

SISÄILMAN LAATU RAKENNUSSIIVOUKSEN AIKANA

Risto-Matti Oinonen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2013

Palvelujen tuottamisen ja johtamisen koulutusohjelma
Matkailu-, ravitsemis- ja talousala





Tekijä(t) OINONEN, Risto-Matti	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 7.5.2013
	Sivumäärä 53	Julkaisun kieli suomi
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi SISÄILMAN LAATU RAKENNUSSIIVOUKSEN AIKANA		
Koulutusohjelma Palvelujen tuottaminen ja johtaminen		
Työn ohjaaja(t) PARTANEN, Soili		
Toimeksiantaja(t) TPA Andersson Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia saneerattavan rakennuksen sisäilman laatua tasoitetyön jälkeisen siivouksen aikana. Samalla vertailtiin kahta eri siivousmenetelmää: pölynimurisiivous ja harjasiivous. Tuloksia verrattiin P1-rakentamisen ohjeistuksiin. Opinnäytetyöhön sisältyi kvantitatiivinen tutkimus, jossa käytettiin ilman hiukkaspitoisuuden mittausta. Tutkimuksessa otettiin huomioon aiemmat tutkimukset sekä säädökset ja lait, joita rakennustyömaalla noudatetaan.</p> <p>Opinnäytetyön toiminnallinen osuus koostui talvella 2012 tehdyistä ilman hiukkaspitoisuuden mittaustuksista, jotka suoritettiin Jyväskylän saneerattavissa toimistotiloissa. Tutkimusvälineenä käytettiin ilman hiukkaspitoisuuden mittaria. Tulosten perusteella selvitettiin harjasiivouksen ja pölynimurisiivouksen eroja rakennustyömaalla työskentelevien ihmisten terveyden ja työturvallisuuden kannalta.</p> <p>Tutkimus tuotti selkeän tuloksen siitä, että rakennustyömaan rakennuspölyä siivotessa tulee aina käyttää pölynimuria harjasiivouksen sijasta työntekijöiden työturvallisuuden ja viihtyvyyden kannalta. Samalla pölyttömät siivousmenetelmät tuottavat myös puhtaamman rakennuksen sen tuleville käyttäjille ja ehkäisee sisäilmaongelmia tulevaisuudessa.</p> <p>Vastaavia tutkimuksia rakennussiivouksesta on teetetty etenkin Suomessa vielä melko vähän. Tutkimus todentaa melko yksiselitteisesti harjasiivouksen epäsopivuuden P1-rakennustyömaille ja antaa uusia näkökulmia rakennussiivouksen toteutukseen työmaille, jossa rakennuspöly ja sen poistaminen on koettu ongelmalliseksi.</p>		
Avainsanat (asiasanat) rakennussiivous, P1-luokitus, työturvallisuus, sisäilmasto		
Muut tiedot		



Author(s) OINONEN, Risto-Matti	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 7.5.2013
	Pages 53	Language Finnish
	Confidential <input type="checkbox"/> Until	Permission for web publication <input checked="" type="checkbox"/>
Title INDOOR AIR QUALITY DURING CONSTRUCTION CLEANING		
Degree Programme Degree Programme in Service Management		
Tutor(s) PARTANEN, Soili		
Assigned by TPA Andersson Oy		
Abstract <p>The aim of the thesis was to investigate the indoor air quality of the construction site during cleaning after screeding walls with surface plaster. In research two different cleaning methods were compared: vacuum cleaning and brush cleaning. As baseline for the results were used P1-construction guidelines. As research methods were used quantitative research. The thesis took into account previous researches, as well as regulations and laws, the construction work today requires.</p> <p>The functional part consisted of air particle measurements performed in winter of 2012 at renovated office premises at Jyväskylä with air particle monitor. The results clarified the cleaning brush and vacuum cleaning differences in the construction site for people's health and safety at work.</p> <p>The thesis produced a clear result of the fact that construction dust should be cleaned always using a vacuum cleaner instead of a brush when looking at workers' safety and comfort point of view. At the same time dustless cleaning methods also produce a cleaner building for its users and prevent indoor air quality problems in the future.</p> <p>Similar studies have been carried out still quite a bit in Finland. The thesis verified quite clear that brush cleaning is wrong method for P1-construction sites. Thesis also provides new perspectives on the implementation of construction cleaning where construction dust and its removal has been found to be problematic.</p>		
Keywords construction cleaning, purity class P1, work safety, inner climate		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

Käsitteet	3
1 Johdanto.....	5
2 Toimeksiantaja TPA Andersson Oy.....	7
3 Sisäilmaongelmien torjuminen rakennusvaiheessa.....	8
3.1 Puhtauden hallinta P1-rakennuskohteissa	8
3.2 Siivous P1-rakennustyömaalla	10
3.3 Pöly ja sen aiheuttamat terveysvaikutukset	11
3.4 Lainsäädäntö ja määräykset.....	19
4 Tutkimuksen toteuttaminen	22
4.1 Tutkimusongelma.....	22
4.2 Tutkimusasetelman kuvaus.....	23
4.3 Tutkimuksessa käytetty mittari ja työvälineet.....	28
5 Tutkimuksen tulokset.....	32
5.1 Ilman hiukkaspitoisuus pölynimurisiivouksen aikana	32
5.2 Ilman hiukkaspitoisuus harjasiivouksen aikana	36
5.3 Hengittyvä pöly siivouksen aikana	40
5.4 Siivouksen laadun visuaalinen arviointi	41
6 Pohdinta	44
6.1 Johtopäätökset ja kehittämisehdotukset	44
Lähteet.....	47
Liitteet	50
Liite 1. Tiedoksianto työmaalle ilman hiukkaspitoisuusmittauksesta	50

Liite 2. Jyvä-Ylen työmaan 4. kerroksen pohjakuva (Arkkitehtipalvelu Oy. 2011.)	51
Liite 3. Kuvia huoneista ennen ja jälkeen siivouksen	52

KUVIOT

KUVIO 1. Hengitystiet ja keuhkot	13
KUVIO 2. Hengittyvän, keuhko- ja alveolijakeen osuudet kokonaispölyn määrästä.	14
KUVIO 3. Kvartsipölyn kertyminen hengitykseen	18
KUVIO 4. Jyvä-Ylen työmaan 4. kerroksen pohjakuva, tutkimustilat.	24
KUVIO 5. Siivottava tila suojattiin rakennusmuovilla mittausten ajaksi	25
KUVIO 6. Ilman hiukkaspitoisuuden mittari sijoitettiin keskelle huonetta.	27
KUVIO 7. Ilman hiukkaspitoisuuden mittari TSI DustTrak DRX 8533	29
KUVIO 8. Teollisuusimuri Pullman Ermator S13 sekä harjasiivouksessa käytetty harja	30
KUVIO 9. Ilman hiukkaspitoisuus tiloittain ennen imurisiivousta (30 minuutin otos)	34
KUVIO 10. Ilman hiukkaspitoisuus tiloittain imurilla siivouksen aikana	34
KUVIO 11. Ilman hiukkaspitoisuuden keskiarvot ennen imurisiivousta, sen aikana ja siivouksen jälkeen	35
KUVIO 12. Ilman hiukkaspitoisuus tiloittain ennen harjasiivousta (30 minuutin otos)	37
KUVIO 13. Ilman hiukkaspitoisuuden keskiarvot ennen harjasiivousta, sen aikana ja siivouksen jälkeen	38
KUVIO 14. Ilman hiukkaspitoisuus tiloittain harjasiivouksen aikana	39
KUVIO 15. Ilman hiukkaspitoisuus tiloittain siivouksen jälkeen	40
KUVIO 16. Ilman hiukkaspitoisuus hengittyvän pölyn (<4 µm) osalta vaiheittain	41
KUVIO 17. Harjasiivous ennen ja jälkeen	43

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Yhteenveto muutamien pölyjen terveyshaitoista	16
TAULUKKO 2. Pullman Ermator S1300, tekniset tiedot	30
TAULUKKO 3. Pölynimurisiivouksessa käytetty siivousaika tiloittain	33
TAULUKKO 4. Harjasiivouksessa käytetty siivousaika tiloittain	36

KÄSITTEET

aerosoli – Kaasun, työhygieniassa ilman, ja hiukkasten seos. Aerosoleja ovat ilmassa leijuvat pölyt, sumut, savut ja haurut.

alipaineistus – Pölyn hallinnan keino, jolla tarkoitetaan ilman paine-erojen aikaansaamista. Ilma siirtyy korkeapaineisesta tilasta aina matalaan paineeseen päin.

alveolijae – ts. hienopölyjae; pöly, joka kulkeutuu keuhkorakkuloihin saakka (keskimääräinen halkaisija 0,004 mm)

hengittyvä pöly - Halkaisijaltaan noin 0,1 mm kokoiset hiukkaset kulkeutuvat hengitykseen suun ja nenän kautta.

HEPA-suodatin - Ilmansuodatintyyppi, joka tulee englannin kielen sanoista 'High efficiency particulate air'. Pölynimureissa suodattaa poistoilmaa epäpuhtauksilta.

HTP-arvo – Iman hiukkaspitoisuus milligrammoina yhdessä kuutiometrissä ilmaa (mg/m^3). Haitalliseksi tunnetut pitoisuudet eli HTP-arvot ovat sosiaali- ja terveysministeriön arvioita työntekijöiden hengitysilman epäpuhtauksien pienimmistä pitoisuuksista, jotka voivat aiheuttaa haittaa tai vaaraa työntekijöiden turvallisuudelle tai terveydelle taikka lisääntymisterveydelle (Sosiaali- ja terveysministeriö 2009).

keuhkojae – hengityselimien osa kurkunpäästä eteenpäin keuhkoputkiin, ts. hiukkaset keskimäärin 0,01 mm

kohdepoisto – Pölyn poistaminen paikallisesti sen syntylähteestä esimerkiksi imurin avulla

kustannustehokkuus – rahan käytön tehokkuus, jolla pyritään saamaan mahdollisimman pienillä kustannuksilla mahdollisimman suuri hyöty

P1-rakentaminen – P1 on sisäilman puhtausluokitusten paras luokka. Luokitukset on annettu rakennustyömaiden käyttöön ja määritelty Sisäilmastoluokitus 2008:ssa. P1-rakentamisessa käytetään määräyksiä ja ohjeita, jotka on annettu kyseiselle puhtausluokalle.

PM₁, PM_{2.5} ja PM₁₀ – Pölypartikkelien luokittelu partikkelin aerodynaamisen halkaisijan mukaan, jossa PM tulee englannin sanoista 'particulate matter'. Hengitettävät hiukkaset ovat kooltaan alle 10 µm ja pienhiukkaset alle 2.5 µm.

rakennussiivous – rakennustyömaalla tehtävä siivous (esimerkiksi imurointi, pölyjen pyyhkiminen)

tasoittaminen, tasoitustyö – Seinien, katon tai lattian epätasaisuuksien tasoittamista siihen tarkoitetulla massalla

1 JOHDANTO

Sisäilmaongelmat ovat viime aikoina olleet rakennuttajien ja rakennusten käyttäjien huolen aiheena ympäri Suomea ja saaneet myös huomattavan paljon julkisuutta lehdissä ja muussa mediassa. Keski-ikäinen suomalainen viettää 90 % ajastaan sisätiloissa, joten huono sisäilma, homeiset koulut ja yleisesti huono sisäilma ovat jokaiselle tuttuja termejä sekä selkeä terveysriski. Hyvä sisäilma parantaa käyttäjän terveyttä, viihtyvyyttä, työtehokkuutta ja auttaa muutenkin jaksamaan.

Rakennustyömaiden sisäilmalle on annettu luokitukset, joita nykyään käytetään yleisesti etenkin julkisella sektorilla. P1-luokitus on näistä paras, ja kyseisen luokituksen rakennustyömailla on tarkat ohjeistukset, kuinka siellä tulee rakentaa, siivota ja muutenkin työskennellä. P1-luokituksen tarkoituksena on tuottaa hyvä sisäilma pääasiassa rakennuksen loppukäyttäjälle, mutta myös itse työntekijöille ja rakennusmiehille sekä parantaa rakennustyömaan työturvallisuutta ja työntekijöiden viihtyvyyttä.

Opinnäytetyössä vertaillaan harjalla ja pölynimurilla toteutetun siivouksen vaikutuksia työturvallisuuteen ja kustannuksiin uudisrakentamisen vaiheessa, jossa tutkittavan tilan pinnat ovat vielä päällystämättömiä, eli lattiapinnoiltaan betonia ja seinäpinnoiltaan Gyproc- eli eräänlaista kipsilevyä. Työturvallisuudella tarkoitetaan tässä yhteydessä siivouksen nostattaman pölyn vaikutuksia työntekijän terveyteen. Arvioin lisäksi siivouksen lopputulosta visuaalisesti ja havainnollistaen valokuvien avulla.

Toimeksiantajana opinnäytetyössä toimii TPA Andersson Oy, tilapalveluiden puhtaudenhallintaan erikoistunut yritys, joka tarjoaa asiakkailleen puhtauspalvelun konsultointia rakennuksen elinkaaren kaikissa vaiheissa. Opinnäytetyön aiheen valitsin harjoittelun aikana toimeksiantajan pyynnöstä tutustuttuani käytännössä P1-rakentamisen puhtaudenhallintaan ja huomattuani, että rakentamisen aikaisella puhtaudenhallinnalla on yllyttävän suuri vaikutus valmiin rakennuksen sisäilmaan, eikä ohjeistuksia silti noudateta aina niin hyvin kuin olisi toivottavaa. Tavoitteena oli saada luotettavaa tutkimustulosta

puhtaana rakentamisen eduista ja siitä minkälaisia kustannuksia siivous aiheuttaa eri menetelmillä ja onko siitä merkittävää hyötyä työntekijöiden hyvinvoinnille. Työmaan puhtaudenhallintaa on tutkittu viime vuosina melko paljonkin, mutta täysin vastaavaa rakennussiivoukseen keskittyvää tutkimusta ei ole olemassa. Esko Korhosen väitöskirja ”Puhtauspalvelut ja työympäristö” on yksi viime aikojen merkittävimmistä tutkimuksista puhtaudenhallinnan alalla. Kuitenkin itse rakentamisen aikaista siivousta on tutkittu melko vähän, joten koen aiheen hyödylliseksi sekä itselleni että toimeksiantajayritykselle ja uskon että se kiinnostaa myös monia rakennuttajia ja kasvattaa heidän kiinnostustaan P1-rakentamisen alueella.

2 TOIMEKSIANTAJA TPA ANDERSSON OY

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii TPA Andersson Oy, joka on tilapalveluihin erikoistunut yritys ja se tuottaa konsultointipalveluja asiakkailleen P1-rakentamisen suunnittelun, johtamisen ja kehittämisen osa-alueilla. Tarvittaessa ja tilaajan niin halutessa TPA Andersson on myös käyttäjän muuton jälkeen mukana ylläpitosiivouksen laadunarvioinnissa. (TPA Andersson Oy -verkkosivut)

Toimipaikkana yrityksellä on Jyväskylä, mutta sivukonttori myös Tampereella. TPA Andersson toimii valtakunnallisesti ja tuottaa asiantuntijapalveluita, joiden avulla kehitetään asiakaslähtöistä ja kannattavaa kiinteistönpitoa. Palvelut tukevat kiinteistön kunnon, arvon ja ominaisuuksien ylläpitoa kiinteistön elinkaaren kaikissa vaiheissa. TPA Andersson on tilapalveluiden ja P1-rakentamisen suunnittelun, johtamisen ja kehittämisen osaaja, jolla on käytössään alan viimeisin tieto-taito. Yritys on puolueeton ja riippumaton asiantuntijaorganisaatio, joka palvelee joustavana lisäresurssina muuttuvissa olosuhteissa. TPA Andersson Oy:n perusarvoja ovat hyvinvoiva henkilöstö ja kehittyvä kumppanuus. (TPA Andersson Oy, Henkilöstöopas)

Asiakkaina yrityksellä ovat kiinteistöjen omistajat, rakennuttajat, tilapalveluiden ostajat ja tuottajat sekä rakentajat. Merkittävimmät asiakkaat ovat julkisella sektorilla toimivat rakennuttajat, kiinteistöjen omistajat sekä tilapalveluiden ostajat. (TPA Andersson Oy, Henkilöstöopas)

Merkittäviä yhteistyökumppaneita ovat kuntien ja valtion tilapalveluorganisaatiot, sairaanhoitopiirit, koulutuskuntayhtymät, seurakunnat sekä energiateollisuuden yritykset (TPA Andersson Oy -verkkosivut)

3 SISÄILMAONGELMIEN TORJUMINEN RAKENNUSVAIHEESSA

Rakennus tulee suunnitella ja rakentaa niin, että oleskeluvyöhykkeellä saavutetaan kaikissa tavanomaisissa sääoloissa ja käyttötilanteissa terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilmasto (D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2011, 5). Itse rakentamisen aikana syntyy kuitenkin aina pölyä, joka aiheuttaa hengitysteihin joutuessaan terveyshaittoja rakennustyöntekijöille ja täten valmiin rakennuksen rakenteisiin jäädessään pitkään vielä sen käyttäjillekin. Terveydelle haitallisimpia ovat betoni-, kivi-, tiili- ja puupöly, joita kaikkia syntyy normaalissa uudisrakentamisessa sekä erityisesti vanhojen rakenteiden purkutyöissä. (Andersson 2004.)

3.1 Puhtauden hallinta P1-rakennuskohteissa

Rakentamisen aikaista puhtauden hallintaa on tutkittu viime vuosina, ja sen on huomattu vaikuttavan sekä käyttäjien viihtyvyyteen että myös itse rakennuksen elinikään. Erilaisia ohjeistuksia on annettu rakennuttajille ja suunnittelijoille monissa eri julkaisuissa, seminaareissa ja hankkeissa, mm. rakentamisturvallisuuden kehittäminen RATUKE-hanke, Rakennustieto Oy:n RATU-kortisto sekä RATKU 2000-hanke. Sisäilmayhdistys ry on sisäilmaongelmien vastaisen taistelun edelläkävijä Suomessa ja järjestää mm. vuotuisen Sisäilmastoseminaarin, jossa esitellään suomalaista sisäilmastotutkimusta yhdessä SIY Sisäilmätieto Oy:n ja Aalto-yliopiston Energiatekniikan laitoksen LVI-tekniikan kanssa. Vuonna 2013 Sisäilmastoseminaari järjestetään jo 28. kerran (Sisäilmayhdistys ry. 2008.). Myös julkaisut ja ohjeistukset, kuten Sisäilmastoluokitus 2008 ja Terve Talo-kriteerit käsittelevät rakennuksen käyttäjien suojelua rakennuspölyltä.

Pölyn hallinnasta puhuttaessa tarkoitetaan P1-rakentamisen yhteydessä sitä osa-aluetta, jossa työmaalla leijuva rakennuspöly pyritään pitämään mahdollisimman vähäisenä, sen syntyminen estetään kokonaan tai minimoidaan sen haittavaikutukset työntekijöille, rakennusmateriaaleille ja ympäristölle. Itse käsitteenä pölynhallinta sisältää melko laajan kirjon rakentamisen työmenetelmiä, siivoustapoja ja yleensä pölyn torjumista työmaalla. Käytännössä rakentamisen aikana pölyä syntyy kuitenkin aina eikä täysin pölytön rakentaminen ole mahdollista. Siksi puhutaan yleisesti pölynhallinnasta, jonka keinoin pölyä voidaan vähentää hallitusti tai esimerkiksi ohjata ulos tai tiloihin, jossa siitä ei ole haittaa. Pölynhallinnan suunnittelussa tulee ottaa huomioon rakentamisen eri vaiheet ja jakaa työvaiheet erilaisten pölynhallintamenetelmien ja vaatimusten mukaisesti. Pölynhallinnan vaiheet voidaan jakaa viiteen kategoriaan: 1. Purkuvaiheen työt, 2. Runkovaihe, 3. Sisävalmistusvaihe, 4. IV-asennusalueiden vaatimukset ja 5. Pölynhallinta P1-tiloissa (Koponen 2010).

Pölyn torjunnassa tärkeimpänä lähtökohtana on ymmärtää, miksi ja mistä pölyä muodostuu. Ensin tulee siis tunnistaa päästökohteet, pölyn muodostumisen mekanismit sekä pääsy ja leviäminen työympäristöön (Kulmala ym. 2004, 22). Kun nämä asiat on kartoitettu, ensimmäisenä toimenpiteenä tulee käyttää pölyttömiä tai vähän pölyäviä työmenetelmiä. Mikäli pölyn muodostumista ei voida kokonaan estää, on sen syntymistä pyrittävä vähentämään ja rajattava pölyn leviäminen. Pölyn rajaamiseen on useita hyväksi havaittuja keinoja, joista hetkelliseen ja pieneen työvaiheeseen soveltuvin on **korkeapaineisen kohdepoiston** käyttö. Tällainen kohdepoisto tarkoittaa pölynimurin liittämistä suoraan työkoneeseen (esim. hiomakoneeseen tai iskuporakoneeseen). Suuressa osassa uusissa työkoneissa on suulake, johon pölynimurin letku on helppo liittää ja työssä syntyvä pöly poistuu näin suoraan pölynimurin pölypussiin. **Matalapaineinen kohdepoisto** tarkoittaa alipaineistuslaitetta, joka sijoitetaan työkohteeseen ja jonka poistoilma johdetaan yleensä ulkoilmaan. Tässä menetelmässä liikutettavat ilmamäärät ovat suuria ja ilman virtausnopeus puolestaan pieni. Samalla menetelmä vaihtaa myös tilan muuta ilmaa. Korkeapaineinen kohdepoisto perustuu puolestaan suureen ilman virtausnopeuteen, mutta pieneen ilmamäärään. Pölyä voidaan hallita myös osastoimalla työalue ja käyttämällä **alipaineistusta**, joka on hyvin samantapainen ratkaisu matalapaineisen koh-

depoiston kanssa. Alipaineistus on yleistynyt rakennustyömailla, ja se onkin vaivaton tapa ohjata likaista ilmaa hallitusti ja korvata sitä puhtaalla. Alipaineistuksen tavoitteena on luoda työmaalle tai sen tietyille osastolle tai kerrokselle alipaine, joka fysiikan lakien mukaan pakottaa likaisen ilman pois osastolta ja korvata sen uudella puhtaalla ilmalla.

Rakennustöiden puhtausluokituksella varmistetaan, että tilat ovat puhtaat silloin kun ne luovutetaan käyttäjälle ja että rakennus on sisäilmastoltaan niin puhdas, ettei se aiheuta terveysongelmia käyttäjilleen. Tällaista puhdasta rakentamista kutsutaan yhtenä isona kokonaisuutena P1-rakentamiseksi, joka on yleistynyt ja on käytössä toimitilarakentamisessa etenkin julkisella sektorilla.

3.2 Siivous P1-rakennustyömaalla

Rakennustyömaalla, jossa noudatetaan P1-rakentamisen periaatteita, on myös oikeanlainen siivous tarkoin määritelty. Terve Talo-kriteerit asettaa P1-loppusiivoukselle yksityiskohtaiset ohjeet, mutta myös rakentamisen aikaiselle siivoukselle on tiettyjä ohjeistuksia, jotka juontavat juurensa lähinnä Sisäilmastoluokitus 2008:n ja Terve Talo-kriteerit –julkaisujen asettamille sisäilmaston tavoitearvoille.

Rakentamisen aikainen siivous alkaa muutos- ja peruskorjaushankkeissa jo purkutöiden aikana. Uudisrakennushankkeissa rakennussiivous aloitetaan yleensä vasta runkotyövaiheen loppupuolella ennen sisärakennustöitä ja sitä jatketaan aina loppusiivouksen ensimmäiseen vaiheeseen asti. Rakennussiivouksen tavoitteena on estää lian leviäminen muihin tiloihin, ja säännöllisellä siivouksella edistetään myös työturvallisuutta sekä ehkäistään uusien tai säilytettävien pintojen vaurioitumista. (Andersson, 2004, 10.)

Loppusiivouksen ensimmäinen vaihe käynnistetään ennen ilmanvaihtolaitteiston toimintakokeita, ja sillä pyritään varmistamaan, että rakennuksen pinnoilta ei kulkeudu pölyä

ilmanvaihtokanaviin. Loppusiivouksen toinen vaihe aloitetaan ennen rakennuksen luovuttamista, ja sen tavoitteena on asiakkaan vaatimusten mukainen puhtaustaso. (Andersson, 2004, 10.)

Rakennussiivouksen välitön vaikutus on työmaan ja rakennettujen tilojen puhtaus. Välillisiä vaikutuksia ovat alentunut tapaturmariski, parempi työviihtyvyys ja pitkäaikaisaltistumisen vähentyminen ilmassa leijuvalle rakennuspölylle. Muita välillisiä vaikutuksia ovat jätteiden taloudellinen lajittelu ja pienemmät jätemaksut, pintojen uusimisesta aiheutuvien kustannusten vähentyminen sekä ylläpitosiivouksen kitkaton käynnistyminen kiinteistön käyttöönoton jälkeen. (Andersson 2004.)

3.3 Pöly ja sen aiheuttamat terveysvaikutukset

Pölyn määritelmä

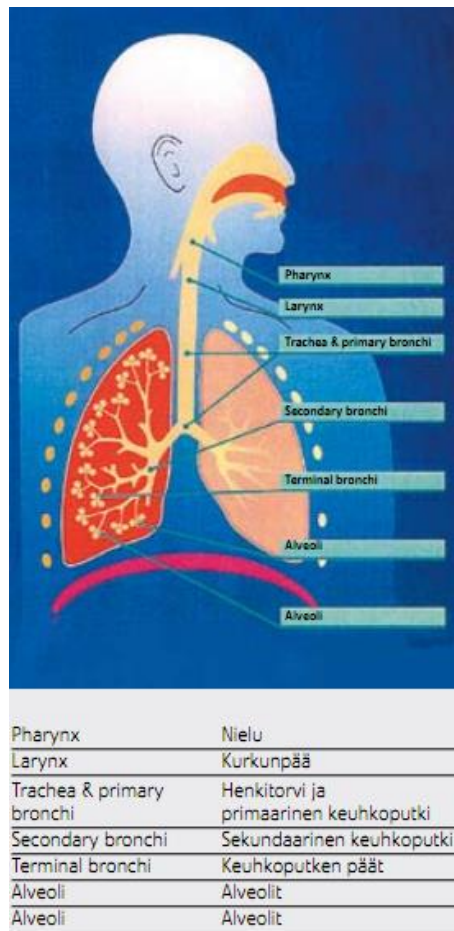
Puhekielessä sana ”pöly” on yleisesti vakiintunut käyttöön, mutta tieteellisesti määriteltynä pöly on aerosolin tyyppi, jolla tarkoitetaan kaasun, ilman ja savun seosta. Ilmassa leijuvaa pölyä, sumua, savua ja huujuja kutsutaan kaikkia **aerosoleiksi**. Tässä luvussa keskitytään kuitenkin vain pölyhiukkasiin, vaikkakin samoja periaatteita voidaan käyttää myös muiden epäpuhtauksien poistossa. Pölyiksi lasketaan kiinteät partikkelit, joiden koko vaihtelee 1 µm:stä vähintään 100 µm:iin. Ne voivat tulla ilmaan riippuen niiden alkuperästä, fysikaalisista ominaisuuksista ja ympäristön olosuhteista. (Kulmala, Säämänen, Riipinen & Welling 2004, 2.)

Hiukkasten kokoluokittelu ja kulkeutuminen hengityselimiin

Hiukkasen tunkeutuminen ja kiinnittymien ihmisen hengityselimiin riippuu pitkälti siitä millainen on sen *aerodynaaminen halkaisija*. Aerodynaaminen halkaisija on geometrisestä koosta ja normaalisti kappaleen halkaisijasta puhuttaessa poikkeava ilmaus, jota käytetään yleensä, kun selvitetään työntekijöiden altistumista ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Käytännössä se tarkoittaa sellaisen kuvitteellisen pallonmuotoisen hiukkasen halkaisijaa, jonka tiheys on 1000 kg/m^3 ja jolla on sama laskeutumisnopeus riippumatta todellisista hiukkasen erilaisista tekijöistä, kuten koko, muoto ja tiheys. (Kulmala ym. 2004, 19.)

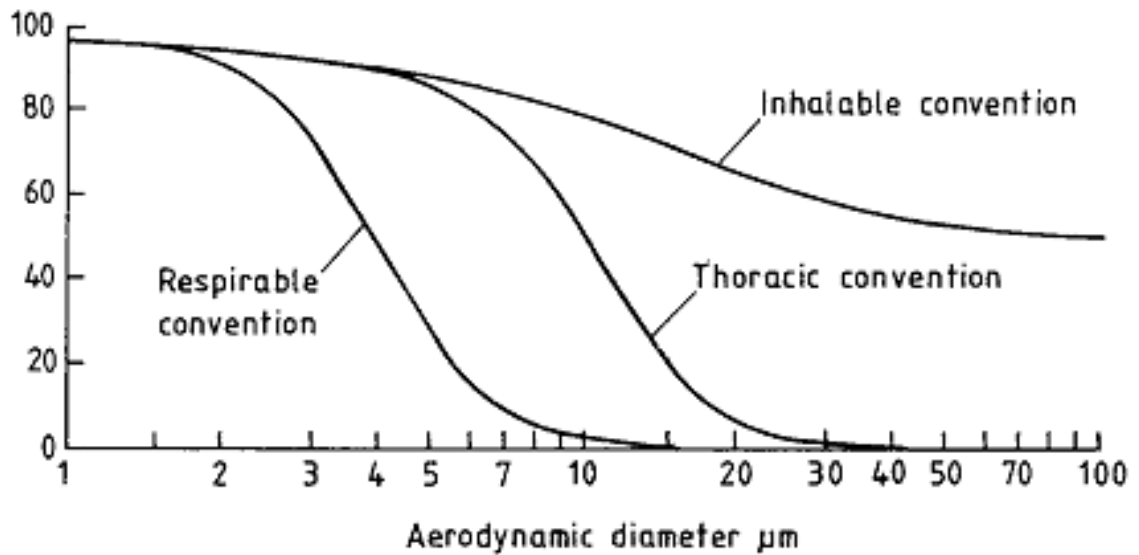
Jotkin partikkeleista ovat niin pieniä, että ne pysyvät ilmassa ja voivat joutua tätä kautta hengitysteihin joko nenän tai suun kautta. Suurimmat, ilmassa leijuvat partikkelit kiinnittyvät yleensä nenän limakalvoille tai ylempiin hengitysteihin, kun taas pienimmät hiukkaset kulkeutuvat aina keuhkorakkuloihin saakka. Jotkin hiukkastyypit voivat aiheuttaa keuhkorakkuloissa vakavia sairauksia, esimerkiksi hienojakoinen kvartsi aiheuttaa pölykeuhkosairautta eli silikoosia. Eurooppalaisen standardin 481 (1994) mukaan on yksilöity jakeet, joita käytetään, kun arvioidaan työpaikan ilman hiukkasmaisten epäpuhtauksien aiheuttamaa terveysvaaraa. Erikokoisia hiukkasia sisältävä pöly on siis jaettu Kulmalan ym. (2004, 48) mukaan kolmeen jakeeseen:

- hengittyvä jae (hiukkaset, jotka kertyvät minne tahansa hengityselimiin)
- keuhkojake (hiukkaset, jotka kertyvät kurkunpään alapuolelle ja keuhkoihin) ja
- alveolijake (hiukkaset, jotka kertyvät värekarvattomalle alueelle eli alveolialueelle)



KUVIO 1. Hengitystiet ja keuhkot (Rissa 2008)

Eri jakeille on määritelty myös altistuksen tutkimista helpottava hiukkastenaerodynaaminen halkaisija, jonka perusteella hiukkaset lajitellaan. Halkaisija on hengittyvässä jakeessa 100 μm , keuhkojakeessa 10 μm ja alveolijakeessa 5 μm . Luvussa 5 esitellyssä ilman hiukaspitoisuuden mittauksessa käytetty mittari TSI DustTrak 8533 erottelee kokonaispölyn määrän lisäksi alveolijakeen (RESP <5 μm), sekä pienemmät partikkelit 2,5 μm :n ja 1 μm :n kokoiset hiukkaset.



KUVIO 2. Hengittävän, keuhko- ja alveolijakeen osuudet kokonaispölyn määrästä. (Ks. alkuperäinen kuvio SFS-EN 481)

Pölyn ja huonon sisäilman haitalliset terveysvaikutukset

Päivittäin jopa 600 000 - 800 000 suomalaista altistuu homeesta aiheutuville sisäilman epäpuhtauksille (Ympäristöministeriö 2010.) Kosteus- ja homevaurioita sekä niiden aiheuttamia terveyshaittoja pyritään ehkäisemään ja vähentämään valtioneuvoston käynnistämällä Kosteus- ja hometalkoilla.

Kosteus- ja homevauriot aiheuttavat terveydenhuoltojärjestelmällemme yli 200 miljoonan euron kustannukset vuodessa. Huonon sisäilmaston taloudellisen vaikutuksen on arvioitu olevan yhteensä jopa kolme miljardia euroa vuodessa. Luku on samaa suuruusluokkaa kuin Suomen koko rakennuskannan lämmityskulut vuodessa. (Ympäristöministeriö 2010, Pirinen).

Home-, kosteusvaurioiden ja muiden sisäilmaongelmien syntyperää on yritetty selvittää tutkimalla rakennusmenetelmiä ja – tekniikoita, mutta täysin yksiselitteistä syytä ei ole pystytty rajaamaan. Selvää on kuitenkin, että yhtenä altistavana tekijänä rakennuksen sisäilman ja rakenteiden homeongelmiin on pölynhallinta jo rakentamisen aikaisessa vaiheessa.

Hengityselimiin joutuessaan pölyn haitalliset terveysvaikutukset vaihtelevat lievistä epäviihtyvyydestä aina palautumattomiin tai jopa hengenvaarallisiin sairauksiin. Pölyn aiheuttama mahdollinen terveyshaitta riippuu pitkälti pölyn laadusta, sen fysikaalisista, kemiallisista ja mineralogisista ominaisuuksista, jotka määräävät pölyn toksikologiset ominaisuudet. Altistuminen riippuu puolestaan pölyn pitoisuudesta, joka ilmaistaan teollisesti yksikköinä mg/m^3 sekä pölylle altistumisajalla. Elimistöön lopulta kertyvä pölyn määrä on siis monen tekijän summa, ja näitä tekijöitä voidaan erotella Kulmalan ym. (2004) mukaan seuraavasti:

- Hiukkasten aerodynaaminen halkaisija (pysyvyys ilmassa ja hengityselimiin kertyminen)
- Hiukkasten liukoisuusominaisuudet (liukoiset absorboituvat elimistöön hengityselimistön kaikissa osissa)
- Hiukkasten pysyvyys (vrt. mineraalivillat/keräämiset kuidut)
- Hiukkasten muoto (kuidut)
- työn rasittavuus (hengitystiheys ja -tapa).

Yksi vaarallisimmista pölyn aiheuttamista sairauksista on **pölykeuhko**, joka aiheutuu mineraalipölyn sisään hengittämisestä. Tällöin keuhkoihin syntyy arpea eli sidekudosta (fibroosia) ja normaali keuhkokudos tuhoutuu. Pölykeuhkon vakavuus voi vaihdella, mutta vakavimpana muotona se heikentää keuhkojen toimintaa. Fibrosoivia pölykeuhkosairauksia ovat asbestoosi, silikoosi (kvartsi), aluminoosi ja kovametallikeuhko. Sairaus on parantumaton ja etenee vaikka altistuminen loppuisi. Kvartsin aiheuttamaa pölyä ei osata välttämättä varoa tarpeeksi vielä rakennustyömailla muualla kuin kaivostoiminnassa, jossa pölyn vähentämisen on todettu selvästi vaikuttavan vähentävästi silikoosipotilaiden määrään. (Kulmala ym. 2004, 30).

Tunnetuin syöpää aiheuttava pöly on asbesti, joka aiheuttaa mesoteliomaa (keuhkopussin syöpä) ja keuhkosyöpää. Suurin osa keuhkosyövästä aiheutuu kuitenkin tupakoinnis-

ta, joten asbestin aiheuttamien syöpien tunnistaminen on vaikeaa. (Kulmala ym. 2004, 33)

TAULUKKO 1. Yhteenveto muutamien pölyjen terveyshaitoista (Ks. Kulmala ym. 2004, 34)

Pöly	Terveyshaitta	Kohde-elin	Pölyjäte
Kvartsi	Silikoosi, keuhkosityöpä	Keuhkojen alveolialue	Alveolijäte
Asbesti	Asbestoosi, keuhkosityöpä, mesoteliooma	Keuhkoputkisto ja alveolialue	Keuhko- ja alveolijäte
Lyijypöly	Myrkytys, verenkierto, ruuan-sulatuselimet ja hermosto	Hengityselinten kautta verenkiertoon	Hengittyvä jätte
Mangaani	Myrkytys, verenkierto ja keskus-hermosto	Hengityselinten kautta verenkiertoon	Hengittyvä jätte
Puupöly	Nenäsyöpä (esim. pyöki)	Nenä	Hengittyvä jätte
Sementtipöly	Ihottuma	Iho	Kaikki hiukkaskoot

Rakennuspöly

Rakennustyömaalla lähes kaikki työntekijät joutuvat altistumaan rakentamisen tai purkamisen aikaiselle pölylle satunnaisesti pitkiäkin aikoja. Rakennuspölystä puhuttaessa tarkoitetaan tässä yhteydessä pölyä, joka sisältää tavallisesta huonepölystä poiketen erilaisia kemikaaleja tai muita terveydelle vaarallisia aineita. Rakennusvaiheesta riippuen työmaan ilmassa leijuu kiveä tai betonia työstettäessä esimerkiksi kvartsi-, kivihiili- ja betonipölyä.

Esimerkkejä työpaikkojen haitallisista pölyistä ovat:

- kivi- ja metallipölyt mineraalien ja malmien käsittelyssä (pölyt sisältävät yleensä kiteistä kvartsia, joka on erityisen vaarallista)
- metallipölyt, kuten lyijy- ja kadmiumipölyt sekä niiden yhdisteet
- muut kemikaalipölyt, kuten jauhemaiset teollisuuskemikaalit ja torjunta-aineet

- kasvipölyt, kuten puu- ja jauhopölyt
- homepölyt
- asbestipöly on erittäin vaarallinen mineraalikuitu, jota saattaa esiintyä työpaikan ilmassa esimerkiksi rakennustyömailla mm. vanhoja eristeitä purettaessa.

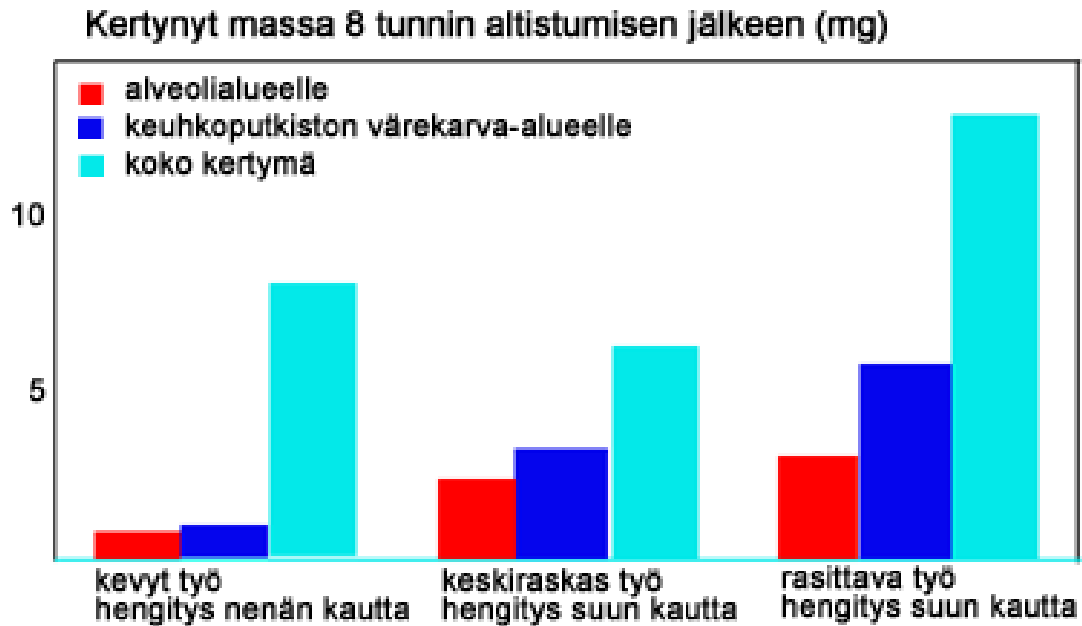
(Kulmala ym. 2004, 3)

Kvartsipöly ja sen terveystaikutukset

Pahimmat pölyä tuottavat työvaiheet uudisrakennuksessa ovat hionta- ja tasoitetyöt, piikkaus ja siivous, etenkin betonipölyä poistaessa. Monet kivilaadut sisältävät kvartssia, ja betonia työstettäessä tai siivottaessa tälle voidaan altistua pitkiäkin aikoja. Koska rakennuspölyn vaarallisimpia ja yleisiä muotoja on juuri kvartsipöly, tässä kappaleessa keskitytään sen terveydelle aiheuttamiin haittoihin.

Luonnossa piidioksidi eli silika (SiO_2) on yksi yleisimmin esiintyviä yhdisteitä. Sen kiteisiä muotoja ovat kristobaliitti, tridymiitti sekä *kvartsi*, joka on pääainesosana monissa kivilajeissa, hiekoissa ja tämän takia siis myös betonivalmisteissa. (Väänänen 2009). Suomessa noin 70 000 työntekijää on ammateissa, joissa voi altistua merkittävästi kvartsipölylle. Kvartsille altistavia aloja ovat mm. kaivos-, louhinta-, kivi- ja rakennustyö sekä teollisuuden puolelta valimotyö sekä lasin, posliinin, sementin, laastin, tiilien, betonin sekä muiden savi- ja kivituoitteiden valmistus. (Väänänen 2009).

Pitkäkestoisen ja voimakkaan altistumisen seurauksena kvartsipöly voi aiheuttaa silikoosin eli pölykeuhkosairauden ja se on myös syöpää aiheuttava altiste. (Ritaranta 2010). Silikoosin latenssiaika on keskimäärin yli 20 vuotta, mutta Suomessa on todettu silikoositapauksia jo neljän altistumisvuoden jälkeen (Väänänen 2009).



KUVIO 3. Kvartsipölyn kertyminen hengitykseen (Fabries 1993)

Tasoittaminen ja tasoitepöly

Tasoituksesta puhuttaessa tarkoitetaan seinien, katon tai lattian epätasaisuuksien tasoittamista siihen tarkoitettulla tasoitemassalla. Tasoitepölyä syntyy seinien, kattojen ja lattioiden tasoitustyössä sitä levitettäessä tai hiottaessa ja tasoitetöitä pidetäänkin yhtenä rakennustyömaan pölyisimpinä työvaiheina. Esimerkiksi seiniin ensimmäinen tasoitekerros yleensä ruiskutetaan, jonka jälkeen se liipataan käsin tasaiseksi ja annetaan kuivua. Tämän jälkeen pinta hiotaan ja levitetään uusi kerros tasoitetta ja jälleen hiotaan. Eri kerroksista puhuttaessa käytetään yleensä nimityksiä pohja- ja pintatasoitus ja näille on myös erilaiset tasoitemassat. (ttl.fi)

Tasoitepölylle altistutaan itse tasoitetyötä tehdessä ja sitä hiottaessa, mutta myös valmistamassa massaa sekoittamalla ja tasoitetyön jälkeen sitä siivottaessa.

Pölyn terveysvaikutukset riippuvat pitkälti siitä mitä ainesosia tasoitepöly sisältää. Nykyään suurin osa sisällä käytettävistä seinätasoitteista ei sisällä terveydelle vaarallisia koostumuksia, mutta esimerkiksi lattiaan käytettävät tasoitteet sisältävät yleisesti portlandsementtiä ja kvartsihiekkää, jotka ovat molemmat terveydelle haitalliseksi määriteltyjä tuotteiden käyttöturvallisuustiedotteessa.

3.4 Lainsäädäntö ja määräykset

Valtioneuvoston asetukset

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta on astunut voimaan 1.6.2009. Siinä 70§:n 3 momentin mukaan pölyntorjunnassa on käytettävä riittävän tehokkaita paikallispoistolaitteita. Tällöin on tarvittaessa esimerkiksi osastoitava työtilat (Sosiaali- ja terveysministeriö 2009).

D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma – Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto

Ympäristöministeriö on julkaissut Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto – määräykset ja ohjeet 2012 – asetuksen Helsingissä 30.3.2011 ja se velvoittaa rakentajia noudattamaan siinä annettuja määräyksiä sekä sisältää myös ohjeita, joita ei ole lakiin määrätty vaan niitä suositellaan käyttämään rakentamisessa. Asetus tulee voimaan 1.7.2012.

Sisäilmastoluokitus 2008

Sisäilmastoluokitus on otettu viime vuosina laajasti käyttöön rakennusalalla etenkin Keski-Suomen alueella. Sen ensimmäinen versio ilmestyi vuonna 1995 nimellä Sisäilmaston, rakennustöiden ja pintamateriaalien luokitus, jonka sittemmin korvasi vuonna 2001 Sisäilmastoluokitus 2000. Luokituksen uusin versio Sisäilmastoluokitus 2008 ilmestyi joulukuussa 2008. (RT 07-10946 2009, 2).

Sisäilmastoluokitus 2008:a käytetään tänä päivänä toimitilarakentamisen ohjeistuksena kun käytetään P1-rakentamisen periaatteita tavoitteena saada sisäilmastoltaan puhtaita rakennuksia. Luokituksessa on kirjattu yksiin kansiin rakentamisen ja rakennustarvikkeiden laadulliset vaatimukset, tekniset raja-arvot sekä rakennusten puhtaudelle mitattavat tavoitteet. Luokituksen käyttö on tarkoitettu pääasiassa rakennus- ja taloteknisen suunnittelun ja urakoinnin sekä rakennustarviketeollisuuden avuksi. (RT 07-10946 2009, 3).

Sisäilmastoluokitus 2008:ssa on annettu sisäilmaston tavoitearvot, jotka on jaettu kolmeen luokkaan; S1, S2 ja S3, joista ensiksi mainittu on paras ja viimeinen mukailee käytännössä lainsäädännön asettamia tavoitteita.

Luokitus on jaettu kolmeen päälukuun, joista ensimmäinen esittelee sisäilmaston tavoitearvot ilman laadun, valaistuksen sekä lämpö- ja ääniolosuhteiden osalta. Toinen luku ”suunnittelu- ja toteutusohjeet” käsittelee enemmän käytännön ohjeita, miten tavoitteisiin päästään. Kolmannessa luvussa esitellään rakennusmateriaalien päästöluokitus sekä ilmanvaihtotuotteiden puhtausvaatimukset.

Terve Talon -kriteerit

Terve Talon -kriteerit auttaa rakennushankkeissa rakennusten terveellisuuden varmistamisessa, johon tässä yhteydessä luetaan kaikenlaiset kosteus- ja sisäilmastoasiat, jotka vaikuttavat rakennuksen käyttäjien terveyteen ja viihtyvyyteen. Asiakirja antaa vielä Sisäilmastoluokitusta tarkempia ohjeita suunnittelijoille, mitä terveellisen rakennuksen

tekemiseen vaaditaan rakenteellisesti ja muuten tekniseltä kannalta hanke-, luonnos-, toteutussuunnittelun ja rakentamisvaiheen aikana. Kriteerit eivät varsinaisesti perustu lainsäädäntöön vaan antavat ohjeita, joiden avulla rakennuttaja ja tilaaja pystyvät asettamaan vaatimuksia ja tavoitetasoja sisäilmastolle, suunnitteluratkaisuille, rakentamiselle ja sen valvonnalle, käytölle ja huollolle. (Sisäilmayhdistys ry 2008.)

4 TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN

Tutkimuksessa mitattiin työskentelyalueen pölypitoisuutta ilman hiukkaspitoisuuden mittarilla. Kaikki ilman hiukkaspitoisuuden mittaukset suoritettiin korjausrakennushankkeessa Jyväskylässä Jyvä-Ylen rakennuksessa osoitteessa Matarankatu 6 neljännen kerroksen peruskorjattavissa toimistotiloissa. Ilman hiukkaspitoisuuden mittaukset suoritettiin 13.–14.2.2012 niin, että imurisiivous ja sen aikaiset mittaukset suoritettiin ensimmäisenä, ja harjasiivouksen mittaukset toisena päivänä.

Jyvä-Ylen työmaalla rakennusliikkeenä toimii Rakennustoimisto Alonen Oy, joka on vuonna 1988 perustettu jyväskyläläinen perheyrittys, joka toimii rakennus- ja kiinteistöalalla (Rakennustoimisto Alonen Oy – verkkosivut.). Olin rakennusliikkeen kanssa yhteistyössä sopiessani ilman hiukkaspitoisuuden mittausten tarkoista ajankohdista ja muista käytännön asioista pääasiassa vastaava mestari Markus Jeulosen kanssa. Suoritin tutkimuksen itsenäisesti samaan aikaan kun kerroksessa oli myös muita töitä käynnissä.

4.1 Tutkimusongelma

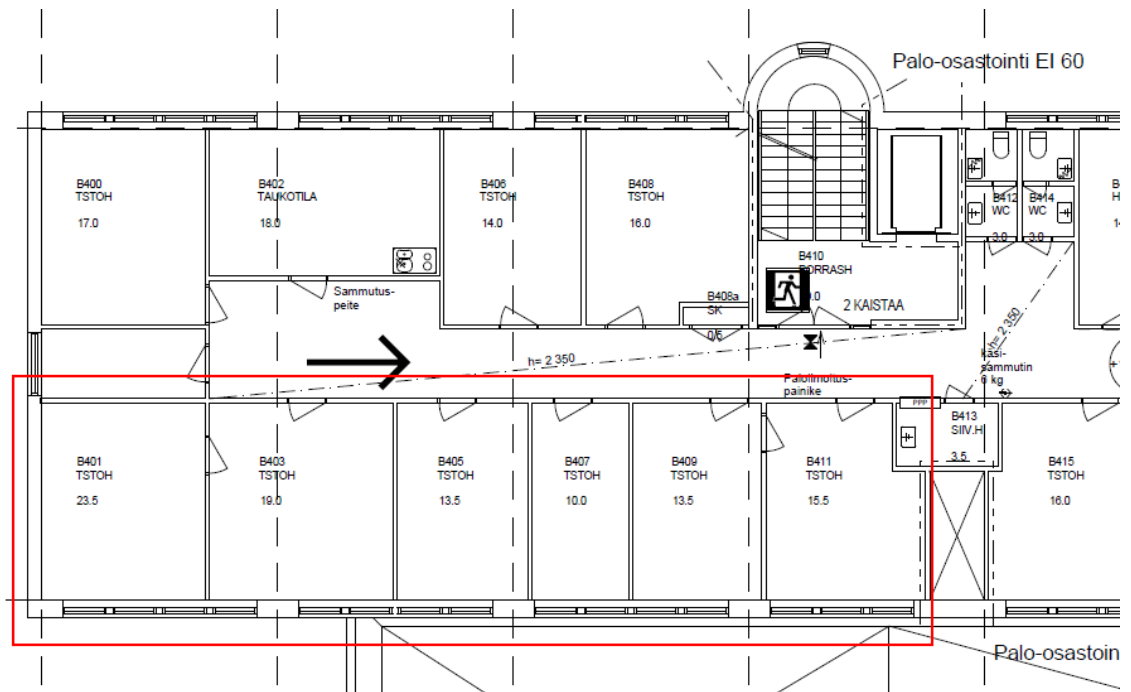
Tutkimusongelmana opinnäytetyössä on, onko pölynimurisiivouksella ja harjasiivouksella merkittävää eroa työntekijän työturvallisuuteen. Työturvallisuudella tarkoitetaan tässä yhteydessä siivouksen nostattaman pölyn aiheuttamia terveysvaikutuksia työntekijän terveyteen ja viihtyvyyteen. Tutkimus tehdään kvantitatiivisena tutkimuksena, jossa otetaan huomioon aikaisemmat teoriat aiheesta sekä jo olemassa olevat tutkimukset. Sen tavoitteena oli kerätä tutkimustietoa rakentamisen aikaisen siivouksen tuottamasta pölystä ja sen haittavaikutuksista työntekijän terveyteen. Tutkimuksia analysoitaessa keskityn pääasiassa hengittyvän pölyn (alle 10 µm) arvoihin. Työtehomittauksella mitataan

puolestaan, kumpi on halvempaa rakennuttajalle ottaen huomioon siivoukseen käytetyn ajan, välineiden kustannukset sekä työn tuloksen.

Ennen tutkimusten suorittamista oli ennakoitavissa, että työturvallisuuden kannalta pölynimurilla siivous verrattuna harjalla suoritettavaan siivoukseen on parempi vaihtoehto altistuttamalla työntekijää vähemmän siivouksen aikana irtoavalle ja ilmassa leijuvalla irtopölylle.

4.2 Tutkimusasetelman kuvaus

Tutkimusta suunniteltaessa tarkoituksena oli ottaa kuusi täysin samanlaista toimistohuonetta, joissa tehdään ilman hiukkaspitoisuuden mittausta pintatasoitustöiden jälkeen siivouksen aikana aina kolme kertaa samalla menetelmällä. Kuitenkin käytännön syistä, kohdetyömaan töiden vaiheesta ja otollisten tilojen luonteesta johtuen jouduin hieman joustamaan ihannetilanteesta; esimerkiksi huonekoko ja tasoituksen vaihe saattoivat vaihdella hieman. Olen esitellyt yksityiskohtaisen tutkimusasetelman kyseisen menetelmän alaotsikon alla 5.1.-5.2. Myös arkkitehdin piirtämä pohjakuva 4. kerroksesta oli hieman muuttunut lopulliseen muotoonsa; esimerkiksi tila B401 oli jaettu pinta-alaltaan kahteen yhtä suureen tilaan (ks. kuvio 4.). Tästä johtuen, käytän jatkossa tilasta B401 käsitteitä B401a ja B401b. Kaikki tutkimuksessa käytetyt tilat olivat kooltaan 11,5–16,5 m².



KUVIO 4. Jyväskylän työmaalla 4. kerroksen pohjakuva, tutkimustilat. (Arkkitehtipalvelu Oy. 2011.)

Tavoitteena oli tehdä ilman hiukkaspitoisuuden mittaukset niin, että tilojen oviaukko olisi avoinna käytävään, mutta ensimmäisen koemittauksen aikana kävi ilmi, että kyseisellä työmaalla se oli käytännössä mahdotonta mittaustulosten luotettavuuden kannalta, koska käytävällä oli samaan aikaan työt kesken ja esimerkiksi käytävän seinät olivat vielä tasoitusvaiheessa. Tästä johtuen jokaisen toimistotilan oviaukko peitettiin rakennusmuovilla, joka suojaasi tutkittavaa tilaa käytävän liikenteen ja työn aiheuttamalta pölyltä (ks. kuvio 5.).



KUVIO 5. Siivottava tila suojattiin rakennusmuovilla mittausten ajaksi

Ennen ilman hiukkaspitoisuuden mittauksia pohdittavanani oli, pidetäänkö teollisuusimuri imurisiivouksen aikana sisällä vai ulkona tilasta, mutta koska tutkimus oli tarkoitus olla myös käytännönläheinen, päätin pitää imurin tilan ja suojamuovien sisäpuolella, jolloin imurin poistoilma pääsee kulkemaan vapaasti tilassa ja luonnollisesti vaikuttanee myös hieman mittaustulokseen ja hiukkaspitoisuuksiin siivouksen aikana.

Siivousmenetelmän vakiointi tapahtui ensimmäisellä koemittauskerralla. Siivouksessa edetään menetelmästä riippumatta oviaukosta päätyseinään päin rauhallisin liikkein, käytännössä siis aina puhtaammasta likaiseen päin. Ilman hiukkaspitoisuuden mittari TSI DustTrak asetettiin niin, että mittauksen taajuus oli 5 sekuntia ja mittausaika oli yhteensä 90 minuuttia, yhteensä jokaisesta tilasta tuli siis 1080 mittauspistettä, joista jokais-

sa pisteessä oli 5 eri arvoa lajiteltuna hiukkaskoon mukaan. Sain siis kokonaisuudessa valtavasti tietoa käsiteltäväkseni ilman hiukkaspitoisuudesta.

Annoin ilman hiukkaspitoisuuden mittarin olla jokaisessa tutkittavassa tilassa 30 minuuttia ennen siivouksen aloittamista, saadakseni selville jokaisen tutkittavan tilan ilman hiukkaspitoisuuden lähtötaso. Tämän jälkeen suoritettiin itse siivous jokaisessa tilassa mahdollisimman identtisesti (n. 10 min) sekä annettiin mittarin olla päällä ja mitata vielä noin 50 minuuttia siivouksen päättymisen jälkeen, jotta ilmassa leijuvat pölypartikkelit pääsevät laskeutumaan ja saadaan näin lopullinen tilanne. Mittari sijoitettiin jokaisessa huoneessa keskelle huonetta niin että sensori oli 131 cm:n korkeudella. (Ks kuvio 6.). Ilman hiukkaspitoisuuden mittari oli tarkoitus saada noin 150-160 cm:n korkeudelle, mutta käytännön syistä jouduin tyytymään edellä mainittuun 131 cm:iin, koska työmaalta ei löytynyt tarpeeksi korkeita pukkeja tai muuta vastaavaa telinettä, johon mittarin olisi voinut turvallisesti asettaa. Mittarin sensorin sijainnilla korkeutensa puolesta on tarkoitus simuloida työntekijän eli tässä yhteydessä esimerkiksi rakennussiivoojan sisään hengityselimiä eli nenää ja suuta. Työntekijän keskimääräinen työasennon korkeus ei kuitenkaan käytännössä ole sama kuin ihmisen pituus teoriassa, joten uskon, että käyttämäni 131 cm ei mene kovinkaan pieleen eikä vaikuta mittaustulokseen merkittävästi.



KUVIO 6. Ilman hiukkaspitoisuuden mittari sijoitettiin keskelle huonetta.

Tutkittavien tilojen työvaiheet ja -menetelmät

Kaikissa tiloissa oli tehty tasoitustöitä edellisenä ja joissain jopa samana päivänä. Tasoitettuja seinät oli tehty Gyproc-levystä, joka on yleinen sisäseinien materiaali toimistotiloissa. Osa seinistä oli vanhoja säilytettäviä, uudelleen tasoitettavia seiniä, mutta suurin osa oli purettu ja asennettu uudelleen uudesta materiaalista. Seinän tasoittamiseen käytettiin ruiskua, joka on tehokas, mutta erittäin pölyävä menetelmä. Ruiskutasoitteena käytettiin Fescon Pintatasoite LRf – tasoitetta, joka on sisäseinille tarkoitettu polymeerisideaineinen pintatasoite (Fescon Oy 2011). Tasoite ei sisällä varsinaisesti terveydelle vaarallisia aineita, mutta tasoitteen käsittelyssä noudatetaan altistumisen raja-arvona 5 mg/m^3 . (Käyttöturvallisuustiedote, 2005). Tasoitetyöt tehtiin Jyväskylän työmaalla pääasiassa kahden työmiehen voimin niin, että toinen ruiskutti tasoitteen, jonka jälkeen toinen liippasi eli levitti tasoitemassan tasaiseksi seinälle käsin lastan avulla. Tämän jälkeen tasoitteen annettiin kuivua ja riippuen, oliko kyseessä pohja- vai pintatasoitus, ta-

soitus suoritettiin uudestaan tai vaihtoehtoisesti jätettiin seuraavia työvaiheita eli tässä tapauksessa maalausta varten.

Tasoite levitetään alustalle joko tasoiteruiskulla tai teräslastalla. Ylimääräisen tasoitteen voi ottaa talteen ja käyttää uudelleen. Kun tehdään useampia tasoitekerroksia, annetaan edellisen kerroksen kovettua täysin ennen uuden kerroksen levittämistä. Kovettuminen kestää olosuhteista riippuen 1-2 vuorokautta. Tarvittaessa kuivunut pinta hiotaan jokaisen tasoitekerroksen levityksen jälkeen. (Fescon Oy, 2011.)

4.3 Tutkimuksessa käytetty mittari ja työvälineet

Ilman hiukkaspitoisuuden mittari

Siivousten aikana tehtävät mittaukset suoritettiin ilman hiukkaspitoisuuden mittarilla TSI DustTrak DRX 8533. Laitte mittaa pienhiukkasten kokoa ja massaa viidessä eri kokoluokassa. Mittari erottelee hiukkaset kokonsa mukaan TOTAL (PM₁₅), PM₁₀, RESP (PM₄), PM_{2.5} ja PM₁ – luokkiin, joista tutkimuksessa tarkastellaan erityisesti kokoluokkaan alle 4 µm, eli hengittyvään (respirable) pölyyn sen vaarallisempien terveysvaikutusten ja hengityselimiin tunkeutumisherkkyiden takia. Mittarin toiminta perustuu laserfotometriaan, jossa laitteen sisäisen pumpun pumppaama ilmanäyte (eristettynä suodatetulla ilmakerroksella) imetään optiseen näytekammioon, jossa lasersäde osuu ilmanäytteen hiukkasiin. Tämä määrä lasketaan ohjelmallisesti ja esitetään mg/m³:na, jonka jälkeen ilmanäyte johdetaan kokoluokittelijaan. Mittarin mittausalue on 0.00-150 mg/m³ ilmaa, joka on kalibroitu Arizona-pölyllä.



KUVIO 7. Ilman hiukkaspitoisuuden mittari TSI DustTrak DRX 8533

Siivouksessa käytetyt välineet

Tutkimuksen imurisiivouksessa käytettävä teollisuusimuri oli malliltaan Pullman Ermator S1300. Imurin hankinnassa käytettiin rakennuskonevuokrausta (Ramirent Finland Oy), josta se vuokrattiin kahdeksi päiväksi tutkimusten ajaksi. Imurissa on HEPA H13-suodatus, joka on nykypäivänä rakennustyömailla yksi imureiden päävaatimuksia sekä Cartridgen kartiomallinen hienosuodatin, ja sen kapasiteetti on 200 m³ ilmaa tunnissa (ks. taulukko 2.) Erilaiset sähköstaattisella varauksella toimivat suodattimet ja suodatinmateriaalit on luokiteltu standardin (SFS-EN 1822-1, 2009, 8) mukaan niiden tehokkuuden ja läpäisevyyden mukaan. HEPA-suodattimet on luokiteltu kahteen luokkaan H13 ja H14, joista H13 suodattaa yli 99,95 % ja H14 yli 99,995 % kaikista hiukkasista. Tutkimuksessa käytetty HEPA H13-suodatin on yleisesti hyväksytty rakennustyömaiden käyttöön.

TAULUKKO 2. Pullman Ermator S1300, tekniset tiedot (Imu-Tec Oy-verkkosivut.)

Jännite:	230 V
Virta:	5 A
Teho:	1200 W
Ilmamäärä:	200 m ³ /h
Alipaine:	22 kPa
Paino:	30 kg
Mitat: LxSxK	721 x 290 x 1200 (mm)

Harjasiivouksessa käytetty harja ostettiin Biltemasta ja sitä valitessa oli oleellista, että harjakset ovat melko pehmeitä ja siis betonilattiaan soveltuvia.



KUVIO 8. Teollisuusimuri Pullman Ermator S13 sekä harjasiivouksessa käytetty harja

Tutkimustulosten analysoinnissa käytetyt HTP-arvot

Tutkimuksen tuloksia on analysoitu ilman hiukkaspitoisuuden mittarin tuottaman datan perusteella käyttäen referenssinä HTP-arvoja, eli Sosiaali- ja terveysministeriön asettamia haitallisiksi tunnettuja pitoisuuksia. Nämä ohjeraja-arvot ovat arvioita työntekijän hengitysilman epäpuhtauksien pienimmistä pitoisuuksista, jotka voivat aiheuttaa haittaa tai vaaraa työntekijän turvallisuudelle, terveydelle tai lisääntymisterveydelle (A 29.11.2011/1213).

HTP tulee sanoista 'haitalliseksi tunnettu pitoisuus', joka ilmoitetaan yleensä HTP_{8h} - arvona eli keskiarvona työntekijän 8 tunnin työpäivän aikana altistumalle pitoisuudelle. Nämä raja-arvot on tarkoitettu huomioon otettavaksi työpaikan ilman puhtautta, työntekijöiden altistumista ja mittaustulosten merkitystä arvioitaessa. (HTP-arvot 2009.)

Ilman hiukkaspitoisuuden mittari mittaa ilmassa leijuvien hiukkasten määrää ja kokoa. Mittaustulokset esitetään milligrammoina kuutiossa ilmaa ja mittari antaa tulokset luokiteltuna hiukkasen aerodynaamisen halkaisijan mukaan. Tällöin voidaan vertailla tuloksia HTP-arvoihin, minkä perusteella voidaan puolestaan arvioida, onko hiukkaspölyllä merkittävää vaaraa tai haittaa työntekijälle.

Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisussa HTP-arvot 2009 on syvennetty asiaa ja annettu liitteenä työpaikan pölylle ja kemikaaleille pitoisuudet, jotka on todettu terveydelle haitallisiksi.

5 TUTKIMUKSEN TULOKSET

5.1 Ilman hiukkaspitoisuus pölynimurisiivouksen aikana

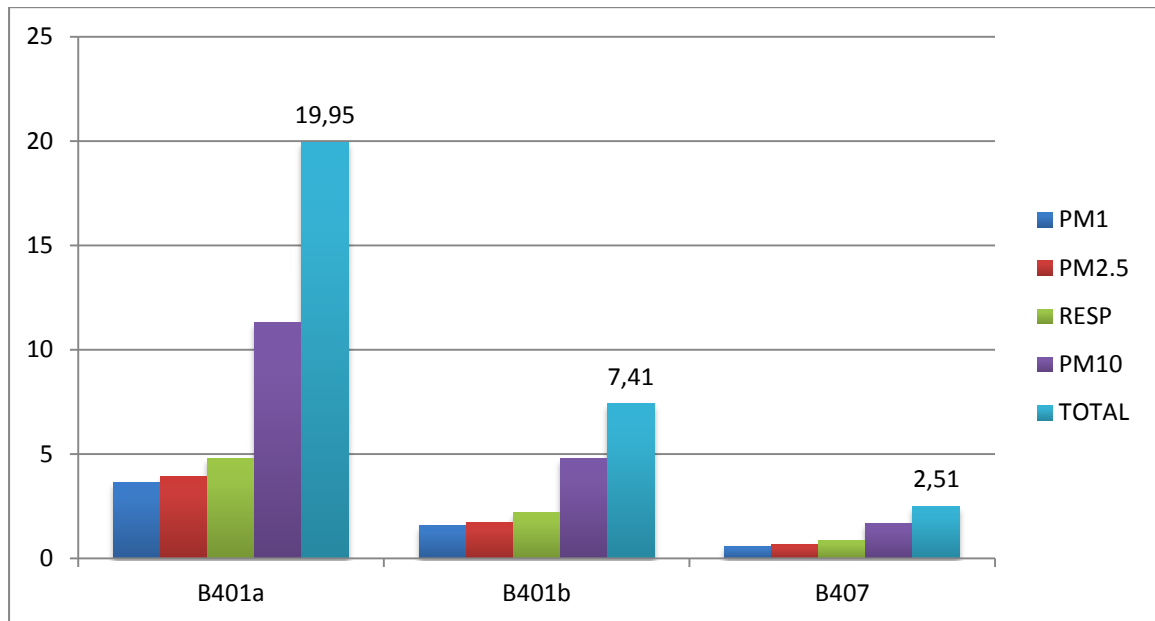
Pölynimurisiivous on nykyään suositelluin menetelmä rakennussiivousta tehdessä. Sen ehdottomia hyviä puolia ovat sen pölyttömyys sekä helppo imuroidun jätteen talteenotto ja hävittäminen. Tavallisella rakennussiivoukseen tarkoitetulla teollisuusimurilla voidaan siivota turvallisesti varsinaisen rakennuspölyn lisäksi pienempää rakennusjätettä kuten pieniä ruuveja ja betonin palasia. Sisäilmastoluokitus 2008 sekä muut puhtaudenhallintaa ohjaavat asiakirjat edellyttävät tänä päivänä imurissa käytettävän *HEPA-suodatinta*, jonka tehtävänä on suodattaa poistoilma epäpuhtauksista. Kaikkien HEPA-luokitelluiden ilmansuodattimien tulee suodattaa 99,97 % kaikista yli 0,3 mikrometrin partikkeleista.

Pölynimurisiivous suoritettiin tutkimuksen ensimmäisenä päivänä 13.2.2012 kolmessa eri tilassa. Imurisiivouksessa käytin järjestyksessä tiloja B401a, B401b ja B407, jotka olivat kaikki kooltaan 11,7 m². Siivoukseen käytettäväksi ajaksi muodostui pölynimurilla keskimäärin 11:42 minuuttia (60 s/m²) ja harjalla 09:38 minuuttia (42 s/m²). (ks. taulukot 2. ja 3.)

TAULUKKO 3. Pölynimurisiivouksessa käytetty siivousaika tiloittain

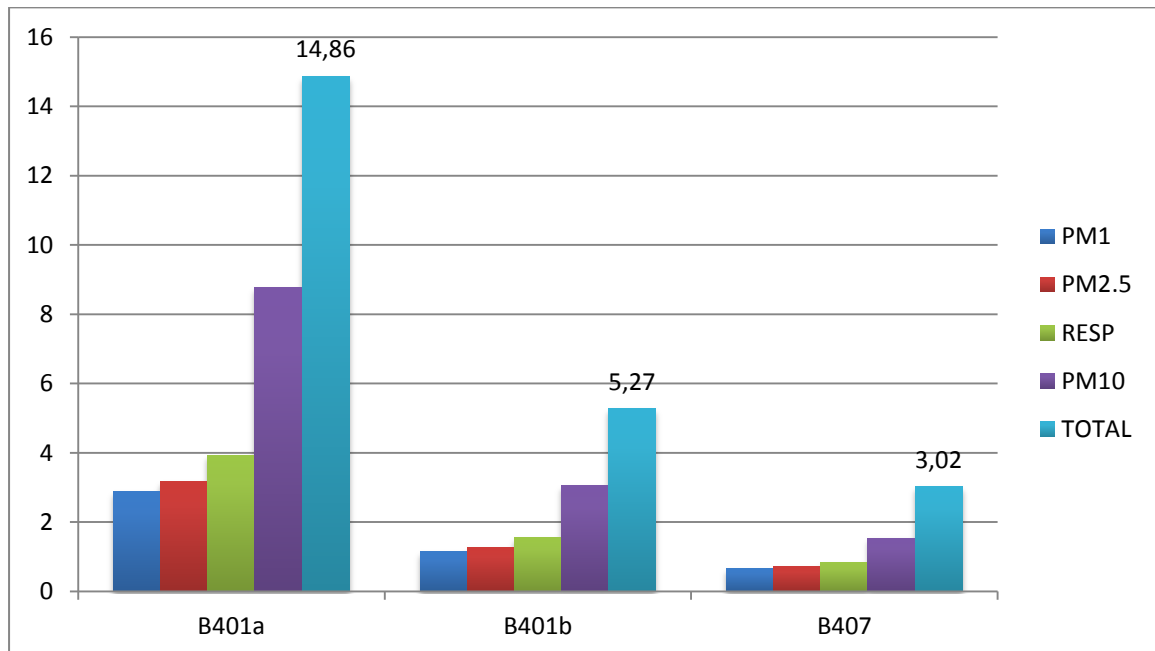
nimike	tilan nro	tilakoko		
		(m ²)	aika	min/m ²
RISTO_OPINT 003	B401a	11,7	0:13:10	0:01:08
RISTO_OPINT 005	B401b	11,7	0:10:42	0:00:55
RISTO_OPINT 007	B407	11,7	0:11:14	0:00:58
keskiarvo =		11,7	0:11:42	0:01:00

Imurisiivouksessa käytetyissä tiloissa oli toisistaan eriävät olosuhteet, jotka näkyvätkin kuviosta 9. Ensimmäisessä huoneessa B401a oli jo ennen siivousta korkea hiukkaspitoisuus. Kokonaispitoisuuden keskiarvo oli jopa 19,95 mg/m³, mikä johtui käytävän tasoiteistöistä. Pylväsdiagrammin perusteella voidaan jo silmämääräisesti sanoa, että tasoitetyöt vaikuttavat ilman hiukkaspitoisuuteen yllättävänkin pitkän ajan. Vaikka huoneiden ovi-
aukot suojattiin muovilla ennen hiukkaspitoisuusmittarin käynnistämistä, ilman hiukkaspitoisuus laski sallitulle tasolle, alle 5 mg/m³ vasta viimeisessä tutkittavassa huoneessa. Otin nämä muuttujat kuitenkin huomioon tuloksia tulkittaessa.



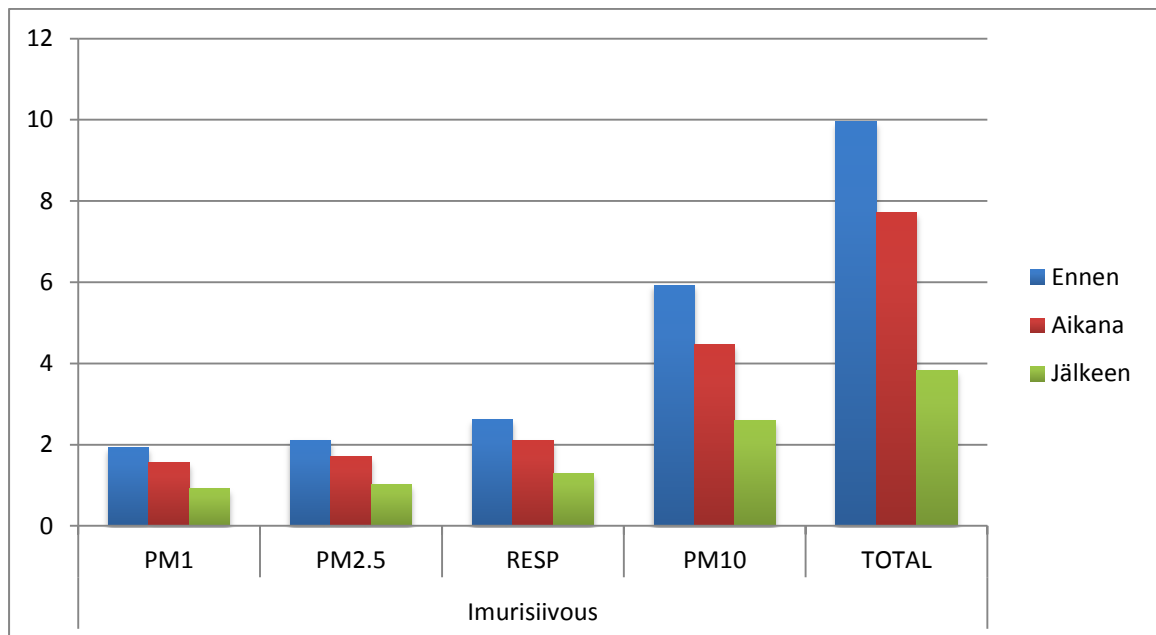
KUVIO 9. Ilman hiukkaspitoisuus tiloittain ennen imurisiivousta (30 minuutin otos)

Imurilla siivottaessa huomattavaa oli, että kahdessa ensimmäisessä huoneessa, joissa ilman hiukkaspitoisuus oli valmiiksi korkeampi, hiukkaspitoisuus laski siivouksen aikana. Vain viimeisessä huoneessa ilman kokonaishiukkaspitoisuuden keskiarvo nousi 2,51 mg/m³:stä 3,02 mg/m³:iin, mutta ei kuitenkaan yli raja- arvon 5 mg/m³.



KUVIO 10. Ilman hiukkaspitoisuus tiloittain imurilla siivouksen aikana

Imurisiivous toteutettiin kolmessa pinta-alaltaan samanlaisessa tilassa, joissa oli tehty pohja- ja pintatasoitteita. Siivous aloitettiin jokaisessa tilassa hetkellä, jolloin ilman hiukkaspitoisuutta oli mitattu 30 minuuttia ja näin saatu ns. lähtötilanne. Tutkimuksen kannalta mielenkiintoista oli, että kaikissa viidessä pölypartikkeleiden kokoluokissa siivouksen aikainen ilman hiukkaspitoisuus oli keskiarvoltaan pienempi kuin ennen siivousta. (Ks. kuvio 11.) Tämän takia imurisiivouksen tuloksia tarkastellessa jouduin ottamaan hieman käytännönläheisemmän lähestymistavan: Käytännössä ilmiö johtuu siitä että työmaan erilaisten olosuhteiden takia kahdessa ensimmäisessä tutkitussa tilassa ilman hiukkaspitoisuuden lähtötilanne oli niin korkea, että hiukkaset jatkoivat laskeutumistaan vielä siivouksen aikana. Tästä voidaan kuitenkin päätellä, että imurisiivouksen aikana ilmaan ei nouse merkittävää määrää hengitykselle tai muulle elimistölle vaarallista rakennuspölyä.



KUVIO 11. Ilman hiukkaspitoisuuden keskiarvot ennen imurisiivousta, sen aikana ja siivouksen jälkeen

5.2 Ilman hiukkaspitoisuus harjasiivouksen aikana

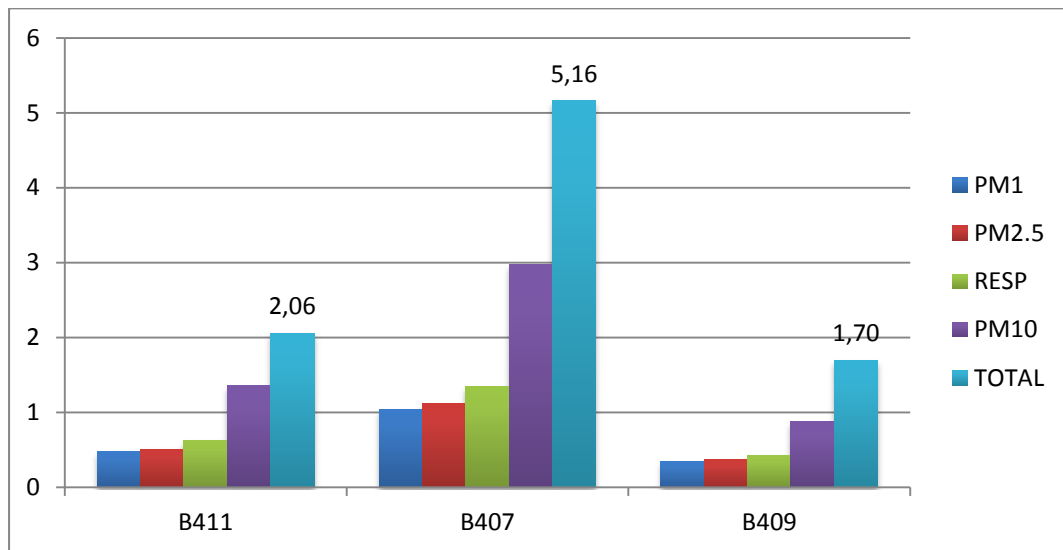
Harjasiivous on siivousmenetelmänä yritetty poistaa rakennustyömailta sen pölyisyyden takia. Harjasiivouksen hyvistä puolista voidaan olla montaa mieltä, mutta yhtenä harjan hyvistä ominaisuuksista voidaan pitää sen helppoutta ja nopeutta, jos siivottava jäte on melko suurikokoista eikä harjan nostattaman pölyn kulkeutumista esimerkiksi ilmanvaihtokanaviin tai puhtaaseen huoneilmaan tarvitse pelätä. Pölyisyyden takia harjalla siivotessa onkin aina suositeltavaa käyttää hengityssuojainta. Harjalla siivotessa työn näennäistä helppoutta kompensoi siivouksen loppujäte, joka on poistettava tilasta esimerkiksi rikkalapion avulla tai muuten kuljettamalla.

Harjasiivous suoritettiin tutkimuksen toisena päivänä 14.2.2012 kolmessa eri tilassa. Harjasiivouksessa käytin järjestyksessä tiloja B411, B407 ja B409, jotka ovat kooltaan hieman erilaiset. Siivoukseen käytettävän ajan keskiarvoksi tuli 9.38 minuuttia, joka on neliötä kohden 42 sekuntia (ks. taulukko 4.). Toimistotilat olivat harjasiivouksessa keskimäärin 2,1 m² suurempia kuin imurisiivouksessa käytetyt, mutta en usko sen vaikuttaneen tulokseen merkittävästi.

TAULUKKO 4. Harjasiivouksessa käytetty siivousaika tiloittain

nimike	tilan nimi	tilakoko (m ²)	siiv (min)	min/m ²
RISTO_OPINT 008	B411	15,3	0:10:22	0:00:41
RISTO_OPINT 010	B407	11,7	0:09:21	0:00:48
RISTO_OPINT 011	B409	14,5	0:09:10	0:00:38
	keskiarvo =	13,8	0:09:38	0:00:42

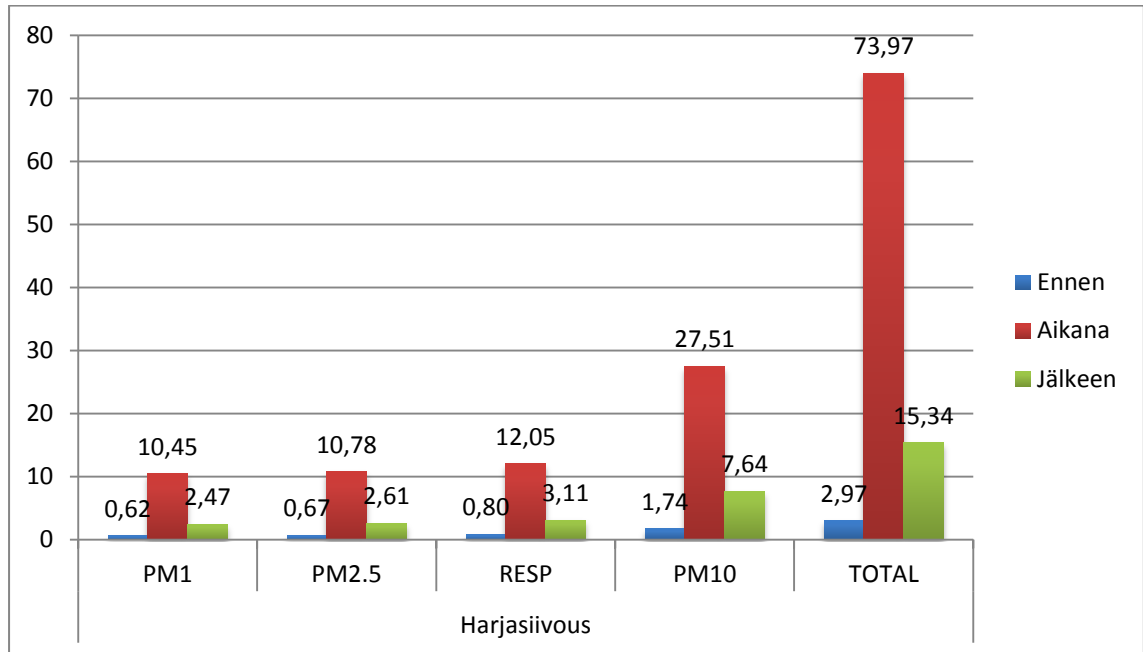
Ennen harjasiivouksen aloittamista ilman hiukkaspitoisuuden lähtötilanne oli raja-arvon 5 mg/m^3 , mukainen jokaisessa tilassa. Ilman kokonaishiukkaspitoisuus oli keskimäärin kolmessa huoneessa $2,97 \text{ mg/m}^3$, ja vain huoneessa B407 30 minuutin keskiarvo oli $5,16 \text{ mg/m}^3$ eli juuri raja-arvon ylärajoilla. (Ks. kuvio 12.). Kuvioista on nähtävissä myös se, että ennen mittausta huoneissa oli tehty erilaisia rakennustöitä eikä mittauksia pystynyt tekemään täysin samanlaisissa olosuhteissa.



KUVIO 12. Ilman hiukkaspitoisuus tiloittain ennen harjasiivousta (30 minuutin otos)

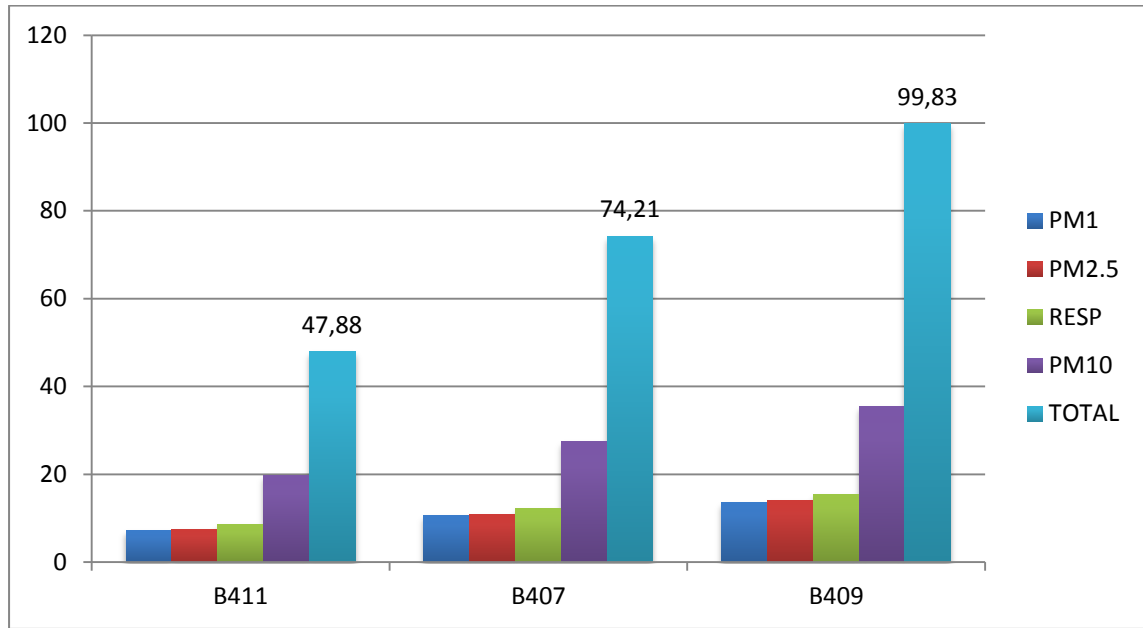
Siivous harjalla aloitettiin jokaisessa tilassa hetkellä, jolloin oltiin ensin mitattu 30 minuuttia muovilla suojatun tilan ilman hiukkaspitoisuutta. Siivous kesti harjalla keskimäärin 9.38 minuuttia. Tänä aikana ilman hiukkaspitoisuutta tarkkailtiin ja huomattiin sen nousevan merkittävän paljon. Kun vertaillaan harjasiivouksen laskettuja keskiarvoja lähtötilanteen ja siivouksen ajalta, huomataan selvä nousu ilman hiukkaspitoisuudessa kaikissa pölypartikkeleiden luokissa (ks. kuvio 13.). Jokaisessa neljässä eri kokoluokassa ilman hiukkaspitoisuus nousi siivouksen aikana noin 15 - 16-kertaiseksi ja kokonaispölyn määrä jopa 24,9-kertaiseksi. Kokonaispölyn määrä

harjasiivouksen aikana on keskimäärin $73,97 \text{ mg/m}^3$, joka on kaikkien raja-arvojen yläpuolella eikä sovimissään olosuhteissa edes rakennustyömaan ilman laaduksi. Pelkän hengittävän pölyn (RESP, alle $4 \mu\text{m}$) määrä nousi $12,05 \text{ mg/m}^3$:iin, joka on jo selkeä terveysriski raja-arvon 5 mg/m^3 ylittyessä reilusti.

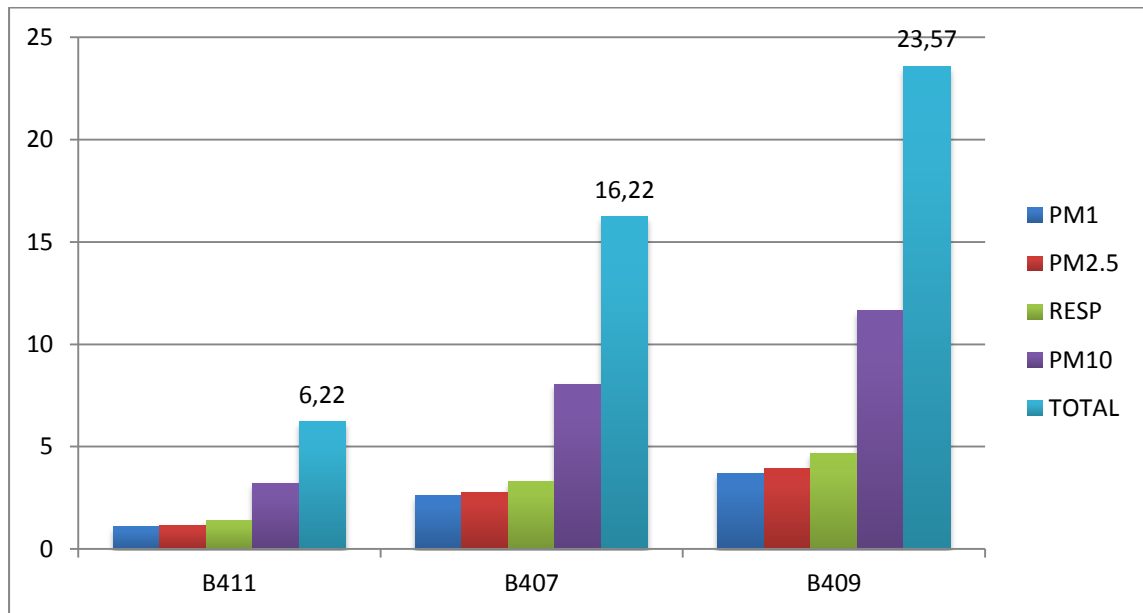


KUVIO 132. Ilman hiukkaspitoisuuden keskiarvot ennen harjasiivousta, sen aikana ja siivouksen jälkeen

Harjasiivouksen käynnistyessä epäorgaanisen pölyn raja-arvo ylittyi heti ja huomattavasti, minkä pystyi myös visuaalisesti havaitsemaan. Lähtötilanteeseen verrattuna kokonaispölyn määrä ilmassa kasvoi keskimäärin 2388 % ja ylitti 5 mg/m^3 :n raja-arvon 14,8-kertaisesti (ks. kuvio 14.).



KUVIO 3. Ilman hiukkaspitoisuus tiloittain harjasiivouksen aikana

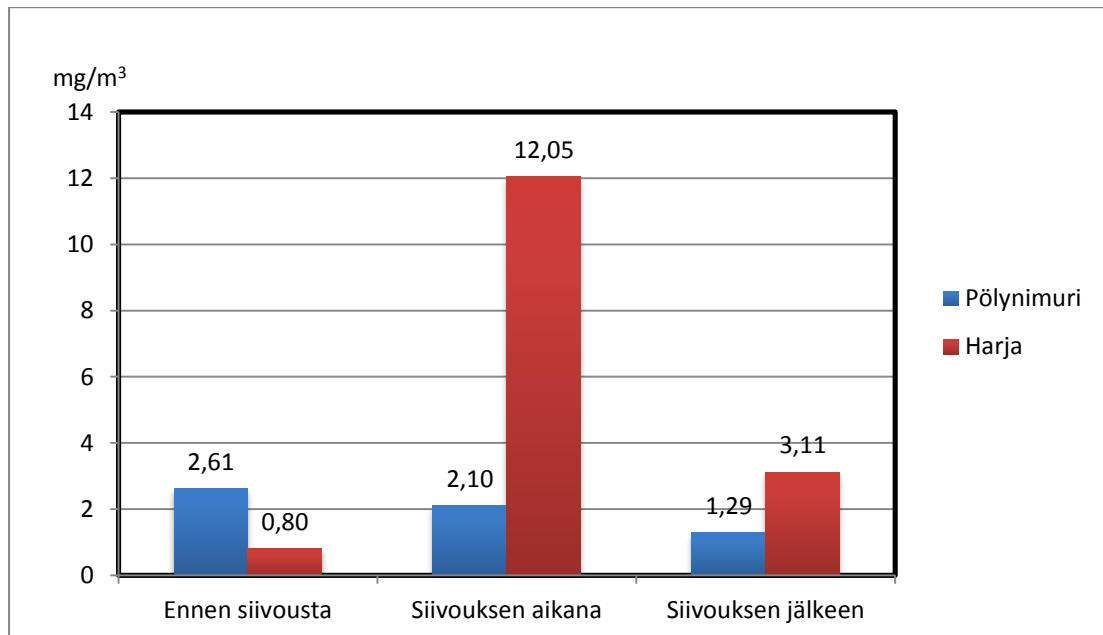


KUVIO 4. Ilman hiukkaspitoisuus tiloittain siivouksen jälkeen

5.3 Hengittyvä pöly siivouksen aikana

Tärkein tutkimuksen tuottama tieto oli siivouksen nostattama hengittyvä pöly ja pienimmät hiukkaset eli kokoluokassaan alle 4 µm-kokoiset pölypartikkelit. Ilmaan joutueensa nämä kulkeutuvat rakennussiivoojan hengityselimistöön sekä altistaa siivouksen aikana myös muita työntekijöitä ja rakennusmiehiä.

Ilman hengittyvän pölyn hiukkaspitoisuus oli tutkimusten lähtötilanteessa pölynimurisiivouksessa hieman korkeammalla tasolla (ka. 2,61 mg/m³) kuin harjalla siivotessa (ka. 0,80 mg/m³) johtuen työmaalla ja tiloissa aiemmin tehdyistä töistä ja vaihtelevista olosuhteista. (Ks. kuvio 16.).



KUVIO 16. Ilman hiukkaspitoisuus hengittyvän pölyn (<math><4 \mu\text{m}</math>) osalta vaiheittain

Siivouksen alkaessa nähdään kuitenkin selkeä ero pölynimurin ja harjan välillä. Pölynimurilla siivotessa ilman hiukkaspitoisuus jopa laskee alkutilanteesta, kun taas harjalla siivotessa hengittyvän pölyn määrä keskiarvoltaan 15-kertaistuu $12,05 \text{ mg/m}^3$:n 5 mg/m^3 :n raja-arvo puolestaan ylittyy $7,05 \text{ mg/m}^3$:lla eli noin 2,4-kertaisesti, kun taas pölynimurisiivouksen aikana pysytään koko ajan raja-arvon sallimissa puitteissa.

Siivouksen jälkeen molemmissa menetelmissä ilman hiukkaspitoisuus hengittyvän pölyn osalta tasaantuu ja jää selvästi alle raja-arvon.

5.4 Siivouksen laadun visuaalinen arviointi

Siivouksen ja itse mittausten aikana tarkastelin siivoustyön tulosta visuaalisesti ja dokumentoin havaintoni valokuvaamalla huonetilat ennen siivousta ja sen jälkeen. Valokuvat

on nähtävillä liitteessä 4, johon ne on kerätty kollaaseihin ja lajiteltu ennen/jälkeen – periaatteella. Visuaalinen havainnointi on aina hieman subjektiivista ja tarkkoja tutkimuksellisia tuloksia on suhteellisen vaikea kirjoittaa tarkkaan muotoon, joten tässä turvaudun lähinnä sanalliseen arviointiin. Arviointiperusteina käytin omia kokemuksia harjoittelun aikana tutustuttuani TP-arvioinnin¹ suorittamiseen ja siinä käyttämiini arviointiperusteisiin.

Kaikissa tutkittavissa huonetiloissa oli lähtötilanne visuaalisesti tarkasteltaessa melko samanlainen; betonilattioilla oli tasoittamisesta syntyneitä pölyä, hieman betonipölyä sekä pieni määrä muuta rakentamisesta aiheutunutta likaa ja pölyä. Ennen siivousta pölyä oli siis määrä, joka P1-rakennuskohteessa pitäisi siivota heti tasoitetöiden jälkeen. Imurisiivouksen jälkeinen puhtaustaso oli jokaisessa huonetilassa pääosin kiitettävä eikä lattialle jäänyt mitään ylimääräistä ellei lattialla ollut suurempaa rakennusjätettä, jota ei pölynimurilla voi siivota. Itse tasoitepölyä ei jäänyt lattialle juuri lainkaan ja se onkin yksi parhaista pölynimurin ominaisuuksista. Harjalla siivottu lattia jäi yleisilmeeltään puhtaaksi, mutta lähemmin tarkasteltuna lattian pintaa, hienoa pölyä oli jäänyt lattiaan joko siivouksen aikana tai harjan synnyttämän pölyn laskeutuessa takaisin lattialle. Tasaisella betonilattialla harjasiivous kuitenkin tuottaa sinällään P1-rakentamiselle asetetut vaatimukset, mutta ongelmana on sen aikana nostattama pöly, joka jää pyörimään pitkäksi ajaksi työmaan sisäilmaan ja tätä kautta vaikuttaa työntekijöiden viihtyvyyteen sekä lopulta myös terveyteen.

¹ TP-arviointi tapahtuu samalla periaatteella kuin TR-arviointi, jossa on lomake, johon merkitään epäkohtia tässä tapauksessa työmaan puhtaudenhallinnan alueelta (yleinen siisteys, osastointi...)



KUVIO 17. Harjasiivous ennen ja jälkeen

6 POHDINTA

6.1 Johtopäätökset ja kehittämisehdotukset

Onnistuneen rakentamisen aikaisen puhtauden hallinnan tärkeimpiä tekijöitä on oikeiden työmenetelmien ja -välineiden valinta. Opinnäytetyön tutkimuksen kohteena ollut pohja- ja pintatasoitettöiden tuottaman rakennuspölyn poistoon on mahdollista käyttää erilaisia menetelmiä työkohteesta ja sen luonteesta riippuen. Jo tasoitustyön aikana voidaan pölyn muodostumista vähentää tai muuten hallita tehokkaalla kohdepoistolla, ilmanvaihdolla sekä oikeilla työmenetelmillä. Varsinainen tutkimuksen kohde oli kuitenkin keskittyä jo syntyneen pölyn siivoamiseen ottamatta enempää kantaa pölyn syntytapoihin.

Tutkimuksen tuloksista voidaan kiistatta päätellä, että pölynimurisiivous on parempi vaihtoehto rakennustyömaan siivousmenetelmäksi, kun vertaillaan sitä harjasiivoukseen ja tarkastellaan sen nostattamaa pölyä ja epäpuhtauksia työmaan ilmaan. Pölynimuri- ja harjasiivousten aikana suoritettujen ilman hiukkaspitoisuuden mittaukset on pyritty kuvaamaan opinnäytetyön tutkimusasetelmaa kuvaavassa luvussa 4. niin, että tutkimus on uudelleen toistettavissa samantyyllisissä olosuhteissa mittaustulosten säilyessä luotettavina.

Ilman hiukkaspitoisuuden mittaukset antoivat jokaisella toistokerralla tuloksen, jossa harjasiivous nostatti pölyn määrän reilusti yli turvallisen työilman raja-arvon, joka oli tässä yhteydessä tasoite- ja betonipölyn raja-arvoksi määritelty 5 milligrammaa kuutiosta ilmaa. Raja-arvon ylitykset olivat harjasiivouksessa huomattavia huolimatta siitä, tarkasteltiin kolmen huoneen keskiarvoa vai jokaista huonetta erikseen. Ilman hiukkaspitoisuuden mittausten harjasiivouksen käsittävän osuuden perusteella voidaan siis todeta harjasiivouksen olevan väärä menetelmä rakennustyömailla suoritettavaan siivoukseen tasoituksen ja sen aikaisten töiden aikana ilman tehokasta kohdepoistoa tai muuta kei-

noa, jolla pöly saadaan poistumaan sisäilmasta. Riittävän tehokas kohdepoisto ja ilmastointi ovat kuitenkin käytännössä hyvin vaikeaa, ellei mahdotonta toteuttaa, ottaen huomioon sen vaatimat investoinnit laitteisiin ja niiden siirrettävyyteen tilasta toiseen. Vaikka tehokkaalla ilmanvaihdolla saataisiin suurin osa harjan nostattamasta pölystä ulkoilmaan, vaatii se siivouksen aikana auttamatta myös henkilökohtaiselta suojauksen eli vähintään hengityssuojaimen.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia rakennussiivouksen synnyttämän pölyn terveyshaittoja. Ilman hiukkaspitoisuuden mittari tutki siivouksen aikana syntyvän pölyn määrää ja laatua, ja tuloksia tulkittaessa keskityttiin rakennuspölyyn, johon kyseisissä tiloissa työskentelevät rakennusmiehet, -siivoojat ja muut työntekijät joutuvat altistumaan päivittäin. Opinnäytetyö tuo luotettavaa tutkimuksellista tietoa rakennuttajille rakentamisen aikaisesta puhtauden hallinnasta ja siitä, miten se olisi edullisin tuottaa sekä kustannuksien, että työviihtyvyyden kannalta. Pääpaino opinnäytetyössä oli kvantitatiivisessa tutkimuksessa, jossa vertailtiin kahta eri siivousmenetelmää rakennustyömaalla. Harjasiiivouksen käyttäminen P1-rakennuskohteissa on ollut ohjeistuksissa kielletty jo pitkään, mutta varsinaisia tutkimuksia sen epäsovivuudesta työmaille ei ole juurikaan ollut. Pölynimurilla siivous todettiin tutkimusasetelmassa huomattavasti pölyttömämmäksi vaihtoehdoksi, mutta myös tässä menetelmässä tulee ottaa huomioon välineiden kunto ja oikeanlainen mitoitus siivottavaan kohteeseen. Kompastuskiviä pölynimurilla siivotessa voivat olla mm. HEPA-suodattimen huono kunto, liian täysi pölypussi tai rikkinäinen poistoletku.

Näen opinnäytetyön haastavimman osuuden olleen kyseinen ilman hiukkaspitoisuuden mittausten tulosten analysointi, johtuen pääasiassa siitä, että opintojeni aikana ei ole keskitytty vastaavaan tieteellisen tutkimuksen raportointiin juurikaan vaan jouduin tutustumaan moniin eri lähteisiin päästäkseni alkuun.

Ilman hiukkaspitoisuuden mittausten suorituspaikaksi valittu Jyvä-Ylen saneerauskohte oli ehdokkaina olleista paras mahdollinen sen huonetilojen ja työvaiheiden perusteella, mutta käynnissä olevalla työmaalla on aina omat aikataulunsa, jotka tuottivat myös

minulle pieniä ongelmia mittausten suorittamisen kannalta. Samassa kerroksessa käynnissä olevat muut työt sekoittivat hieman tutkimuksen aikataulua ja samalla myös toisin päin. Uudestaan tutkimuksen toistettaessa yrittäisin varmasti ottaa enemmän huomioon työmaan työajat ja sovittaa niitä paremmin yhteen omieni kanssa sekä valmistella itse tutkimusasetelma huolellisemmin.

LÄHTEET

A 29.11.2011/1213. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista. Viitattu 15.2.2012.

Andersson, T. 2004. Rakennussiivous. Työn aikainen siivous ja loppusiivous osana rakentamisen puhtauden hallintaa. Suomen siivousteknisen liiton julkaisuja 2:10. Mikkeli 2004.

Fescon Oy. 2011. Fescon pintatasoite LRF:n tuoteseloste. 8.12.2011. Viitattu 19.4.2012.

Fabriès, J.F. (1993) "Calculation of the physical characteristics of deposited particles in the respiratory airways", 9th Congress of the International Society for Aerosolsin Medicine, Garmisch-Partenkirchen, Germany, March 30 - April 3, Abstract

HTP-arvot vuonna 2009. 2009. Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja 2009:11

Hellsten, J. 2008. Eroon rakennuspölystä. Artikkelit Rakennuslehden sivuilla. Rakennuslehti lehtiarkisto 21.2.2008. <http://www.rakennuslehti.fi/uutiset/talous/12127.html>.

Imu-Tec Oy-verkkosivut. Pullman Ermator S13-esite. Viitattu 8.2.2012. http://www.imu-tec.fi/images/pdf/S13_esite.pdf.

Koponen, J. 2010. Alipaineistuksen merkitys työmaan puhtaudenhallinnassa. Sisäilmayhdistys. Viitattu 12.4.2012.
http://www.sisailmayhdistys.fi/files/attachments/ailan_lisaykset/alipaineistuksen_merkitys_puhtaudenhallinnassa._juhani_koponen.pdf

Korhonen, E. 2011. Puhtauspalvelut ja työympäristö. Ostettujen siivouspalveluiden laadun mittausmenetelmät ja laatu sekä siivouksen vaikutukset sisäilman laatuun, tilojen käyttäjien kokemaan terveyteen ja työn tehokkuuteen toimistorakennuksissa. Jyväskylän yliopisto. Väitöskirja.

Kulmala, I., Riipinen, H., Säämänen, A. & Welling, I. 2004. Pölyntorjunta. VTT. Viitattu 18.1.2011. <http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/polyverkko/pace.pdf>.

Møhlhave L., Schneider T., Kjaergaard S.K., Larsen L., Norn S. & Jorgensen O. 2000. House dust in seven Danish offices. Atmospheric Environment 34: 28:4767-4779.

RT 07-10946. 2009. Sisäilmastoluokitus 2008, Sisäympäristön tavoitearvot, suunniteluohjeet ja tuotevaatimukset.

RT 07-10805. 2003. Terveen talon toteutuksen kriteerit, kriteerit ja ohjeet toimitilarakentamiselle.

RT 91-10970. 2009. Puhtauden hallinnan huomioonottaminen rakennussuunnittelussa.

RT RakMK-21503. 2011. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet 2012.

Rakennusliitto –verkkosivut.

http://www.rakennusliitto.fi/terveena_tyolamassa/tyosuojelu/polytyypit/

Rakennustoimisto Alonen Oy 2008. Verkkosivut. <http://www.alonenoy.fi/>. Viitattu 19.4.2012.

Rantama M. Terveen talon rakennustekniikka, sisäilmasto ja laatu. Esiselvitys asiakastarpeista ja liiketoimintamahdollisuuksista. Kirjassa: Säteri J (toim.): Sisäilmastoseminaari 18-19.3.1998, Espoo, SIY raportti 11, s 33-40.

Ritaranta, S. 2010. Työterveyslaitoksen verkkosivut.

http://www.ttl.fi/fi/toimialat/rakennus/turvapakki/vaaralliset_aineet/polyt_mikrobit/betonipoly/Sivut/default.aspx. Viitattu 18.1.2012.

SFS-EN 481. 1994. Workplace atmospheres. Size fraction definitions for measurement of airborne particles. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 12.5.2009.

[Http://www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), Nelli-portaali, SFS Online.

SFS-EN 1822-1. 2009. High efficiency air filters (EPA, HEPA and ULPA). Part 1: Classification, performance testing, marking. Viitattu 23.4.2012. [Http://www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), Nelli-portaali, SFS Online.

STT 2009. Sisäilmahaitat pahenevat monessa kunnassa. Helsingin Sanomat 4.4.2012.

Viitattu 13.4.2012.

[Http://www.hs.fi/kotimaa/Sisailmahaitat+pahenevat+monessa+kunnassa/a1305559244327](http://www.hs.fi/kotimaa/Sisailmahaitat+pahenevat+monessa+kunnassa/a1305559244327)

Sisäilmayhdistys ry. 2008. Terve Talo -kriteerit. Viitattu 13.1.2012.

http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/sisailmasto/terve_talo__kriteerit

Säteri, J. 2008. Sisäilmastoluokitus 2008, sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset, Sisäilmayhdistys ry., Rakennustietosäätiö, RAKLI – SAFA – SKOL.

Terveen talon toteutuksen kriteerit, Kriteerit ja ohjeet toimitilarakentamiselle. Sisälmapas 6, Sisäilmayhdistys ry, SIY Sisäilmatieto Oy. Espoo 2003

Työturvallisuuskeskus TTK. 2008. Hiekkapöly poissa keuhkoista. Iisalmi 2008.

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 26.3.2009/205.

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2009/20090205>

Väänänen, V. 2009. Alveolijakeinen kvartsi – sen keräys, analysointi ja hallinta. Työterveyslaitoksen esitys. Viitattu 8.2.2012.

Ympäristöministeriö 2010. Kosteus- ja hometalkoiden jättityömaa käyntiin. Tiedote Ympäristöministeriön verkkosivuilla 30.9.2010. Viitattu 13.4.2012.

LIITTEET

Liite 1. Tiedoksianto työmaalle ilman hiukkaspitoisuusmittauksesta

Opinnäytetyö –ilman hiukkaspitoisuuden mittaus Jyvä-Ylen työmaalla



Risto-Matti Oinonen
 Jyväskylän ammattikorkeakoulu,
 palvelujen tuottamisen ja johtamisen ko.
 p. 040-5964237
 rm.oinonen@gmail.com

Olen tekemässä opinnäytetyötä aiheesta, joka käsittelee rakennussiivouksessa käytettäviä menetelmiä ja niiden vertailua työntekijän työturvallisuuden sekä rakennuttajan näkökulmasta kustannustehokkuuden osalta. Opinnäytetyö tehdään Jyväskylän ammattikorkeakoululle ja sen toimeksiantajana toimii TPA Andersson Oy. Opinnäytetyön on tarkoitus olla valmis toukokuun aikana.

Työn yhtenä pääosiona on ilman hiukkaspitoisuuden mittaus, johon Jyvä-Ylen (Matarankatu 6) työmaan 3. kerros sopisi hyvin. Ilman hiukkaspitoisuuden mittaus on tavoitteena suorittaa yhtenä päivänä mielellään viikkojen 7-8 välillä eli 13.-24.2.2012. Aikaa tutkimukseen menee arviolta noin 4-5 tuntia, ellei ongelmia synny laitteiden tai muun logistiikan kanssa.

Mittauksessa vertaillaan pölynimurilla sekä harjalla suoritettavaa siivousta, joka käytännössä tarkoittaa sitä, että laitan hiukkaspitoisuusmittarin käyntiin ja siivoan yhden huoneen imurilla ja toisen harjalla. Tutkimuksen luotettavuuden takia tämä tarvitsee kuitenkin suorittaa kolme kertaa, joten tarvitsisin työmaalta käyttööni yhteensä kuusi samanlaista tilaa, jossa puhtaustason lähtötilanne olisi mahdollisimman sama.

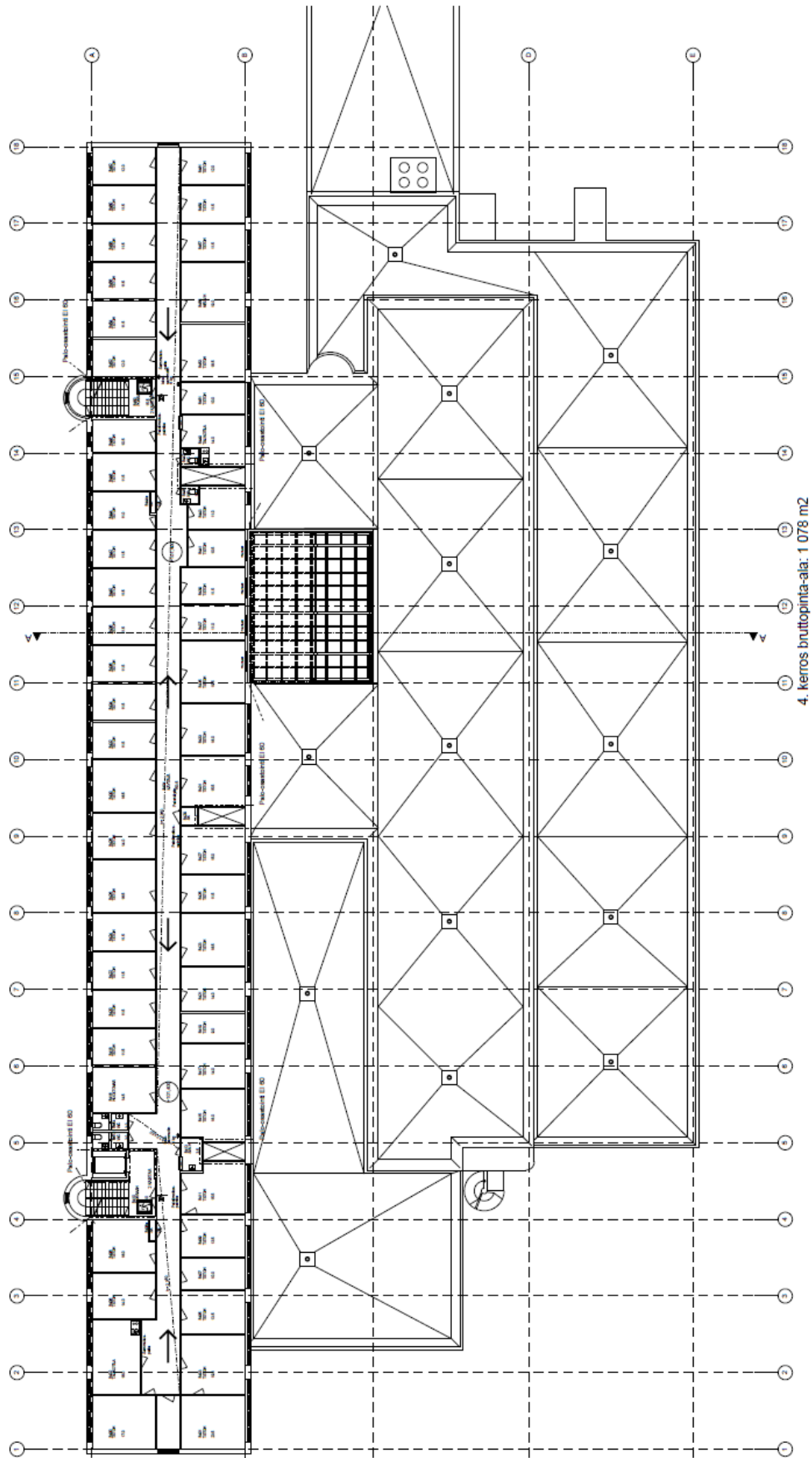
Siivouksen ja mittaukset suoritan itse ja tutkimusasetelmassa käyttämiäni laitteita ja siivousvälineitä en tarvitse työmaan puolesta, vaan tuon ne itse mukani mukaan lukien teollisuusimuri.

Työmaalta pyytäisin siis seuraavaa:

- 6 samassa työvaiheessa olevaa tilaa, joissa pinta-ala ja pohjaratkaisu mahdollisimman samat
- Tutkittavien tilojen tulisi olla pinnoittamattomat eli betonipinnoillaan sekä puhtaudeltaan yhtäläiset
- Työrauha kyseisissä tiloissa n. 4-5 tunnin ajaksi

Olen vielä yhteydessä rakennusmestariin käytännön asioissa ja tarkasta päivästä, joka sopisi parhaiten myös työmaan aikatauluun. Tulisni mielelläni myös tutustumaan etukäteen tiloihin jonain sovittuna päivänä. Jos tällainen asetelma sopisi työmaalle, olisin hyvin tyytyväinen ja kiitän jo etukäteen yhteistyöstä.

Liite 2. Jyvä-Ylen työmaan 4. kerroksen pohjakuva (Arkkitehtipalvelu Oy. 2011.)



Liite 3. Kuvia huoneista ennen ja jälkeen siivouksen

Kuvia ensimmäisestä pölynimurilla tutkittavasta huoneesta ennen (1. palsta) ja siivouksen jälkeen (2. palsta)



Kuvia kolmannesta imurisiivouksesta
ENNEN **JÄLKEEN**

