

Eero Tuovinen

PÖLYN LEVIÄMINEN
ASUINHUONEISTOISSA
LINJASANEERAUSPROJEKTIN
AIKANA

Opinnäytetyö
Talotekniikka


Toukokuu 2015




MAMK

University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

	Opinnäytetyön päivämäärä 11.5.2015
Tekijä(t) Eero Tuovinen	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Talotekniikka
Nimeke Pölyn leviäminen asuinhuoneistoissa linjasaneerausprojektien aikana	
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia pölyn leviämistä asuinhuoneistoissa linjasaneerausprojektien aikana. Työssä vertailtiin huoneistoissa olevia pölypitoisuuksia eri työvaiheiden aikana. Lisäksi tavoitteena oli tutkia saneeraustyömaalla yleisesti käytettyjen pölynhallintamenetelmien toimivuutta. Pölyn leviämistä tutkittiin sekä työntekijän että asukkaan näkökulmasta.</p> <p>Tutkimuksen menetelmänä olivat hiukkasmittaukset, joita tehtiin kahdessa erilaisessa asuinkerrostalon linjasaneerauskohteessa. Hiukkasten lukumääräpitoisuutta mitattiin TSI AeroTrak 8220 -optisella hiukaslaskurilla. Hiukkasten massapitoisuutta mitattiin gravimetrisesti IOM-keräimillä. Molemmissa tutkimuskohteissa tehtiin ns. perinteinen linjasaneeraus. Mittausten aikana tutkimuskohteissa tehtiin erilaisia purku- ja rakennustöitä.</p> <p>Tuloksena saatiin kerättyä runsaasti mittausdataa, jota analysoimalla päästiin asetettuihin tavoitteisiin. Korkeimmat pölypitoisuudet mitattiin purkutöiden aikana. Puhtaaksi tarkoitettujen tilojen eristämässä käytetyt työnaikaiset suojaseinät osoittautuivat toimivaksi pölynhallintamenetelmäksi. Pölyisimpienkin työvaiheiden aikana pitoisuudet puhtaaksi tarkoitetuissa tiloissa olivat huomattavasti alhaisemmat kuin suojaseinän toisella puolella työalueella. Alipaineistajan käytöllä havaittiin olevan suuri merkitys pölyn leviämiseen töiden aikana ja myös töiden päätyttyä.</p> <p>Pölynhallintamenetelmien oikealla käytöllä on lopulta ratkaiseva merkitys niiden toimivuuteen. Työnaikeisten suojaseinien kulkuaukot tulee pitää suljettuina pölyisimpien työvaiheiden aikana. Alipaineistettuna työnä tehdyssä kylpyhuoneen purkutöissä alipaineistaja tulisi olla käynnissä koko työpäivän ajan, vaikka välillä pidettäisiin taukoja.</p>	
Asiasanat (avainsanat) Korjausrakentaminen, putkiremontti, pölyntorjunta	
Sivumäärä 48 + 5	Kieli Suomi
Huomautus (huomautukset liitteistä)	
Ohjaavan opettajan nimi Marianna Luoma Jukka Räisä	Opinnäytetyön toimeksiantaja Consair Oy

DESCRIPTION

	Date of the bachelor's thesis 11.5.2015
Author(s) Eero Tuovinen	Degree programme and option Building Services Engineering
Name of the bachelor's thesis Dust spreading in apartments during piping renovation projects	
Abstract <p>The purpose of this thesis was to examine dust spreading in residential apartments during piping renovation project. The study compared dust content in apartments during different work operations. The purpose was also to examine the functionality of some dust control methods used in renovation sites. The subject was examined from the perspective of inhabitants and workers.</p> <p>The method of thesis was dust concentration measurements, which were made in two piping renovation sites. The amount of concentration was measured by using TSI AeroTrak 8220 -optical particle counter. Mass concentration was measured by using SKC-sampler. Both piping renovations in study were made with traditional methods. Different sorts of demolition and construction works were made during measurements.</p> <p>A lot of measurement data was collected. By analyzing the data, the set purposes were achieved. The highest dust concentrations were measured during different demolition work. Temporary plastic walls, which were built in apartments, were workable dust control method. These plastic walls reduced effectively the dust spreading in apartments. Using air cleaner influenced significantly the amount of dust in renovation area.</p> <p>It is important that dust control methods are used appropriately in renovation sites. Doors of temporary plastic walls should be closed during the most dusting work operations. When demolition work is done as asbestos work, air cleaner should be running whole the working day.</p>	
Subject headings, (keywords) Renovation, piping renovation, dust control	
Pages 48 + 5	Language Finnish
Remarks, notes on appendices	
Tutor Marianna Luoma Jukka Räisä	Bachelor's thesis assigned by Consair Oy

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	HIUKKASMAISET EPÄPUHTAUDET RAKENNUSTYÖSSÄ	2
2.1	Hiukkasten ominaisuudet ja luokittelu	2
2.2	Hiukkasten mittausmenetelmät	4
2.3	Työmaa-aikaisten aerosoliepäpuhtauksien terveysvaikutukset	6
2.4	Pölyntorjunta rakennustyömaalla	9
2.5	Pölyntorjuntaa koskevia määräyksiä ja normeja	11
2.6	Linjasaneeraushankkeiden erityispiirteitä pölyn leviämisen kannalta	13
3	AINEISTO JA MENETELMÄT	15
3.1	Tutkimuskohteet	15
3.1.1	Kerrostalo 1	15
3.1.2	Kerrostalo 2	16
3.2	Mittausmenetelmät	17
3.3	Mittausjärjestelyt ja mittaustulosten käsittely	21
4	TULOKSET	23
4.1	Kerrostalo 1	23
4.1.1	Pölypitoisuus linjasaneerauksen eri vaiheissa	23
4.1.2	Pölyn leviäminen puhtaaksi tarkoitettuihin tiloihin	26
4.1.3	Alipaineistaja ja suojamuovit pölynhallintamenetelminä	31
4.2	Kerrostalo 2	34
4.2.1	Pölypitoisuudet purkutöön aikana	34
4.2.2	Pölypitoisuuden vertailu yksittäisissä työvaiheissa	39
5	TULOSTEN TARKASTELU	42
5.1	Kerrostalo 1	42
5.2	Kerrostalo 2	43
6	POHDINTA	44
	LÄHTEET	46

LIITTEET

- 1 Kerrostalo 1: Saneerattavan huoneiston eristämisperiaate ja mittauspisteet
- 2 Kerrostalo 2: Tyypikerros ja mittauspisteet
- 3 Gravimetristen mittausten mittauspöytäkirja
- 4 Gravimetristen mittausten lähtötiedot, näyte-erä 1
- 5 Gravimetristen mittausten lähtötiedot, näyte-erä 2

1 JOHDANTO

Asuinkerrostalon linjasaneeraus on usein kiinteistön suurin rakennus- ja talotekninen hanke rakennuksen valmistumisen jälkeen. 60- ja 70-luvuilla rakennetuissa asuinkerrostaloissa on lähivuosien merkittävä korjausmassa linjasaneerausten muodossa. Taloudellisesta taantumasta huolimatta korjausrakentaminen pysyy aktiivisena. Korjausrakentamisessa syntyy runsaasti pölyä, erityisesti purkutöiden aikana ilmaan vapautuu paljon epäpuhtauksia. Tässä opinnäytetyössä tutkitaan pölyn leviämistä asuinhuoneistoissa linjasaneerausprojektien aikana. Aihetta käsitellään sekä työntekijän että asukkaan näkökulmasta. Kirjallisuustutkimuksessa käsitellään esimerkiksi työmaa-aikaisten hiukasmaisten epäpuhtauksien terveysvaikutuksia sekä työmaan pölyntorjuntaan liittyvää lainsäädäntöä. Tutkimusosiossa selvitetään pölyn leviämisen mekanismeja kahdessa erilaisessa asuinkerrostalon linjasaneerauskohteessa. Hiukkasmittausten avulla tutkitaan eri työvaiheiden vaikutusta huoneistossa olevaan pölypitoisuuteen. Lisäksi tutkitaan erilaisten pölynhallintamenetelmien toimivuutta. Mittausten avulla esimerkiksi selvitetään, leviääkö pölyä työnaikaisista eristyksistä huolimatta tiloihin, jotka on suunniteltu pidettäväksi muuta työaluetta puhtaampana. Tutkimus on luonteeltaan kvantitatiivinen. Opinnäytetyön toimeksiantaja on Consair Oy.

Työmaa-aikaisten ilman epäpuhtauksien terveysvaikutukset ovat merkittävät. Linjasaneerausprojekteissa epäpuhtauksille altistuu erityisesti rakennustyöntekijät, ja myös mahdollisesti huoneistoissa saneerauksen aikana olevat asukkaat. Monet terveysvaikutukset näkyvät vasta vuosia jatkuneen altistumisen seurauksena. Rakennuspölyn leviäminen huoneistossa aiheuttaa myös huomattavan viihtyvyyshaitan asukkaille. Yleensä asukkaat kuitenkin muuttavat väliaikaisesti pois linjasaneerauksen ajaksi. Tällöinkin merkittävä haitta asukkaan näkökulmasta on huoneiston ja sinne mahdollisesti jätettyjen tavaroiden likaantuminen. Pölyn leviämistä huoneistossa voidaan rajoittaa esimerkiksi työnaikaisilla suojaseinillä. Tarkoituksena on pitää suojaseinillä eristetty tila muuta aluetta puhtaampana. Tässä työssä tutkitaan tällaisten seinien toimivuutta mittaamalla pölypitoisuutta seinän molemmin puolin pölyisimpien työvaiheiden aikana.

Tutkimuksen tulokset antavat tietoa työmaalla käytettävien pölynhallintamenetelmien toimivuudesta ja riittävydestä. Tulosten perusteella voidaan tehdä kehittämissuhteita menetelmien toteuttamisesta työmaalla. Huoneistoissa mitattavien pölypitoi-

suuksien perusteella voidaan arvioida, kuinka huoneisto soveltuu asumiskäyttöön saneerauksen aikana. Lisäksi voidaan neuvoa taloyhtiöiden osakkaita ja asukkaita linjasaneerausprojekteissa pölyn leviämisen näkökulmasta.

2 HIUKKASMAISET EPÄPUHTAUDET RAKENNUSTYÖSSÄ

2.1 Hiukkasten ominaisuudet ja luokittelu

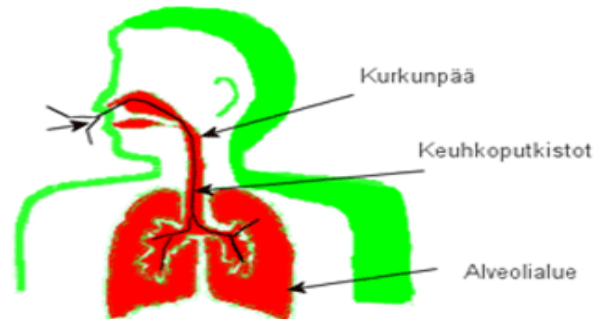
Aerosolit ovat kiinteiden hiukkasten tai nestepisaroiden ja ilman seoksia. Aerosoleja ovat esimerkiksi maaperästä irtoavat hiukkaset, savut, metallihuurut ja pölyt sekä elolliset hiukkaset, kuten bakteerit, virukset, sieni-itiöt ja siitepölyt jne. Hiukkasten koko vaihtelee 0,001 μm – yli 100 μm . Kiinteät hiukkasmaiset epäpuhtaudet ovat pölyjä tai huuruja syntyperänsä ja hiukkasten koon mukaan. Pöly on ilmassa leijuvia hiukkasia, jotka syntyvät esimerkiksi sekoituksessa tai mekaanisessa prosessissa. [1, s.14.] Työympäristössä käyttökelpoisena pölyn määritelmänä voidaan pitää kiinteitä hiukkasia, joiden koko vaihtelee alle 1 mikrometrinä vähän yli 100 mikrometriin [2, s. 116].

Ilmassa olevien hiukkasten massapitoisuuteen viitataan usein PM-lyhenteellä, esimerkiksi PM_{10} tarkoittaa halkaisijaltaan kymmentä mikrometriä pienempien hiukkasten massapitoisuutta. $\text{PM}_{2,5}$ tarkoittaa kahta ja puolta mikrometriä pienempien hiukkasten pitoisuutta. [3.]

Kirjallisuudessa annetaan hieman erilaisia nimityksiä hiukkasten eri kokoluokille. Sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysohjeen mukaan sisäilman hiukkaset voidaan jaotella kokonsa perusteella kokonaisleijumaan, hengitettäviin hiukkasiin ja pienhiukkasiin [4, s. 70]. Kokonaisleijumalla (TSP) tarkoitetaan kaikkia ilmassa olevia hiukkasia, ja sen massasta suurin osa on karkeaa pölyä [4, s. 70]. Hengitettävät hiukkaset (PM_{10}) ovat aerodynaamiselta halkaisijaltaan alle 10 μm kokoisia hiukkasia ja pienhiukkaset ($\text{PM}_{2,5}$) alle 2,5 μm [4, s. 70].

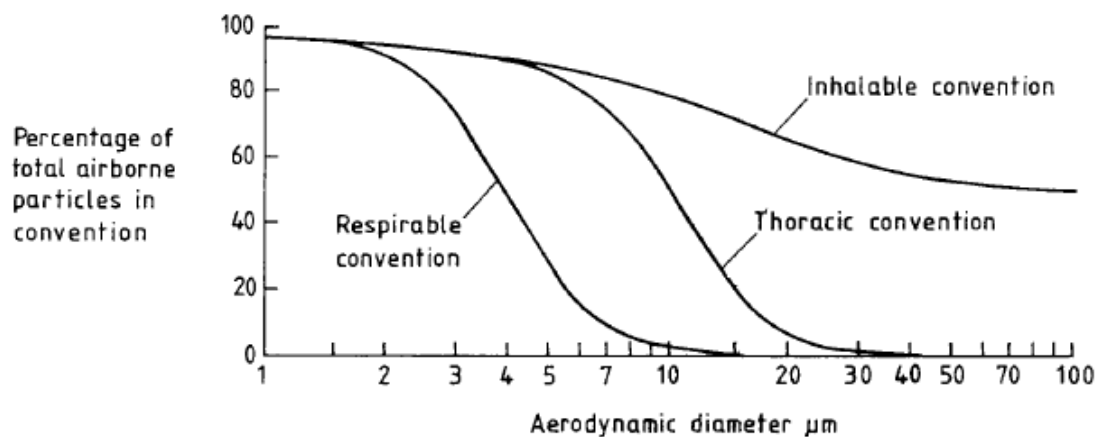
Hiukkaskoko vaikuttaa ratkaisevasti siihen, mihin kohtaan hengityselimiä hiukkaset pääsevät sekä mitkä ovat hiukkasten aiheuttamat terveysvaikutukset [5, s.22]. Ihmisen hengityselimet jaetaan nenä-nielualueeseen, kurkunpään ja keuhkoputkiston värekar-

va-alueen päättymiseen rajautuvaan alueeseen sekä alveoli- eli keuhkorakkula-alueeseen [5, s.19]. Kuvassa 1 on kaaviomainen esitys ihmisen hengityselimistä.



KUVA 1. Ihmisen hengityselimet [5, s.19]

Erikokoisia hiukkasia sisältävä pöly on jaettu eurooppalaisen standardin EN 481 mukaan kolmeen jakeeseen. Hengittyvä jae sisältää hiukkaset, jotka voivat kertyä minne tahansa hengityselimiin. Keuhkojake sisältää hiukkaset, jotka kertyvät kurkunpään alapuolelle ja keuhkoihin. Alveolijakeeseen kuuluu hiukkaset, jotka kertyvät värekarvatomalle alueelle eli alveolialueelle ja pisimmälle hengitysteihin. [5, s.48]. Kuvassa 2 on esitetty standardin EN 481 mukaiset hiukkasten jakeet eli kokoluokat hengittyvä jae (inhalable convention), keuhkojake (thoracic convention) ja alveolijake (respirable convention).



KUVA 2. Hengittyvän jakeen, keuhkojakeen ja alveolijakeen prosentiosuudet kokonaispölyn määrästä hiukkasen aerodynaamisen halkaisijan funktiona [6, s.7]

Hiukkasen aerodynaamisella halkaisijalla tarkoitetaan sellaisen kuvitteellisen pallonmuotoisen hiukkasen halkaisijaa, jonka tiheys on 1000 kg/m^3 ja jolla on sama laskeutumisenopeus kuin kyseessä olevalla hiukkasella huolimatta tämän todellisen koon, muodon ja tiheyden erilaisuudesta. Aerodynaaminen halkaisija on useimmissa tapauksissa sopivin käsite pölylle, kun selvitetään työntekijöiden altistumista ja siihen vaikuttavia tekijöitä. [5, s.19.]

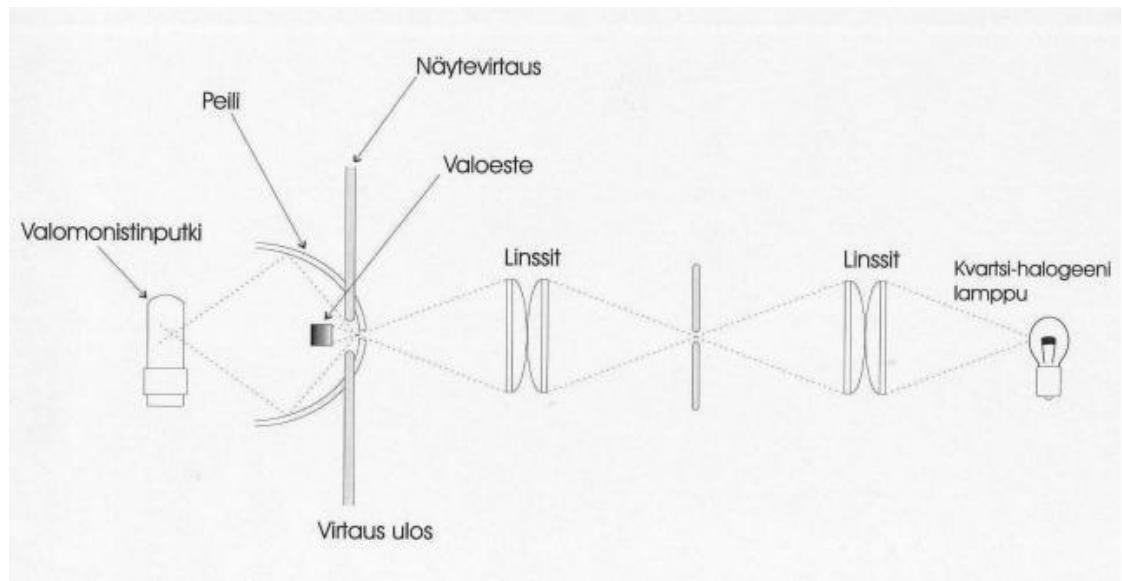
2.2 Hiukkasten mittaamenetelmät

Hiukkasten mittaaminen on haastavaa, koska niiden koossa, muodossa, koostumuksessa ja pitoisuuksissa on suurta vaihtelua [7]. Ilman epäpuhtauksien altistumismittaus voi olla joko suoraan osoittava tai näytteenottoon ja sitä seuraavaan analyysiin perustuva [8, s.310]. Hiukkasia voidaan mitata esimerkiksi niiden sirottamaan valoon, sähkövaraukseen tai massan hitauteen perustuvilla mittaustekniikoilla. Käytettävän mittauslaitteen valintaan vaikuttaa myös käyttötarkoitus eli tarvitaanko tietoa pitoisuudesta vai kokojakaumasta, massasta vai lukumäärästä, reaaliaikaisesti vai viiveellä. [7.] Akuutisti vaarallisten aineiden osalta tärkeimpiä ovat altistumishuiput, ja ne voidaan parhaiten mitata suoraan osoittavilla mittalaitteilla. Useimpien altisteiden suurin vaara liittyy kuitenkin pitkäaikaiseen altistumiseen ja tällöin myös mittausten olisi tuotettava arvio pitkän ajan keskimääräisestä tilanteesta. [8, s.310–311.]

Passiivinen näytteenotto ilman pumppua perustuu diffuusioon. Aktiivisessa näytteenotossa näyte kerätään pumpun avulla nesteeseen tai kiinteälle pinnalle, kuten suodattimelle. Aktiivinen keräystapa on yleisempi. Siinä keräysnopeutta ja kerättävää näytemäärää voidaan säädellä ja näyte voidaan tarvittaessa kerätä nopeastikin. Näytteet tulisi analysoida mahdollisimman pian näytteenoton jälkeen. Mittausten tulisi tuottaa tietoa työpäivän keskimääräisen altistumisen lisäksi sen ajallisesta vaihtelusta. Tämän vuoksi mittaustenäytteet tulisi vaihtaa kun työtilanne oleellisesti muuttuu mittauskohteessa. Toisaalta jos käytettävissä on suoraan osoittava mittari, voidaan pitoisuuden ajallista vaihtelua seurata sen avulla ja varsinaiset näytteet voidaan kerätä pitkäaikaisina. Suoraan osoittavan mittarin ei edes tarvitse olla täysin spesifinen. Riittää, että pitoisuuden suhteellisen muutoksen seuraaminen on mahdollista. [8, s. 311.]

Aerosolihukkasten pitoisuuden ja kokojakauman mittaamiseen käytetään usein optisia mittaamenetelmiä, koska ne ovat herkkiä, lähes reaaliaikaisia eivätkä vaadi fyy-

sistä kontaktia hiukkaseen. Optinen hiukkaslaskuri mittaa hiukkasten lukumääräpitoisuutta ja kokoa. Kuvassa 3 on esitetty optisen hiukkaslaskurin toimintaperiaate. Lampusta tuleva valo kohdistetaan linssien avulla hiukkanäytevirtaukseen. Hiukkaset ohjataan kulkemaan yksitellen kohdistetun valonsäteen läpi, jolloin ne sirottavat valoa. Hiukkasista sironneet valopulssit kerätään peilin avulla valomonistinputkelle, ja tällä tavoin hiukkasten pitoisuus saadaan pulssien saapumistaajuudesta ja hiukkasten koko saadaan pulssien korkeudesta. [9.]



KUVA 3. Optisen hiukkaslaskurin toimintaperiaate [9]

Hiukkasten taitekertoimen ja muodon muutokset aiheuttavat epävarmuutta optisen hiukkaslaskurin toimintaan ja tuloksiin. Suurien pitoisuuksien kohdalla epävarmuutta aiheuttaa useamman hiukkasen saapuminen havaintotilavuuteen yhtä aikaa tai liian pienin väliajoin, jolloin laite tulkitsee ne yhdeksi hiukkaseksi. Optinen hiukkaslaskuri on helppokäyttöinen ja suhteellisen halpa mittalaite, minkä vuoksi se on laajalti käytössä hiukkasten tutkinnassa, pitoisuuksien valvonnassa ja mm. puhdistilamonitoroinnissa. [9.]

Hengittävän pölyn mittauksiin käytetään Suomessa yleisimmin IOM-keräintä [11, s.350]. Mittausmenetelmä perustuu pölynäytteen keräämiseen ilmapumpun avulla suodattimelle, joka punnitaan erittäin tarkalla vaa'alla ennen ja jälkeen näytteenoton. Suodattimet ovat yleensä selluloosaesterisuodattimia [11, s.350]. Ilmapumppujen kalibroitu virtausnopeus on yleensä 2 l/min [11, s.350].

Sisäilman hiukkaspitoisuuksia mitataan massapitoisuutena tai lukumääränä. Painon mittauksissa käytetään useimmin impaktioon ja suodatukseen perustuvia menetelmiä ja lukumäärämittauksissa eniten käytetään optisia hiukkaslaskureita. [10, s. 91.]

2.3 Työmaa-aikaisten aerosoliepäpuhtauksien terveysvaikutukset

Työmaalla syntyvien epäpuhtauksien määrä ja hiukkaskoko riippuu työstettävistä materiaaleista ja käsittelytavoista. Epäpuhtauksille altistuu paitsi pölyävää työtä tilassa tekevä henkilö, myös mahdollisesti tilojen käyttäjät. Hiukkaskoko vaikuttaa merkittävästi pölyn aiheuttamiin terveysvaikutuksiin. Pienimmät hiukkaset pääsevät syvälle keuhkorakkuloihin eli alveoleihin asti ja karkeimmat hiukkaset jäävät ylähengitysteihin.

Pölyjen aiheuttamiin terveyshaittoihin vaikuttavat kullekin pölylle ominaiset terveysvaikutukset, altistumisen määrä, altistumisaika, hiukkaskoko sekä muut hiukkasen ominaisuudet. Pölyt aiheuttavat pääasiassa hengityselinten sairauksia, mutta myös muita terveyshaittoja kuten ihottumaa. Monet pölyn terveysvaikutukset syntyvät vuosia kestäneen altistumisen seurauksena. [12, s.124.]

Kvartsipitoinen pöly on yksi rakennustyömaiden suurimmista ongelmista. Sille altistutaan erityisesti betonin hionnassa ja muussa työstössä sekä purkutöissä ja siivouksessa. [13.] Kvartsi on piidioksidin kiteinen muoto, ja se on pääainesosana monissa kivilajeissa ja hiekoissa. Kvartsiitti ja hiekkakivi ovat lähes 100 % kvartssia. Harmaa ja punainen graniitti sisältävät 20 - 40 % kvartssia ja tavallinen harjuhiekkä 5 – 15 %. Kvartsipitoisia rakennustuotteita, esimerkiksi betonia, tasoitteita ja soraa, käytetään suuria määriä rakennusteollisuudessa. Hienojakoinen kvartsipöly aiheuttaa pitkäaikaisen altistumisen seurauksena fibroottisen pölykeuhkosairauden eli silikoosin. [14, s.119.] Silikoosi ja/tai kvartsipölylle altistuminen voi johtaa keuhkosityöpään ja munuaissairauteen ja laukaista eräitä reumaattisia sairauksia. Kvartsipitoinen betonipöly ärsyttää lisäksi ihoa ja hengitysteitä emäksisyytensä takia. [13.]

Asbesti on luonnossa esiintyvä kuitumainen, kiteinen silikaattimineraali. Yleisin asbesti on krysotiili eli valkoinen asbesti. [12, s. 125] Asbestin käyttö rakennusteollisuudessa on perustunut sen hyviin teknisiin ominaisuuksiin, kuten mekaaniseen lujuuteen, lämmöneristävyYTEEN, palamattomuuteen ja kemikaalikestävyYTEEN [15, s. 122].

Kun asbestia käsitellään, vapautuu ilmaan asbestikuituja sisältävää hienojakoista pölyä. Kuitujen läpimitta, pituus, muoto ja jäykkyys vaihtelevat. Nämä ominaisuudet määräävät sen, kuinka syvälle hengityselimiin kuitu joutuu. Läpimitaltaan alle 3 µm olevat kuidut pääsevät keuhkorakkuloihin eli alveoleihin asti. Tällaisen kuidun pituus voi olla jopa 200 µm ja juuri pitkät, ohuet kuidut ovat haitallisimpia terveydelle. [12, s. 125.] Altistuminen asbestipölylle aiheuttaa asbestoosia, keuhkosityöpiä ja keuhkopussin mesoteliomaa sekä erinäisiä muita keuhkomuutoksia [16].

Puupölyn muodostumisen kannalta tärkeimmät työstömenetelmät ovat puun sahaus, jyrshintä ja hionta [17, s. 148]. Osa sahauksessa syntyvästä pölystä on karkeaa ja jää ylempiin hengitysteihin sekä poistuu liman mukana. Hionnassa muodostuva hienempi pöly voi sen sijaan kulkeutua keuhkoihin asti. Suomen rakennustyömailla työstettävä puu on yleensä kuusta, mäntyä tai koivua. [18] Altistuminen puupölylle aiheuttaa hengenahdistusta, pitkittynyttä yskää ja nuhaa sekä nenän toiminnan muutoksia [17, s.149].

Mineraalivillaeristeiden pääkäyttötarkoitus on lämmön- ja ääneneristys. Villatuotteita myydään levyinä, mattoina ja kouruina. Yläpohjan lämmöneristystä asennetaan myös puhallusvillana. Eristevillakuitujen paksuus on noin 3 – 6 µm, ja niistä vain pieni osa pääsee kulkeutumaan keuhkoihin. Villapölystä suurin osa jää ylähengitysteihin. Eristevillakuidut aiheuttavat hengitysteiden, ihon ja silmien ärsytystä, ja ne voivat myös altistaa ylähengitysteiden tulehduksille. Suomessa myytävät teolliset lasi- ja vuorivillakuidut eivät ole syöpävaarallisiksi luokiteltuja. [19.]

Muurauslaasteja käytetään rakennustyömaalla esimerkiksi tiilien kiinnittämiseen. Laastipölyä syntyy eniten laastin sekoittamisesta. Kun laastia sekoitetaan säkkitavarasta, säkkien pölyttämistä tulisi välttää. Sekoituksessa olisi hyvä käyttää kohdepoistoa. Myös siivouksessa ilmaan nousee laastipölyä. Laastipöly ärsyttää emäksisyytensä takia voimakkaasti hengitysteitä, silmiä ja ihoa. Jotkut laastit ovat myös syövyttäviä; iholle joutunut laasti voi aiheuttaa syöpymiä, jos tuote vaikuttaa iholla tarpeeksi kauan. Sementtilaasteja käytettäessä allergiset ihottumat ovat myös mahdollisia. [20.]

Elementtirakenteiden polysulfidisaumoissa on käytetty 1950 – 70- luvuilla polykloorattuja bifenyylejä eli PCB:tä [21]. Materiaalia esiintyy julkisivuelementtien, ikkunoiden ja ovien saumauksissa [22, s.12]. Saneerauksissa suurin osa saumausmateriaalista

poistetaan poralla. Jäljelle jäänyt materiaali hiotaan pois, ja tämä on pölyn muodostumisen kannalta haitallisin työvaihe. PCB-yhdisteille altistuminen lisää riskiä sairastua erilaisiin syöpiin. Muita altistumisoireita ovat näköhäiriöt, klooriakne, pahoinvointi, silmätulehdukset ja hermosto-oireet. [21.]

Vanhojen rakenteiden saneerauksessa voi altistua erilaisille mikrobeille. Homesienet ovat yleisimpiä kostuneen rakenteen mikrobeja. [23.] Homepöly voi aiheuttaa hengitysteiden ja silmien ärsytysoireita, huonovointisuutta, päänsärkyä, allergisia sairauksia sekä toistuvia hengitysteiden infektoita. Homeitiöiden aiheuttamista sairauksista vakavin on allerginen alveoliitti, joka pahimmillaan johtaa pysyviin keuhkovaurioihin. [22, s.22.]

Kivihiihliä on käytetty kosteus- ja vesieristeenä erityisesti vuosina 1890 – 1950 esimerkiksi kellarikerrosten lattiarakenteissa ja muuratuissa seinissä. Rakenteita purettaessa ilmaan vapautuu hiukkasmaisia ja höyrymäisiä aineita, joista vaarallisimpia ovat PAH-yhdisteet. [24.] Ne imeytyvät ihon läpi ja kulkeutuvat hengitysteiden kautta elimistöön. Osa PAH-yhdisteistä aiheuttaa syöpää. [22, s.22.]

Saneerausalueella olevien henkilöiden altistumista erilaisille epäpuhtauksille voidaan arvioida Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen mukaisten haitalliseksi tunnettujen pitoisuuksien (HTP-arvot) avulla. Taulukossa 1 on esitetty erilaisten rakennustyömaalla esiintyvien epäpuhtauksien HTP-arvoja. Arvot on määritelty hengityksen kautta tapahtuvana altistumisena aineen tai aineryhmän ominaisuuksien mukaan ilman epäpuhtauksien 8 tunnin keskipitoisuudelle. Hiukkasmaisten ilman epäpuhtauksien HTP-arvot on yleensä annettu standardin EN 481 mukaiselle hengittävälle jakeelle eli hengittävälle pölylle. [25.]

TAULUKKO 1. Rakennustyömaalla esiintyvien aineiden HTP-arvoja [25]

AINETAI AINERYHMÄ	HTP-ARVO, 8h mg/m ³	HTP-ARVO, 8h µg/m ³	HUOM
Piidioksidi, kiteinen	0,05	50	Alveolijae
Puupöly	2	2000	
Sementtipöly	5	5000	Hengittävä pöly
Sementtipöly	1	1000	Alveolijae
Epäorgaaninen pöly	10	10000	
Orgaaninen pöly	5	5000	
PCB	0,003	3	
PVC-pöly	1	1000	Alveolijae

Taulukossa 1 olevien aineiden HTP-arvot on annettu yksiköissä mg/m³ ja µg/m³. Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa HTP-arvot on annettu yksikössä mg/m³. Tämän tutkimuksen massapitoisuuden mittaustulokset on annettu yksikössä µg/m³.

Sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysoppaan mukaan sisäilman hiukkasten kokonaisleijuma (TSP) eli kokonaispölypitoisuus saa olla korkeintaan 120 µg/m³ [4, s. 71]. Kokonaispölyn määritelmä ei täysin vastaa hengittävää pölyä. Kokonaispölyn massasta suurin osa on karkeaa pölyä, joka laskeutuu nopeasti pinnoille eikä useinkaan tule esimerkiksi IOM-keräimen ilmanäytteeseen.

2.4 Pölyntorjunta rakennustyömaalla

Pölyisissä työkohteissa pölyjen aiheuttamat riskit tulee arvioida ja mahdollisuudet pölyjen aiheuttamien vaarojen vähentämiseksi tulee kartoittaa. Ensisijainen pölyntorjuntakeino on pölyn muodostumisen estäminen. Jos pölyn muodostumista ei voida estää, tulee sen muodostumista vähentää ja leviämistä rajata. Henkilökohtaiset suojaimet ovat vaihtoehto silloin, kun muita keinoja ei kohtuullisesti voida hyödyntää. [22, s.2.]

Työmenetelmien valinnalla voidaan estää pölyn muodostumista. Tiilien ja kivilaattojen leikkaukseen ja katkaisuun tulee käyttää katkaisulaitteita, jotka synnyttävät vain vähän pölyä. Eristetuotteiden rakenteiden rikkomista ja työstöä välttämällä voidaan vähentää pölyämistä. Työmaalle kertyvä pölyävä jäte tulee kuljettaa mahdollisimman

nopeasti pois työpisteeltä siten, että muut työntekijät eivät altistu pölylle. Pölyä aiheuttavat toiminnot tulee siirtää sellaiseen paikkaan, jossa pölyn leviäminen on helpommin estettävissä kuin asunnossa. Esivalmistettujen komponenttien käyttö vähentää pölyämistä työmaalla. Kuivasta jauhosta veteen sekoittamalla tehtävät materiaalit voidaan korvata kosteana työmaalle toimitetulla materiaalilla. [22, s.15.]

Purkukohde voidaan eristää muusta työstä tilapäisillä suojaseinillä tai – rakenteilla, jotta purkutyöstä vapautuvaa pölyä leviää mahdollisimman vähän suojarakenteiden ulkopuolelle. Osastoinnilla tarkoitetaan purkukohteen alipaineistusta ja ilmastollista eristämistä muista tiloista. Alipaineistuksella ohjataan osaston ilmavirtoja siten, että ilmavirta kulkee puhtaasta tilasta osastoon ja sieltä ilmanpuhdistimen kautta pois. Purkupölyn leviäminen osaston ulkopuolelle estetään alipaineistimen ja tuloilmaaukkojen oikealla sijoituksella. Poistoilma johdetaan osaston ulkopuolelle yleensä ulkoilmaan. Poistokanavana käytetään esimerkiksi muovikalvosukkaa tai muovista haitariletkaa. Pölyn poistoa tehostetaan osaston sisällä kohdepoistolla varustetuilla työvälineillä. Osastointimenetelmää käytetään asbestia sisältävien rakenteiden purku- töissä. [22, s.15.]

Kohdepoistomenetelmät voidaan jakaa laitteiden ja niiden avulla tehdyn alipaineen mukaan korkea- ja matalapaineisiin järjestelmiin. Korkeapaineisessa kohdepoistossa käytetään esierottimella ja H13-hepasuodattimella varustettua keskusimurijärjestelmää tai liikuteltavaa rakennusimuria. Imuri liitetään työssä käytettävään työkoneseen, kuten jyrsimeen, hiomakoneeseen tai sahaan. Imuria voidaan käyttää myös kohteen siivoamiseen. Matalapaineisessa kohdepoistossa käytetään osastoinnin alipaineistukseen ja ilmanpuhdistukseen tarkoitettuja laitteita. Laitteet on yleensä varustettu karkeasuodattimella ja H13-hepasuodattimella. [22, s.16.]

Kun kaikki muut pölyntorjuntakeinot on toteutettu eivätkä epäpuhtauspitoisuudet vähenne riittävästi, suojausta voidaan täydentää käyttämällä hengityksensuojaimia. Kun hengityksensuojaimet otetaan käyttöön, on tärkeää että terveydelle vaaralliset ilman epäpuhtaudet pyritään ensin poistamaan teknisillä ratkaisuilla ja työjärjestelyillä. Hengityksensuojaimet suojaavat vain, kun ne on valittu oikein, niiden toiminta on varmistettu ja niitä käytetään oikein ja koko ajan, kun työskennellään epäpuhtauksia sisältävässä ympäristössä. Hengityksensuojain usein vaikeuttaa työskentelyä mm. lisäämällä hengitysvastusta ja fyysistä kuormitusta. Ennen hengityksensuojaimen käy-

tön aloittamista, on terveystarkastuksessa selvitettävä käyttäjän mahdolliset terveydeliset rajoitukset, jotka voivat estää suojaimen käytön. [26, s. 50.]

2.5 Pölyntorjuntaa koskevia määräyksiä ja normeja

Taloyhtiön korjaushankkeessa työturvallisuudesta huolehtiminen on rakennushankkeeseen ryhtyvän taloyhtiön vastuulla. Taloyhtiön on huolehdittava siitä, että pääura-koitsija laatii saneerauskohdetta varten työturvallisuussuunnitelmat. Saneerauskohteen työturvallisuudesta on siis vastuussa urakoitsija. Urakoitsijan tulee huolehtia, että kaikkia työmaahan liittyviä työturvallisuutta koskevia velvoitteita noudatetaan. [27, s.110.]

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta (205/2009) edellyttää, että uudis- tai korjausrakennustyöstä tai kunnossapidosta ei aiheudu vaaraa työmaalla työskenteleville. Asetus edellyttää mm. rakennuttajan nimeämää turvallisuuskoordinaattoria, jonka tehtäviin kuuluu huolehtia turvallisuutta ja terveellisyyttä koskevista toimenpiteistä työmaalla. Rakennustyössä on lisäksi käytettävä sellaisia koneita ja laitteita, joiden vaarat ja haitat ovat mahdollisimman vähäiset. Pölyntorjunnassa on käytettävä riittävän tehokkaita pölynpoistolaitteita ja lisäksi työtilat on tarvittaessa osastoitava. [28, s.5.]

Työturvallisuuslain (738/2002) pykälässä 37 käsitellään ilman epäpuhtauksia. Sen mukaan työpaikalla, jossa esiintyy ilman epäpuhtauksia, kuten pölyä, savua, kaasua tai höyryä työntekijää vahingoittavissa tai häiritsevissä määrin, on niiden leviäminen estettävä mahdollisuuksien mukaan eristämällä epäpuhtauksien lähde tai sijoittamalla se suljettuun tilaan tai laitteeseen. Ilman epäpuhtaudet on koottava riittävässä määrin ja poistettava tarkoituksenmukaisen ilmanvaihdon avulla. [29.]

Työturvallisuuslain pykälässä 33 on säädetty kelvollisesta hengitysilmosta ja riittävästä ilmanvaihdosta. Pykälissä 38, 39 ja 40 on säädetty työntekijän turvallisuuden ja terveyden suojaamisesta kemiallisilta, fysikaalisilta ja biologisilta tekijöiltä. Pykälän 38 tarkoittamia kemiallisia tekijöitä ovat esimerkiksi asbesti ja puupöly. Näillä säännöksillä on myös liittyviä pykälään 37. [30, s. 99.]

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaan rakennuksessa tulee olla terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilmasto. Tämän saavuttaminen tulee varmistaa kun suunnitellaan rakennustöiden ja ilmanvaihtojärjestelmien puhtauden hallintaa sekä laaditaan rakennustyömaan, vastaanoton ja käyttöönoton aikataulua. Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että sisäilmassa ei esiinny terveydelle haitallisessa määrin kaasuja, hiukkasia tai mikrobeja eikä viihtyisyyttä alentavia hajuja. Ilmanvaihtojärjestelmä suojataan likaantumiselta asennustyön aikana ja suojaukset poistetaan lopullisesti vasta siivouksen jälkeen, kun tilassa ei enää tehdä pölyäviä työvaiheita. Ennen ilmanvaihtolaitteiston toimintakokeiden aloittamista tulee tarkistaa, että rakennus on riittävän puhdas ja että tiloissa ei enää tehdä pölyäviä rakennustöitä. [31.]

Sisäilmastoluokitus 2008 sisältää ohjeita terveellisten ja viihtyisien rakennusten toteuttamiseen. Uudisrakentamisen lisäksi se on myös sovellettavissa korjausrakentamiseen. Sisäilmastoluokitus ei luonteeltaan ole viranomaissäännös eikä siis sinällään velvoita rakentamisen osapuolia noudattamaan sitä. Kun sisäilmastoluokituksen määrittymiset otetaan osaksi rakennushankkeen sopimusasiakirjoja, tulee siinä mainitut asiat ottaa huomioon muiden rakentamismääräysten tavoin. Sisäilmastoluokituksessa on sisäilmastoluokat S1 (yksilöllinen sisäilmasto), S2 (hyvä sisäilmasto) ja S3 (tyydyttävä sisäilmasto). S3- luokka vastaa rakentamismääräysten vaatimustasoa. [32.]

Sisäilmastoluokitus 2008:n mukaiset rakennustöiden puhtausluokat ovat P1 ja P2. Puhtausluokkaa P1 käytetään työ- ja asuintiloissa, joissa pyritään sisäilmastoluokan S1 ja S2 mukaiseen sisäilman laatuun. Puhtausluokka P2 soveltuu tavanomaisille työ- ja asuintiloille, joissa tavoitteena on rakentamismääräyksiä vastaavan sisäilmastoluokan S3 mukainen sisäilman laatu. Luokassa P2 rakennustöiden puhtaudelle ei ole asetettu erityisvaatimuksia. Puhtausluokan P1 vaatimukset edellyttävät, että rakennuksen tulee olla puhdas ennen kuin ilmanvaihdon päätelaitteiden suojaukset voidaan poistaa ja toimintakokeet aloittaa. Tällöin pinnoilla ei saa olla hienojakoista irtolikaa tai pölyä, joka voi nousta ilmaan ilmavirtojen mukana. Tiloissa ei saa olla jätteitä tai rakennusmateriaalia, jotka estävät pintojen puhdistamisen. Kun pintoja suojaavat pahvit ja muovit on poistettu, saa tiloissa tehdä ilman erityistoimia vain pölyämättömiä töitä, kuten paikkamaalauksia, ilmanvaihdon toimintakokeita sekä loppusiivousta. Luovutusvaiheessa pinnoilla ei saa olla näkyvää likaa, kuten roskia, irtolikaa tai tahroja. [28, s.6.]

2.6 Linjasaneeraushankkeiden erityispiirteitä pölyn leviämisen kannalta

Linjasaneeraushankkeet ovat erityisen haastavia kohteita pölyntorjunnan kannalta, koska rakennuksen käyttäjät usein asuvat asunnoissaan saneerauksen aikana. Asukasinformaatiotilaisuus on syytä järjestää noin kuukausi ennen töiden aloittamista. Tässä tilaisuudessa esitellään linjasaneerausurakan yhteyshenkilöt, aikataulu ja urakan sisältö. Asukkaiden kannattaa kerätä tähän tilaisuuteen remonttia koskevia kysymyksiä. Tilaisuudessa käsitellään mm. pölyä, melua ja työmaalla kulkemista koskevia asioita. Siinä esitellään myös hankkeen keskeinen henkilöstö. Urakoitsijat esittelevät remontin työtapoja ja antavat ohjeita remontin aikaiseen elämiseen ja yhteistyöhön työmaahenkilöstön kanssa. [33, s.10.]

Perinteisessä kerrostalon putkiremontissa eli linjasaneerauksessa uusitaan märkätilat, eli kylpyhuonetilat ja mahdolliset asunosaunat. Keittiössä uusitaan usein vähintään viemärit, vesijohdot ja hanat. Joissakin tapauksissa vanhat keittiöhanat jäävät käyttöön. Joka tapauksessa keittiöitä joudutaan usein purkamaan jonkin verran purettavien ja uusien järjestelmien tieltä. Kylpyhuoneista puretaan kaikki kalusteet, putket ja pinnoitteet. Lattiat ja seinät hiotaan puhtaiksi vanhoista tasoitteista. Pinnat tasoitetaan märkätilan tasoitteilla ja vedeneristetään ennen laatoitusta. Laatoituksen jälkeen märkätiloihin asennetaan tarvittavat putket ja sähköt pinta-asennuksena sekä vesikalusteet ja alaslaskettu katto. [33, s.13–17.] Vesikalusteiden kytkentäjohtojen asennukselle kylpyhuoneessa on lähinnä kaksi vaihtoehtoa; pinta-asennus kromatuilla kupariputkillä tai piiloasennus jakotukilta vesikalusteille PEX- muoviputkillä. Käytettävä asennustapa vaikuttaa myös siihen, missä vaiheessa kytkentäjohdot asennetaan. Piiloasennuksessa kytkentäjohdot asennetaan ennen laatoitusta seinien tasoitusvaiheessa ja pinta-asennuksessa asennus tehdään laatoituksen jälkeen.

Putkiremontin ehkä kaikkein kiusallisoin seikka on pöly. Täysin pölytöntä rakentamista ei ole olemassa, eikä tule olemaan. Rakennussaneeraus on eniten pölyävä rakentamisen muoto. Purkutyöt ovat putkiremontissa erittäin pölyävä työvaihe. Vaikka työmaalla siivottaisiin koko ajan, niin pölyä on asunnossa lähes joka paikassa. Pölyä tunkeutuu asuntoihin aukinaisista rakenteista, toisista asunnoista tai postiluukuista erilaisten alipaineilmiöiden seurauksena. Vielä remontin jälkeenkin pölyä voi kulkeutua asuntoon, jos työt jatkuvat muissa linjoissa ja asunnoissa. [33, s.27.]

Useissa saneerattavissa kiinteistöissä esiintyy asbestia. Asbestin kartoitus tulee tehdä suunnitteluvaiheessa, jolloin talon rakenteet käydään läpi mahdollisten asbestiesiintymien havaitsemiseksi. Asbestia sisältävät rakenteet purkaa asbestipurkutöihin erikoistunut yritys asbestityönä. Purettavat tilat eristetään purkutyön ajaksi ja purkujäte kuljetetaan suljetuissa astioissa tai säkeissä asianmukaisesti pois työmaalta. [33, s.27–29.]

Kylpyhuoneiden pinnoitteet puretaan usein alipaineistetussa tilassa kuten asbesti. Kaikkia pölyviä työvaiheita on kuitenkin lähes mahdotonta tehdä asbestityön tapaan, koska silloin sekä aikataulu että kustannukset kasvaisivat moninkertaisesti. Pahiten pölyvä työvaihe on betonin purkaminen ja työstäminen, jota tapahtuu putkiremontissa lähes koko ajan. Pölyä aiheutuu myös muusta rakentamisesta kuten reikien porauksesta. [33, s.29.] Lisäksi jauhemaisten aineiden, kuten erilaisten laastien ja tasoitteiden käsittely aiheuttaa pölyä.

Tilojen ja tavaroiden suojaaminen auttaa hallitsemaan pölyn aiheuttamia haittoja asukkaalle. Urakoitsija on velvollinen omalta osaltaan suojaamaan työ- ja kulkualueet huoneistoissa, käytävillä ja yleisissä tiloissa urakka-asiakirjoissa sovitulla tavalla. Urakoitsija suojaa yleensä asunnoissa kulkualueiden lattiat ulko-ovelta työpisteisiin. Työalueeseen rajoittuvien aukkojen suojaaminen on hyvä tehdä työnaikaisella muoviseinällä, johon leikataan kulkuaukko. [33, s.30–31.] Työnaikaisia suojaseiniä voidaan myös tehdä, vaikka koko huoneisto olisi työaluetta. Näin voidaan vähentää pölyn leviämistä alueelle, jossa töitä tehdään vähemmän. Suojaseinät varustetaan vetoketjuovilla, jotka pidetään mahdollisimman paljon kiinni työn aikana. Näin estetään pölyn leviäminen puhtaaksi tarkoitettuun tilaan. Urakoitsijan tekemän suojauksen lisäksi asukkaan on syytä suojata huoneistoon jättämänsä huonekalut ja tavarat esimerkiksi muovilla ja teipillä. Joissain tapauksissa urakoitsija toimittaa asukkaille sovitun määrän suojaustarvikkeita oman huoneiston suojaamista varten, ennen kuin huoneistot muuttuvat työmaa-alueeksi. Työalueelle jätettyjen huonekalujen ja tavaroiden sijoituksessa asukkaan tulisi myös omalta osaltaan huomioida pääsy työkohteisiin, kuten patteriventtiileihin ja pistorasioihin.

Remontin aikaisen urakoitsijan tekemän siivouksen taso määritellään urakka-asiakirjoissa. Siivousvastuut on hyvä selvittää etukäteen, jotta vältetään ikäviltä yllätyksiltä. Monesti urakoitsija lakaisee tai imuroi työalueella päivittäin. Remontin ajan asunto on joka tapauksessa pölyisempi kuin koskaan, vaikka työmaalla siivottaisiin

kuinka paljon tahansa. Työn loputtua urakoitsija siivoaa urakka-alueen loppusiivouksessa. Asukas siivoaa muut kuin urakka-alueet, jollei muuta ole sovittu. Kokemusten perusteella asukas haluaa joka tapauksessa siivota koko asuntonsa vielä urakoitsijan tekemän loppusiivouksen jälkeen. [33, s.32–33.]

3 AINEISTO JA MENETELMÄT

Tässä luvussa käsitellään tutkimukseen valitut linjasaneerauskohteet, sekä hiukkasten mittausten menetelmät. Lisäksi käsitellään mittausjärjestelyjä sekä mittaustulosten käsitteilyprosessia.

3.1 Tutkimuskohteet

Opinnäytetyön mittaukset tehtiin kahdessa erilaisessa asuinkerrostalon linjasaneerauskohteessa. Kohteiden nimitykset ovat tässä raportissa Kerrostalo 1 ja Kerrostalo 2.

3.1.1 Kerrostalo 1

Ensimmäisenä tutkimuskohteena oli vuonna 1963 valmistunut kolmekerroksinen asuinkerrostalo. Kiinteistössä tehtiin perinteinen linjasaneeraus. Kaikki käyttövesi- ja viemäriputkistot uusittiin pääsääntöisesti entisille paikoilleen. Kylpyhuoneissa käyttövesiputkitus muutettiin yläjakoiseksi. Uudet huoneistokohtaiset vesimittarit ja jakotukit sijoitettiin alakattoon. Vesikalusteiden PEX-kytkentäjohtot jakotukilta vesikalusteille upotettiin kylpyhuoneiden seinään. Kylpyhuoneet purettiin ja rakennettiin uudestaan kokonaisuudessaan. Lämmitysjärjestelmien muutokset saneerauksessa rajoituivat patteriventtiilien vaihtoon ja verkoston perussäätöön. Kiinteistön sähköjärjestelmät uusittiin saneerauksessa. Huoneistoissa tehtiin myös osakkaiden lisä- ja muutostöitä, esimerkiksi keittiön kalusteiden muutoksia, maalaustöitä sekä pieniä väliseinämuutoksia. Kaikki asukkaat olivat muuttaneet väliaikaisesti pois saneerauksen ajaksi.

Saneerauksen ajaksi osa huoneistosta oli eristetty työnaikaisella muovisella suojaseinällä erilleen muusta saneerausalueesta. Suojaseinä oli varustettu vetoketjuovella, jonka kautta kuljettiin tilojen välillä. Pääsääntöisesti olohuone ja makuuhuoneet olivat

puhtaaksi tarkoitettuja tiloja. Nämä tilat olivat myös työmaa-aluetta, mutta niissä tehtävät saneeraustoimenpiteet olivat vähäisempiä muihin tiloihin verrattuna. Pölyisimpien työvaiheiden eli erilaisten purkutöiden aikana saneerauksen alussa vetoketjuovet pidettiin pääsääntöisesti kiinni, koska puhtaaksi tarkoitetuissa tiloissa ei tuolloin juuri tehty töitä. Liitteessä 1 on esitetty saneerattavien huoneistojen pohjapiirros sekä mitauspisteet, joissa hiukkasmittauksia tehtiin tutkimuksen aikana. Piirroksessa on myös esitetty työnaikaiset suojaseinät huoneistoissa. Kohteen kaikissa huoneistoissa oli samanlainen eristämisperiaate. On huomioitava, että hiukkasmittauksia tehtiin useammassa huoneistossa ja useammassa rapussa. Huoneistot olivat kuitenkin pohjaltaan lähes identtisiä ja tämän tutkimuksen kannalta tarpeeksi vertailukelpoisia keskenään.

Tutkimuksen aikana kohteessa tehtiin saneeraustöitä kolmessa rapussa. Yhden rapun alueella saneeraus kesti yhteensä noin 9 viikkoa. Jokaisessa rapussa oli kuusi huoneistoa. Yhden rapun alueella oli kaksi putkinousulinjaa, jotka palvelivat kolmea päällekkäistä huoneistoa. Työmaalla oli käytössä keskuspölynimurijärjestelmä, jonka keskusyksikkö oli porrashuoneessa ja jossa oli imupisteitä jokaisessa kerroksessa. Kohteessa tutkittiin ilman pölypitoisuutta kolmen rapun alueella eri vaiheissa linjasaneerausta. Lisäksi mittauksia tehtiin huoneistossa, joka oli normaalissa asuinkäytössä ennen saneeraustöitä.

3.1.2 Kerrostalo 2

Toisena tutkimuskohteena oli vuonna 1958 rakennettu asuinkerrostalo. Kohde koostui kolmesta rakennuksesta, joissa oli yhteensä 84 huoneistoa. Kussakin rakennuksessa oli yksi porrashuone. Rakennuksissa oli 7 asuinkerrosta sekä kellari ja ullakko. Ilmanvaihtojärjestelmänä oli koneellinen poistoilmanvaihto. Kohteessa tehtiin perinteinen linjasaneerausurakka, joka sisälsi kiinteistön vesijohtojen, viemäreiden ja sähköjärjestelmien uusimisen rakennuksen sisällä sekä kaikki näihin töihin liittyvät rakennustekniset työt ja aputyöt. Kylpyhuoneet purettiin ja rakennettiin uudestaan kokonaisuudessaan. Vesi- ja viemäriputkistot sijoitettiin pääsääntöisesti entisille paikoilleen. Kylpyhuoneiden uudet viemärihajotukset sijoitettiin alemman kerroksen kattoon. Uudet huoneistokohtaiset vesimittarit sijoitettiin kylpyhuoneiden alakattoon. Alakaton alapuolella vesijohdot toteutettiin pinta-asennettuina kromatuilla kupariputkilla.

Kohteen huoneistoissa ei ollut samanlaisia työnaikaisia suojaesineitä kuten Kerrostalo 1:ssä. Tutkimuksen aikana kohteessa tehtiin saneeraustöitä yhdessä rakennuksessa. Rakennuksessa oli kolme putkinousulinjaa, joista kaksi palveli seitsemää päällekkäistä huoneistoa ja yksi linja palveli kahta vierekkäistä huoneistoa koko talon korkeudelta eli yhteensä 14:a huoneistoa. Suurin osa asukkaista oli väliaikaisesti muuttanut pois saneerauksen ajaksi. Liitteessä 2 on esitetty yhden kerroksen pohjapiirros sekä tutkimuksen aikana käytetyt mittauspisteet.

3.2 Mittausmenetelmät

Tutkimuksessa mitattiin hiukkasten massapitoisuutta gravimetrisesti IOM-keräimillä sekä hiukkasten lukumääräpitoisuutta optisella hiukkaslaskurilla. Kaikki mittaukset tehtiin kiinteissä mittauspisteissä. Tässä tutkimuksessa käytetyillä mittausmenetelmillä ei voida määrittää varsinaista työntekijäkohtaista altistumista, vaan siihen on omat menetelmänsä.

Hiukkasten lukumääräpitoisuutta ilmassa mitattiin TSI AeroTrak 8220 -optisella hiukkaslaskurilla (kuva 4). Laite lukee samanaikaisesti kuutta hiukkasen halkaisijan kokoluokkaa välillä 0,3 – 10,0 μm sekä yli 10,0 μm . Kokoluokat ovat käyttäjän säädettävissä. Kokoluokat eivät voi olla päällekkäin toistensa kanssa. Haluttu koko voidaan määrittää 0,01 μm tarkkuudella. Tämän työn mittauksissa käytetyt kokoluokat olivat alle 0,5 μm , alle 1,0 μm , alle 3,0 μm , alle 5,0 μm , alle 10,0 μm sekä yli 10,0 μm . Tuloksissa esitetään kaikki laitteen laskemat hiukkaset yhteensä eli halkaisijaltaan yli 0,3 μm hiukkaset. Laitteen läpi kulkeva näytemäärä on noin 2,83 l/min. Laitteella mitattiin hiukkasten lukumääräpitoisuuden lisäksi myös ilman lämpötilaa ja suhteellista kosteutta. Optisten hiukkaslaskurien yleinen toimintaperiaate on esitetty tämän työn luvussa 2.2



KUVA 4. TSI AeroTrak 8220 -optinen hiukkaslaskuri

Mittauksissa yhden näytteen kestoksi asetettiin yksi minuutti ja näytteiden väliseksi ajaksi 10 sekuntia. Näytteiden välisenä aikana laite ei laske hiukaspitoisuutta. Näytteiden lukumäärän voi asettaa välille 1 – 999. Tästä ominaisuudesta on hyötyä, kun käytetään etukäteen laitteeseen tallennettua mittausohjelmaa. Tässä työssä näytteiden lukumäärä asetettiin maksimiin ja mittaus aloitettiin ja lopetettiin aina manuaalisesti. Mittauskorkeus oli 0,5 m – 1,5 m riippuen mittauskohteesta. Laitteen muistiin tallentuu jokaisesta näytteestä yksi lukuarvo kustakin kokoluokasta. Mittaustulokset voidaan esittää hiukkasten kokonaislukumääränä ja/tai lukumääränä kuutiometriä (m³) kohti. Tässä tutkimuksessa tulokset esitetään lukumääränä kuutiometriä kohti. Mittaustulokset siirrettiin USB-kaapelilla suoraan Exceliin hyödyntäen laitteen massamuistiominaisuutta. Laite nollattiin päivittäin ennen mittauksia käyttämällä juuri tähän tarkoitukseen olevaa HEPA-nollaussodatinta.

Hengittyvän pölyn massapitoisuutta ilmassa mitattiin gravimetrisesti IOM-keräimellä. Mittauslaitteisto koostui ilmapumpusta, suodatinkotelosta, letkusta ja jalustasta (kuva 5). Mittaukset ja suodattimien punnitukset tehtiin standardin SFS 3860 (Työpaikan ilman pölypitoisuuden mittaaminen suodatinmenetelmällä) mukaisesti. Poikkeuksena

standardin menettelyihin on että tämän tutkimuksen tulokset ilmoitetaan yksikössä $\mu\text{g}/\text{m}^3$, kun standardissa yksikkönä on mg/m^3 .



KUVA 5. Gravimetristen mittauksen mittauslaitteisto

Mittauslaitteiston valmistelu ja suodattimien alkupunnitukset tehtiin Mikkelin ammattikorkeakoulun ympäristölaboratoriossa. Suodattimia kuivattiin kolmen vuorokauden ajan laboratoriossa ennen alkupunnitusta. Staattisen sähkön poistajaa ei käytetty, koska suodattimet punnittiin metallikotelon kanssa. Tutkimuksessa oli käytössä neljä ilmapumppua ja kaksi jalustaa.

Pölynäytteenotot järjestettiin tutkimuskohteissa siten, että saadut tulokset kuvaisivat mahdollisimman tarkasti tutkittavissa tiloissa vallitsevia pölypitoisuuksia. Mittauslaitteiston sijoituksessa jouduttiin kuitenkin huomioimaan työmaatekniset asiat, minkä johdosta keräyslaitteistoa ei yleensä voitu sijoittaa aivan kylpyhuoneen ja pölylähteen eteen vaan hieman sivummalle huoneistossa.

Varsinainen näytteenoton valmistelu kohteessa aloitettiin asettamalla ilmapumppu ja suodatinkotelo jalustan avulla 1,5 metrin korkeudelle. Suodatinkotelo yhdistettiin letkulla ilmapumppuun. Suodatinkotelon kansi poistettiin näytteenoton ajaksi. Suodatin-

kotelon suuaukko suunnattiin pystytasosta hieman alaspäin. Ilmapumppu käynnistettiin ja ilmamäärää tarkkailtiin näytteenoton ajan. Mittauspöytäkirjaan (Liite 3) merkittiin näytteenoton aloitus- ja lopetusajankohdat sekä näytteenottopisteessä olevan ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus. Ilmapumpun virtausmittarin lukemaa tarkkailtiin näytteenoton aikana. Mittaustulokseen vaikuttavat tekijät eli työmaan tapahtumat merkittiin myös mittauspöytäkirjaan. Suodattimet säilytettiin ja kuljetettiin kannella ja muovitulvilla tiiviisti suljetuissa suodatinkoteloissa ennen ja jälkeen näytteenoton. Suodattimien loppupunnitukset tehtiin Mikkelin ammattikorkeakoulun ympäristölaboratoriossa. Ilman pölypitoisuus määritettiin jakamalla pölyn massa suodattimen läpi virranneen näyteilman tilavuudella.

Ilman pölypitoisuus C laskettiin kaavan 1 mukaisesti

$$C = \frac{m_2 - m_1}{V} = \frac{m}{V} \quad (1)$$

jossa

C on ilman pölypitoisuus

m_2 on suodattimen ja pölyn massa loppupunnituksessa

m_1 on suodattimen massa alkupunnituksessa

m on pölynäytteen massa

V on suodattimen läpi virranneen näyteilman tilavuus

Suodattimen läpi virranneen näyteilman tilavuus (V) laskettiin näytteenottoon käytetyn ajan ja kalibroidun ilmapumpun kalibrointikertoimen perusteella kaavan 2 mukaisesti.

$$V = t \times Q_V \quad (2)$$

jossa

V on suodattimen läpi virranneen näyteilman tilavuus

t on näytteenottoon käytetty aika

Q_V on ilmapumpun kalibrointikerroin

Gravimetriset mittaukset ja punnitukset jakautuivat kahteen näyte-erään. Liitteissä 4 ja 5 on esitetty jokaisen IOM-keräimellä tehdyn mittauksen lähtötiedot. Liitteissä on

myös esitetty ilmapumppujen kalibrointikertoimet ja suodattimien punnitustilan olosuhteet. Suodattimien punnitustilassa ei ollut vakio-olosuhteita. Ilmankosteus vaikuttaa punnituksiin ja tämä voi aiheuttaa epätarkkuutta tuloksiin pienissä pitoisuuksissa.

3.3 Mittausjärjestelyt ja mittaustulosten käsittely

Kerrostalo-kohteissa määritettiin hiukkasten pitoisuuksia sekä niiden lukumääränä että massana ilmatilavuutta kohden. Mittauksia tehtiin sekä työnaikaisilla suojaseinillä eristetyissä puhtaaksi tarkoitetuissa tiloissa että muualla saneerausalueella. Mittaustuloksia vertailtiin keskenään, näin saatiin tietoa eri työvaiheiden vaikutuksesta pölypitoisuuteen. Massapitoisuuksien mittaustulosten perusteella päästiin myös vertaamaan tuloksia kirjallisuudesta löytyviin ohjearvoihin, koska pitoisuuksien ohjearvot annetaan kirjallisuudessa lähes aina massapitoisuuksina.

Optisella hiukkaslaskurilla tehtyjen mittausten tulosten perusteella havaittiin, että mitauskorkeudella on merkittävä vaikutus tuloksiin. Työmaateknisistä ja muista syistä johtuen kaikkia mittauksia ei pystytty tekemään samalta korkeudelta. Tästä syystä tuloksissa esitetyt kuvat lukumääräpitoisuuksista eivät välttämättä ole keskenään täysin vertailukelpoisia. Sen sijaan samassa kuvassa esitetyt lukumääräpitoisuuksien kuvaajat ovat hyvin vertailukelpoisia keskenään.

Mittaukset jakautuivat IOM-keräimillä ja hiukkaslaskurilla tehtyihin pitkäaikaisiin, työpäivän kestäviin mittauksiin, sekä pelkällä hiukkaslaskurilla tehtyihin lyhyempiin mittauksiin. Pitkäaikaisissa mittauksissa pyrittiin selvittämään massapitoisuus IOM-keräimellä koko työpäivän ajalta ja samalla mittaamaan lukumääräpitoisuutta hiukkaslaskurilla, jolla saatiin myös pitoisuuden ajallinen vaihtelu selville. Pelkällä hiukkaslaskurilla tehtiin useita lyhyempiä, kokeellisia mittauksia eri tarkoituksissa, kuten suojamuovin ja alipaineistajan vaikutuksen arviointi luvussa 4.1.3.

Taulukossa 2 on esitetty Kerrostalo 1:ssä tehtyjen pitkäaikaisten mittausten tiedot. Vastaavasti taulukossa 3 on esitetty Kerrostalo 2:ssa tehtyjen pitkäaikaisten mittausten tiedot. Taulukoissa on esitetty pölyn muodostumisen kannalta merkittävimmät työmaalla tehtävät työvaiheet kunakin mittauspäivänä. Taulukoissa mainittujen töiden lisäksi jokaisena mittauspäivänä työmaalla myös siivottiin ja tehtiin erinäisiä muita pienempiä töitä.

TAULUKKO 2. Kerrostalo 1:ssa tehtyjen pitkäaikaisten mittausten tiedot

MITTAUS- PÄIVÄ	TYÖVAIHEET TYÖMAALLA	MITT. PISTE	PITOISUUSMITTAUS	
			MASSA	LUKUM.
1.2.2015	Ennen saneerausta	1	X	X
2.2.2015	Reikien timanttiporaus välipohjiin	1	X	X
		3	X	
3.2.2015	Roilojen jyrä ja piikkaus kylpyhuoneiden seiniin	1	X	
		3	X	X
4.2.2015	Roilojen jyrä ja piikkaus, erinäisiä purkutöitä	3	X	X
5.2.2015	Roilojen piikkaus, pieniä purkutöitä.	4	X	
6.2.2015	Sähkötöitä, vedeneristystöitä	5	X	X
19.2.2015	Kylpyhuoneiden purku asbestityönä	2	X	
		4	X	X
20.2.2015	Kylpyhuoneiden purku asbestityönä	2		X
2.3.2015	Viimeistelytöitä, listoituksia, kalustusta, maalaustöitä.	3	X	X
		4	X	
4.3.2015	Roilojen jyrä ja piikkaus kylpyhuoneiden seiniin	2	X	
		4	X	X

TAULUKKO 3. Kerrostalo 2:ssa tehtyjen pitkäaikaisten mittausten tiedot

MITTAUS- PÄIVÄ	TYÖVAIHEET TYÖMAALLA	MITT. PISTE	PITOISUUSMITTAUS	
			MASSA	LUKUM.
26.2.2015	Kylpyhuoneiden purku asbestityönä	2	X	X
27.2.2015	Kylpyhuoneiden purku asbestityönä	1	X	X
3.3.2015	Kylpyhuoneiden purku asbestityönä (kahdessa eri kerroksessa)	2	X	X
		2	X	

Massapitoisuuden mittausten kesto oli yleensä 6 – 11 tuntia. Yhden mittauksen pituus oli vain n. 3 tuntia teknisen ongelman vuoksi. Jokaisen mittauksen kesto on tarkem-

min esitetty liitteissä 4 ja 5. Tuloksissa esitetty massapitoisuuden arvo on siis keskiarvo kyseisen mittauksen ajanjaksolta. Lukumääräpitoisuuden mittausajanjaksot on esitetty tulosten kuvaajissa luvussa 4.

4 TULOKSET

4.1 Kerrostalo 1

4.1.1 Pölypitoisuus linjasaneerauksen eri vaiheissa

Ensimmäisessä kerrostalokohteessa tehtiin mittauksia asuinhuoneistoissa saneeraustöiden aikana sekä ennen linjasaneerausta. Taulukossa 4 on esitetty hengittyvän pölyn massapitoisuudet työalueella saneerauksen eri työvaiheissa. Mittaukset taulukossa etenevät työmaan työvaiheiden mukaisessa järjestyksessä. Mittaukset tehtiin neljässä eri rapussa tutkimuksen aikataulun ja toisaalta työmaan jaksotuksen vuoksi. Tämän vuoksi mittauspäivät eivät taulukossa etene järjestyksessä.

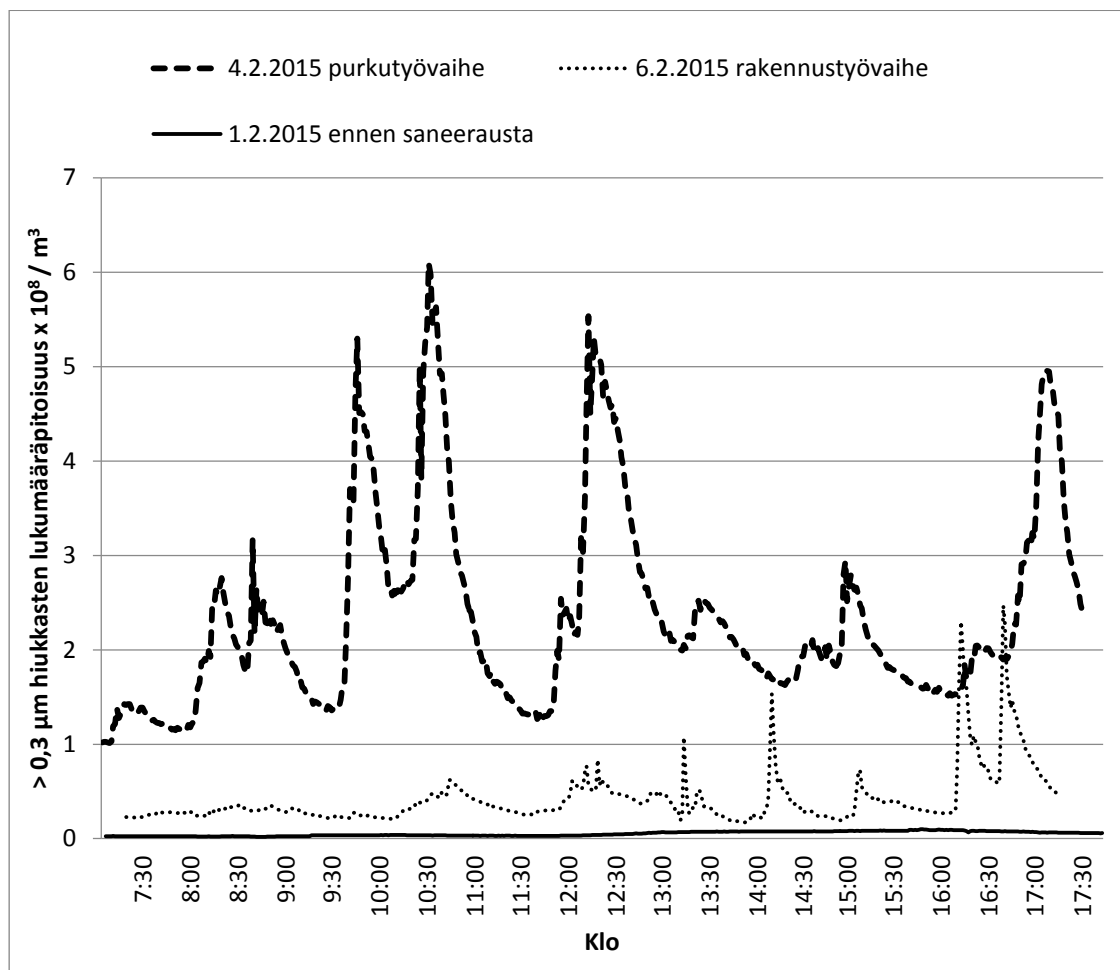
TAULUKKO 4. Hengittyvän pölyn massapitoisuudet eri työvaiheissa työalueella

MITTAUS- PÄIVÄ	MITTAUS- PISTE	HENGITTYVÄN PÖLYN MASSAPITOISUUS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	TYÖVAIHE
1.2.2015	1	36	Ennen saneerausta
19.2.2015	4	914	Purkutyövaihe
2.2.2015	3	1149	Purkutyövaihe
3.2.2015	3	2975	Purkutyövaihe
4.2.2015	3	2524	Purkutyövaihe
4.3.2015	4	1517	Purkutyövaihe
5.2.2015	4	986	Purkutyövaihe
6.2.2015	5	405	Rakennustyövaihe
2.3.2015	3	606	Rakennustyövaihe
2.3.2015	4	539	Rakennustyövaihe

Taulukossa 4 esitetyt mittaukset kuvaavat pitoisuuden vaihtelua linjasaneerauksen koko ajanjaksolla, joka oli yhdessä rapussa noin 9 viikkoa Kerrostalo 1:ssä. Ennen

saneerausta tehdyssä mittauksessa huoneistossa asui mittauksen aikana kaksi henkilöä, ja pitoisuus oli $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Purkutyövaihe alkoi alipaineistettuna työnä (asbestityönä) tehdyllä purkutyöllä, joka mitattiin 19.2. Tämän jälkeen tehtävissä muissa purkuvaiheen töissä mitattiin korkeimmat pitoisuudet. 2.2 – 5.2 tehtyjen mittauksen aikana mm. porattiin välipohjaan reikiä viemäreitä varten sekä työstettiin kylpyhuoneiden seiniin roiloja kytkentäjohtoja varten. Rakennustyövaiheen mittauksissa 6.2 tehtiin mm. vedeneristystöitä. 2.3 tehdyissä mittauksissa tehtiin kalustustöitä ja muita viimeistelytyöitä kuten listoituksia.

Massapitoisuuden lisäksi mitattiin hiukkaslaskurilla hiukkasten lukumääräpitoisuutta ja sen ajallista vaihtelua. Hiukkaslaskuri oli jommankumman IOM-keräimen kanssa samassa mittauspisteessä. Kuvassa 6 on esitetty halkaisijaltaan yli 0,3 mikrometrin hiukkasten lukumääräpitoisuudet huoneistoissa ennen saneerausta 1.2, purkutyövaiheessa 4.2 sekä myöhemmässä rakennustyövaiheessa 6.2.



KUVA 6. Yli 0,3 µm hiukkasten lukumääräpitoisuuden vertailu asuinhuoneistoissa linjasaneerauksen eri vaiheissa sekä ennen saneeraustöitä

Hiukkaslaskurilla saadut tulokset tukevat hengittyvän pölyn massapitoisuuksien mitaustuloksia. Korkeimmat lukumääräpitoisuudet mitattiin purkutyövaiheen aikana. Mittauspisteet olivat 4.2 ja 6.2 ensimmäisen kerroksen huoneistossa. 4.2 tehdyn mittauksen aikana merkittävin työvaihe oli roilojen työstäminen kylpyhuoneiden betoniseiniin vesikalusteiden kytkentäjohtoja sekä sähköjohtoja varten. Lisäksi seinään tehtiin kolot vesikalusteita ja sähköpistorasioita varten. Ensin roilojen urat jyrättiin roilojyrtsimellä, ja tämän jälkeen roilot ja kolot piikattiin auki piikkauskoneella. Roilojen jyrtsinnässä pölynhallintaan käytettiin roilojyrtsimen omaa kohdepoistoa kytkettynä työmaan keskusimuriin. Lisäksi käytettiin rimoista ja kahdesta muovista tehtyä kehikkoa eli pölynhallintaovea, joka kiinnitettiin kylpyhuoneen oviaukkoon. Sisempi muovi oli niitattu kehikkoon kiinni ja siihen oli viilletty kulkuaukko. Ulompi muovi oli niitattu kehikkoon kiinni vain yläreunastaan. Roilojen piikkauksessa pölynhallintaan käytettiin vain kylpyhuoneen oviaukon yläpuolelta kiinnitettyä muovia. Roiloja työstettiin 2. ja 3. kerroksen huoneistoissa klo 7:30 – 8:55, 9:25 – 10:45 ja 11:40 – 13:30. Muita pölyisiä työvaiheita oli keittiön välitilan laatoituksen purkamisen ja pohjan hionta 3. kerroksen huoneistossa klo 12:10 – 12:35. Lisäksi huomattavan korkean pitoisuuden aiheutti klo 16:15 – 17:15 kylpyhuoneen oviaukon leventäminen 2. kerroksen huoneistossa. Työssä käytettiin puukkosahaa ja kulmahiomakonetta.

Rakennustyövaiheenkin aikana lukumääräpitoisuus oli huomattavasti korkeampi kuin normaalissa asuinkäytössä olleessa huoneistossa ennen saneerausta. 6.2 tehdyn mittauksen aikana klo 7:30 – 10:50 tehtiin sähkötöitä huoneistossa, jossa mittalaitteet olivat. Klo 12:00 – 12:45 portaan kaikissa kuudessa huoneistossa ja porrashuoneessa siivottiin pääasiassa imuroimalla. Klo 13:00 jälkeen havaitut viisi pitoisuuden hetkellistä piikkiä johtuvat vedeneristeen sekoituksesta. Vedeneristejauhetta kaadettiin kylpyhuoneessa säkistä ämpäriin ja se sekoitettiin veteen vispilällä ilman kohdepoistoa. Pitoisuus nousi jokaisen kaadon myötä edellistä korkeammaksi lukuun ottamatta yhtä kaatoa klo 15:02. Kaksi viimeistä kaatoa tehtiin klo 16:05 ja 16:35 ja tuolloin pitoisuus oli hetkellisesti korkeampi kuin purkutyövaiheen aikana 4.2.

Normaalissa asuinkäytössä olleessa huoneistossa ennen saneerausta mitattu lukumääräpitoisuuden käyrä on kuvassa lähellä nollaa. Pitoisuus vaihteli käytännössä miljoonasta kymmeneen miljoonaan. Pitoisuuden näyttöyksikkönä kuvissa on 10^8 eli sataa miljoonaa hiukkasta kuutiometriä kohden.

4.1.2 Pölyn leviäminen puhtaaksi tarkoitettuihin tiloihin

Kerrostalo 1:ssä tutkittiin pölyn leviämistä puhtaaksi tarkoitettuihin tiloihin mittaamalla pölypitoisuutta samanaikaisesti työnaikaisten suojaseinien molemmilla puolilla. Suojaseinät oli tehty muovista ja ne oli varustettu vetoketjuovilla. Mittaukset tehtiin pääasiassa erilaisten purkutöiden aikana. Nämä olivat myös työmaan henkilöstön mielestä saneerauksen pölyisimmät vaiheet, joten ne soveltuivat hyvin työnaikaisten suojaseinien toimivuuden tarkasteluun. Pölyä aiheuttavat työt tehtiin pääasiassa kylpyhuoneessa. Mittausten aikana puhtaaksi tarkoitetuissa tiloissa eli makuu- ja olohuoneissa ei tehty töitä. Hengittyvän pölyn massapitoisuutta mitattiin kahdella IOM-keräimellä suojaseinän molemmilla puolilla. Lisäksi mitattiin hiukkasten lukumääräpitoisuutta hiukkaslaskurilla jommallakummalla puolella suojaseinää, koska hiukkaslaskureita oli käytössä vain yksi. Hiukkaslaskurilla saatujen mittaustulosten perusteella saatiin tietoa pitoisuuden ajallisesta vaihtelusta työpäivän aikana. Taulukossa 5 on esitetty hengittyvän pölyn massapitoisuudet eri mittauspisteissä mittauspäivinä sekä mittauspiste, jossa mitattiin hiukkaslaskurilla hiukkasten lukumääräpitoisuutta kunkin mittauspäivänä. Mittauspisteet saneerattavassa tyyppihuoneistossa on esitetty liitteessä 1.

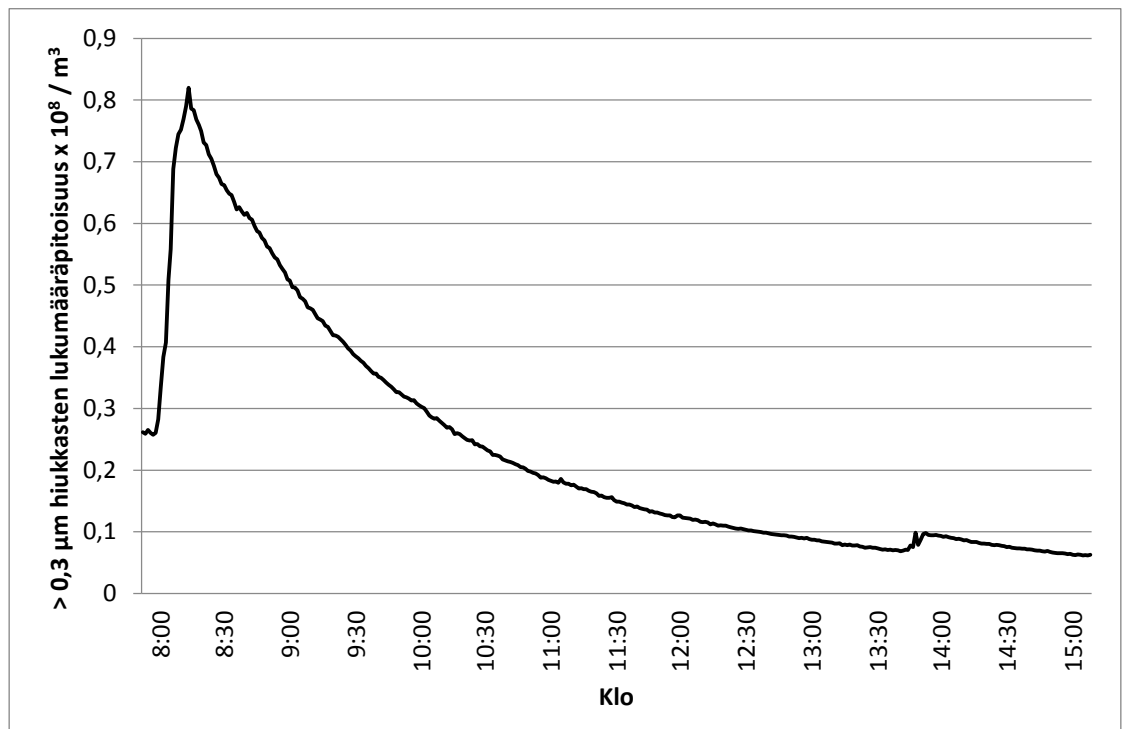
TAULUKKO 5. Hengittyvän pölyn massapitoisuudet työnaikaisten suojaseinien molemmiin puolin tehdyissä mittauksissa

MITTAUSPÄIVÄ	IOM-KERÄINTEN MITTAUSPISTEET		HENGITTYVÄN PÖLYN MASSAPITOISUUDET MITTAUSPISTEISSÄ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		HIUKKASLASKURIN MITTAUSPISTE
	PUHT. TILA *	TYÖ-ALUE	PUHT. TILA *	TYÖ-ALUE	
2.2.2015	1	3	47	1149	1
3.2.2015	1	3	53	2975	3
19.2.2015	2	4	120	914	4
4.3.2015	2	4	120	1517	4

* PUHT. TILA = PUHTAAKSI TARKOITETTU TILA

Puhtaaksi tarkoitettujen tilojen keskimääräinen pitoisuus oli $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ja työalueen keskimääräinen pitoisuus oli $1639 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

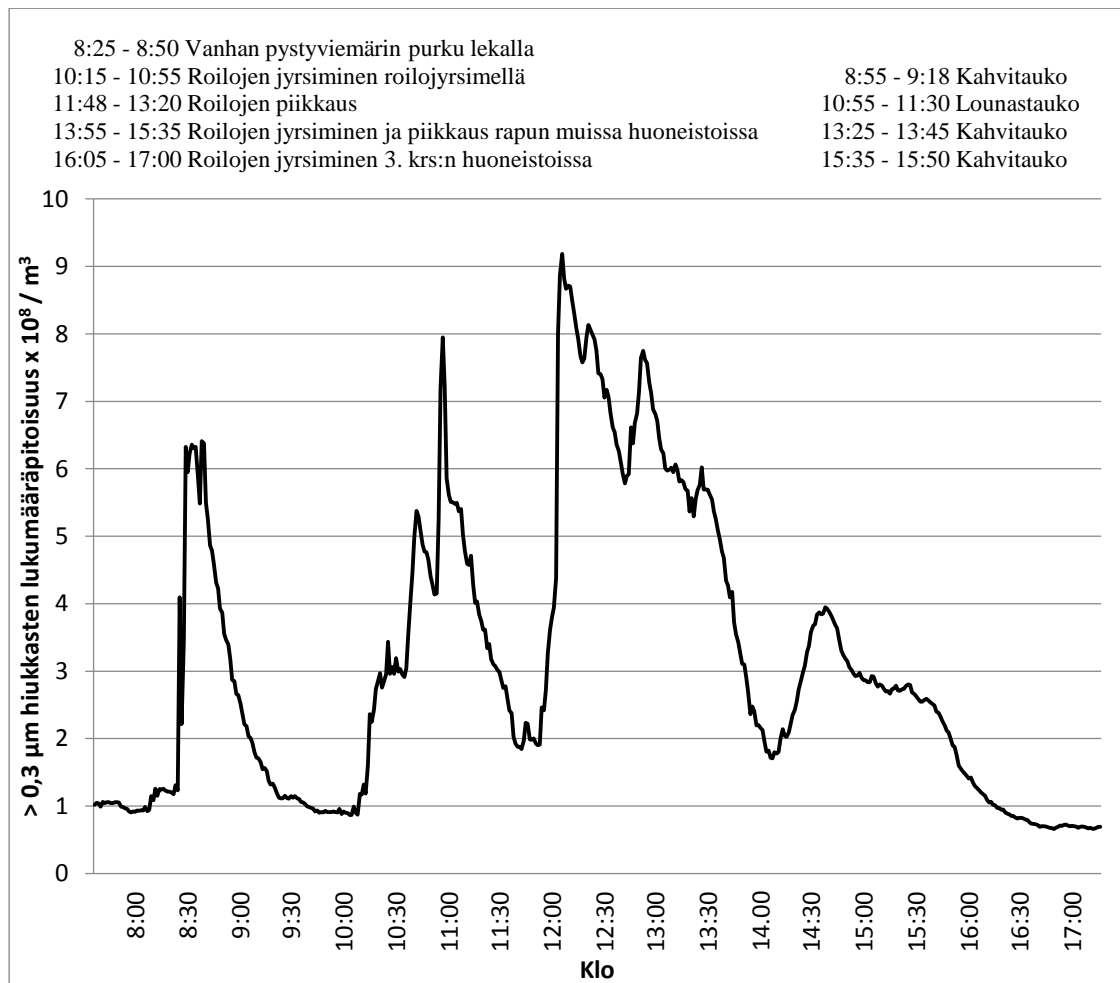
Kuvassa 7 on esitetty halkaisijaltaan yli 0,3 mikrometrin hiukkasten lukumääräpitoisuus 2.2.2015 mittauspisteessä 1. Mittalaitteet olivat ensimmäisen kerroksen huoneistossa. Työmaalla porattiin päivän aikana välipohjaan reikiä kylpyhuoneissa. Jokaisessa kylpyhuoneessa porattiin kolme reikiä; wc-istuimen, pesualtaan ja lattiakaivon viemäröintiä varten. Yhteensä reikiä porattiin siis 18 kappaletta kyseisessä rapussa. Poraukset tehtiin timanttiporauslaitteistolla ja pölynhallintaan käytettiin vesivoitelua.



KUVA 7. Yli 0,3 µm hiukkasten lukumääräpitoisuus 2.2.2015 mittauspisteessä 1

Pölypitoisuus kohosi huomattavasti puhtaaksi tarkoitettussa tilassa noin klo 8:00, kun mittalaitteet valmisteltiin mittausta varten. Tilasta poistumisen jälkeen pölypitoisuus alkoi laskea tasaisesti. Tilassa käytiin tarkistamassa mittalaitteet kuusi kertaa mittauksen aikana. Käynnit tehtiin taukojen aikana ja esimerkiksi klo 13:45 pölypitoisuus on hetkellisesti kohonnut vetoketjuoven ollessa tilapäisesti auki.

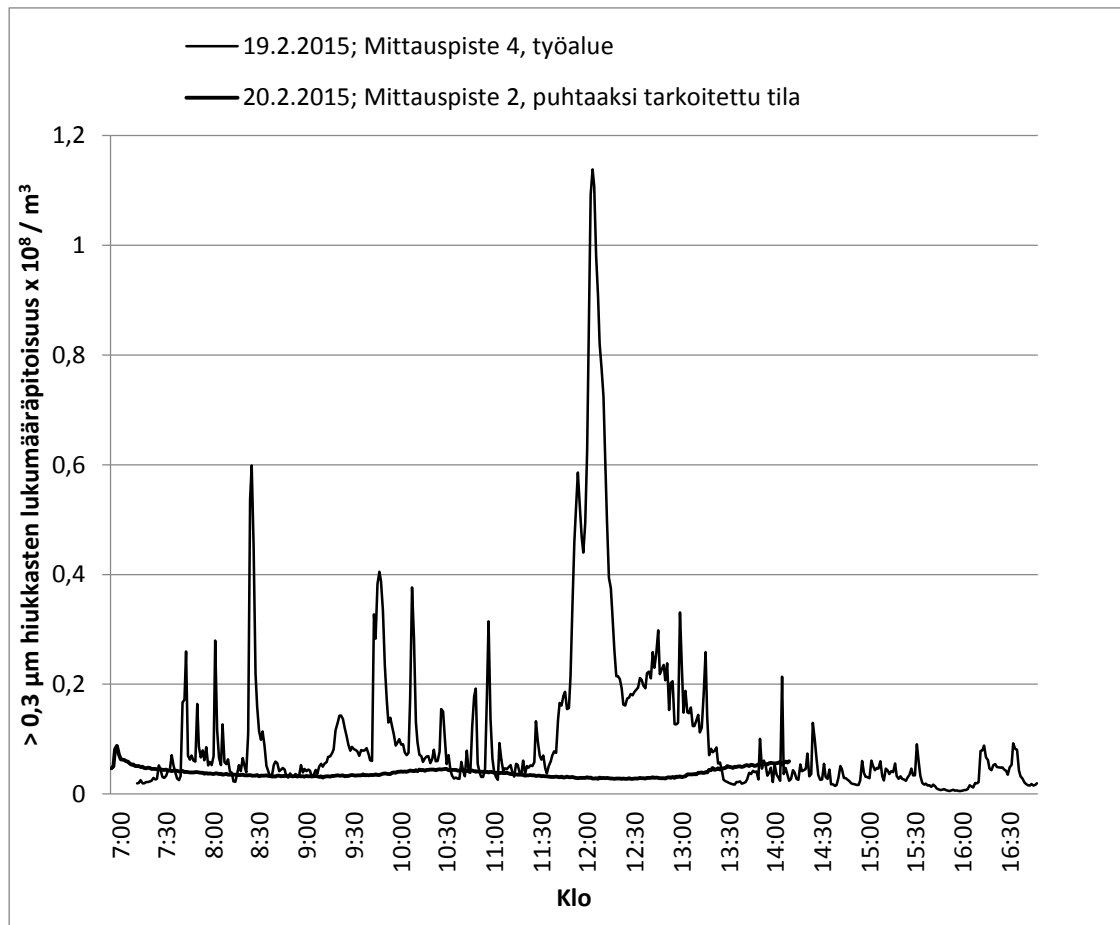
Seuraavana päivänä eli 3.2.2015 mittalaitteet olivat samassa ensimmäisen kerroksen huoneistossa kuin edellisenä päivänä. Hiukkaslaskuri päätettiin sijoittaa mittauspisteeseen 3, jotta saataisiin tietoa pölypitoisuuden ajallisesta vaihtelusta työalueella. Työpäivän aikana kylpyhuoneissa tehtiin erilaisia purkutöitä. Puhtaaksi tarkoitettussa tilassa ei tehty töitä. Kuvassa 8 on esitetty halkaisijaltaan yli 0,3 mikrometrin hiukkasten lukumääräpitoisuus 3.2.2015 mittauspisteessä 3, sekä pääpiirteittäin työvaiheet saneerattavissa huoneistoissa.



KUVA 8. Yli 0,3 µm hiukkasten lukumääräpitoisuus 3.2.2015 mittauspisteessä 3

Kylpyhuoneen seinään tehtiin roiloja vesikalusteiden kytkentäjohtoja sekä sähköjohtoja varten. Lisäksi seinään tehtiin kolot vesikalusteita ja sähköpistorasioita varten. Ensin roilojen urat jyrtsittiin roilojyrsimellä, ja tämän jälkeen roilot ja kolot piikattiin auki piikkauskoneella. Roilojen jyrsimässä pölynhallintaan käytettiin roilojyrsimen omaa kohdepoistoa kytkettynä työmaan keskusimuriin. Lisäksi käytettiin rimoista ja kahdesta muovista tehtyä pölynhallintaovea, joka kiinnitettiin kylpyhuoneen oviaukkoon. Sisempi muovi oli niitattu kehikkoon kiinni ja siihen oli viilletty kulkuaukko. Ulompi muovi oli niitattu kehikkoon kiinni vain yläreunastaan. Roilojen piikkauksessa pölynhallintaan käytettiin kylpyhuoneen oviaukon yläpuolelta kiinnitettyä muovia. Roilojen piikkaus lounastauon jälkeen aiheutti korkeimman pölypitoisuuden mittauspisteessä. Klo 13:55 jälkeen työtä tehtiin rapun muissa huoneistoissa, mutta pölyä levisi porrashuoneen ja aukinaisten putkihormien kautta myös ensimmäisen kerroksen huoneistoon ja mittauspisteeseen.

Hiukkasten lukumääräpitoisuutta mitattiin hiukkaslaskurilla myös mittauspisteessä 2. Mittaus tehtiin 20.2.2015 vastaavien työvaiheiden aikana kuin 19.2.2015. Kylpyhuoneissa tehtiin molempina päivinä purkutöitä alipaineistettuna työnä. Kylpyhuoneessa purettiin vanhat seinä- ja lattialaatoitukset piikkaamalla. Vanhat tasoitteet hiottiin betonihiomakoneella. Purkujäte vietiin kylpyhuoneista ulos ämpäreillä. Kuvassa 9 on esitetty halkaisijaltaan yli 0,3 mikrometrin hiukkasten lukumääräpitoisuudet mittauspisteissä 2 ja 4 peräkkäisinä päivinä kylpyhuoneiden purkutöiden aikana.

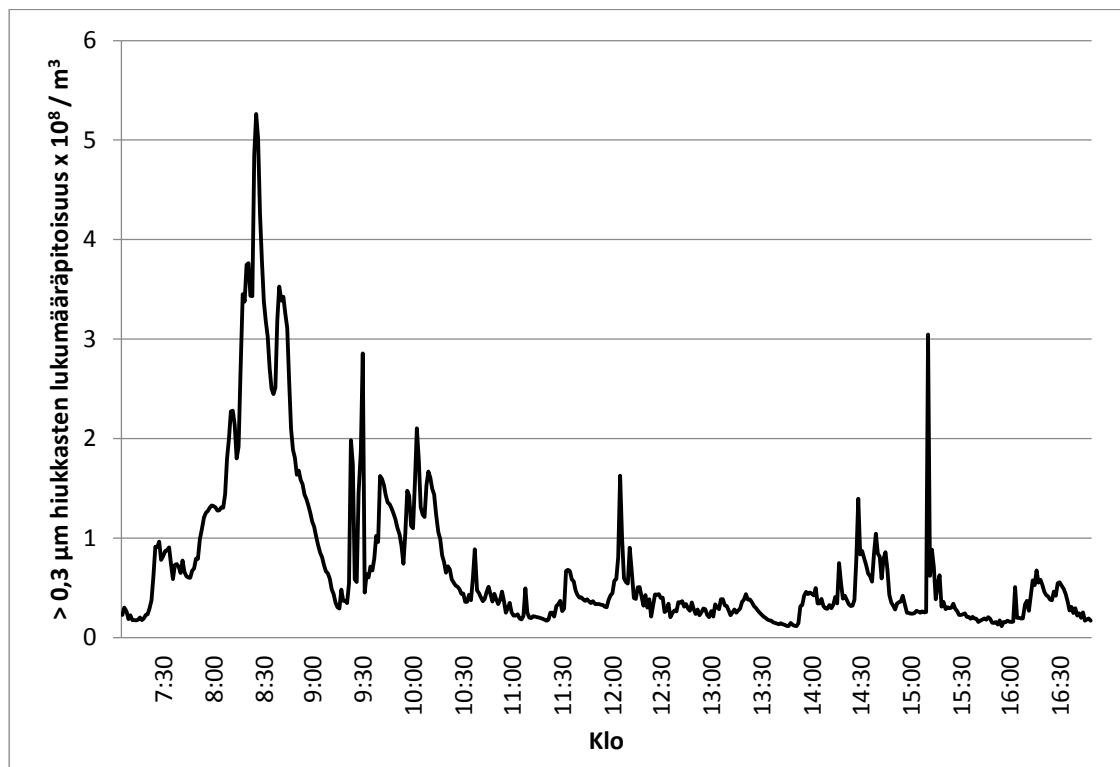


KUVA 9. Yli 0,3 µm hiukkasten lukumääräpitoisuus työaikaisen suojaseinän molemmin puolin kylpyhuoneen purkutyön aikana

Purkutöiden aikana pölynhallintaan käytettiin alipaineistajaa sekä rimoista ja muovista tehtyä pölynhallintaovea kiinnitettynä kylpyhuoneen oviaukkoon. Alipaineistaja oli varustettu karkeasuodattimella ja H13-hepasuodattimella. Pölynhallintaovi koostui kahdesta muovista. Sisempään muoviin oli leikattu kulkuaukko. Ulompi muovi oli kiinnitetty yläreunastaan rimaan ja sen alaosaan oli rullattu muovia painoksi. Alipaineistaja oli lattialla. Pölynhallintaoven sisempään muoviin oli leikattu aukko alipaineistajaa varten ja muovi oli teipattu tiiviisti kiinni alipaineistajan runkoon. Mo-

lempina mittauspäivinä alipaineistaja oli päällä koko työpäivän ajan lukuun ottamatta 19.2. klo 11:50 – 12:10, jolloin työmaalla oli sähkökatko. Tuolloin myös työntekijät pitivät taukoa. Mittauksen korkein yksittäinen pölypitoisuus mitattiin myös kyseisenä ajankohtana, vaikka työmaalla ei tuolloin siis tehty pölyäviä töitä sähkön puutteesta johtuen. Purkujätteen vienti pois kylpyhuoneesta aiheutti muut yksittäiset korkeat pitoisuudet. Tällöin pölynhallintaovesta on kuljettu useamman kerran peräkkäin ja pölyä on näin ollen levinnyt mittauspisteeseen 4. Puhtaaksi tarkoitettussa tilassa tehdyn mittauksen tuloksissa ei ole havaittavissa vastaavia piikkejä, paitsi aivan mittauksen alussa. Tällöin hiukkaslaskuri on jätetty mittauspisteeseen 2 ja pölyä on levinnyt puhtaaksi tarkoitettuun tilaan vetoketjuoven ollessa tilapäisesti auki. Tilasta poistumisen jälkeen vetoketjuovi pidettiin kiinni ja pitoisuus pysyi melko tasaisena työpäivän aikana. Ajoittain pitoisuus oli kuitenkin mittauspisteessä 2 hieman korkeampi verrattuna kaikkein matalimpiin pitoisuuksiin mittauspisteessä 4. Mittaukset tehtiin eri huoneistoissa eri päivinä, joten taustapölyn määrä eri huoneistoissa saattaa selittää sen, että pitoisuus puhtaaksi tarkoitettussa tilassa on työpäivän alussa jo valmiiksi korkeammalla tasolla.

Kuvassa 10 on esitetty halkaisijaltaan yli 0,3 mikrometrin hiukkasten lukumääräpitoisuus 4.3.2015 mittauspisteessä 4. Mittauspiste oli toisen kerroksen huoneistossa.



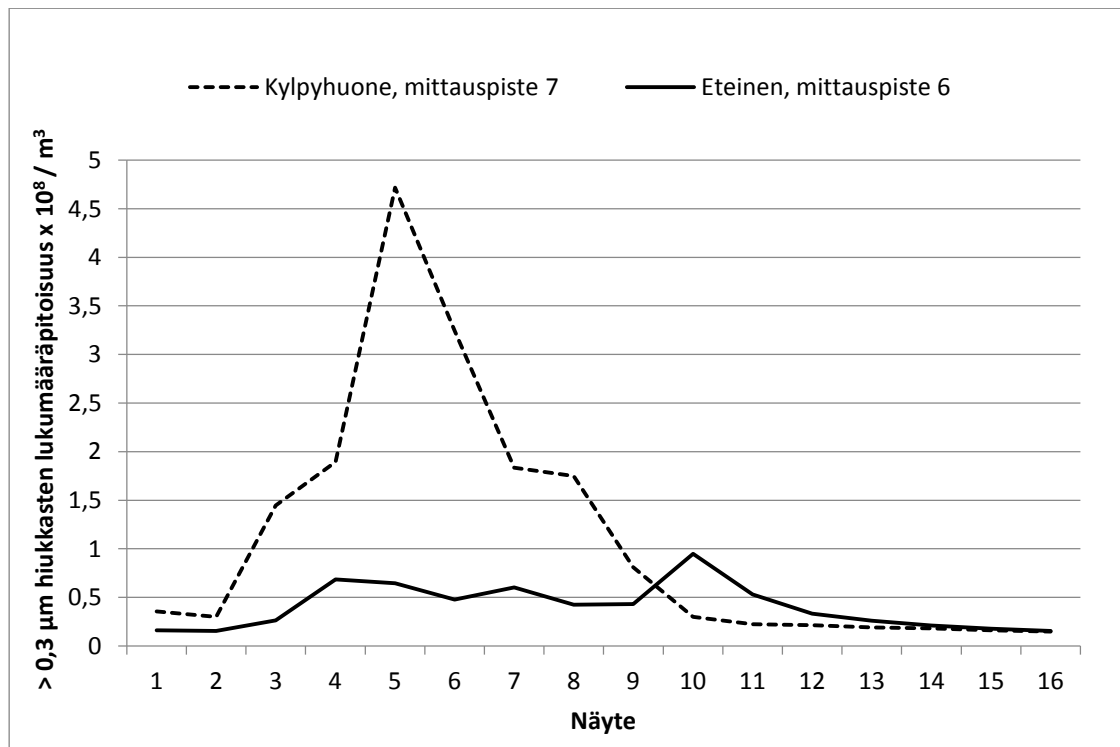
KUVA 10. Yli 0,3 µm hiukkasten lukumääräpitoisuus 4.3.2015 mittauspisteessä 4

Työmaalla tehtävä pölyisin työvaihe 4.3 oli roilojen työstäminen kylpyhuoneiden seiniin. Työtä tehtiin klo 7:15 – 8:45, 9:25 – 10:15 sekä 11:40 – 12:30 2. ja 3. kerroksen huoneistoissa. Työ tehtiin samaan tapaan kuin 3.2 ja 4.2. Pölynhallintaan käytettiin suojamuovien lisäksi alipaineistajaa kierrättämässä ja puhdistamassa ilmaa kylpyhuoneessa. Työmaalla siivottiin klo 13:50 – 14:50 imuroimalla. Siivoustyötä tehtiin 1. ja 2. kerroksen huoneistoissa. Klo 15:00 eteenpäin tehtiin viemäriasennustöitä kylpyhuoneissa, putkikuiluihin asennettiin uusia pystyviemäreitä. Klo 15:10 havaittiin pituuden hetkellinen kohoaminen. Työmaalla ei tuolloin tehty merkittävästi pölyäviä töitä, mutta piikki voi johtua aivan mittalaitteiden vieressä olleiden työkalujen ja muiden tavaroiden siirtämisestä toiseen paikkaan. Normaalisti mittaukset järjestettiin siten, että tällaiset toiminnot eivät merkittävästi vaikuttaisi mittaustulokseen.

4.1.3 Alipaineistaja ja suojamuovit pölynhallintamenetelminä

Alipaineistajan ja suojamuovin toimivuutta pölynhallintamenetelminä tutkittiin hiukkaslaskurin avulla viemäriurien piikkauksen aikana. Kylpyhuoneiden betonilattiaan piikattiin urat pintavaluun asennettavaa pyykinpesukoneen poistoputkea varten. Pölynhallintamenetelminä työssä käytettiin alipaineistajaa sekä suojamuovia kylpyhuoneen oviaukolla. Suojamuovi oli kiinnitetty vain oviaukon yläpuolelta, joten järjestely ei ollut täysin tiivis. Alipaineistajassa oli karkeasuodatin sekä H13-hepasuodatin. Alipaineistaja oli piikkaustyön aikana kylpyhuoneen keskellä lattialla ja se oli käynnissä koko ajan. Alipaineistajan imu- ja poistoilmaa ei johdettu erillisillä kanavilla mihinkään, eli alipaineistajaa käytettiin vain ilman kierrättämiseen ja puhdistamiseen kylpyhuoneessa. Tämä oli yleinen pölynhallintamenetelmä myös muiden pölyävien töiden aikana, lukuun ottamatta asbestityönä tehtyä kylpyhuoneen purkua. Siinä pölynhallintaoven muovitukset tehtiin paljon tiiviimmin ja alipaineistaja oli kylpyhuoneen ulkopuolella.

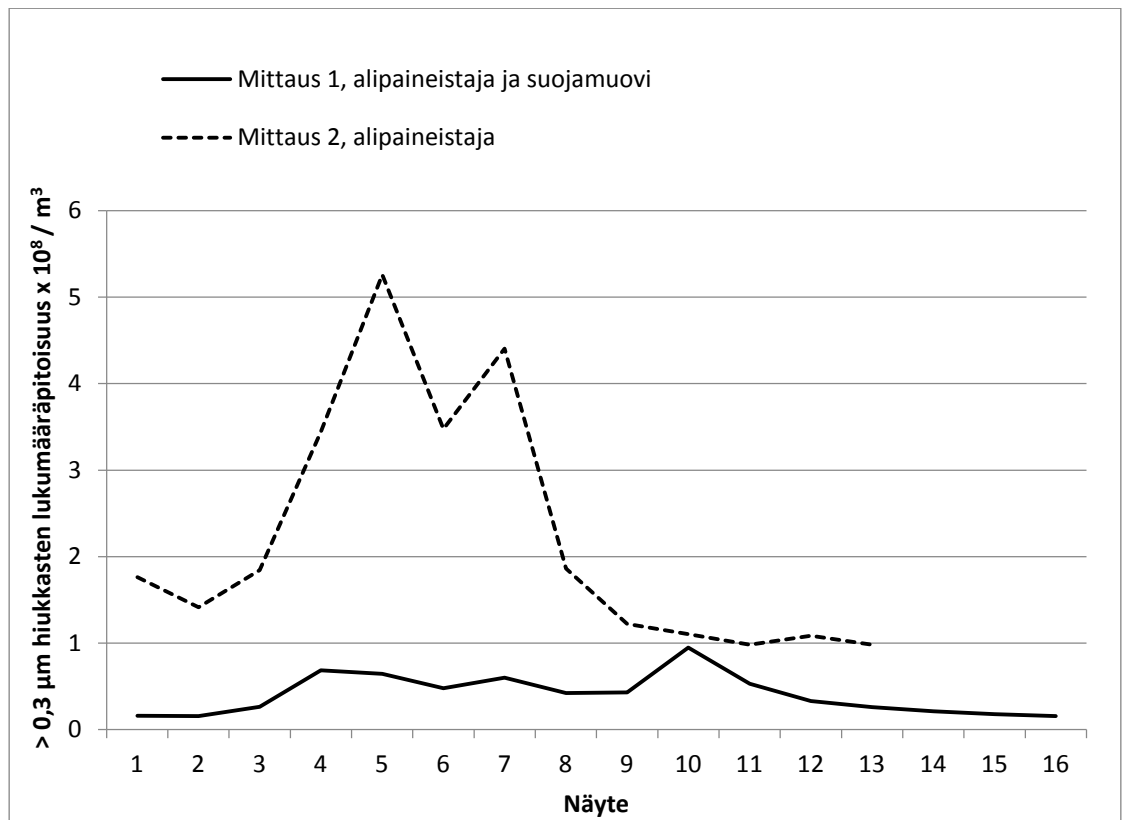
Kuvassa 11 on esitetty halkaisijaltaan yli 0,3 mikrometrin hiukkasten lukumääräpitoisuudet mittaussäilytteen funktiona viemäriuran piikkauksen aikana kylpyhuoneessa mittauspisteessä 7 sekä eteisessä mittauspisteessä 6. Hiukkaslaskuri oli noin 1,3 metrin korkeudella. Yhden näytteen kesto oli yksi minuutti ja näytteiden välinen aika oli kymmenen sekuntia. Näytteiden välisenä aikana hiukkaslaskuri ei laskenut lukumääräpitoisuutta.



KUVA 11. Yli 0,3 µm hiukkasten lukumääräpitoisuus viemäriuran piikkauksen aikana kylpyhuoneessa ja eteisessä

Mittaukset tehtiin kahdessa eri huoneistossa, joissa kummassakin piikkaustyö kesti noin kymmenen minuuttia. Työ alkoi toisen näytteen aikana ja päättyi viimeistään näytteen 11 aikana. Työhön sisältyi kummassakin mittauksessa piikkauksen lisäksi myös purkujätteen siivousta ämpäriin. Eteisen hiukkaspitoisuus oli työn aikana noin kaksinkertainen verrattuna normaalitilanteeseen. Kylpyhuoneessa sen sijaan pitoisuus oli työn aikana moninkertainen verrattuna normaalitilanteeseen. Normaalitilanteena tarkoitetaan tässä tapauksessa pitoisuutta näytteen 13 jälkeen sekä toisaalta ensimmäisen näytteen aikana. Työn aikainen hiukkaspitoisuus oli kylpyhuoneessa korkeimmillaan noin 9-kertainen verrattuna pitoisuuteen eteisessä.

Hiukkasten lukumääräpitoisuutta eteisessä tutkittiin myös, kun piikkaustyön aikana käytettiin vain alipaineistajaa ja kylpyhuoneen oviaukolla ei ollut suojamuovia. Kuvassa 12 on esitetty halkaisijaltaan yli 0,3 mikrometrin hiukkasten lukumääräpitoisuudet eteisessä mittauspisteessä 6. Mittauksessa 1 pölynhallintaan käytettiin alipaineistajaa ja suojamuovia ja mittauksessa 2 käytettiin vain alipaineistajaa.



KUVA 12. Yli 0,3 µm hiukkasten lukumääräpitoisuudet viemäriuran piikkauksen aikana eteisessä

Pelkkä alipaineistaja ei juuri estänyt pölyn leviämistä kylpyhuoneesta eteiseen. Pitoisuus eteisessä oli korkeimmillaan samaa luokkaa ja jopa korkeampi kuin kylpyhuoneessa tehdyssä mittauksessa piikkauksen aikana. Suojamuovin merkitys pölyn leviämiseen kylpyhuoneesta eteiseen ja muualle huoneistoon oli siis varsin suuri tässä mittauksessa. Tulokseen vaikuttanee myös alipaineistajan poistoilman puhallussuunta. Jos alipaineistaja on sellaisessa asennossa että puhallus suuntautuu kylpyhuoneen ovi-aukkoa päin, levittää se myös tehokkaasti ilmassa leijuvaa ja laskeutunutta pölyä eteiseen ja muualle huoneistoon. Tässä tapauksessa alipaineistajan poistopuhallus oli suunnattu kylpyhuoneen seinää päin. Joka tapauksessa alipaineistajan poistopuhallus nostattaa jonkin verran sekä työssä syntyvää että lattialle jo laskeutunutta pölyä ilmaan.

4.2 Kerrostalo 2

Kerrostalo 2:ssa tutkittiin pölypitoisuuksia kylpyhuoneiden purkutöiden aikana sekä vertailtiin pitoisuuksia muutamassa yksittäisessä työvaiheessa.

4.2.1 Pölypitoisuudet purkutyön aikana

Pölypitoisuuksia mitattiin kolmena päivänä kylpyhuoneissa tehdyn purkutyön aikana. Kylpyhuoneista purettiin vanhat kalusteet, laatoitukset ja tasoitteet pois. Lisäksi putkikuilut aukaistiin ja joidenkin kylpyhuoneiden yksi seinä purettiin tilan laajennusta varten.

Hengittyvän pölyn massapitoisuutta mitattiin IOM-keräimillä. Lisäksi suurimmassa osassa mittauksia IOM-keräimen ohella käytettiin hiukkaslaskuria, jolla selvitettiin pitoisuuden ajallinen vaihtelu. Hiukkaslaskuri sijoitettiin näissä mittauksissa noin 1 metrin korkeudelle IOM-keräimen jalustan viereen. Mittalaitteet olivat mittauspisteessä 1 tai 2 eli olohuoneen keskellä riippuen hieman siitä, missä tila oli vapaa asukkaan tavaroista.

Purkutöitä tehtiin alipaineistettuna työnä. Pölynhallintaan käytettiin alipaineistajaa sekä rimoista ja muovista tehtyä pölynhallintaovea kylpyhuoneen oviaukossa (kuva 13). Alipaineistaja oli varustettu karkeasuodattimella ja H13-hepasuodattimella. Pölynhallintaoven sisempään muoviin oli leikattu kulkuaukko. Ulompi muovi oli kiinnitetty yläreunastaan rimaan ja sen alaosaan oli rullattu muovia painoksi. Alipaineistaja oli lattialla. Pölynhallintaoven sisempään muoviin oli leikattu aukko alipaineistajaa varten ja muovi oli teipattu tiiviisti kiinni alipaineistajan runkoon. Järjestely oli samanlainen kuin Kerrostalo 1:ssä tehdyssä purkutyössä 19.2 ja 20.2.



KUVA 13. Kylpyhuoneen purkutyössä käytetty pölynhallintaovi ja alipaineistaja

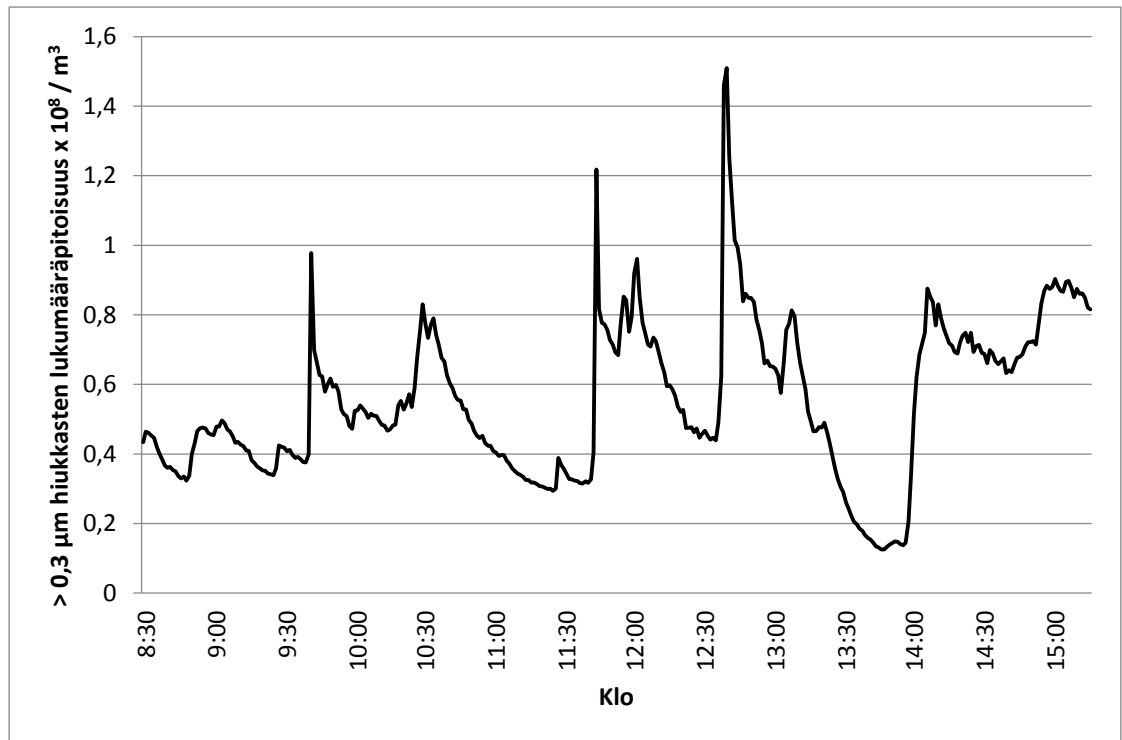
Taulukossa 6 on esitetty hengittyvän pölyn massapitoisuudet purkutöiden aikana, sekä mittaukset, joissa käytettiin hiukkaslaskuria. 3.3 tehdyissä mittauksissa IOM-keräimet olivat päällekkäisten kerrosten huoneistoissa, joista toisessa käytettiin myös hiukkaslaskuria.

TAULUKKO 6. Hengittyvän pölyn massapitoisuudet purkutöiden aikana

MITTAUS- PÄIVÄ	MITTAUS- PISTE	HENGITTYVÄN PÖLYN MASSAPITOISUUS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	HIUKKASLASKURI
26.2.2015	2	799	X
27.2.2015	1	1065	X
3.3.2015	2	901	X
3.3.2015	2	981	

Neljän mittauksen massapitoisuuksien keskiarvo oli $937 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pitoisuuksissa ei ollut kovin suurta vaihtelua neljän mittauksen kesken.

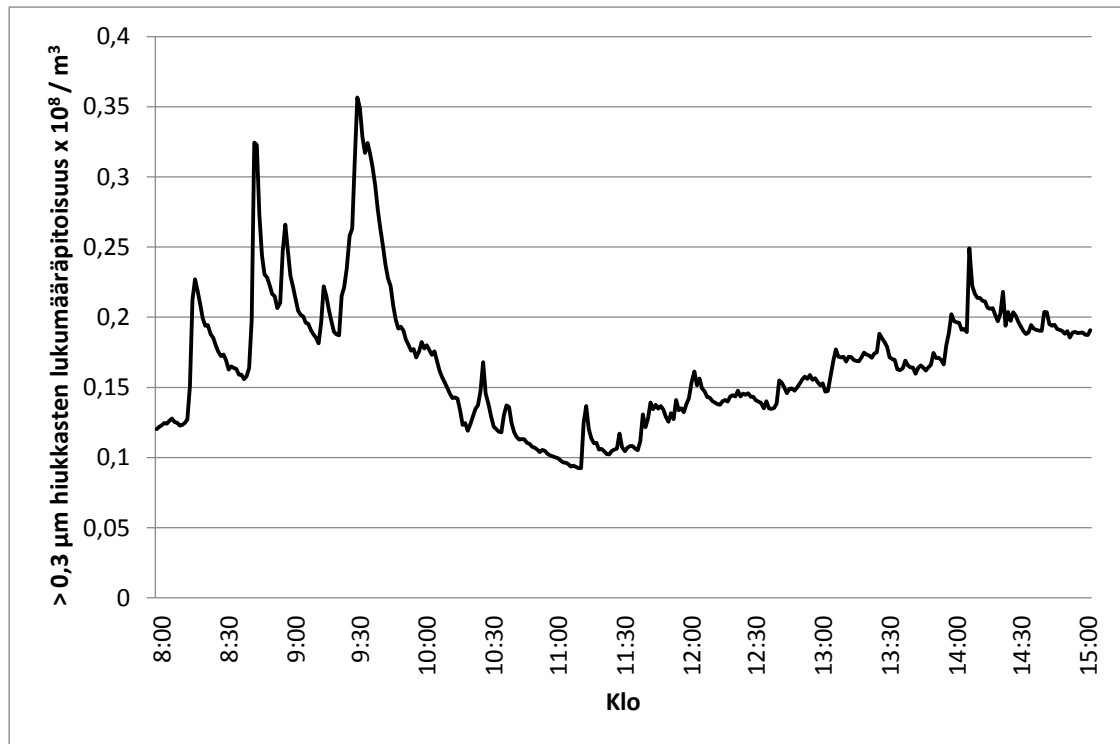
Kuvassa 14 on esitetty halkaisijaltaan yli 0,3 µm hiukkasten lukumääräpitoisuus ajan funktiona 26.2.2015 purkutöiden aikana mittauspisteessä 2. Työt alkoivat kyseisessä huoneistossa klo 8:25 ja päättyivät klo 14:00.



KUVA 14. Yli 0,3 µm hiukkasten lukumääräpitoisuus 26.2.2015 kylpyhuoneen purkutyön aikana mittauspisteessä 2

Kylpyhuoneessa tehtiin piikkaustyötä klo 8:25 – 10:30. Lattiasta purettiin vanhat laatoitukset sekä viemärit pois. Klo 11:25 – 12:35 hiottiin seinästä vanhat tasoitteet pois betonihiomakoneella. Hionnassa syntynyttä pölyä ja muuta purkujätettä vietiin ämpäreillä pois klo 12:35 – 13:15. Tämän jälkeen kyseisen kylpyhuoneen purkutyö tuli valmiiksi ja työkaluja alettiin siirtää pois huoneistosta. Alipaineistaja sammutettiin klo 13:55, minkä jälkeen suojamuovit ja alipaineistaja poistettiin kylpyhuoneen oviaukosta. Tämän jälkeen eteisessä vielä imuroitiin kolmen minuutin ajan. Klo 14:00 eteenpäin huoneistossa ei ollut työntekijöitä, mutta purkutyöt jatkuivat yhdessä muussa huoneistossa. Korkeimmat pitoisuudet mittauspisteessä mitattiin purkujätteen poiviennin aikana. Alipaineistajan sammuttamisen jälkeen pölypitoisuus nousi huomattavasti, vaikka huoneistossa ei tehty töitä. Toisaalta pölyä levisi tällöin mittauspisteeseen myös muista huoneistoista ja porrashuoneesta. Alipaineistajan sammuttamisen jälkeen pölypitoisuus ei laskenut mittauksen aikana takaisin sille tasolle, joka oli mittauksen alussa aamulla.

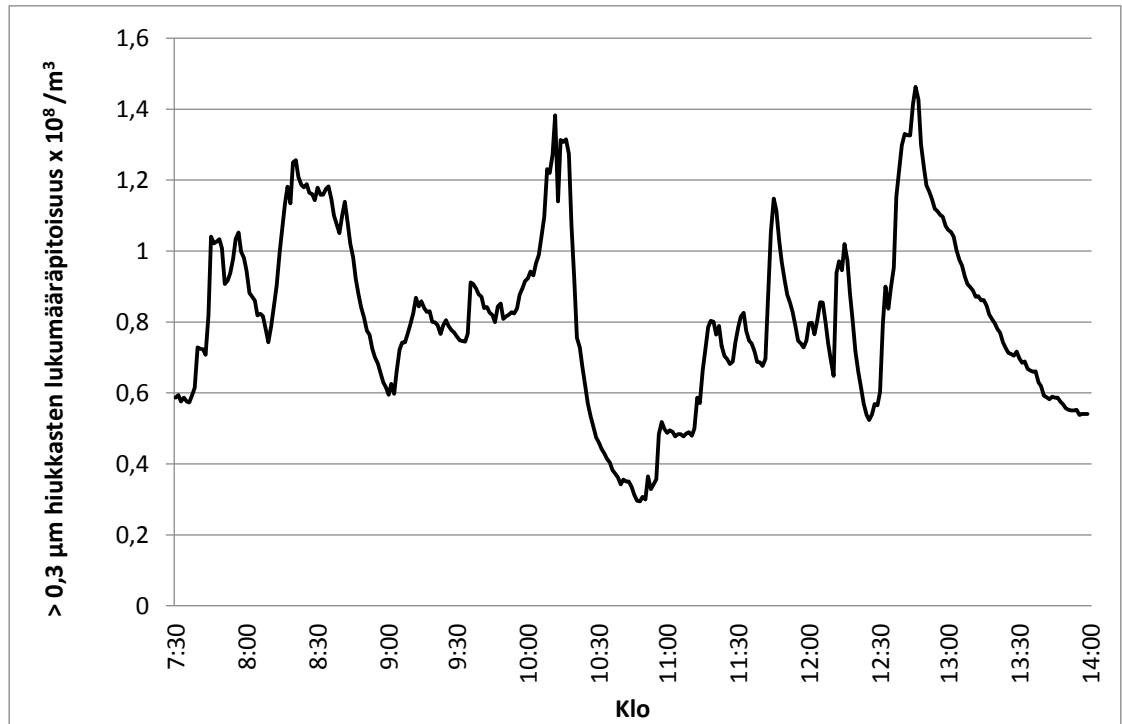
Kuvassa 15 on esitetty halkaisijaltaan yli 0,3 µm hiukkasten lukumääräpitoisuus ajan funktiona 27.2.2015 purkutöiden aikana mittauspisteessä 1. Huoneistossa työt alkoivat klo 7:55 ja päättyivät klo 14:05.



KUVA 15. Yli 0,3 µm hiukkasten lukumääräpitoisuus 27.2.2015 kylpyhuoneen purkutyön aikana mittauspisteessä 1

Kylpyhuoneessa tehtiin piikkaustyötä klo 7:55 – 10:00 ja välillä purkujätettä vietiin pois ämpäreillä. Suurimmat pölypitoisuudet mitattiin purkujätteen poisviennin aikana. Klo 10:10 – 10:25 purettiin kylpyhuoneen seinä tilan laajennusta varten puukkosahalla. Ennen sitä asennettiin suojamuovi entisen kaapin kohdalle, jotta laajennetusta tilasta ei leviäisi pölyä muualle huoneistoon. Klo 11:10 – 12:00 hiottiin kylpyhuoneen seiniä betonihiomakoneella. Tämän jälkeen kylpyhuoneen oviaukon kohdalle eteiseen rakennettiin sulkutila muovista ja rimoista putkikuilun (V3) purkutyötä varten. Alipaineistajan poistoilma johdettiin muovikalvosukalla huoneiston ikkunasta ulos. Putkikuilu purettiin klo 12:10 – 13:00. Alipaineistaja sammutettiin klo 13:55, minkä jälkeen huoneistossa imuroitiin vielä viiden minuutin ajan. Korkeimmat pölypitoisuudet hiukkaslaskurilla mitattiin jälleen purkujätteen poisviennin aikana aamupäivällä. Erillinen sulkutila ja alipaineistajan poistoilman johtaminen ulos erillisellä kanavalla vähensi selvästi pölyn leviämistä kylpyhuoneesta muualle huoneistoon.

Kuvassa 16 on esitetty halkaisijaltaan yli 0,3 µm hiukkasten lukumääräpitoisuus ajan funktiona 3.3.2015 kylpyhuoneen purkutyön aikana mittauspisteessä 2.



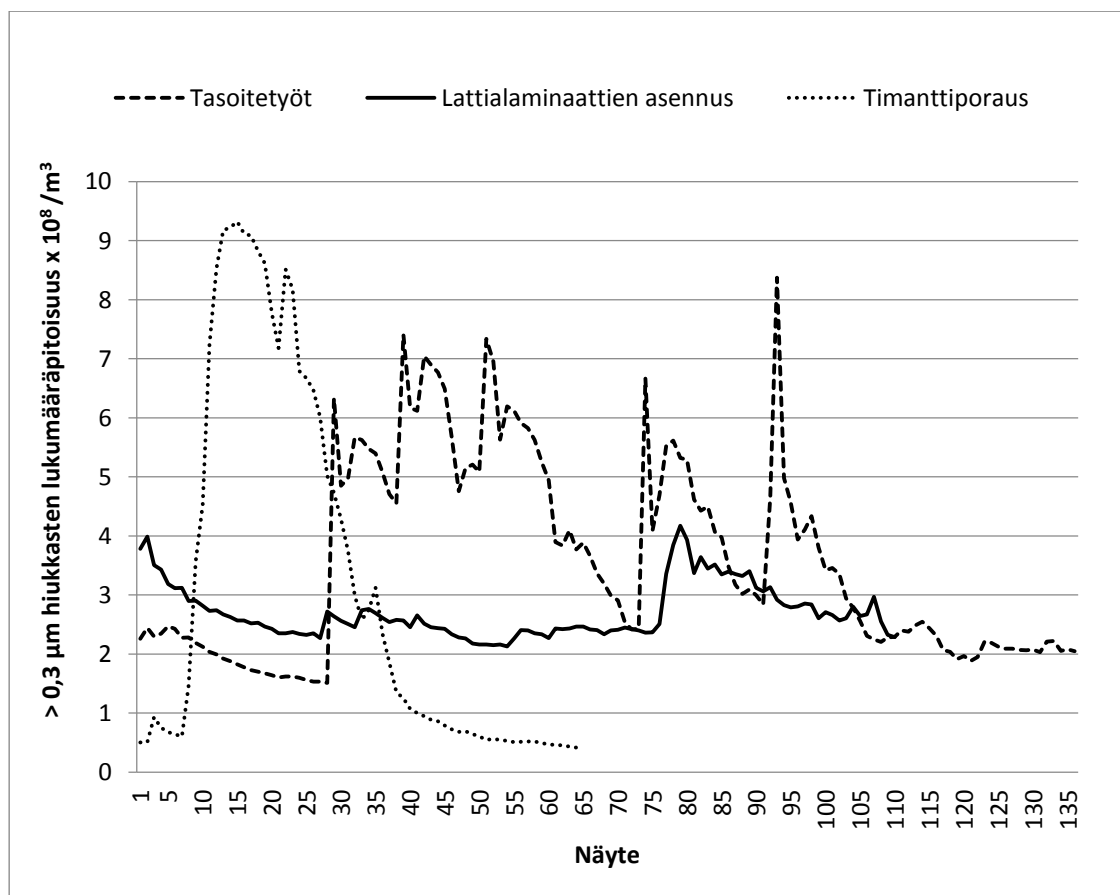
KUVA 16. Yli 0,3 µm hiukkasten lukumääräpitoisuus 3.3.2015 kylpyhuoneen purkutyön aikana mittauspisteessä 2

Kylpyhuoneessa tehtiin piikkaustyötä klo 7:35 – 8:40 sekä klo 9:05 – 9:25. Purkujätettä vietiin välillä pois ämpäreillä. Seiniä hiottiin betonihiomakoneella klo 9:25 – 10:00. Kylpyhuoneen yksi seinä purettiin tilan laajennusta varten puukkosahalla klo 10:00 – 10:15. Kaikissa töissä pölynhallintaan käytettiin alipaineistajaa ja pölynhallintaovea kylpyhuoneen oviaukossa. Lounastauon jälkeen klo 10:45 eteenpäin kylpyhuoneessa ei tehty enää purkutöitä, vaan tällöin mm. loput purkujätteet vietiin pois kylpyhuoneesta. Alipaineistaja sammutettiin klo 12:26. Tämän jälkeen eteisessä ja kylpyhuoneessa vielä siivottiin imurilla ja työkalut vietiin seuraavaan työkohteeseen. Klo 12:50 jälkeen huoneistossa ei tehty mitään töitä.

Korkeimmat pölypitoisuudet hiukkaslaskurilla mitattiin seinän purkamisen aikana sekä alipaineistajan sammuttamisen jälkeen siivoustyön aikana sekä sen jälkeen. Alipaineistajan sammuttamisen jälkeen pölypitoisuus laski noin puolentoista tunnin kuluessa samalle tasolle kuin ennen alipaineistajan sammuttamista.

4.2.2 Pölypitoisuuden vertailu yksittäisissä työvaiheissa

Hiukkaslaskurilla tutkittiin pölypitoisuutta myös yksittäisten työvaiheiden aikana hieman lyhytkestoisemmilla mittauksilla. Tutkittavat työvaiheet olivat betoniseinän timanttiporaus, tasoitetyöt sekä lattialaminaattien asennus. Mittaukset tehtiin mittauspisteissä 3 ja 4 eri huoneistoissa siten että tulokset olisivat mahdollisimman vertailukelpoisia keskenään. Timanttiporaus sekä tasoitetyöt tehtiin kylpyhuoneessa ja mittaukset tehtiin mittauspisteessä 4. Lattialaminaattien asennus tehtiin keittiössä ja makuuhuoneessa ja mittaus tehtiin mittauspisteessä 3. Hiukkaslaskuri sijoitettiin ikkunanpenkille, jonka läheisyyteen oli myös kasattu asukkaiden tavaroita saneerauksen ajaksi. Kuvassa 17 on esitetty halkaisijaltaan yli 0,3 mikrometrin hiukkasten lukumääräpitoisuus mittausnäytteen funktiona. Yhden näytteen kesto oli yksi minuutti ja näytteiden välinen aika oli kymmenen sekuntia.



KUVA 17. Yli 0,3 μm hiukkasten lukumääräpitoisuus eri työvaiheiden aikana mittauspisteissä 3 ja 4

Tasotitetyöissä käytettiin sementtipohjaista seinän oikaisutasoitetta, jota sekoitettiin ämpäriässä veteen vispilällä viisi kertaa mittauksen aikana. Sekoitusten aiheuttama

pölypitoisuuden hetkellinen nousu viisi kertaa on havaittavissa kuvaajasta. Sekoitukset tehtiin kylpyhuoneessa ilman kohdepoistoa (kuva 18). Tasoitetöiden aikana kylpyhuoneen ja makuuhuoneen välinen seinä putkikuilun vieressä oli auki, koska kyseiseen kylpyhuoneeseen tehtiin laajennus entisen komeron kohdalle.

Lattialaminaattien työstämisessä käytettiin pistosahaa, giljotiinia sekä reikäsahanterää akkuporakoneessa (kuva 19). Lattialaminaatteja työstettiin makuuhuoneen keskellä ja varsinainen asennus tehtiin keittiössä. Mittauksen loppuvaiheessa, näytteiden 75 – 85 aikana työpiste siivottiin harjalla ja rikkalapiolla. Siivous aiheutti myös korkeimman yksittäisen pölypitoisuuden mittauspisteessä. Muuten pitoisuus pysyi melko tasaisena mittauksen aikana.

Timanttiporaus tehtiin kylpyhuoneessa tasoitetöiden jälkeen. Reikä porattiin poistoilmakanavaa ja -venttiiliä varten kylpyhuoneen seinään noin kahden metrin korkeuteen käsivaraisella timanttiporauslaitteella. Pölynhallintaan käytettiin kohdepoistoa ja vesivoitelua (kuva 20). Pölypitoisuus nousi kaikkein korkeimmaksi vertailuista kolmesta työvaiheesta.



KUVA 18. Tasoitteen sekoitus kylpyhuoneessa



KUVA 19. Lattialaminaattien työstäminen



KUVA 20. Timanttiporaus kylpyhuoneessa

5 TULOSTEN TARKASTELU

5.1 Kerrostalo 1

Pölypitoisuuksia mitattiin asuinhuoneistoissa linjasaneerauksen eri vaiheissa. Korkeimmat pitoisuudet mitattiin purkutyövaiheen aikana, jotka tehtiin saneerauksen kolmen ensimmäisen viikon aikana kussakin rapussa. Kaikkein pölyisimmät yksittäiset työvaiheet olivat roilojen jyrsiminen ja piikkaaminen kylpyhuoneiden betoniseiniin. Rakennustyövaiheessa pitoisuudet olivat yleensä matalampia kuin purkutyövaiheessa.

Puhtaaksi tarkoitettujen tilojen eristämässä käytetyt työnaikaiset suojaseinät toimivat pölynhallinnassa hyvin. Pölyisimpien työvaiheiden aikana hengittyvän pölyn massapitoisuudet olivat puhtaaksi tarkoitetuissa tiloissa keskimäärin huomattavasti alhaisemmat ($85 \mu\text{g}/\text{m}^3$) kuin työalueella ($1639 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Pölypitoisuus puhtaaksi tarkoitettuun tilassa oli kahdessa mittauksessa neljästä samaa luokkaa tai vain vähän korkeampi kuin ennen saneerausta normaalissa asuinkäytössä olleessa huoneistossa. Muissa kahdessa mittauksessa pitoisuus oli selvästi korkeampi, mutta kuitenkin Sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysohjeen sallimissa rajoissa asuintilojen kokonaispölypitoisuuden ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) osalta [4, s.120].

Hiukkaslaskurilla saadut tulokset olivat samansuuntaisia. Työalueella tehdyissä mittauksissa lukumääräpitoisuuksien ajallisessa vaihtelussa työpäivän aikana oli havaittavissa yksittäisten eri työvaiheiden vaikutus pitoisuuteen. Puhtaaksi tarkoitetuissa tiloissa vastaavaa vaihtelua ei ollut selvästi havaittavissa. Lukumääräpitoisuus kohosi hetkellisesti vain suojaseinän vetoketjuoven ollessa auki kun mittalaitteet käytiin tarkistamassa mittauksen aikana. Pitoisuuden kohoaminen voi johtua siitä että työalueelta on avoimesta ovesta levinnyt pölyä puhtaaksi tarkoitettuun tilaan. Toisaalta liikkuminen tilassa ja paine-erot tilojen välillä ovat voineet nostattaa tilassa jo valmiiksi ollutta pölyä ilmaan. Mittalaitteiden tarkistukset tehtiin taukojen aikana, jolloin työalueen pölypitoisuus on ollut mahdollisimman alhainen. Joidenkin vetoketjuovien havaittiin olevan huonossa kunnossa saneerauksen loppuvaiheessa, jolloin ne olivat käytännössä jatkuvasti auki. Suojaseinän molemmiin puoliin tehtyjen mittausten aikana vetoketjuovet olivat kunnossa.

Viemäriurien piikkauksen aikana tutkittiin kuinka alipaineistaja ja suojamuovi vaikuttavat pölyn leviämiseen kylpyhuoneesta muualle huoneistoon. Piikkaustyö tehtiin kylpyhuoneessa. Suojamuovi oli kiinnitetty oviaukon yläpuolelta. Alipaineistajaa käytettiin kylpyhuoneessa vain ilman kierrättämiseen ja puhdistamiseen. Pelkkä alipaineistaja ei juuri vähentänyt pölyn leviämistä kylpyhuoneesta eteiseen. Sen sijaan suojamuovia lisäksi käytettäessä suurin osa pölystä jäi kylpyhuoneeseen. Alipaineistajan poistoilmapuhallus nostatti sekä työssä syntyvää että jo laskeutunutta pölyä ilmaan. Pölyävissä työvaiheissa tulisikin käyttää aina vähintään suojamuovia, vaikka alipaineistajaa ei olisikaan saatavilla.

5.2 Kerrostalo 2

Toisessa kerrostalokohteessa mitattiin hengittyvän pölyn massapitoisuuksia kylpyhuoneiden purkutöiden aikana. Työ tehtiin alipaineistettuna työnä asbestityön tapaan. Hiukkasten lukumääräpitoisuutta mitattiin hiukkaslaskurilla. Lukumääräpitoisuuksien mittausten avulla saatiin myös tietoa pitoisuuden ajallisesta vaihtelusta työpäivän aikana. Massapitoisuuden keskiarvo neljässä mittauksessa oli $937 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Arvo oli hyvin lähellä Kerrostalo 1:ssä työalueella 19.2 mitattua pitoisuutta vastaavassa työvaiheessa ($914 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

26.2 ja 3.3. tehdyissä mittauksissa pölypitoisuus mittauspisteessä nousi huomattavasti sen jälkeen, kun alipaineistaja kytkettiin pois päältä purkutöiden jälkeen. Pelkkä lyhytaikainen imurointi eteisessä ja kylpyhuoneessa aiheutti 3.3 tehdyssä mittauksen korkeimman yksittäisen pölypitoisuuden mittauspisteessä. Ennen sitä alipaineistaja oli kytketty pois päältä ja se luultavasti vaikutti tulokseen. Alipaineistajaa tulisikin käyttää ilman puhdistamiseen vielä varsinaisen työn suorittamisen jälkeen. Alipaineistaja sijoitettuna eteiseen myös vähentää pölyn leviämistä asuntoon porrashuoneesta sekä muista asunnoista, joissa tehdään pölyäviä töitä.

Yksittäisten työvaiheiden vertailussa korkeimmat pitoisuudet mitattiin timanttikorauksen aikana. Tasoitetöissä pitoisuus oli lähes yhtä korkea tasoitteen kaadon ja sekoituksen aikana. Sekoitusten välinen aika oli 15 – 30 minuuttia. Lattialaminaattien asennuksessa korkein pitoisuus mitattiin työpisteen siivoamisen aikana. Siivous tehtiin harjalla ja rikkalapiolla. Pitoisuus olisi ehkä ollut matalampi, jos siivous olisi tehty imuroimalla.

6 POHDINTA

Opinnäytetyön alkuperäinen tarkoitus oli tutkia vain pölyn leviämistä puhtaaksi tarkoitettuihin tiloihin ja nimenomaan asukkaan näkökulmasta. Kysymyksenasettelua vähitellen laajennettiin tutkimukseen valittujen kerrostalokohteiden sekä toteutettavissa olleiden hiukkasmittausten myötä. Asukasnäkökulman lisäksi aihetta käsiteltiin työntekijän näkökulmasta. Työnaikaisten suojaseinien lisäksi tutkittiin muidenkin pölynhallintamenetelmien toimivuutta.

Mittausmenetelmien ja tutkimuskohteiden kartoitus oli projektin alussa työläin vaihe. Mittausdataa kertyi lopulta melko paljon, ja siitä suurin osa oli hyödynnettävissä tämän raportin laatimiseen. Toisaalta tulosten luotettavuuden parantamiseksi mittausdataa olisi voinut olla paljon enemmänkin gravimetrinen mittausten osalta. Mittaukset valituissa tutkimuskohteissa olisi voitu suunnitella vielä paremmin. Mittaukset onnistuivat kuitenkin käytännössä melko hyvin aikataulu ja käytettävissä olleet resurssit huomioon ottaen.

Mittalaitteiden toiminnassa oli jonkin verran häiriöitä. Ilmapumpun ilmamäärä alkoi joissakin mittauksissa pudota äkillisesti vain muutaman minuutin kestäneen näytteenoton jälkeen ikään kuin suodatin olisi mennyt tukkoon pölyn vaikutuksesta. Ilmapumpun vaihtamisen jälkeen näytteenotto kuitenkin jatkui samalla suodattimella useiden tuntien ajan ongelmitta näytteenoton loppuun asti, minkä takia suodattimen tukkeutuminen ongelman selityksenä suljettiin pois. Suodattimen ja ilmapumpun välisen letkun lyttyyn meneminen voi myös vaikuttaa näyteilman virtausreitien painehäviön kasvamiseen ja sitä kautta ilmamäärän putoamiseen. Tämä mahdollisuus poistettiin käyttämällä mahdollisimman lyhyitä letkuja mittauksissa. Mittauksissa käytetyt ilmapumput olivat uusia ja lähes käyttämättömiä ja ongelman syy ei lopulta selvinnyt.

Tässä työssä ei tehty työntekijäkohtaisia altistumismittauksia. IOM-keräimillä tehtiin mittauksia kiinteissä mittauspisteissä, jotka olivat melko kaukana merkittävimmästä pölylähteestä eli kylpyhuoneessa tehtävistä työvaiheista. Työntekijäkohtaisen altistumisen mittauksissa massapitoisuudet ovat todennäköisesti huomattavasti korkeammat kuin tässä työssä saatavat pitoisuudet. Pitoisuus alenee huomattavasti kun mittauspiste viedään kauemmas varsinaisesta pölylähteestä. Näin ollen esimerkiksi purkutöissä massapitoisuus olisi huomattavasti korkeampi työtä tekevän henkilön hengitys-

vyöhykkeeltä mitattuna kuin tässä työssä useiden metrien etäisyydellä pölylähteestä tehdyissä mittauksissa. Tämän vuoksi myöskään mittaustulosten vertailu HTP-arvoihin työntekijän kannalta ei ole täysin relevanttia. Toisaalta tämän työn massapi-toisuuksien mittaustulokset voisivat edustaa likimäärin esimerkiksi saneerauksen ai- kana huoneistossa oleskelevan asukkaan altistumista hiukkasmaisille epäpuhtauksille. Kerrostalo 1:ssä olisi voitu hiukkasmittausten lisäksi tehdä esimerkiksi paine-eromittauksia. Näin olisi voitu selvittää työnaikaisten suojaseinien erottamien tilojen välinen paine-ero, vaikka tilat eivät olleetkaan ilmanvaihdollisesti erotettu toisistaan.

Tutkimuksen tulokset osoittivat että puhtaaksi tarkoitettujen tilojen eristäminen työn- aikaisilla suojaseinillä on hyvä ratkaisu, kun halutaan rajoittaa pölyn leviämistä hu- oneistossa. Edellytyksenä kuitenkin on että suojaseinien vetoketjuovet pidetään mah- dollisimman paljon kiinni ja puhtaaksi tarkoitettussa tilassa liikutaan vain kun työt sitä edellyttävät. Lisäksi puhtaaksi tarkoitettussa tilassa tehtävät työt tulisi ajoittaa niin että muualla työalueella ei tällöin tehdä pölyäviä töitä. Työnaikaiset suojaseinät ovat eri- tyisen hyvä ratkaisu silloin, kun osassa huoneistoa saneeraustoimenpiteet ovat vähäi- semmät kuin muualla huoneistossa. Silloin myös on vähemmän tarvetta liikkua suo- jaseinillä eristetyissä tiloissa, ja pölyn leviäminen huoneistossa vähenee entisestään. Pölynhallintamenetelmien oikealla ja tarkoituksenmukaisella käytöllä on lopulta rat- kaiseva merkitys niiden toimivuuteen käytännössä.

Suurin osa linjasaneerauksen pölyisimmistä työvaiheista tehdään kylpyhuoneessa. Pölyävien töiden aikana on suositeltavaa käyttää vähintään suojamuovia kylpyhuo- neen oviaukolla, jotta pölyn leviäminen kylpyhuoneesta muualle huoneistoon vähe- nee. Alipaineistajaa voidaan lisäksi käyttää ilman puhdistamiseen. Pelkkä alipaineista- jan käyttö ilman suojamuovia saattaa kuitenkin levittää entistä enemmän pölyä kylpy- huoneesta muualle huoneistoon, jos alipaineistajan poistoilmaa ei johdeta erillisellä kanavalla esimerkiksi ulkoilmaan. Tämän työn perusteella voisi jatkossa olla kiinnos- tavaa tutkia, miten alipaineistajan ja suojamuovien käyttö vastaavassa tilanteessa vai- kuttaa kylpyhuoneessa työskentelevän työntekijän altistumiseen. Menetelmäksi tarvit- taisiin työntekijäkohtaisen altistumisen mittauksia.

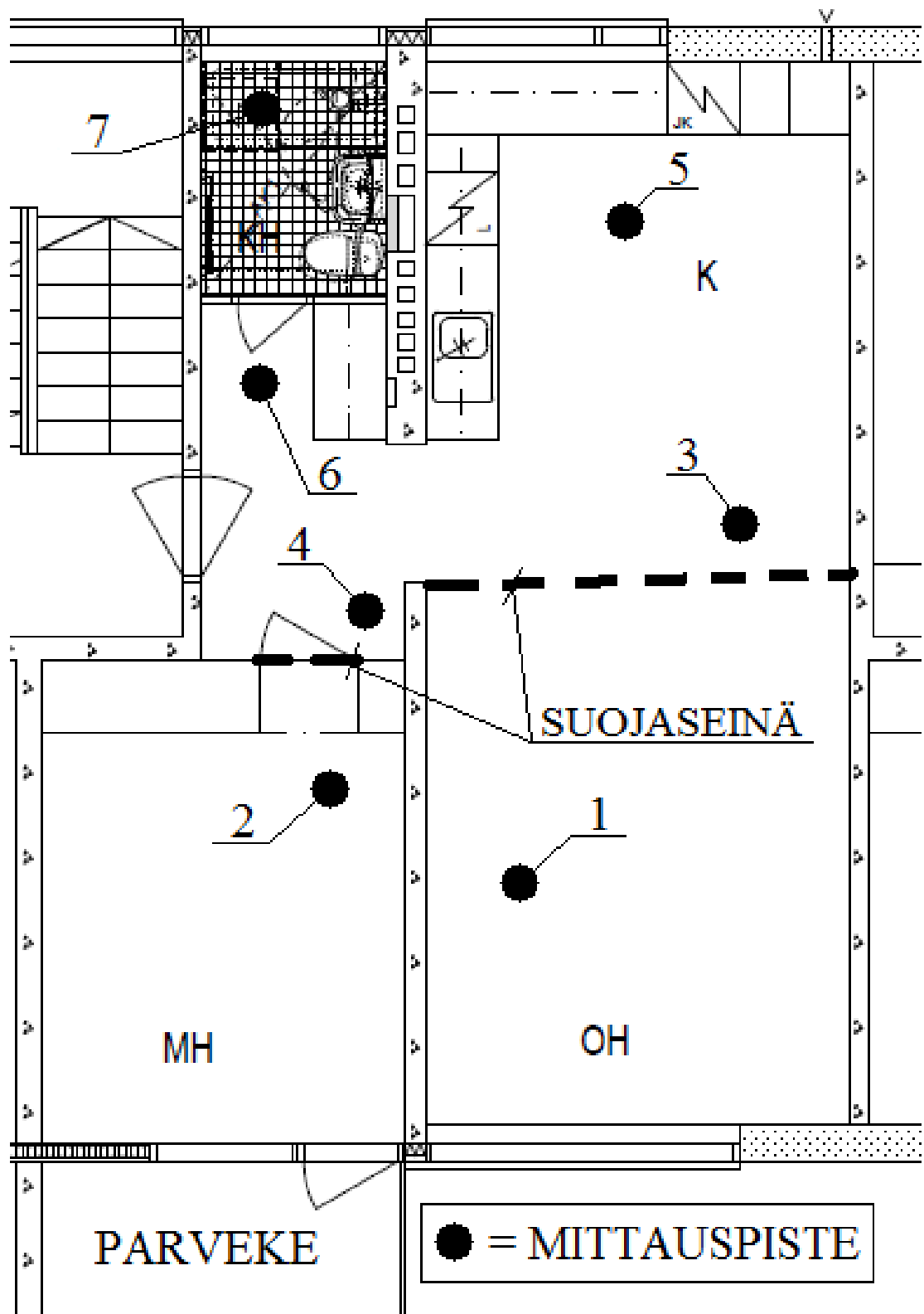
LÄHTEET

1. Rantanen, Salme & Pääkkönen, Rauno 2008. Työhygieniä – Kemialliset ja fysikaaliset tekijät. PDF-dokumentti. http://tyosuojelujulkaisut.wshop.fi/documents/2009/09/TSJ_86.pdf. Päivitetty 16.9.2009. Luettu 18.3.2015.
2. Riipinen, Hannu 2008. Aineen olomuodot. Teoksessa Starck, Jukka, Kalliokoski, Pentti, Kangas, Juhani, Pääkkönen, Rauno, Rantanen, Salme, Riihimäki, Vesa & Karhula, Anna-Liisa. Työhygieniä. Helsinki: Työterveyslaitos.
3. Riipinen, Ilona & Lehtopalo, Katrianne 2009. Hiukkasten pitoisuus. WWW-dokumentti. <http://hiukkastieto.fi/node/29>. Päivitetty 22.10.2009. Luettu 20.3.2015.
4. Asumisterveysohje. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. 2003. Helsinki: Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö.
5. Säämänen, Arto, Riipinen, Hannu, Kulmala, Ilpo & Welling, Irma 2004. Pölyntorjunta. PDF-dokumentti. <http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/polyverkko/pace.pdf>. Päivitetty 2.2.2004. Luettu 30.3.2015.
6. SFS-EN 481. 1993. Workplace atmospheres. Size fraction definitions for measurement of airborne particles. Vahvistettu suomalaiseksi kansalliseksi standardiksi. Suomen standardisointiliitto SFS.
7. Riipinen, Ilona & Lehtopalo, Katrianne 2009. Hiukkasten mittaaminen. WWW-dokumentti. <http://hiukkastieto.fi/node/43>. Päivitetty 3.11.2009. Luettu 20.3.2015.
8. Kalliokoski, Pentti 2008. Mittausmenetelmän valinta. Teoksessa Starck, Jukka, Kalliokoski, Pentti, Kangas, Juhani, Pääkkönen, Rauno, Rantanen, Salme, Riihimäki, Vesa & Karhula, Anna-Liisa. Työhygieniä. Helsinki: Työterveyslaitos.
9. Riipinen, Ilona & Lehtopalo, Katrianne 2009. Optiset mittausmenetelmät. WWW-dokumentti. <http://hiukkastieto.fi/node/45>. Päivitetty 3.11.2009. Luettu 20.3.2015
10. Salonen, Heidi, Lappalainen, Sanna, Lahtinen, Marjaana, Holopainen, Rauno, Palomäki, Eero, Koskela, Hannu, Backlund, Peter, Niemelä, Raimo, Pasanen, Anna-Liisa & Reijula, Kari 2011. Toimiston sisäilmaston tutkiminen. Helsinki: Työterveyslaitos.
11. Linnainmaa, Markku 2008. Pölyn standardien mukainen näytteenotto ja gravimetrisen määrittäminen. Teoksessa Starck, Jukka, Kalliokoski, Pentti, Kangas, Juhani, Pääkkönen, Rauno, Rantanen, Salme, Riihimäki, Vesa & Karhula, Anna-Liisa. Työhygieniä. Helsinki: Työterveyslaitos.
12. Riikonen, Eila, Kämäräinen, Markku, Lappalainen, Jorma, Oksa, Panu, Pääkkönen, Rauno, Rantanen, Salme, Saarela, Kaija Leena & Sillanpää, Jarmo 2003. Työsuojelun perusteet. Helsinki: Työterveyslaitos.
13. Betonipöly. 2010. Työterveyslaitos. WWW-dokumentti. http://www.ttl.fi/fi/toimialat/rakennus/turvapakki/vaaralliset_aineet/polyt_mikrobit/betonipoly/sivut/default.aspx. Päivitetty 30.7.2010. Luettu 15.2.2015.

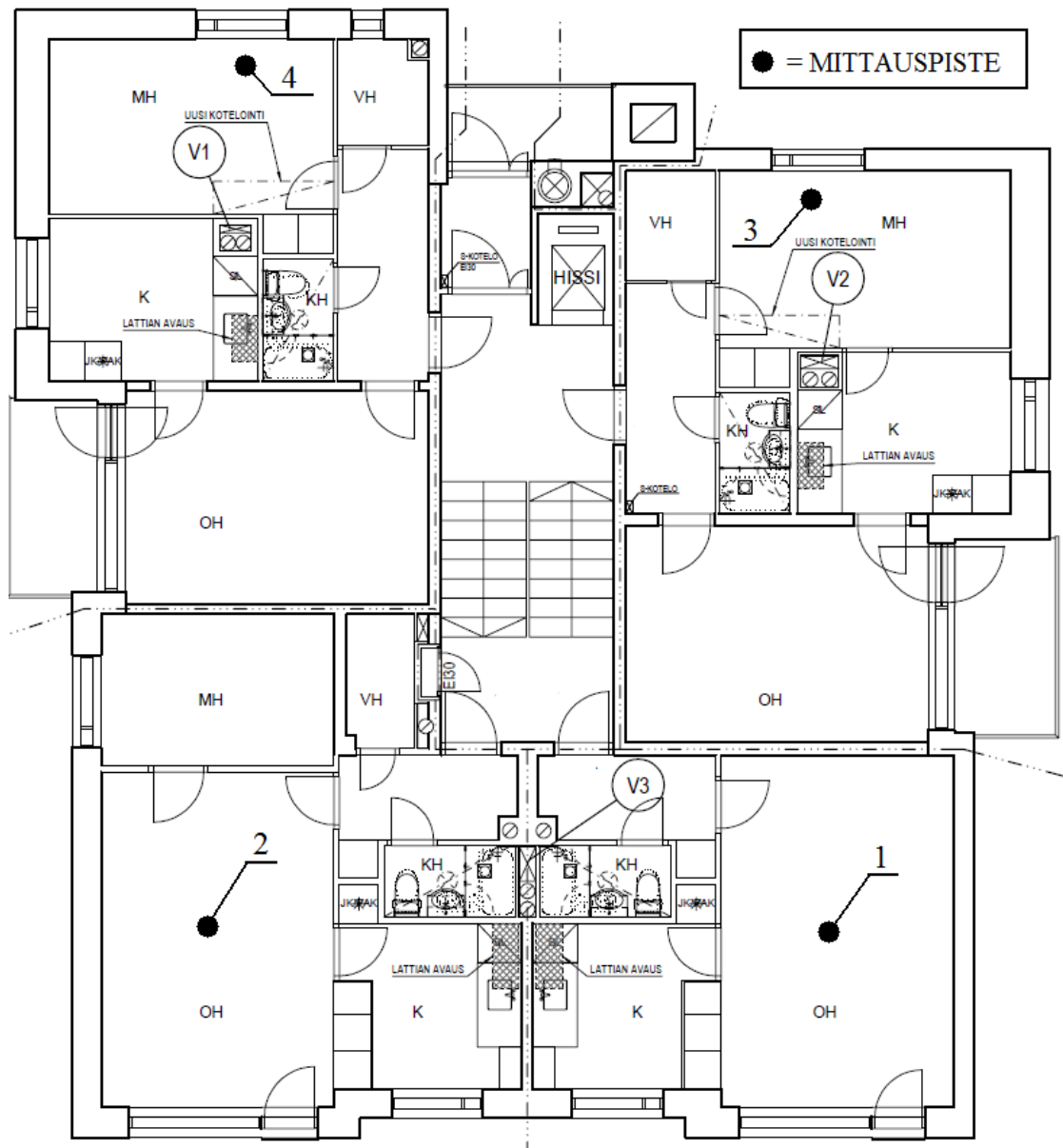
14. Tossavainen, Antti 2008. Mineraalipöly: kvartsi. Teoksessa Starck, Jukka, Kallio-
koski, Pentti, Kangas, Juhani, Pääkkönen, Rauno, Rantanen, Salme, Riihimäki, Vesa
& Karhula, Anna-Liisa. Työhygieniä. Helsinki: Työterveyslaitos.
15. Tossavainen, Antti 2008. Mineraalipöly: asbesti. Teoksessa Starck, Jukka, Kallio-
koski, Pentti, Kangas, Juhani, Pääkkönen, Rauno, Rantanen, Salme, Riihimäki, Vesa
& Karhula, Anna-Liisa. Työhygieniä. Helsinki: Työterveyslaitos.
16. Asbesti. 2014. Työterveyslaitos. WWW-dokumentti.
http://www.ttl.fi/fi/toimialat/rakennus/turvapakki/vaaralliset_aineet/eristeaineet/asbestituotteet/sivut/default.aspx. Päivitetty 22.8.2014. Luettu 15.2.2015
17. Liukkonen, Tuula & Lindroos, Lasse 2008. Puupölyt. Teoksessa Starck, Jukka,
Kalliokoski, Pentti, Kangas, Juhani, Pääkkönen, Rauno, Rantanen, Salme, Riihimäki,
Vesa & Karhula, Anna-Liisa. Työhygieniä. Helsinki: Työterveyslaitos.
18. Puupöly. 2010. Työterveyslaitos. WWW-dokumentti.
http://www.ttl.fi/fi/toimialat/rakennus/turvapakki/vaaralliset_aineet/polyt_mikrobit/puupolyt/sivut/default.aspx. Päivitetty 30.7.2010. Luettu 17.3.2015.
19. Eristevillat (mineraalivillat). 2010. Työterveyslaitos. WWW-dokumentti.
http://www.ttl.fi/fi/toimialat/rakennus/turvapakki/vaaralliset_aineet/eristeaineet/eristevillat/sivut/default.aspx. Päivitetty 30.7.2010. Luettu 17.3.2015.
20. Muurauslaastit. 2010. Työterveyslaitos. WWW-dokumentti
http://www.ttl.fi/fi/toimialat/rakennus/turvapakki/vaaralliset_aineet/muut/muurauslaastit/sivut/default.aspx. Päivitetty 30.7.2010. Luettu 17.3.2015.
21. PCB-pitoinen jäte. 2010. Työterveyslaitos. WWW-dokumentti.
http://www.ttl.fi/fi/toimialat/rakennus/turvapakki/vaaralliset_aineet/polyt_mikrobit/pcb_jate/sivut/default.aspx. Päivitetty 30.7.2010. Luettu 17.3.2015.
22. Ratu 1225-S, Pölyntorjunta rakennustyössä. 2009. Rakennustieto Oy.
23. Mikrobit (vanhojen rakenteiden purkaminen). 2013. Työterveyslaitos. WWW-
dokumentti.
http://www.ttl.fi/fi/toimialat/rakennus/turvapakki/vaaralliset_aineet/polyt_mikrobit/mikrobit/sivut/default.aspx. Päivitetty 25.1.2013. Luettu 17.3.2015.
24. Kivihiihipiki. 2014. Työterveyslaitos. WWW-dokumentti.
http://www.ttl.fi/fi/toimialat/rakennus/turvapakki/vaaralliset_aineet/eristeaineet/kivihiihipiki/sivut/default.aspx. Päivitetty 21.11.2014. Luettu 17.3.2015.
25. HTP-arvot 2014 Haitalliseksi tunnetut pitoisuudet. Sosiaali- ja terveysministeriön
julkaisuja 2014:2. Sosiaali- ja terveysministeriö. PDF-dokumentti.
http://www.stm.fi/c/document_library/get_file?folderId=9882186&name=DLFE-30018.pdf. Päivitetty 2014. Luettu 25.3.2015.
26. Starck, Jukka, Ruotsalainen, Marjut, Konttinen, Kauko & Hurme, Maisa 2001.
Henkilönsuojaimet työssä. Helsinki: Työterveyslaitos.

27. Virta, Jari & Ojajärvi, Martti 2009. Taloyhtiön korjaushanke – Hallinto ja viestintä. Helsinki: Kiinteistöalan Kustannus Oy.
28. Laakkonen, Liisa, Liesivesi, Kari, Säteri, Jorma & Tammisalo, Timo 2009. Sisäilmaopas 9 Puhtaan rakentamisen opas. Espoo: SIY Sisäilmatieto Oy.
29. Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738. WWW-dokumentti.
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738#a738-2002>. Päivitetty 24.5.2013.
Luettu 25.3.2015.
30. Kuikko, Tapio 2006. Työturvallisuus ja sen valvonta. Helsinki: Talentum Media Oy.
31. Ympäristöministeriö 2011. D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. PDF-dokumentti.
http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012_Suomi.pdf. Luettu 27.3.2015.
32. Ratu 437-T, Sisäilmastoluokitus 2008. 2009. Rakennustieto Oy.
33. Siekkinen, Ilari 2008. Putkiremontti – Asukkaan selviytymisopas. Helsinki: Kiinteistöalan Kustannus Oy.

Kerrostalo 1: Saneerattavan huoneiston eristämisperiaate ja mittauspisteet



Kerrostalo 2: Tyypikerros ja mittauspisteet



Gravimetrinen mittauslaitteiden lähtötiedot, näyte-erä 1

NÄYTE-ERÄ 1					
Ilmapumppujen kalibrointikertoimet SKC 7: 2,00 l/min SKC 8: 2,04 l/min SKC 9: 1,99 l/min SKC 10: 1,98 l/min			Suodattimien alkupunnitus 29.1.2015		
			T = 24,3 °C RH = 40,4 % (VAISALA HM 40)		
			Suodattimien loppupunnitus 12.2.2015		
			T = 24,3 °C RH = 20,4 % (VAISALA HM 40)		
KERROSTALO 1					
MITTAUS- PÄIVÄ	MITTAUS- PISTE	MITTAUS- AIKA, MIN	T °C	RH %	ILMA- PUMPPU
1.2.2015	1	700	24,0	30,0	SKC 9
2.2.2015	1	536	20,4	32,0	SKC 10
2.2.2015	3	520	18,0	39,0	SKC 8
3.2.2015	1	190	20,5	33,2	SKC 9
3.2.2015	3	600	17,5	40,5	SKC 7
4.2.2015	3	600	17,5	36,0	SKC 8
5.2.2015	4	467	19,0	39,0	SKC 8
6.2.2015	5	586	22,5	45,2	SKC 10

Gravimetrinen mittaus lähtötiedot, näyte-erä 2

NÄYTE-ERÄ 2					
Ilmapumppujen kalibrointikertoimet SKC 7: 1,96 l/min SKC 8: 1,99 l/min SKC 9: 1,92 l/min SKC 10: 1,90 l/min			Suodattimien alkupunnitus 17.2.2015 T = 24,9 °C RH = 11,6 % (VAISALA HM 40)		
			Suodattimien loppupunnitus 12.3.2015 T = 24,0 °C RH = 16,9 % (VAISALA HM 40)		
KERROSTALO 1					
MITTAUS- PÄIVÄ	MITTAUS- PISTE	MITTAUS- AIKA, MIN	T °C	RH %	ILMA- PUMPPU
19.2.2015	2	587	20,8	38,3	SKC 8
19.2.2015	4	564	19,2	37,5	SKC 9
2.3.2015	3	590	18,7	42,5	SKC 7
2.3.2015	4	466	20,5	33,2	SKC 8
4.3.2015	2	502	19,6	33,9	SKC 8
4.3.2015	4	494	16,1	43,8	SKC 7 ja SKC 8
KERROSTALO 2					
MITTAUS- PÄIVÄ	MITTAUS- PISTE	MITTAUS- AIKA, MIN	T °C	RH %	ILMA- PUMPPU
26.2.2015	2	411	18,5	37,3	SKC 9
27.2.2015	1	425	19,3	39,0	SKC 8 ja SKC 9
3.3.2015	2	351	12,5	51,1	SKC 7 ja SKC 8
3.3.2015	2	408	11,6	57,3	SKC 10