

LAB-ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Rakennustuotannon suuntautumisvaihtoehto

Jere Naakka

**Pölynhallintasuunnitelma
taalle**

betonielementtiteh-

Opinnäytetyö 2020

Tiivistelmä

Jere Naakka

Pölynhallintasuunnitelma betonielementtitehtaalla, 30 sivua, 1 liite

LAB-ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Rakennustuotannon suuntautumisvaihtoehto

Opinnäytetyö 2020

Ohjaajat: lehtori Leena Jormanainen, LAB-ammattikorkeakoulu,
tehtaanjohtaja, Janne Vilve, Sora ja Betoni V. Suutarinen Oy
tehdaspäällikkö, Juho Suutarinen, Sora ja Betoni V. Suutarinen Oy

Tämän opinnäytetyön tavoite oli luoda konkreettinen pölynhallintasuunnitelma betonielementtitehtaalle. Opinnäytetyön teoriaosuudessa käydään läpi pölynhallintaa koskevat lait, betonielementtitehtaan yleisimmät pölytyypit, betonielementin valmistuksen keskeiset työvaiheet sekä alan kirjallisuudesta löytyvät pölynhallintakeinot. Opinnäytetyö on ajankohtainen koska syöpävaarallisten tekijöiden arvot tarkentuva ja tulevaisuudessa työntekijän hyvinvointiin panostetaan enemmän.

Opinnäytetyössä kartoitettiin betonielementtitehtaan nykytilanne. Kartoituksessa selvitettiin keskeiset työmenetelmät, käytössä olevat pölynhallinnan toimenpiteet sekä niiden riittävyys. Nykytilanteen arviointia varten ulkopuolinen taho suoritti pölynmittaukset, joissa mitattiin hengittyvää pölyä, kvartsipölyä sekä puupölyä. Ensimmäisen mittauksen jälkeen suunniteltiin uusia pölynhallintatoimenpiteitä sekä kehitettiin olemassa olevia toimenpiteitä. Näiden toimenpiteiden jälkeen sama ulkopuolinen taho suoritti uudet pölymittaukset. Toisen mittauksen jälkeen arvioitiin tehtyjen pölynhallintatoimenpiteiden vaikutuksia ja riittävyyttä. Tämän lisäksi pohdittiin mahdollisia pölynhallinnan lisätoimenpiteitä pölyn hallitsemiseksi.

Asiasanat: puupöly, kvartsipöly, betonipöly

Abstract

Jere Naakka

Dust Management Plan, Number of Pages 30, Number of Appendices 1

LAB University of Applied Sciences

Technology, Lappeenranta

Civil and Construction Engineering

Specialisation in Building production

Bachelor's Thesis 2020

Instructors: Ms Leena Jormanainen, Lecturer, LAB University of Applied Sciences

Mr Janne Vilve, Factory manager, Sora ja Betoni V. Suutarinen Oy

Mr Juho Suutarinen, Unit manager, Sora ja Betoni V. Suutarinen Oy

The purpose of this thesis was to examine dust in a precast concrete factory and create a dust control plan for the factory. The commissioner of the thesis was Sora ja Betoni V. Suutarinen Oy. The study examined wood, quartz and concrete dust. The dust control plan contained work methods and maintenance of tools to prevent dust flow into the air on workspaces.

Data for this study was collected twice by an external expert. After the first dust measurement, a plan for dust control was made. The plan contained improvements in work methods and in tools. After these improvements more dust measurements were made.

As a result of this project dust levels dropped in many areas. Improvements affected dust levels, but further study is needed for the woodwork area to lower the exposure of the individual worker. The findings helped the assigner company to develop their working environment.

Keywords: wood dust, quartz dust, concrete dust

Sisällys

1	Johdanto	5
2	Lainsäädäntö	6
3	Haitalliseksi tunnettujen pitoisuuksien arvot.....	6
4	Betonielementtirakentaminen ja betonielementtitehdas.....	7
5	Pölytyypit	8
5.1	Kiteinen piidioksidi	8
5.2	Betonipöly	9
5.3	Puupöly.....	9
5.4	Eristevillapölyt.....	10
6	Pölynhallinta	11
7	Pölynhallintasuunnitelma	13
8	Nykytilanne	13
9	Tutkimusprosessi.....	15
9.1	Tutkimussuunnitelma ja -menetelmät	15
9.2	Pölynhallinnan toimenpiteet	19
10	Tutkimustulokset.....	21
10.1	Elementtitali	21
10.2	Viimeistelypää	23
10.3	Puutyötila.....	24
10.4	Yhteenveto	25
11	Päätelmät.....	26
	Lähteet.....	28

Liitteet

Liite 1

Pölynhallinta suunnitelma sisällysluettelo

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on saada konkreettinen suunnitelma pölynhallinnan keinoista betonielementtitehtaassa. Työssä kartoitetaan pölytyypit, joita tehtaassa on. Lisäksi pyritään selvittämään käytössä olevat työmenetelmät, jotka aiheuttavat pölyä.

Nykytilanteen kartoituksessa käytetään apuna aineistoa aiemmista mittauksista ja haastatellaan tehtaan johtoa sekä asiantuntijoita. Alkukartoituksen jälkeen keskitytään suurimpiin esille tulleisiin pölynlähteisiin, joita pyritään vähentämään työsuunnitelmalla. Työsuunnitelma pölyn vähentämiseksi sisältää apuvälineitä sekä vaihtoehtoisia työmenetelmiä.

Opinnäytetyön tarve on työelämälähtöinen ja ajankohtainen, koska tulevaisuudessa työntekijän terveyteen ja hyvinvointiin panostetaan entistä enemmän. Pölynhallinnalla pyritään vähentämään sairauslomapäiviä sekä lisäämään viihtyvyyttä työpaikalla. Tilaaja haluaa ennakoida vuonna 2020 tiukkenevia syöpävaurallisten aineiden raja-arvoja ja kartoittaa nykytilannetta.

Tämän opinnäytetyön tilaaja on Sora ja Betoni V. Suutarinen Oy. Opinnäytetyö tehdään betonielementtitehtaalla Mäntyharjulla Etelä-Savossa. Sora ja Betoni V. Suutarinen Oy on osa Suutarinen-yhtiöt yhtiöryhmää, johon kuuluu betoniteollisuuden lisäksi talonrakennusta ja maarakennusta harjoittava Maarakennus Suutarinen Oy. Sora ja Betoni V. Suutarinen Oy tuottaa betonielementtejä asuin-, toimitila- sekä teollisuusrakentamiseen Mäntyharjulla Etelä-Savossa. Mäntyharjun betonielementtitehdas aloitti toimintansa 1997.

2 Lainsäädäntö

Työturvallisuuslaki (23.8.2002/738) ohjaa pölynhallintaa. Lain tarkoitus on parantaa työympäristöä ja olosuhteita, jotta työntekijät pysyvät työkuntoisina sekä ennaltaehkäistä ammattitauteja, työtapaturmia sekä muita henkisiä tai fyysisiä haittoja. Työnantajan yleinen huolehtimisvelvollisuus 8 § velvoittaa työnantajaa huolehtimaan työntekijöiden turvallisuudesta ja terveydestä työssä tarpeellisin toimenpitein. Muut tärkeät opinnäytetyötä koskevat lakipykälät ovat:

- 9 § Työnsuojelun toimintaohjelma
- 10 § Työn vaarojen selvittäminen ja arviointi
- 12 § Työympäristön suunnittelu
- 14 § Työntekijälle annettava opetus ja ohjaus
- 15 § Henkilösuojainten, apuvälineiden ja muiden laitteiden varaaminen käyttöön
- 17 § Työnantajan ja tekijöiden välinen yhteistoiminta
- 18 § Työntekijän yleiset velvollisuudet
- 19 § Vikojen ja puutteellisuuksien poistaminen ja niistä ilmoittaminen
- 20 § Henkilösuojainten käyttö ja soveltuva työvaatetus
- 32 § Työpaikan rakenteellinen ja toiminnallinen turvallisuus ja terveys
- 33 § Työpaikan ilmanvaihto ja työhuoneen tilavuus
- 37 § Ilman epäpuhtaudet
- 63 § Työturvallisuusrikkomus

3 Haitalliseksi tunnettujen pitoisuuksien arvot

Sosiaali- ja terveysministeriö on julkaissut asetuksessaan haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista eli HTP-arvoista arvioita työntekijöiden altistumisesta hengitysilman pienimmistä pitoisuuksista, jotka voivat aiheuttaa vaaraa työntekijöiden turvallisuudelle, terveydelle tai lisääntymisterveydelle (29.11.2011/1213). HTP-arvoja voidaan vaikutusten mukaan jakaa eri mittaisille ajanjaksoille. HTP-arvot ovat yleensä pitoisuuksien kahdeksan tunnin aikapainotettuja keskiarvoja (HTP_{8h}). HTP_{8h}-arvo voi ylittyä lyhyempinä aikoina, jos arvo ei ylitä kahdeksan tunnin keskiarvoa. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2018, 11-12.)

Tietyille aineille on annettu hetkellisen pitoisuuden HTP-arvo. Tällaisissa tapauksissa kyse on yleensä nopeasta vaikutuksesta, kuten äkillisestä myrkyllisyydestä, ärsytyksestä, huumaavasta tai väsyttävästä vaikutuksesta. Hetkellisen pitoisuuden arvot ovat kategoriassa HTP_{15min} eli aineen, jolla katsotaan olevan 15 minuutin aikajaksolla terveysvaikutuksia. Kyseisiin HTP_{15min}-pitoisuuksiin on merkattu huomautus `kattoarvo`. Kattoarvo on arvo, joka ei saa ylittyä työvuoron aikana. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2018, 11–12.)

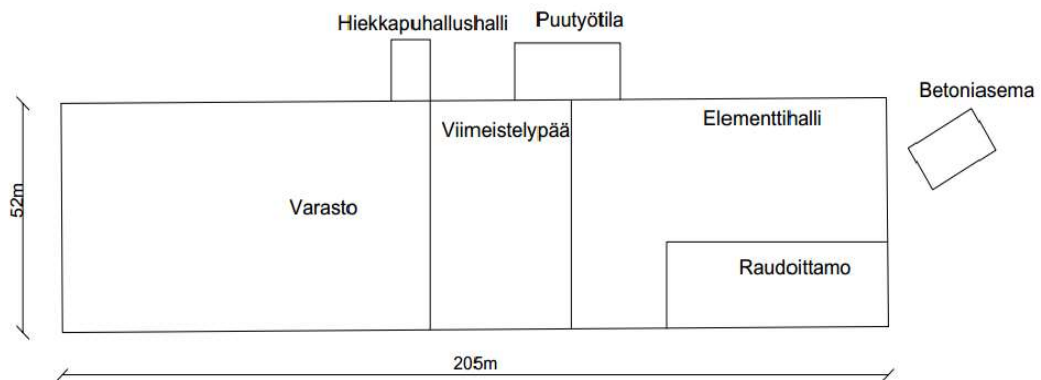
4 Betonielementtirakentaminen ja betonielementtitehdas

Betonielementtirakentaminen on yleisin tapa toteuttaa useampi kerroksisia asuin-, liike- ja julkisten rakennusten sekä teollisuus- ja varistorakennusten runkoja Suomessa. Betonielementtien valmistuksen ensimmäisen vaiheen keskeisiä työvaiheita ovat muotin ja laitojen puhdistus, muotin kokoaminen ja valmistelu, muotitiöljyn tai pintahidasteen levitys, alemman kuoren raudoitus ja varustelu, alemman kuoren valu ja tiivistys. Toisen vaiheen keskeisiä työvaiheita ovat eristeiden ja ansaiden asennus, päällimmäisen kuoren varustelu ja raudoitus, päällimmäisen kuoren valaminen ja tiivistys, kuoren pintakäsittely ja jälkihoito. Elementin valmistuksen loppuvaiheen työvaiheet ovat muotinpurku, elementin nosto muotista, elementin viimeistely ja tarkastus, siirto varastoon ja viimeisenä pakkaaminen ja toimitus työmaalle. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2004, 441, 468.)

Sora ja Betoni V. Suutarisen elementtitehdas jakautuu karkeasti seitsemään osaan (Kuva 1):

- betoniasema, jossa valmistetaan betonia ja varastoidaan raaka-aineita
- elementtitali, jossa valmistetaan betonielementit
- puutyötila, jossa valmistetaan muottien osia, aukkoja sekä muuta puusta valmistettua elementtien varustelua
- viimeistelypääty, jossa valmiit elementit viimeistellään ja pakataan
- hiekkapuhallushalli
- varasto

- raudoittamo, jossa valmistetaan kehärautoja, hakasia sekä muita elementtien raudoitukseen kuuluvia osia.



Kuva 1. Periaatekuva keskeisistä työalueista.

Betoniasema on rajattu pois opinnäytetyöstä, koska betoniasema on erotettu muusta tehtaasta omaksi yksikökseen.

5 Pölytyypit

5.1 Kiteinen piidioksidi

Kiteistä piidioksidia on luonnossa kolmea tyyppiä, jotka voidaan jakaa karkeakiteiseksi, mikrokiteiseksi sekä amorfiseksi. Yleisimmät luonnossa esiintyvät kiteiset piidioksidit ovat kvartsi, kristobaliitti sekä tridymiitti. Kiteisestä piidioksidista käytetään jatkossa nimitystä kvartsipöly. Kvartsia esiintyy suuria määriä kivissä, hiekoissa sekä maa-aineksissa. Rakennusteollisuus käyttää suuria määriä kvartsipitoisia tuotteita kuten tiiltä, laastia, tasoitteita, kiveä, soraa sekä betonia. Kiteisten alveolijakoisten piidioksidien HTP_{8h} -arvo on $0,05 \text{ mg/m}^3$. (Työterveyslaitos 2010c.) Alveolijakeella tarkoitetaan pieniä hiukkasia, jotka kulkeutuvat keuhkorakkuloihin saakka (Ratu 1225-S, 21).

Kvartsia tuotetaan Suomessa noin 200 000 tonnia vuodessa. Betoni sisältää kvartsia, joka suurilta osin on peräisin betonin valmistuksessa käytettävästä maa-

aineksesta. Betonielementtiteollisuudessa kvartsipölylle altistutaan betonin hionnassa, hiekkapuhalluksessa, elementtien purussa sekä muottien putsauksessa. (RatuTT 13.14, 6.)

Pitkäaikainen altistuminen kvartsipölylle lisää riskiä sairastua silikoosiin eli kivi-pölykeuhkosairauteen. Kyseiselle pölylle altistuminen lisää myös keuhkosyöpä-riskiä sekä keuhkohtaumataudin sairastumisen riskiä. (RatuTT 9.11, 2.)

5.2 Betonipöly

Valtaosa rakentamisessa syntyvästä pölystä on betonipölyä. Betonipölyä vapautuu ilmaan betonin valmistuksesta sekä viimeistelystä. Betoni koostuu kiviaineksesta, vedestä, sementtiliimasta sekä lisäaineista. (RatuTT 13.14, 7.) Betonipölyssä kvartsia on 15-40 % riippuen käytettävästä kiviaineksesta (Kalliokoski ym. 1992). Koska betonipölylle ei ole omaa haitalliseksi tunnettua pitoisuutta, käytetään betonipölylle soveltavaa epäorgaanisen hengittyvän pölyn HTP_{8h}-arvoa 10 mg/m³ (Sosiaali- ja terveysministeriö 2018, 69). Hengittyvällä pölyllä tarkoitetaan hiukkaskokoa, joka kulkeutuu nenän ja suun kautta elimistöön (Sosiaali- ja terveysministeriö 2018, 17).

Betonipölyä syntyy monissa betonielementin valmistuksen työvaiheissa, joista merkittävimmät ovat elementin irrotus muotista, muottien puhdistus, elementin työstö- ja hiontatyöt sekä siivous- ja raivaustyöt. Muotinpuhdistuksessa elementin muotti puhdistetaan epäpuhtauksista sekä mahdollisista valuroiskeista. (RatuTT 13.14, 6.)

Betonipöly on emäksistä, joten se ärsyttää hengitysteitä sekä ihoa. Betonin valmistukseen tarvittavassa kiviaineksessa on kvartsia, joten myös betonipöly sisältää sitä. (RatuTT 9.11, 2.)

5.3 Puupöly

Puupöly koostuu ligniinistä, selluloosasta sekä hemiselluloosasta. Puu sisältää satoja erilaisia kemiallisia yhdisteitä. Kemialliset yhdisteet riippuvat puulajikkeesta. Näitä yhdisteitä ovat esimerkiksi rasvahapot, hartsihapot, tanniinit ja flavonoidit. Suomessa yleisimmät teollisuudessa käytetyt puulajit ovat mänty ja kuusi. Puupölyä vapautuu ilmaan puuntyöstöstä kuten katkaisusta ja hiomisesta.

Puupölyn hiukkaskoko riippuu työstettävästä puulajista, työmenetelmästä sekä puun kosteudesta. Puupölyhiukkasten koko vaihtelee alle 5 µm:n hiukkasista yli 10 µm:n hiukkasiin. Pienimmät hiukkaset kulkeutuvat keuhkoihin. (Työterveyslaitos 2010d.) Puupölyn HTP_{8h}-arvo on 2 mg/m³ (Sosiaali- ja terveysministeriö 2018, 47).

Kovapuusta, kuten tammesta syntyy työstettäessä kovapuupölyä, joka on syöpävaarallista. Kovapuupölyn raja-arvo on 5 mg/m³. (Valtioneuvosto 2000.) Rakennusteollisuudessa käytetään etupäässä suomalaisia havupuulajeja eikä kovapuulajeja (Työterveyslaitos 2010).

Puupöly aiheuttaa hengitysteiden ärsytystä, ihoärsytystä sekä ihottumaa. Kovapuupölyn terveyshaitat ovat samat kuin puupölyllä mutta niiden lisäksi kovapuupöly lisää syöpäriskiä. (RatuTT 9.11, 2.)

5.4 Eristevillapölyt

Betonielementtien valmistukseen kuuluu myös lämmön- sekä ääneneristys. Yleensä eristystyössä käytetään mineraalivillaa. Jossain tapauksissa käytetään myös EPS- tai polyuretaanieristettä. Mineraalivillasta yleisin betonielementtirakentamisessa on kivivilla. (Elementtisuunnittelu.fi.) Mineraalivillojen HTP_{8h}-arvo on 1 mg/m³ (Sosiaali- ja terveysministeriö 2018, 42).

Eristevillojen valmistuksessa käytetään sideaineita, joilla eristekuidut sidotaan yhteen. Tällaisia sideaineita ovat esimerkiksi fenoliformaldehydihartsit. (Työterveyslaitos 2010a.) Fenolin HTP_{8h}-arvo on 8 mg/m³ (Sosiaali- ja terveysministeriö 2018, 31). EPS- ja polyuretaanieristeiden raaka-aineita ovat isosyaaniitti, polyoli ja ponneaine (Pu-eristeet). Isosyaaniitit ovat reaktiivisia yhdisteitä, jotka ne aiheuttavat terveyshaittoja. Reaktiiviset yhdisteet aiheuttavat yliherkkyyssairauksia, kuten astmaa ja allergista kosketusihottumaa. (Työterveyslaitos 2010b.) Isosyaaniitin HTP_{15min}-arvo on 0,035 mg/m³ (Sosiaali- ja terveysministeriö 2018, 34).

Epäorgaanisten mineraalikuitujen, kuten kivivillan terveyshaittoja ovat ihon sekä silmien ärsytys. Lisäksi mineraalivillaeristeiden pöly voi aiheuttaa hengitysteiden ärtymistä. (RatuTT 9.11, 2.)

6 Pölynhallinta

Pölyn muodostumisen estäminen

Työmenetelmillä voidaan vaikuttaa pölyn syntymiseen. Tiilien ja kivilaattojen katkaisuun tulee käyttää soveltuvia katkaisulaiteita, jotka synnyttävät vain vähän pölyä, kuten laikkaleikkurilla, jossa on kastelujärjestelmä. Eristetuotteissa pölyämistä voidaan estää käyttämällä sopivan mittaisia ja päällystettyjä tuotteita sekä välttämällä eristeen työstöä. Pölyävien materiaalien työstö on pyrittävä siirtämään paikkaan, jossa pölyn leviämistä voidaan estää esimerkiksi osastoimalla. Pölyävä jäte tulee kuljettaa pois niin, etteivät muut työntekijät altistu pölylle. Pölyävissä työvaiheissa käytetään pölyttömiä katkaisumenetelmiä, kuten kuuma-lankaleikkaus EPS- ja polyuretaanieristeille sekä esivalmistettuja materiaaleja. (RatuTT 13.14, 15.)

Yleispoisto ja osastointi

Yleispoistolla tarkoitetaan yleisilmanvaihdon tehostamista siten, että pölyn määrä ilmassa vähenee. Yleispoistossa ilmaa imetään pölysuodattimilla varustetulla ilmanpuhdistajalla ja poistoilma johdetaan ulkoilmaan putkia tai muovisukkaa myöden. Yleispoisto ei ole riittävä ratkaisu yksinään vähentämään pölylle altistumista. (RatuTT 13.14, 15.)

Osastoinnissa tila rajataan ilmastollisesti muista tiloista. Tilan osastointi onnistuu käyttämällä hyväksi jo olemassa olevia rakenteita sekä kevyitä lisärakenteita. Jotta osastointi olisi toimiva ratkaisu, osastoitu tila alipaineistetaan. Tila alipaineistetaan omalla alipaineistuslaitteistolla. Alipaineistuksella saadaan manipuloitua ilmavirtoja siten, että puhdasilma tulee osastoituun tilaan tuloilma-aukoista ja likainen ilma imaistaan ilmanpuhdistimen kautta pois. Alipaineistuslaite ja tuloilma-aukot on sijoitettu siten, että ilma vaihtuu mahdollisimman hyvin ja että likainen ilma ei leviä osastoinnista muihin tiloihin. Osaston sisällä pölyn poistoa voi tehostaa kohdepoistoilla sekä korkeapaineisella kohdepoistolla varustetuilla työvälineillä. (RatuTT 13.14, 15.)

Kohdepoistot

Mekaanisessa työstössä kohdepoistolla estetään pölyn leviäminen. Työssä vapautuva pöly otetaan talteen tehokkailla pölynerottimilla, jotka on varustettu hieno- sekä HEPA H13 -suodattimilla. Kohdepoistomenetelmät jaotellaan laitteiden ja niiden muodostaman alipaineen mukaan matala- tai korkeapaineisiin järjestelmiin.

Matalapaineisessa kohdepoistossa työtilan välittömään läheisyyteen sijoitetaan HEPA H13 -suodattimella varustettuun ilmanpuhdistajaan liitetty karkeasuodattimella varustettu pölynkerääjä. Tähän voidaan käyttää osastoinnin alipaineistukseen ja ilmanpuhdistukseen tarkoitettuja laitteita.

Korkeapaineisessa kohdepoistossa käytetään kevyitä rakennusimureita tai suurempia keskuspölynimurijärjestelmiä. Pölynimuri varustettuna esierottimella ja HEPA H13-suodattimella liitetään työstökoneeseen, kuten hiomakoneeseen tai sahaan. Korkeapaineista kohdepoistoa voidaan käyttää myös siivouksessa. Esierottimella estetään imurien suodattimien tukkeutuminen ja lisätään imurin pölynvaraus- ja suorituskykyä. (RatuTT 13.14, 16.)

Henkilökohtaiset suojaimet sekä siivous

Hengityksen- ja silmänsuojainten tulee olla CE-merkittyjä. Näillä suojaimilla suojaudutaan kvartsi-, betoni- ja puupölyltä. Pölyävien työvaiheiden aikana on käytettävä P2-, P3- tai P3/A2- luokan suodattimella varustettua moottoroitua kokotai puolinaamaria tai eristävää naamaria. Suojaimen valinta riippuu terveydelle vaarallisesta aineesta. P2-luokan suodatin suojaa haitalliselta pölyltä, jonka hiukkaskoko on yli 0,3 µm. Muita käytettäviä suojaimia ovat käsineet, suojavaatetus, silmänsuojaimet sekä korvatulpat tai kuulosuojaimet melutason mukaan. (RatuTT 13.14, 12.) Pölyämisen kannalta suositeltava siivousratkaisu on keskuspölynimuri. Siivousmenetelmät tulisi valita siten, etteivät ne nosta pölyä ilmaan. Kivi- ja puuharjaukset kasvattaa pölyn määrää ilmassa, kun taas rakennusimurien ja keskuspölynimurien käytöllä pölypitoisuudet ilmassa alenevat ja pölyaltistumista voidaan merkittävästi vähentää. (RatuTT 13.14, 16.)

Vesisumutus

Vesisumutuksessa ilmaan suihkutetaan pieniä vesihiukkasia, jotka tarttuvat pölyhiukkasiin (Riipinen 2019). Diffuusio- ja törmäysvaikutuksen sekä sähköisten voimien ansiosta pölyhiukkaset kiinnittyvät vesipisaroihin. Näiden ilmiöiden yhteisvaikutuksesta ilmassa olevien hiukkasten koko kasvaa, ne kokoontuvat, sekä niiden laskeutumisnopeus kasvaa, jolloin ne laskeutuvat maahan nopeammin. (Enbom ym. 1996.)

7 Pölynhallintasuunnitelma

Opinnäytetyön teoriaosuuteen ja tutkimukseen pohjautuen työn tuotokseksi tehtiin pölynhallintasuunnitelma Sora ja Betoni V. Suutarinen Oy:n käyttöön. Kirjallinen työohje luovutetaan tilaajan käyttöön ja tilaajalla on oikeus päivittää suunnitelmaa.

Opinnäytetyön tilaaja halusi konkreettisen kirjallisen suunnitelman, joka sisältää esimerkiksi työohjeita pölynhallintaan liittyen. Kuten jo aiemmin on todettu työnantajan yleinen huolehtimisvelvollisuus 8 § velvoittaa työnantajaa huolehtimaan työntekijöiden turvallisuudesta ja terveydestä työssä tarpeellisin toimenpitein (23.8.2002/738). Tämän lisäksi tilaaja haluaa ennakoida syöpävaarallisten aineiden tiukkenevia raja-arvoja.

Pölynhallintasuunnitelma on kirjallinen ohje, jolla pyritään vähentämään työntekijöiden altistumista pölylle. Ohje sisältää konkreettisia työskentely tapoja, ehkäiseviä toimia sekä ohjeita laitteiston kunnossapidosta ja käytöstä. Ohjeessa on eritelty työalueittain alueelle oleellimmat toimet sekä yleiset siivousta koskevat työohjeet.

8 Nykytilanne

Tämä luku perustuu tehtaanjohtaja Suutarisen (2019) kuvaukseen nykytilanteesta. Hänen mukaansa betonielementtitehtaalla ei ole varsinaista pölynhallin-

tasuunnitelmaa, mutta tehtaalla on pyritty noudattamaan Betonikeskus ry:n julkaisemaa Betoniteollisuuden kvartsipölyohjetta. Ohjetta on pyritty seuraamaan, mutta tietyiltä osin ohjetta ei ole noudatettu.

Tällä hetkellä kohteessa keskeisin käytössä oleva pölyhallintamenetelmä on keskuspölyimurijärjestelmä, jossa on useita päätteitä eri työalueilla. Kyseinen keskuspölyimurijärjestelmä on käytössä elementtihallissa, raudoittamossa sekä viimeistelypäässä. Järjestelmään ei ole olemassa pölynimurointiin sopivaa laitteistoa. Puutyötilassa on katkaisusahoilla sekä sirkkeleillä omat erilliset kohdepoistot. Kohteessa on muutamia erillisiä liikuteltavia keveitä imureita.

Elementtimuottien puhdistus tapahtuu lakaisuharjalla ja lastalla. Muotista irtoava betonijäte sekä pöly kerätään ämpäriin ja siitä siirretään erilliseen jäteastiaan, joka kuljetetaan loppusijoituspaikalle. Tarpeen vaatiessa muotti puhdistetaan puhdistuslaikallisella kulmahiomakoneella.

Eristeiden työstämiseen käytetään vannesahoja. Vannesahoilla on omat kohdepoistot. Eristepalat, jotka eivät mene käyttöön kerätään muovisäkkeihin ja säkit suljetaan. Kovat eristeet, kuten EPS- sekä polyuretaanieristeet jatkojalostetaan energijätteeksi. Kivivillan leikkausjäte sekä ylijäämäpalat säkitetään ja villatoimittaja noutaa villasäkit kierrätykseen.

Viimeistelypäässä elementtien hiontaa suoritetaan kulmahiomakoneilla, joissa on timanttihiontalaikka. Lisäksi kulmahiomakoneisiin on lisälaitteena komponentti, johon voidaan liittää kohdepoiston letku. Komponentin tarkoitus on ohjata hionnasta irtoavaa pölyä kohdepoistolle sekä estää pölyn leviämistä ympäristöön. Suurimpia elementin epätasaisuuksia poistetaan piikkaamalla ja piikatessa käytetään poravasaroita, joissa ei ole liitintää kohdepoistolle.

Loppusiivous suoritetaan pääasiassa harjoilla, vaikka tehtaalla on olemassa kohdepoistot ja letkuja. Siivoukseen ja imurointiin soveltuvia päätteitä ei ole. Tehtaalla on yksi ajettava lakaisukone, jolla kerätään käytäville kertynyt pöly pois.

Jokaisella työntekijällä on mahdollisuus ja velvollisuus käyttää keveitä henkilökohtaisia kertakäyttöisiä hengityssuojaimia. Hengityssuojainten suodatinluokka on P2.

Hiekkapuhallushalli on rajattu omaksi yksikökseen. Hiekkapuhallushalli on osastoitu kiinteillä seinillä sekä liukuovilla. Kyseisessä tilassa on yksi puhallin, jolla pyritään vaikuttamaan ilmavirtauksiin siten, ettei hiekkapuhalluksesta syntyvä pöly leviä varastoon tai viimeistelypäähän. Hiekkapuhallusta tekevä työntekijä käyttää luokan P3-suodattimella varustettua moottoroitua hengityksensuojainta. Raudoittamossa on keskupölyimurijärjestelmän yksi pääte. Raudoittamossa keskupölyimuria käytetään siivoukseen.

9 Tutkimusprosessi

9.1 Tutkimussuunnitelma ja -menetelmät

Pölymittaukset suoritti Envimetria Oy:n työhygieenikko Vesa Asikainen. Pölymittauksissa noudatettiin standardien SFS-EN 689 ja SFS-EN 481 (SFS 3860) mukaisia ohjeita. Pölynäytteet kerättiin kiinteästi sijoitetuilla keräimillä (Kuva 2) sekä työntekijäkohtaisilla kannettavilla keräimillä. Hengittyvän pölyn näytteet kerättiin IOM-keräimillä kalvosuodattimille, joista pitoisuudet määritettiin gravimetrisesti eli painoanalyttisesti (Kuva 3).



Kuva 2. Kiinteä keräin viimeistelypäässä.

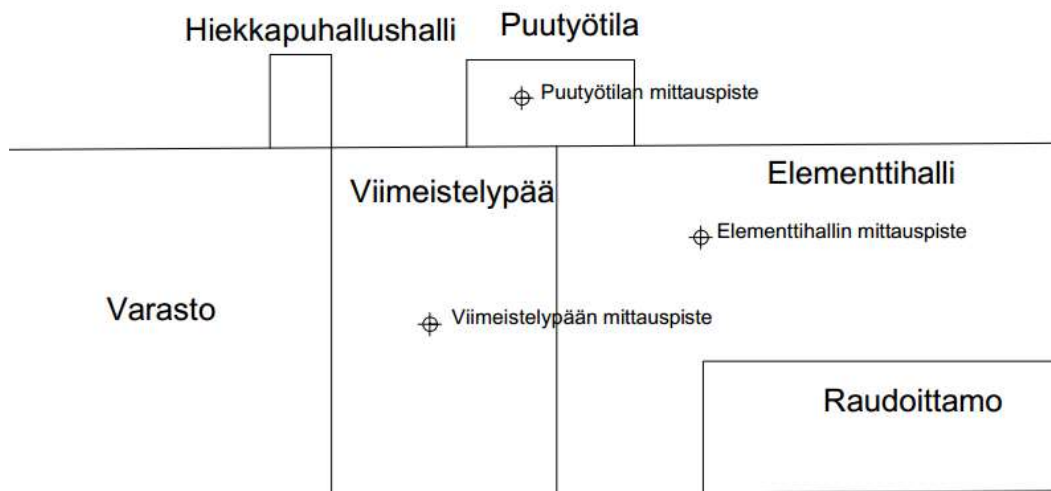


Kuva 3. Hengitysvyöhykkeen IOM-keräin

Hengitysvyöhykkeen näytteet kerättiin SKC:n GS-3 syklonikeräimellä. Syklonikeräimessä karkea pöly erottuu sykloniosassa ja hienopöly eli ns. alveolijae päätyy suodattimelle. Alveolijakeisen pölyn pitoisuus analysoitiin gravimetrisesti eli painon suhteen analyttisesti. Näytteen kvartsipitoisuus analysoitiin infrapunaspektrometrisellä menetelmällä. Tulokset on ilmoitettu milligrammoina kuutiometrissä ilmaa (mg/m^3). (Asikainen 2019.) Infrapunaspektrometrisellä menetelmällä tarkoitetaan molekyylien tutkimusta, jossa tutkitaan molekyylien kykyä absorboida infrapunasäteilyä (Laboratorioanalyysit).

Tutkimuksen HTP-arvojen mittaaminen on kvantitatiivista tutkimusta ja kvalitatiivinen tutkimus on työtapojen vaikutuksen arviointia HTP-arvoihin. Kvantitatiivinen tutkimus tarkoittaa määrällistä tutkimusta, ja pyrkii vastaamaan kysymykseen, miten. Kvalitatiivinen tutkimus tarkoittaa laadullista tutkimusta ja pyrkii vastaamaan kysymykseen, miksi. Tekniikan alan tutkimuksissa tarvitaan molempia, kvalitatiivista sekä kvantitatiivista tutkimusta. (Eskelinen & Karsikas 2014, 16–17).

Kohteessa suoritettiin pölymittauksia kahtena yksittäisenä päivänä. Ensimmäinen mittaus oli 4.4.2019 ennen muutosten tekemistä. Toinen mittaus oli 17.5.2019, jolloin uusia pölyhallintakeinoja oli käytetty noin viikon. Mittauksia otettiin kolmelta työntekijältä hengitysvyöhykkeeltä sekä kolmesta kiinteästä pisteestä noin kahdeksan tunnin ajalta. Hengitysvyöhykkeeltä mitattiin alveolijakeista pölyä. Kiinteistä mittauspisteistä mitattiin hengittyvää pölyä. Mittaus kesti koko työpäivän ajan, jotta saatiin vertailukelpoisia arvoja sosiaali- ja terveysministeriön antamiin $\text{HTP}_{8\text{h}}$ -arvoihin. Työntekijät, joilta otettiin mittaukset hengitysvyöhykkeeltä, työskentelivät puutyötilassa, elementtien valmistuksessa sekä viimeistelypäässä. Kyseisistä työalueista otettiin myös mittaukset kiinteistä mittauspisteistä (Kuva 4). Raudoittamo, varasto sekä hiekkapuhallushalli rajattiin pois tutkimuksesta.



Kuva 4. Kiinteiden mittauspisteiden sijainnit

9.2 Pölynhallinnan toimenpiteet

Mittauskertojen välissä pyrittiin parantamaan työpaikan pölynhallintaa ennalta sovituin menetelmin sekä välinein. Hypoteesi oli, että toisella mittauskerralla pölypitoisuudet ovat vähentyneet.

Ensimmäisten mittausten jälkeen puutyötilassa huollettiin kohdepoistot. Huollossa kohdepoistonsuodattimet puhdistettiin ja katkaisusahoille sekä sirkkeleille menevät kohdepoistoletkut uusittiin. Näillä huoltotoimenpiteillä pyrittiin lisäämään kohdepoistojen imutehoa. Puutyötilassa oli käytössä siirrettävä vesisumutuslaite. Laite oli osan päivää puuverstaassa. Vesisumutuksen toimintaperiaate on, että pienet vesihiukkaset sitovat pölyhiukkasia, jolloin pölyhiukkaskoko kasvaa ja hiukkaset putoavat maahan.

Elementtitehtaan keskuspölynimurijärjestelmä huollettiin, imurin keskusyksikön suodattimet vaihdettiin sekä työpaikalle tilattiin useita kohdepoistojen päätteisiin sopivia letkuja sekä imureita (Kuva 5).



Kuva 5. Kohdepoistoon liitetty imuripääte

Elementtihallista poistettiin kaikki lakaisuharjat ja siirryttiin kuivalastoihin. Aamulla ennen elementtien purkua pöydät puhdistettiin näkyviltä osin yön aikana laskeutuneesta pölystä. Toimenpiteessä käytettiin kuivalastoja sekä uusia imureita. Elementtien purun jälkeen pöydät puhdistettiin lopulta osin lastoin ja imurein. Jos muotin puhdistuksessa jouduttiin käyttämään hiomakonetta, koneeseen liitettiin imuri. Kun elementit olivat valmiita, valupöydät pyrittiin puhdistamaan ennen tärytystä. Tärytyksen todettiin silmämääräisesti nostavan paljon pölyä ilmaan. Tärytässä pöly nousee koko pöydän pinta-alalta ilmaan. Pöytien koot vaihtelevat 27 m²:stä 52 m²:iin. Loppusiivouksessa lattioilta siivottiin kaikki irtonainen lastoin tai käsin. Tämän jälkeen käytävät puhdistettiin vielä lakaisukoneella sekä imureilla.

Viimeistelypäästä poistettiin harjat ja siirryttiin kuivalastoihin. Lisäksi siellä oli osan päivää käytössä siirrettävä vesisumutuslaite (Kuva 6). Viimeistelypään loppusiivouksessa käytettiin myös imureita sekä kuivalastoja.



Kuva 6. Vesisumutuslaite käytössä viimeistelypäässä

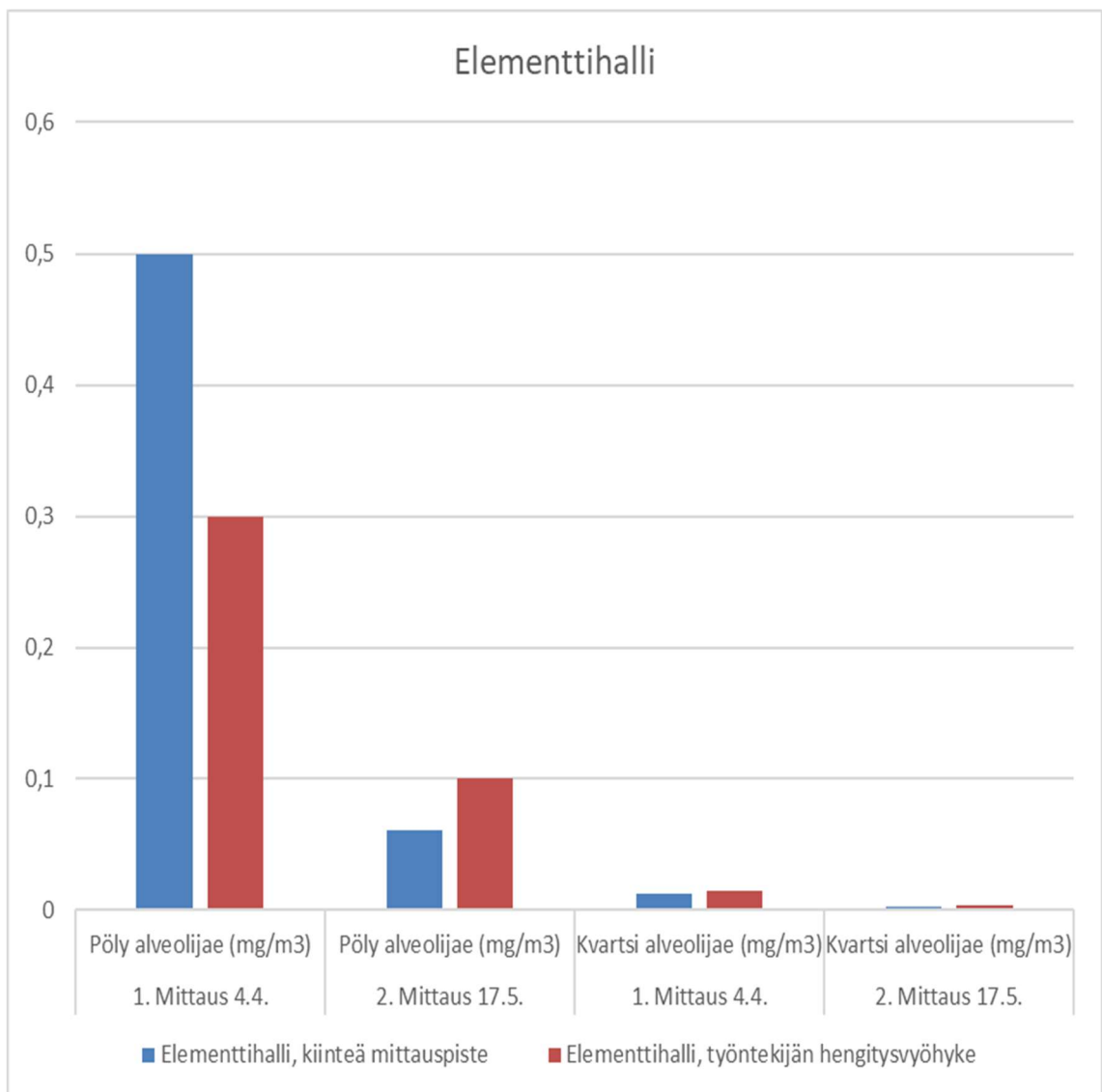
10 Tutkimustulokset

10.1 Elementtihalli

Elementtihallissa työskentelevän työntekijän hengitysvyöhykkeeltä kerättiin $0,3 \text{ mg/m}^3$ alveolijakeista pölyä. Alveolijakeista kvartsia kertyi $0,014 \text{ mg/m}^3$, joka on 29 % kvartsin HTP-arvosta. Työntekijän työtehtäviin kuului vanhojen muottien purku sekä uuden elementin valmistus. Keskihallista mitatulla kiinteällä mittauspisteellä mitattiin $0,5 \text{ mg/m}^3$ alveolijakeista pölyä. Kvartsia taas mitattiin $0,012 \text{ mg/m}^3$, joka on 24 % kvartsin HTP-arvosta.

Toisella mittauskerralla kiinteällä mittauspisteellä alveolijakeista pölyä mitattiin 0,06 mg/m³. Toisen mittauskerran pölyä oli viidesosa alkuperäisestä pölyn määrästä. Alveolijakeista kvartsia mitattiin 0,002 mg/m³, joka on alle 4,6 % kvartsin HTP-arvosta. Kvartsin määrää putosi kolmasosaan alkuperäisestä määrästä.

Elementtihallissa työskentelevältä työntekijältä mitattiin alveolijakeista pölyä 0,1 mg/m³. Alveolijakeista kvartsia mitattiin 0,003 mg/m³, joka on 5,4 % kvartsin HTP-arvosta. Alveolijakeisen pölyn määrä putosi mittakertojen välillä kolmasosaan alkuperäisestä mittaustuloksesta. Alveolijakeinen kvartsi putosi viidesosaan alkuperäisestä mittaustuloksesta. Muutos on havainnollistettu taulukossa 1. Työntekijän työtehtävät olivat samankaltaiset molemmilla mittauskerroilla.



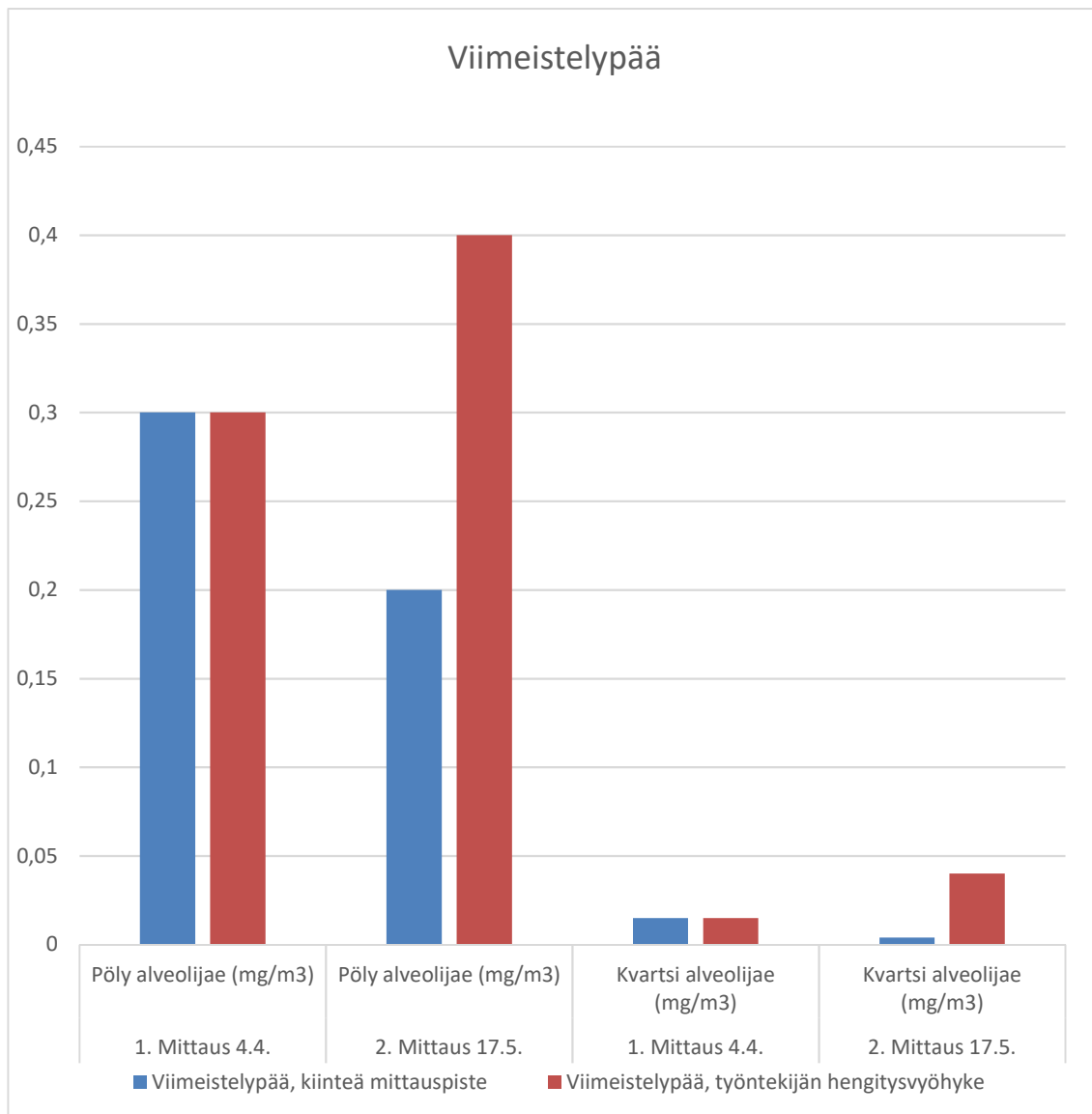
Taulukko 1. Elementtihalli

10.2 Viimeistelypää

Viimeistelypäässä työskentelevän työntekijän hengitysvyöhykkeeltä mitattiin ensimmäisellä kerralla $0,3 \text{ mg/m}^3$ alveolijakeista pölyä. Alveolijakeista kvartssia kertyi $0,015 \text{ mg/m}^3$, joka on 31 % kvartsin HTP-arvosta. Viimeistelypään kiinteän mittauspisteellä mitattiin $0,3 \text{ mg/m}^3$ alveolijakeista pölyä. Alveolijakeista kvartssia kertyi $0,015 \text{ mg/m}^3$, joka on 31 % kvartsin HTP-arvosta.

Viimeistelypäädyssä työskentelevältä työntekijältä mitattiin toisella mittauskerralla alveolijakeista pölyä $0,4 \text{ mg/m}^3$, joka on kolmasosa enemmän kuin ensimmäisellä mittauskerralla. Alveolijakeista kvartssia mitattiin $0,04 \text{ mg/m}^3$, joka on 76 % kvartsin HTP-arvosta. Uudella mittauskerralla kvartsin määrä lisääntyi huomattavasti (Taulukko 2).

Viimeistelypään kiinteä mittauspiste mittasi toisella kerralla alveolijakeista pölyä $0,2 \text{ mg/m}^3$. Toisen mittauksen tulos on kolmasosan pienempi kuin ensimmäisen mittauksen tulos. Alveolijakeista kvartssia mitattiin $0,004 \text{ mg/m}^3$, joka on 8 % kvartsin HTP-arvosta. Kvartsin määrä putosi neljäsosaan alkuperäisestä mittauksesta Muutos havaittavissa taulukossa 2. Toisella mittauskerralla mitattiin lisäksi viereisen linjaston viimeistelypäädyn pölyt sekä kvartsi. Alveolijakeista pölyä oli $0,1 \text{ mg/m}^3$. Alveolijakeista kvartssia mitattiin $0,006 \text{ mg/m}^3$, joka on 11 % kvartsin HTP-arvosta. Koska kyseisestä työalueesta ei ole muita mittauksia, pölynhallinnan toimenpiteistä ei voi tehdä mitään päätelmiä kyseisellä työalueella.

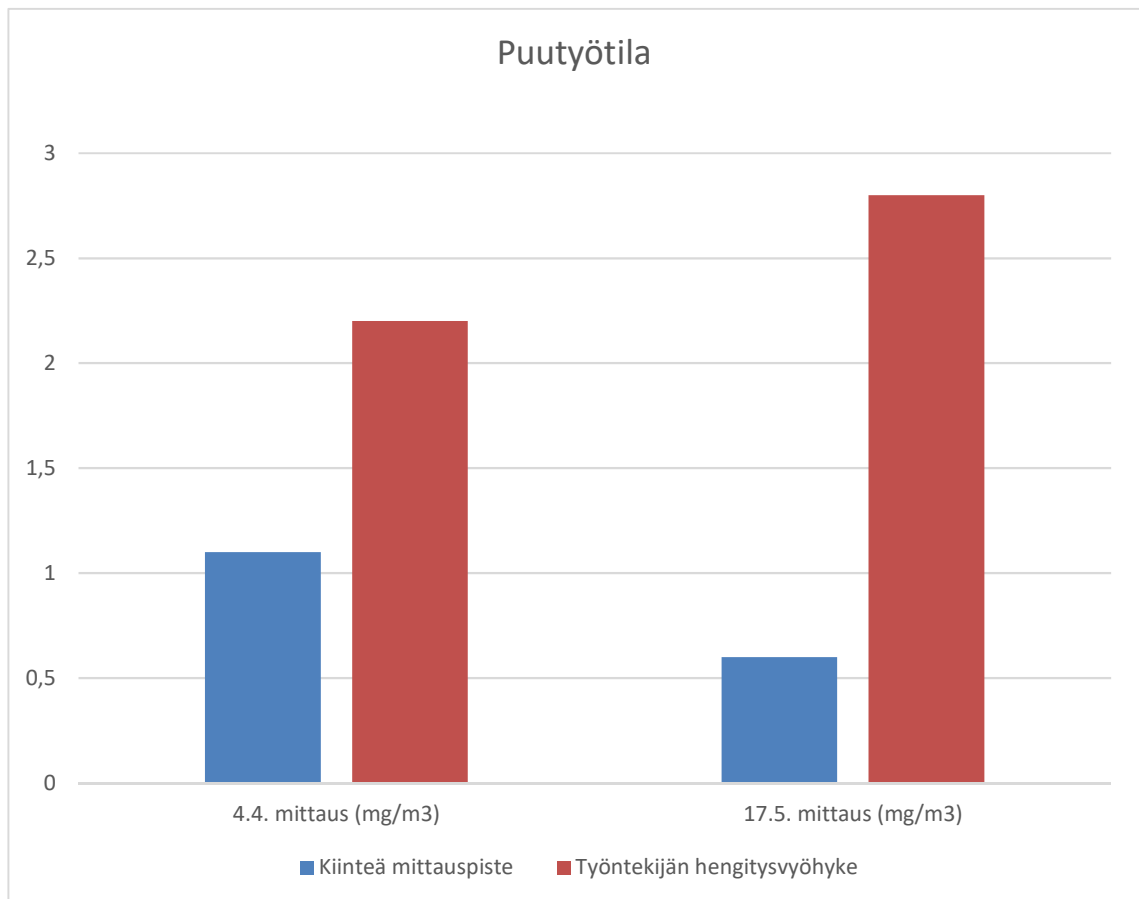


Taulukko 2. Viimeistelypää

10.3 Puutyötila

Puuverstaalla työskentelevän työntekijän hengitysvyöhykkeeltä mitattiin ensimmäisellä kerralla 2,2 mg/m³, joka on 110 % puupölyn HTP-arvosta. Puupölyn HTP-raja-arvo on 2 mg/m³, joten puupölyn raja-arvot ylittyvät. Puutyötilan kiinteämittauspiste keräsi 1,1 mg/m³ hengittyvää pölyä. Tämä arvo on 56 % puupölyn HTP-arvosta.

Toisella mittauskerralla puutyötilan työntekijän hengitysvyöhykkeeltä kerättiin hengittyvää pölyä 2,8 mg/m³, joka on 139 % puupölyn HTP-arvosta. Puupölyn HTP-arvo on 2,0 mg/m³. Työntekijän mittaustulos hengitysvyöhykkeeltä kasvoi



Taulukko 3. Puutyötila

ensimmäisen mittauksen jälkeen. Puuverstaan kiinteä mittauspiste mittasi hengittävää pölyä $0,6 \text{ mg/m}^3$. Tulos on 28 % puupölyn HTP-arvosta. Muutos havaittavissa taulukossa 3.

10.4 Yhteenveto

Elementtihallissa alveolijakeisen pölyn sekä kvartsin määrä vähenivät uusien toimintatapojen ansiosta. Viimeistelypäässä alveolijakeisen pölyn, sekä kvartsin määrät vähenivät kiinteässä mittauspisteessä, mutta työntekijän hengitysvyöhykkeeltä otetut näytteet kasvoivat. Kvartsin määrä ei ylittänyt sille annettua HTP-arvoa, joka on $0,05 \text{ mg/m}^3 \text{ HTP}_{8h}$, vaan pysyi sallituissa rajoissa noususta huolimatta.

Puutyötilan hengittävän pölyn määrä putosi kiinteässä mittauspisteessä otetusta näytteestä, mutta kasvoi työntekijän hengitysvyöhykkeeltä otetusta näytteestä. Puupölyn HTP-arvo on 2 mg/m^3 , joka tarkoittaa, että molemmilla mittauskerroilla puupölyn HTP-raja-arvo ylitettiin työntekijän hengitysvyöhykkeellä.

11 Päätelmät

Pääsääntöisesti pölynhallintamenetelmät laskivat mitattuja arvoja, mutta muutamissa arvoissa tapahtui jopa nousua. Pölypitoisuudet putosivat kiinteissä mitauspisteissä elementtihallissa sekä viimeistelypäässä. Hengitysvyöhykkeeltä otetuissa näytteissä elementtihallissa työskennelleen työntekijän altistuminen väheni, mutta viimeistelypäässä työskennelleen työntekijän altistuminen nousi. Mitatut arvot eivät ylittäneet kattoarvoja missään vaiheessa mittauksia.

On vaikea arvioida, mistä viimeistelypään työntekijän lisääntynyt altistuminen johtui, mutta kyse voi olla tehtävien hiontojen tai hiekkapuhallusten työsuoritemäärän noususta. Mahdollisesti ensimmäisellä mittauskerralla työntekijä hioi vähemmän kuin toisella mittauskerralla. Aistinvaraisella havainnolla voisi todeta, että suurin merkitys pölynmäärän vähenemiseen on imurointi sekä kuivalastojen käyttö. Suoritetuilla pölynhallintatoimenpiteillä vaikutettiin parhaiten yleiseen työilmaan, mutta työntekijän henkilökohtaista altistumista tulisi vielä pyrkiä vähentämään. Altistuminen vähenisi, jos kohdepoistoja tehostettaisiin lisää ja keskitettäisiin enemmän imutehoa viimeistelypäähän. Hiomakoneiden pölynkeräyskomponentit tulisi uusida usein, jotta komponentti keräisi pölyä mahdollisimman tehokkaasti. Suurissa leikkaus- ja hiomatöissä tulisi käyttää vesisumutusta ilmaan päässeeseen pölyn hallitsemiseksi. Tällaiset työt olisi tehtävä sellaisessa tilassa, jossa muut työntekijät eivät altistuisi. Paineilman käyttö muuttien puhdistuksessa tulee ehdottomasti kieltää. Viimeistelypään työntekijöiden paineilmapiste tulee siirtää ulkotiloihin, jossa he voivat puhdistaa itsensä pölystä. Hioma-, leikkaus-, piikkaus- sekä siivoustyössä tulee käyttää hengityssuojaimia.

Puutyötilan kiinteän mitauspisteen arvot putosivat, mutta hengitysvyöhykkeeltä otettu näyte kasvoi pölynhallinta toimenpiteistä huolimatta. Arvot nousivat yli sallitun rajan ja asiaan on puututtava heti. Arvon nouseminen voi selittyä suuremmalla työsuoritemäärällä, vaikka mittauspäivinä työtehtävät olivat samankaltaiset. Kohdepoistoja olisi tehostettava lisää ja mahdollisesti huuvia muokattava paremmiksi. Yksilön työtapoja tulisi tutkia ja seurata sekä selvittää, mitä voitaisiin tehdä, jotta puupölylle altistuminen vähenisi. Puutyötilassa olisi mahdollista osas-

toida tila, jossa käytetään katkaisusahoja sekä pöytäsiirkeitä. Tällä toimella rajoitettaisiin pölyn leviämistä muihin tiloihin sekä vähennettäisiin työntekijöiden altistumista.

Pölynhallintasuunnitelma on kuusi sivuinen yksityiskohtainen suunnitelma pölynhallinnasta. Kun suunnitelmaan noudatetaan, pölymäärät laskevat. Suunnitelman ohjeet ovat toimivia, joka on pääteltävissä pudonneista pölyarvoista. Suunnitelmaa tulee päivittää ja kehittää mikäli HTP-arvot muuttuvat tulevaisuudessa. Tämän hetkisiin raja-arvoihin se on riittävä. Pölynhallintasuunnitelma on vain tiilajayrityksen käyttöön ja opinnäytetyön liitteenä on vain sen sisällysluettelo.

Opinnäytetyön jatkotutkimusidea olisi yksilön työtapojen sekä välineistön tutkiminen sekä päivittäminen, jotta yksilön altistuminen vähenisi. Toinen mahdollinen jatkotutkimusidea voisi olla tutkia pidemmällä ajanjaksolla pölyaltistumisen ja eri toimintatapojen muutoksen vaikutusta yksilön terveyteen ja esimerkiksi sairauspoissaoloihin. Siitä saataisiin moniammatillinen tutkimus ja tarkasteltaisiin kyseistä asiaa moniulotteisesti.

Lähteet

Asikainen, V. 2019. Työhygieenikko. Evnimetria Oy. Haastattelu 4.4.2019

Elementtisuunnittelu.fi Lämpö- ja kosteustekniikka. www.elementtisuunnittelu.fi/fi/julkisivut/lampo-ja-kosteustekniikka Luettu 11.3.2019

Enbom, S., Heinonen, K. & Lehtimäki M. 1996. Vesisumun käyttö pölynhallinnassa. Helsinki: Metalliteollisuuden keskusliitto: Tekes 1996

Eskelinen, H. & Karsikas, S. 2014 Tutkimusmetodiikan perusteet. Amk-Kustannus Oy Tammertekniikka

Riiipinen, K. 2019. FreshWind Oy, haastattelu 8.4.2019

Kalliokoski, P., Pfäffi, P., Riihimäki, V., Starck, J., Vaaranen, V. ja Helminen, P. 1992 Työhygieniä – Työolot ja niiden parantaminen. Työterveyslaitos Helsinki

Laboratorioanalyysit. 5.4 Infrapunaspektrometria. http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/analyysimenetelmat_5-4_infrapunaspektrometria.html Luettu 11.4.2019

PU eristeet. Mitä polyuretaani on? www.pueristeet.fi/pu-eristeet/mita-polyuretaani-on/ Luettu 13.3.2019

Ratu 1225-S. 2009. Pölyntorjunta rakennustyössä. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RatuTT 9.11 2013. Ohjeita korjausrakentamisen pölyntorjuntaan. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RatuTT 13.14 2010. Pölyntorjunta rakennustyössä. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Suomenbetoniyhdistys r.y. 2004 – Betonitekniikan oppikirja 2004. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy

Suutarinen, J. 2019. Sora ja Betoni V. Suutarinen Oy, haastattelu 6.3.2019

STM (2018). Haitalliseksi tunnetut pitoisuudet 2018. Sosiaali- ja terveysministeriö. Helsinki 2018

Työterveyslaitos 2010a. Kemikaalit ja työ. <https://www.ttl.fi/kemikaalit-ja-tyo/formaldehydi/> Luettu 4.3.2019

Työterveyslaitos 2010b. Kemikaalit ja työ. <https://www.ttl.fi/kemikaalit-ja-tyo/isosyanaatit/> Luettu 13.3.2019

Työterveyslaitos 2010c. Kemikaalit ja työ. <https://www.ttl.fi/kemikaalit-ja-tyo/kvartsi/> Luettu 4.3.2019

Työterveyslaitos 2010d. Kemikaalit ja työ. <https://www.ttl.fi/kemikaalit-ja-tyo/puupoly/> Luettu 4.3.2019

Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738

Valtioneuvosto (2006). Valtioneuvoston asetus työhön liittyvän syöpävaaran torjunnasta (716/2000)

Sisältö

1 Johdanto	3
2 Puutyötila	4
3 Elementtitali	4
4 Viimeistelypää	5
5 Puhallusohje	5
6 Raudoittamo & Varasto	6
7 Yleisiä siivousohjeita	6