukaisesti. TK:n mukaan vapaa-ajanasunnoissa puulla tuotettu energia vastaa 14 % asuinrakennusten puulla tuotetusta energiasta. Selvityksessä käytettyjen asuinrakennusten ja vapaa-ajanrakennusten määrät saatiin kuntien rakennustietokannoista. (Salmi ym. 2020.)

Leviämismallilaskelmien tuloksia verrattiin Turun seudun ilmanlaadun mittausasemien vuosien 2016–2018 mittaustuloksiin. Mallinnuksen ja mittausten epävarmuudet huomioiden pienhiukkasten malli- ja mittaustulokset vastaavat hyvin toisiaan, joten mallinnuksen tulokset täyttävät mallintamisen epävarmuudelle asetetut laatutavoitteet. Näin mallinnustulokset edustavat hyvin tarkastelualueen alueellista ilmanlaatua. Turun seudulla ei mitata bentso(a)pyreeni pitoisuuksia jatkuvatoimisilla mittauksilla. (Salmi ym. 2020.)

### 3.2 YKR-aineisto

Yhdyskuntarakenteella tarkoitetaan kokonaisuutta, joka muodostuu viheralueiden, asuntojen, palveluiden, väestön, työpaikkojen ja näiden välisten liikenneväylien kesken. Yhdyskuntarakenteen seurantajärjestelmä (YKR) on Suomen ympäristökeskuksen ja Tilastokeskuksen yhdessä ylläpitämä valtakunnallinen paikkatietopohjainen aineisto, jonka lähtötiedot ovat peräisin pääasiassa Tilastokeskukselta sekä Väestörekisteristä. Tietoja aineistoon on kerätty vuodesta 1990 saakka ja niiden avulla voidaan kattavasti seurata ja analysoida eri alueilla tapahtuvia muutoksia esimerkiksi väestön, rakennusten ja maankäytön suhteen. Aineisto päivitetään viiden vuoden välein, mutta osasta aineistoa on saatavilla tietoa vuositasolla. Rekisterin tiedot kuvaavat tilannetta aina kyseisen vuoden viimeisenä päivänä. Aineistoa käyttävät muun muassa kunnat ja ympäristöhallinto, sillä se antaa kattavan kuvan Suomen yhdyskuntarakenteesta erityisesti pitkänaikavälin tarkasteluissa. Tietoja voidaan käyttää hyödyksi esimerkiksi aluesuunnittelussa ja erilaisissa selvityksissä. Saatavilla olevat tiedot koko maasta kattavat muun muassa kauppojen toimipaikat, rakennusten koot ja käyttötarkoitukset, työvoiman toimialoittain ja väestön ikä- ja sukupuolijakaumat. (SYKE 2019.) Muun muassa Tampereen kaupunki on käyttänyt YKR-aineistoa lähtöaineistona arvioidessaan yhdyskuntarakenteen ilmastovaikutuksia ja Espoon kaupunki selvittäessään liikenneturvallisuutta ja toimivaa kaupunkirakennetta (Saarinen 2019, Tampere 2019).

YKR-aineiston tiedot ovat ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa. Tiedot on poimittu 6,25 ha alueelta (250 m x 250 m), jonka jälkeen tieto on liitetty ruudun keskipisteeseen. Ruudut eivät ole riippuvaisia kuntarajoista, vaan yksi ruutu voi esiintyä useamman kunnan alueella. Näin aineiston tietoja voidaan käyttää millä tahansa rajatulla alueella, esimerkiksi kaavoitusprosesseissa. Ruutujen vahvuudeksi on mainittu esimerkiksi niiden pysyvyys muuttumattomana, joka mahdollistaa vertailun eri aikakausien välillä. Lisäksi ruudukolla pystytään käsittelemään suuri määrä tietoa suhteellisen helposti ja se luo jo lähtöpohjaisesti paremman tietosuojan kuin pistemäinen aineisto. Tietosuojan huomioiminen tämän kaltaisessa aineistossa ja sen käytössä on tärkeää, jotta esimerkiksi esitetyistä kartoista ei pystytä tunnistamaan yksittäisiä ihmisiä. Tästä syystä ruuduista, joilla muuttujia on alle kymmenen, voidaan kyseessä olevan muuttujan tiedot jättää esittämättä. Tietosuojan kanssa tulee olla erityisen huolellinen esityksissä, jotka koskevat pientä aluetta tai perusjoukkoa. Tietojen käyttö vaatii sopimuksen aineiston tuottajan kanssa. (ympäristö.fi 2013, SYKE 2019.) Tässä työssä käytetty aineisto on saatu käyttöön Turun yliopiston lisenssin kautta. Käytetyt tiedot ovat vuodelta 2017, joka on viimeinen vuosi, jolta kaikki haluttujen muuttujien tiedot ovat saatavilla.

Väestöön liittyvät tiedot ovat peräisin Väestörekisterikeskukselta ja sisältävät vakituisesti alueella asuvan väestön. Mukaan on laskettu kaikki asukkaat kansalaisuudesta huolimatta, joiden asuinpaikaksi on merkitty Suomi. Ulkomaalaisen henkilön kotipaikka merkitään Suomeksi, jos hän on saanut turvapaikkapäätöksen tai hänen oleskelunsa maassa on tarkoitus kestää yli vuoden. Väestön ulkopuolelle jäävät ulkomailla asuvat suomalaiset ja henkilöt, joiden sijaintia ei tunneta. Asuinpaikka määräytyy vakituisen asuinpaikan koordinaattien mukaan. Aineistossa on saatavilla tiedot kokonaisväestöstä ikäryhmittäin sekä sukupuolijakauman mukaisesti. Ikäryhmät on jaettu seuraaviin ryhmiin: 0–6, 7–14, 15–17, 18–29, 30–49, 50–64, 60–74 ja yli 75-vuotiaat. Väestötiedoissa ei ole rajoitteita tietosuojan osalta. (SYKE 2019.)

Asunnonhallintatiedoista käy ilmi vakituisten asuntojen hallintasuhde (omistusasunto vai vuokra-asunto) sekä rakennustyyppi kuten kerrostalo tai pientalo. Omistusasunnon kriteerinä on, että asunnon haltija omistaa kiinteistön tai asunnon osakkeet. Vuokra-asuntoihin lasketaan kaikki vuokralla olevat asunnot, olivat ne sitten vuokralla yksityiseltä, aravavuokra-asuntoja jne. Aineistolähteinä asunnonhallintatiedoissa on käytetty väestölaskentaa, Väestörekisterin rakennus- ja huoneistotietokantaa ja Tilastokeskuksen asuntokantaa. Hallintaperusteet on salattu, jos ruudulla on alle kymmenen asuntoa. (SYKE 2019.)

Tulotiedot ilmoitetaan yhden laskentahilan kokonaistulona. Lähdeaineistona tulotiedoissa on käytetty väestölaskentaa, Väestörekisterikeskuksen väestötietojärjestelmää ja rakennus- ja huoneistotietokantaa sekä Tilastokeskuksen tietoja asutokunnista ja asuinoloista. Tulotiedoissa on määrällinen tieto hilojen kokonaisväestöstä ja asutokunnista. Asutokuntaan kuuluvat kaikki samassa asunnossa asuvat asukkaat, myös alivuokralaiset. Asunnottomien, ulkomailla tai laitoksissa asuvien ei katsota kuuluvan asutokuntiin. Tulotietoja laskettaessa on otettu huomioon palkka-, yrittäjä- ja muut omaisuustulot kuten pääomatulot sekä mahdolliset muut tulosiirrot. Näistä on vähennetty maksetut tulonsiirrot, jolloin jäljelle jää asutokunnan käytettävissä olevat rahavarat. Jos asutokuntia on laskentaruudussa alle kymmenen, on sen tiedot salattu. (SYKE 2019.)

### **3.3 Kyselytutkimuksen vastausaineisto**

”Tulisijojen käyttö Turun seudulla” -kyselyyn vastasi 801 vastaajaa toukokuun 2019 loppuun mennessä (Taulukko 5). Kyselyn vastausprosentti oli 30 %. Vastausprosentti kyselyyn on tyydyttävä ottaen huomioon, että kyselystä ei ollut resursseja lähettää vastaajille muistutusta. Myöhemmin arvioituna vastausaika kyselyssä oli pitkä, noin kuukauden. Tämä saattoi aiheuttaa kyselyn tai vastausten palautuksen unohtamisen. Vaikka vastausprosentti oli melko alhainen, voidaan olettaa, että

801 vastauksella saadaan hyvä kuva puunpolton yleisyydestä ja siitä syntyvien päästöjen alueellisesta ja ajallisesta jakaumasta.

Vastauksista noin 100 annettiin sähköisesti, loput noin 700 palautettiin postitse Turun kaupungin kaupunkiympäristötoimialalle. Paperilomakkeilla saadut vastaukset siirrettiin sähköiseen muotoon manuaalisesti. Tämä vaihe oli työläs ja vei paljon aikaa, mutta samalla käytiin läpi lähes jokainen vastaus kohta kohdalta, joka antoi hyvän yleiskäsityksen vastausten sisällöstä. Vastausaineisto sisältää suuren määrän tietoa liittyen mm. tulisijojen käyttötottumuksiin, puunpolton ajalliseen jakaumaan ja puun hankintaan.

Taulukko 5 Webropol ohjelman yhteenveto vastaajista

Yhteensä	(N)	%
Kyselyyn vastanneita	801	99
Kysely avattu vastaajien toimesta	1506	186
Vastaaminen aloitettu	807	100

### 3.4 HSY:n selvitys tulisijojen käytöstä ja puunpolton päästöistä

Turun seudun tulisijojen käyttötottumuksia selvittävän kyselytutkimuksen vastauksia verrataan HSY:n (Ohtonen ym. 2020) vastaavaan tutkimukseen ”Tulisijojen käyttö ja päästöt pääkaupunkiseudulla vuonna 2018”. HSY:n kyselytutkimus suoritettiin keväällä 2019. Tulisijojen käyttötottumuksen lisäksi kyselyn avulla arvioitiin pääkaupunkiseudun puunpoltosta syntyneitä päästöjä. Lisäksi kyselyllä hankittiin tietoa EAKR (Euroopan aluekehitysrahasto) rahoittamaa Kuivaa asiaa -hankkeelle. Turun seudun kyselyssä käytetty kyselylomake oli lähes identtinen pääkaupunki seudulla käytettyyn lomakkeeseen. Kaupunkirakenne molemmilla tutkimusalueilla on samankaltainen, vaikka alueellisesti pääkaupunkiseutu on laajempi ja tiheämmin asutettu. Myös tutkimusasetelma ja tutkimuksen otos olivat hyvin samankaltaiset (Taulukko 6).

Taulukko 6 Turun seudun- ja pääkaupunkiseudun tulisijojen käyttötottumuksia tutkineiden kyselytutkimusten perusjoukot, otokset ja vastaajat.

\*Turun seudulla päätöksen lisäksi kysely jaettiin 200 puutaloasuntoon Portsan alueella, pääkaupunkiseudulla päätöksen lisäksi kysely jaettiin 400 kiinteistöön, joiden pääasiallinen lämmitysjärjestelmä perustuu puuhun. (Ohtonen ym. 2020, Salmi ym. 2020.)

	Alueen pientalot	Vapaa-ajan asunnot	Pääotos	Muu otos*	Huomioituja vastauksia	Vastaus-%
Turun seudun kyselytutkimus	36 419	Ei huomioitu	2500	200	792	30
Pääkaupunkiseudun kyselytutkimus	88 584	Ei huomioitu	2606	400	1195	39

### 3.5 Paikkatietomenetelmät

Tutkimuksessa puunpolton pienhiukkasten leviämistä ja YKR:n sosioekonomisia tekijöitä analysoitiin paikkatietoanalyysin avulla ja työkaluna käytettiin QGIS paikkatieto-ohjelmaa. QGIS on avoimen lähdekoodin paikkatietosovellus. Tässä työssä QGIS paikkatieto-ohjelmasta käytettiin versiota A Coruña long term 3.10.11. Paikkatietomenetelmistä hyödynnettiin pääasiassa päällekkäisanalyysia. Päällekkäisanalyysin avulla voidaan vertailla kahden tutkittavan kohteen sijaintia toisiinsa nähdessä ja erottaa aineistosta osia sijainnin perusteella. Tutkimuksessa päällekkäisanalyysia käytettiin, kun selvitettiin eri sosioekonomisten tekijöiden yhteyttä kohonneisiin puunpolton pienhiukkaspitoisuuksiin. Ensin Ilmatieteen laitoksen pienhiukkasaineistosta erotettiin halutut korkeimpien vuorokausi-, kuukausi- ja vuosikeskiarvojen pitoisuudet *Extract by attributes* -työkalulla. Tämän jälkeen valittuja YKR-aineiston muuttujia (Taulukko 7) verrattiin sijaintien perusteella pitoisuuksien alueelliseen leviämiseen *Extract by location* -työkalulla. Aineiston analysointi tehtiin ETRS89-TM35FIN -koordinaattijärjestelmässä. Päällekkäisanalyysissä käytettiin määrittelevänä tekijänä leikkaavaa *intersection* -ehtoa. Tällä tavoin päällekkäisanalyysi otti huomioon kaikki ne YKR-aineiston hilat, jotka leikkasivat pienhiukkasaineiston hiloja.

Taulukko 7 Valitut YKR-aineiston muuttujat ja puunpolton tarkastelujakson 2016–2018 pienhiukkaspitoisuuksien rajat, joiden osalta sosioekonomisia muuttujia tutkittiin.

	Tarkastelujakson korkeimmat vuorokausikeskiarvot (µg/m <sup>3</sup> )	Tarkastelujakson korkeimmat vuorokausikeskiarvot (µg/m <sup>3</sup> )	Tarkastelujakson korkeimmat vuorokausikeskiarvot (µg/m <sup>3</sup> )	Tarkastelujakson korkeimmat kuukausikeskiarvot (µg/m <sup>3</sup> )	Tarkastelujakson korkeimmat vuosikeskiarvot (µg/m <sup>3</sup> )
	4–5,49	5,5–7,49	7,5–9,2	1,25–1,63	0,55–0,8
Väestöikäryhmittäin (alle 18-v., 18–29-v., 30–49-v., 50–64-v., yli 65-v.)	X	X	X	X	X
Asunnon hallintasuhte	X	X	X	X	X
Rakennustyyppi	X	X	X	X	X
Pienituloiset	X	X	X	X	X
Keskituloiset	X	X	X	X	X
Suurituloiset	X	X	X	X	X

### 3.5.1 YKR-aineiston käsittely

Ennen paikkatietoanalyysia YKR-aineistoa muokattiin, jotta siitä saatavat tiedot palvelisivat paremmin tutkimusta. Asunnonhallintasuhteen ja rakennustyyppien aineistot olivat valmiina käyttöön sellaisenaan, eikä niille tehty muokkauksia. Rakennustyypeistä huomioitiin saatavilla olleet pien-, rivi- ja kerrostalot. Asuntojen hallintasuhteiden tarkastelussa jätettiin huomiotta ”muu hallintasuhte”, joka koskee rakennuksia, joiden hallintasuhte on tuntematon. Tällaisia rakennuksia on kuitenkin vain murto-osa alueen rakennuksista.

Väestöaineiston kohdalla käytettiin attribuuttitaulukon (*attribute table*) laskentatyökalua (*field calculator*), jonka avulla ikäryhmistä laskettiin yhteen aineiston alle 18-vuotiaat ja yli 65-vuotiaat. Muiden ikäryhmien osalta käytettiin aineiston valmista jakoa. Tämän lisäksi selvitettiin ikäryhmien suhteelliset osuudet tutkimusalueen kokonaisväestöstä. Näin saatiin vertailupohja sille, esiintyykö tietyllä pitoisuusalueella suhteellisesti enemmän tietyn ikäryhmän edustajia verrattuna heidän osuuteensa tutkimusalueen kokonaisväestöstä.

YKR-aineiston tulotiedot käsittelevät 250 m x 250 m hilaruudun kokonaistuloa. Väestötiheyden vaihteluista johtuen aineistoa ei ollut mielekästä tutkia sellaisenaan. Tulotietojen osalta laskettiin QGIS:n laskentatyökalun avulla hilan käytettävissä oleva rahamäärä/henkilö ja käytettävissä oleva rahamäärä/asuntokunta. Aineiston mukaan tutkimusalueen keskimääräisen asuntokunnan kooksi saatiin 1,8 henkeä, joka täsmää hyvin Turun keskimääräisen asuntokunnan kokoon, joka on 1,76 henkeä (Tilastotietoja... 2021). YKR-aineiston tulotiedoista selvitettiin tutkimusalueen yleisimmät asuntokuntien koot, jotka olivat 1 ja 2 hengen asuntokunnat ja harvinaisimpia yli 5 hengen asuntokunnat. Myös Turun kaupungin mukaan asuntokunnista 53 % on yhden hengen asuntokuntia ja vähintään viiden hengen asuntokuntien osuus alueella on alle 3 % (Tilastotietoja... 2021). Tulot jaettiin eri suuruusluokkiin mediaanitulojen avulla. Pienituloisiksi tässä tutkimuksessa määriteltiin ne, joilla on käytössään 75 % mediaanituloista. Keskituloluokkaan kuuluvat ne, joilla on käytössään 76–125 % mediaanituloista ja suurituloiseksi ne, joilla on käytössään yli 125 % mediaanituloista. Asuntokuntaakohtaiset tulot selvitettiin henkilömäärän mukaisista tuloista kertomalla tulot keskimääräisellä asuntokunnan koolla.

### 3.5.2 Ilmatieteen laitoksen leviämismallinnus

Ilmatieteen laitoksen leviämismallinnus toimitettiin CVS-tekstitiedostona, joka sisälsi tiedot pienhiukkasten pitoisuuksista 83 000 hilaruudulta. Aineiston muokkaaminen aloitettiin avaamalla tiedoston tiedot Excel-taulukkolaskentaohjelmassa, josta ne siirrettiin QGIS paikkatieto-ohjelmaan.

Tulevaa paikkatietoanalyysia varten tiedot tallennettiin Shapefile-tiedostoksi. Aineisto sisälsi pienhiukkasten tiedot 60 km x 50 km alalta, joten ensin aineistosta erotettiin *extract by location* -analyysillä tässä tutkimuksessa käytetyn alueen pitoisuustiedot. Yksittäisen pisteen alaksi valittiin analyyseissä sivuiltaan 100 m neliö. Tämän jälkeen aineisto oli rajattu tutkimusalueen mukaan ja se oli valmiiksi käytettäväksi tutkimuksessa. Eri pienhiukkaspitoisuuksia voitiin tarkastella aineistosta valitsemalla haluttu tarkastelun kohde ja määrittelemällä sille halutut raja-arvot.

### 3.6 Kyselytutkimuksen suorittaminen

Tähän työhön liittyvä kyselytutkimus suoritettiin kevään 2019 aikana. Tutkimuksen perusjoukkona toimi tutkimusalueen omakoti- ja paritalot, joiden tiedot saatiin kuntien rakennuskannoista. Otoksen kooksi määriteltiin 2500 vastaajaa, jotka valittiin QGIS:n yksinkertaisella satunnaisotannalla. Lisäksi tutkimukseen otettiin mukaan 200 Turun Portsan alueen puutaloasuntoa. Tutkimuksessa käytettiin standardoitua-, eli vakioitua lomaketta, jossa kaikille vastaajille esitettiin samat kysymykset samassa järjestyksessä. Kyselykaavakkeet lähetettiin valikoituneille vastaajille postitse, sillä sijainnin selvittämisen ja anonymiteetin säilyttämiseksi avoin, internetissä suoritettu kyselytutkimus ei soveltunut tähän tutkimukseen. Portsan alueen puutaloasunnoille kyselylomakkeet jaettiin Turun kaupungin kaupunkiympäristötoimialan toimesta. Vastaajien yksityisyydensuoja turvattiin vastauskoodilla, joka oli liitetty rakennukseen. Koodiavain oli käytössä ainoastaan Turun kaupungin kaupunkiympäristötoimialan edustajilla. Tässä tutkimuksessa ei siis tarkastella kyselytutkimuksen yksittäisten vastauksien sijainteja, sillä vastauksista haluttiin selvittää yleisimpiä puunpolttoaikoja ja tulisijojen käyttötottumuksia yleisesti koko tutkimusalueelta. Ilmatieteen laitoksen laskema puunpolton pienhiukkasmallinnus on tehty osittain perustuen kyselytutkimuksen tuloksiin, joten mallinnuksen kautta alueelliset erot poltettavan puun määrässä tulevat otetuksi huomioon pienhiukkaspitoisuuksien kautta.

Kysymyksiä lomakkeessa oli yhteensä 37, pääasiassa suljettuja monivalintakysymyksiä. Valintakysymysten vastausvaihtoehtojen määrä riippui kysymyksestä ja oli pienimmillään yksinkertainen kyllä/ei -vastaus. Monimutkaisemmissa kysymyksissä vastausvaihtoehtoja oli useita ja niissä käytettiin myös sekamuotoisia kysymyksiä. Sekamuotoisia kysymyksiä käytetään, kun vastausvaihtoehtoja on useita, eikä niitä kaikki tunnisteta tai ei ole mahdollista listata. Tällöin valintakysymyksen lisätään esimerkiksi vastausvaihtoehto ”muu, mikä?”. Kyselyssä oli kaksi avointa kysymystä. Toisessa vastaajien oli mahdollista kertoa polttopuun varastointiin liittyviä ajatuksiaan. Toiseen avoimeen kysymykseen vastaajat saivat vapaasti kirjoittaa omia tuntojaan puunpoltoon liittyen.

Avoimet kysymykset liittyivät pääasiassa ”Kuivaa asiaa” hankkeen tarpeisiin, eikä niitä analysoitu tässä tutkimuksessa. Perustietoihin liittyviä kysymyksiä oli 6. Niillä selvitettiin kyselyn tunniste- numero sijainnin selvittämiseksi, sekä tieto poltetaanko kiinteistöllä ylipäättään puuta vai ei. Tämän lisäksi perustiedoiksi vaadittiin tiedot kiinteistötyypistä ja rakennusvuodesta, rakennuksen lämmitysjärjestelmästä ja niihin tehdyistä korjauksista ja parannuksista. Perustietojen jälkeen niiltä vastaajilta, jotka ilmoittivat polttavansa puuta, selvitettiin mm. poltettavan puun määrä, puun hankinta- ja säilytystapoja, rakennuksessa olevat tulisijatyyppit, tulisijoihin tehdyt korjaukset sekä arviot puunpolton ajankohdista kuukausi-, viikko- ja tuntitasolla. Ei puuta polttavat ohjattiin perustietokysymysten jälkeen kyselyn loppuun.

Koska tutkimuksessa oltiin kiinnostuneita rakennukseen liittyvistä tiedoista, vastaajia ei tarvinnut nimetä erikseen, vaan kuka tahansa rakennuksessa asuva tai rakennusta käyttävä pystyi vastaamaan kyselyyn. Kyselyssä huomioitiin tulipesinä myös puulämmitteiset saunanpesät sekä paljut, pihakeittiöt ja muut pienet tulipesät. Vastaaminen oli mahdollista postittamalla lomake vastauskuoressa Turun kaupungin kaupunkiympäristötoimialalle tai vaihtoehtoisesti sähköisesti internetissä Webropol-järjestelmän kautta. Sähköiseen kyselyyn ohjasi postitse lähetetyssä lomakkeessa oleva QR-koodi.

Kyselystä saatuja määrällisiä vastauksia analysoitiin Webropol-ohjelmiston ja Excel taulukkolaskentaohjelman avulla. Tulosten tulkinnat esitetään pääasiassa erilaisina kaavioina ja taulukoina. Tavoitteena on esittää tutkimuksesta saatuja tuloksia helposti sisäistettävässä muodossa. Samalla pyritään välttämään suurta määrää numeraalisia arvoja ja antamaan lukijalle tulkintoja, joissa eri parametrejä on suhteutettu toisiinsa.

## 4 Tulokset

### 4.1 Pienhiukkasten korkeimpien pitoisuuksien alueellinen jakauma

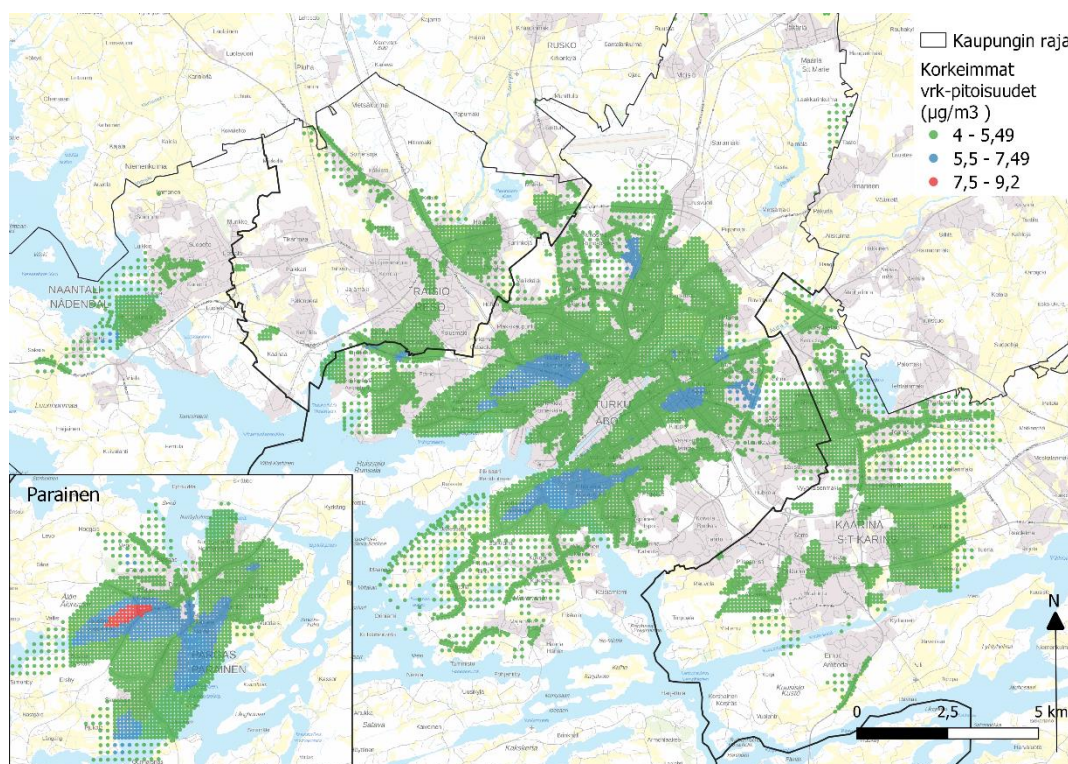
Puunpolton pienhiukkaspitoisuuksien leviämismallinnuksen hilaruutujen perustiedot tutkimusalueelta löytyvät taulukosta 8. Tiedot koskevat tarkastelujakson 2016–2018 korkeimpia pitoisuuksia pois lukien tarkastelujakson keskiarvo, joka on 3 vuoden tarkastelujakson keskiarvo ja 2. korkein vuorokausikeskiarvo. Pitoisuuksien vuorokausikeskiarvon tarkastelussa keskityttiin niihin pitoisuuksiin, jotka ylittävät tutkimusalueella vuosittaisen taustapitoisuuden  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Alimman tarkasteltavan vuorokausipitoisuuden yläraja saatiin kertomalla maksimi pitoisuus 0,6:lla ja pyöristämällä se lähimpään puolikkaaseen ( $5,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Vuorokausipitoisuuksien keskimmäiseen luokkaan sisältyvät pitoisuudet, jotka ovat noin 60–85 % maksimipitoisuudesta (pyöristettynä lähimpään puolikkaaseen  $5,5\text{--}7,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ja korkeimpaan luokkaan kuuluvat pitoisuudet, jotka ovat 85 % ja yli maksimipitoisuudesta. Kuukausi- ja vuosikeskiarvojen tarkastelussa rajat määriteltiin niin, että analysointiin otettiin mukaan 30 % maksimipitoisuudesta.

*Taulukko 8 Ilmatieteen laitoksen puunpolton pienhiukkaspitoisuuksien leviämismallinnuksen perustiedot jaoteltuna eri aikajaksoille. Pitoisuudet kuvaavat koko tarkastelujakson 2016–2018 korkeimpia pitoisuuksia lukuun ottamatta tarkastelujakson keskiarvoa ja 2. korkeinta vuorokausikeskiarvoa. (Aineisto: Salmi 2021.)*

	Tarkastelujakson 2016–2018 keskiarvo	Korkein vuosikeskiarvo	Korkein kuukausikeskiarvo	Korkein vrk-keskiarvo	2. korkein vrk-keskiarvo	Korkein tuntikeskiarvo	Korkein kuukauden tuntiarvojen 99-persentiili
Mediaani	0,231	0,256	0,619	2,997	2,042	18,239	9,316
Keskiarvo	0,255	0,282	0,649	2,952	2,033	18,954	9,282
Maksimi	0,711	0,784	1,625	9,112	5,502	48,194	24,319
Minimi	0,033	0,033	0,088	0,697	0,370	5,504	1,562
Keskihajonta	0,165	0,184	0,380	1,268	0,924	7,594	4,305
Vaihteluväli	0,678	0,751	1,537	8,415	5,132	42,690	22,756

Puunpolton yli  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pienhiukkaspitoisuuksia löytyy tutkimusalueelta laajasti (Kuva 18).  $7,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja sitä korkeampia puunpolton pienhiukkaspitoisuuksia esiintyy ainoastaan Paraisten keskustan alueella, josta löytyvät myös kaupungin muut korkeimmat puunpolton pienhiukkaspitoisuudet. Paraisten keskustan alueella poltetaan siis enemmän puuta kuin tutkimusalueen muiden kaupunkien alueella. Parainen poikkeaa muista tutkimusalueen kaupungeista rakenteeltaan, sillä alue on muita kaupunkeja maaseutumaisempi ja kerrostaloja löytyy vain harvakseltaan. Rakennustyyppin mukaisesti jaottelusta nähdään, että yli  $7,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pitoisuuksien alueelle osuu YKR-aineiston mukaan 97

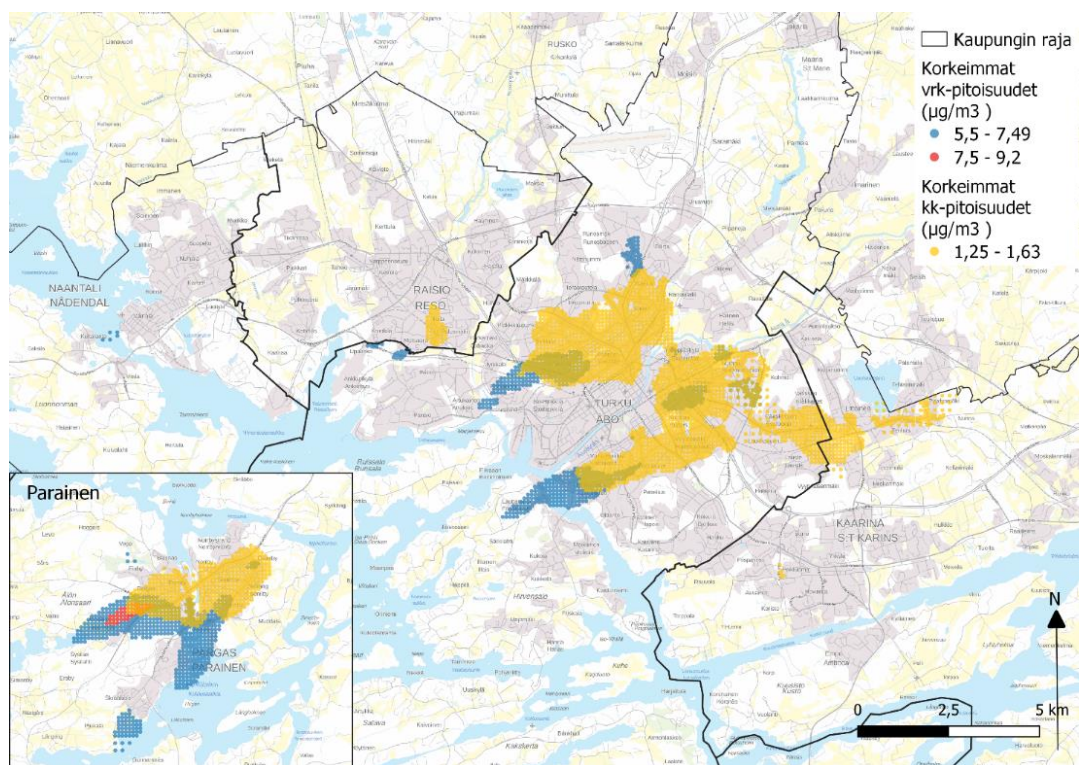
pientaloa, mutta ei yhtään kerros- tai rivitaloa-asuntoa (Kuva 21). Raisiossa ja Kaarinassa  $5,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ylittäviä puunpolton pienhiukkaspitoisuuksien vuorokausikeskiarvoja ei esiinny. Naantalissa korkeimmat puunpolton pienhiukkasten vuorokausikeskiarvot löytyvät Kultarannan edustalta, Ruonan ja Nuhjalan alueilta, Raisiossa Inkoisten ja Vaisaaren alueelta sekä Kuloisista ja Kaarinassa Voivalan-, Kesämäen- ja Krossin muodostamalta alueelta. Turussa korkeimpia vuorokausikeskiarvoja löytyy laajimmalta alueelta. Pääosin alueet sijaitsevat Turun Kehätien (E18) sisäpuolella. Yli  $5,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pitoisuuksia tavataan Turussa Pitkämäen ja Pahanien välisellä alueella, Lauttarannasta Vähäheikkilään ja Kupittaaan alueella.



Kuva 18 Puunpolton pienhiukkasten korkeimmat mallinnetut vuorokausipitoisuudet tarkastelujaksolla 2016–2018. Yli  $7,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vuorokausipitoisuuksia löytyi tarkastelujaksolla ainoastaan Paraisten keskustasta. Raisiossa, Naantalissa ja Kaarinassa ei esiintynyt tarkastelujaksolla yli  $5,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  puunpolton pienpitoisuuksia. (Aineisto: Pienhiukkasaineisto IL 2021, taustakartta Maanmittauslaitos 2021.)

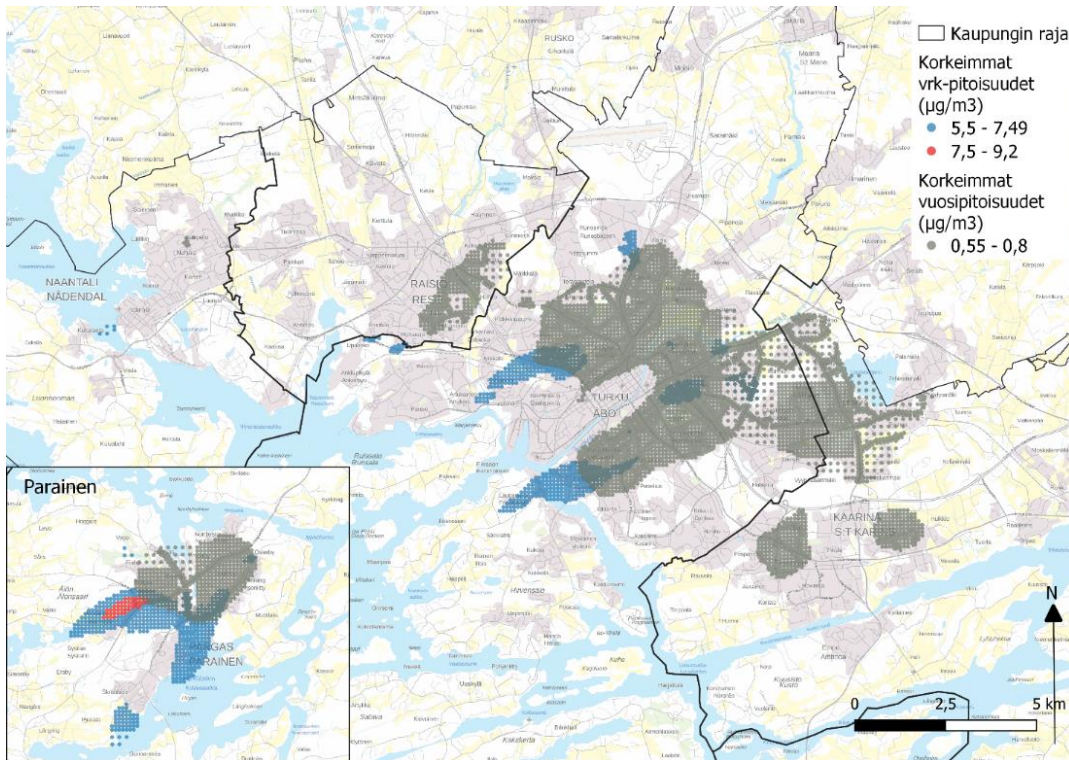
Korkeimmat puunpolton pienhiukkaspitoisuuksien kuukausikeskiarvot sijoittuvat eri alueille kuin kaikkein korkeimmat vuorokausikeskiarvot. Kuukausikeskiarvopitoisuudet ovat korkeimmillaan pääasiassa alueilla, joilla korkeimmat vuorokautiset keskiarvopitoisuudet sijoittuvat  $4\text{--}5,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  välille (Kuva 19). Alueellisesti korkeimpia kuukausikeskiarvopitoisuuksia tavattiin tarkastelujaksolla 2016–2018 laajimmin Turussa ja Paraisilla. Raisiossa ja Kaarinassa pitoisuuksia esiintyy vain vähän. Naantalissa ei tavattu tämän tutkimuksen mukaisesti rajattuja korkeimpia kuukausikeskiar-

von pitoisuuksia. Tulkinnan helpottamiseksi kuvasta on jätetty pois vuorokausikeskiarvojen alle  $5,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pitoisuudet. Syytä puunpolton pienhiukkaspitoisuuksien korkeimpien vuorokausi- ja kuukausipitoisuuksien alueelliselle erolle voidaan selittää Suomessa vallitsevilla lounaistuulilla. Alueella tuulensuunta asettuu etelän ja lännen väliin, joten se kuljettaa pienhiukkaspäästöjä koillisen suuntaan (Tuulisuus... s.a.). Alueen omien vuorokautisten keskiarvopitoisuuksien ja tuulen muualta kuljettamien puunpolton pienhiukkaspitoisuuksien yhteisvaikutuksesta pidemmän aikavälin kuten kuukausikeskiarvopitoisuudet kohoavat korkeammiksi.



Kuva 19 Tarkastelujakson 2016–2018 puunpolton korkeimpien pienhiukkaspitoisuuksien mallinnettujen vuorokausi- ja kuukausikeskiarvojen alueellinen jakauma, kun tarkastellaan yli  $5,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pitoisuuden vuorokausikeskiarvoa ja yli  $1,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pitoisuuden kuukausikeskiarvoa. (Aineisto: pienhiukkasaineisto IL 2021, taustakartta Maanmittauslaitos 2021.)

Edellistä vastaava tilanne huomataan, kun tarkastellaan tutkimusalueen puunpolton pienhiukkasten korkeimpia vuosipitoisuuksien suhdetta korkeimpiin vuorokausipitoisuuksiin (Kuva 20). Puunpolton pienhiukkaspitoisuuksien korkeimmat vuosikeskiarvopitoisuudet sijaitsevat samoilla alueilla, joilla tavataan korkeimmat kuukausikeskiarvot. Laajimmin näitä alueita löytyy tutkimusalueelta Turun Kehätien (E18) sisäpuolelta ja Paraisten keskustasta. Näiden lisäksi korkeimpia vuosikeskiarvopitoisuuksia tavataan Raisiossa Ihalan ja Kuloisten välisellä alueella, Kaarinassa Sorron ja Voivalan alueilla ja Naantalissa hyvin pienellä alalla Suopellon alueella.



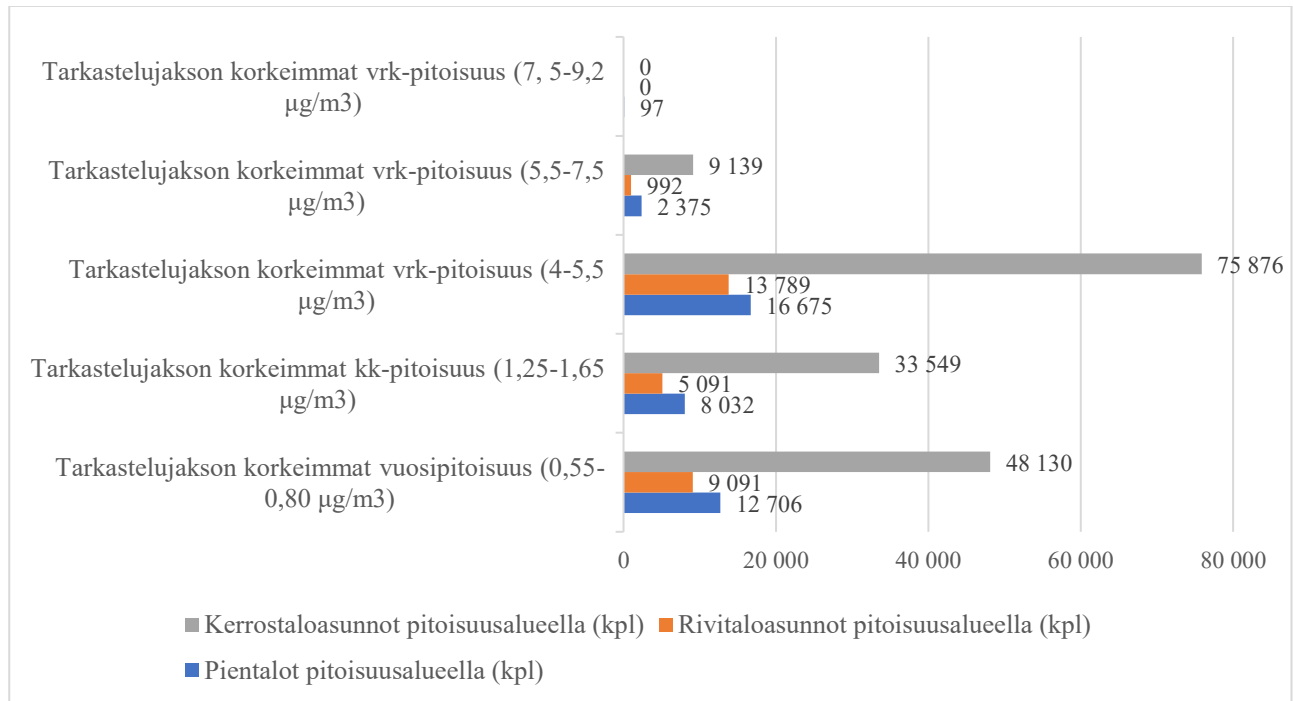
Kuva 20 Tarkastelujakson 2016–2018 korkeimpien puunpolton pienhiukkaspitoisuuksien vuorokausi- ja vuosikeskiarvojen alueellinen jakauma, kun tarkastellaan yli  $5,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vuorokausipitoisuuksia ja yli  $0,55$  vuosipitoisuuksia. (Aineisto: pienhiukkasaineisto IL 2021, taustakartta Maanmittauslaitos 2021.)

## 4.2 Puunpolton pienhiukkasille altistuvat väestöryhmät

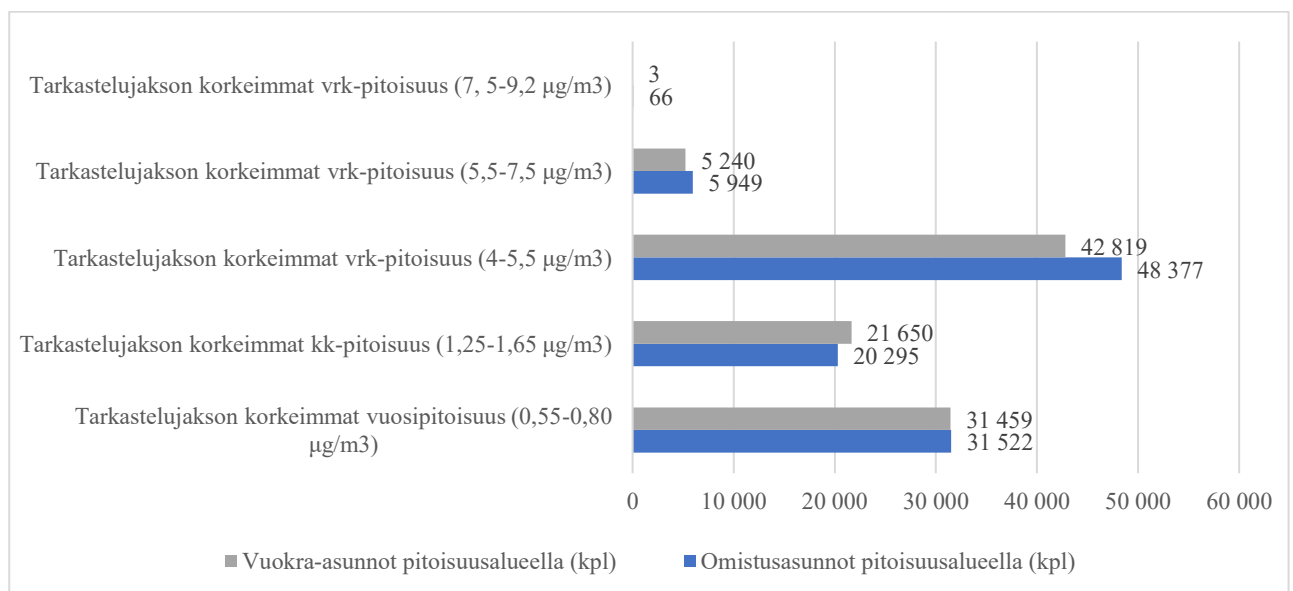
### 4.2.1 Rakennustyyppin ja asunnonhallintasuhteen merkitys

Tässä tutkimuksessa määriteltyjen korkeimpien puunpolton pienhiukkaspitoisuuksien alueilla yleisin rakennustyyppi on kerrostalo. Näin ollen suurimpien puunpolton pienhiukkaspitoisuuksien ja siis potentiaalisesti voimakkaimman altistumisen alueella suurin väestöryhmä ovat kerrostaloasujat (Kuva 21). Altistuvien asukkaiden määrään ei tämän tutkimuksen aineistolla voida ottaa kantaa, sillä aineistosta ei pystytty erittelemään asutokuntien kokoa rakennustyypeittäin. Rivitaloja on jokaisella tarkastellulla alueella vähemmän kuin pientaloja. Ainoastaan Paraisten keskustassa korkeimmille puunpolton vuorokausikeskiarvoille altistuu enemmän pientaloissa kuin kerrostaloissa asuvia asukkaita. Asunnonhallintasuhteella ei näyttäisi olevan juurikaan merkitystä pienhiukkaspitoisuuksille altistumisessa (Kuva 22). Alueilla, joilla kohonneita pitoisuuksia esiintyy, ei omistus-asuntojen ja vuokra-asuntojen välillä ole juurikaan eroa. Poikkeuksena tässäkin Paraisten keskustan alue, jossa korkeimpien puunpolton pienhiukkaspitoisuuksien vuorokausikeskiarvojen alueella esiintyi ainoastaan 3 vuokra-asuntoa. Seuraavaksi suurin ero on  $4\text{--}5,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vuorokausipitoisuuksien

sien alueella, jossa vuokra-asuntojen osuus on 53 %. Erot asunnonhallintasuhteiden välillä ovat siis pienet. Rakennustyyppit ja asuntojenhallintasuhteet löytyvät määrällisesti jaoteltuna pitoisuusalueiden mukaisesti taulukosta 9.



Kuva 21 eri puunpolton pienhiukkaspitoisuusalueilla esiintyvät rakennustyyppit jaoteltuna pienhiukkaspitoisuuksien mukaisesti (Aineisto: YKR/SYKE ja TK 2021, pienhiukkasaineisto IL 2021.)

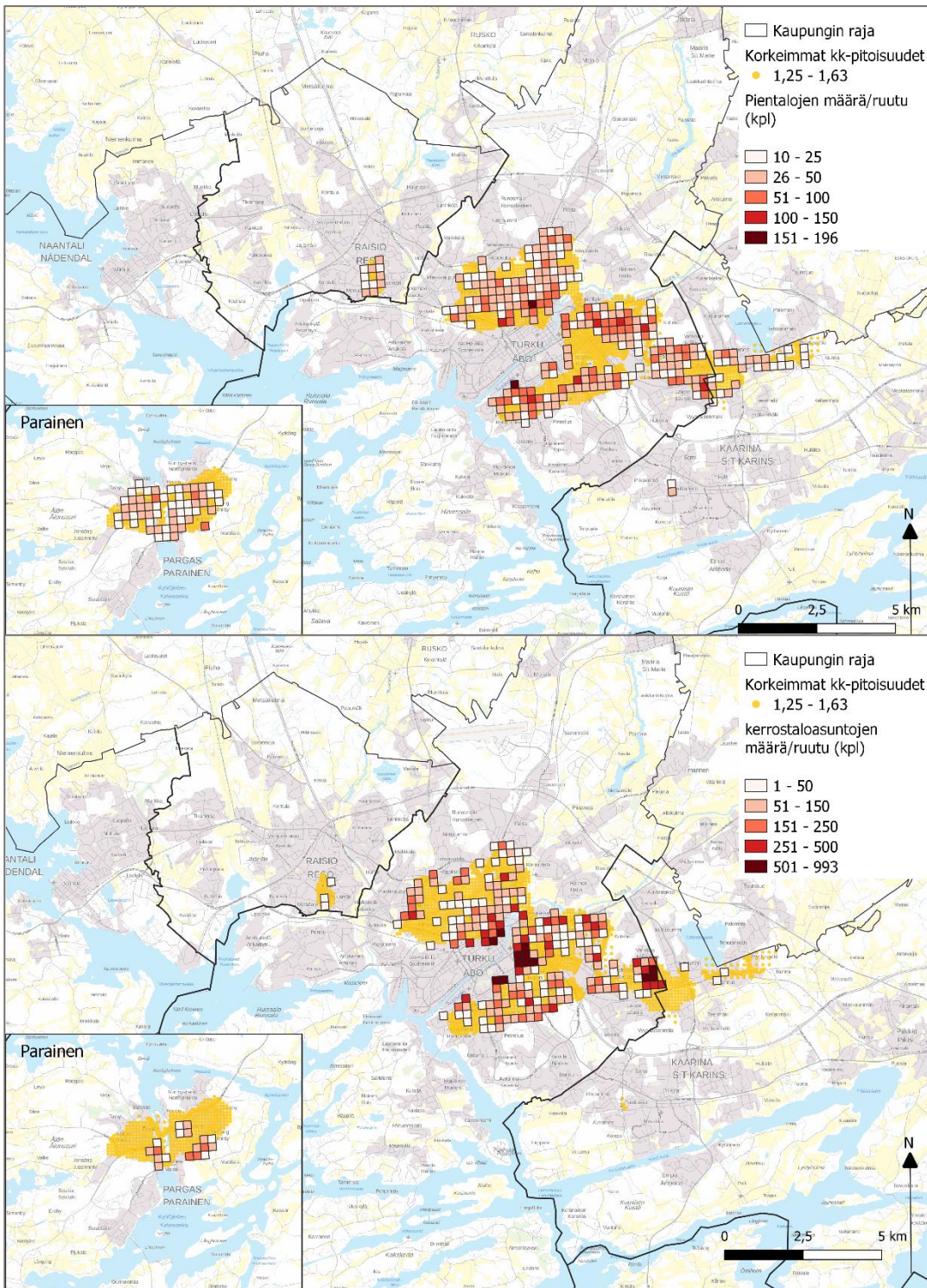


Kuva 22 Asuntojen hallintasuhteet jaoteltuna puunpolton pienhiukkaspitoisuuksien mukaan. (Aineisto: YKR/SYKE ja TK 2021, pienhiukkasaineisto IL 2021.)

Taulukko 9 Rakennustyyppit ja asuntojen hallintasuhteiden määrälliset jakaumat puunpolton pienhiukkaspitoisuusalueiden mukaisesti (Aineisto: YKR/SYKE ja TK 2021, puunpolton pienhiukkasaineisto IL 2021).

	Korkeimmat vuosipitoisuudet (0,55–0,80 µg/m <sup>3</sup> )	Korkeimmat kk-pitoisuudet (1,25–1,65 µg/m <sup>3</sup> )	Korkeimmat vrk-pitoisuudet (4–5,5 µg/m <sup>3</sup> )	Korkeimmat vrk-pitoisuudet (5,5–7,5 µg/m <sup>3</sup> )	Korkeimmat vrk-pitoisuudet (7, 5–9,2 µg/m <sup>3</sup> )
Pientalot pitoisuusalueella (kpl)	12 706	8 032	16 675	2 375	97
Rivitaloasunnot pitoisuusalueella (kpl)	9 091	5 091	13 789	992	0
Kerrostaloasunnot pitoisuusalueella (kpl)	48 130	33 549	75 876	9 139	0
Omistusasunnot pitoisuusalueella (kpl)	31 522	20 295	48 377	5 949	66
Vuokra-asunnot pitoisuusalueella (kpl)	31 459	21 650	42 819	5 240	3

Pientalojen ja kerrostaloasuntojen jakautumisessa tutkimusalueella on nähtävissä selviä eroja (Kuva 23). Kun sijainteja tarkastellaan tarkastelujakson 2016–2018 korkeimman puunpolton pienhiukkaspitoisuuden kuukausikeskiarvon kautta huomataan, että kerrostaloissa asuvat altistuvat pienhiukkaspitoisuuksien korkeammille kuukausikeskiarvoille erityisesti Varissuolla, Pohjolan ja Raunistulan välisellä alueella sekä Mäntymäessä. Pientaloja korkeimman kuukausikeskiarvon alueella sijaitsee etenkin Vähäheikkilässä, Pohjolassa, Kupittaaan ja Itäharjun alueella. Tarkastelussa on huomioitava pientaloasuntojen määrän olevan tiheimmilläänkin hyvin paljon pienempi verrattuna kerrostaloasuntojen tiheimpiin keskittymiin. Tutkimusalueella yhdellä 250 m x 250 m ruudulla on maksimissaan 196 pientaloasuntoa, kun kerrostaloasuntoja esiintyy korkeimmillaan 993 kappaletta samansuuruisella alueella.



Kuva 23 Pientalojen jakauma suhteessa tarkastelujakson 2016–2018 puunpolton korkeimpaan kuukausikeskiarvon pienhiukkaspitoisuuksiin (yläkuva) ja kerrostaloasunnot samojen pitoisuuksien mukaan jaoteltuna (alakuva) (Aineisto: YKR/SYKE ja TK 2021, pienhiukkasaineisto IL 2021, taustakartta Maanmittauslaitos 2021).

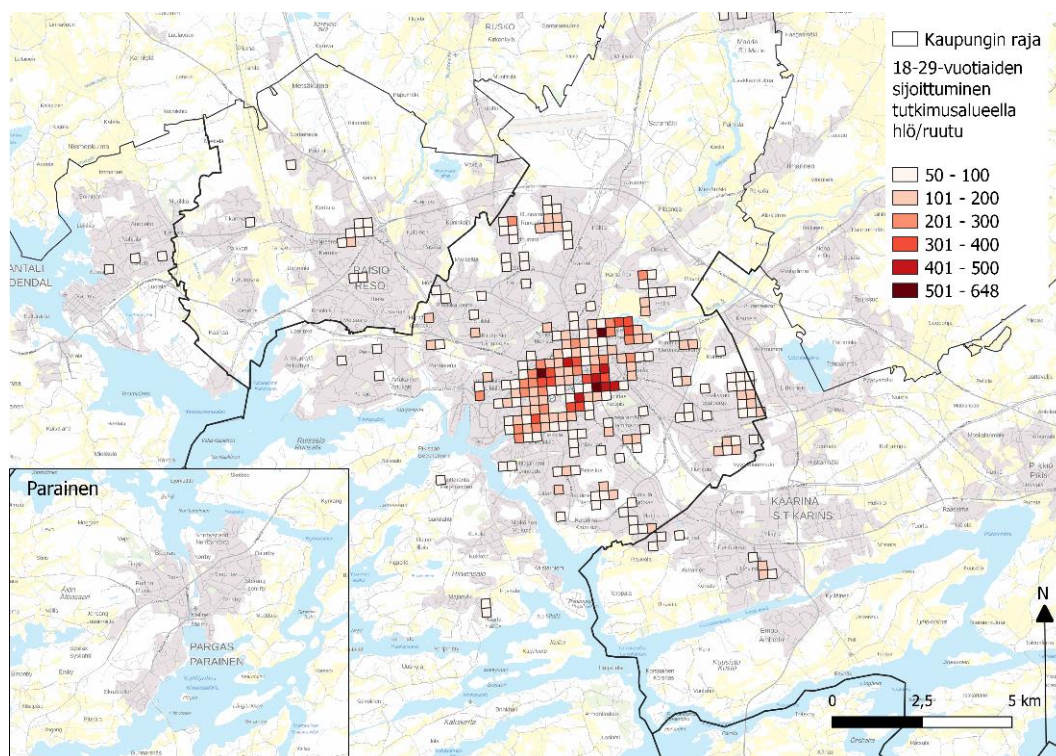
#### 4.2.2 Ikäryhmän merkitys

Nuoret aikuiset (18–29-vuotiaat) altistuvat puunpolton korkeammille pienhiukkasille useimmin kuin heidän suhteellinen osuutensa tutkimusalueen kokonaisväestöstä antaisi olettaa (Taulukko 10). Kokonaisväestöön suhteutettuna alle 18-vuotiaat ja 50–65-vuotiaat sitä vastoin altistuvat näille pienhiukkasille hieman harvemmin. Erot kokonaisväestön suhteellisiin osuuksiin ovat kuitenkin pienet. Poikkeuksena korkeimpien vuorokausipitoisuuksien (7,5–9,2 µg/m<sup>3</sup>) alue, joka sijoittuu Paraisien keskustaana. Alueella suhteellisesti eniten altistuvat 30–49- ja alle 18-vuotiaat. Paraisilla nuoret aikuiset altistuvat korkeimmille vuorokausipitoisuuksille selvästi harvimmin.

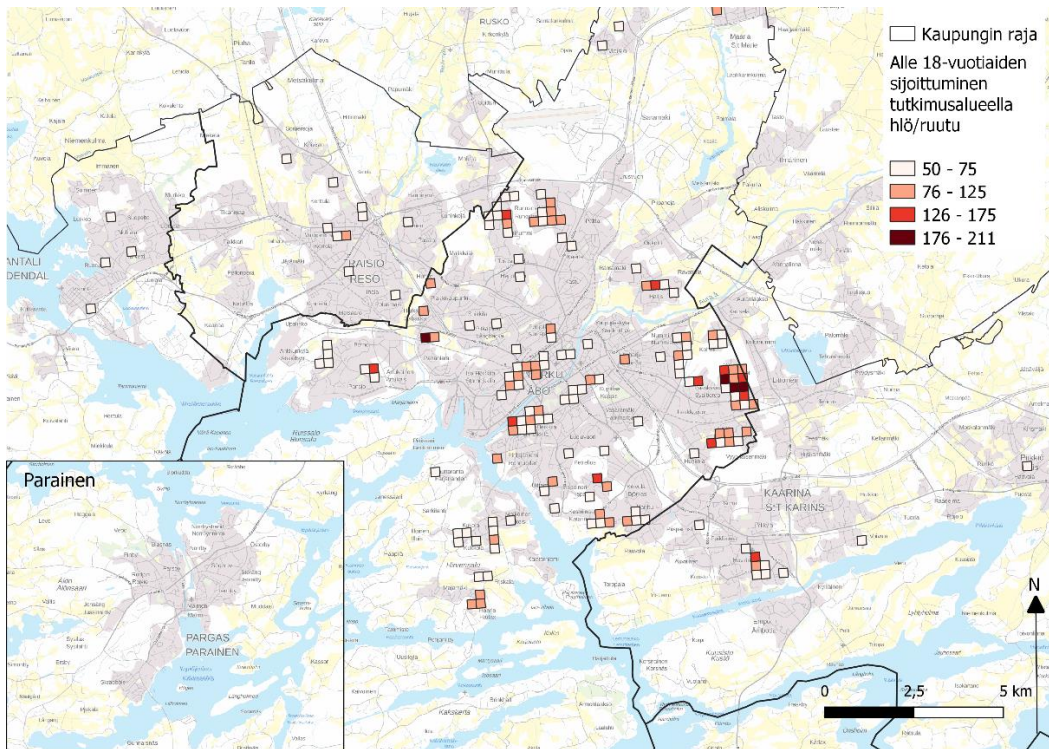
*Taulukko 10 Tutkimusalueen ikäryhmien määrälliset ja suhteelliset osuudet kokonaisväestön ja pitoisuusalueiden mukaisesti jaettuna (Aineisto: YKR/SYKE ja TK 2021, pienhiukkasaineisto IL 2021).*

	Korkeimmat vuosipitoisuudet (0,55–0,80 µg/m <sup>3</sup> )	Korkeimmat kk-pitoisuudet (1,25–1,65 µg/m <sup>3</sup> )	Korkeimmat vrk-pitoisuudet (4–5,5 µg/m <sup>3</sup> )	Korkeimmat vrk-pitoisuudet (5,5–7,5 µg/m <sup>3</sup> )	Korkeimmat vrk-pitoisuudet (7,5–9,2 µg/m <sup>3</sup> )	Kokonaisväestön suhteellinen osuus ikäryhmittäin
Kokonaisväestö pitoisuusalueella (hlö)	116 227	75 384	176 044	20 599	244	268 894
Alle 18-vuotiaat pitoisuusalueella (hlö)	17 591	10 867	27 391	2 966	61	
Alle 18-vuotiaiden osuus	15 %	14 %	16 %	14 %	25 %	17 %
18–29-vuotiaat pitoisuusalueella (hlö)	27 058	18 206	37 163	4 729	20	
18–29-vuotiaiden osuus	23 %	24 %	21 %	23 %	8 %	19 %
30–49-vuotiaat pitoisuusalueella (hlö)	28 644	18 101	43 272	4 812	73	
30–49-vuotiaiden osuus	25 %	24 %	25 %	23 %	30 %	25 %
50–64-vuotiaat pitoisuusalueella (hlö)	19 174	12 320	30 309	3 446	48	
50–64-vuotiaiden osuus	16 %	16 %	17 %	17 %	20 %	18 %
Yli 65-vuotiaat pitoisuusalueella (hlö)	23 760	15 890	37 909	4 646	42	
Yli 65-vuotiaiden osuus	20 %	21 %	22 %	23 %	17 %	21 %

Syytä nuorten aikuisten yleisempään altistumiseen verrattuna alle 18-vuotiaisiin tarkastellaan ikäryhmien alueellisella jakautumisella (Kuvat 24 ja 25). Nuoret aikuiset ja alle 18-vuotiaat sijoittuvat tutkimusalueella eri alueille. Nuoret aikuiset ovat keskittyneet erityisesti Turun keskustaa ympäröivälle alueella, jolla puunpoltton pienhiukkasten korkeimpia pitoisuuksia tavataan laajasti. Alle 18-vuotiaat sijoittuvat tasaisemmin tutkimusalueelle, eikä selkeää keskittymää Turun keskustan läheisellä alueella ole havaittavissa. Tiheimmät alle 18-vuotiaiden keskittymät löytyvät Turun itäosista, jossa esiintyy kohonneita kuukausi- ja vuosipitoisuuksia. Pääasiassa alle 18-vuotiaat asuvat alueilla, joissa vuorokausipitoisuudet ovat 4–5,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  välillä. Paraisten keskustassa alle 18-vuotiaat altistuvat suhteellisesti useimmin korkeimmille vuorokausipitoisuuksille, vaikka alueelta ei löydy ruutuja, joissa heitä olisi yli 50 henkeä.



Kuva 24 Nuorten aikuisten jakauma tutkimusalueella. Mukana hilaruudut, joissa 18–29-vuotiaita esiintyy yli 50 henkilöä/hilaruutu. Nuoria aikuisia asuu selvästi tiheimmin Turun keskustaa ympäröivälle alueella, jolla korkeampia puunpoltton pienhiukkaspitoisuuksia esiintyy laajasti. (Aineisto: YKR/SYKE ja TK 2021, pienhiukkasaineisto IL 2021, taustakartta Maanmittauslaitos 2021.)



Kuva 25 Alle 18-vuotiaiden alueellinen jakauma tutkimusalueella. Alle 18-vuotiaat altistuvat puunpolton kohonneille pienhiukkaspitoisuuksille etenkin Turun itäosissa. (Aineisto: YKR/SYKE ja TK 2021, pienhiukkasaineisto IL 2021, taustakartta Maanmittauslaitos 2021.)

#### 4.2.3 Tulojen merkitys

YKR-aineiston tulotiedot ovat käytettävissä 1714 ruudun osalta. Tulorajat tulojen tarkastelua varten määriteltiin keskimääräisen asutokunnan koon ja mediaanitulojen perusteella (Taulukko 11).

Taulukko 11 YKR-aineiston ruutukohtaisten tulotietojen esittely. Käytettävissä olevat tulot/a kertoo yhden YKR-ruudun kokonaistulon vuodessa. (aineisto: YKR/SYKE ja TK 2021).

	Käytettävissä olevat tulot/a	Asutokunnat yhteensä	Henkilömäärä yhteensä	Asutokunnat, joissa alle 18- vuotiaita	Tu- lot/asutokunta/a	Tu- lot/henkilö/a
Mediaani	1825121,00	37,00	85,00	10,00	46349,50	20318,00
Keskiarvo	2852965,33	77,90	142,78	14,04	48216,87	21343,02
Min	259120,00	10,00	14,00	0,00	14102,00	10188,00
Max	34511717,00	1155,00	1614,00	112,00	283109,00	113244,00
Keskihajonta	3196921,27	109,00	164,38	13,53	21502,80	6609,51
Vaihteluväli	34252597,00	1145,00	1600,00	112,00	269007,00	103056,00

*Taulukko 12 Eri tuloluokkien rajaukset. Laskennassa käytetty oletusta, jonka mukaan pienituloisilla on käytettävissä 75 % mediaanituloista, keskituloisilla 76–125 % ja suurituloisilla yli 125 %. Asuntokunnan kokona käytettyä YKR-aineistosta laskettua keskimääräistä asuntokunnan kokoa 1,8 henkeä. (Aineisto: YKR/SYKE ja TK 2021.)*

	Pienituloiset (€/a)	Keskituloiset (€/a)	Suurituloiset (€/a)
Tulot/hlö	Alle 15035	15036–25398	Yli 25399
Tulot/asuntokunta	Alle 27429	27429–54859	Yli 54860

Keskituloiset altistuvat tutkimusalueella useimmin puunpolton pienhiukkasille, kun asiaa tarkastellaan määrällisen tiedon avulla (Taulukko 13). Suhteellisia osuuksia tarkasteltaessa huomataan kuitenkin, että heidän määräänsä nähden altistuvien määrä ei poikkea ikäryhmän yleisestä esiintyvyydestä. Tuloluokkien osuuksista ei juurikaan voida nostaa esiin ryhmää, jonka altistus poikkeaisi selkeästi ryhmän suhteellisesta osuudesta kokonaistuloaineistossa. Joukosta selvimmän erottuvat suurituloiset asuntokunnat, jotka näyttäisivät altistuvan muille kuin yli 7,5 µg/m<sup>3</sup> vuorokausipitoisuuksille suhteellista osuuttaan harvemmin. Keskituloiset ja jonkin verran myös pienituloiset asuntokunnat altistuvat sitä vastoin puunpolton pienhiukkaspitoisuuksille suhteellista osuuttaan jonkin verran enemmän. Henkilömäärän mukaan selvimmät erot nähdään alueella, jossa puunpolton pienhiukkaspitoisuuden korkeimman vuorokausikeskiarvon pitoisuus asettuu väliin 5,5–7,5 µg/m<sup>3</sup>. Näille pitoisuuksille altistuvat selkeästi suhteellista osuuttaan useammin suurituloiset, kun taas pienituloiset altistuvat näille pitoisuuksille vain harvoin. Muuten prosentuaalinen vaihtelu pysyy muutama prosenttiyksikön sisällä kokonaistuloluokkien suhteellisista osuuksista. Alueen, jossa vuorokausipitoisuudet ovat välillä 7,5–9,2 µg/m<sup>3</sup> suhteellisiin osuuksiin ei pidä kiinnittää liikaa huomiota, sillä tiedot olivat saatavilla vain Paraisten alueelta 3 hilaruudun osalta. Pienen joukon vuoksi tuloksia ei voida yleistää. Tulotiedot on salattu ruuduissa, joissa asukkaita on alle 10.

Taulukko 13 Tutkimusalueen tulotiedot jaoteltuna puunpolton pienhiukkaspitoisuusalueiden mukaisesti. Tuloluokat on jaettu pieni-, keski- ja suurituloisiin mediaanitulojen avulla. Asuntokunnan keskimääräiseksi kooksi määriteltiin 1,8 henkilöä. (YKR/SYKE ja TK 2021, pienhiukkasaineisto IL 2021.)

	Korkeimmat vuosipitoisuudet (0,55–0,80 µg/m <sup>3</sup> )	Korkeimmat kk-pitoisuudet (1,25–1,65 µg/m <sup>3</sup> )	Korkeimmat vrk-pitoisuudet (4–5,5 µg/m <sup>3</sup> )	Korkeimmat vrk-pitoisuudet (5,5–7,5 µg/m <sup>3</sup> )	Korkeimmat vrk-pitoisuudet (7,5–9,2 µg/m <sup>3</sup> )	Koko tuloaineistosta
Tuloruutuja pitoisuusalueella yhteensä (kpl)	799	494	1 595	176	10	5054
Tulotiedot saatavilla ruudusta (kpl)	669	415	1 018	121	3	1714
Tulot alle 15035 €/hlö (kpl)	40	26	73	1	0	99
Suhteellinen osuus	6 %	6 %	7 %	1 %	0 %	6 %
Tulot 15036–25398 €/hlö (kpl)	554	351	824	96	3	1384
Suhteellinen osuus	83 %	85 %	81 %	79 %	100 %	81 %
Tulot yli 25399 €/hlö (kpl)	72	38	121	24	0	231
Suhteellinen osuus	11 %	9 %	12 %	20 %	0 %	13 %
Tulot alle 27429 €/asuntokunta (kpl)	75	62	134	12	0	188
Suhteellinen osuus	11 %	15 %	13 %	10 %	0 %	11 %
Tulot 27430–54859 €/asuntokunta (kpl)	421	259	618	76	2	1015
Suhteellinen osuus	63 %	62 %	61 %	63 %	67 %	59 %
Tulot yli 54860 €/asuntokunta (kpl)	173	94	266	33	1	511
Suhteellinen osuus	26 %	23 %	26 %	27 %	33 %	30 %

### 4.3 Tulisijojen käyttötottumukset Turun seudulla

#### 4.3.1 Kiinteistöt, joissa ei polteta puuta

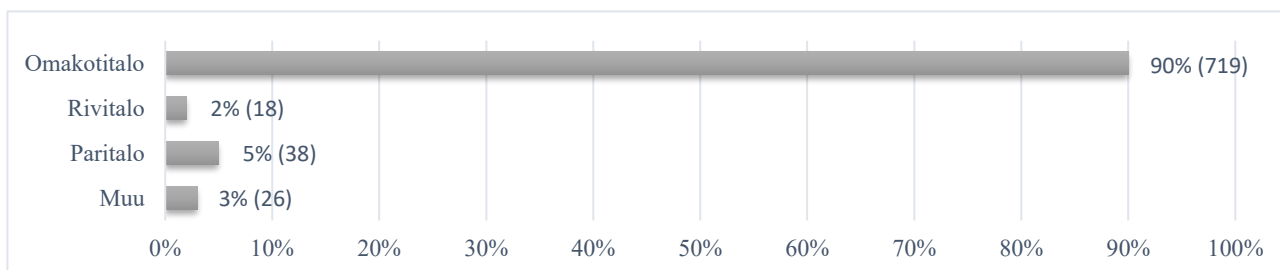
801 vastaajasta 16 % (n=131) ilmoitti, ettei asunnossa polteta puuta. Näiden vastaajien osalta on käytettävissä taustakysymysten vastaukset. Vastauksista eriteltiin näiden rakennuksien pääsääntöiset- ja lisälämmitysjärjestelmät (Taulukko 14). Yleisimmät lämmitysjärjestelmät näissä kiinteistöissä ovat suora sähkölämmitys tai öljylämmitys, jotka olivat myös kaikkien vastaajien yleisimmät lämmitysjärjestelmät. Kyselytutkimuksen tuloksista ei löydy 2000-luvulla rakennettua taloa, johon lämmitysmuodoksi olisi valittu öljylämmitys. Lisälämmitysjärjestelmänä käytettiin yleisimmin muuta lämmitystä, eli ilmalämpö-, ilmavesilämpöpumppua tai aurinkolämpöä. Lämmitysöljyä ei puuta polttavilla kiinteistöillä kului yhteensä 85 570 litraa, joten näiden kiinteistöjen keskimääräinen öljynkulutus oli 2 444 litraa (vaihteluväli 1 120–8 000 l, mediaani 2 000 l). Tämä on keskimäärin 248 l enemmän kuin kiinteistöillä, joilla poltetaan puuta. Yleisimmät 2000-luvulla tehdyt lämmitysjärjestelmien korjaukset liittyvät maalämmön tai muun lämmön (ilmalämpö-, ilmavesilämpöpumppu, aurinkolämpö tai vesitakka) hankintaan.

Taulukko 14 Niiden kiinteistöjen pääasialliset- ja lisälämmitysjärjestelmät, joilla ei polteta puuta.

Pääasiallinen lämmitysjärjestelmä	Vastaajat (n=130)	Lisälämmitysjärjestelmät	Määrä
Suora sähkö	37	Suora sähkö	0
		Varaava sähkö	2
		Muu lämmitys	10
Varaava sähkö	9	Suora sähkö	2
		Varaava sähkö	
		Muu lämmitys	2
Öljylämmitys	37	Suora sähkö	7
		Varaava sähkö	3
		Muu lämmitys	9
Kaukolämpö	13	Suora sähkö	1
		Varaava sähkö	
		Muu lämmitys	1
Maalämpö	21	Suora sähkö	1
		Varaava sähkö	
		Muu lämmitys	3
Muu lämmitys	13	Suora sähkö	2
		Varaava sähkö	
		Muu lämmitys	

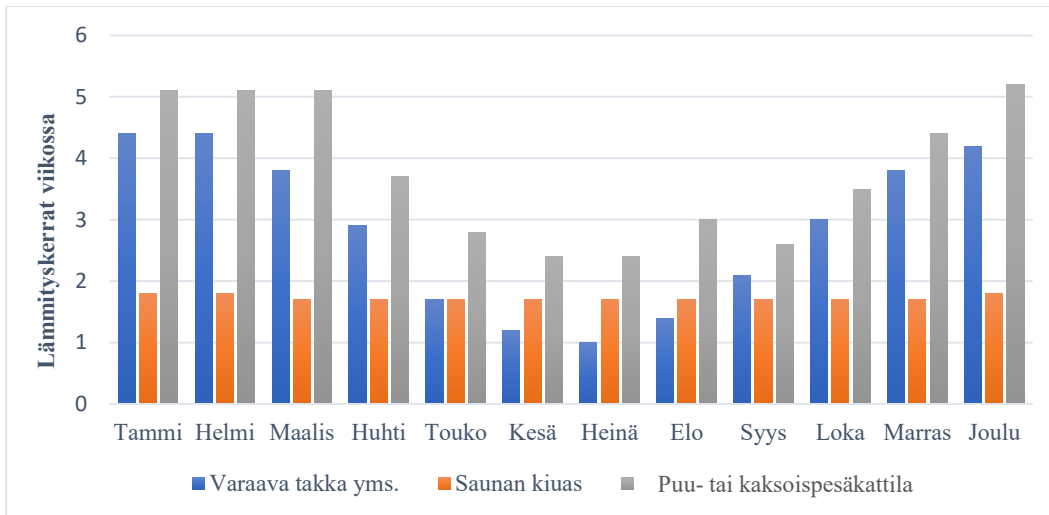
### 4.3.2 Puupolton ajallinen jakauma

Tästä eteenpäin tuloksissa keskitytään niihin rakennuksiin, joissa poltetaan puuta. Ei puuta polttavat vastaajat on rajattu tulosten ulkopuolelle. Rakennuksista, joissa puuta poltetaan, saatiin 670 vastausta. Huomattavan suuri määrä (90 %) puunpolttajista ilmoitti asuvansa omakotitalossa (Kuva 26).

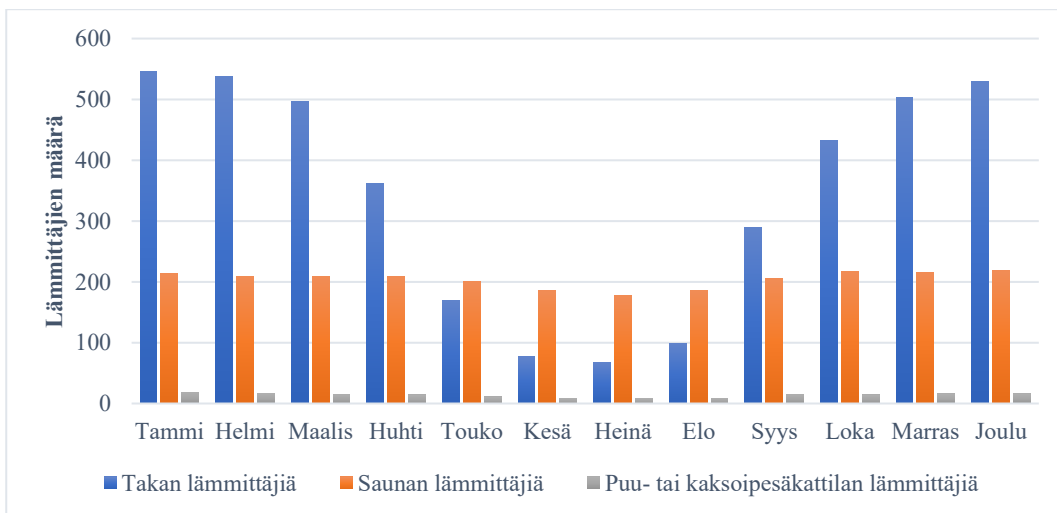


Kuva 26 Tutkimuskyselyyn saatujen vastausten jakauma rakennustyyppin mukaan.

Puunpolton pienhiukkaspitoisuuksien ajallista jakaumaa tarkastellaan yleisempien puunpolttoaikojen kautta. Puunpolto on yksi suurimmista pienhiukkasten- ja suurin bentso(a)pyreeni päästöjen lähteistä, joten pitoisuudet nousevat yleisimpinä puunpolttoaikoina erityisesti tiheästi rakennetuilla pientaloalueilla. Puunpolton ajallisessa tarkastelussa huomattiin puulla lämpiävien saunanpesien lämpiävän tasaisesti ympäri vuoden. Myöskään kuukausittaisissa lämmityskerroissa ei ole huomattavissa vuodenaikavaihteluita. Myös määrällisesti saunaa puulla lämmittävien määrä on melko vakio ympäri vuoden. Takan tai vastaavan tulisijan lämmittäjissä nähdään sen sijaan selvä vuodenaikavaihtelu sekä takan lämmityskerroissa viikoittain että lämmittäjien määrässä. Takat lämpiävät useimmiten jouluhelmikuussa, jolloin keskimääräinen tulisijan käyttötiheys on 4,4 kertaa viikossa. Heinäkuussa takkoja lämmitetään harvakseltaan, keskimäärin vain kerran viikossa. Myös lämmittäjien määrä on korkein jouluhelmikuussa, jolloin takka lämpiää yli 500 vastaajan kotona. Kesällä lämmittäjien määrä tipahtaa heinäkuussa alle 70:een. Puu- ja kaksoispesäkattilalla lämmittäjiä on hyvin pieni määrä, mutta he kuluttavat puuta huomattavasti enemmän kuin rakennukset, joissa puunpoltoa käytetään lisälämmönlähteenä. Tästä syystä tällaisilla rakennuksilla on suuri merkitys, kun tarkastellaan puunpoltoista syntyviä alueellisia pitoisuuksia. Näiden tulipesien tulokset vuodenaikavaihtelun osalta seuraavat muiden varaavien takkojen trendiä, mutta lämmittäjien määrä pysyy melko vakiona ympäri vuoden (Kuvat 27–28).

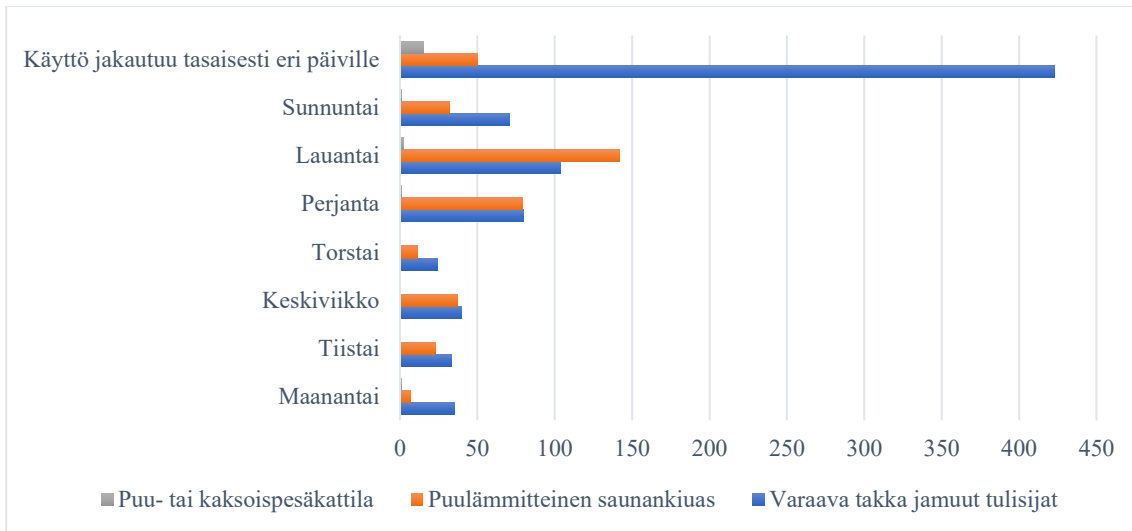


Kuva 27 Tutkimusalueen keskimääräinen tulisijan lämmitystaajuus viikossa. Varaavat takat yms. sisältävät muut lämmitystarkoitukseen käytettävät tulisijat.



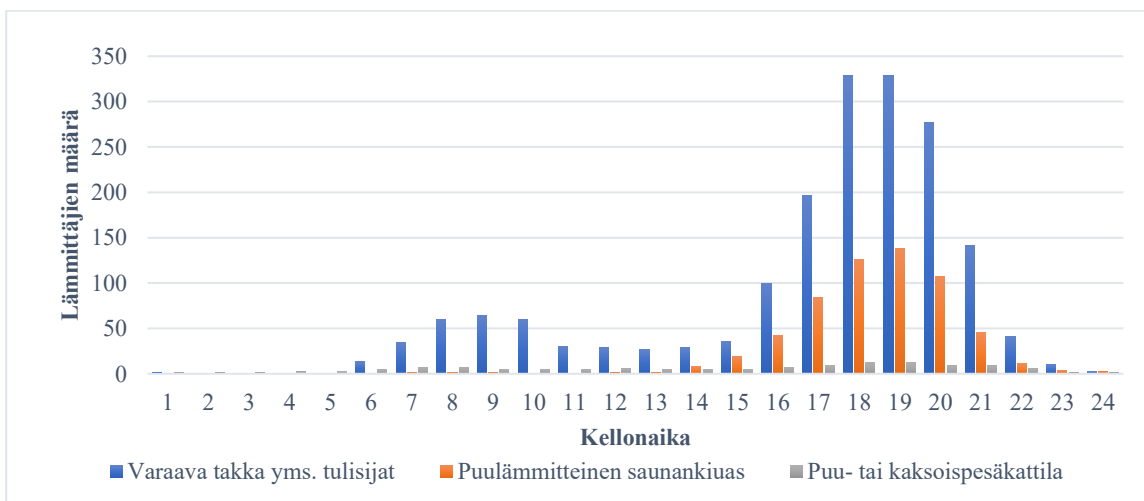
Kuva 28 Tutkimusalueen tulisijojen käyttäjämäärät kuukausittain tulisijatyyppin mukaan jaoteltuna.

Lämmityskaudella puunpoltto takoissa jakautuu tulosten mukaan melko tasaisesti kaikille viikonpäiville (Kuva 29). Perjantaista sunnuntaihin määrässä näkyy kuitenkin piikki, joka osoittaa näiden olevan suosittuja päiviä takan lämmitykseen. Viikonloppuisin ihmiset viettävät enemmän aikaa kotona, joten aikaa puunpoltolle on enemmän. Myös takkaa tunnelman vuoksi polttavilla on paremmin aikaa nauttia takkatulen tuomasta tunnelmasta. Puulla lämmitettävät saunanpesät lämpiävät yleisimmin myös loppuviikosta, perjantaina ja lauantaina. Puu- ja kaksoispesäkattilat lämpiävät tasaisesti ympäri viikon.



Kuva 29 Puunpolton jakauma viikonpäivittäin tulisijatyyppin ja lämmittäjä määrän mukaisesti tutkimusalueella.

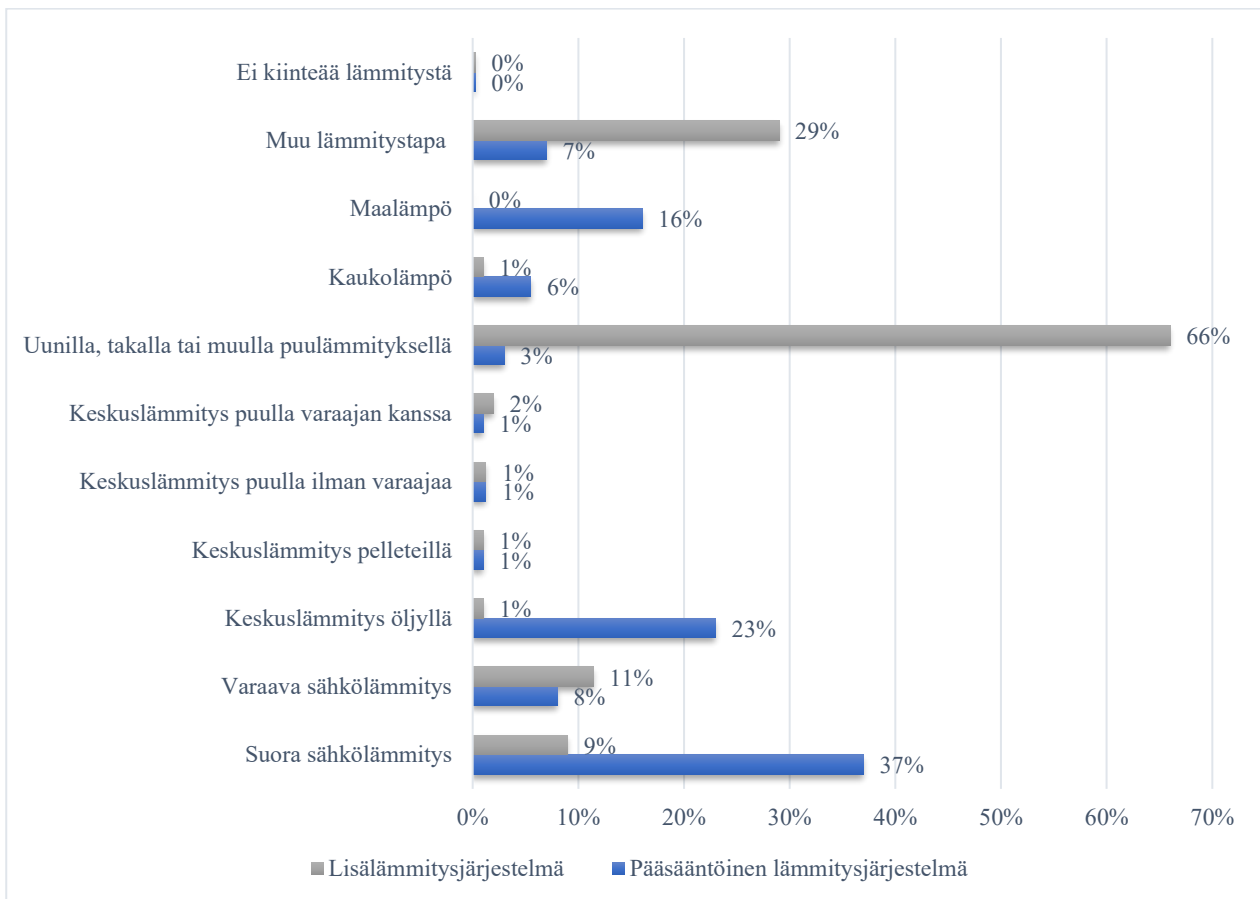
Yleisin kellonaika lämmittää takkaa on kello 18–20 (Kuva 30). Aika ajoittuu normaalia päivätöitä tekevien ilta-aikaan, jolloin aikaa vietetään kotona. Takkoja lämmitetään jonkin verran keskimääräistä enemmän myös aamulla kello 8–10 välillä. Puulla lämmitettävät saunanpesät ja puu- ja kaksoispesäkattilat lämpiävät yleisimmin iltaisin. Yöaikana puuta ei polteta suurina määrinä, vaan poltto ajoittuu hereillä oloaikaan.



Kuva 30 Tutkimusalueen yleisimmät puunpolton kellonajat ja lämmittäjä määrät jaoteltuna eri tulisijojen mukaan.

### 4.3.3 Puunpolton yhteys lämmitysjärjestelmiin

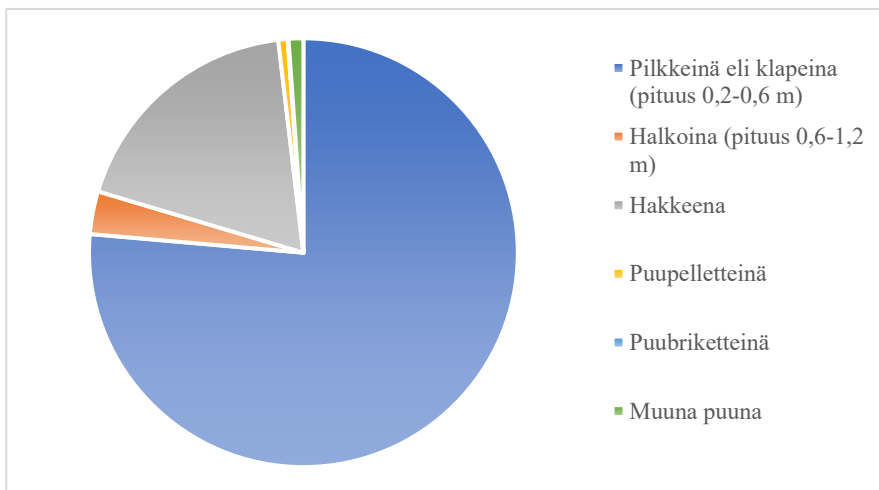
39 % vastaajista ilmoitti pääsääntöiseksi lämmitysjärjestelmäkseen suoran sähkölämmityksen (Kuva 31), joka nousi yleisimmäksi pääasialliseksi lämmitysmuodoksi. Seuraavaksi yleisimmät pääasialliset lämmitysjärjestelmät ovat öljylämmitys ja kaukolämpö. Lisälämmitysjärjestelmistä tulipesät (varaavat takat, puuliesi, leivinuuni, edellisten yhdistelmä, erityyppiset avotakat, kiertoilmatakka, saunan kiukaat ja puukeskuslämmitys (pelletti, puu varaajalla ja ilman) olivat selvästi suurin ryhmä. Seuraavaksi yleisin lisälämmitysjärjestelmä on muut lämmitystavat, eli erilaiset ilmalämpöpumput, aurinkolämpö ja vesitakka. Puulämmityksen ilmoitti lisälämmitysjärjestelmäksi lähes 80 % ja muun lämmityksen noin 32 % vastaajista.



Kuva 31 Pääasialliset- ja lisälämmitysjärjestelmät tutkimusalueen kiinteistöissä, joissa poltetaan puuta. Vastaajia pyydettiin ilmoittamaan yksi pääsääntöinen lämmitysjärjestelmä. Lisälämmitysjärjestelmiä oli mahdollisuus valita useita. (\* ilmalämpöpumppu, ilmavesilämpöpumppu, aurinkolämpö ja vesitakka).

Vastaajien ilmoittama yhteenlaskettu poltetun puun määrä lämmityskaudella 2017–2018 oli 2975 heitto-m<sup>3</sup>, joka tekee keskimäärin 4,4 heitto-m<sup>3</sup> käyttäjää kohden. Selvästi yleisin polttopuulaji ovat perinteiset klapit (Kuva 32). Samaan lopputulokseen on päätyntä LUKE (2018) omassa selvitykses-

sä, jossa tutkittiin suomalaisten polttopuun käyttöä. LUKE:n mukaan 68 % käytetystä polttopuusta käytetään perinteisenä klapina, kyselyalueella klapin prosenttiosuus on jonkin verran suurempi (76 %). LUKE:n selvityksestä poiketen tutkimusalueella hakkeen käyttö oli myös yleisempää. Vastauksiin sisältyvä ”muuna puuna” pitää sisällään muun muassa oksia ja risuja, rakennusjätettä ja ylimäärälautaa sekä muuta jättepuuta.



Kuva 32 Tutkimusalueella käytetyn polttopuun jakauma polttopuulajeittain.

Poltettavan puun määrään vaikuttaa ulkoilman lämpötila ja kylmän jakson pituus. Nämä aiheuttavat heiluntaa poltettavan puun määrässä lämmityskausittain. Lähes kaikki vastaajista ilmoittivat pakkasen lisäävän puunpoltoa (Taulukko 15). Eniten puunpoltto lisääntyy, kun lämpötila laskee alle -20 °C.

Taulukko 15 Ulkolämpötilan vaikutus puunpoltoon tutkimusalueella.

Pakkasella puunkäyttö lämmitystarkoituksessa lisääntyy	Vastaajat (n)	Vastaajien arvio pakkasen vaikutuksesta poltettavan puumäärän prosentuaalisesta kasvusta
-10 astetta	185	29,1
-20 astetta	275	50,8
Poltan puuta ainoastaan pakkasella	206	41,1
Yhteensä	666	

Pääasiallisten lämmitysjärjestelmien mukaan jaoteltuna (Taulukko 16) suurimmat polttopuun kuluttajat ovat rakennukset, joiden pääsääntöinen lämmitysjärjestelmä perustuu puuhun. Tällaisten rakennusten määrä oli kuitenkin pieni, vain 0,5 % vastaajista. Tästä syystä taulukossa 16 on yhdistetty ”keskuslämmitys pelletti/puun” alle kyselyssä vaihtoehtoina olleet keskuslämmitys pelleteillä (n=8), keskuslämmitys puulla ilman varaajaa (n=5) ja keskuslämmitys puulla varaajan (n=4) kanssa. Myös pääsääntöisesti takalla tai vastaavalla lämmittäjien määrä oli pieni vain noin 2,7 % (n=24). Taulukossa vastaukset on lajiteltu pääsääntöisen lämmitysjärjestelmien mukaan. Jokaiselle pääsääntöiselle lämmitysjärjestelmälle on listattu lisälämmitysjärjestelmät, rakennusten tulisijatyypit ja niiden määrä, vastaajaryhmän polttopuun kokonaismäärä ja keskimääräinen poltettavan puun määrä. Pois lukien rakennukset, joiden lämmitys perustuu puuhun, eniten puuta poltetaan keskimäärin rakennuksissa, joiden pääasiallinen lämmitysjärjestelmä on suora sähkölämmitys (3,7 heitto-m<sup>3</sup>). Ero öljyllä lämpiäviin rakennuksiin on pieni. Tulosten mukaan rakennuksissa, jotka lämpiävät öljylämmityksellä poltetaan puuta keskimäärin n. 3,4 heitto-m<sup>3</sup> vuodessa. Vähiten polttopuuta käytetään rakennuksissa, jotka lämpiävät kaukolämmöllä. Määrät vastaavat hyvin LUKE:n (2018) arvioimia poltettavan puun määriä. Selvityksen mukaan Varsinais-Suomessa poltetaan puuta noin 3,1–4 m<sup>3</sup>/puuta käyttävä pientalo. Jos koko kyselyssä arvioitu poltettavan puun määrä jaetaan puuta polttavien kesken, saadaan keskiarvoksi 4,4 heitto-m<sup>3</sup>. Keskiarvoa nostavat rakennukset, jotka lämpiävät pääasiallisesti puulla, sillä niissä puuta poltetaan tulosten mukaan 41 heitto-m<sup>3</sup>. Kun laskusta jätetään pois pääasiallisesti puulla lämmittävät rakennukset, laskee keskiarvo 2,8 heitto-m<sup>3</sup>:iin. Taulukon tiedoissa on otettu mukaan myös puulla lämmitettävien saunanpesien lämmityksessä käytetyt puut, sillä vastauksista ei ole mahdollisuutta erottaa saunanpesissä poltetun puun määrää. Vastaajien ilmoitusten mukaan käytössä olevien puulla lämmitettävien saunanpesien määrä oli 251, eli 32 % vastaajista polttaa ainakin osan käyttämästään polttopuusta puulla lämpiävässä saunanpesässä.

Taulukko 16. Puuta polttavien vastaajien vastaukset jaoteltuna pääasiallisen lämmitysjärjestelmän mukaisesti. Jokaiselle pääasialliselle lämmitysjärjestelmälle on listattu lisälämmitysjärjestelmät, rakennusten tulisijat yhteensä tyypeittäin ja niiden yhteismäärä, poltettavan puun kokonais- ja keskiarvot määrit.

Pääasiallinen lämmitysjärjestelmä	(N)	Lisälämmitysjärjestelmät	Kpl	Rakennusten tulisijat yhteensä tyypeittäin	Kpl	Käytetyn polttopuun määrä m <sup>3</sup> /a	Käytetyn puun k.a.määrä m <sup>3</sup> /a
Suora sähkölämmitys	260	Varaava sähkölämmitys	13	Varaava takka yms.**	311		
		Öljylämmitys	1	Avotakka	34		
		Keskuslämmitys puulla	5	Kiertoilmatakka	6		
		Takka tai vastaava	242	Puukattila***	0		
		Muu lämmitys*	117	Puukiuas	65		
				Pihakeittiö yms.	9	968	3,72
Varaava sähkölämmitys	57	Suora sähkölämmitys	6	Varaava takka yms.**	61		
		Öljylämmitys	0	Avotakka	9		
		Keskuslämmitys puulla	6	Kiertoilmatakka	2		
		Takka tai vastaava	49	Puukattila***	8		
		Muu lämmitys *	23	Puukiuas	16		
				Pihakeittiö yms.	4	177	3,11
Öljylämmitys	145	Suora sähkölämmitys	19	Varaava takka yms.**	95		
		Varaava sähkölämmitys	4	Avotakka	28		
		Keskuslämmitys puulla	11	Kiertoilmatakka	2		
		Takka tai vastaava	91	Puukattila***	20		
		Muu lämmitys*	46	Puukiuas	88		
				Pihakeittiö yms.	12	487	3,36
Kaukolämpö	30	Suora sähkölämmitys	3	Varaava takka yms.**	32		
		Varaava sähkölämmitys	0	Avotakka	7		
		Öljylämmitys	0	Kiertoilmatakka	1		
		Keskuslämmitys puulla	0	Puukattila***	2		
		Takka tai vastaava	25	Puukiuas	8		
		Muu lämmitys*	4	Pihakeittiö yms.	2	57	1,88
Maalämpö	107	Suora sähkölämmitys	4	Varaava takka yms.**	92		
		Varaava sähkölämmitys	1	Avotakka	29		
		Öljylämmitys	0	Kiertoilmatakka	6		
		Keskuslämmitys puulla	2	Puukattila***	4		
		Takka tai vastaava	83	Puukiuas	44		
		Muu lämmitys*	11	Pihakeittiö yms.	9	245	2,29
Keskuslämmitys pelletti/puu	17	Suora sähkölämmitys	3	Varaava takka yms.**	17		
		Varaava sähkölämmitys	2	Avotakka	6		
		Öljylämmitys	2	Kiertoilmatakka	0		
		Takka tai vastaava	7	Puukattila***	9		
		Muu lämmitys*	7	Puukiuas	9		
				Pihakeittiö yms.	2	701	41,24
Takka/uuni yms. puulämmitys	24	Suora sähkölämmitys	22	Varaava takka yms.**	38		
		Varaava sähkölämmitys	2	Avotakka	8		
		Öljylämmitys	0	Kiertoilmatakka	0		
		Keskuslämmitys puulla	0	Puukattila***	0		
		Takka tai vastaava	1	Puukiuas	11		
		Muu lämmitys*	4	Pihakeittiö yms.	3	245	10,19
Muu lämmitys*	45	Suora sähkölämmitys	10	Varaava takka yms.**	40		
		Varaava sähkölämmitys	0	Avotakka	11		
		Öljylämmitys	2	Kiertoilmatakka	1		
		Keskuslämmitys puulla	0	Puukattila***	0		
		Takka tai vastaava	39	Puukiuas	17		
		Muu lämmitys*	1	Pihakeittiö yms.	6	119	2,65

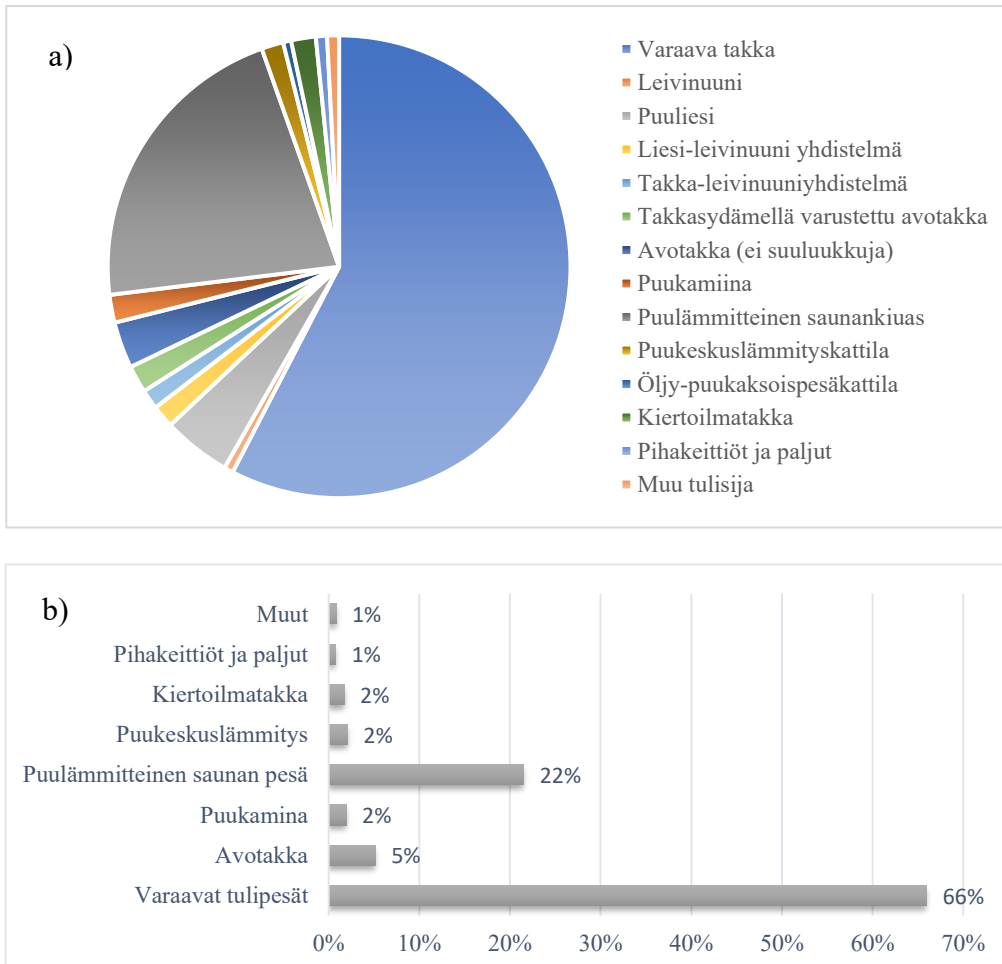
\* sis. ilmalämpöpumppu, ilmavesilämpöpumppu, aurinkolämpö ja vesitakka

\*\* sis. varaavat takat, puuliesi, leivinuuni, edellisten yhdistelmä, erityyppiset avotakat, kiertoilmatakka, saunan kiukaat

\*\*\* sis. puukeskus lämmitys pelleteillä, puulla varaajan kanssa sekä ilman varaaja

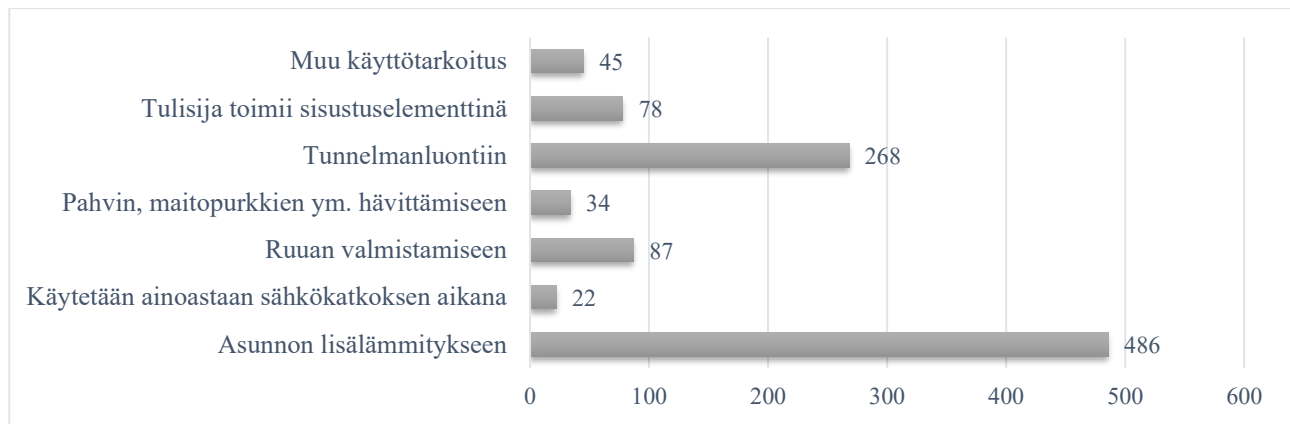
#### 4.3.4 Käytetyt tulisijatyytit ja tulisijojen käytöllä haetut hyödyt

Kyselytutkimuksen vastausten mukaan tehty tarkka jaottelu tulisijojen käyttösuuksista osoittaa varaavan takan ja puulämmitteisen saunanpesän olevan selkeästi yleisimmin käytetyt tulisijat tutkimusalueella (Kuva 33a). 465 varaavan takan käyttäjästä 330 ilmoitti polttavansa lähes kaiken puunsa (yli 80 %) varaavassa takassa ja 243 puukiukaan käyttäjästä 74 polttaa yli 80 % käyttämästään puusta saunan kiukaassa. Poltettavan puun kokonaismäärissä tämä tarkoittaa, että vastaajien mukaan kaikista käytetystä polttopuusta yli 88 % poltetaan varaavissa takoissa ja saunan pesissä. Tulisijojen pääryhmittäin tehty jako (Kuva 33b) nostaa varaavien tulisijojen osuutta edelleen. Kuvan jaottelussa varaavat tulisijat sisältävät kaikki lämpöä varaavat tulisijat kuten takat, liedet, leivinuunien ja uunien yhdistelmät. Avotakat sisältävät takkasydämellä varustetut ja sulkuluukuttomat avotakat. Keskuspuulämmitys sisältää kaikki kyselyssä olleet puulla lämpiävät keskuslämmitystyytit.



Kuva 33 Poltetun puun jakautuminen tulisijatyyppien mukaan. a) tulisijat jaoteltu tarkasti puunkäytön mukaisesti. b) jaottelussa yhdistetty varaavien tulipesien alle kaikki lämpöä varaavat tulisijat kuten takat, liedet, leivinuunien ja uunien yhdistelmät. Avotakat sisältävät takkasydämellä varustetut ja sulkuluukuttomat avotakat. Keskuspuulämmitys sisältää kaikki kyselyssä olleet puulla lämpiävät keskuslämmitystyytit.

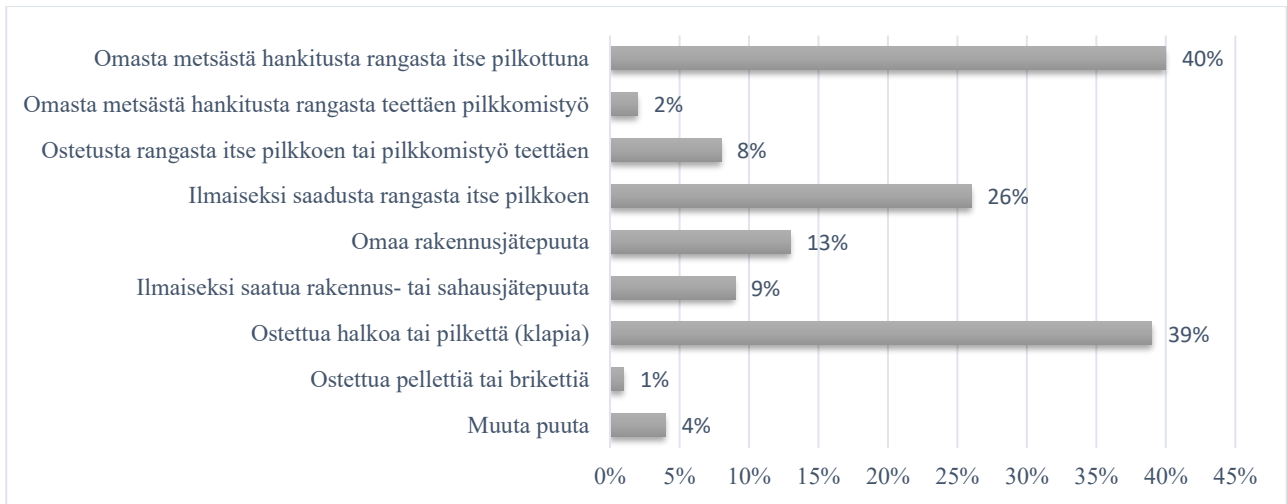
Puuta poltetaan luonnollisesti lisälämmön tuottamiseksi. Kun suljetaan pois puulla lämpiävät saunanpesät, lämmityksen jälkeen toiseksi yleisin syy polttaa puuta on tunnelmanluonti. Puunpoltolla haetaan koteihin myös ruuanvalmistus mahdollisuuksia ja tulisija toimii sisustuselementtinä. (Kuva 34).



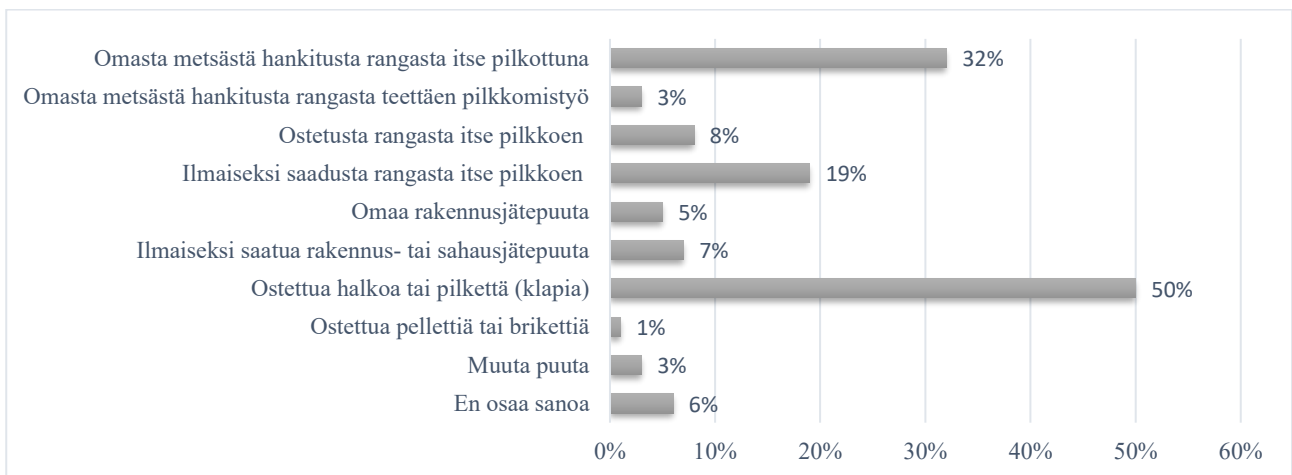
Kuva 34 Tulisijojen käytöllä haetut hyödyt vastaajien mukaan Turun seudulla.

#### 4.3.5 Polttopuun hankinta ja varastointi

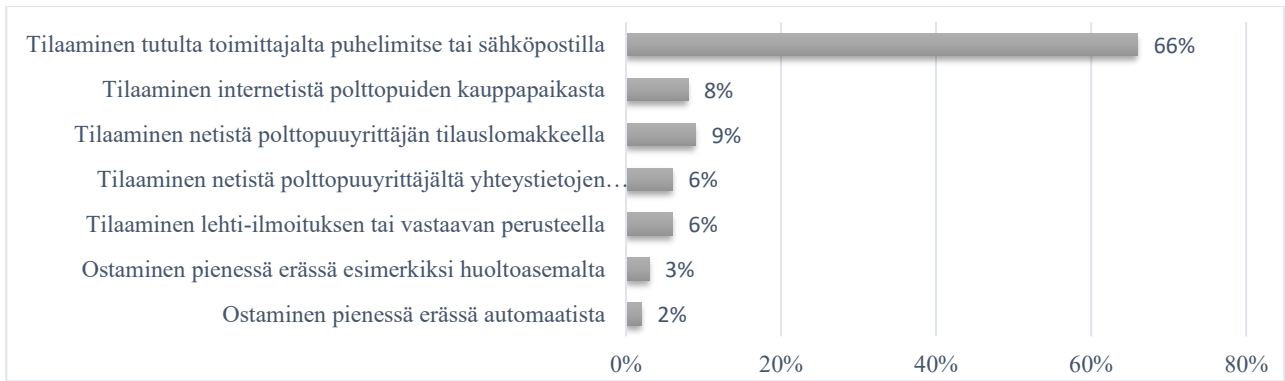
Turun seudun asukkaat hankkivat polttopuun mieluiten omasta metsästä tai ostavat sen polttopuun toimittajalta (Kuva 35). Puuta saadaan melko paljon myös ilmaiseksi. Vastaajien arvioiden mukaan puun hankintatavat tulevat tulevaisuudessa muuttumaan jonkun verran. Kun verrataan vastaajien arvioita puun hankinnasta viiden vuoden päästä (Kuva 36) nähdään sekä omasta metsästä hankitun puun määrän että ilmaiseksi saadun rangan määrän laskevan. Samaan aikaan valmiina ostetun klappin määrä tulee kasvamaan. Syy tähän ei selviä suoritetusta kyselystä, mutta yhtenä syynä saattaa olla väestön ikääntyminen, jonka vuoksi puun hankinta omalla työllä hankaloituu. Polttopuu ostettaisiin selvästi mieluiten tutulta polttopuun toimittajalta (Kuva 37). Toiseksi mieluisin tapa olisi tilata polttopuut internetin kautta.



*Kuva 35 Tutkimusalueen vastaajat hankkivat käyttämänsä polttopuun pääasiassa omasta metsästä itse pilkkomistyön tehden tai ostamalla valmiita klapeja. Vastausten yhteenlaskettu määrä on yli 100 % sillä useat vastaajat hankkivat puuta useammasta eri lähteestä*

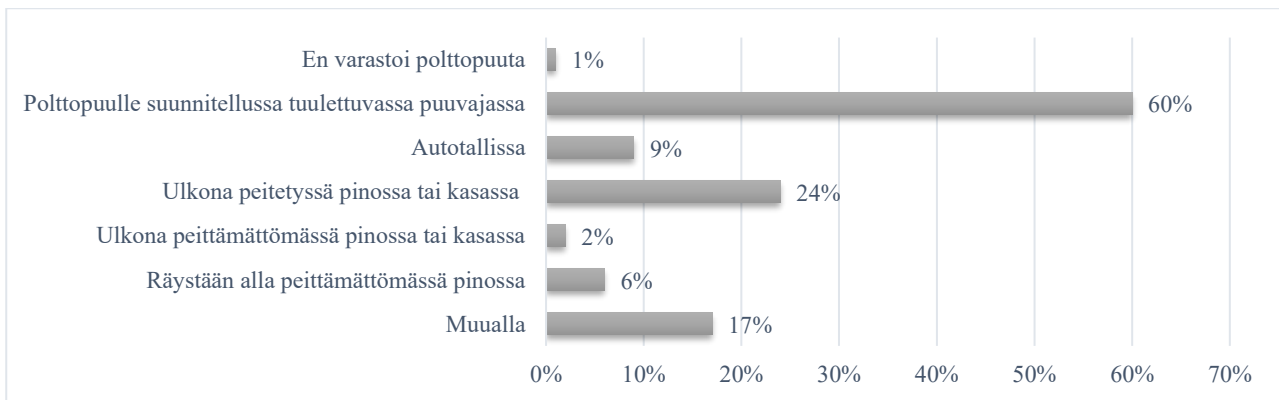


*Kuva 36 Viiden vuoden päästä puuta hankitaan tutkimusalueella vastaajien arvioiden mukaan pääasiassa ostamalla valmiita klapeja. Sekä ilmaisen puun osuus itse pilkkoen kuin omasta metsästä hankitun puun osuus tulevat pieneneväin. Vastausten yhteenlaskettu määrä on yli 100 % sillä useat vastaajat uskovat hankkivansa puuta useammasta eri lähteestä*

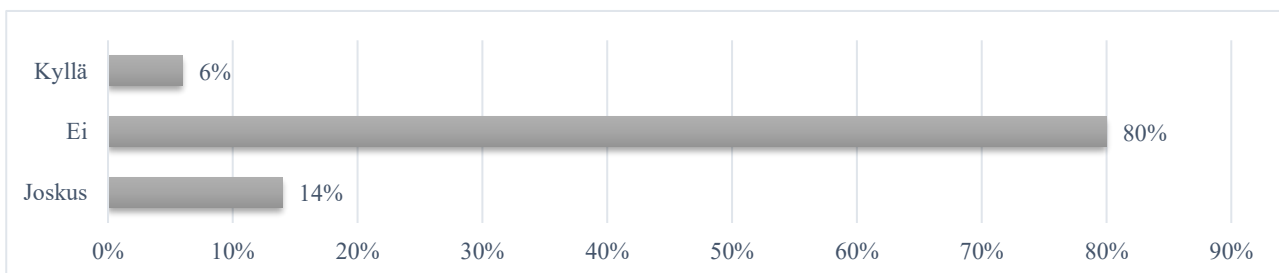


Kuva 37 Vastaajat ostaisivat selvästi mieluiten puuta tutulta toimittajalta joko internetin tai sähköpostin avulla.

Kotitaloudet varastoivat puuta useimmin siihen suunnitellussa puuvajassa tai -liiterissä (Kuva 38). Toiseksi yleisintä on säilyttää polttopuuta ulos pinotussa peitettyssä kasassa. Vaikka polttopuuna varastoidaan ulkona myös ilman katetta, arvio 95 % vastaajista polttopuun pysyvän kuivana varastoinnin aikana. Puunpolton savut häiritsevät Turun seudulla vain harvoin (Kuva 39). Vain 6 % vastaajista ilmoitti kärsivänsä naapureiden puunpoltosta johtuvista savuista. 80 %:a vastaajista ei naapuruston savut häiritse.



Kuva 38 Polttopuiden varastointitavat tutkimusalueella vastaajien mukaan.



Kuva 39 Tutkimusalueen vastausten jakauma, kun tiedusteltiin häiritsevätkö naapureiden savut vastaajaa.

## 5 Pohdinta

Suomessa pienhiukkaspitoisuudet ovat kaiken kaikkiaan hyvin maltilliset. Tästä huolimatta tulee muistaa, että pienhiukkaspitoisuuksille ei ole tiedossa turvallista raja-arvoa, joka ei aiheuttaisi terveyshaittoja pitkällä aikavälillä. Ihmisten herkkyys pienhiukkasten vaikutuksille kasvaa, kun väestö ikääntyy. Tästä syystä ja pienhiukkasten aiheuttamien ennenaikaisten kuolemantapausten ehkäisemiseksi pienhiukkasten syntylähteisiin tulisi kiinnittää huomiota ja niiden syntyä olisi pyrittävä rajoittamaan.

Tutkimustulosten tarkastelussa on muistettava, että tutkimuksessa käsiteltiin ainoastaan puunpoltossa syntyneitä pienhiukkaspitoisuuksia. Jos tarkastellaan tutkimusalueen muita pienhiukkaspäästöjen lähteitä kuten liikennettä tai teollisuutta, korkeimmat pitoisuudet voivat esiintyä sekä alueellisesti että ajallisesti eri paikoissa ja eri aikoina. Näin tutkimuksen tuloksista ei voida tehdä johtopäätöstä esimerkiksi siitä, mitkä sosioekonomiset muuttujat altistuvat korkeimmille pienhiukkasten kokonaispitoisuuksille. Tämä vaatisi uuden tutkimuksen, jossa keskityttäisiin tutkimusalueen pienhiukkaspitoisuuksiin kokonaisuudessaan.

Puunkäyttöön liittyy ajatus ilmastonmuutoksen hillinnästä. Puuta pidetään ympäristöystävällisenä energianmuotona. Puunkäyttö tuo taloudellisia säästöjä etenkin, jos poltettava puu saadaan omasta metsästä. Sähkön kulutuksen kannalta sillä voidaan leikata kulutushuippuja aikoina, jolloin sähkön tarve on suuri. Puunpoltosta syntyy kuitenkin aina päästöjä. Hyvä asia on, että puunpoltosta syntyviin päästöihin voi jokainen puuta polttava vaikuttaa valitsemalla poltettavaksi kuivaa puuta ja toimimalla tulisijan valmistajan ohjeistuksen mukaan. Kuivan puun lisäksi päästömääriin vaikuttavat muun muassa sytytystapa ja käytettävä ilmamäärä. Tulisijassa ei myöskään pitäisi polttaa roskia. Varaavat takat ja puulla lämmitettävät saunanpesät ovat yleisimmin käytettyjä tulisijoja, joten niiden käytön optimointi ja kunto vaikuttavat eniten puunpolton päästöihin. Saunan kiukaiden oikeanlaisella käytöllä voidaan vähentää tehokkaasti etenkin syöpävaarallisen bentso(a)pyreenin pitoisuuksia. Jopa 80 % PAH-päästöistä syntyy puulla lämpiävissä saunanpesissä (Auranen & Kähäri 2016).

## 5.1 Pienhiukkaspitoisuus- ja YKR-aineisto

Tässä tutkimuksessa etsitty sosioekonomisten tekijöiden suhde puunpolton pienhiukkasiin lienee ensimmäinen laatuaan tässä laajuudessa. Vastaavaa aikaisempaa tutkimusta ei ole julkaistu tai julkaisuissa tutkimuksissa on asiaa sivuttu vain ohuesti. Yksi aihetta sivuava pro gradu työ on julkaistu Aalto yliopistossa 2020. Tutkimuksessaan Hiltunen (2020) tutki pienhiukkaspitoisuuksien yhteyttä asunnonhintoihin ja alueiden tulotasoon Helsingissä. Saatujen tulosten mukaan alueilla, joilla pienhiukkaspitoisuudet ovat korkeampia asuntojen hinnat olivat pääasiassa maltillisempia. Matalampien pienhiukkaspitoisuuksien alueilta löytyi sekä kalliita että halvempia asuntoja. Hiltunen ei rajoittanut pienhiukkaspitoisuuksia puunpolton pienhiukkasiin, vaan tutkimus sisälsi tutkimusalueen pienhiukkasten kokonaispitoisuudet kaikista päästölähteistä. Tämä vaikuttaa tuloksiin esimerkiksi siten, että suurten ja vilkkaiden teiden ja teollisuusalueiden läheisyydessä pienhiukkaspitoisuudet saattoivat olla korkeampia, kun taas alueen asunnot saatetaan nähdä vähemmän houkuttelevina.

Tässä tutkimuksessa tarkastellut puunpolton korkeimmat pienhiukkaspitoisuudet sijoittuvat yleisesti Turun alueelle Turun Kehätien (E18) sisäpuolelle ja Paraisten keskustan alueelle. Puunpolton pienhiukkaspitoisuuksien korkeimmat vuorokausipitoisuudet sijoittuvat erityisesti Paraisten keskustaan ja Turun keskustaa ympäröiville pientaloalueille. Tarkastelussa huomattiin, että korkeimmat pienhiukkaspitoisuuksien kuukausi- ja vuosikeskiarvot sijoittuvat korkeimmista vuorokausipitoisuuksista katsottuna koilliseen. Tämä johtuu alueella vallitsevasta tuulen suunnasta, joka sijoittuu etelän ja lännen väliin (tuulisuus... s.a.). Alueilla, joilla esiintyy puunpolton pienhiukkasten korkeimpia kuukausi- ja vuosipitoisuuksia tavataan pääasiassa puunpolton vuorokausipitoisuuksia, jotka asettuvat arvojen 4–5,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  väliin. Kun tuulet kuljettavat etelän- ja lännen puoleisilta alueilta puunpolton pienhiukkasia näille alueille, nousevat alueiden pidempien aikavälien pitoisuudet korkeammiksi. Toisin sanoen korkeammille pidemmän aikavälin pitoisuuksille altistuvat ne tutkimusalueen asukkaat, jotka asuvat tiheimmin puuta polttavista kohteista pohjois-itäakselin suunnassa. Tällä on merkitystä, kun mietitään yhteyttä pienhiukkasten aiheuttamiin terveysongelmiin, jotka ovat seurausta pitkäaikaisesta altistumisesta.

YKR-aineiston ja pienhiukkasten leviämismallinnuksen tarkastelussa löydettiin selvä yhteys kerrostaloasuntojen ja pienhiukkaspitoisuuksille altistumisen välillä. Ainoastaan Paraisten keskustassa puunpolton pienhiukkasille altistui enemmän pientaloja. Tämä johtuu Paraisten kaupunkirakenteesta, joka poikkeaa muiden tutkimusalueen kaupungeista. Parainen on saaristokaupunki ja sen alueella kerrostaloja on vain vähän. Korkeimpien pitoisuusalueiden selvästi yleisempi asuinmuoto on ker-

rostalo etenkin Turussa, jossa suuri määrä kerrostaloasunnoista sijoittuu kohonneiden pitoisuuksien alueelle. Koska pienhiukkaspitoisuuksissa tarkastellaan terveyden kannalta yleensä pitkäaikaista altistusta, on erityisen huolestuttavaa, että tiheimmin kerrostaloasuntoja sisältävät 250 m x 250 m hilaruudut sijaitsevat korkeimpien kuukausi- ja vuosipitoisuuksien alueella. Koska puunpolton pienhiukkaset syntyvät kokonaan pientalojen puunpolton seurauksena, kerrostaloissa asuvilla ei ole mahdollisuutta vaikuttaa pienhiukkasten syntyyn. Toisaalta puuta lämmityksessä käyttävien voidaan ajatella altistuvan puunpolton pienhiukkasille tietoisesti ja omasta valinnastaan. Ulkoilman pienhiukkaset nostavat myös sisäilman pitoisuuksia, joten mahdollinen altistus ei jää pelkästään asuntojen pihapiireihin vaan sitä tapahtuu myös huoneistoissa sisällä. Puunpolton päästöjen on tutkimuksissa todettu siirtyvän tehokkaasti ulkoa sisälle, eikä esimerkiksi ilmanvaihdolla ole vaikutusta asiaan (Salonen ym. 2016). Puolassa tehdyn tutkimuksen tulosten mukaan rakennusten fyysisistä piirteitä eniten pienhiukkasten siirtymiseen sisätiloihin vaikutti rakennuksien ikkunoiden kunto (Scibor 2019). Edellä mainituista syistä oikealaiset puunpolto tavat ovat erityisen tärkeitä. Polttamalla kuivaa ja puhdasta puuta oikeanlaisilla menetelmillä voi jokainen puuta polttava vaikuttaa poltosta syntyviin päästöihin ja näin minimoida altistuksen muille alueen asukkaille.

Rakennustyyppitään jaotelluissa tuloksissa olisi ollut mielenkiintoista vertailla myös asutokuntien kokoa eri rakennustyypeittäin ja selvittää, löytyykö asutokuntien koon välillä yhteyttä rakennustyyppiin. Tiedon avulla olisi voitu selvittää myös onko rakennustyyppillä vaikutusta puunpolton pienhiukkasille altistuvien henkilöiden lukumäärään. Tällaista tietoa YKR-aineistossa ei kuitenkaan ollut saatavilla. Asutokuntien koot löytyvät YKR-aineiston tulotietoaineistosta, mutta niitä ei ole liitetty rakennustyyppiin kuten pien- tai kerrostaloasuntoihin. Koska tällaista tietoa ei ollut saatavilla päädyttiin tutkimuksessa yleistämään asutokunnan koko aineiston- ja Turun kaupungin keskimääräisellä asutokunnan koolla.

Asuntojenhallintasuhteen osalta ei löydetty yhteyttä korkeampiin pienhiukkaspitoisuuksiin. Paraisten keskustan korkeimpien puunpolton pienhiukkasten vuorokausikeskiarvojen alueella oli selvästi enemmän itseomistamassa asunnossa asuvia, mutta muualla hallintasuhteet jakautuivat lähes tasan. Korkein ero Paraisten ulkopuolelta löytyy alueelta, jossa puunpolton pienhiukkasten vuorokausipitoisuudet nousevat väliin 4–5,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tällä alueella omistusasujia on 47 % ja vuokra-asujia 53 %. Syy on tutkimusalueen kaupunkirakenne, jossa omistus- ja vuokra-asunnot sijaitsevat samoilla alueilla eikä tutkimusalueelle ole syntynyt selkeitä alueita, joilla esiintyisi pelkästään jompaakumpaa asunnonhallintatyyppiä.

Väestönikäryhmien tarkastelun tulosten mukaan nuoret aikuiset (18–29-vuotiaat) altistuvat hieman suhteellista osuuttaan enemmän kohonneille puunpolton pienhiukkaspitoisuuksille, kun taas alle 18-vuotiaat altistuvat hieman suhteellista osuuttaan harvemmin. Nuoret aikuiset sijoittuvat tutkimusalueella pääasiassa Turussa keskustaa ympäröiville alueille, joissa esiintyy paljon sekä kerrostaloasuntoja että kohooneita puunpolton pienhiukkaspitoisuuksia. Turussa nuoria aikuisia on suhteellisen runsaasti, noin viidennes koko väestöstä. Syy tähän on Turun asema opiskelukaupunkina ja monet opiskelumahdollisuudet, jotka houkuttelevat erityisesti nuoria asukkaita muualta Suomesta. Alle 18-vuotiaat sijoittuvat tutkimusalueella pääasiassa kaupunkien lähiöihin, joissa on paljon kerrostaloasutusta. Tämä ikäryhmä altistuu etenkin kohonneille puunpolton pienhiukkasten pitkäaikaispitoisuuksille Turun itäosissa kuten Varissuon, Pääskyvuoren ja Lausteen muodostamalla alueella sekä Kupittaa ja Pohjolan alueella. Rotkon ym. (2000: 388) tutkimustulosten mukaan nuoret aikuiset (25–34-vuotiaat) altistuvat hiukkasille hieman enemmän kuin vanhemmat (35–55-vuotiaat). Myös tässä tehdyssä tutkimuksessa erot olivat kuitenkin pieniä, eikä selvää johdonmukaisuutta löydetty.

Tuloluokkien tarkastelussa suurituloiset asuntokunnat altistuvat puunpolton pienhiukkasille suhteellista osuutta vähemmän. Korkeille puunpolton pienhiukkaspitoisuuksille suurituloiset altistuivat pääasiassa Turun alueella, jossa sekä suurituloisten YKR-aineiston hilaruutuja että korkeampia puunpolton pienhiukkaspitoisuuksien hilaruutuja esiintyi melko tasaisesti Turun Kehätien (E18) sisäpuolella. Suurituloisten ruutuja löytyy myös Naantalissa, Raisiossa ja Kaarinan alueelta, joissa kuitenkin puunpolton korkeampia pienhiukkaspitoisuuksia tavataan huomattavasti suppeammalta alueelta kuin Turussa. Toisin sanoen suurituloiset asuntokunnat altistuvat harvemmin kohonneille puunpolton pienhiukkaspitoisuuksille muualla kuin Turun kaupungin alueella. Asukaskohtaisissa tuloissa pientuloiset altistuivat osuuttaan aavistuksen vähemmän ja suurituloiset vastaavasti aavistuksen osuuttaan enemmän puunpolton pienhiukkasille. Erot suhteellisiin osuuksiin olivat kuitenkin niin pieniä, että niistä ei voida tehdä johtopäätöksiä asukaskohtaisten tulojen vaikutuksesta pienhiukkasille altistumiseen. Tietoturva syistä YKR-aineiston tuloluokkien tiedot olivat saatavilla ainoastaan yleisellä tasolla. Asukaskohtaisten tietojen puuttuminen voidaankin nähdä yhtenä tutkimuksen rajoitteena. Tutkimustulokset myös tuloluokkien kohdalla ovat suuntaa antavia, eikä niiden avulla voida vetää johtopäätöksiä alueiden yksittäisten asukkaiden tai asuntokuntien tuloista. Tutkimustulokset saattaisivat myös poiketa nyt saaduista, jos pelkästään käytettävän rahamäärän sijaan tulojen laskennassa olisi käytetty esimerkiksi Hiltusen (2020) käyttämää mukautettua tulojakaumaa, jossa on otettu huomioon myös pienhiukkasten aiheuttamien terveyshaittojen kustannukset.

## 5.2 Kysely tulisijojen käyttötottumuksista Turun seudulla

### 5.2.1 Lämmitysjärjestelmien yhteys puunpoltoon ja polttopuun kulutus

Tutkimuksessa löydettiin selkeä yhteys pääsääntöisten lämmitysjärjestelmien yhteydestä puunpoltoon. Jos tuloksista suljetaan pois pääsääntöisesti puulla lämpiävät rakennukset, suurimmalla osalla puulla lisälämpöä hakevista vastaajista pääsääntöinen lämmitysjärjestelmä perustui sähkölämmitykseen (45 %) tai öljylämmitykseen (23 %). Vähiten puuta poltettiin rakennuksissa, jotka lämpiävät kaukolämmöllä tai maalämmöllä. Tulokset olivat hyvin saman suuntaiset pääkaupunkiseudulla tehdyn vastaavan kyselytutkimuksen tulosten kanssa, sillä erolla että pääkaupunkiseudulla öljyllä lämmittäviä oli vastaajista ainoastaan 8 % (Ohtonen ym. 2020). Kaukolämpö oli pääkaupunkiseudulla sitä vastoin yleisempi lämmitysjärjestelmä kuin Turun seudulla. Pääkaupunkiseudun keskimääräisessä poltettavan puumäärän laskennassa oli otettu huomioon myös ne vastaajat, jotka eivät polta puuta. Kun Turun seudun keskimääräinen poltettavan puun määrän laskentaan otetaan mukaan ei puuta polttavat vastaajat, saadaan tulokseksi 3,7 heitto-m<sup>3</sup>. Pääkaupunkiseudulla pientalot polttavat puuta noin 1 kiinto-m<sup>3</sup>. Kun kertoimena käytetään Turun seudun kyselytutkimuksessa käytettyä kerrointa (1,68) kiintokuutiosta heittokuutioksi selviää, että Turun seudulla pientalot polttavat puuta keskimäärin noin kaksinkertaisen määrän pääkaupunkiseudun pientaloihin verrattuna. Toisaalta poltettavan puun määrä laskisi Turun seudulla jonkin verran, jos öljyllä- ja kaukolämmöllä lämmitettävien rakennusten osuus olisi sama kuin pääkaupunkiseudulla.

Jos puunpoltoon halutaan vaikuttaa lämmitysjärjestelmien kautta, voitaisiin taloudellisena ohjauskeinona lisätä ympäristöystävällisten lämmitysmuotojen hankinnan tukemista. Uusia alueita suunniteltaessa pienhiukkasten päästölähteet voidaan ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa. Mahdollisuus liittyä kaukolämpöverkkoon pienentäisi käytetyn polttopuun määrää. Jo rakennetuissa kohteissa on mahdollisuus vaihtaa lämmitysjärjestelmä esimerkiksi maalämpöön. Muuttamalla vanha öljylämmitys maalämpöön ilman epäpuhtaudet vähenisivät niin öljynpolton osalta kuin puunpolton osaltakin, sillä tehdyn tutkimuksen mukaan maalämmöllä lämmittävät ovat toiseksi vähiten puuta polttava ryhmä. Pienempiä uudistuksia lämmitysjärjestelmiin voidaan tehdä hankkimalla lisälämpöjärjestelmäksi lämpöpumppu, ilmavesilämpöpumppu tai aurinkosähkö. Haasteina lämmitysjärjestelmien saneerausessa on hinta, joka YM:n mukaan vaihtelee 8 000–25 000 € välillä (Ympäristö.fi 2020b). Laitteet ja uudet järjestelmät ovat kalliita hankkia ja niiden takaisinmaksuaika on pitkä. ELY-keskuksen (2021) mukaan valtiolta on mahdollisuus hakea niin kutsuttua energiatukea asuinrakennuksen lämmitysjärjestelmien uudistamiseen. Esimerkiksi öljylämmitteisten pientalojen omis-

tajien on mahdollista hakea tukea, kun ovat aikeissa siirtyä öljylämmityksestä ei fossiilisia polttoaineita käyttävään lämmitysjärjestelmään. Tuen suuruus on maksimissaan 4000 €, kun lämmitysjärjestelmäksi valitaan maalämpö, kaukolämpö tai ilma-vesilämpöpumppu. Muuhun ei fossiilista polttoainetta käyttävään järjestelmään siirryttäessä tuen suuruus on maksimissaan 2 500 € (ELY 2021.) Pienhiukkaspitoisuuksien näkökulmasta osa tukimuodoista voi olla ongelmallinen, jos valittu uusi lämmitysjärjestelmä perustuu puunpoltoon.

### 5.2.2 Puunpolton ajallinen jakauma

Ajallisesti puunpoltto ajoittuu Turun seudulla ja pääkaupunkiseudulla lähes identtisesti. Molempien kyselytutkimusten tulosten mukaan puuta poltetaan eniten lämmityskaudella, jolloin tulisijojen käyttökerrat viikossa ja lämmittäjien määrät ovat suurimmat. Eniten vastaajat ilmoittivat polttavansa puuta joulukuusta helmikuuhun. Puulla lämpenevät saunanpesät lämpiävät tasaisesti ympäri vuoden. Erona alueiden välillä näkyy lämmityskertojen määrä viikoittain, sillä Turun seudulla tulipesät lämpiävät hieman useammin kuin pääkaupunkiseudulla. Tulosten mukaan varaavien takkojen käyttö jakautuu melko tasaisesti viikon kaikille päiville, mutta viikonlopuissa näkyy selvä piikki sekä Turun seudulla että pääkaupunkiseudulla. Molemmissa tutkimuksissa viikonloput ovat selvästi yleisimpiä aikoja polttaa puuta. Viikonloput ovat aikaa, jolloin ihmiset ovat yleensä vapaalla. Vapaa-aikana aikaa vietetään enemmän kotona, jolloin puunpolto ja sen luomalle lämmölle ja tunnelmalle on enemmän kysyntää ja aikaa. Puulla lämmitettävät saunanpesät lämpiävät Turun seudulla ja pääkaupunkiseudulla melko tasaisesti ympäri viikon, mutta myös saunanpesien lämmityksessä nähdään piikki lauantaisin. Yleisimmät lämmitysaikat kelloaikojen mukaan seuraavat myös molemmilla tutkimusalueilla toisiaan, sillä ilta-aika on selvästi yleisin aika polttaa puuta. Pieni nousu tuloksissa nähdään myös aamupäivän aikana molempien tutkimusten tuloksissa (Ohtonen ym. 2020.)

### 5.2.3 Tulisijojen käyttötottumukset ja käytettävä polttopuu

Puunpoltoilla haetaan lisälämpöä rakennuksiin kylmällä talvikaudella. Ulkoilman lämpötilalla on selvä vaikutus poltettavan puun määrään pääkaupunkiseudulla. Tämän tutkimuksen mukaan poltettavan puun määrä nousee Turun seudulla 20 %, kun pakkasen laskee alle -10 °C ja 50 %, kun pakkasen laskee alle -20 °C. Vastaavat osuudet pääkaupunkiseudulla ovat 22 % (-10 °C) ja 43 % (20 °C) (Ohtonen ym. 2020). Puunpolto on Suomessa suosittua, sillä usein puuta on helposti saatavilla ja sen hinta on kohtuullinen tai puu on ilmaista, jos puuta saadaan omasta tai tuttavien metsästä. Yksi syy käytettävän polttopuun määrän kasvuun lieneekin muun energian hintakehitys. Esimerkiksi Energiaviraston tilaston mukaan pientalon, jonka sähkönkulutus on noin 18 000 kW/a, sähkönhintaa

veroineen ja siirtomaksuineen on noussut vuoden 2000 alun 6,4 snt/kWh vuoden 2021 alun 15 snt/kWh (Energiavirasto 2021).

Kun tuloksista suljetaan pois lämmitys ja saunanpesien lämmittäminen, yleisimmin puunpoltolla haetaan Turun seudulla tunnelmaa, ruuan valmistusmahdollisuuksia tai tulisija toimii sisustuselementtinä. Useimmin puuta poltetaan varaavissa takoissa. Näissä tulisijoissa poltetaan myös määrällisesti eniten puuta, pääkaupunkiseudulla yli 70 % ja Turun seudulla yli 80 %. Selvästi eniten käytetty polttopuulaji molemmilla alueilla ovat klapit. HSY:n tulosten mukaan järjestys on tunnelman luonti, tulisija toimii sisustuselementtinä ja kolmantena ruuan valmistusmahdollisuudet (Ohtonen ym. 2020.)

Ekosuunnitteludirektiivin astuessa voimaan tulisijojen valmistajat ovat velvollisia valmistamaan uusista tulisijoista entistä energiatehokkaampia ja vähäpäästöisempiä. Tulisijoja uusitaan kuitenkin hitaasti ja esimerkiksi YM:n (2019) mukaan suurin osa Suomessa myytävistä tulisijoista on täyttänyt direktiivin vaatimukset jo pitkään. Pienhiukkaspäästöjen odotetaan tulevaisuudessa laskevan edelleen muiden päästölähteiden kuten liikenteen osalta. Puunpolton pienhiukkaspäästöt ovat kasvaneet ja trendin odotetaan jatkuvan samanlaisena, etenkin kun puunpoltto näyttäisi kasvattavan suosiota. Ilmastonmuutos saattaa osaltaan lisätä luonnollisista lähteistä syntyneitä pienhiukkaspäästöjä, sillä nouseva lämpötila ja pidemmät kuivat jaksot tulevat lisäämään metsäpaloja ja pölymyrskyjä.

#### 5.2.4 Polttopuun varastointi ja hankinta

Turun seudulla polttopuuta varastoidaan sitä varten rakennetussa vajassa tai liiterissä hieman useammin kuin pääkaupunkiseudulla, sillä Turun seudulla 60 % ja pääkaupunkiseudulla 53 % vastaajista ilmoitti toimivansa näin (Ohtonen ym. 2020). Toiseksi yleisin tapa on säilyttää puuta ulkona peitettyssä pinossa. Huomattavaa oli, että 95 % Turun seudun vastaajista kertoi puun säilyvän kuivana, vaikka iso osa puusta säilytetään ulkona jopa peittämättömänä. Puun kuivuudella on selkeä yhteys pienhiukkaspäästöihin, sillä kuiva puu palaa huomattavasti puhtaammin kuin märkä tai kostea puu.

Turun seudulla puuta saadaan omasta metsästä jonkun verran useammin kuin pääkaupunkiseudulla (Ohtonen ym. 2020). Toisaalta kyselytutkimuksen vastausten mukaan asia tulee muuttumaan Turun seudulla seuraavan 5 vuoden aikana. Tuona aikana ostetun puun osuus tulee kasvamaan ja omasta

tai tutun metsästä saadun puun osuus pienenemään. Tällä saattaa olla suotuisa vaikutus pienhiukkaspäästöjen määrään, sillä myytävä polttopuu myydään useimmiten kuivana. Tämä vähentäisi todennäköisyyttä virhearviointeihin ja kosteiden puiden polttamiseen. Kuitenkin varastointitavoilla on merkitystä asiaan ja poltettava puu pitäisi joka tapauksessa tuoda sisätiloihin kuivumaan ja lämpiämään ennen polttoa, jos päästöt halutaan minimoida.

### 5.2.5 Savujen haitat

Harvat vastanneista asukkaista kokevat puunpoltosta syntyneet savut häiritseviksi. Turussa 80 % ja pääkaupunkiseudulla 86 % vastaajista ilmoitti, etteivät koe naapuruston savuja häiritseviksi (Ohtonen ym. 2020). Samaan asiaan on huomannut SYKE (2020), jonka mukaan savun haju tuntuu suomalaisista kodikkaalta. Savunhajun sisältämällä pienhiukkasilla on kuitenkin merkitystä terveyden kannalta. Päästöt ovat paikallisia ja päästölähteet matalalla. Ihmisten kotona viettämä aika ajoittuu pääsääntöisesti samoihin aikoihin kuin puuta poltetaan, jolloin kohonneille pitoisuuksille altistutaan myös sisätiloissa. Vaikka puuta poltettaisiin vähäinen määrä, rakennuksen sijainti tiheästi rakennetulla pientaloalueella kasvattaa alueen kokonaispäästöjä.

## 6 Johtopäätökset

Korkeimmat puunpoltosta aiheutuneet vuorokausipitoisuudet esiintyivät alueilla, joilla pientaloja on runsaasti. Määrällisesti kaikilla alueilla, joilla korkeampia pitoisuuksia esiintyi, oli kuitenkin huomattavasti enemmän kerrostaloasuntoja kuin pientaloja. Valituista sosioekonomisista tekijöistä rakennustyyppi olikin ainoa tekijä, jossa nähtiin selvä ero asukkaiden kesken. Asunnonhallintasuhteella ei todettu olevan merkitystä pitoisuuksille altistumiselle. Ikäryhmittäin Turun seudulla todennäköisimmin altistuvat nuoret aikuiset (18–29-vuotiaat) ja vähiten alle 18-vuotiaat. Tulojakauman mukaan saatiin viitteitä siitä että ruudut, joissa asukaskohtaiset tulot ovat pienet tai asuntokuntakohtaiset tulot suurimmat altistutaan pienhiukkasille vähemmän. Erot tulo luokkien suhteellisiin osuuksiin ovat kuitenkin pienet.

Pienhiukkaspitoisuuksien ajallista jakaumaa tutkittiin yleisimpien puunpoltoaikojen kautta. Takat ja vastaavat tulisijat lämpiävät erityisesti talvikaudella joulukuun helmikuun välisen aikana. Kesäisin puuta poltetaan vähiten. Pääsääntöisellä lämmityskaudella sekä tulisijojen lämmitystiheys ja lämmittäjien määrä on korkein. Ulkolämpötila vaikuttaa puunpolton yleisyyteen, sillä  $-20\text{ °C}$  pakkasen näyttäisi nostavan polttopuun kulutusta puolella. Lämmityskaudella puunpolto takoissa ja muissa lämmittimissä jakautuu melko tasaisesti jokaiselle viikon päivälle. Trendissä tosin nähdään piikki perjantaista sunnuntaihin, jolloin ihmiset viettävät enemmän aikaa kotona. Yleisimmin puuta poltetaan illalla kello 18–20 välillä. Paikallisten pienhiukkaspitoisuuksien voidaan olettaa olevan korkeimmillaan vastaavina aikoina ja joitakin tunteja niiden jälkeen, ennen kuin pitoisuudet laimenevat. Laimenemisnopeus on riippuvainen paikallisista sääoloista. Puulla lämpiävät saunan kiukaat lämpiävät tasaisesti ympärivuoden ja niissä lämmittäjä määrät pysyvät melko vakiona. Myös saunan kiukaiden lämmitys on yleisintä viikonloppuisin.

Lämmitysjärjestelmien tarkastelun mukaan eniten puuta kuluu rakennuksissa, joissa lämmitysjärjestelmä perustuu puunpolttoon. Tällaisia rakennuksia sisältyi tutkimusaineistoon vain muutamia. Silloin, kun pääsääntöinen lämmitysjärjestelmä perustui muuhun järjestelmään, polttopuuta kului eniten rakennuksissa, joissa pääsääntöinen lämmitysjärjestelmä perustui sähkö- tai öljylämmitykseen. Yleisimmin käytetyt tulisijatyyppit ovat erilaiset varaavat takat ja puulla lämpiävät saunan kiukaat. Tulosten mukaan reilusti yli puolet, 66 % kaikesta käytetystä polttopuusta poltetaan varaavissa takoissa. Saunan kiukaiden lämmitykseen kuluu 22 % kaikesta käytetystä polttopuusta. Lämmityksen lisäksi puunpoltolla haetaan koteihin tunnelmaa ja ruuanvalmistusmahdollisuuksia.

Puun varastointi tapahtuu alueella pääasiassa sitä varten varatussa liiterissä taikka ulkona peitetyssä pinossa. Huomattavaa oli, että vain 5 % vastaajista arvio polttopuun kostuvan varastoinnin aikana. Polttopuun kuivuus onkin aihe, johon tulevissa valistuskampanjoissa olisi hyvä nostaa esille, sillä puun kuivuudella on suuri merkitys puunpolton pienhiukkasten syntyyn.

Tutkimusalueella polttopuut hankitaan pääosin omasta tai tutun metsästä itse pilkkomistyöt tehden tai ostamalla valmiina klapeja. Vastauksista nähtiin, että seuraavan 5 vuoden aikana puunhankintatavat tulevat muuttumaan suuntaan, jossa valmiiden klapien ostaminen yleistyy ja polttopuun hankinta omasta tai tutun metsästä tulee vähenemään.

## Kiitokset

Haluan esittää kiitokseni Matias Saunamäelle, Turun kaupungin ilmansuojeluasiantuntija Petra Sainistolle ja erityisasiantuntija Miika Meretojalle hyvästä yhteistyöstä ja kaikesta saamastani avusta, ohjaajalleni Turun yliopiston maantieteen professori Jukka Käyhkölle perusteellisesta ohjauksesta, Turun yliopiston Leena Laurilalle avusta ja neuvoista sekä QGIS:n että YKR-aineiston kanssa sekä Ilmatieteen laitoksen projektipäällikkö Jatta Salmelle avusta ja nopeista vastauksista liittyen Turun seudun ilmanlaatuselvitykseen sekä puunpolton pienhiukkasten mallinnusaineistoon.

Haluan kiittää myös tilannetta läheltä seuranneita sukulaisia, ystäviä ja työkavereita. Erityisesti perhettäni, Rikua, Miikaa ja Eliasta jaksamisesta, kestämisestä ja pois alta pysymisestä, ystävääni Hannaa, jonka vertaistuki oli korvaamatonta sekä entisen Nesteen Naantalin öljynjalostamon 4-vuoron valmistuksen ukkoja, jotka kärsivällisesti kuuntelivat ja parhaansa mukaan peittelivät pitkästyneitä haukotuksiaan.

Nöyrimmät kiitokset. Te kaikki mahdollistitte tämän.

## Lähteet

- Aarnio, P., A. Kousa & M. Malkki (2016). Ilmanlaatu ja siihen vaikuttavat tekijät pääkaupunkiseudulla vuosina 2006–2015. Ilmansuojelusuunnitelman taustaraportti 9: 2016. 122 s. Helsingin seudun ympäristöpalvelut. 30.12.2020. <[https://www.hsy.fi/globalassets/ilmanlaatu-ja-ilmasto/tiedostot/9\\_2016-ilmanlaatu2006-2015-taustaraportti.pdf](https://www.hsy.fi/globalassets/ilmanlaatu-ja-ilmasto/tiedostot/9_2016-ilmanlaatu2006-2015-taustaraportti.pdf)>
- About IQAir (2021). IQAir. 13.4.2021. <<https://www.iqair.com/about-iqair>>
- Ahjopalo J. (2019). Saunan savut ja tunnelmallinen takkatuli ovat pyhiä. *Yleisradio*. 21.2.2019. Viitattu 29.11.2020. <<https://yle.fi/uutiset/3-10653271>>
- Ailshire, J.A. & P. Clarke (2014). Fine particulate matter air pollution and cognitive function among U.S. older adults. *Journals of Gerontology. Series B Psychological Sciences and Social Sciences*. 70: 2. S. 322–328. <[doi:10.1093/geronb/gbu064](https://doi.org/10.1093/geronb/gbu064)>
- Alakangas E., M. Hurskainen, J. Laatikainen-Luntama & J. Korhonen (2016). Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. *Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy*. 214 s. Tampere. 15.3.2021. <<https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2016/T258.pdf>>
- Auranen J. & K. Kähäri (2018). Launeen alueen PAH-pitoisuudet alkuvuonna 2018. *Lahden kaupunki*. 14 s. 29.11.2020. <<http://ktweb.lahti.fi/ktwebbin/dbisa.dll/ktwebscr/epjatn.htm?RYLL+5.2.2019%2016:00+12+1>>
- Baumgartner, J., J.J. Schauer, M. Ezzati, L. Lu, C. Cheng, J. Patz, & L.E. Bautista (2011). Patterns and predictors of personal exposure to indoor air pollution from biomass combustion among women and children in rural China. *Indoor Air* 21: 6. 530 s. 479–488. 20.11.2020. <<https://doi-org.ezproxy.utu.fi/10.1111/j.1600-0668.2011.00730.x>>
- Chafe Z., M. Brauer, M-E. Heroux, Z. Klimont, T. Lanki, O. Salonen & K.R. Smith (2015). Residential heating with wood and coal: health impacts and policy options in Europe and North America. 58 s. *World health organization*. Copenhagen. 2.1.2021. <[https://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0009/271836/ResidentialHeatingWoodCoalHealthImpacts.pdf](https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/271836/ResidentialHeatingWoodCoalHealthImpacts.pdf)>
- Chen H., J. Kwong, R. Copes, K. Tu, P. Villeneuve, A. van Donkelaar, P. Hystad, P.V. Martin, B.J. Murray, B. Jessiman, A.S. Wilton, A. Kopp & B.T. Burnett (2017). Living near major roads and the incidence of dementia, Parkinson's disease, and multiple sclerosis. *Lancet* 2017: 389. S. 718–726. Luettu 2.1.2021. <[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)32399-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)32399-6)>
- Clancy L., P. Goodman, H. Sinclair, D.W. Dockery (2002). Effect of air-pollution control on death rates in Dublin, Ireland: an intervention study. *The Lancet*. 360: 9341. S. 1210-1214. Luettu 8.1.2021. <[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(02\)11281-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(02)11281-5)>
- EEA (2019). Assessing air quality through citizen science. *European Environment Agency*. Report 2019: 19. S. 7-29. Luettu 10.12.2020. <<https://www.eea.europa.eu/publications/assessing-air-quality-through-citizen-science>>
- EEA (2020). Air quality in Europe. *European environmental agency*. Report 2020: 9. 164 s. 10.12.2020. <<https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2020-report>>
- EEA (2020b). Air pollutant emissions data viewer 1990-2018. *European environmental agency*. Luettu 30.12.2020. <<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/air-pollutant-emissions-data-viewer-3>>
- EEA (2020c). Euroopan ilmanlaatu on parantunut huomattavasti viime vuosikymmenen aikana ja saastumiseen liittyvät kuolemantapaukset ovat vähentyneet. *European environmental agency* Luettu 30.12.2020. <<https://www.eea.europa.eu/fi/highlights/euroopan-ilmanlaatu-on-parantunut-huomattavasti>>
- Ekosuunnitteludirektiivi: energiatehokkuutta ja kierrätettävyyttä (2018). *Euroopan parlamentti*. 24.5.2018. Luettu 11.1.2021. <<https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/society/20180522STO04021/ekosuunnitteludirektiivi-energiatehokkuutta-ja-kierratettavyytta>>
- ELY (2021). Avustus pientalon öljylämmityksestä luopumiseksi. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. 27.7.2021. <<https://www.ely-keskus.fi/oljylammituksen-vaihtajalle>>

- Energiavirasto (2021). Sähkön hinnankelitys. 28.7.2021. *Energiavirasto*. <<https://energiavirasto.fi/sahkon-hintatilastot>>
- EUR-Lex (2015). Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2010/30/EU täydentämisestä paikallisten tilalämmitimien energiamerkinnän osalta. *Euroopan unionin virallinen lehti*. 2015: 1186. Luettu 11.1.2021. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX%3A32015R1186>>
- Euroopan Komissio (2019). Euroopan vihreän kehityksen ohjelma. *Komission tiedonanto*. Bryssel. Luettu 31.12.2020. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0640&from=FI>>
- European Commission (2019). Air quality standards. *European environmental agency*. Luettu 30.1.2020. <<https://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>>
- Finlex 2017. Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta. 26.1.2017/79. *Oikeusministeriö*. Luettu 10.12.2020. <<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2017/20170079>>
- Gotschi T., L. Oglesby, P. Mathys, C. Monn, N. Manalis, K. Koistinen, M. Jantunen, O. Hanninen, L. Polanska & N. Kunzli (2002). Comparison of black smoke and PM2.5 levels in indoor and outdoor environments of four European cities. *Environmental Science Technology*. 15: 36. S. 1191-1197. <[doi:10.1021/es010079n](https://doi.org/10.1021/es010079n)>
- Hackman (s.a.). Hackmanin tarina. *Iittala Group*. Luettu 24.1.2020. <<http://www.hackman.fi/Inspiraatio/Tarinoita/Hackmanin-tarina>>
- Hengitettävät hiukkaset (s.a.) *Ilmatieteen laitos*. 13.4.2021. <<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/hengitettavat-hiukkaset>>
- Hiltunen N. (2020). Local Air Quality and Economic Inequality in Finland. *Aalto Yliopisto*. 27.7.2021. <[https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/44022/master\\_Hiltunen\\_Nina\\_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/44022/master_Hiltunen_Nina_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>
- Historiamme. *Nokia Oyj:n kotisivut*. Luettu 24.11.2020. <[https://www.nokia.com/fi\\_fi/tietoa-nokiasta/mita-temme/historiamme/](https://www.nokia.com/fi_fi/tietoa-nokiasta/mita-temme/historiamme/)>
- Hiukkaset ja kaasumaiset aineyhdisteet (2020). *Hengitysliitto*. 29.11.2020. <<https://www.hengitysliitto.fi/elamanlaatu-ja-hyvinvointi/saa-ja-ilmanlaatu/>>
- Hänninen O., N. Karvosenoja & J. Kukkonen (2019). Puun pienpolton ja katupöly haittojen vähentäminen. *Ilmansuojelu* 2019: 1. 32 s. S. 16-21. 17.2.2021 <<https://isy.fi/wp-content/uploads/2019/03/IS1-2019web.pdf>>
- Hänninen, O., A. Korhonen, H. Lehtomäki, A. Asikainen & I. Rumrich (2016). Ilmansaasteiden terveysvaikutukset. Ympäristöministeriön raportti 2016: 16. 29 s. *Ympäristöministeriö*. Helsinki. <[https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/74861/YMra\\_16\\_2016.pdf?sequence=1](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/74861/YMra_16_2016.pdf?sequence=1)>
- IL (2018). Suomi WHO:n ilmanlaatuilaston kärjessä. *Ilmatieteen laitos*. 30.12.2020. <<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/tiedote/524194286>>
- Ilmanlaatuindeksi (s.a.). *Ilmatieteen laitos*. 10.12.2020. <<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaatuindeksi>>
- IQAir (2020). 2020 World Air Quality Report. *IQAir*. 41 s. <<https://www.iqair.com/world-air-quality-report>>
- Johnston J.D., M.E. Hawks, H.B. Johnston, L.A. Johnson & J.D. Beard (2020). Comparison of Liquefied Petroleum Gas Cookstoves and Wood Cooking Fires on PM2.5 Trends in Brick Workers' Homes in Nepal. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 17: 16. 5681 s. Luettu 8.1.2021. <<http://dx.doi.org/10.3390/ijerph17165681>>
- Järveläinen, V-P. (2011). Merkittävä teos metsien teollisen käytön historiasta. Suomen Metsätieteellinen Seura ry. *Metsätieteen aikakauskirja*. 2011: 4. s. 305–308.
- KANTAR TNS (2018). Suomalaisten metsäsuhteiden tila -selvitys. *Kestävästi metsäsuhteessa hanke*. 14.3.2018. Luettu 20.11.2020. <<https://smy.fi/wp-content/uploads/2018/03/Suomalaisten-mets%C3%A4suhteiden-tila-selvitys.pdf>>
- Kattavaa paikallista tietoa (2020). *Ilmansuojelu* 2020: 2. 27 s. S. 8–13. 4.5.2021. <[https://isy.fi/wp-content/uploads/2020/06/IS\\_2\\_2020\\_aukeamat.pdf](https://isy.fi/wp-content/uploads/2020/06/IS_2_2020_aukeamat.pdf)>
- Komppula B., J. Walden, K. Lusa, K. Kyllönen, H. Saari, M. Vestenius, J. Salmi & J. Latikka (2017). Ilmanlaadun mittaushjeet 2017. *Ilmatieteen laitos*. S. 122. 4.5.2021. <[http://expo.fmi.fi/aqes/public/Ilmanlaadun\\_mittaushje\\_2017.pdf](http://expo.fmi.fi/aqes/public/Ilmanlaadun_mittaushje_2017.pdf)>

- Korhonen A., H. Lehtomäki, I. Rumrich, N. Karvosenoja, V. Paunu, K. Kupiainen, M. Sofievv, Y. Palamarchuk, J. Kukkonen, L. Kangas, A. Karppinen & O. Hänninen (2019). Influence of spatial resolution on population PM2.5 exposure and health impacts. *Air Quality Atmosphere & Health*. S. 3–4.
- Kuittinen, N., J-P. Jalkanen, J. Alanen, L. Ntziachristos, H. Hannuniemi, L. Johansson, P. Karjalainen, E. Saukko, M. Isotalo, P. Aakko-Saksa, K. Lehtoranta, J. Keskinen, P. Simonen, S. Saarikoski, E. Asmi, T. Laurila, R. Hillamo, F. Mylläri, H. Lihavainen, H. Timonen & T. Rönkkö (2021). Shipping Remains a Globally Significant Source of Anthropogenic PN Emissions Even after 2020 Sulfur Regulation. *Environmental Science & Technology* 2021: 55. S. 129-138. <<https://doi.org/10.1021/acs.est.0c03627>>
- Lehtomäki H., A. Korhonen, A. Asikainen, N. Karvosenoja, K. Kupiainen, V. Paunu, M. Savolahti, M. Sofiev, Y. Palamarchuk, A. Karppinen, J. Kukkonen & O. Hänninen (2018). Health Impacts of Ambient Air Pollution in Finland. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. S. 1-16.
- Lelieveld J., K. Klingmüller, A. Pozzer, U. Pöschl, M. Fnais, A. Daiber & T. Münzel (2019). Cardiovascular disease burden from ambient air pollution in Europe reassessed using novel hazard ratio functions. *European Heart Journal*. S. 1–7.
- LUKE (2015). Suomi on metsäpeitteen perusteella Euroopan metsäisin valtio. *Luonnonvarakeskus*. Luettu 23.11.2020 <<https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/metsa/metsavarat-ja-metsasuunnittelu/suomen-metsat-euroopassa-vuonna-2015/euroopan-metsaala/>>
- LUKE (2018). Polttopuun käyttö lisääntyi 7 miljoonaan kuutiometriin. *Luonnonvarakeskus*. Luettu 21.1.2020. <<https://www.luke.fi/uutinen/polttopuun-kaytto-lisaantyi-seitsemaan-miljoonaan-kuutiometriin/>>
- Maa- ja metsätalousministeriö (2020). Metsäteollisuus Suomessa. *Maa- ja metsätalousministeriö*. Luettu 23.11.2020. <<https://mmm.fi/metsat/puun-kaytto/metsateollisuus-suomessa>>
- Metsähallitus (2019). 160 vuotta Metsähallituksen historiaa. Näin me toimimme. *Metsähallitus*. Luettu 10.12.2020. <<https://www.metsa.fi/metsahallitus/nain-toimimme/historia/>>
- Metsä Fibre rakentaa Raumalle maailman moderneimman sahan. (2020). Mestä Fibre. Luettu 11.4.2021. <<https://www.metsafibre.com/fi/yhtio/Tuotantolaitokset/Pages/Rauman-saha.aspx#>>
- Metsä Group on päättänyt rakentaa uuden biotuotetehtaan Kemiin (2021). Metsä Group. Luettu 11.4.2021. <<https://www.metsagroup.com/fi/Media/kaikki-uutiset/Pages/Uutinen.aspx?EncryptedId=6EB8EC180BEF9C0E&Title=MetsaGrouponpaattanytrakentaauudenbiotuotetehtaanKemiin>>
- Metsäteollisuus: Terva oli ensimmäinen metsästä saatu menestystuote (2014). *Ammattilehti*. Luettu 23.11.2020. <<https://www.ammattilehti.fi/uutiset.html?9559>>
- Nokia (s.a.). Historiamme. Nokian verkkosivut. 30.1.2021. <[https://www.nokia.com/fi\\_fi/tietoa-nokiasta/yritys/historiamme/](https://www.nokia.com/fi_fi/tietoa-nokiasta/yritys/historiamme/)>
- Ohtonen K., N. Kaski & J. Niemi (2020.) Tulisijojen käyttö ja päästöt pääkaupunkiseudulla vuonna 2018. Helsingin seudun ympäristöpalvelut – kuntayhtymä. 51 s. Luettu 20.4.2021 <<https://julkaisu.hsy.fi/tulisijojen-kaytto-ja-paastot-paakaupunkiseudulla-vuonna-2018.html>>
- PAH-yhdisteet (s.a.) *Ilmatieteen laitos*. 29.12.2019. <<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/pah-yhdisteet>>
- Paraisten kaupunki (2018). Paraisten kaupungin yleiskaava. *Paraisten kaupunki, Ympäristöosasto, Kaavoitusyksikkö*. p. 35. Luettu 29.4.2021. <[https://www.pargas.fi/documents/41921/251486/Tausta-aineisto+maisemasta\\_2018.pdf/c4da0d08-6cb4-1436-8789-f52f6459bd4c?t=1593082945131](https://www.pargas.fi/documents/41921/251486/Tausta-aineisto+maisemasta_2018.pdf/c4da0d08-6cb4-1436-8789-f52f6459bd4c?t=1593082945131)>
- Pasanen T (2019). Everyday Physical Activity in Natural Settings and Subjective Well-Being Direct Connections and Psychological Mediators. *Tampereen yliopisto*. 51 s. Väitös. <<https://trepo.tuni.fi/biistream/handle/10024/118176/978-952-03-1378-4.pdf?sequence=2&isAllowed=y>>
- Pienhiukkaset (s.a.) *Ilmatieteen laitos*. 30.1.2020. <<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/pienhiukkaset-ilmansaasteena>>
- Pöyry (2013). Ekosuunnitteludirektiivin vaikutusten arviointi. *MOTIVA*. 12 s. Luettu 11.1.2021. <[https://www.motiva.fi/files/11222/Ekosuunnittelu\\_Tilalamittimet\\_ja\\_yhdistelmalamittimet.pdf](https://www.motiva.fi/files/11222/Ekosuunnittelu_Tilalamittimet_ja_yhdistelmalamittimet.pdf)>
- QGIS. 2020. QGIS - Suosituin avoimen lähdekoodin työpöytä GIS-ohjelmisto. Luettu 24.1.2021. <<https://qgis.org/fi/site/about/index.html>>

- Rasila T., J. Salmi, & J. Latikka (2018). Kotitalouksien puun pienpolton päästöjen aiheuttamat Bentso(a)pyreenin ja pienhiukkasten pitoisuudet Kuopion seudulla. *Ilmatieteen laitos*. 48 s. Helsinki. 31.12.2020. <<https://www.kuopio.fi/documents/7369547/7616060/Kotitalouksien+puun+pienpolton+p%C3%A4%C3%A4st%C3%B6jen+aiheuttamat+bentso%28a%29+pyreenin+ja+pienhiukkasten+pitoisuudet+Kuopion+seudulla/c76deb13-97b5-4d26-babc-cca955b039db>>
- Rautavuori L. (2019). Vain pönttö polttaa maitotölkkejä kiukaassa. *Yleisradio*. 18.2.2019. Viitattu 29.11.2020. <<https://yle.fi/uutiset/3-10644819>>
- Rotko, T., K. Koistinen, O. Hänninen & M. Jantunen (2000). Sociodemographic descriptors of personal exposure to fine particles (PM2.5) in EXPOLIS-Helsinki. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*. 2000: 10. S. 385–393. <<https://www.nature.com/articles/7500104.pdf>>
- Saarinen, T., T. Pennanen, R. Helminen-Hakola & O. Koivula (2019). Liikenneturvallinen ja toimiva kaupunkirakenne Espoossa ja kahdeksassa muussa kaupungissa Suomessa. *Espoon kaupunki, Kaupunkitekniikan keskus*. 57 s.
- Salmi J., S. Lappi, T. Rasila, K. Lovén & H. Hannuniemi (2009). Turun seudun päästöjen leviämismalliselvitys. *Ilmatieteen laitos*. 105 s. Luettu 5.2.2021. <[http://expo.fmi.fi/aqes/public/Turun\\_seudun\\_leviamismallilaskelmat\\_2010.pdf](http://expo.fmi.fi/aqes/public/Turun_seudun_leviamismallilaskelmat_2010.pdf)>
- Salmi J., E. Laukkanen, T. Rasila, H. Hannuniemi, B. Komppula & K. Lovén (2020). Turun seudun ilmanlaatuselvitys. *Ilmatieteen laitos*. 159 s. 5.2.2021. <[https://expo.fmi.fi/aqes/public/Turun\\_seudun\\_ilmanlaatuselvitys\\_2020.pdf](https://expo.fmi.fi/aqes/public/Turun_seudun_ilmanlaatuselvitys_2020.pdf)>
- Salmi J. (2021). Puun pienpolton leviämismallinnus. Henkilökohtainen sähköposti Ronja Ryypölle. 17.2.2021.
- Salonen O., K. Pasanen, A-M. Pulkkinen, A. Pennanen, E. Pärjälä, E. Koskentalo & E. Pukkala (2016). Puun pienpolton savuja ulkoa sisälle ja pitkäaikaisesta altistumisesta syöpiä. *Ympäristö ja Terveys* 2016: 8. S. 28–39. Luettu 2.1.2021. <<https://www.julkari.fi/handle/10024/131608>>
- Savolahti M., N. Karvosenoja, K. Kupiainen & V. Paunu (2015). Pienpolton päästövähennyskeinojen kustannustehokkuus ja vaikutukset väestöaltistukseen. 18 s. *Suomen Ympäristökeskus*. Luettu 11.2.2021.
- Scibor M., B. Balcerzak, A. Galbarczyk, N. Targosz & G. Jasienska (2019). Are we safe inside? Indoor air quality in relation to outdoor concentration of PM10 and PM2.5 and to characteristics of homes. *Sustainable Cities and Society*. 2019: 48. Luettu 3.1.2020. <<https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101537>>
- Suomen Uutiset (2018). Immonen ja Lehto: Hallitus uhkaa puuttua puun pienpoltoon takoissa ja kiukaissa. *Suomen uutiset* 3.10.2018. Luettu 29.11.2020. <<https://www.suomenuutiset.fi/immonen-lehto-hallitus-uhkaa-puuttua-puun-pienpoltoon-takoissa-kiukaissa-holhous-huipussaan/>>
- SYKE (2019). Yhdyskuntarakenteen seurantajärjestelmä (YKR). Suomen ympäristökeskus ja Tilastokeskus. *Suomen ympäristökeskus*. 38 s.
- SYKE (2020). Väitös: Puun pienpolton ilmasto ja terveysvaikutukset Suomessa. *Suomen ympäristökeskus*. Luettu 19.11.2020. <[https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Vaitos\\_Puun\\_pienpolton\\_ilmasto\\_ja\\_tervey\(55270\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Vaitos_Puun_pienpolton_ilmasto_ja_tervey(55270))>
- Tampere. (2019). Yhdyskuntarakenteen ilmastovaikutusten arviointi. *Tampereen kaupunki*. Luettu 19.1.2021. <<https://www.tampere.fi/asuminen-ja-ymparisto/kaavoitus/yleiskaavoitus/hankeet/yhdyskuntarakenteen-ilmastovaikutusten-arviointi.html>>
- THL (2019a). Ympäristöterveys. Ilmansaasteet. Julkaistu 18.10.2019. *Terveiden ja hyvinvointilaitos*. Luettu 21.1.2020. <<https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/ilmansaasteet>>
- THL (2019b). Ympäristöterveys. Puunpolto. Julkaistu 18.10.2019. *Terveiden ja hyvinvoinnin laitos*. Luettu 30.1.2020 <<https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/ilmansaasteet/puunpolto>>
- THL (2019c). Katupöly aiheuttaa paljon terveyshaittoja - teiden nopea siivoaminen on avain haittojen vähentämiseen. *Terveiden ja hyvinvointilaitos*. Luettu 11.1.2021. <<https://thl.fi/fi/-/katupoly-aiheuttaa-paljon-terveyshaittoja-teiden-nopea-siivoaminen-on-avain-haittojen-vahentamiseen>>
- Tilastokeskus (2018a). Energian hankinta ja kulutus. *Tilastokeskus*. Helsinki. Luettu 30.1.2020. <<http://www.stat.fi/til/ehk/index.html>>
- Tilastokeskus (2018b). Asumisen energiankulutus 2018, Liitetaulukko 2. Asumisen energiankulutus energialähteittäin vuonna 2018, GWh. *Tilastokeskus*. Helsinki: Tilastokeskus. Luettu 30.1.2020. <[http://www.stat.fi/til/asen/2018/asen\\_2018\\_2019-11-21\\_tau\\_002\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/asen/2018/asen_2018_2019-11-21_tau_002_fi.html)>

- Tilastokeskus (s.a.). Käsitteet. Puun pienpoltto. *Tilastokeskus*. Luettu 21.1.2020. <[www.stat.fi/meta/kas/puun\\_pienpoltto.html](http://www.stat.fi/meta/kas/puun_pienpoltto.html)>
- Tilastotietoja Turusta 2021 (2021). *Turun kaupunki*. <<https://www.turku.fi/turku-tieto/tilastot/tilastotietoja-turusta>>
- Tuulisuus Suomessa (s.a.). Suomen tuuliatlas. *Työ- ja elinkeinoministeriö*. 7.5.2021. <<http://www.tuuliatlas.fi/tuulisuus/index.html>>
- Tyrväinen L., T. Lanki, R. Sipilä & J. Komulainen (2018). Mitä tiedetään metsän terveyshyödyistä. *Duodecim* 2018: 13. Luettu 19.11.2020. <<https://www.duodecimlehti.fi/duo14421>>
- Työtehoseura (2018). Polttopuiden hankinta helpottuu ja päästöt vähenevät – Kuivaa asiaa -hanke paneutuu oikeaoppiseen ja tehokkaaseen polttopuun käyttöön. *Työtehoseura*. Luettu 30.10.2020. <<https://www.epressi.com/tiedotteet/metsatalous/polttopuiden-hankinta-helpottuu-ja-paastot-vahenevat-kuivaa-asiaa-hanke-paneutuu-oikeaoppiseen-ja-tehokkaaseen-polttopuun-kayttoon.html>>
- UN (2020a). The 17 goals. *United Nations*. Luettu 24.1.2021. <<https://sdgs.un.org/goals>>
- UN (2020b). Affordable and clean energy: Why it matters. *United Nation*. 2 s. Luettu 24.1.2021. <[https://www.un.org/sustainabledevelopment/wp-content/uploads/2016/08/7\\_Why-It-Matters-2020.pdf](https://www.un.org/sustainabledevelopment/wp-content/uploads/2016/08/7_Why-It-Matters-2020.pdf)>
- UNFCCC (2009). Fact sheet: The need for mitigation. *United Nations Framework Convention on Climate Change*. Luettu 10.12.2020. <[https://unfccc.int/files/press/backgrounders/application/pdf/press\\_factsheet\\_mitigation.pdf](https://unfccc.int/files/press/backgrounders/application/pdf/press_factsheet_mitigation.pdf)>
- Valvira (2008). Puun pienpolttoa koskevat terveydelliset ohjeet. *Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus*. Oppaita 6: 2008. Luettu 30.1.2020. <[https://www.valvira.fi/documents/14444/22511/Puun\\_poltto-opas.pdf](https://www.valvira.fi/documents/14444/22511/Puun_poltto-opas.pdf)>
- Wang J., T. Li, Y. Lv, V. Byers Kraus, Y. Zhang, C. Mao, Z. Yin, W. Shi, J. Zhou, T. Zheng, P. Kinney, T. Ji, S. Tang & X. Shi (2020). Fine Particulate Matter and Poor Cognitive Function among Chinese Older Adults: Evidence from a Community-Based, 12-Year Prospective Cohort Study. *Environmental Health Perspective*. 128: 6. Luettu 2.1.2021. <<https://doi.org/10.1289/EHP5304>>
- WHO (2010). WHO Guidelines for indoor air quality. *World Health Organization*. 484 s. Bonn. <[https://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0009/128169/e94535.pdf?%3Fua%3D1](https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf?%3Fua%3D1)>
- WHO (2018a). Air pollution and child health. *World Health Organization*. 32 s. Geneve. 2.1.2021. <<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/275545/WHO-CED-PHE-18.01-eng.pdf?ua=1>>
- WHO (2018b). 9 out of 10 people worldwide breathe polluted air, but more countries are taking action. *World Health Organization*. Geneva. 2.1.2021. <<https://www.who.int/news/item/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action>>
- YM (2019). Kansallinen ilmansuojeluohjelma 2030. *Ympäristöministeri*. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019: 7. 91 s. <<https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161467>>
- Ympäristö.fi. (2013). Ilmanlaatua koskeva sääntely. *Ympäristöministeriö*. 30.1.2020. <[https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ilmasto\\_ja\\_ilma/Ilmansuojelu/Ilmansuojelun\\_raja\\_ja\\_ohjeet/Ilmanlaatua\\_koskeva\\_saantely\(17227\)#Pi-enhiukkasaltistumista%20koskeva%20s%C3%A4%C3%A4ntely](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ilmasto_ja_ilma/Ilmansuojelu/Ilmansuojelun_raja_ja_ohjeet/Ilmanlaatua_koskeva_saantely(17227)#Pi-enhiukkasaltistumista%20koskeva%20s%C3%A4%C3%A4ntely)>
- Ympäristö.fi (2013). Yhdyskuntarakenteen seurannan aineistot. *Ympäristöhallinnon yhteiset verkkosivut*. Suomen ympäristökeskus. 19.1.2021. <[https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Elinymparisto\\_kaavoitus/Yhdyskuntarakenne/Tietoa\\_yhdyskuntarakenteesta/Yhdyskuntarakenteen\\_seurannan\\_aineistot](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Elinymparisto_kaavoitus/Yhdyskuntarakenne/Tietoa_yhdyskuntarakenteesta/Yhdyskuntarakenteen_seurannan_aineistot)>
- Ympäristö.fi (2020a). Ilman epäpuhtauksien päästöt Suomessa. 17.11.2020. *Ympäristöhallinnon yhteiset verkkosivut*. Viitattu 11.12.2020. <[https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat\\_ja\\_tilastot/Ilman\\_epapuhtauksien\\_paastot](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Ilman_epapuhtauksien_paastot)>
- Ympäristö.fi (2020b). Uusi avustus öljylämmityksen vaihtoon – tarjolla jopa 4 000 euroa pientalon omistajalle. *Ympäristöhallinnon yhteiset verkkosivut*. Ympäristöministeriö. 1.9.2020. <[https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asuminen/Uusi\\_avustus\\_oljylammityksen\\_vaihtoon\\_t\(58425\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asuminen/Uusi_avustus_oljylammityksen_vaihtoon_t(58425))>

# Liitteet

## Liite 1 Tulisijojen käyttö Turun seudulla tutkimuksen kyselylomake

### TULISIJOJEN KÄYTTÖ TURUN SEUDULLA

Vastauksesi on tärkeä. Pyydämme vastaamaan kyselyyn, vaikka polttopuuta ei olisi käytetty. Vastauksia käytetään Turun seudun puun pienpolton päästöjen leviämismallinnuksessa ja Kuivaa asiaa –hankkeen polttopuupalvelun kehittämisessä. Vastaukset ovat luottamuksellisia. Kyselyn tuloksia ei julkisteta siten, että yksittäiset vastaukset erottuisivat, eikä kyselyssä käytetä henkilötietoja. Tiedot kiinteistöistä on saatu kunnilta. Jos asuintalossanne on useampi asunto vastatkaa kyselyyn vain oman perheen puolesta.

Ruotsinkieliseen kyselyyn pääsette tästä:

<https://link.webpolsurveys.com/Participation/Public/666ce291-e5f8-4763-83a0-f6021041194a?displayId=Fin1739799&surveyLocale=sv>

Lisätietoja Kuivaa asiaa –

hankkeesta: [http://www.tts.fi/tutkimus\\_kehitys/hankkeet/asumisen\\_hankkeet/kuivaa\\_asiaa](http://www.tts.fi/tutkimus_kehitys/hankkeet/asumisen_hankkeet/kuivaa_asiaa)

1. Kiinteistöä koskevat tiedot. Vastauskoodia käytetään ainoastaan vastauksen sijaintitietojen paikantamiseen.

Syöttäkää tähän kirjekuoressa oleva viisinumeroinen tunnus \*

2. Poltetaanko asunnossanne puuta? Jos ette polta puuta kysely ohjaa teidät kysymyksen 7 jälkeen kysymykseen 36. \*

- Ei polteta puuta  
 Poltetaan puuta

3. Onko kiinteistö \*

- Omakotitalo  
 Rivitalo  
 Paritalo  
 Muu

4. Mikä on päärakennuksenne rakentamisvuosi? \*

5. Viimeisin peruskorjausvuosi lämmitysjärjestelmään liittyen ja mitä tehtiin?

6. Millä tavoin päärakennuksenne lämmitetään? \*

	Pääasiallinen lämmitystapa (valitkaa yksi)	Lisälämmitystapa (voitte valita useita)
Suora sähkölämmitys	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Varaava sähkölämmitys	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Keskuslämmitys öljyllä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Keskuslämmitys pelleteillä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Keskuslämmitys puulla ilman varaajaa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Keskuslämmitys puulla varaajan kanssa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Uunilla, takalla tai muulla puulämmityksellä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kaukolämpö	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Maalämpö	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muu lämmitystapa (ilmalämpöpumppu, ilmavesilämpöpumppu, aurinkolämpö, vesitakka)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ei kiinteää lämmitystä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7. Jos sinulla on öljykattila tai kaksoispesäkattila, kuinka paljon on tyypillinen öljynkulutus vuodessa?

Vuosikulutus litroina

Seuraava







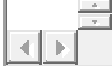




TULISIJOJEN KÄYTTÖ TURUN SEUDULLA

8. Kiinteistön tulisijojen ja puukiukaan lukumäärät yhteensä. Jos kiinteistöllä on useita erillisiä asuntoja (esim. paritalo), niin vastatkaa vain oman perheenne osalta.







Varaava takka

Leivinuuni

Puuliesi

Liesi-leivinuuniyhdistelmä	
Takka-leivinuuniyhdistelmä	
Takkasydämällä varustettu avotakka	
Avotakka (ei suuluukkuja)	
Puukamiina	
Puulämmitteinen saunankiuas	
Puukeskuslämmityskattila	
Öljy-puukaksoispesäkattila	
Kiertoilmatakka	
Muu tulisija esim. pihakeittiön tulisija tai palju.	 

9. Kiinteistön tulisijojen ja puukiukaan käyttöönottovuodet. Jos kiinteistöllä on useita erillisiä asuntoja (esim. paritalo), niin vastatkaa vain oman perheenne osalta.

Varaava takka	
Leivinuuni	
Puuliesi	
Liesi-leivinuuniyhdistelmä	
Takka-leivinuuniyhdistelmä	
Takkasydämällä varustettu avotakka	

Avotakka (ei suuluukkuja)



Puukamiina



Puulämmitteinen saunankiuas



Puukeskuslämmityskattila



Öljy-puukaksoispesäkattila



Kiertoilmatakka



Muu tulisija esim. pihakeittiön tulisija tai palju.



10. Mikäli teillä on puukattila tai kaksoispesäkattila, onko siihen liitetty lämminvesivaraaja ja mikä on varaajan tilavuus? \*

- Ei ole puu- tai kaksoispesäkattilaa
- On puu- tai kaksoispesäkattila, jossa ei ole lämminvesivaraajaa
- On puu- tai kaksoispesäkattila, jossa on lämminvesivaraajaa

11.

Lämminvesivaraajan tilavuus litroissa on



Edellinen  
Seuraava

## TULISIJOJEN KÄYTTÖ TURUN SEUDULLA

POLTTOPUUN VUOSIKÄYTTÖ, HANKINTA JA VARASTOINTI KIINTEISTÖLLÄ, Jos kiinteistöllä on useita erillisiä asuntoja (esim. paritalo), niin vastatkaa vain oman perheenne rakennusten osalta. Arvioikaa puunkäyttömäärät 12 kk jaksolle (esim. 1.6.2018 - 31.5.2019). Tarkan tiedon puuttuessa pyydämme esittämään parhaan mahdollisen arvion.

12. Arvioikaa, kuinka monta irtokuutiometriä m<sup>3</sup> (heittokuutiometri) olette käyttäneet puuta eri muodoissa tulisijojen lämmitykseen vuodessa. Yksi pinokuutiometri vastaa noin 1,7 irtokuutiometriä (heittokuutiometriä).



PINOkuutiometri



IRTOkuutiometri

Pilkkeinä eli klapeina (pituus 0,2–0,6 m)

Halkoina (pituus 0,6–1,2 m)

Hakkeena

Puupelletteinä

Puubriketteinä

Muuna puuna

13.

Jos vastasitte muuna puuna, mitä puuta on käytetty?

14. Kuinka käyttämänne puu jakaantui tulisijatyypeittäin? (osuudet kokonaismäärästä, yhteensä 100 %)

Varaava takka

%

Leivinuuni

%

Puuliesi

%

Liesi-leivinuuni yhdistelmä

%

Takka-leivinuuniyhdistelmä

%

Takkasydämellä varustettu avotakka

%

Avotakka (ei sulkuluukkuja)

%

Puukamiina

%

Puulämmitteinen saunankiuas

%

Puukeskuslämmityskattila

%

Ölji-puukaksoispesäkattila  
%



Kiertoilmatakka  
%



Pihakeittiöt ja paljut  
%



Muu tulisija  
%



Edellinen  
Seuraava

## TULISIJOJEN KÄYTTÖ TURUN SEUDULLA

15. Mitä polttopuun raaka-ainelähteitä käytitte ja miten polttopuu hankittiin? Voit valita useita vaihtoehtoja.

- Omasta metsästä hankitusta rangasta itse pilkottuna
- Omasta metsästä hankitusta rangasta teettäen pilkkomistyö
- Ostetusta rangasta itse pilkkoen tai pilkkomistyö teettäen
- Ilmaiseksi saadusta rangasta itse pilkkoen tai pilkkomistyö teettäen
- Omaa rakennusjätepuuta
- Ilmaiseksi saatua rakennus- tai sahausjätepuuta
- Ostettua halkoa tai pilkettä (klapia)
- Ostettua pellettiä tai brikettiä
- Muuta puuta

16.

Jos käytätte muuta puuta, mitä puuta ja miten hankittua?

17. Miten arvionne mukaan hankitte polttopuun viiden vuoden kuluttua? Voit valita useita vaihtoehtoja.

- Omasta metsästä hankitusta rangasta itse pilkottuna
- Omasta metsästä hankitusta rangasta teettäen pilkkomistyö
- Ostetusta rangasta itse pilkkoen tai pilkkomistyö teettäen
- Ilmaiseksi saadusta rangasta itse pilkkoen tai pilkkomistyö teettäen
- Omaa rakennusjätepuuta
- Ilmaiseksi saatua rakennus- tai sahausjätepuuta
- Ostettua halkoa tai pilkettä (klapia)
- Ostettua pellettiä tai brikettiä
- Muuta puuta
- En osaa sanoa

18.

Jos vastasitte muuta puuta, mitä ja miten hankittua

19. Mikä olisi mielestänne paras tapa ostaa polttopuita? Valitse yksi vaihtoehto.

- Tilaaminen tutulta toimittajalta puhelimitse tai sähköpostilla
- Tilaaminen internetistä polttopuiden kauppapaikasta (esim. halkoliiteri.com)
- Tilaaminen suoraan polttopuuyrittäjän nettisivuilta tilauslomakkeella
- Tilaaminen suoraan polttopuuyrittäjältä nettisivujen yhteystietojen perusteella
- Tilaaminen lehti-ilmoituksen tai vastaavan perusteella
- Ostaminen pienessä erässä esimerkiksi huoltoasemalta
- Ostaminen pienessä erässä automaatista läheltä omaa asuntoa

Edellinen  
Seuraava

## TULISIJOJEN KÄYTTÖ TURUN SEUDULLA

20. Mitkä tekijät koette tärkeiksi polttopuita hankkiessanne?

Numeroikaa korkeintaan viisi vaihtoehtoa tärkeysjärjestykseen numero yhdestä (1) aloittaen.

Puun hinta	<input type="text"/>
Kotiin toimituksen hinta	<input type="text"/>
Puulaji	<input type="text"/>
Polttopuut kuivia	<input type="text"/>
Polttopuun muu laatu; roskattomuus, vakiopituus, homeettomuus	<input type="text"/>
Polttopuiden ulkonäkö	<input type="text"/>
Tuttu puuntoimittaja	<input type="text"/>
Nopea toimitus	<input type="text"/>

Hyvä ja ystävällinen palvelu	
Puiden sopiva toimitustapa (irtona, säkissä, laatikossa tms.)	
Noutaminen omalla/lainatulla peräkärryllä	
Noutaminen peräkärryllä, jonka voisi vuokrata polttopuuyrittäjältä	
Sopiva toimituserän koko (riittävän pieni/suuri)	
Jokin muu	

21.

Jos vastasitte edelliseen jokin muu, mikä?

22. Kuinka todennäköisesti ostaisitte seuraavia palveluita, jos niitä tarjottaisiin?

	En ostaisi	Epätodennäköisesti	Melko todennäköisesti	Ostaisin
Polttopuiden pinoaminen ulkova-rastoon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tulisijan käytön opastus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Peräkärryn vuokraaminen polttopuiden kuljetukseen polttopuuyrittäjältä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Polttopuiden kotiin toimitus piene-rissä kuukausisopimuksella (esim. pahvilaatikollinen 2 kertaa kuu-kaudessa)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mobiilisovellus, joka ilmoittaa ilmanlaadun ja sähkön hinnan kannalta hyvän ajankohdan polttaa puuta.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Edellinen  
Seuraava

## TULISIJOJEN KÄYTTÖ TURUN SEUDULLA

23. Miten varastoitte polttopuun?

- En varastoi polttopuuta
- Polttopuulle suunnitellussa tuulettuvassa puuvajassa / puuliiterissä
- Autotallissa
- Ulkona peitettyssä pinossa tai kasassa
- Ulkona peittämättömässä pinossa tai kasassa
- Räystäään alla peittämättömässä pinossa
- Muualla

24.

Jos vastasitte muualla, missä?

25. Säilyykö polttopuu kuivana varastossanne?

	Polttopuu säilyy kuivana	Polttopuu kostuu varastoinnin aikana	Polttopuu kastuu varastoinnin aikana
Valitkaa yksi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

26. Kuinka paljon varastoitte poltettavaa puuta kerralla? Vastatakaa vain toiseen vaihtoehtoon

Pinokuutiota m<sup>3</sup>

Irtokuutiota m<sup>3</sup>

27. Mitkä asiat ovat teille tärkeitä polttopuiden sisäsäilytyksessä?

- Sisäsäilytyksen ulkonäkö/sopiminen sisustukseen
- Puiden saaminen lämpimään syyttämisen helpottamiseksi
- Helppokäyttöisyys/yksinkertaisuus
- Sisäilman laatu
- Siivouksen helppous (puurosken karisemisen minimoiminen)
- Täyttämisen helppous (lähellä ulko-ovea, sopivalla korkeudella tms.)
- Sijainti tulisijan lähellä
- Jokin muu

28.

Jos vastasitte jokin muu, niin mikä?

29. Voitte halutessanne kertoa meille sisäilmytysratkaisustanne omin sanoin alla olevaan tilaan:

Edellinen  
Seuraava

### TULISIJOJEN KÄYTTÖ TURUN SEUDULLA

#### PUULLA TOIMIVIEN TULISIJOJEN KÄYTTÖ
































30. Mihin tarkoitukseen käytätte varaavaa takkaa ja jotain muuta omistamaanne asuintilan tulisijaa pois lu-  
kien kiukaat? (Voitte rastittaa tarvittaessa useita vaihtoehtoja. Varaava takka voi olla myös vesikiertotakka  
tai uuniluukulla varustettu kattila.)

	Varaava takka	Muu käyttämäni asuintilan tulisija	Jos muu tulisija, niin mikä?
Asunnon pääasialliseen läm- mitykseen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div>
Asunnon lisälämmitykseen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div>
Käytetään ainoastaan sähkö- katkoksen aikana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div>
Ruuan valmistamiseen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div>
Pahvin, maitopurkkien ym. hävittämiseen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div>
Tunnelmanluontiin	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div>
Tulisija toimii sisustusele- menttinä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div>
Muu käyttötarkoitus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div>

31.

Jos vastasitte edelliseen "Muu käyttötarkoitus",  
niin mikä?

32. Kuinka monta kertaa lämmitätte puulla keskimäärin viikossa eri kuukausina? Ilmoittakaa käyttökerrat erikseen puulämmitteiselle saunankiukaalle, puu- tai kaksois-pesäkattilalle sekä varaaville takoilte ja muille tulisijoille (Huomioikaa, että lämmityskertojen lukumäärä ilmoitetaan viikkoa kohti).

	Puulämmitteinen saunankiuas (kertaa viikossa)	Puu- tai kaksois-pesäkattila (kertaa viikossa)	Varaava takka tai muu tulisija (kertaa viikossa)
Tammikuu			
Helmikuu			
Maaliskuu			
Huhtikuu			
Toukokuu			
Kesäkuu			
Heinäkuu			
Elokuu			
Syyskuu			
Lokakuu			
Marraskuu			
Joulukuu			

33. Jakautuuko puunkäyttö tasaisesti viikolle vai onko käyttö yleisempää joinakin päivinä (valitse 1–4 viikonpäivää)?

Ilmoittakaa yleisimmät lämmityspäivät erikseen puulämmitteiselle saunankiukaalle, puu- tai kaksoispesäkat-tilalle sekä varaaville takoille ja muille tulisijoille.

	Puulämmitteinen saunankiuas	Puu- tai kaksoispesäkattila	Varaava takka ja muut tulisijat
Maanantai	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tiistai	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Keskiviikko	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Torstai	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Perjantai	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lauantai	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sunnuntai	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Käyttö jakautuu tasaisesti eri päiville	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Edellinen  
Seuraava

## TULISIJOJEN KÄYTTÖ TURUN SEUDULLA

34. Mihin kellonaikaan lämmitätte puulla yleisimmin? Ilmoittakaa kellonajat erikseen puulämmitteiselle saunankiukaalle, puu- tai kaksois-pesäkattilalle sekä varaaville takoille ja muille tulisijoille.

Esimerkki tietojen ilmoittamisesta: Jos sytytätte tulisijan klo 16 ja lopetatte lämmityksen klo 18, valitkaa kellonajat 16, 17 ja 18. Tiedot ilmoitetaan tunnin tarkkuudella.

	Puulämmitteinen saunankiuas	Puu- tai kaksoispesäkattila	Varaava takka ja muut tulisijat
Klo 01	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Klo 02	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Klo 03	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Klo 04	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Klo 05	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Klo 06	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Klo 07	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Klo 08	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Klo 09	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Klo 10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Klo 11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Klo 12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Klo 13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Klo 14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Klo 15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Klo 16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Klo 17	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Klo 18	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Klo 19	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Klo 20	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Klo 21	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Klo 22	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Klo 23	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Klo 24	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ympärivuorokauden Klo 01–24	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

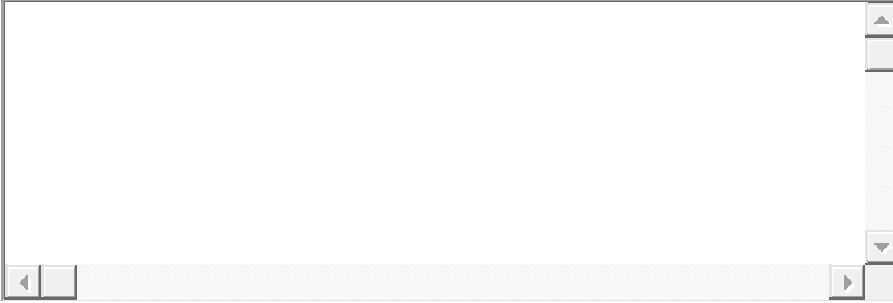
35. Kuinka paljon pakkasella vaikuttaa päiväkohtaiseen puun käyttömäärään tulisijoissa (ei saunan kiukaat)?

	Pakkasella puun käyttö lisääntyy Väite pitää paikkansa	Kuinka monta prosenttia (%) arvioitte puunkäytön lisääntyvän
-10 astetta	<input type="radio"/>	<input type="text"/>
-20 astetta	<input type="radio"/>	<input type="text"/>
Poltan puuta ainoastaan pakkasella	<input type="radio"/>	<input type="text"/>

36. Häiritsevätkö teitä naapuritalojen savut?

- Kyllä
- Ei
- Joskus

37. Jos Teillä on ajatuksia, mielipidettä tai muuta asiaa puun poltosta tai tulisijojen käytöstä Turun seudulla, niin tähän voitte kirjoittaa terveisiä!



Edellinen  
Lähetä