

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka, Lappeenranta
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Infratekniikka

Ari Mikkola

Louhintatyö kaupunkialueella – pölyn- ja meluntorjunta

Opinnäytetyö 2018

Tiivistelmä

Ari Mikkola

Louhintatyö kaupunkialueella – pölyn- ja meluntorjunta, 38 sivua

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka, Lappeenranta

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Infratekniikka

Opinnäytetyö 2018

Ohjaajat: yliopettaja Tuomo Tahvanainen, Saimaan ammattikorkeakoulu, työpäällikkö Veli-Pekka Vanhanen, YIT Rakennus Oy

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia ja vertailla erilaisia menetelmiä kaupunkialueella suoritettavan avolouhintatyön pölyn- ja meluntorjunnan tehostamiseksi. Opinnäytetyön pääpaino oli kuitenkin pölyntorjunnassa.

Opinnäytetyössä esiteltiin ja vertailtiin eri menetelmiä louhinnan pöly- ja meluvaiikutusten minimoimiseksi. Lisäksi työssä tutkittiin, mistä pölyä ja melua louhintatyömaalla syntyy sekä miten nämä vaikuttavat ympäristöön ja ihmisiin. Ympäristöhaittojen torjunnan ja sen menetelmien tärkeys perusteltiin kertomalla keskeisimmät pölyn ja melun aiheuttamat terveyshaitat. Tiedot työtä varten saatiin alan kirjallisuudesta, artikkeleista ja julkaisuista. Tutkimustyössä hyödynnettiin myös lakeja ja asetuksia, laitevalmistajien internetsivuja sekä haastateltiin edustajia ja alan ammattilaisia. Työtä tehdessä hyödyksi oli myös tekijän oma kokemus louhinta-alan töistä.

Työn tuloksena syntyi tutkielma keskeisimmistä pölyn- ja meluntorjunnan menetelmistä. Työn lopussa pohdittiin menetelmien toimivuutta ja mahdollisia ongelmia käytön kannalta. Tämä opinnäytetyö tehtiin apuvälineeksi parhaan mahdollisen pölyntorjuntamenetelmän löytämiseksi, jonka vuoksi työssä esitetyt menetelmät on testattava käytännössä työmaalla.

Asiasanat: avolouhinta, pölyntorjunta, meluntorjunta, ympäristövaikutukset

Abstract

Ari Mikkola

Mining in urban area – dust and noise control, 38 Pages

Saimaa University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Degree Programme of Construction Engineering

Civil Engineering

Bachelor's Thesis 2018

Instructors: Mr Tuomo Tahvanainen, senior lecturer, Saimaa University of Applied Sciences, Mr Veli-Pekka Vanhanen, construction manager, YIT Rakennus Oy

The purpose of this thesis was to research and compare various methods to increase the performance of dust and noise control in urban open-pit mining. The main focus of this thesis was in dust control.

This thesis introduced and compared various methods to minimize effects of dust and noise in urban mining. In addition, this thesis investigated how dust and noise effects are generated on a mining site and how these affect the environment and people. The importance of controlling environmental effects was explained by major health hazards. Data for this thesis was gathered from literature, articles and publications in the field. Laws, regulations, interviews and web pages were likewise utilized during the research. During the study, the author's own experience in mining industry was also useful.

The result of the study was a thesis about the most essential dust and noise control methods. At the end of the thesis, the functionality of methods and possible problems during usage were considered. This thesis was intended to be an aid for selecting the best possible method for dust control. The methods presented in this thesis must be tested in practice on a mining site.

Keywords: open-pit mining, dust control, noise control, environmental effects

Sisällys

1	Johdanto.....	5
2	Louhintatyön vaiheet.....	6
2.1	Poraus.....	6
2.2	Räjäytys.....	7
2.3	Rikotus.....	7
2.4	Murskaus.....	8
2.5	Lastaus ja kuljetus.....	9
3	Pöly.....	10
3.1	Lait ja asetukset.....	10
3.2	Silikoosi eli kivipölykeuhkosairaus.....	12
3.3	Ympäristön likaantuminen.....	12
4	Melu.....	14
5	Pölyntorjunta.....	16
5.1	Poravaunujen pölynkeräimet.....	16
5.2	Märkäporaus.....	18
5.3	Säkitys ja kontti-imurit.....	19
5.4	Vesitykit eli vesisumuttimet.....	21
5.5	Kiviaineskuljetusten pölyntorjunta.....	25
6	Meluntorjunta.....	26
6.1	Meluvallit.....	26
6.2	Meluseinät ja melukaiteet.....	27
6.3	Poravaunujen meluntorjunta.....	28
6.4	Murskainten meluntorjunta.....	28
6.5	Vastamelusuojaimet.....	28
7	Porasoijan käyttö.....	29
8	Pohdinta.....	30
8.1	Porauksen pölyntorjunta.....	30
8.2	Räjäytyksen pölyntorjunta.....	31
8.3	Vesisumutykkien käyttömahdollisuudet.....	31
8.4	Meluntorjunta.....	32
9	Yhteenvedo.....	33
	Kuvat.....	35
	Taulukot.....	35
	Lähteet.....	35

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö on toteutettu YIT Rakennus Oy:lle. Työn tilaaja on YIT:n Infra-palveluiden liiketoimintaryhmään kuuluva IKR, eli Kalliorakennus ja kaivokset-yksikkö. IKR:n erityisosaamiseen kuuluvat esimerkiksi tunnelit, kuilut, vaativat kalliotilat, rakennuskaivannot, kaivosurakointi, kiviainestuotanto sekä avolouhinta. Tämä opinnäytetyö käsittelee kaupunkiolosuhteissa tehtävää avolouhintaa ja sen ympäristövaikutuksia.

Kaupunkien uudisrakennustyömailla tarvitaan lähes poikkeuksetta louhintaa. Tämän päivän suurilla rakennushankkeilla, kuten esimerkiksi Helsingin uusi Kalasatama tai Pasilan Tripla, kasvaa louhinnan tarve hyvinkin suureksi. Tämän kaltaisten suurien rakennuskohteiden nopea lisääntyminen Suomen eri kaupungeissa kiristää jatkuvasti turvallisuus- ja ympäristövaatimuksia. Tämä opinnäytetyö käsittelee louhinnan ympäristövaikutuksia kaupunkialueilla ja se on rajattu pölyn- ja meluntorjuntaan.

Tämän työn perustana on YIT:n halu löytää uusia vaihtoehtoisia menetelmiä pölyntorjuntaan kaupunkialueilla. Joissain YIT:n kaupunkikohteissa perinteiset menetelmät on koettu riittämättömäksi tai niiden on havaittu aiheuttavan esimerkiksi logistisia ongelmia. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on toimia työkaluna esimerkiksi pölyn- ja meluntorjuntamenetelmiä valittaessa sekä tukena aloituspalaveriin ja viranomaislupien hakuun. Opinnäytetyössä tutkitaan louhintatyömaan pölyn- ja melunlähteitä, esitetään niiden vaihtoehtoisia torjuntamenetelmiä sekä selvitetään, millaisia ympäristö- ja terveyshaittoja pöly ja melu kaupunkialueella aiheuttavat.

Opinnäytetyö on toteutettu hyödyntämällä alan julkaisuja, kirjallisuutta ja artikkeleita kotimaasta sekä ulkomailta. Tietoa on saatu myös laitevalmistajilta, maa-hantuojilta ja vuokraajilta sekä heidän verkkosivuiltaan. Työhön on saatu louhintakaluston käyttäjien kokemuksia sekä näkökulmia haastatteleamalla alan ammattilaisia. Luku 2 käsittelee louhintatyötä ja sen vaiheita yleisesti. Kappaleet 3 ja 4 käsittelevät pölyä ja melua ilmiöinä sekä niiden aiheuttamia haittoja ja vaaroja. Luvut 5 ja 6 koostuvat pölyn- ja meluntorjunnan vaihtoehtoisista menetelmistä sekä niiden ominaisuuksista ja soveltuvuudesta.

2 Louhintatyön vaiheet

Louhintatyöllä tarkoitetaan työtä, jossa kiintokallio tai suuri lohkarie saatetaan pienemmäksi kiviainekseksi. Louhintatyöt suoritetaan nykyään pääsääntöisesti räjähdysaineiden avulla. Louhinta voidaan jakaa karkeasti kolmeen ryhmään: maan alla tehtävään louhintaan, maan pinnalla tehtävään louhintaan sekä vedenalaisen louhintaan. Louhintatyötä suoritetaan ympäri maailmaa sen eri muodoissa. Kaivoksissa louhitaan malmeja metalliteollisuuden tarpeisiin. Toinen esimerkki maan alla suoritettavasta louhinnasta ovat tunnelit ja kuilut. Maan pinnalla louhitaan eri kivilajeja niin ikään teollisuuden tarpeisiin tarvekivilouhimoilla. Tällaiset tarkekivilouhimot sijaitsevat yleensä syrjäisillä ja harvaan asutuilla alueilla, jolloin niiden ympäristölle aiheutuvat melu, värinä ja pölyhaitat jäävät melko pieniksi. Samoin on maan alla suoritettavassa louhinnassa, jossa vaikutuksille altistuvat lähinnä työmaahenkilöt. Maan pinnalla kuitenkin suoritetaan paljon louhinta myös rakennuksien ja infrastruktuurin tarpeisiin. Rakennettavien talojen paikoilta, sekä katu- ja ratalinjauksilta joudutaan louhimaan ylimääräistä kalliota ja maakiviä. Nykyisessä nopeasti laajenevassa yhteiskunnassa tämä tarkoittaa sitä, että suuri osa näistä töistä tehdään tiheään asuilla alueilla, joissa on koteja, työpaikkoja ja paljon ihmisiä. Näiden louhintatyömaiden melu-, värinä- ja pölyhaitoille altistuvat kaikki ympäristön ihmiset, rakennukset ja laitteet.

2.1 Poraus

Poraus on louhintatyössä eräs suurimmista ympäristöön kohdistuvien melu- ja pölyhaittojen lähteistä. Poratessa kiviaineksesta syntyy hienojakoista kivi-pölyä eli porasoijaa, joka on herkkää leviämään ympäristöön esimerkiksi tuulen, työkoneiden aiheuttaman ilmavirran tai niiden telojen mukana.

Panostusreikien poraus kallioon nykyaikaisessa avolouhinnassa suoritetaan pääosin hydraulisilla, hyttistä ajettavilla tai kauko-ohjattavilla poravaunuilla. Aikaisemmin käytetyt paineilmatöimiset käsin käytettävät porauslaitteet ovatkin poistuneet käytöstä jo lähes kokonaan. Porauskaluston kehityksen johdosta nykyaisissa poravaunuissa on huomioitu niiden tehokkuuden lisäksi myös ympäristöystävällisyys. Poravaunut ovatkin nykyään lähes poikkeuksetta varusteltu teknologialla, joka vähentää pölyn leviämistä ympäristöön. Poravaunuihin saa myös

melua vaimentavia lisävarusteita. Porauslaitteet voidaan jakaa karkeasti kolmeen ryhmään: kevyet, keskiraskaat ja raskaat porauslaitteet. Kevyet porauslaitteet voivat olla pieniä poravaunuja tai esimerkiksi traktorikaivuriin asennettava porauslaite. Keskiraskaat ja raskaat porauslaitteet ovat yleensä teloilla kulkevia poravaunuja. Kevyitä vaunuja käytetään ahtaissa olosuhteissa tai kun porattavat reiät ovat suhteellisen matalia. Reikäkoko kevyellä vaunulla poratessa on alle 30 mm:stä noin 50 mm:iin. Keskiraskas poravaunu on tarkoitettu suurempiin kohteisiin ja kun tarvitaan suurempaa reikäkokoja. Keskiraskaiden koneiden reikäkoko on yleisimmin 45-76 mm ja rintauksen korkeus noin 5-15 metriä. Raskaalla porakalustolla päästään näitäkin suurempiin reikäsyvyysiksiin ja reikäkoko voi olla jopa yli 200 mm. (Jääskeläinen 2010, 202-203.)

2.2 Räjätys

Louhintaräjähteiden räjähdys on kemiallinen reaktio. Räjähdyksreaktio saadaan panostettuun kenttään aikaiseksi yleisesti räjäytysnallilla, joka aiheuttaa räjähdysaineeseen nopean lämpövaikutuksen. Räjähdyksessä räjähdysaine palaa korkeassa paineessa sisältämänsä hapen avulla. Porareissä etenevä paineaalto muuttaa seuraavien räjähdysaineiden paineen, lämpötilan ja tiheyden, jolloin palaminen etenee reaktiossa suurella nopeudella. Käytettävästä räjähdysaineesta, reikien läpimitasta ja panostustiheydestä riippuen räjähdysnopeus vaihtelee välillä 2000-7000 m/s. Tietyillä räjähdysaineilla, esimerkiksi nitroglyserolilla, tällaisen reaktion loppupäässä paine voi olla yli 250 000 bar ja lämpötila yli 4500 °C. Tällainen räjähdys aiheuttaa ympäröivään kallioon paineaallon, joka saa aikaan kallion rakoilun ja sen myötä kallion irtoamisen. Räjätyksellä on kuitenkin ympäristöön ei-toivottuja vaikutuksia. Näitä ovat kivien sinkoaminen ympäristöön, tärinävaikutus, melu sekä räjäytyskaasujen ja pölyn leviäminen ilmaan. (Vuolio & Halonen 2010, 57.)

2.3 Rikotus

Usein louhintakohteissa kentän räjäytyksen jälkeen lastattavan louheen sekaan jää ylisuuria lohkarkeitä, jotka ovat liian suuria esimerkiksi lastattavaksi kuorma-auton lavalle turvallisesti. Tällaiset lohkarkeit voivat lastattaessa vaurioittaa kulje-

tuskalustoa, tai mikäli louhe on menossa murskattavaksi, voivat ne olla liian suuria murskaimen käsiteltäväksi. Ennen nykyaikaisia hydraulisia iskuvasaroita tällaiset ylisuuret lohkat on yleisimmin rikotettu räjähdysainetta käyttäen niin sanotuilla rikkoräjäytyksillä. Nykyään ylisuurten lohkat rikotus sekä teoreettisen louhintarajan yli menevän kallion, eli kalliokynsien poisto suoritetaan hydraulisilla iskuvasaroilla.

Kun tarvittava rikotus suoritetaan iskuvasaralla jo ennen kuormausta, saavutetaan seuraavat edut:

- kuormausta ei häiriinny
- kalustoa ei tarvitse siirtää rikkoräjäytyksen tieltä
- kuormausta- ja porauskalusto ei ylikuormitu
- ympäristöön lentää vähemmän kiveä, kuin suojaamattomassa rikkoräjäytyksessä
- ylisuuria kiviä ei tarvitse siirrellä useita kertoja lastauksen tieltä
- säästetään räjähdysaine-, kalusto- ja työvoimakustannuksissa.

(Vuolio & Halonen, 2010, 414).

Hydraulinen vasarointi ei kuitenkaan ole ympäristön kannalta täysin häiriötön menetelmä. Se aiheuttaa ympäristöön melua, esimerkiksi eräs 10-17 t koneille tarkoitettu iskuvasara tuottaa noin 122 LwAdB(A) (Atlas Copco 2018). Iskuvasarasta voi myös sinkoutua lähiympäristöön teräviä kiven kappaleita. Rikotus aiheuttaa kuitenkin vain vähäistä pölyämistä.

2.4 Murskaus

Murskauksen tarkoituksena on saada louhinnalla irrotetusta kiviaineksesta hienompijakoinen hyödynnettävä tuote. Erilaisilla murskaimilla on mahdollista saada eri käyttötarkoituksiin raekooltaan ennalta määritellyn mukaista tuotetta. Näitä murskaustuotteita voidaan hyödyntää louhintatyömaan muihin tarpeisiin. Tavallisimmin käytettyjen murskaustuotteiden valmistamiseen tarvitaan 2–4 murskausvaihetta: esi- ja välimurskaus sekä jälki- ja hienomurskaus. Murskauskaluston määrä ja laatu riippuvat siitä, kuinka hienojakoista murskettua halutaan. Murskauskalusto voi olla kiinteä, siirrettävä tai liikkuva. Murskauskalusto on kiinteä, jos se on

tarkoitettu olemaan paikallaan yli vuoden, jolloin se rinnastetaan kiinteään rakennukseen. Siirrettävä murskauslaitos on paikallaan yleisesti alle vuoden ajan ja se voidaan uudelleen sijoittaa työmaalle vähäisellä työllä. Liikkuvaa murskauslaitosta voidaan nimensä mukaisesti siirtää työmaalla joko vetämällä tai sen omalla ajomoottorilla helposti paikasta toiseen. Toisin kuin kiinteässä ja siirrettävässä murskauslaitoksessa, liikkuvassa laitoksessa ei yleensä ole kiinteää seulontalaitteistoa. (Tolppanen 1998, 6-7.)

Murskaamot aiheuttavat ympäristöön huomattavaa pöly- ja meluhaittaa. Pölyä pääsee vapautumaan ympäristöön kiviaineskuljetuksista, syötettäessä kiviainesta murskaimelle, murskaimen avonaisesta kidasta sen työstäessä kiviainesta, murskaimen hihnakuljettimilta sekä seulastoilta. Murskaamon melusta suurin osa aiheutuu seuloista ja murskaimista. Murskaamon melua lisäävät mahdolliset aggregaatit ja kuljettimet sekä aineksen kuljettamiseen ja lastaamiseen käytettävä kalusto. (Tolppanen 1998, 11-12.)

2.5 Lastaus ja kuljetus

Louheen kuljetukset suoritetaan kaupunkikohteissa pääsääntöisesti kuorma-autoilla. Koska louhinnasta syntyneen louheen sijoituspaikka voi olla kaukana kaupunkialueella sijaitsevasta louhintatyömaasta, tarvitaan louheen kuljetukseen tie-liikennekelpoinen kalusto. Suurimpien louhintatyömaiden sisällä louhetta voidaan kuljettaa kuitenkin myös runko-ohjautuvilla dumppereilla sekä pyöräkuormaajilla. Louhe lastataan työmaalla kuljetuskaluston kyytiin yleisimmin kaivinkoneilla tai pyöräkuormaajilla. Louhekiven kuljetus vaatii kuljetuskalustolta kestävyyttä, minkä takia kuorma-autojen ja dumppereiden kuljetuslavat on valmistettu vahvistetusta teräksestä. Tämän takia louheen lastaus aiheuttaa ympäristöä häiritsevää melua. Louheen kuljetus vastaavasti saattaa aiheuttaa pölyhaittaa ympäristöön, kun liikkuvaan kuorma-autoon kohdistuva ilmavirta nostaa lavalle lastatun louheen seasta kiviä ilmaan.

3 Pöly

Pöly syntyy mekaanisessa rikkomisprosessissa. Louhintatyössä tärkeimmät pölyä synnyttävät prosessit ovat poraus, murskaus ja lastaus. Pölyä voi syntyä myös kaivun aiheuttaman hankauksen seurauksena. Pöly määritellään 1–100 µm kokoisiksi ilmavirran mukana kulkeviksi kiinteiksi hiukkasiksi. Alle 5 µm kokoiset hiukkaset eivät laskeudu painovoiman vaikutuksesta vaan kulkevat ilmavirtojen mukana. Vain yli 20 µm hiukkaset ovat ihmissilmin havaittavissa. (Koski & Mattila & Taipale 2013, 33-34.)

Louhintakohteessa syntyneellä ja ilmaan leviämään päässeellä pölyllä on useita ympäristölle ja ihmisille haitallisia ominaisuuksia. Kivipöly on terveydelle haitallista päästyään hengitysilman mukana ihmiskehoon. Ilmaan päässyt pöly heikentää näkyvyyttä ympäristössä ja voi aiheuttaa vaaratilanteita. Laskeutuva pöly liikaa pintoja ja saattaa jopa vahingoittaa herkkiä laitteita. Pölytön työympäristö myös lisää viihtyvyyttä, työtehoa ja tarkkuutta. (Koski ym. 2013, 3.)

3.1 Lait ja asetukset

Pölyntorjunnan lakien ja asetusten yhteisenä päämääränä on työntekijöiden ja sivullisten välttyminen merkittävältä haitalta. Pölyntorjunnan lakeja ja asetuksia on useita. Eräitä tärkeitä avolouhintakohteiden pölyntorjunnassa sovellettavia lakeja ja asetuksia ovat

- valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta
- valtioneuvoston asetus kivenlouhimojen, muun kiven louhinnan ja kivenmurskaamojen ympäristönsuojelusta
- terveydensuojelulaki
- ympäristönsuojelulaki. (Pölyntorjunta.fi 2018.)

Lakien ja asetusten lisäksi on otettava huomioon kaupunkien omat ympäristönsuojelumääräykset, joissa on vaihtelua eri kaupunkien kesken. Näissä määräyksissä kerrotaan esimerkiksi ilmoitusvelvollisuuksista, suojaetäisyyksistä ja muista pölyntorjunnan vaatimuksista.

Valtioneuvoston asetuksessa ilmanlaadusta 38/2011 on määritetty ilman hiukkas- ja pienhiukkaspitoisuuksien raja-arvot terveyden suojelemiseksi (Taulukko 1). Taulukossa PM¹⁰ tarkoittaa hengitettäviä hiukkasia ja PM^{2,5} pienhiukkasia. (Ympäristö.fi 2016.)

Aine	Keskiarvon laskenta-aika	Raja-arvo	Sallittu ylitys vuodessa
PM ¹⁰	24 tuntia	50 µg/m ³	35
PM ¹⁰	1 vuosi	40 µg/m ³	-
PM ^{2,5}	1 vuosi	25 µg/m ³	-

Taulukko 1. Hiukaspitoisuuksien raja-arvot

Asetuksessa on säädetty hiukaspitoisuuksille myös ohjearvot, jotka ilmaisevat ilmanlaadullisia tavoitteita lyhyellä ja pitkällä aikavälillä (Taulukko 2). Ohjearvot on huomioitava aina, kun sijoitetaan ilmanlaadun heikkenemisen vaaraa aiheuttavaa toimintaa. Taulukossa hiukkasten kokonaisleijuma on merkitty lyhenteellä TSP.

Aine	Ohjearvo	Tilastollinen määrittely
PM ¹⁰	70 µg/m ³	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
TSP	120 µg/m ³	Vuoden vuorokausiarvojen 98. prosenttipiste
TSP	50 µg/m ³	Vuosikeskiarvo

Taulukko 2. Hiukaspitoisuuksien ohjearvot

3.2 Silikoosi eli kivipölykeuhkosairaus

Pölyhiukkaset jaetaan kolmeen ryhmään niiden hengitysteihin kulkeutuvuuden mukaan. Suurimmat partikkelit jäävät yleensä nenän limakalvoille ja ylimpiin hengitysteihin, mutta hienoimmat partikkelit pääsevät kulkeutumaan aina keuhkorakkuloihin saakka. Ryhmistä ensimmäinen on nimeltään **hengittyvä jae**, jossa hiukkaset ovat kooltaan sellaisia, että ne ylipäättään pääsevät ihmisen hengitysteihin. Toinen ryhmä, **keuhkojae**, on pölypartikkeleille, jotka pääsevät kulkeutumaan keuhkoputkiin asti. Kolmas ryhmä, jossa hiukkaset ovat niin pieniä, että ne pääsevät kulkeutumaan keuhkorakkuloihin asti, on nimeltään **alveolijae**. Mikäli kivipöly sisältää kiteistä kvartssia, määritetään kvartsipitoisuus aina alveolijaeesta. (Säämänen, Riipinen, Kulmala & Welling 2004, 3.)

Rakennusalalla jatkuvasti kivipölylle altistunut henkilö voi sairastua silikoosiin, eli kivipölykeuhkosairauteen. Sen aiheuttaa kivipölyssä oleva kiteinen piioksidi, eli kvartsi, tridymiitti tai kristobaliitti. Silikoosiin sairastuminen vaatii yleensä noin kymmenen vuoden jatkuvaa altistumista kvartsipölylle, mutta sen latenssiaika eli oireeton vaihe kestää yleensä yli 20 vuotta. Yleensä oireita ilmeneekin vasta, kun silikoosi on jo pitkälle kehittynyt. Silikoosin yleisin oire on hengenahdistus raskuudessa, keuhkojen toiminnan heikentyminen sekä krooninen keuhkoputkentulehdus. Silikoosia sairastavilla on myös suurempi tuberkuloosin ja keuhkosityövän riski. (Työterveyslaitos 2018.)

Kvartssia esiintyy ainakin graniitissa, hiekkakivessä, gneississä, piikivessä sekä joissakin malmikivilajeissa. Tämän vuoksi silikoosin vaara on aina olemassa, kun työstedään tai käsitellään kiviainesta, joka on kvartsipitoista. Vaikka silikoosiin sairastuminen vaatii yleensä pitkäaikaista altistumista, on silikoosiin raportoitu sairastuttavan jo jopa vuoden altistuksen jälkeen. Tällaisissa tapauksissa kvartsipölylle altistuminen on ollut massiivista, ja se on tapahtunut esimerkiksi graniitin porauksen seurauksena. (Säämänen ym. 2004, 27-31.)

3.3 Ympäristön likaantuminen

Louhintatyömaalta ympäristöön leviävät pölypilvet laskeutuvat lähialueille painovoiman vaikutuksesta pienimpiä hiukkasia lukuun ottamatta. Ne myös tarttuvat ilmapirran mukana liikkeessaan erilaisiin pintoihin. Käytännössä tämä tarkoittaa

sitä, että pölyhiukkaset laskeutuvat autojen päälle ja kaduille tai tarttuvat rakennusten ikkunoille ja pinnoille liaten niitä. Pölyhiukkaset voivat myös kulkeutua lähirakennusten tai työmaan IV-laitteistoihin sekä työkoneiden ilmansuodattimiin. Pölypilvet kulkeutuvat pitkiäkin matkoja tuulesta ja ilmankosteudesta riippuen (Kuva 1).



Kuva 1. Pölypilvi kentän laukaisun jälkeen

Myös kiviaineskuljetukset aiheuttavat ympäristön likaantumista. Ajoviima nostattaa kuivissa olosuhteissa kiviaineskuljetuksista pölyä ilmaan, josta se laskeutuu painovoiman vaikutuksesta kaduille. Kaduilta pöly nousee edelleen ilmaan liikenteen vaikutuksesta ja lisää näin katupölyä ympäristössä heikentäen ilmanlaatua. Pölyä kulkeutuu kaduille myös kuljetuskaluston pyörien mukana. Erityisen herkästi hieno pölyaines tarttuu kuljetuskaluston renkasiin sadekelillä ja silloin, kun työmaateitä on kasteltu pölyämisen ehkäisemiseksi. Renkasiin tarttunut lieju irttoa niistä hitaasti ajon aikana ja leviää kuljetusreitille. Märkä lieju kaduilla saattaa aiheuttaa vaaratilanteita liikenteelle. Kun kadun pinnalle levinyt lieju kuivuu, se muuttuu jälleen pölyäväksi materiaaliksi.

4 Melu

Melu määritellään ei-toivotuksi, odottamattomaksi, häiritseväksi ja epämiellyttäväksi ääneksi, joka voi riittävän voimakkaana ja jatkuvana olla kuulolle haitallista. Meluhaitan suuruuteen vaikuttaa äänen voimakkuus, taajuus, kapeakaistaisuus sekä impulssimaisuus. Myös henkilön yksilölliset ominaisuudet vaikuttavat siihen, koetaanko ääni häiritseväksi tai kiusalliseksi. Tällaisia ominaisuuksia ovat yksilön meluherkkyys ja asenne äänenlähdettä kohtaan. (Terveiden ja hyvinvoinnin laitos 2017.)

Melua on kahden tyyppistä, tasaista melua ja impulssimelua. Näistä kahdesta juuri impulssimelu aiheuttaa suuremmalla todennäköisyydellä kuulovaurion. Impulssimelulla tarkoitetaan melua, joka sisältää nopeita, toistuvia ja voimakkaita iskuääniä. Iskuääni eli meluhiippu on kestoltaan alle sekunnin ja se on vähintään 15 dB taustamelua voimakkaampi. Tasainen melu vastaavasti on nimensä mukaisesti tasaista, ja sen vaihteluväli on enintään 6 dB. Jos etäisyys tasaisen äänen lähteeseen kaksinkertaistuu, eikä ääntä heijastavia pintoja ole, äänen voimakkuus laskee noin kuudella desibelillä. (Työturvallisuuskeskus 2018.)

Valtioneuvoston meluasetuksessa on säädetty, minkälaista melua pidetään kuulolle vaarallisena. Asetuksessa on määritelty melulle toiminta- ja raja-arvot (Kuva 2). Alempi ja ylempi toiminta-arvo määrittää melun tasoja, jotka saattavat aiheuttaa kuulovaurion. Raja-arvolla vastaavasti on säädetty melun taso, joka ei työskenneltäessä saa ylittyä ja joka aiheuttaisi kertakuulemalta tai pidemmällä altistuksella kuulovaurion. Toiminta- ja raja-arvoihin on määritetty päivittäinen altistus sekä huippupaine ja -taso. (Työsuojeluhallinto 2015.)

	Päivittäinen melualtistus	Äänen huippupaine/-taso
Alempi toiminta-arvo	80 dB	112 Pa / 135 dB
Ylempi toiminta-arvo	85 dB	140 Pa / 137 dB
Raja-arvo, johon verratessa otetaan huomioon kuulonsuojainten vaimentava vaikutus	87 dB	200 Pa / 140 dB

Kuva 2. Toiminta- ja raja-arvot. Työsuojeluhallinto 2015

Melu louhintatyömaalla

Louhintatyömaalla pääasiallisia melun lähteitä ovat kallion poraus (121 LwAdB) sekä louheen lastaus (114 LwAdB) ja rikotus (118 LwAdB) (Ramboll 2016, 3). Lisämelua voivat aiheuttaa työmaalla mahdollinen murskausasema, kompressorit sekä myllyt. Edellä mainittujen melunlähteiden merkitys työmaan lähialueille on räjäytysmelua suurempi, sillä niiden aiheuttama melu on jatkuvaa.

Louhintatyömaalla melu on vaarallista lähinnä äänen lähteen läheisyydessä työskenteleville. Ympäristön asukkaille melusta ei yleisesti ole vaaraa. Tämä johtuu eräästä äänen fysikaalisesta ominaisuudesta, äänen geometrisesta vaimenemasta. Pistemäisissä äänenlähteissä, kuten murskauksessa ja porauksessa tämä tarkoittaa sitä, että etäisyyden kaksinkertaistuessa äänen voimakkuus laskee karkeasti noin 6 dB:llä. (Työturvallisuuskeskus 2018.)

Työkoneeseen liitettävän hydraulisen iskuvasaran on kokeissa todettu tuottavan 212 iskun sarjassa 50 jalan eli noin 15 metrin etäisyydeltä mitattuna 90 dB keskiäänenvoimakkuuden (Federal Highway Administration 2006). Tämä tarkoittaa sitä, että 60 metrin päässä äänenvoimakkuus on noin 78 dB, mikäli äänen kulkua ei katkaise mikään este. Suomessa päivittäisen altistuksen alempi toiminta-arvo on 80 dB. Vaikka kaupunkialueella sijaitsevan työmaan lähistöllä liikkuu paljon ihmisiä, eivät työmaan ulkopuoliset henkilöt käytännössä altistu suoralle ja vaimentumattomalle melulle vaarallisessa määrin.

Mittauskokemusten mukaan räjäytyksen aikaista, lyhyttä meluhaittaa ei voida mitata yleisien dBA-raja-arvojen mukaan, sillä niitä sovellettaessa asutulla alueella ei voitaisi räjäyttää lainkaan (Vuolio & Halonen, 2010, 340). Lisäksi räjäytystapahtuman aiheuttamaa melua on parempi mitata niin sanotulla piikkimelutasolla, eli C-painotetulla huipputasolla (LCpeak), sillä harvoin tapahtuvilla räjähdyksillä ei ole vaikutusta keskiäänitasoihin. Puolustusvoimat on esittänyt oppaassaan *Raskaiden aseiden ja räjähteiden aiheuttaman ympäristömelun arviointi* LCpeak-melutason ohjearvoksi 115 dB. Louhinnassa räjähteet kuitenkin sijoitetaan porareikiin kallion sisälle, mikä laskee räjähdyksestä aiheutuvaa melutasoa huomattavasti. Tällöin annettuja raja-arvoja tavallisissa louhintakohteissa ei yleisesti ylitetä. (Rudus Oy 2008, 60-61.)

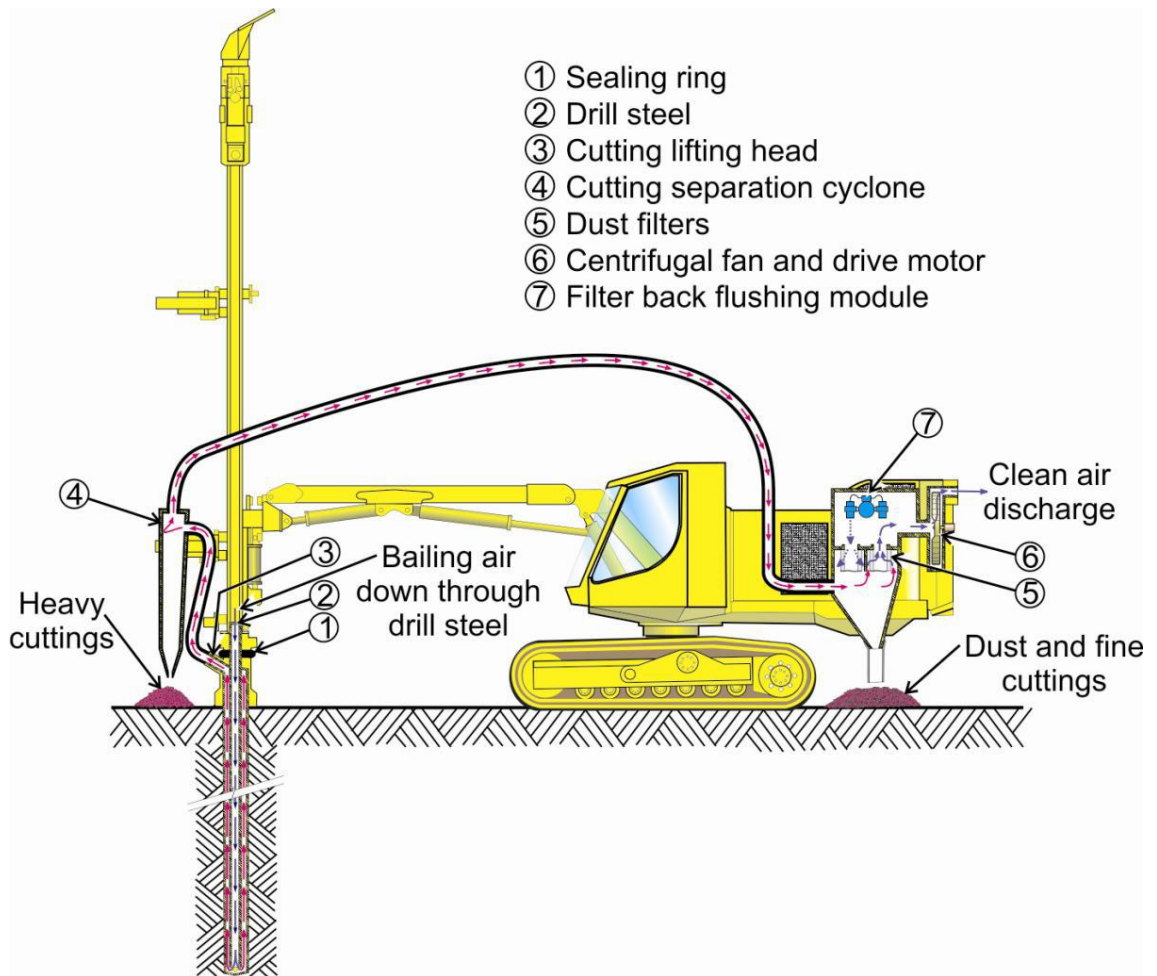
5 Pölyntorjunta

Pölyn leviämistä ympäristöön voidaan ehkäistä erilaisilla menetelmillä. Pölyä voidaan yrittää estää pääsemästä ilmaan alkujaankaan eristämällä pölyn lähde ympäristöstä suojarakenteilla, eli niin kutsutulla koteloinnilla, tai keräämällä syntynyt pöly heti talteen. Syntyvää pölyä on myös mahdollista sitoa materiaaliin vedellä, ettei se pääse nousemaan ilmaan. Vaihtoehtoisesti ilmaan noussut pöly voidaan sitoa ilmasta käsin vesipisaroilla tai sumulla, jolloin se saadaan putoamaan alas maahan. Myös työmaan pölynlähteiden kuten esimerkiksi murskaamon sijoittamisella voidaan minimoida ympäristön pölyhaittaa. Pölyntorjunnassa on huomioitava työmaalla tapahtuvien prosessien kuten porauksen, räjäytysten, rikotuksen sekä murskauksen lisäksi myös pölyn vaikutukset pidemmällä ympäristössä. Esimerkiksi työmaakuljetusten mukana pölyä siirtyy jopa kilometrien päähän alkuperäisestä pölynlähteestä. Kuljetuskaluston puhdistaminen onkin eräs tärkeä pölyntorjuntamenetelmä kaupunkialueilla.

5.1 Poravaunujen pölynkeräimet

Nykyaikaiset poravaunut ovat pääsääntöisesti varustettu pölynkeräys- ja pölyn-suodatuslaitteistolla, eli pölynerottimella, joka vähentää ilmaan leviävän hienon pölyn määrää porauksen aikana merkittävästi. Pölynerottimen tarkoitus on estää pölyn leviäminen ilmaan porauksen aikana ja saattaa se hallitusti maahan tai säkkiin matalalta etäisyydeltä. Järjestelmä myös erottaa porausprosessissa syntyneestä porasoijasta hienohjakoisen ja karkeajakoisen soijan. Tämän vuoksi keräyslaitteisto tarvitsee tuekseen aktiivisen säkityksen, mikäli pölyn leviämistä ympäristöön halutaan ehkäistä, sillä laitteistoihin ei yleensä kuulu säiliötä suodattulle porasoijalle. Porasoija poistuu kentälle laitteiston perästä suodatusprosessin jälkeen kuvan 3 mukaisesti.

Pölynkeräinjärjestelmät ovat tehokkaita, sillä niillä saadaan kerättyä oikein käytettynä ja huollettuina jopa 99 % syntyvästä soijasta. Pölynkeräimellä varustetulla poravaunulla suoritettun kuivaporausmenetelmän etuna on sen toimivuus myös talvisissa olosuhteissa, jolloin märkäporausmenetelmä ei tule kysymykseen huuhteluveden jäätyksen vuoksi. (Cecala, O'Brien, Schall, Colinet, Fox, Franta, Joy, Reed, Reeser, Rounds & Schultz 2012, 84.)



Kuva 3. Kevyen/keskiraskaan poravaunun pölynerottimen toimintaperiaate (Cecala ym. 2012)

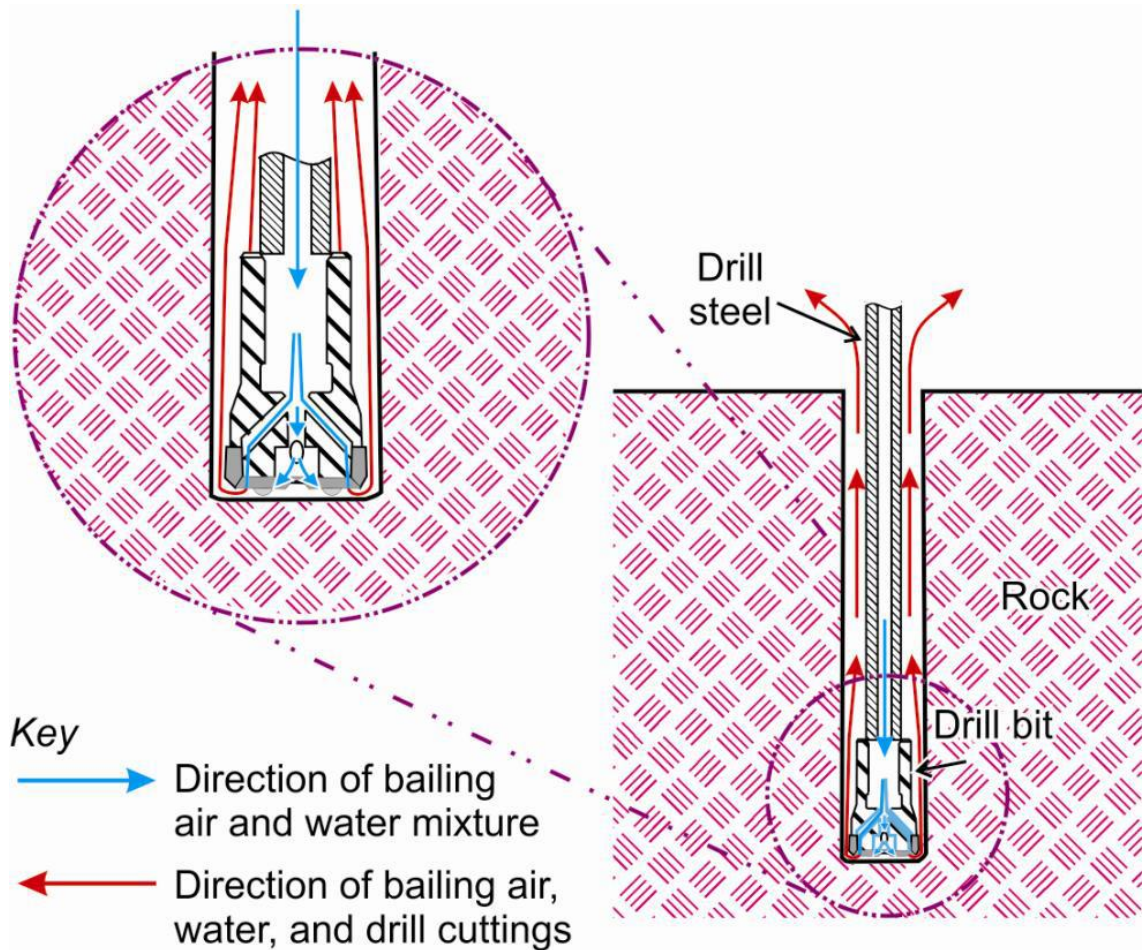
Kun porauskalusto asetetaan haluttuun porauspaikkaan, painuu pölynkeräinlaitteistoon kuuluva, niin sanottu imukavio porattavan kohdan päälle. Imukaviosta lähtee imurin letku, joka etenee vaunun puomin vartta pitkin järjestelmän suodattimille. Poratessa porakangen sisältä puhalletaan porareikään vaunun kompressorilla tuotettua paineilmaa, joka nostattaa porasoijan reiästä ylöspäin imukavion sisään, josta imurilaitteiston alipaine vetää pölyn eteenpäin kohti suodattimia. Tällä välillä erotin erottaa soijasta karkean aineksen, joka putoaa vaunun etupuolelle, jotta se ei pääse suodatinjärjestelmään ja tuki tai riko sitä. Useimmissa järjestelmissä on koneen tuottamalla paineilmailla toteutettu itsepuhdistusjärjestelmä, joka ehkäisee suodatinsysteemin tukkeutumista. (Cecala ym. 2012, 84.)

5.2 Märkäporaus

Märkäporauksen periaate on sama kuin kuivaporauksen, mutta porakangen kautta reikään puhallettavan paineilman sekaan syötetään vettä (Kuva 4). Pölyhiukkasten sitomiseen tarvittava vesimäärä porauksessa ei ole suuri, sillä se vaihtelee yleisesti välillä noin 0,38–7,60 l/min välillä riippuen reikäkoosta, poratyyppistä ja geologisista ominaisuuksista. Eräällä maanpäällisellä kaivoksella tehtyjen testiporausten mukaan pölynsidonnan tehokkuus nousi merkittävästi, kun veden syöttö nousi välillä noin 0,76–2,30 l/min, jonka jälkeen tehokkuuden nousu tasaantui. Veden määrän on oltava oikea kullekin poraustapahtumalle riippuen kalliotyyppistä, sillä liian pieni vesimäärä heikentää pölynsidontaa, mutta liian suuri veden määrä aiheuttaa käytännöllisiä ongelmia. Edellä mainituissa testiporauksissa veden määrän noustua noin 3,78 litraan muuttui porasoija reiässä niin rasakaaksi, että puhallettava paineilma ei enää poistanut soijaa reiästä. Liika vesi voi aiheuttaa myös porakangen juuttumisen porausreikään. (Cecala ym. 2012, 80-81.)

Märkäporausmenetelmä vaatii kylmissä olosuhteissa lämmitystä järjestelmän jäätyminen ehkäisemiseksi. Kun porauskalusto on toiminnassa, poravaunun hydraulikkajärjestelmän tuottama lämpö riittää pitämään vedensyötön sulana, mikäli sen linjat kiinnitetään lähelle hydraulikkalinjoja. Lisäksi järjestelmä on tyhjennettävä aina, kun kone ei ole käytössä. (Cecala ym. 2012, 82.)

Suomessa talviolosuhteet ovat kuitenkin yleensä niin ankarat, että kysymykseen tulee vaihtoehtoisen järjestelmän käyttäminen. Jos hydraulikan tuottama lämpö ei riitä pitämään vesilinjoja sulana, tarvitaan mahdollisesti erillistä eristystä tai muita toimenpiteitä, joiden toteuttaminen ja ylläpito eivät välttämättä ole helppoa tai edullista. Lisäksi mahdollinen suuttimien tai muiden pienten vesilinjan osien jäätyminen kesken työn aiheuttaa kohtuutonta haittaa työlle, jolloin on edullisempaa valita heti alusta alkaen vaihtoehtoinen pölynhallintatapa. On huomioitava myös, että lämpötilojen ollessa pakkasella vedellä sidottu porasoija myös jäätyy nopeammin kentällä kuin kuivaporattu aines. Suomen talviolosuhteissa on siis kannattavinta arvioida mahdolliset riskit ja suunnitella porauksen pölyntorjunta jo hyvissä ajoin ennen kuin työ kylmissä olosuhteissa aloitetaan.



Kuva 4. Märkäporauksen periaate (Cecala ym. 2012).

5.3 Säkitys ja kontti-imurit

Poravaunun imurijärjestelmiä hyödynnettäessä voidaan syntynyt porasoija kerätä talteen, eli säkittää. Säkitys tulee kysymykseen, kun poravaunun imurin poistamia pölykasoja ei haluta kentälle, josta ne pääsevät helposti leviämään. Suoraan poravaunun imurin poistopäästä säkitetty porasoija ei myöskään ole sekoittunut muihin maa-aineksiin, jolloin sitä talteen kerättynä voidaan mahdollisesti käyttää hyödyksi. Porasoija on kerättävä riittävän kestävästä materiaalista valmistettuihin säkkeihin, jotka kestävät ehjänä ollessaan täynnä ja roikkuessaan imurin poistoaukosta. Poravaunuissa on yleensä poistoaukossa pantakiinnitys, johon säkki saadaan kiinnitettyä.

Kokemus on osoittanut, että työnaikainen porasoijan säkitys vaatii suhteellisen paljon työpanosta. Koska vaunuun kiinnitettävä säkki ei voi olla kovinkaan suuren vaikeuttaessa vaunun liikkumista ja aiheuttaen säkin rikkoutumisen vaaran,

on pienikokoisia säkkejä vaihdettava verrattain usein. Sen lisäksi täyttyneitä säkkejä on kuljetettava pois työpisteeltä tyhjennettäväksi, etteivät ne jäisi koneen alle ja hajoaisi. Tämänkään takia vaunuun kiinnitettävä säkki ei voi olla liian suuri, sillä se on irrotettava ja sitä on voitava kuljettaa täynnä ollessaan käsin. Runsaan säkkien vaihdon ja kuljettamisen takia poravaunun kuljettaja tarvitsee jatkuvasti apumiestä suorittamaan edellä mainitut työt, ettei itse porauksen tehokkuus kärsi. Mikäli halutaan säkittää molemmat erotellut porasoijat, karkea ja hieno, säkkien vaihtotiheys nousee entuudestaan. Poraus tuottaa karkeaa ainesta vaunun etupuolelle huomattavasti vaunun takapäältä putoavaa hienoainesta enemmän. Esimerkiksi poratessa 76 mm kruunulla, tuottaa kahdeksan metrin reikä karkeaa soijaa noin 80 kg, missä ajassa hienoa ainesta syntyy vain noin 20 kg (Inkinen 2018).

Koska karkeaa porasoijaa syntyy porausprosessissa enemmän, etummaisen erottimen pöly voidaan kerätä vaihtoehtoisesti suoraan erottimen poistoaukkoon liitetyllä suurtehoimurikontilla, jolloin säästytään työläältä säkinvaihdolta. Lisäksi säkittäessä on säkkejä kuljetettava tyhjennettäväksi suurempikokoiseen suursäkkiin, jota pystytään kuljettamaan vain koneen avustuksella. Imurikonttiin vastaavasti mahtuu pölyä useamman suursäkin verran, ja kontti haetaan tyhjennettäväksi kuorma-autolla.

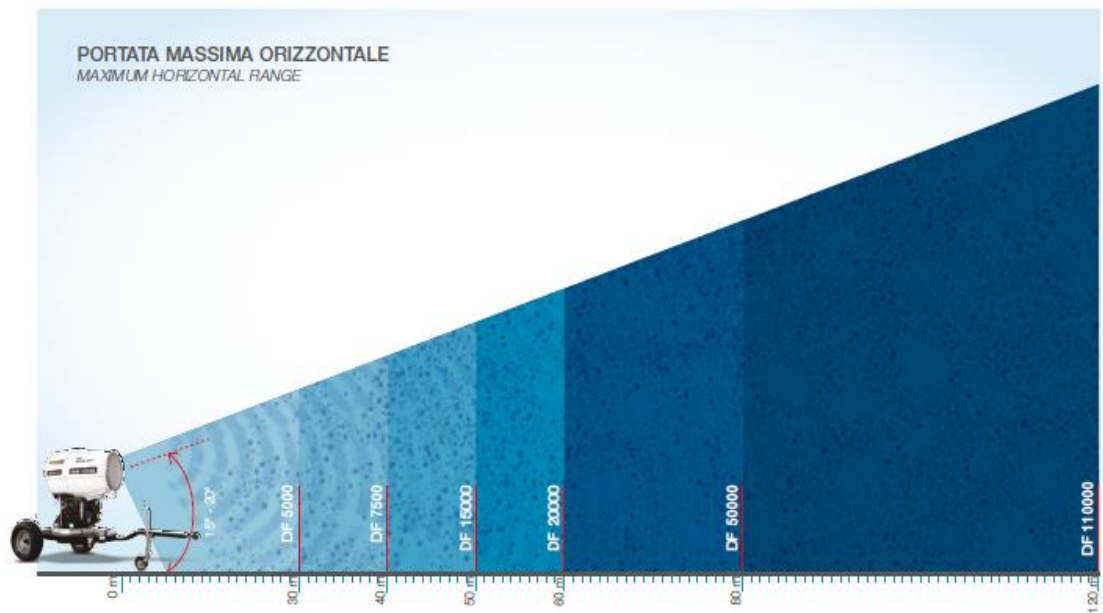
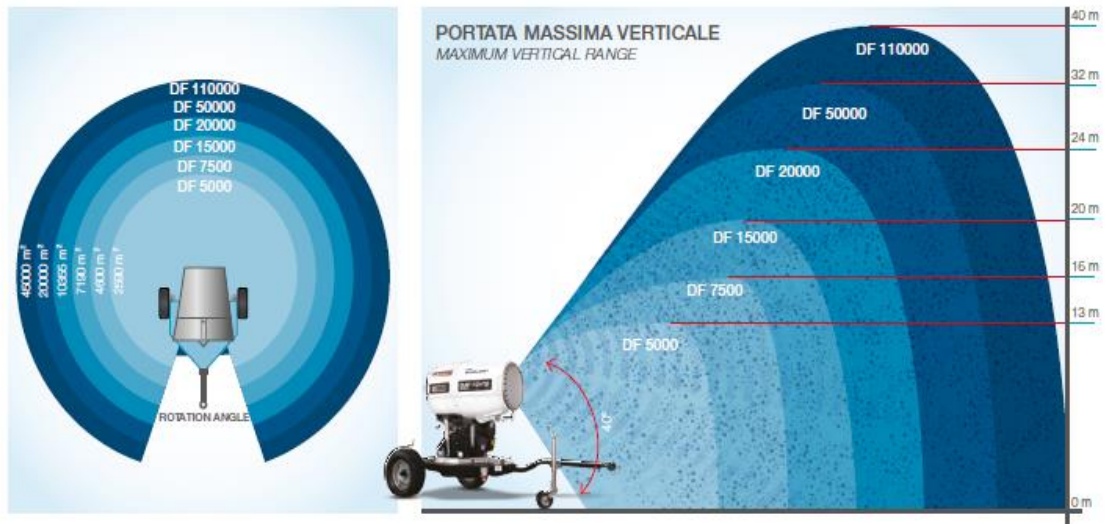
Vaikka hienojakoista porasoijaa syntyy karkeaa vähemmän, se on ympäristölle haitallisempaa. Kevyet ja hienojakoiset hiukkaset leviävät ilmaan karkeita helpommin ja ovat ihmiselle vaarallisempia joutuessaan hengitysteihin. Ympäristölle edullisin vaihtoehto on liittää etummaisen erottimen lisäksi myös takimmainen, eli hienojakoisen pölyn erotin imurikonttiin. Säkitettäessä on olemassa riski, että esimerkiksi säkkiä vaihdettaessa se rikkoutuu tai kaatuu, jolloin hienojakoista pölyä pääsee kentälle. Käytettäessä imureita molempien erottimien poistoaukoilla edellä mainittu riski katoaa. Toisaalta molemmissa päissä poravaunua olevat imuriputket vaikeuttavat vaunun liikkumista. Lisäksi porattaessa kenttää, joka sijaitsee rinteisellä kallioperällä, riskinä on imuriputken jääminen vaunun telan alle ja siten sen rikkoutuminen. Koska uusien imuputkien saanti työmaalle voi olla hidasta, tulee pölysäkkejä olla heti saatavilla, jotta työtä voidaan jatkaa käyttäen säkitysmenetelmää. Näin vältetään pitkäkestoisilta häiriöiltä työtehoissa.

Esimerkiksi dieselkäyttöiset Eurovac-imurikontit ovat varustettu omalla 65–253 kW tehoisella dieselmoottorilla, jolloin se ei tarvitse kentälle kuorma-autoa voimanlähteekseen. Imurikonttien säiliötilavuudet vaihtelevat 13–18 m³ mallista riippuen. Imurikonteissa on vaihtolava-alusta, jonka vuoksi ne on helppo tuoda työmaalle ja hakea pois kuorma-autolla. (Suomen imurikeskus 2016.)

5.4 Vesitykit eli vesisumuttimet

Siinä missä sadettajat on pääasiassa tarkoitettu sitomaan pöly materiaaliin maassa, vesisumutykit on tarkoitettu sitomaan ja pudottamaan jo ilmaan leviämään päässyt pöly. Vesitykillä voidaan kuitenkin ehkäistä pölyämistä myös kas-
telemalla maassa olevaa materiaalia. Avolouhintatyömaalla vesitykki voidaan sijoittaa pölyherkille alueille, joilla pölyämistä ei voida tehokkaasti ehkäistä muilla menetelmillä. Tällaisia kohteita ovat esimerkiksi kiven rikotus- ja lastauspaikat, missä tavanomainen sadetin tai vesiletkujärjestelmä ei yllä samaan pölyn sidonnan tehokkuuteen suuren pisarakoon vuoksi. Vesitykillä on helppo torjua myös räjäytyskentän laukaisun jälkeistä pölypilven leviämistä. Mikäli murskausasemaan ei haluta kiinteää vesisumutinjärjestelmää, voidaan vesisumutykillä sitoa myös murskaamon aiheuttamaa pölyä, kun tykki sijoitetaan murskaimen läheisyyteen.

Itse vesitykin toimintaperiaate on hyvin yksinkertainen. Vesitykissä on yleisesti sarja erillisiä vesisuuttimia tykin rungon päässä tai sen sisäosassa ja rungon takaosassa tehokas sähkömoottoritoiminen puhallin, jolla vesisumu saadaan lentämään laajalle alueelle. Vesisuuttimien kalkkeutumisongelmien takia markkinoilla on nykyään myös rungon sisäisellä suuttimettomalla veden syötöllä varustettuja malleja, kuten Dehacon valmistamat Tera-vesitykit, joissa teknologiaa kutsutaan nimellä Demto Rotor (Terra-Team 2018). Suuttimien valinnalla voidaan vaikuttaa pisarakokoon, ja suuttimia on saatavilla useita erilaisia. Pisarakokoon vaikuttavat myös tarvittava vesisumun kantama (Kuva 6), tuuliolosuhteet sekä tykin kapasiteetti suhteessa vesimäärään. (Hansa Engineering 2018.)



Kuva 5. Generac Dust Fighter -malliston vesisumun kantamat (Liftek 2018b)

Vesitykit on helppo kuljettaa ja sijoittaa työmaalle, sillä ne ovat verraten kevyitä. Esimerkiksi Generacin Dust Fighter -malliston (Kuva 6) painot ovat välillä 79–2900 kg ja ne on sijoitettu perävaunulle tai erilliselle jalustalle, joten niitä voidaan siirtää työmaalla autolla tai työkoneella (Liftek 2018a).



Kuva 6. Generac Dust Fighter 7500 (Liffttek 2018b)

Pölynsidonta ilmasta perustuu siihen, että ilmaan päässeeseen pölyyn ammutaan vesipisaroita, jolloin vesipisarat ja pölypartikkelit kohtaavat ja sitoutuvat keskenään. Pölypartikkelien paino nousee niin paljon, että ne eivät enää kykene leijumaan ilmapirran mukana vaan putoavat maahan. Tärkein seikka vesitykkeillä toteutettavassa pölynsidonnassa on ammuttavan pisarakoon suhde pölypartikkelien kokoon. Pölypartikkeliä pienemmät vesipisarat ehtivät haihtua ennen kuin ne ovat saaneet pudotettua pölyn maahan, kun vastaavasti liian suuri pisarakoko ei sido pienempiä partikkeleita. (SGN Tekniikka, SSF Spraying Systems Finland Oy 2018.)

Uusia vesitykkeitä Suomessa myyvät ainakin Terra-Team, Hansa Machines, Hansa Engineering Oy sekä Liffttek Oy (Liffttek 2018a; Terra-Team 2018; Hansa Machines 2018a; Hansa Engineering).

Suomessa ruotsalaisvalmisteisia Duztech-merkkisiä vesitykkeitä maahantuo, myy ja vuokraa Hansa Machines. Hansa Machines on myynyt sekä vuokrannut lukuisia tykkeitä ympäri Suomea erilaisiin kohteisiin, kuten satamiin, tehtaisiin, kaivoksille sekä purkukohteisiin. Tykkeitä on vuokrattavana noin kymmenen kappaletta. Hansa Machinesin mukaan avolouhintakohteisiin soveltuvimpien tykkien

myyntihinnat vaihtelevat 15 000–20 000 € välillä arvonlisäveron ollessa 0 %. Vas-
taavien tykkien kuukausivuokra on noin 2000 €. (Tommila 2018.)

Duztechin järjestelmät on mahdollista automatisoida ja varustaa eräänlaisella
sääasemalla. Tämä asema käynnistää, sammuttaa, ohjaa ja säätää sumutinjär-
jestelmiä tietokoneohjauksella tuulen voimakkuuden, tuulen suunnan ja lämpöti-
lojen mukaan. Järjestelmiin saadaan myös erilaisia tunnistimia, joiden avulla ve-
den sumutus alkaa, kun tunnistimet esimerkiksi havaitsevat kuljetuskoneen saa-
puvan lastausalueelle. Tämän jälkeen järjestelmä toimii automaattisesti ennalta
määritetyn ajan, jonka jälkeen se sulkee itse itsensä. Automatisoidulla järjestel-
mällä hallitaan veden kulutusta sekä säästytään manuaaliselta koneiden säätä-
miseltä. Duztechin sumutinjärjestelmät voidaan myös varustaa talviolosuhteisiin
soveltuviksi, jolloin niitä voidaan käyttää jopa -20 °C pakkasella. (Tommila 2018.)

Joissain kohteissa haasteelliseksi voi tulla sähkön ja veden saanti vesitykille.
Duztechin mallistossa on myös itsenäisiä vesitykkijärjestelmiä, jotka on varus-
tettu kiinteällä vesitankilla ja generaattorilla (Kuva 7). Laite voidaan kuitenkin tar-
vittaessa liittää myös erilliseen vesi- tai sähköverkkoon. (Hansa Machines
2018b.)



Kuva 7. Duztech TWG-40 (Hansa Machines 2018b)

Myös rakennuskonevuokraamo Konetalo Vainikka vuokraa sekä myy Duztech-vesisumutykkien eri malleja vuokrahinnan ollessa 250 €/vrk tai 1000 €/vk. Tykkien myyntihinnat ovat välillä 4 800–27 000 €. Saatavilla on myös hiljaisia, kaupunkiolosuhteisiin soveltuvia City-malleja. (Konetalo Vainikka 2018.)

5.5 Kiviaineskuljetusten pölyntorjunta

Kaupunkialueilla sijaitsevien louhintatyömaiden pölyntorjuntasuunnitelmissa otetaan yleisesti huomioon lähialueiden asukkaat ja toimijat. Mikäli työmaalta kuljetetaan esimerkiksi louhetta tai murskatuotteita sijoituspaikkaan, joka ei sijaitse työmaalla, on suunnitelmassa huomioitava myös kuljetusten ympäristöystävällisyys. Kiviainekset ovat kuivana herkkiä pölyämään, jolloin kuljetuksista nouseva pöly pääsee leviämään kuljetuksen reitille. Kuljetusten pölyntorjunnan perustana on hyvä ja riittävä suunnittelu. Suunnittelulla voidaan ehkäistä turhaa työmaajoa esimerkiksi käyttämällä materiaalit uudelleen työmaalla mahdollisuuksien mukaan.

Helsingin kaupungin ympäristönsuojelumääräyksessä sanotaan, että kaupunkialueella pölyävät kuormat on peitettävä tai vaihtoehtoisesti kasteltava sekä työmaan välittömässä läheisyydessä olevat katualueet on pidettävä mahdollisimman pölyämättöminä esimerkiksi kastelemalla. (Helsingin kaupunki 2018.)

Pölyn leviämistä työmaan kuormien mukana voidaan ehkäistä tehokkaasti järjestämällä työmaalta lähteville autoille pesupaikka työmaan ajoportin läheisyyteen, jossa auton pyörät ja alusta pestään pölystä tai liejusta. Suurilla työmailla pesu voidaan toteuttaa läpiajettavalla pesulaitteella, jossa vesisuuttimet suihkuttavat vettä auton pohjaan ja sivuille sekä kastelevat kuorman ylhäältä päin. (Helsingin kaupunki 2010.)

Työmaalta yleiselle tieverkolle johtavan reitin tulee olla kestopäällystetty sekä pinnanmuodoltaan kupera, jolloin siihen ei muodostu pölyä kerääviä kuoppia. Lisäksi yleiselle tielle johtavalle reitille on asetettava riittävän matala nopeusrajoitus, joka vähentää pölyn nousemista tien pinnalta sekä lisää liikenneturvallisuutta. Kuivalla kelillä päällystetyt työmaatiet ja niiden reunat tulee pestä irtopölystä säännöllisesti. (Helsingin kaupunki 2010.)

Talviolosuhteissa ilman lämpötilan ollessa pakkasella ei vedellä kastelu ole kuitenkaan mahdollista kuormien ja kuljetuskaluston jäätyminen vuoksi. Tällöin kuorman huolellinen peittäminen on ainoa tehokas pölyntorjuntamenetelmä. Talviolosuhteissa työmaateiden pölyäminen on kuitenkin usein vähäisempää lumen ja jäisen maan vuoksi. Tällöin myös autojen pyörissä kulkeutuva pöly on huomattavasti vähäisempää. Talviolosuhteissa ei yleisesti esiinny myöskään liejua, sillä teitä ei tarvitse kastella.

6 Meluntorjunta

Louhintatyömaan räjäytyksistä syntyvää lyhytkestoista melua ei voida helposti vaimentaa työmailla. Räjäytykset ovat sen vuoksi syytä ajoittaa päivittäin mahdollisimman samoille ajankohdille, jotta ympäristön asukkaat ja käyttäjät osaavat odottaa yllättäviä räjähdyksiä, jolloin räjäytysmelun kokijan säikähtäminen saadaan minimoitua. (Suomen ympäristökeskus 2010, 34.)

Räjäytyksistä on ilmoitettava riittävän kauas kuuluvalla pillillä ympäristön sekä työmaan väelle. Hyvä tapa on myös tiedottaa lähialueiden toimijoita jo ennen räjäytystöiden aloittamista tulevista räjäytystöistä.

Pitkäkestoinen ja jatkuva melu, jota syntyy esimerkiksi poratessa louhintatyön aikana, voidaan kuitenkin torjua neljällä eri tavalla:

- äänilähteen vaimentaminen
- äänilähteen eristäminen ympäristöstä
- heijastuksien välttäminen
- yksilön kuulonsuojaus (Vuolio & Halonen 2010 340).

6.1 Meluvallit

Meluntorjunta louhintatyössä on yksinkertaisemmillaan ja edullisimmillaan silloin, kun käytetään esimerkiksi työmaan varastokasoja hyödyksi äänen etenemisen katkaisemiseen, eli niitä käytetään meluvalleina. Meluvallit voidaan rakentaa ja muotoilla myös poistetuista pintamaista. Mikäli työmaalla on paikallaan olevia melua tuottavia laitteita, esimerkiksi murskausasema, sijoitetaan se mahdollisimman matalalle kohdalle työmaata. Tällöin meluvallien laet saadaan äänenlähteen

yläpuolelle, jolloin ne katkaisevat äänen kulkua tehokkaimmin. Mitä ylempänä meluvallin laki on äänenlähteestä, sitä enemmän melua se vaimentaa. Varastokasoja hyödynnettäessä ongelmallisinta on pitää meluvallin korkeus tarvittavan suurena. Esimerkiksi varastokasoista tehtyjen meluvallien tyhjentyessä on niitä mahdollisesti muovattava, ettei lakikorkeus pääse laskemaan alle äänenlähteen korkeusaseman. (Suomen Ympäristökeskus 2010, 34.)

6.2 Meluseinät ja melukaiteet

Mikäli louhintakohde on niin pieni, ettei meluvalleja ole tilan puutteen takia mahdollista rakentaa, tulee kysymykseen betonisten meluseinien käyttö. Meluseinät ovat suhteellisen ohuita betonisia rakenteita, ja ne ovat tavallisesti vähintään kahden metrin korkuisia. Meluseinän paksuuden kasvattaminen ei vaikuta seinän kykyyn estää melun kulkeutumista, minkä vuoksi meluseinät toimitetaan ohuina rakenteina, jolloin ne ovat helpompia asentaa tai tarvittaessa siirtää työn aikana. Lisäksi rakenteen paksuntaminen ainoastaan kasvattaa kustannuksia. (Liikennevirasto 2010, 22.)

Toinen vaihtoehtoinen melueste louhinta-alueelle kaupungissa on melukaide. Melukaide toimii samalla sekä meluesteenä että kaiteena. Melukaiteet ovat tavallisesti 1,0–1,2 metrin korkuisia rakenteita, minkä vuoksi ne on syytä sijoittaa esimerkiksi penkereelle, jotta niiden melua estävä vaikutus on riittävä. Tarvittaessa on saatavilla myös 1,6 metriä korkeita melukaiteita, mutta tällöin niiden käyttöalueen on oltava vähäluminen, ettei katualueiden auraus esty. Melukaiteet on sijoitettava tavanomaisen kaiteen lailla tiealueilla. (Liikennevirasto 2010, 24.)

Melukaidetta käytettäessä kaupunkialueella louhintatyömaalla on huomioitava, että melukaidetta käytetään vaimentamaan työmaalta katuverkolle kulkeutuvaa melua eikä päinvastoin. Esimerkiksi katualueella oleva louhintatyömaa on pääasiassa työn aikana alemmalla tasolla kuin katuverkko, jolloin meluseinää matalampi melukaide voi olla riittävä. Kadun tasoon asennetut melukaide-elementit ovat tällöin työmaan äänen lähteiden tasoon nähden korkeammalla. Työmaan melun taso ja meluesteiden korkeus on kuitenkin osoitettava laskelmin. Betoninen melukaide lisää myös liikenteen ja työntekijöiden turvallisuutta silloin, kun louhinnan taso on jo huomattavasti alempana kuin katuverkon taso.

6.3 Poravaunujen meluntorjunta

Porauksessa syntyvää ääntä voidaan vaimentaa ja eristää laiteteknisillä ratkaisuilla. Tällaisia ratkaisuja ovat esimerkiksi melua tuottavien laitteiden tai laiteosien kotelointi ja kapselointi. Esimerkki meluneristämisestä koteloimalla on Sandvikin DX Ranger -poravaunuihin kehittämä Noise Guard -melukapseli. Se on poravaunun poratornin päälle sijoitettava muovinen, kaksiosainen ja tarvittaessa poistettava ja uudelleen kiinnitettävä kotelointi. Kotelo peittää poratornin koko pituudeltaan, minkä vuoksi se antaa esimerkiksi kankimelua vastaan hyvän suojan. Melukapselilla porauksessa syntyvä melu laskee noin 10 dB:llä, mikä on kaupunkiolosuhteissa poratessa merkittävä vähennys, kun porataan esimerkiksi aivan asuintalon vieressä. (Thomas 2008.)

6.4 Murskainten meluntorjunta

Mikäli louhintatyömaalla on murskain, voidaan sen tuottamaa melua vähentää rakentamalla sen päälle työn aikainen kotelointi. Esimerkiksi Metso Minerals koekeli prototyyppinä juuri tämän kaltaista yksinkertaista ”melumökkiä”, jonka pohjalta se kehitti nykyiset melukoteloinnit. Tämä yksinkertainen ”mökki” oli valmistettu pääosin teollisista rakennusmateriaaleista, kuten metallista, eristeitä ja kumista, mutta silti sillä saavutettiin huomattava melutason alenema murskaimen lähistöllä. Tässä tapauksessa kumia oli asennettu murskaimen syöttösuppiloon, jolloin suppiloon lastattava kivi ei osuessaan murskaimen metalliosiin aiheuta kovaa ääntä. (Metallitekniikka 4/2017, 36.)

6.5 Vastamelusuojaimet

Yksilön kuulonsuojaukseen työmailla käytetään vielä nykyään pääasiassa normaaleja kuulonsuojaimia. Tavallisesti kuulonsuojaus on toteutettu joko kuppikuulonsuojaimilla, jotka ovat mahdollista kiinnittää kiinteästi suojakypärään, tai perinteisillä korvatulpilla. Lisäksi vältetään tarpeetonta pitkää oleskelua melunlähteiden läheisyydessä.

Nykyään käytössä on myös aktiivikuulonsuojaimia, jotka toimivat mekaanisen kuulonsuojaimen lailla. Aktiivisuojaimissa oleva elektroniikka kuitenkin mahdollis-

taa kapeakaistaisen äänen, kuten esimerkiksi ihmisen puheen kuulemisen. Kuulonsuojaimissa oleva mikrofoni tunnistaa kapeakaistaisen äänen, joka toistetaan suojaimien sisällä olevista kaiuttimista käyttäjän kuultavaksi. Näiden nykyään jo varsin yleisten suojainten ongelma kuitenkin ovat matalat äänitaajuuden, joiden vaimentamiseen ne ovat toisinaan riittämättömät. (Leino 2006.)

Uusin innovaatio ja tulevaisuuden teknologia kuulonsuojauksessa on vastamelusuojaus. Kuten aktiivisuojaimessa, myös vastamelusuojaimessa on mikrofoni ja kaiuttimet. Mikrofoni analysoi havaitsemansa äänen, jolloin elektroniikka tuottaa juuri samanlaisen, mutta vastakkaissuuntaisen ääniaallon. Syntynyt vastamelu toistetaan suojaimien kaiuttimista. Kun vastakkaisten ääniaaltojen huippu ja pohja kohtaavat, tuloksena on huomattavasti alentunut äänen taso. Vastamelusuojaimet yhdistävät perinteisen passiivikuulonsuojaimen ja vastamelutekniikan, jolloin matalataajuuksista ääntä vastaan saadaan paras mahdollinen suoja. Vastamelusuojaimilla saavutetaan jopa 17 dB tehokkaampi suoja matalataajuuksista melua vastaan kuin perinteisillä passiivisuojaimilla. (Suojalaite Oy 2018.)

7 Porasoijan käyttö

Porasoijaa on käytetty hyödyksi ainakin fillerinä, eli täytehiekkana, sekä Portlandsementin tai asfalttipäällysteen täyteaineena (Association of State and Territorial Solid Waste Management Officials 2017, 3). Filleriä, jonka raekoko on noin 0,2–1 mm, voidaan käyttää saumaushiekkana esimerkiksi betonikiviasennuksien saumaamiseen (Siisti Piha 2018). Täytehiekaksi soveltuu ainoastaan karkea porasoija, sillä hienon porasoijan raekoko on tähän käyttötarkoitukseen liian pieni. Porasoijaa voidaan käyttää myös työmaalla täytemaana.

Aikaisemmin esimerkiksi Rudus otti porasoijaa vastaan. Nykyään Rudus on luopunut porasoijan vastaanotosta sen vaikean varastoitavuuden vuoksi. Varastoinnin vaikeus johtuu siitä, että kastuessaan porasoija liejuuntuu helposti. Porasoija itsessään ei ole ongelmajätettä, minkä vuoksi sen loppusijoituspaikka on usein kaatopaikka tai se käytetään täytemaana. (Rudus Oy 2018.)

8 Pohdinta

8.1 Porauksen pölyntorjunta

Kallioporauksen pölyntorjunnassa poravaunujen pölyntorjuntajärjestelmät ovat avainasemassa pölypäästöjen ehkäisyssä. Poravaunujen imurit ja pölynerottimet ovat tehokkaita, ja käytännössä millään louhintatyömaalla ei enää saa porata kalliota vaunulla, jossa ei ole pölyntorjuntajärjestelmää. Vaikka pölynerottimet ja imurit toimivat hyvin, ongelmaksi muodostuu erotetun pölyn kerääminen. Porasoijan säkitys on käyttökelpoinen menetelmä, mutta se vaatii paljon työtä. Jotta säkitysmenetelmä saataisiin tehokkaaksi, vaatisi se porauspaikalle apumiehen vaihtamaan säkkejä niiden täytyttyä. Mikäli porari joutuu itsenäisesti porauksen ohella hoitamaan säkitystä, aiheuttaa se itse poraamiseen pitkiä taukoja ja laskee työtehoa. Säkitysmenetelmä vaatisi myös työpisteen läheisyyteen työkoneella siirrettävän suursäkin, johon pienemmät säkit voidaan tyhjentää. Lisäksi suursäkkien pois vienti on suunniteltava ja valvottava tarkoin, jotta säkit eivät jää työmaalle ja aiheuta haittaa.

Säkitysongelmalta voidaan välttyä käyttämällä työmaalla imurikontteja. Imurikontteja käytettäessä porasoija keräytyy suoraan konttiin, jolloin pölysäkkien kuljettamiselta vältytään. Imurikonttien sijoittaminen työmaalle voi kuitenkin olla haasteellista, mikäli työmaalla on kovin epätasaista. Koska poravaunusta yhdistyy imuputket koko porauksen ajan kontteihin, on kontteja siirrettävä porauspaikan mukaan.

Toisin sanoen louhintatyömaalla, jossa porauspaikat vaihtelevat usein on perinteinen säkitysmenetelmä helpoin ja edullisin toteuttaa. Se vaatii kuitenkin työvoimaa, työnjohdon tarkkaa valvontaa sekä suunnittelua. Työmaalla, jossa porauspaikoissa ei ole paljon vaihtelua ja imurikontit ovat helposti sijoitettavissa, on imurikontit käyttökelpoinen ja ympäristöystävällinen vaihtoehto.

Märkäporaus ja vesihuuhdeluporaus ovat ongelmallisia, koska menetelmiä ei voida käyttää kylmien kelien aikana jäätymisongelmien takia. Lisäksi märkämenetelmän edut verrattuna hyvin toimivan kuivaporaukseen ja pölynkeräykseen ovat hyvin pienet, ja menetelmän käyttäminen on oltava perusteltua.

8.2 Räjähätyksen pölyntorjunta

Räjähätyksen pölyhaitat ovat haasteellisia torjua. Räjähätetty kallio pölyää käytännössä poikkeuksetta. Räjähätyksissä on yritetty pienentää paineaaltoa ja ehkäistä pienten kivien lentämistä levittämällä räjähätyskentän päälle räjähätysmattojen asentamisen yhteydessä viiraa, eli teollisuushuopaa. Teollisuushuopa voisi mahdollisesti vähentää myös ilmaan nousevan pölyn määrää.

Räjähätyksestä ilmaan päässeän pölyn sitomiseen tehokkain ratkaisu voisi olla luvussa viisi esitellyt pölynsidontatykit. Koska vesisumutykki tuottaa pieni pisaraista atomisoitua vesisumua, se ei pääse kastelemaan kenttää radikaalisti. Vesisumutykki suunnataan räjähätyskentän suuntaan ja kytketään käyttöön juuri ennen räjähätystapahtumaa. Kun räjähätyksestä vapautunut pölypilvi kohoaa ilmaan, sitoo siihen kohdistuva vesisumu pölyn heti, jolloin pöly ei pääse leviämään tuulen mukana pidemmälle ympäristöön. Koska vesisumutykkien kantamat ovat useita kymmeniä metrejä, voidaan tykki sijoittaa turvallisen etäisyyden päähän suojaan mahdolliselta heitteeltä. Lisäksi tykki voidaan sijoittaa räjähätys suunnan toiselle puolelle.

8.3 Vesisumutykkien käyttömahdollisuudet

Vesitykit ovat Suomessa vielä varsin uusi pölyntorjuntamenetelmä. Vesitykin ominaisuudet ja käyttömahdollisuudet ovat kuitenkin omaa luokkaansa verrattuna esimerkiksi perinteisiin sadettajiin ja kastelujärjestelmiin. Vesitykin etuna on sen kyky sumuttaa vesi pitkien kantamien päähän sekä säädettävissä oleva pisarakoko, jolla saadaan aikaan mahdollisimman tehokas pölynsidonta. Lisäksi vesisumutykit eivät aiheuta työmaalle samanlaista veden kertymistä kuin esimerkiksi sadettajat.

Vesisumutykit ovat helposti siirreltävässä työmaalla, jonka vuoksi niitä voidaan käyttää useisiin eri tarkoituksiin. Käytännössä vesisumutykkiä voidaan käyttää pölyntorjuntaan murskaimilla, lastauspaikoilla, rikotuksessa sekä räjähätyspaikoilla. Toisin kuin useimpien louhinnassa käytettävien vesijärjestelmien, pitäisi vesisumutykkien olla käytettävissä pakkasella niihin saatavien talvivarusteluiden ansiosta, jolloin niitä voidaan käyttää jopa -20 °C pakkasella. Järjestelmien talvikäyttömahdollisuudet selviävät kuitenkin vasta käytännön kokeilussa.

Vesisumutykit ovat tässä työssä tutkituista pölynsidontajärjestelmistä uusin ja monikäyttöisin vaihtoehto. Käyttäjäkokemuksia on toistaiseksi suhteellisen vaikeaa saada, sillä Suomessa tykkejä maahantuovia ja myyviä yrityksiä on vielä melko vähän. Vesisumutykit ovat kuitenkin vakuuttaneet Suomessakin jo suuria yrityksiä, ja tykkejä on ostettu käyttöön muun muassa satamiin. Ulkomailla, esimerkiksi Saksassa, Ruotsissa ja Yhdysvalloissa tykkejä käytetään jo laajalti louhinnassa ja kaivostoiminnassa.

8.4 Meluntorjunta

Meluntorjunta työmaalla lähtee melunlähteiden arvioinnista ja mittauksista. On selvítettävä, minkälaista melua työmaa aiheuttaa sekä mitkä ovat pääasialliset melunlähteet. Työmaan sijoittelulla voidaan vaikuttaa siihen, kuinka ääni työmaalta ympäristöön etenee. Työkoneiden moottorien ja kauhojen aiheuttamiin äänentasoisiin ei työmaalla voida juurikaan vaikuttaa. Yksinkertaisinta on rajoittaa meluavien työvaiheiden työaikoja ja sijoittaa melua aiheuttavat laitteet esimerkiksi varastokasojen suojaan tai mahdollisimman alhaiselle paikalle työmaalla.

Erilliset meluesteet, kuten betoniset meluaidat, ovat tehokkaita äänen kulkeutumisesta vastaan, mutta kaupungissa sijaitsevat louhintatyömaat ovat toisinaan ahtaaita, jolloin meluaitojen sijoittelu voi olla ongelmallista. Mikäli teollisia meluesteitä käytetään, on ne paras sijoittaa työmaan rajojen tuntumaan.

Poravaunujen ja muiden työkoneiden erilliset, lisävarusteina saatavat melusuojat ovat yleistyneet viimeisen vuosikymmenen aikana. Näillä lisävarusteilla saavutetaan tuntuvia melun alenemia, mutta ne nostavat koneiden hankintahintaa tapauskohtaisesti, tavallisesti noin 10 %. Lisäksi esimerkiksi poravaunuihin saatavat porauspuomin päälle asennettavat melukapselit voivat aiheuttaa hankaluuksia poratessa ahtaissa paikoissa, kuten esimerkiksi rakolinjalla. Joissain tapauksissa työmaalla porattavista rei'istä noin puolet saattavat olla juuri rakolinjareikiä. Tämän vuoksi ennen kalliiden lisälaitteiden hankintapäätöstä on varmistettava niiden myötä saavutettava hyöty.

Yksilöiden kuulonsuojaus varmistetaan riittävän laadukkailla ja hyväksytyillä suojaimilla. Kuulonsuojauksen käyttöä ja suojainten kuntoa on valvottava esimerkiksi työnjohdon toimesta.

9 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön perimmäinen tarkoitus oli tutkia erilaisia vaihtoehtoisia menetelmiä kaupunkialueella suoritettavan louhinnan aiheuttaman pölyn- ja meluntorjunnan tehostamiseksi tiukentuneiden ympäristömääräysten vuoksi. Opinnäytetyössä on tutkittu pölyn ja melun syntyä ja vaikutuksia ympäristöön ja sen käyttäjiin, mikä antaa pohjan pölyn- ja meluntorjunnan tehostamiselle. Pölyn ja melun ihmisille aiheuttamien haittavaikutuksien ymmärtäminen onkin toiminut työn aikana motivaationa etsiä ratkaisuja niiden ehkäisyn tehostamiseen.

Tässä työssä pääpaino on pidetty pölyntorjunnassa, jonka työn tilaaja on arvioinut tällä hetkellä tärkeimmäksi kehittämisen alueeksi. Tiukentuneiden vaatimusten myötä myös perinteiset menetelmät, kuten porauspölyn säkitys ja sadettajat, on koettu toisinaan riittämättömiksi. Opinnäytetyön tarkoituksena olikin löytää jo käytössä olevien pölyntorjuntamenetelmien tueksi uusia menetelmiä ja tutkia niiden yhdisteltävyyttä ja käyttökelpoisuutta erilaisissa olosuhteissa.

Tässä työssä käytettiin useita eri lähteitä Suomesta sekä ulkomailta, sillä aihetta on ehditty tutkia melko vähän, koska ympäristövaatimukset ovat tiukentuneet vasta viime vuosina. Lisäksi osa tässä työssä esitellyistä pölyntorjunnan menetelmistä ovat Suomessa vielä niin uusia, että menetelmiä ja tekniikoita ei olla vielä päästy testaamaan pitkällä aikavälillä.

Koska tämän opinnäytetyön tarkoitus on toimia apuna pölyn- ja meluntorjuntamenetelmiä valittaessa, on ollut positiivista löytää myös Suomessa uusia menetelmiä mukaan. Vesisumutykit ovat olleet työn alusta asti kiinnostavin ja potentiaalisin vaihtoehtoinen lisämenetelmä pölyntorjunnan tehostamiseen. Vesisumutykeillä voidaan periaatteessa torjua sellaista pölyämistä, johon aikaisemmin ei ole ollut tehokasta menetelmää. Menetelmä on kuitenkin uusi, jonka vuoksi sen toimivuus on varmistettava käytännössä.

Porauksen pölyämisen osalta perinteinen poravaunun pölynerotin yhdistettynä säkitykseen on edelleen käyttökelpoinen menetelmä. Se on poravaunun esteettömän kulkemisen ja pölynkeräyksen toimintavarmuutensa vuoksi toimiva ratkaisu, mutta vaatii rinnalleen hyvin suunniteltua ja valvottua logistiikkaa sekä eril-

liset apumiehet säkkien kuljetukseen ja vaihtamiseen. Säkityksen suurimmat ongelmat ovat siis eliminoidavissa hyvällä suunnittelulla ja valvonnalla. Myös imurikonktien potentiaalia ja soveltuvuutta on testattava käytännössä työmaalla, ennen kuin sillä voidaan korvata muita menetelmiä.

Yksinkertaisimpaan, tehokkaimpaan ja helpoimpaan lopputulokseen päästään siis tehostamalla jo käytössä olevia menetelmiä, huomioimalla ja testaamalla vesisumutykkien potentiaali ilmassa olevan pölyn sidontaan sekä huomioimalla työmaan sijoittelussa ympäristövaikutuksille alttiimmat suunnat.

Kuvat

- Kuva 1. Pölypilvi kentän laukaisun jälkeen, s. 13
Kuva 2. Toiminta- ja raja-arvot, s. 14
Kuva 3. Kevyen/keskiraskaan poravaunun pölynerottimen toimintaperiaate, s. 17
Kuva 4. Märkäporauksen periaate, s. 19
Kuva 5. Generac Dust Fighter- malliston vesisumun kantamat, s. 22
Kuva 6. Generac Dust Fighter 7500, s. 23
Kuva 7. Duztech TWG-40, s.24

Taulukot

- Taulukko 1. Hiukkaspitoisuuksien raja-arvot, s. 11
Taulukko 2. Hiukkaspitoisuuksien ohjearvot, s. 11

Lähteet

Association of State and Territorial Solid Waste Management Officials 2017. Beneficial Use of Drill Cuttings, Produced Water and Fluids In the U.S.

(http://astswmo.org/files/Resources/Materials_Management/OGWaste-Beneficial-Use-Followup-Report-11-29-17.pdf) Luettu 19.3.2018.

Atlas Copco 2018. Products. Excavator attachments. Hydraulic breaker. Hydraulic breakers. Hydraulic breaker SB-702. (<https://www.epiroc.com/en-us/products/excavator-attachments/hydraulic-breaker/hydraulic-breakers>) Luettu 4.1.2018.

Cecala, B., O'Brien, A., Schall, J., Colinet, J., Fox, W., Franta, R., Joy, J., Reed, Wm., Reeser, P., Rounds, J. & Schultz, M. 2012. Report of Investigations 9689. Dust Control Handbook for Industrial Minerals Mining and Processing. Pittsburgh, PA & Spokane, WA: Department of Health and Human Services. Centers for Disease Control and Prevention. National Institute for Occupational Safety and Health. Office for Mine Safety and Health Research.

Federal Highway Administration. U.S. Department of Transportation 2006. Environment. Noise. Construction Noise. Handbook. Handbook 9 Construction Equipment Noise Levels and Ranges. (https://www.fhwa.dot.gov/Environment/noise/construction_noise/handbook/handbook09.cfm) Luettu 15.3.2018.

Hansa Engineering Oy. Dammbekämpning. EmiControls – Vesitykit pölynsidontaan. (<http://hansa-engineering.se/fi/dammbekampning/vesitykit/>) Luettu 13.2.2018.

Hansa Machines 2018a. Tuotteet. Erikoislaitteistot. Duztech. (<http://www.hansa-machines.fi/tuotteet/erikoislaitteet/duztech/>) Luettu 14.3.2018.

Hansa Machines 2018b. Duztech tuotekuvasto. (http://www.hansa-machines.fi/documents/DUZTECH%20Product%20Catalogue%20V1%201_SUOMI.pdf) Luettu 14.3.2018.

Helsingin kaupunki 2010. Static. YMK. Esitteet. Rakennustyömaapöly. (<https://www.hel.fi/static/ymk/esitteet/rakennustyomaapoly.pdf>) Luettu 15.3.2018.

Helsingin kaupunki 2018. Asuminen ja ympäristö. Ympäristönsuojelumääräykset. Pöly. (<https://www.hel.fi/helsinki/fi/asuminen-ja-ymparisto/ymparistonsuojelu/ymparistonsuojelumaaraykset/poly/>) Luettu 15.3.2018.

Inkinen, A. 2018. Porari. YIT Rakennus Oy. Helsinki. Haastattelu 8.2.2018.

Jääskeläinen, R. 2010. Maanrakennuksen ja louhinnan perusteet. Porvoo: Tammermekniikka / Amk-kustannus Oy.

Konetalo Vainikka 2018. Tuote. Pölynsidontatykki Duztech. Tuotetiedot. (<https://konetalovainikka.fi/tuote/polynsidonta-tykki-duztech/#tuotetiedot>) Luettu 16.2.2018.

Koski, H. & Mattila, I. & Taipale, A. 2013. Pölyntorjunta rakennustyömaalla. Teknologian tutkimuskeskus VTT. (<http://docplayer.fi/90880-Polyntorjunta-rakennustyomaalla-hannu-koski-inga-mattila-aimo-taipale-maantiivistaminen-talonrakentamisessa-tuomas-laitinen-jouko-tornqvist.html>) Luettu 24.1.2018.

Leino, R. 2006. Vastamelu on hankala hallita. Tekniikka & Talous 2006. Internetartikkeli. (<https://www.tekniikkatalous.fi/innovaatiot/2006-10-12/Vastamelu-on-hankala-hallita-3276843.html>) Luettu 16.3.2018.

Lifttek Oy 2018a. Tuotteet. Generac. Pölynsidonta. (<http://www.lifttek.fi/tuotteet/generac/polynsidonta>) Luettu 16.2.2018.

Lifttek Oy 2018b. UserData. PDF. Generac. (http://www.lifttek.fi/userData/mn-lifttek-ril115/pdf/generac/DF-ECOLOGY_cat_LR-ita-eng.pdf) Luettu 19.2.2018.

Liikennevirasto 2010. 16/2010 Liikenneviraston ohjeita. Tien melusteiden suunnittelu 30.9.2010. (https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo_2010-16_meluste_suunnittelu_web.pdf) Luettu 5.3.2018.

Metallitekniikka 4/2017. Murskaus Hiljaisemmaksi. Internetartikkeli. (https://www.dimecc.com/wp-content/uploads/2016/08/Metallitekniikka_4_2017_HYBRIDS.pdf) Luettu 2.3.2018.

Pölyntorjunta.fi 2018. Lait ja asetukset. (<https://www.polyntorjunta.fi/lait-ja-asetukset>) Luettu 7.3.2018.

- Ramboll 2016. HKR-Rakenuttaja. Olympiastadionin avolouhinnan meluselvitys. (<https://dev.hel.fi/paatokset/me-dia/att/75/75b130bbaa37e0d9075925df666607cf7cc2eebf.pdf>) Luettu 20.2.2018.
- Rudus Oy 2008. Kalliokiviaineksen ottotoiminta Rajavuoren alue, Kotka. Ympäristövaikutusten arviointiselostus. (<http://www.ymparisto.fi/download/no-name/%7B2EAE22D0-1DDB-4904-AD75-B3E5BA8ECD81%7D/41640>) Luettu 30.1.2018.
- Rudus Oy 2018. Rudus Kierrätys Helsinki. Haastattelu 19.3.2018.
- SGN Tekniikka. SSF Spraying Systems Finland Oy. (<http://www.sgntekniikka.fi/ssf-spraying-systems-finland-oy/>) Luettu 13.2.2018.
- Siisti Piha 2018. Content. Hiekkaa. (<https://www.siistipiha.fi/content/hiekkaa>) Luettu 19.3.2018.
- Suojalaite Oy 2018. Suojalaite. Noisebuster PA4000. (http://www.suojalaite.fi/WebRoot/Suojalaite/Shops/Suojalaite/4E55/3D95/BEE7/F639/020F/0A28/1015/74E2/Noisebuster_PA4000_FIN_110920.pdf) Luettu 16.3.2018.
- Suomen imurikeskus 2016. Laitteet. Suurtehoimurit. Eurovac kontti-imuri. Dieselkäyttöiset. (<https://suomenimurikeskus.fi/pages/fi/laitteet/suurtehoimurit/eurovac-kontti-imuri-dieselkaeyttoeiset.php>) Luettu 12.2.2018.
- Suomen Ympäristökeskus 2010. Suomen ympäristö 25/2010. Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT). Ympäristöasioiden hallinta kiviainestuotannossa. (https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/37976/SY25_2010.pdf?sequence=) Luettu 20.2.2018.
- Säämänen, A. & Riipinen, H. & Kulmala, I. & Welling, I. 2004. PACE. Kansainvälinen yhteistyö- ja tiedonvälityshanke hyvien työympäristöratkaisujen edistämiseksi. Pölyntorjunta. VTT Automaatio. Tampereen Alueyöterveyslaitos. Lappeenrannan alueyöterveyslaitos. (<http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/poly-verkko/pace.pdf>) Luettu 6.3.2018.
- Terra-Team 2018. Rakennusala. Vesisumuttimet. Tera 90 vesisumutin. (http://www.terra-team.fi/rakennusala/vesisumuttimet/tera_90_vesisumutin/) Luettu 13.2.2018.
- Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2017. Ympäristöterveys. Melu. (<https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/melu>) Luettu 29.1.2018.
- Thomas 2007. Internetartikkeli 12.3.2007. (<https://news.thomasnet.com/fullstory/noise-muffler-works-with-drill-rigs-811264>) Luettu 22.2.2018.

Tolppanen, P. 1998. Työraportti 98-40 Louhitun kiven käyttökohteet ja murskaus. Helsinki: Saanio & Riekkola Oy

Tommila, T. Toimitusjohtaja. 2018. Hansa Machines. Haastattelu 14.3.2018.

Työterveyslaitos 2018. Työntekijä. Ammattitaudit. Silikoosi eli kivipölykeuhkosairaus. (<https://www.ttl.fi/tyontekija/ammattitaudit/silikoosi-eli-kivipolykeuhkosairaus/>) Luettu 24.1.2018.

Työsuojeluhallinto 2015. Työolot. Fysikaaliset tekijät. Melu. Raja-arvot. (<http://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/fysikaaliset-tekijat/melu/raja-arvot>) Luettu 30.1.2018.

Työturvallisuuskeskus 2018. Työsuojelu. Melu ja ääriääni. ([https://ttk.fi/etusivu_\(vanha\)/tyosuojelu/melu_ja_tarina](https://ttk.fi/etusivu_(vanha)/tyosuojelu/melu_ja_tarina)) Luettu 29.1.2018.

Vuolio, R. & Halonen, T. 2010. Räjähäytystyöt. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy.

Ympäristö.fi 2016. Ilmasto ja ilma. Ilmansuojelu. Ilmansuojelun raja- ja ohje-arvot. (http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ilmasto_ja_ilma/Ilmansuojelu/Ilmansuojelun_raja_ja_ohje-arvot) Luettu 22.3.2018.