

Betoniteollisuuden kvartsipölyohje



Betonikeskus ry

SISÄLLYSLUETTELO

Sisällysluettelo	2
Esipuhe	4
1. Johdanto	5
1.1 Tavoite	6
2. Kvartsipölyn terveysvaikutukset	6
2.1 Kvartsipöly ja betoniteollisuus	7
2.2 Mittausmenetelmät ja riskien arviointi	8
2.3 Mitatut kvartsipitoisuudet betoniteollisuudessa	9
3 Tuotantotilojen suunnittelu	10
3.1 Betoniteollisuuden tuotantotilat Suomessa	10
3.2 Kohdeilmanvaihto- ja pölynpoistojärjestelmät	11
3.3 Osastointi ja päästölähteen eristäminen	14
3.4 Valvomot	14
3.5 Yleisilmanvaihtoratkaisujen toteutus	15
3.6 Yleinen hygienia	15
4 Puhdistus ja siivous	16
4.1 Märkäpuhdistus	16
4.2 Kuivapuhdistus	16

5 Henkilökohtaisten suojavaarusteiden käyttö	18
5.1 Hengityssuojaimet	18
6 Betonin valmistus	19
6.1 Raaka-aineiden punnitus ja siirrot	19
6.2 Betonin valmistus	20
6.3 Kuivatuotteiden valmistus	21
7 Muottien varustelu, purku ja puhdistus	22
7.1 Ontelo- ja kuorilaattojen koneellinen puhdistus	22
7.2 Elementtimuottien käsin puhdistus	23
7.3 Raudoitus ja valu	24
8 Betonielementtien ja -tuotteiden viimeistely	24
8.1 Jännepunosten katkaisu	24
8.2 Ontelo- ja kuorilaattapetien peittäminen	27
8.3 Ontelo- ja kuorilaattojen sahaukset	28
8.4 Pintojen viimeistely, varausten ja viisteiden puhdistus	30
8.5 Hiekkapuhallus	31
8.6 Seinä –ja porraselementtien hionta	31
9. Yhteenveto betonin valmistusvaiheiden mitatuista pölypäästöistä	31
10 Elementtien viimeistely työmaalla	32
11 Betonijätteen kierrätys	32
Lähteet	34
Tiivistelmäkortit	36

ESIPUHE

Teollisuuden vastuulla on tarjota työntekijöille riittävän puhtaat ja terveelliset työskentelyolosuhteet. Tämä ohje on tarkoitettu betoniteollisuudelle tehtaiden työympäristön parantamisen suunnitteluun ja toteutukseen sekä henkilöstön koulutukseen. Ohjetta voidaan käyttää soveltaen myös muussa kivipohjaisessa rakennusmateriaaliteollisuudessa.

Ohje keskittyy ensisijassa hienojakoisen kvartsipölyn vähentämiseen työtiloissa, mutta samalla se antaa opastusta työtilojen pölynpoistosta ja valmistusprosessien kehittämisestä yleisesti. Ohje on laadittu työryhmässä Betonikeskus ry:n toimesta. Työtä on taloudellisesti tukenut RTL-Säätiö

Betonikeskus ry

KVARTSIPÖLYOHJE

1. JOHDANTO

Kiteinen piidioksidi, jonka yleisin muoto on kvartsi, kuuluu maankuoren yleisimpiin mineraaleihin ja sitä on runsaasti monissa kivi-, hiekka- ja maa-aineissa. Lukuisat erilaiset piidioksidin muunnokset ja runsas teollinen käyttö mahdollistavat laajamittaisen altistumisen hienojakoiselle kvartsipölylle. Yksinkertaisuuden vuoksi tässä ohjeessa käytetään jatkossa kiteisen piidioksidin pölystä nimitystä kvartsipöly. Sen esiintyminen betoniteollisuuden raaka-aineissa ja tuotteissa voi johtaa työntekijöiden altistumiseen hienojakoiselle kvartsipölylle elementti-, betonituote- ja valmisbetonituotannossa.

Sosiaali- ja terveysministeriö asetti vuoden 2007 HTP arvot -luettelossa kiteiselle piidioksidille haitalliseksi tunnetun pitoisuuden raja-arvon enintään $0,05 \text{ mg/m}^3$ (8 tunnin keskipitoisuus, hienojakeisin, ns. alveolijae). Haitalliseksi tunnetut pitoisuudet eli HTP-arvot ovat sosiaali- ja terveysministeriön arvioita työntekijöiden hengitysilman epäpuhtauksien pienimmistä pitoisuuksista, jotka voivat aiheuttaa haittaa tai vaaraa työntekijöiden terveydelle tai turvallisuudelle. Aikaisemmin kiteiselle piidioksidille sovellettiin HTP-arvoa $0,2 \text{ mg/m}^3$.

Tämän lisäksi eurooppalaiset työmarkkinajärjestöt tekivät vuonna 2006 kvartsipölyn terveyshaittoja torjuvan sopimuksen (Nepsi-sopimus) vauhdittaakseen muun muassa kiteisen piidioksidin aiheuttamien keuhkosairauksien ennaltaehkäisyä. Tehty sopimus koskee yrityksiä, jotka käyttävät tuotannossaan kiteistä piidioksidia. Suomen betoniteollisuudesta Nepsi-sopimuksen piirissä ovat betonielementti- ja betonituoteteollisuus. Sopimus edellyttää, että sidosyritykset lisäävät tietoa kvartsipölyn terveyshaitoista tutkimuksen, valvonnan ja hyvien käytäntöjen avulla.

Työpaikoilla tapahtuvaa riskien arviointia ohjaa myös kansallinen lainsäädäntö, joka velvoittaa työolojen säännöllistä seuraamista ja vaatii työnantajilta riittävän järjestelmällistä työpaikkojen haitta- ja vaaratekijöiden tunnistamista sekä niiden torjuntaa. Edellä mainittu Nepsi-sopimus, sosiaali- ja terveysministeriön linjaukset kvartsipölyn terveyshaitoista sekä kansallisen lainsäädännön vaatimukset ovat osaltaan lisänneet terveysriskeihin liittyvien selvitysten tarvetta työpaikoilla.

Vastuu työntekijöiden terveys- ja turvallisuusasioista on käytännössä työnantajilla. Näiden asioiden yhteensovittaminen työpaikkojen turvallisuusjohtamisessa on todellinen haaste sekä työpaikkojen työsuojeluorganisaatioille että työterveyshuolloille.

Kvartsipölylle asetettu uusi raja-arvo koskee laaja-alaisesti eri rakennusteollisuuden sektoreita. Asetettujen tavoitteiden saavuttaminen vaatii työpaikoilta jäsenneltyjä työvaihe- ja prosessikohtaisia toimenpiteitä sekä prosessien hallintaan liittyviä hyviä käytäntöjä, joiden avulla kvartsipölyaltistumista voidaan käytännössä torjua. Näiden toimenpiteiden koonti ja toteutus vaativat alakohtaista ohjeistusta.

1.1 Tavoite

Tämä ohje on kirjoitettu palvelemaan elementti-, betonituote- ja valmisbetoniteollisuutta. Ohjeen tarkoituksena on tuoda esiin kvartsipölyaltistumiseen liittyviä riskejä sekä esittää ja koota hyviä käytäntöjä altistumisen vähentämiseksi. Ohjeessa esitetään riskin arviointiin perustuvia menetelmiä betoniteollisuudessa tarvittavien torjuntatoimien kohdentamisessa sekä hyviä käytäntöjä vähentämään pölyaltistumista eri työprosesseissa.

Ohjeen aineisto on koottu Betonikeskus ry:n toteuttaman ”Kvartsipölyn vähentäminen betoniteollisuudessa” -projektin yhteydessä. Projektin hyvät käytännöt ja prosessikohtaiset menetelmäparannukset on kehitetty osin kuuden pilot-yrityksen kesken, tehtaissa tehtyjen työhygieenisten mittausten sekä torjuntateknisten selvitysten tuloksena. Osa julkaisun sisällöstä on muokattu hyödyntäen eurooppalaisen kvartsipölynsopimuksen liitteenä olevaa Hyvät käytännöt -opasta (www.nepsi.eu).

Ohjeen kirjoittamisen ja kokoamisen vastuuhenkilöinä ovat toimineet DI Petri Mannonen Suomen Betonitieto Oy:stä ja DI Arto Suikka Betonikeskus ry:stä. Kvartsipölyn riskinarvioinnin sekä teknisten torjuntaratkaisujen ja menetelmäparannusten yhteenvedosta ja sen kirjoittamisesta ovat vastanneet DI Tommi Vehviläinen ISS Proko Oy:stä ja FT, dosentti Markku Linnainmaa Työterveyslaitokselta.

Ohjeen laatimisessa neuvoo-antavana taustaryhmänä on toiminut ohjausryhmä, johon ovat kuuluneet Kari Laamanen Mikkelin Betoni Oy:stä, Jouni Rimpiläinen ja Martti Skantz Parma Oy:stä, Valtteri Repo Napapiirin Betoni Oy:stä, Timo Suutarinen ja Janne Vilve Suutarinen Ky:stä, Ari Väisänen ja Marko Valtanen Lujabetoni Oy:stä sekä Urpo Kreander Rudus Oy:stä.

2. Kvartsipölyn terveysvaikutukset

Piidioksidi esiintyy luonnossa karkeakiteisenä, mikrokiteisenä ja amorfisena. Luonnossa esiintyvistä piidioksidin kiteisistä muodoista yleisemmät ovat kvartsi, kristobaliitti ja tridymiitti. Kvartsi on kyseisistä kidemuodoista tunnetuin ja myös yleisimmin esiintyvä. Kvartsia on runsaasti monissa kivissä, hiekoissa sekä erilaisissa maa-aineksissa, joista tunnetuimpia ovat harmaa ja punainen graniitti, kvartsiitti, hiekkakivi ja tavallinen harjuhiekkä.

Suomessa tuotetaan kvartsia noin 200 000 tonnia vuodessa. Rakennusteollisuus käyttää merkittäviä määriä kvartsipitoisia rakennustuotteita kuten tiiliä, laastia, betonia, tasoitteita, kiveä ja soraa. Talo- ja maanrakennukseen sekä rakennustuotteiden valmistukseen tuotetaan vuosittain noin 50 miljoonaa tonnia soraa ja hiekkää, 23 miljoonaa tonnia kalliomurskettä, 2,5 miljoonaa tonnia rakennuskiveä ja 0,5 miljoonaa tonnia graniittia. Betoni sisältää myös kvartsia, joka on pääosin peräisin betonin valmistuksessa käytetystä kiviaineksesta, kuten sorasta. Betonin tilavuudesta noin 2/3 on kiviainesta.

Kvartsipölyn pääasiallinen haitta ihmisille on hienojakoisen kivi­pölyn aiheuttama hengityselinten tauti. Pitkäaikainen hienojakoisen kvartsipölyn hengittäminen voi aiheuttaa sili­koosin eli fibroottisen pölykeuhkosairauden ja lisätä keuhkosityövän ja tuberkuloosin riskiä. Kiteisen piidioksidin muodot ovat veteen liukenemattomia, värittömiä, hajuttomia ja pala­mattomia kiinteitä aineita, jotka vapautuvat hienojakoisena mineraalipölynä ilmaan sekä muodostavat reaktiivisia hajoamistuotteita muun muassa materiaaleja leikatessa, hiottaes­sa tai jauhettaessa. Työstövaiheissa syntyviä mineraalipölykiteitä hajoaa ja leikkauspinoil­le sekä ilmaan muodostuu hienojakoista pölyä, joka pääsee kulkeutumaan keuhkojen eri osiin. Kvartsipölyn ominaisuuksista johtuen hienojakoiset pölyhiukkaset kertyvät keuhkoi­hin. Tästä voi pitkän altistumisjakson aikana kehittyä ja seurata krooninen tulehdustila.

Kansainvälinen syöväntutkimuslaitos IARC on jo vuonna 1997 luokitellut kvartsipölyn luok­kaan 1, syöpävaarallinen ihmiselle. Perustana luokittelulle ovat toimineet epidemiologiset tutkimukset, jotka ovat osoittaneet syy-seuraussuhteen kvartsipölyaltistumisen ja keuh­kosityövän esiintymisen välillä. Vuonna 2003 myös Suomessa ammattitautiasetusta muutet­tiin siten, että kvartsipölyn aiheuttama keuhkosityöpä voidaan ilmoittaa ammattitaudiksi (252/2003). Kvartsipölyn aiheuttamia keuhkosityöpiä on toistaiseksi rekisteröity kuitenkin vain muutama.

2.1 Kvartsipöly ja betoniteollisuus

Betoniteollisuudessa pölylle altistavia työvaiheita ovat muun muassa kiviainesten siir­rot, betonin valmistus, ontelo- ja kuorilaattojen sahausprosessit, betonin hionta ja hiekkapuhallus, elementtien purku ja muottien puhdistus, jänne­punosten katkaisu, elementtien viimeistelytyöt sekä kuivatuotteiden käsittely ja jätebetonin murskaus. Näissä työvaiheissa kvartsipölylle altistuvat erityisesti betoni- ja elementtityöntekijät, raudoittajat, muotti-, valu- ja sahatyöntekijät, laaduntarkastajat, hiekkapuhaltajat, vii­meistelijät, betonimyllyrit, nosturinkuljettajat, apumiehet ja siivoojat.

Vuonna 2008 tehty NEPSI-kartoitus osoitti, että jo monissa betoniteollisuuden tehtaissa on tehty toimenpiteitä kvartsipölyn vähentämiseksi. Seuraavassa on lueteltu jo käytössä olevia menetelmiä ja laitteistoja:

- keskuspölyimurien käyttö
- työympäristön siisteyttä ja turvallisuutta mitataan säännöllisesti
- osassa palkkausjärjestelmistä palkitaan työympäristön siisteydestä
- seinähallin viimeistelylinjoille on eräissä tehtaissa asennettu kohdepoistot
- betoniasemien ohjaamoihin on järjestetty pölynpoisto
- betonisekoittajista suoraan pölynpoisto
- ontelosahojen pölynpoistolaitteita kehitetty
- lattioiden koneellinen siivous yleispölystä
- laikkaleikkaukseen pölynpoistojärjestelmien kehitystä
- henkilökohtaisten suojainten jako ja käytönopastus
- ylijäämäbetonimassan syntymisen estäminen ja poisto työpaikalta kosteana
- suurimpien roskien kokoaminen lastalla eikä harjalla

- paikoissa, joissa ei voida hoitaa pölynpoistoa, käytetään henkilökohtaisia suojaimia
- tuulen vaikutuksen vähentäminen ulkotiloissa esim. pensaililla ja puilla
- työntekijöiden menetelmäkoulutus
- johdon katselmukset tuotantotiloissa ja siisteyden vaatiminen
- ylipaine työhöndon niihin työtiloihin, joihin pyrkii pölyä

2.2 Mittausmenetelmät ja riskien arviointi

Kvartsipölyn aiheuttamaa työperäistä altistumista ja sen vaikutuksia voidaan todentaa työhygieenisin mittauksin. Lainsäädännöllinen perusta työhygieenisille altistumismittauksille on annettu työturvallisuuslaissa (738/2002). Työnantajalle on siinä asetettu työhön liittyvien erilaisten haitta- ja vaaratekijöiden tunnistamis- ja arviointivelvoite. Erilaisilla asetuksilla, standardeilla ja ohjeilla on sitten tarkennettu altistumisselvityksiä ja mittauksia, muun muassa milloin, miten, missä ja kuinka usein niitä tulee tehdä. Myös työterveyshuoltolaissa (1383/2001) ja siihen liittyvässä asetuksessa (1484/2001) viitataan altistumisselvityksiin osana työpaikan työterveyshuoltotoimintaa. Valtioneuvoston asetus (715/2001) työntekijöiden suojelemisesta työssä esiintyvien kemiallisten tekijöiden aiheuttamilta vaaroilta ja haitoilta edellyttää altistumisen luonteen ja määrän selvittämistä niin, että turvallisuudelle ja terveydelle aiheutuvat vaarat voidaan arvioida. Asetuksessa (715/2001) on säädetty muun muassa, milloin altistumismittaukset tulee tehdä.

Työhön liittyvää altistumista arvioidaan mittaamalla haitallisten aineiden pitoisuuksia hengitysilmaasta. Mitattuja pitoisuuksia verrataan sosiaali- ja terveysministeriön asetuksella 795/2007 vahvistettuihin työpaikan ilman haitalliseksi tunnettuihin pitoisuuksiin, HTP-arvoihin. Ministeriön vahvistamat HTP-arvot on esitetty sosiaali- ja terveysministeriön julkaisussa 2007:4 (HTP-arvot 2007). Aineiden vaikutustavasta riippuen HTP-arvot eri aineille on ilmoitettu keskipitoisuuksina käyttäen keskiarvostusaikana 8 tuntia, 15 minuuttia tai sitä lyhyempää hetkellistä aikaa (kattoarvo).

Yleensä HTP-arvot on annettu hengittyvälle pölylle, mutta muutamalle altisteelle, mm. kvartsille, on annettu hienojakoisen pölyn eli alveolijakeen HTP-arvo. Työpaikan ilmassa esiintyvän pölyn eri fraktiot on määritelty eurooppalaisessa standardissa EN 481. Kvartsipölylle altistumista arvioidaan mittaamalla hengitysilmaasta pölyn alveolijakeen ja sen sisältämän kvartsin pitoisuuksia. Altistuminen kvartsipölylle ja siitä aiheutuva riski arvioidaan prosenttiosuutena HTP-arvoista seuraavasti:

- **alle 10 %** HTP-arvosta, altistuminen on vähäistä
- **10–50 %** HTP-arvosta, altistuminen on kohtalaista
- **50–100 %** HTP-arvosta, altistuminen on merkittävää
- **yli 100 %** HTP-arvosta, altistuminen on liiallista

Suomessa nykyisin käytössä olevat hiukkasmaisten epäpuhtauksien HTP-arvot on muutettu kansainvälisten kriteerien mukaisiksi ottaen huomioon epäpuhtauksien käyttäytyminen hengityselimissä. Hiukkasten keräykseen käytetään standardien EN 481 ja ISO 7708 mu-

kaisesti hengittävää, keuhko- tai alveolijaetta mittaavia laitteistoja. Nykyisin käytössä olevat kvartsipölyn mittausten menetelmät perustuvat alveolijakeen keräämiseen hengitysvyöhykkeeltä syklonikeräimellä tai ns. vaahtokeräimellä. Kvartsi määritetään näytteistä joko infrapunaspektrometrisesti tai röntgendiffraktiolla. Nykyisillä mittausten menetelmillä saadut tulokset eivät ole vertailukelpoisia vanhoilla mittausten- ja analyysimenetelmillä saatuihin tuloksiin.

2.3 Mitatut kvartsipitoisuudet betoniteollisuudessa

”Kvartsipölyn vähentäminen betoniteollisuudessa” -hankkeen aikana vuonna 2008 tehtiin yhteensä 131 työhygieenistä mittausta, joista 68 oli hengittävää pölyä ja 63 hienopölynäytettä (alveolijae). Hienopölyn alveolijaenäytteistä tehtiin yhteensä 51 kvartsianalyysiä.

Näytteitä kerättiin seitsemästä tuotantolaitoksesta, kahdesta valmisbetoni-, neljästä betonielementtitehtaasta sekä yhdestä betonituotetehtaasta. Työhygieenisiä torjuntaselvityksiä toteutettiin lisäksi kolmessa pilot-tehtaassa, joissa suoritettiin myös työ- ja prosessikohtaisia menetelmäparannuksia.

Taulukoissa 1 ja 2 on esitetty hankkeen aikana mitattujen pöly- ja kvartsipitoisuuksien vaihtelut.

Taulukko 1 Hengitysvyöhykenäytteiden pitoisuudet tehdyissä mittauksissa (n=87)

	mittausten lukumäärä	keskiarvo mg/m ³	vaihteluväli mg/m ³	keskihajonta mg/m ³	% mittauksista yli HTP-arvon
hengittävä pöly	32	7,1	0,2-40	9,0	16
pölyn alveolijae	30	0,8	0,11-2,8	0,7	-
kvartsi, alveolijae	25	0,024	<0,006-0,15	0,033	16

Taulukko 2 Yleisilmanäytteiden pitoisuudet tehdyissä mittauksissa (n=97)

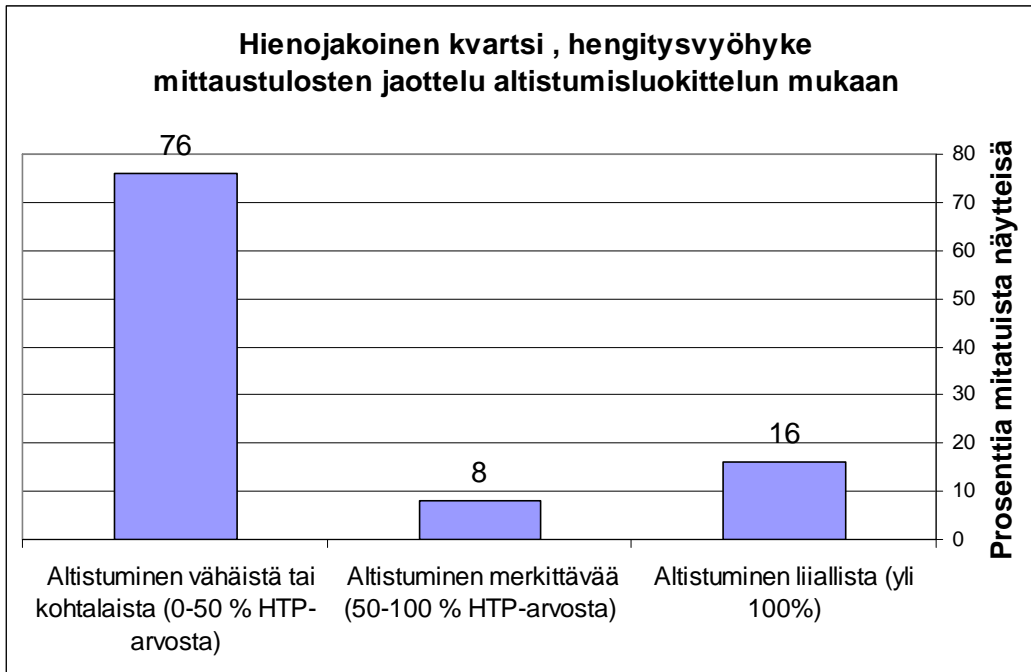
	mittausten lukumäärä	keskiarvo mg/m ³	vaihteluväli mg/m ³	keskihajonta mg/m ³	% mittauksista yli HTP-arvotason
hengittävä pöly	36	6,4	0,12-75	14,0	17
pölyn alveolijae	33	0,8	0,06-10	1,7	-
kvartsi, alveolijae	28	0,03	<0,004-0,25	0,1	14

Analysoiduista hengitysvyöhykenäytteistä epäorgaanisen pölyn pitoisuudet vaihtelivat 0,2–40 mg/m³ välillä (HTP-arvo 10 mg/m³). Suurimmat pölypitoisuudet mitattiin ontelolaattojen sahauksen, betonielementtien hionta- ja viimeistelytyön sekä jännepunoskatkaisun työvaiheissa. Kyseisissä työvaiheissa myös hienopölyn pitoisuudet olivat poikkeuksetta korkeat.

Hengitysvyöhykkeeltä mitatut hienojakoisen kvartsin pitoisuudet vaihtelivat 0,006–0,15 mg/m³ välillä (HTP-arvo 0,05 mg/m³). Suurimmat kvartsipölypitoisuudet mitattiin ontelolaattojen sahauksen yhteydessä. HTP-tason ylittäviä pitoisuuksia mitattiin myös punoskatkaisun ja elementtien viimeistelyyn liittyvissä työvaiheissa. Valmisbetonitehtaissa pölypitoisuudet olivat alhaiset.

Tutkimushankkeen aikana hengitysvyöhykkeeltä määritettyjen epäorgaanisen pölyn pitoisuuksien keskiarvo oli 7,1 mg/m³ (71 % HTP-arvosta), joka osaltaan viittaa merkittävään altistumiseen. Hienopölynäytteistä määritettyjen kvartsipitoisuuksien keskiarvopitoisuus oli 0,024 mg/m³ (48 % HTP-arvosta).

Yleisilmanäytteiden osalta merkittävimmät kvartsipitoisuudet mitattiin betoniasemien mylly- ja siilotasoilta sekä betonielementtituotannosta. Betonielementtituotannossa altistuminen keskittyi vahvasti tiettyihin työ- ja prosessivaiheisiin. Tehdas- ja prosessikohtaiset vaihtelut olivat suuria, riippuen torjuntaratkaisujen tasosta ja prosessien pölynhallinnan mahdollisuuksista.



Kuva 1. Kvartsipölyaltistumisen jakautuminen hengitysvyöhykenäytteiden osalta. Luokat altistuminen vähäistä (0-10% HTP-arvosta) ja altistuminen kohtalaista (10-50% HTP-arvosta) on yhdistetty.

Hengittyvän epäorgaanisen pölyn suhteen altistuminen jakaantui seuraavasti (n=32):

- 16 % mittauksista ylittää HTP-arvon, altistuminen liiallista
- 47 % mittauksista yli 50 % HTP-arvosta, altistuminen merkittävää
- 53 % mittauksista alle 50 % HTP-arvosta, altistuminen kohtalaista tai merkityksettömää

3 Tuotantotilojen suunnittelu

3.1 Betoniteollisuuden tuotantotilat Suomessa

Betoniteollisuuden käytössä olevat tuotantotilat on rakennettu pääosin 1970- ja 1980-luvuilla. Betonituote- ja -elementtitehtaiden valmistusprosessit ovat teollisuushalleissa, joissa suurikokoisten kappaleiden valmistus, purku ja siirrot ovat mahdollisia. Useita tuotantovaiheita toteutetaan yleisesti samoissa tiloissa, jotka osaltaan mahdollistavat useiden

henkilöiden altistumisen eri prosessivaiheissa syntyville haitallisille epäpuhtauksille. Tila-suunnittelun osalta työpisteet ovat ahtaita ja epäjärjestys on yleistä. Toimitiloissa ei ole yleisilmanvaihtoa ja rakennuksen vaipparakenteissa on vuotoaukkoja muun muassa siltanostureiden käytön vuoksi. Tuotantotilojen lämmitys tapahtuu pääosin kiertoilmalämmittimillä ja ovituuletus on yleistä myös talvisin. Oviverhoratkaisut ovat harvinaisia, joten lämpövaihtelut ovat tuotantotiloissa talviaikoina merkittäviä.

Betonin valmistus tapahtuu betoniasemilla, joissa betonia valmistetaan sekoittamalla pääraaka-aineet sementti, vesi ja runkoaine. Raaka-aineiden annostelu tapahtuu pääosin automaattisesti varastosiiloista punnitsemalla. Pitkälle automatisoiduilla asemilla työskentelevät betonimyllärit ohjaavat tuotantoa valvomotiloista, jotka ovat eristetty tuotantotiloista. Normaalisti valvomotiloissa on oma yleisilmanvaihto, joka perustuu koneelliseen tulo- ja poistoilmanvaihtoon. Betoniasemien vaaka- ja sekoitustilat ovat alipaineisia muihin tiloihin nähden.

Teollisuusilmanvaihdon ratkaisuja sovellettaessa tulisi teollisuuskiinteistöä tarkastella kokonaisuutena. Yleisimpiä virheitä torjuntaratkaisujen käytössä on keskittyminen yksittäisiin päästölähteisiin ja niiden torjuntaan unohtaen teollisuustilojen ilmatasapainon merkitys. Liiallinen keskittyminen kohdeilmanvaihtoon ja pölynpoistotekniikoiden sovellutuksiin synnyttää toissijaisia ongelmia, kuten hallitsemattomia ilmavirtauksia. Tyypillisiä tilanteita ovat hallitilojen liiallinen alipaineisuus, joka aiheuttaa lämpöoloihin ja vetoisuuteen liittyviä ongelmia. Hallitsemattomat ilmavirtaukset saattavat nostaa laskeutuneen pölyn pinnoilta ja lattiatasoilta takaisin hengitysvyöhykkeelle, mikä lisää työntekijöiden altistumista.

Tuotantotilojen suunnittelussa tulisi toimitilojen käyttöä tarkastella aina myös työhygieenistä näkökulmasta eli miten työympäristön olosuhteita voidaan hallita kokonaisuutena.

3.2 Kohdeilmanvaihto- ja pölynpoistojärjestelmät

Monissa tapauksissa pelkkä hyvin toimiva yleisilmanvaihto ei ole riittävä poistamaan epäpuhtauksia työilmasta. Teollisuuden rakennuksiin ja prosesseihin joudutaan usein suunnittelemaan kohdepoistoja tai laajempia kohdeilmanvaihdon ratkaisuja, joilla työvaiheissa syntyvät epäpuhtaudet pyritään poistamaan mahdollisimman tehokkaasti ennen niiden leviämistä työtilaan ja hengitysvyöhykkeelle.

Kohdepoistoratkaisuja mietittäessä olisi ensin syytä tutkia, voidaanko päästöjä pienentää muilla keinoin. Kiinteiden prosessien tapauksissa tähän saattaa olla hyvätkin mahdollisuudet esimerkiksi pienentämällä laitteiden läpivientiaukkoja, rakentamalla automaattisesti sulkeutuvia kansia, tiivistämällä rakoja ja varustamalla vaikeasti hallittavat aukot verhoratkaisuin. Hankalasti hallittavat epäpuhtauslähteiset prosessit tai työvaiheet tulisi sijoittaa omille suljetuille osastoilleen.

Ennen kohdepoistojen suunnittelua tulisi pölylähteen ominaisuudet selvittää tarkasti, jotta huuvien ilmatekniset reunaehdot, mitoitus ja sijoittelu voitaisiin toteuttaa oikein. Taloudellisessa kohdepoistotekniikassa pyritään kohdepoisto sijoittamaan mahdollisimman lähelle päästölähdettä ja estämään sivuilta tulevat häiriövirtaukset. Kohdeilmanvaihdon suunnittelussa tulisi aina huomioida riittävä korvausilman saanti, joka yleensä vaatii yleisilmanvaihdollisia ratkaisuja.

Kohdepoistojen ja kohdeilmanvaihtoratkaisujen suunnittelu

- epäpuhtauslähteen ja päästön määrittäminen, aine, aika ja suuntaus
- prosessikohtaiset tekniset pölyn vähentämismahdollisuudet
- päästölähteen vaarallisuuden luokittelu, esimerkiksi kvartsipöly
- kohdepoistotyyppin valinta, virtauskentän muoto ja ilman nopeus otsapinnalla
- kohdepoiston mitoitus, kuten huuvaluodon, sieppausnopeuden ja ilmamäärän valinta
- poistokanaviston ryhmittely ja mitoitus, painehäviö ja tarvittava kuljetusnopeus
- poistoimurin tai puhaltimen valinta ja suunnittelu
- epäpuhtauksien puhdistaminen ja erotusprosessit, pölynpoistojärjestelmien suunnittelu ja mitoitus
- korvausilmajärjestelmät ja niiden tarvesuunnittelu (yleisilmanvaihto)

Kohdeilmanvaihdon toimivuuden lähtökohtana on hyvin toteutettu tilasuunnittelu. Kohdepoistojärjestelmät voivat toimia keskitetysti, ryhmitellysti tai yksittäisesti. Järjestelmävaihtoehtoihin vaikuttavat toimintaetäisyyksien lisäksi muun muassa samanaikaisuuskertoimet. Keskitettyjä ja yksittäisiä järjestelmiä arvioitaessa tulisi huomioida, kuinka monta toimipistettä vaatii samanaikaisen käytön, ovatko kohdeimut aina päällä vai käytetäänkö järjestelmää vain tietyn aikaa.

Kohdepoistojärjestelmät voidaan suunnitella matala- tai korkeapaineisiksi. Käsityökoneiden kohdeimut vaativat toimiakseen korkeapainejärjestelmän, kun taas matalapainejärjestelmät soveltuvat prosessien ja tiettyjen erillisten kohdeilmajärjestelmien poistoiksi. Korkeapainejärjestelmien, joiden toiminta perustuu pieneen tilavuusvirtaan ja suureen virtausnopeuteen, etuna voidaan pitää helppokäyttöisyyttä muun muassa pienikokoisten, keveitten ja helposti liikuteltavien poistoletkujen ansiosta. Korkeapainejärjestelmät vaativat suurta kanavanopeutta, joka normaalisti pitäisi olla luokkaa 40–60 m/s sekä 10–30 kPa imupainetta. Korkeapainejärjestelmät soveltuvat yleensä keskussiivousjärjestelmiksi, joihin voidaan liittää erityyppisiä imusuulakkeita ja käsityöstökoneiden kohdeimuja.

Käsityökoneisiin liitettävien kohdepoistojärjestelmien valinnassa ja suunnittelussa tulisi huomioida imuaukon virtausnopeuden riittävyys lisäksi huuvan koko ja keveys. Imuaukon virtausnopeus tulisi hyvin toimivassa huuvaimeissa olla 1,5 kertaa kehänopeutta suurempi. Tämän saavuttaminen esimerkiksi jännepunosten katkaisun yhteydessä, käytettäessä kulmahiomakonetta, on käytännössä lähes mahdotonta (hiomalaikan ulkokehän nopeus 80 m/s). Pelkkä kulmahiomakoneeseen liitettävä kohdeimu ei ole riittävä torjunnallinen ratkaisu kvartsipölyaltistumisen torjunnassa, vaan työvaihe vaatii lisäksi muita torjunnallisia ratkaisuja.

Käsityökalujen kohdepoistojen toimivuus riippuu monista eri tekijöistä, joiden optimointi on käytännössä vaikeaa. Imusuulakkeen rakenne on toimivuuden kannalta keskeinen. Imurakojen leveys, käytetty ilmavirta, huuven paino ja koko, poistoilman jakautumisaste aukossa ja vapautuvien hiukkasten hitausvoimat tulisi huuvasuunnittelussa huomioida.

Matalapainejärjestelmän sovellutukset ovat monesti tuttuja esimerkiksi koteloitujen prosessien ja hitsaustyöpaikkojen huuvoimistoina. Matalapainejärjestelmissä kanavahalkaisijat ovat suurikokoisempia ja virtausnopeudet pienempiä kuin korkeapainejärjestelmissä. Tyypillinen järjestelmän horminopeus on luokkaa 5-20 m/s ja saavutettu alipaine alle 5 kPa. Matalapainejärjestelmiin liittyviä huuvoimistoja on pidetty hankalakäyttöisinä, mutta nykyään löytyy kaupallisesti erittäin toimivia ja joustavia järjestelmiä, joista on räätälöitävissä betoniteollisuuden työvälineisiin ja prosesseihin soveltuvia ratkaisuja.

Kohde- ja kohdepoistojärjestelmiin liittyy kiinteänä osana pölynpoisto- ja suodatinyksiköt, jotka mitoitetaan päästölähteen ja käyttötarkoituksen mukaan. Pölynpoistoyksiköt tulisi sijoittaa omiin eristettyihin tiloihin, jotta pölyn leviäminen tuotanto- ja sosiaalitaloihin voitaisiin estää. Pölynpoistojärjestelmän tulisi sisältää esierottimen lisäksi hienopölyn suodatusjärjestelmän. Pölynpoisto voi perustua esimerkiksi märkä-, kuiva- tai sähköerotustekniikkaan. Käytössä olevista menetelmistä kuivaerotusmenetelmät ovat yleisimpiä (impaktioon, painovoimaan ja suodatukseen perustuvat). Erotetun pölyn keräykseen ja tyhjennykseen tulisi olla omat suljettavat keräysastiat, joiden tyhjennys olisi helposti toteutettavissa. Pölynpoistojärjestelmän puhdistamaa ilmaa ei tulisi käyttää palautusilmana, jos puhdistettava jäteilma sisältää runsaasti kvartsipölyä. Palautusilmankäyttöä suunniteltaessa tulisi konsultoida työsuojeluviranomaisia.

Pölynpoistoyksikköjen valinta

- mieti pääkomponentit, kuten esierotin (sykloni), erotinyksikkö, jäteastiat yms.
- esierottimen tarve tulisi selvittää, esisykloni ennen suodatusta
- pölyn koostumus tulisi selvittää, kuten hiukkaskokojakauma, määrä, kosteuspitoisuus
- suodattimen kokonaisilmavirta ja maksimilämpötila
- pölynpoistojärjestelmän vaatimukset, kuten tarvittava alipaine, painehäviöt, kuljetusnopeudet ja kanavamitoitukset
- kvartsipölylle materiaalikohtainen kuljetusnopeus tulisi olla luokkaa 20–25 m/s
- jäteastiat, niiden sijainti ja tyhjennettävyyden
- pölynpoistoyksikön sijainti, esimerkiksi erillinen puolilämmin tila
- ympäristönsuojelulliset melurajat
- huoltokäytännöt ja vastuuhenkilöt esimerkiksi huoltokirja
- ATEX-vaatimukset, tilaluokitukset ja räjähdysuojausasiakirja
- jäteilman ulospuhallus, palausilman käyttöä ei suositella

Pölynpoistojärjestelmän suunnittelun ja valinnan tulisi suorittaa pätevytynyt prosessi- ja erotustekniikan ammattilainen, prosessisuunnittelija tai riittävän pätevyyden omaava laitevalmistaja tai -toimittaja.

3.3 Osastointi ja päästölähteen eristäminen

Pölyävien työvaiheiden keskittäminen tietyille osalle tuotantotiloja voi joissakin tapauksissa olla mahdollista. Esimerkiksi betonielementtien viimeistelytyöt voidaan useissa tapauksissa suorittaa omalla alueella. Parhaissa tapauksissa jälkikäsitteilyprosesseille voidaan luoda omat eristetyt osastot, jotka varustetaan riittäväillä torjuntateknisillä ratkaisulla. Riittävän tehokas osastointi mahdollistaa myös ilmateknisten ratkaisujen paremman hyödyntämisen sekä estää pölyävistä työvaiheista vapautuvan kvartsipölyn leviämisen tuotannon muihin osiin.

Osastoinnin yhteydessä tulisi kiinnittää erityistä huomiota osastoitavan tilan painesuhteisiin. Vaipan tiiveys ja ilmatasapaino tulisi suunnitella oikein. Puhtaamman ilman tulisi aina virrata kohti likaisempia tiloja. Ilmavirtojen hallinta vaatii toimiakseen aina koneellista tulo- ja poistoilmanvaihtoa, joka on toteutettu ottaen huomioon koko tehdaskiinteistön vaatimukset (likaiset tuotantotilat, puhtaat tuotantotilat, varastotilat, valvomot sekä sosiaali- ja toimistotilat).

Osastoitavan työvaiheen yhteydessä tulisi tarkasti selvittää materiaalivirtojen kulku ja niiden vaikutukset muihin työvaiheisiin ja varastointiin, siltanosturien kulkureitit, nosto-ovien käyttötarve ja sovellettavuus käytäntöön.

Monissa tapauksissa nykyisten toimitilojen muuttaminen osastollisiksi saattaa olla hyvinkin haasteellista. Elementtivalmistuksessa kiertomuottilinjaston hyödyntäminen mahdollistaa jopa elementtien purku- ja puhdistusvaiheen osastoimisen omalle alueelle.

Tilojen ahtaus ja osastoinnin soveltumattomuus nykyisiin työtiloihin voi olla rajoittava tekijä eristämiskäytännöissä. Osastoinnin eri muotoja tulisi kuitenkin työpistekohtaisesti pystyä arvioimaan. Osastoinnilla tai työvaiheiden keskittämisellä saavutetut edut ovat kvartsipölyaltistumisen kannalta keskeisiä. Jos osastointia ei pystytä täysin toteuttamaan, voidaan työvaiheiden tai prosessien keskittämisellä saada aikaan positiivisia vaikutuksia, jotka parantavat muun muassa kohdeilmanvaihdon soveltamismahdollisuuksia kvartsipölyn leviämisen estämiseksi.

3.4 Valvomot

Tiettyjen pitkälle automatisoitujen työvaiheiden tapauksissa työntekijät voidaan eristää pölyävistä prosesseista valvomoiden avulla. Betoniteollisuudessa betoniasemien valvomot ovat laajasti käytössä. Valvomoiden suunnittelussa tulisi huomioida vaipan tiiveyden lisäksi tilojen väliset painesuhteet, yleinen hygienia, lattia ja sisustusmateriaalit, akustiset olot, valaistus, kulkureitit prosessiin ja tilojen sijainti pölyn leviämisen näkökulmasta.

Valvomoihin tulisi aina järjestää erillinen koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Toteutettava ilmanvaihto tulisi suunnitella ylipaineiseksi muihin tiloihin nähden, jotta ilmavirtojen suuntaa ja pölyn kulkeutumista voitaisiin hallita. Parhaiten pölyn kulkeutumista valvomoihin

voidaan torjua yleisen hygienian, tilaratkaisujen ja tilojen välisten paine-erojen avulla. Hyvin toimivassa valvomossa käynti tuotantotiloihin tapahtuu välitilojen kautta, jolloin paine-eroja voidaan paremmin hallita. Likaisten ja puhtaiden tilojen välinen paine-ero tulisi olla yli 10 Pa.

3.5 Yleisilmanvaihtoratkaisujen toteutus

Tuotantotilojen tiiviit vaipparakenteet mahdollistavat yleisilmanvaihtoratkaisujen hyödyntämisen. Yleisesti ottaen betoniteollisuuden nykyiset tuotantotilat ovat pääosin rakenteiltaan ja tiiviydeltään riittäviä. Ilmanvaihdon suunnittelua ja toteutusta säätelee kansallinen lainsäädäntö ja ohjeistukset. Työturvallisuuslaki (738/2002) määrittelee selvästi, että työpaikan ilma tulee olla kelvollista ja ilmanvaihdon tulee olla riittävän tehokas ja tarkoituksenmukainen. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 ohjeet ja määräykset antavat teollisuustilojen ilmanvaihdon suunnittelulle minimitason, joka tulisi ilman laadun suhteen tuotantotiloissa saavuttaa. Hyvin toimiva ja ilmavirtauksia hallitseva yleisilmanvaihto koostuu aina koneellisesta tulo- ja poistoilmavaihdosta.

Ilmanvaihtoratkaisuja mietittäessä tulisi kiinnittää erityistä huomiota valittavaan ilmanjakotapaan ja sen soveltuvuuteen. Teollisuustilojen ilmavirtausten hallintaa tulisi aina tarkastella epäpuhtauspäästöjen näkökulmasta. Teknisesti tehokas ja epäpuhtauksia torjuva ilmanvaihto voidaan periaatteessa saavuttaa kahdella ilmanjaollisella yleisstrategialla, syrjäytys- ja laimennusilmanvaihdolla.

Syrjäytysilmanvaihdossa tuloilmaa voidaan tuoda hengitysvyöhykkeelle puhtaana, jolloin likainen ja epäpuhtauksia sisältävä ilma poistetaan suorinta reittiä ulos. Syrjäyttävällä ilmanjaolla mahdollistetaan epäpuhtauksien kerrostuminen niin sanotulla termisellä syrjäytyksellä, jolloin hengitysvyöhykkeelle muodostuu puhtaan ilman vyöhyke. Varsinkin jos torjuttava epäpuhtauslähde aiheuttaa selvän virtaussuunnan, on yleensä aiheellista olla häiritsemättä virtausta. Termisten voimien aiheuttamat nousuvirtausten suuruudet riippuvat aina lämmönlähteiden pinta-alasta, pintalämpötiloista ja niiden sijoittumisesta. Monissa betoniteollisuuden prosesseissa, kuten esimerkiksi ontelolaattojen sahauskassa muodostuvat pölypilvet suuntautuvat voimakkaasti hallitilojen yläosiin.

Teollisuustiloissa, joissa käsitellään esimerkiksi suuria seinäelementtejä, soveltuvin ilmanjakovaihtoehto olisi todennäköisesti syrjäyttävä ilmanjakotapa tai sen mahdolliset variaatiot. Pölyn hallinnan kannalta syrjäyttävän ilmanjaon ratkaisut ovat suositeltavia varsinkin, jos ilmasuihkut voidaan ohjata hengitysvyöhykkeelle käyttäen piennopeuslaitteita. Piennopeusilmanjaolla ohjattu tuloilmasuihku mahdollistaa pinnoille laskeutuneen pölyn hallinnan, jolloin jo laskeutunut pöly ei vapaudu takaisin hengitysvyöhykkeelle. Lämpökuormien ja termisten virtausten suunta ja merkitys korostuvat syrjäytysilmanjakoa suunniteltaessa.

Ilmanjakovaihtoehdot tulisi betoniteollisuuden prosesseissa tarkastella aina tapauskohtaisesti, mielellään ammattisuunnittelijan johdolla. Työhygienian asiantuntijoiden mukanaolo suunnittelutyössä on suositeltavaa. Ammattisuunnittelijan tehtävänä on selvittää, soveltuuko kyseinen ilmanjako kyseiseen kohteeseen.

3.6 Yleinen hygienia

Teollisuudessa hygienialla tarkoitetaan henkilöstön toimintatapoihin, tilojen ja työympäristön toimivuuteen, puhtaanapitoon sekä prosessin vaiheisiin liittyviä tekijöitä, joilla vaikutetaan kvartsipölyn leviämisreitteihin. Yleinen hygienia käsittää työympäristön ja -tilojen puhtaanapidon, käytetyt työtavat ja -menetelmät, siivoustekniikan, yleisen järjestyksen, sosiaali- ja taukotilojen toimivuuden, suojavälineiden säilytyksen ja muut menettelytavat, joilla voidaan vaikuttaa altistumistasoihin.

Toimitilat tulisi luokitella puhtauden mukaan eri segmentteihin, kuten tuotantotilojen pölyiset ja pölyttömät tilat, taukotilat, toimistotilat, sosiaalitilat jne. Kvartsipölyn leviäminen ja kulkeutuminen esimerkiksi työvaatteiden välityksellä tuotannosta sosiaalitiloihin tulisi estää. Toimitilojen sijoittelussa ja tilajärjestelyissä tulisi huomioida yleinen hygieenisuus.

Työpisteiden järjestys sekä pintojen ja tasojen puhtaus vaikuttavat merkittävästi pölyn leviämiseen. Lattioiden päivittäinen siivoaminen ei välttämättä ole riittävä pölyntorjuntaratkaisu, vaan työpisteissä syntyvä pöly tai kivijäte tulisi siivota aina työvaiheen päätyttyä.

Betonielementtien valmistuksessa valupöytien puhtaudella on vaikutusta pölyn leviämisen. Puhdistamattomilta valupöydiltä kuivunut ja laskeutunut betonipöly voi vapautua hengitysilmaan esimerkiksi tärytysten tai muottien purun aikana. Lattiapintojen kastelulla saavutetaan hetkittäisiä parannuksia, mutta kastelun vaikutusaika on yleensä lyhyt, 1-2 tuntia. Kastelua voidaan kuitenkin käyttää työvaihekohtaisesti esimerkiksi tärytysvaiheiden pölyntorjuntaan, jolloin estetään tehokkaasti lattiapinnoille laskeutuneen pölyn vapautuminen hengitysilmaan.

Henkilökohtaiset suojavälineet tulisi pitää puhtaina ja huoltaa määrätyn väliajoin. Suojaimille tulisi järjestää puhdas säilytyspaikka, joka ei sijaitse tuotantotiloissa. Sosiaalitilat tulisi luokitella puhtauden mukaan esimerkiksi tuotannon taukotilat, tuotannon WC-tilat, liikkaiset pukuhuonetilat, suihku- ja peseytymistilat, puhtaat pukuhuonetilat, ruokailu- ja ruokalatilat jne. Pölyn leviäminen sosiaalitiloihin tulisi estää muun muassa pukeutumisjärjestelyjen ja oikeanlaisen ilmanvaihdon avulla.

4 Puhdistus ja siivous

4.1 Märkäpuhdistus

Märkäpuhdistus estää hienoa pölyä pääsemästä leviämään ilmaan. Märkäpuhdistusmenetelmiä ovat muun muassa pyyhkiminen, märkäharjaus, tai vesisuihkun tai –kastelun käyttö.

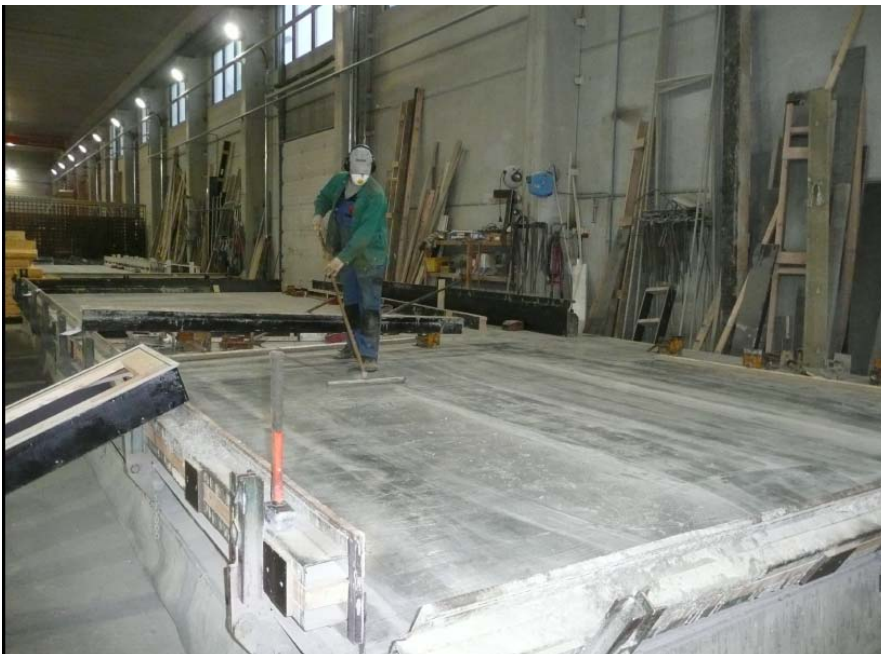
Vesisuihkuja käytettäessä on syytä varmistaa, että vesivarastot ovat riittävän suuret ja että ne täytetään säännöllisesti. Talviolosuhteissa mahdollinen veden jäätyminen pitää ottaa huomioon. Hienojakoinen sumu sitoo tehokkaimmin hienojakoista pölyä ja taasen pelkkä vesisuihku saattaa tehostaa pölyn leviämistä. Sähkölaitteet tulee suunnitella ja suojata siten, että ne kestävät märkäpuhdistuksen. Märkäpuhdistusta käytettäessä tilat tulee suunnitella niin, että niissä on asianmukaiset viemärit.

4.2 Kuivapuhdistus

Siivouksessa kuivaharjauksen ja paineilman käyttö pölyisissä työtiloissa on kielletty. Siivousmenetelminä tulisi käyttää keskuspölynimurijärjestelmiä tai märkäsiivoustyökaluja. Valupöytien puhdistaminen käyttäen keskitettyä pölynpoistojärjestelmää on suositeltavaa. Yleensä liikuteltavien kuivaimurijärjestelmien käyttö huonontaa hengitysilman laatua. Kuivaimureiden palautusilmasuihku joko nostaa lattiapölyn ilmaan tai imurin suodatinyksikön erotusaste ei ole riittävä poistamaan hienojakoista alle 4 µm kvartsipölyä. Liikuteltavia imurijärjestelmiä hankittaessa tulisi suodattimien erotusaste sekä ilmasuihkun suunta ja vaikutus selvittää.

Jos imujärjestelmien tulee suoriutua suur- tai massapäästöistä, niiden tulee olla erityisesti suunniteltuja kestämiin mahdolliset ylikuormitustilanteet sekä tukokset. Lisäksi on huomioitava, että imurijärjestelmät eivät yleisesti ottaen sovellu kosteille materiaaleille.

Jos kuivapuhdistus tai imurointi ei ole mahdollista ja puhdistus joudutaan tekemään kuivapuhdistuksena harjaamalla, on työntekijöiden pidettävä asiaankuuluvia henkilökohtaisia suojavarusteita. Lisäksi on varmistettava, että pölyn leviäminen työalueen ulkopuolelle on estetty.



Kuva 2. Muotin puhdistamisessa tulisi käyttää märkäsiivousmenetelmiä tai keskuspölynimuria. Mikäli tämä ei ole mahdollista, tulee siivottaessa käyttää pölynsuojaimia.

Imurilaitteet tulisi tarkistaa silmämääräisesti vähintään kerran viikossa tai jos laite on jatkuvassa käytössä, laite tulee tarkistaa useammin. Jos laitetta käytetään epäsäännöllisesti, niin se tarkistetaan ennen jokaista käyttökertaa.

Puhdistuslaitteet tulee tarkistaa vähintään kerran vuodessa. Tarkastuksista tulee pitää kirjaa lainsäädännön määrittelemältä ajanjaksolta (minimi viisi vuotta).

Siivouksessa huomioitavia asioita

- Märkäpuhdistuksessa suihkutetun veden tulisi olla mahdollisimman hienojakoista, jotta se sitoisi tehokkaasti pölyä
- Kuivapuhdistukseen soveltuu parhaiten kiinteä keskuspölynimurijärjestelmä
- Liikuteltavien imurien tulee olla varustettu riittävän tehokkailla suodattimilla. (Huom ! imurin poistoilmavirta saattaa aiheuttaa pölypäästöjä nostattamalla pinnoilla olevaa pölyä takaisin ilmaan)
- Siivouksessa ei saa käyttää paineilmaa
- Jos siivous joudutaan tekemään kuivasiivouksena esimerkiksi harjaamalla tai lastalla, niin tällöin tulee käyttää hengityssuojaimia

5 Henkilökohtaisten suojavaarusteiden käyttö

5.1 Hengityssuojaimet

Hengityssuojaimia tarvitaan työssä hyvänlaatuisen hengitysilman saamiseksi silloin, kun ilmassa esiintyy haitallisia epäpuhtauksia, kuten pölyjä, höyryjä ja kaasuja. Hengityssuojaimet voidaan jakaa kahteen ryhmään, suodatinsuojaimiin ja hengityslaitteisiin. Suodatinsuojain poistaa ympäröivän ilman epäpuhtaudet ja käyttäjä saa hengitysilman suodattimen läpi. Hengityslaitteella käyttäjä saa ilmaa tai happea ulkopuolisesta, saastumattomasta lähteestä, joko letkulla tai kannettavasta säiliöstä.

Pölyn suodattimet voidaan jakaa kolmeen pääluokkaa P1, P2 ja P3 seuraavasti:

- **P1-luokka**, käyttöalue hiukkaskooltaan yli 1 µm:n mineraalipölyt

- **P2-luokka**, käyttöalue yli 0,3 µm:n hiukasmaiset epäpuhtaudet pölyt, savut yms.
- **P3-luokka**, käyttöalue hiukasmaiset epäpuhtaudet kuten luokassa P2 sekä myrkylliset ja radioaktiiviset hiukkaset, bakteerit ja virukset

Kertakäyttöisiä ja puolinaamarillisia P1- ja P2- suojaimia suositellaan käytettäväksi korkeintaan kaksi tuntia päivässä. Yhtämittaisesti pitempää käyttöä vaativissa töissä on oltava puhallinsuojain.

Hengityssuojaimien käyttöaikaa ja tarvittavan lepoajan pituutta arvioitaessa on otettava huomioon työolot, suojaimien käyttökertojen määrä ja suojaimen paino sekä hengitysvastus, työhön vaikuttavat tekijät kuten kuumuus, kylmyys, työn kuormittavuus, työasennot ja työtilan ahtaus sekä käyttäjän yksilölliset ominaisuudet kuten kunto. Siksi työvuoroista ei saa suunnitella liian pitkiä.

Suomessa markkinoitavien suojainten on täytettävä valtioneuvoston päätöksen 1406/1993 vaatimukset ja oltava CE-merkittyjä. CE merkityn tuotteen tulee täyttää sille direktiiveissä asetetut vaatimukset. Henkilönsuojaindirektiivi asettaa oleelliset terveyden ja turvallisuuden vaatimukset, jotka jokaisen CE-merkityn henkilönsuojaimen tulee täyttää.

Henkilönsuojaimet kuuluvat kolmeen ryhmään sen mukaan, kuinka vakavalta vaaralta ne suojaavat (Direktiivi 89/686/EEC). Ryhmien 2 ja 3 henkilönsuojaimille tarvitaan Työterveyslaitoksessa tehty EY-tyyppitarkastus. Jos henkilönsuojain suojaaa vähäisiltä vaaroilta, ei tarvita tyyppitarkastusta (Ryhmä 1 henkilönsuojaindirektiivissä).

6 Betonin valmistus

6.1 Raaka-aineiden punnitus ja siirrot

Betoniin käytettävä kiviaines tuodaan yleensä tehdasalueen ulkopuolelta joko luonnon kiviaineksen otto paikalta tai murskaamolalta ja varastoidaan siiloon.

Suomessa betoniasemat ovat joko torni- rinne- tai maataskuasemia. Betoniaseman tontti määrää hyvin pitkälti käytetyn betoniaseman tyyppin.

Yleisin betoniaseman tyyppi on torniasema. Kiviaineksen siirto siiloon tapahtuu purkamalla kuorma maan tasalla olevaan maataskuun, josta se nostetaan hihnakuljettimella kiviainekslajitteen omaan siiloon. Vaa'at sijaitsevat kiviainestornin alla.

Rinneasema on rakennettu siten, että runkoaineet voidaan purkaa suoraan siiloon, jolloin erillistä maataskua ei tarvita.

Maataskuasemissa kiviaines varastoidaan maanalaisissa säiliöissä, maataskuissa. Kuljetusautot tyhjentävät kiviaineksen suoraan näihin maanalaisiin varastoihin.

Raaka-aineiden varastoinnin ja siirron yhteydessä pölyä syntyy purettaessa kiviainesta maataskuun tai siiloon. Purku tapahtuu yleensä ulkotilassa.

Tutkimuksessa mitattiin kahden eri betoniaseman runkoainesiloon maataskun pölypitoisuuksia. Toisessa maataskuista kvartsin alveolijakeen pitoisuudet olivat yli HTP-arvon.

Syntyvän pölyn määrää voidaan vähentää asentamalla kiviaineksen purkupaikalle imurit, joilla pöly voidaan kerätä suodattimiin. Maataskun koon ja muodon tulisi myös olla sellainen, että se vastaa kuorma-autojen kapasiteettia. Tarvittaessa alueella työskentelevien tulee käyttää hengityssuojaimia.

Kylmänä vuodenaikana joudutaan betonin raaka-aineita lämmittämään. Tämä tapahtuu yleensä lämmittämällä joko vettä tai runkoainetta. Runkoainetta joudutaan lämmittämään myös, mikäli se on jäässä ja sen lämmitys tapahtuu yleensä siiloissa. Kuumailmalämmitys aiheuttaa pölyämistä.

Tiettyjä kiviaineslajitteita voidaan varastoida betoniaseman lähistöllä kasoissa. Jos kiviainesta varastoidaan ulkona, niin sille tulee varata selkeästi oma alue, joka merkitään asiainkuuluvilla merkeillä. Ulkovarastoalue tulee lisäksi suunnitella ja sijoittaa niin, että tuulen nostattaman pölyn määrä on mahdollisimman pieni.

Ulkovarastokasojen korkeutta tulee rajoittaa huomioiden materiaalin ominaisuudet, kuten kosteuspitoisuus ja luonnollinen lepokulma. Varastoalueella jalankulkijoille ja kulkuneuvoille tulisi järjestää erilliset reitit.

Sementti siirretään paineilmalla kuljetusautosta siiloon. Siilosta sementti siirretään ilmapohjakuljettimella tai ruuvisyöttimellä vaa'alle.

Pölypäästöjen vähentämiseksi kuljetushihnojen lastaamis- ja purkupisteiden tulisi olla suljettuja kuivamateriaalia käsiteltäessä.

Raaka-aineiden siirrot ja punnitus

- Kiviaineksen purun pölypäästöjä voidaan vähentää asentamalla maataskuun poistohuuvut. Tarvittaessa purun yhteydessä on käytettävä hengityssuojaimia
- Maataskut tulee mitoittaa riittävän suuriksi pölypäästöjen vähentämiseksi
- Kiviaineksen ulkovarastointiin tulee varata oma varastoalue. Huomioi mm. tuulen ja varastokasan korkeuden vaikutus pölyn muodostuksessa

6.2 Betonin valmistus

Betonin valmistuksessa käytetty kiviaines annostellaan betonisekoittimeen yleensä hihnavaa'an avulla.

Hihnavaa'an pölypäästöjä voidaan vähentää sulkemalla vaaka-aluetta esimerkiksi presuttamalla ja järjestämällä vaa'alle pölynpoisto.



Kuva 3. Betonisekoitin

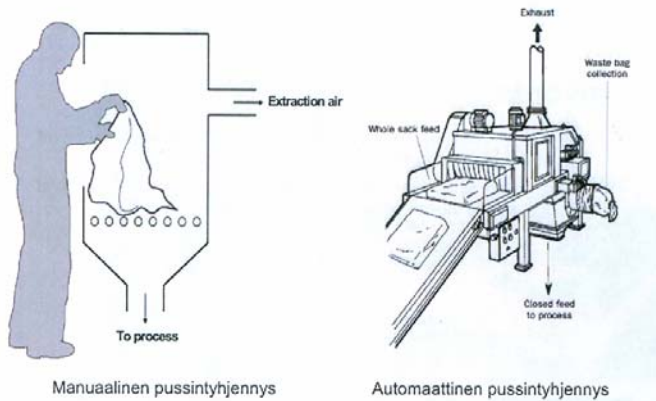
Projektissa mitattiin kolmen eri betoniaseman sekoitintilan pölypitoisuuksia. Hengittyvän pölyn ja alveolijakeisen kvartsin määrät olivat osalla asemista huomattavat. Vaaka-alueella ja betoniaseman tuotantotilassa betonimyllyn vieressä ei kuitenkaan normaalisti työskennellä jatkuvasti.

Betonin valmistusta ohjataan nykyään erillisestä valvomotilasta käsin. Nämä valvomotilat on yleensä varustettu omalla ilmanvaihdolla ja lisäksi valvomotila on yleensä ylipaineistettu. Kolmen eri betoniaseman pölypitoisuuksia mitattiin sekä henkilökohtaisilla että kiinteillä pölymittareilla. Mitatuilla tehtailla valvomotilojen pöly- ja kvartspitoisuudet olivat varsin alhaisia.

6.3 Kuivatuotteiden valmistus

Betonin valmistuksen yhteydessä voidaan valmistaa myös muita kiviainespohjaisia materiaaleja. Tällaisia ovat mm. mahdolliset betonielementtien paikkaukseen käytetyt paikkausmassat sekä rappauslaastit.

Jos käytettävä materiaali on pakattu pieniin säkkeihin, voidaan ne avata pölynpoistolla varustetulla pussintyhjennysasemalla. Pienten säkkien tyhjentämistä varten suositellaan automaattista tai puoliautomaattista pussintyhjennysasemaa.



Kuva 4 : Manuaalinen ja automaattinen pussintyhjennysasema.

Jos säkkejä tyhjenetään käsin, tulee säkin sisältö tyhjentää varovasti, ei kerralla tyhjentämällä. Pussi tulee tyhjentää niin että pussin avoin suu on pois päin kaatajasta.

Käsin tyhjennetyt säkit tulisi laittaa tyhjennyksen jälkeen esimerkiksi metallikehyksen tukemaan suureen muovijätesäkkiin pölyhaittojen minimoimiseksi. Kun säkki on täynnä se suljetaan ja viedään sille varatulle jätelavalle. Toinen hyvä tapa hävittää tyhjät säkit pölyttämättä on pölynkeräyslaitteella varustettu puristin. Puristin voi vaihtoehtoisesti olla ilmatiiwiesti koteloitu.

Jos käytössä on kertakäyttöiset suursäkit ilman sisävuorausta, niiden pussintyhjennyslaitteessa tulisi olla pyramidinmuotoiset leikkuuterät ja kumikalvo, joka tiivistää pussin pohjan. Jos suursäkin pohja leikataan auki manuaalisesti, leikkaajalla tulisi olla hengityksensuojaimet käytössään.

Kestokäyttöisille suursäkeille tulisi käyttää tärylevyllä varustettua tyhjennysjärjestelmää. Kestokäyttöisille vuoratuille suursäkeille on saatavissa erityisiä pölyvapaita poistoputkiliitinjärjestelmiä, joissa on kaksoisrengastiivisteet ja täysin suljettu tuotetyhjennys.

Säkkien tyhjennyskoneiden tulisi sijaita, jos mahdollista, poissa ovien, ikkunoiden ja kävelyteiden läheisyydestä. Tällä estetään vedon synty, joka voisi heikentää tyhjennyskoneen pölynpoiston tehoa.

7 Muottien varustelu, purku ja puhdistus

7.1 Ontelo- ja kuorilaattojen koneellinen puhdistus

Ontelo- ja kuorilaattoja valetaan pitkällä teräsvalualustoilla.

Ennen uutta valua muotti puhdistetaan. Puhdistuksessa käytetään yleisesti puhdistuskoneita, jotka on varustettu harja- ja pesulaitteilla. Pölypäästöjen vähentämiseksi pesu tulisi tehdä vettä käyttäen.



Kuva 5. Valualustan ja niiden välien puhdistus.

7.2 Elementtimuottien käsin puhdistus

Betonelementtien valmistuksessa eräs pölyävimmistä työvaiheista on muottien puhdistus. Betonelementin irrotuksen jälkeen valumuotit puhdistetaan yleensä joko harjalla tai lastalla mutta myös paineilmaa käytetään puhdistuksissa. Lastauksessa muotista irrotetaan kiinnijäänyt betonimateriaali ja muu mahdollinen tarttunut lika. Kuivaharjausta käytetään yleisesti pintojen puhdistukseen ennen muottirakenteiden kokoamista. Kvartsipölyhankkeen aikana tehdyssä selvityksessä kuivaharjauksessa pölypitoisuus ylitti hetkellisesti jopa moninkertaisesti HTP-tason, riippuen harjauksen voimakkuudesta ja alustan likaisuudesta. Muottialustasta vapautunut pöly jää leijumaan hengitysvyöhykkeellä nostaten merkittävästi elementtityöntekijöiden työpäivän kokonaisaltistumistasoa.

Kuivaharjausta ja paineilman käyttöä puhdistustyössä tulisi välttää. Työprosessit on mahdollista korvata esimerkiksi erityyppisillä imurointijärjestelyillä tai -järjestelmillä. Keskitetty pölynimuri- tai poistojärjestelmä on suositeltavin, mutta myös märkäsiivousvaihtoehdot tulisi kartoittaa.

Muottien puhdistuksessa tulee muistaa:

- Vältä paineilmaa tai kuivaharjausta puhdistustyössä
- Sopivia puhdistusmenetelmiä ovat erilaiset imurijärjestelmät (huomioi imurin poistoilman pölyä nostattava vaikutus!)
- Tutki myös märkäsiivouksen mahdollisuus

7.3 Rauditus ja valu

Betonia voidaan täryttää erillisellä sauvatäryllä tai kiinteään muottiin voidaan asentaa tärytyslaitteisto. Projektin mittauksen mukaan elementtipöydän täryttäminen voi nostaa kokonaispölymäärän hetkellisesti jopa kolmekymmenkertaiseksi sallittuihin HTP-arvoihin nähden.

Näiden pölypäästöjen välttämiseksi elementtipöydät tulee siivota huolellisesti muotin purun yhteydessä, jotta vältetään tärytyksen aiheuttamilta pölypäästöiltä.

8 Betonielementtien ja -tuotteiden viimeistely

8.1 Jännepunosten katkaisu

Esijännitettyjen betonielementtien ja -laattojen jännepunokset katkaistaan ennen elementtien irrottamista ja siirtämistä valualustoiltaan. Katkaisu tapahtuu jännepunoksen eri kohdista, riippuen siitä, onko kysymyksessä esikatkaistu- vai viimeistelytyövaihe. Punoskatkaistu suoritetaan yleisesti kulmahiomakoneella, joka on varustettu katkaisuun soveltuvalla laikalla. Kulmahiomakoneen käyttöä lisäävät nopea katkaisuaika ja helppo käsiteltävyys. Ongelmallisena voidaan pitää työstön aikana syntyviä haitallisia epäpuhtauksia, jotka leviävät voimakkaasti ympäristöön.

Punosten esikatkaistun aikana kvartsipölyaltistuminen ei ole ongelmallinen, koska katkaistukohta on etäällä betonituotteesta. Esikatkaistun aikana syntyvä työstö- tai hiomapöly koostuu lähinnä metallipölystä, joka on todennäköisesti pääosin rautaoksidipitoista koostumukseltaan. Syntyviin epäpuhtauksiin ja niiden koostumukseen vaikuttavat käytetyt materiaalit. Työstön aikana epäorgaanisen pölyn pitoisuudet ovat usein korkeita ja ylittävät hetkellisesti raja-arvotason, joten torjuntakeinojen ja suojautumisen tärkeyttä tulisi korostaa.

Kvartsipölyaltistumisen kannalta suuremman ongelman aiheuttaa punoskatkaisun viimeistely. Punoksen tyvialuetta viimeisteltäessä katkaisulaikka osuu aina betonipintaan, minkä seurauksena ilmaan vapautuu metallihuurujen lisäksi myös merkittäviä määriä kivipölyä. Jännepunoskatkaisun yhteydessä tehtyjen työhygieenisten mittausten avulla on todettu, että työntekijät altistuvat työpäivän aikana HTP-tasojen ylittävälle pöly- ja kvartsipitoisuuksille. Työvaiheen kestosta ja viimeisteltävien elementtien määrästä riippuen työpäivän keskimääräiset altistumistasot saattavat nousta hyvinkin suuriksi.



Kuva 6. Jännepunoksen viimeistelykatkaisu kulmahiomakoneella



Kuva 7. Katkaistaessa jännepunoksia kulmahiomakoneella osutaan aina samalla myös kovettuneeseen betoniin aiheuttaen pölypäästöjä.

Useissa tapauksissa jännepunosten katkaisua suoritetaan samoissa tuotantotiloissa, joissa tapahtuvat myös tehtaan muut työvaiheet ja prosessit. Tämä mahdollistaa myös muiden tuotantotiloissa työskentelevien altistumisen punoskatkaisun yhteydessä vapautuville epäpuhtauksille. Altistumisen todennäköisyyteen vaikuttavat myös työtiloissa vallitsevat ilmavirtaukset, painesuhteet sekä lämpöolosuhteet, jotka edesauttavat epäpuhtauksien leviämistä. Puutteelliset torjuntatekniset ratkaisut lisäävät työnaikaista altistumista.

Torjuntaratkaisuja suunniteltaessa ja punoskatkaisun yhteydessä vapautuvien epäpuhtauksien hallintakeinoja mietittäessä tulisi ensin selvittää, onko kulmahiomakone mahdollista korvata muulla mekaanisella katkaisumenetelmällä. Mekaanisen katkaisun lisäksi kvartsi-pölyaltistumista voidaan vähentää myös käyttämällä polttoleikkausta.

Kulmahiomakoneen torjunnalliset ratkaisut rajoittuvat työvaiheen eristämiseen, osastointiin, hiomakoneeseen liitettäviin imuratkaisuihin, yleishuuvaimujen ja liikuteltavien kohdepoistojen käyttöön työstövaiheessa, kohdeilmanvaihdon tehostamiseen yleisilmanvaihdolla ja työstöalueen alipaineistamiseen, joihin liittyvät myös ilmavirtausten ja paine-erojen hallinnan mahdollisuudet työtiloissa. Oviverhoratkaisut tulisi ottaa huomioon ovivedon ja ilman virtausten hallintakeinoina.

Keskitetty kohdeimu- ja poistoratkaisut ovat suositeltavia ratkaisuja. Liikuteltavia palautusilmakäyttöisiä imureita ei altistumisen näkökulmasta voida suositella. Voimakkaat palautusilmavirrat nostavat pinnoille laskeutuneen pölyn takaisin hengitysilmaan.

Jännepunosten katkaisussa huomioitava:

- Kun katkaisukohta on kiinni elementissä (viimeistelykatkaisu), niin pyri käyttämään kulmahiomakoneen korvaavaa katkaisumenetelmää
- Kulmahiomakoneeseen liitetty kohdeimu ei ole teholtaan yksistään riittävä torjuntajärjestelmä hiomakoneen suuren kehänopeuden takia
- Liikuteltava imuri saattaa palautusilmavirroillaan lisätä pölypäästöjä nostattaessaan ilmaan pinnoille laskeutunutta pölyä!
- Työvaiheen eristäminen/osastointi yhdessä ilmanvaihdollisten järjestelmien kanssa
- Yleensä katkaisutyössä on käytettävä myös hengityssuojainta

8.2 Ontelo- ja kuorilaattapetien peittäminen

Ontelo- ja kuorilaatat peitetään valualustalla valun jälkeen suojapeitteillä. Suojapeitteiden tarkoituksena on estää betonin kuivumisen aikana liialliset kosteus- ja lämpötilavaihtelut, vähentää lämmönhukkaa sekä taata tuotteen tasainen laatu. Suojapeitteiden levittäminen voi tapahtua monella eri tekniikalla, mutta yleisesti käytössä olevat menetelmät ovat käsi- ja rullalevitys.

Käsilevityksessä peite koostuu useista erikokoisista paloista, jotka levitellään esimerkiksi valetun ontelolaatan päälle osissa. Peitteet puretaan taitoksistaan ja asetellaan laattavalun päälle käsityönä. Käsilevitystä käytetään tapauksissa, joissa rullalevitys ei jälkityöstön kannalta ole käytännöllinen.

Peiterullalevityksessä kerällä oleva peite kulkee yleensä valukoneen perässä rullatelineessä, josta sitä vapautetaan valetun laatan päälle. Rullalevityksessä peitteen helmoja joudutaan usein kohentamaan käsin, koska helmat jäävät useissa rullakoneessa taitoksille.

Suojapeitteiden levityksessä ongelmia aiheuttavat peitteisiin jäänyt hienojakoinen pöly, joka vapautuu betonin kuivuttua levitys-, käsittely- ja siirtovaiheissa hengitysilmään. Pölyn hallintaan peitteiden levitys- ja keräysvaiheessa on kiinnitettävä huomiota. Opitut työtavat ja käytetyt apuvälineet ovat syntyneet yrityskohtaisen innovaatioiden kautta.



Kuva 8. Ontelon suojapeitteen levityksessä käytetään apuna rullatelinettä

Kvartsipölyaltistumista vähennettäessä suojapeitteitä tulisi puhdistaa säännöllisesti. Puhdistus tulisi toteuttaa aina märkämenetelmin. Peitteet tulisi kuivata avoimena niille varuissa kuivaustiloissa. Rullaleivityksessä peitteiden helmataittuminen tulisi estää esimerkiksi rullaleveyttä säätämällä tai asentamalla telineeseen soveltuvat ohjaimet taittumisen estämiseksi. Pesukoneiden tai vastaavien kehitysmahdollisuudet peitteiden puhdistuksessa tulisi selvittää.

Ontelopetien peittäminen suojalla:

- Suojat tulisi puhdistaa säännöllisesti pölypäästöjen vähentämiseksi
- Puhdistus märkämenetelmällä ja kuivatus niille varatussa tilassa
- Myös peitteen pesukone saattaisi vähentää pölypäästöjä
- Peitteen helmojen taittumista yli elementin laitojen tuli välttää (kapeampi rulla tai ohjaimet)

8.3 Ontelo- ja kuorilaattojen sahausket

Ontelo- ja kuorilaattojen katkaisu tapahtuu valualustasahausena laatan päältä. Sahaus voidaan tehdä laatan pituus- tai poikittaissuuntaisesti tai vinoon. Pituus- ja poikittaissuuntainen sahaus on yleisesti käytössä.



Kuva 9. Ontelolaatan sahaus

Ontelo- ja kuorilaattojen sahausssa muodostuu runsaasti hienojakoista kivipölyä. Yleinen toimitilojen ahtaus, valualustojen sijoittelu sekä siltanosturien vaatimat tilantarpeet rajoittavat tiettyjen torjuntateknisten ratkaisujen käyttöä. Usein ratkaisut ovat sahaakohtaisia. Tyypillisiä ovat sahan teräosan kotelointi ja alipaineistus sahan mukana liikkuvilla järjestelmillä. Ongelmakohtat syntyvät yleensä siitä, että poistoilman suodatus ei ole riittävä tai suodatin tukkeutuu helposti. Pyörösaahan suuri kehänopeus, teräosan kostutus ja laattojen aukkokohtat vaikeuttavat merkittävästi epäpuhtauksien hallintaa. Lisäksi pölyn hallinta pelkästään ilmateknisin ratkaisuin on yleensä vaikeaa, koska vapautuva pöly sisältää aina jonkin verran kosteutta.

Pituussuuntainen sahaus eli laatan halkaisu on pölyn muodostumisen ja sen torjunnan kannalta keskeisin. Tehtyjen selvitysten ja mittausten perusteella juuri halkisahausten aiheuttama pölynmuodostus on vaikeasti hallittavissa. Mittausten perusteella altistuminen kvartsipölylle voi olla erittäin voimakasta ja 8 tunnin HTP-arvo ylittyy jopa kolminkertaisesti.



Kuva 10. Ontelolaatan pituussuuntainen sahaus aiheuttaa runsaat pölypäästöt jotka saattavat levitä kauas sahauskohdasta laatan onteloita pitkin.

Ontelolaatan sahausessa huomioitavaa:

- Käytä tuoresahausta siellä, missä se on mahdollista
- Syrjäyttävä ilmanjakotapa on todennäköisesti paras ilmanvaihdollinen ratkaisu sahauksen pölypäästöjen pienentämiseen. Myös alueellinen työvaiheen aikainen ilmanvaihdon tehostus on yksi vaihtoehto
- Kiinteä koteloitu laattojen sahauspiste antaisi pölynpoistoon uusia mahdollisuuksia

8.4 Pintojen viimeistely, varausten ja viisteiden puhdistus

Betonielementteihin saattaa jäädä valupurseita esimerkiksi muottien saumakohtiin ja varauksiin. Lisäksi varauksia saatetaan tehdä jo kovettuneeseen betoniin. Valupurseita poistetaan ja varauksia tehdään tapauksesta riippuen mm. kulmahioma- ja piikkauskoneilla, jotka aiheuttavat pölypäästöjä.

Esimerkiksi rapatun sandwichin hionta tehdään pinnan jo kuivuttua kuivahiontana. Hiontaan käytetään pyörivää, halkaisijaltaan 50-60 sentin hiomalaikkaa ja hiontatyössä käytetään hengityssuojaimia ja kohdepoistoa.



Kuva 11. Seinäelementin viimeistely käsihiomakoneella.

Elementtien viimeistelytyö on merkittävä pölynlähde. Viimeistelyn pölypäästöjä voidaan vähentää kytkemällä hiomakoneeseen pölynpoistomuri. Imurin tulee pystyä imemään hienojakoista pölyä. Jos imurin suodattimen teho ei ole riittävä, hienojakoinen pöly leviää poistoilman mukana laajalle alueelle. Lisäksi imurin poistoilmavirta voi lisätä ilman pölypitoisuutta puhaltamalla pinnoilla olevaa pölyä uudestaan ilmaan.

8.5 Hiekkapuhallus

Betoniteollisuudessa käytetään hiekkapuhallusta elementtien viimeistelyyn. Hiekkapuhalluksessa käytetään hienojakoista hiekkaa, joka on hyvin usein osittain tai kokonaan kvartsihiekkaa.

Käyttäessä puhallusmateriaalina kvartsipitoista hiekkaa, nousee kvartsipitoisuus puhallushuoneessa tai avopuhalluksessa työpisteen läheisyydessä yleensä moninkertaiseksi HTP-arvoon nähden.

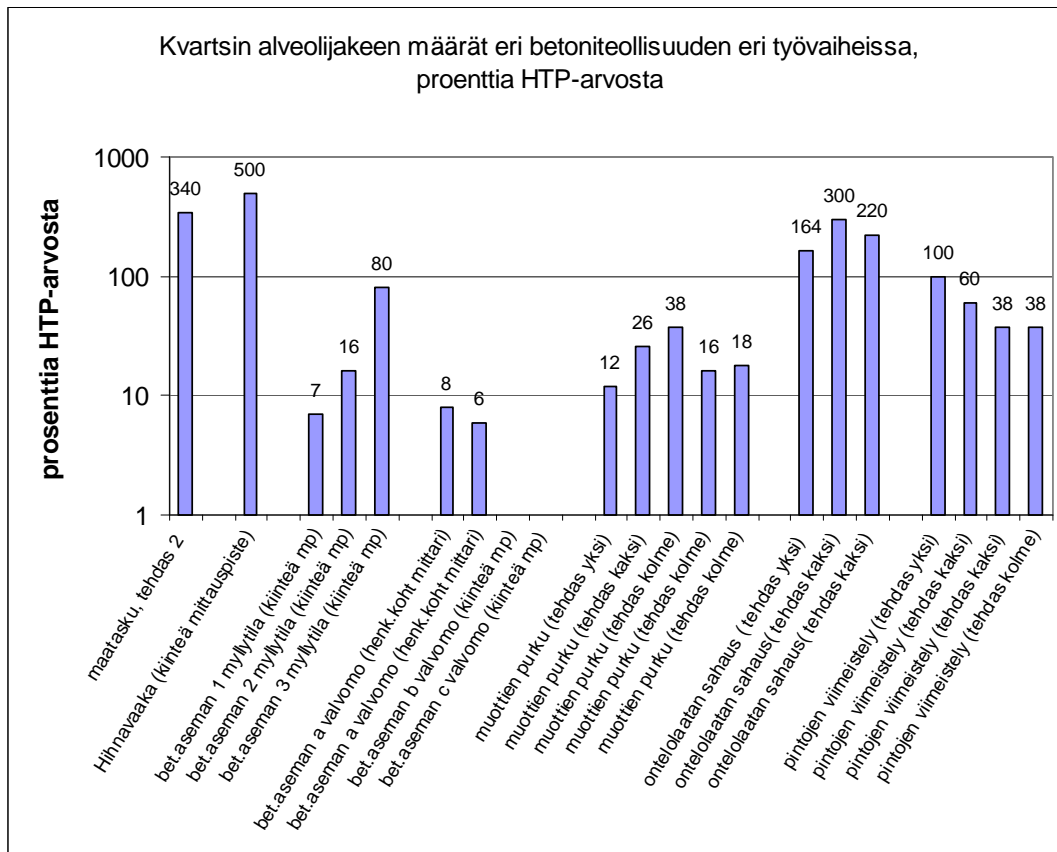
Pölypäästöjen minimoimiseksi hiekkapuhallus tulisi tehdä suljetussa tilassa ja hiekkapuhaltajan tulee käyttää henkilökohtaisia suojaimia.

8.6 Seinä – ja porraselementtien hionta

Hionta tapahtuu yleensä märkähiontana, jolloin itse hionta ei yleensä aiheuta liiallista pölynmuodostusta. Hionnassa syntyy lietettä, joka tulee saada kerättyä ja siivottua pois ennen kuin se pääsee kuivumaan. Hiontapisteiden lattiat tulee puhdistaa aina märkänä.

9. Yhteenveto betonin valmistusvaiheiden mitatuista pölypäästöistä

Oheisessa kuvaajassa on esitelty yhteenvetona projektin yhteydessä mitattuja eri työvaiheiden kvartsipölypitoisuuksia. Kuten aikaisemmin on todettu, pölyäviä työvaiheita ovat mm. ontelolaattojen sahaus sekä valmiiden elementtien viimeistely. Myös betonin valmistuksessa myllytilan vieressä kvartsipölyn määrä nousee melko suureksi. Toisaalta myllytilassa ei työskennellä jatkuvasti.



Kuva 12. Betoniteollisuuden työvaiheiden mitattuja kvartsi- ja silikaalipitoisuuksia v.v.2007-2008. Muottien purkuun saattaa sisältyä myös muita työvaiheita kuten rauditus, muottien siivous jne.

10 Elementtien viimeistely työmaalla

Elementtien käsittelyyn ja viimeistelyyn työmaalla kuuluu samantyyppisiä työvaiheita kuin elementtitehtaassa. Elementistä pitää katkaista teräksiset nostolenkit ja elementin saumojen joudutaan mahdollisesti viimeistelemään esimerkiksi kulmahiomakoneella. Lisäksi rakennusvaiheessa elementtien pintaan on saattanut tulla valuroiskeita. Työmaalla voidaan tehdä myös hiontatöitä esimerkiksi vedeneristystä varten.

Työmaaolosuhteissa kiinteiden pölynpoistojärjestelmien käyttö on hankalaa. Toisaalta osa työvaiheista tapahtuu ulkotiloissa, jolloin pitoisuudet saattavat jäädä pienemmiksi. Tämän vuoksi työmaaolosuhteissa pölyntorjunnassa joudutaan käyttämään enemmän henkilökohtaisia suojaimia.

11 Betonijätteen kierrätys

Betoniteollisuuden prosesseissa syntyy ylijäämä tuotteita. Valmistuksessa syntyy pieniä määriä ylijäämäbetonia, josta voidaan pesurilaitteiston avulla betonimassan ollessa vielä tuoretta erotella se kiviainekseksi ja lietteeksi. Myös betonimyllyjen ja betoniautojen vesi-

pesussa ja betonin märkäsahauksessa syntyy hienoainespitoista lietettä. Betonin kovettua ylijäämät voidaan murskata.

Kun betonia murskataan, pölyn leviämistä on hyvin vaikea estää. Ajoittamalla murskaus sateiseen vuodenaikaan tai kastelemalla betonia voidaan ilmakulkuisen pölyn määrää vähentää.

Murskauksessa tulee huolehtia laitteiden käyttäjän eristämisestä pölystä. Murskainlaitteen ohjausyksikön tulee sijaita riittävän kaukana pölyn lähteestä. Tässä voidaan käyttää apuna TV-kamerajärjestelmää.

Jos murskausta pitää valvoa tai ohjata murskaimen välittömässä läheisyydessä, tätä varten tulee järjestää tiivis, suljettu hytti. Lisäksi hytin tulisi olla ylipaineistettu puhtaalla ilmallla tai vaihtoehtoisesti hytissä pitää olla tuloilman hienopölyn suodattava ilmansuodatin.



Kuva 13. Ylijäämäbetonin murskausta.

Lähteet

1. Good Practice Guide on Workers Health Protection through the Good Handling and Use of Crystalline Silica, 2008, Nepsi. 162 pp
2. HTP-arvot 2007. Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisu 2007:4, Sosiaali- ja terveysministeriö, Helsinki 2007. 71 s.
3. Starck J, Kalliokosti P, Kangas J, Pääkkönen R, Rantanen S, Riihimäki V & Karhula A-L. Työhygieniä, Työterveyslaitos, Helsinki 2008. 616 s.
4. Ahonen I, Pääkkönen R & Rantanen S. Työhygieeniset mittaukset, Työterveyslaitos, Helsinki 2007. 121 s.
5. IARC. Silica, some silicates, coal dust and para-aramid fibrils. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol. 68. IARC, Lyon 1997.
6. Kemikaalit ja työ: Selvitys työympäristön kemikaaliriskeistä, Työterveyslaitos, Helsinki 2005. 317 s.
7. Laakkonen A, Palo L, Saalo A, Jolanki R, Mäkinen I & Kauppinen T. Ammattitaudit ja ammattitautiepäilyt 2005, Työterveyslaitos, Helsinki 2007. 121 s.
8. Koskinen K, Zitting A, Tossavainen A et al.: Radiographic abnormalities among Finnish construction, shipyard and asbestos industry workers. Scand J Work Environ Health 1998;24:109–117.
9. Partanen T, Jaakkola J, Tossavainen A: Silica, silicosis and cancer in Finland. Scand J Work Environ Health 1995;21:84–86.
10. Partanen T, Pukkala E, Vainio H et al.: Increased incidence of lung and skin cancer in Finnish silicotic patients. J Occup Med 1994;36:618–622.
11. Linnainmaa M, Laitinen J, Haatainen S, Leskinen A, Sippula O, Kalliokoski P. Laboratory and field testing of sampling methods for inhalable and respirable dust. J Occup Environ Hyg 5 (1): 28-35, 2008
12. Työhygieeniset mittaukset murskausasemien pölyntorjunnan kehittämiseksi vuonna 2005. Lausunto L394. Laitinen/Linnainmaa/Piirainen. Työterveyslaitos, työhygienian ja toksikologian laboratorio. 7 s. + liitteet 52 s
13. ISO/DIS 24095:Workplace air – Guidance for the measurement of respirable crystalline silica, 2008
14. EN 481: Workplace atmospheres - Size fraction definitions for measurement of airborne particles, 1995
15. Hagner B, Pekkonen J, Raiko E, Vinnari J, Sjöholm P-E. Teollisuusrakennusten ilmastointi ja lämmitys. 1990. Pienen ja keskisuuren teollisuuden oppaat, B7 Espoo. 182 s.
16. Teollisuusilmastoinnin opas. Suomen Talotekniikan Kehityskeskus Oy, Helsinki 2000. 119 s.
17. Industrial Ventilation Design Guidebook. Academic Press, 2001. 1495 s.
18. Industrial Ventilation: A manual of recommended practice for design. 26th Edition. ACGIH publications, 2007.
19. Ilman virtauksien hallinta työntekijän lähialueella. Työsuojelurahaston nro 92034. Valtion teknillinen tutkimuslaitos, Tampere 1995.
20. Yleisilmanvaihdon vaikutus työpaikan epäpuhtausaltistuksen torjunnassa - kenttäkokeet. Työsuojelurahaston nro 87213. Air-Ix Oy, Tampere 1990

21. Teollisuusilmanvaihdon suunnittelu: ilmanjako. KTM sarja D:145, Air-Ix Oy, Helsinki 1987. 66 s + liitteet 5 s.
22. Teollisuuden kohdeilmanvaihto. KTM sarja D:12, VTT, Helsinki 1982. 220 s.+ liitteet 5 s.
23. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2003. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Ympäristöministeriö, Helsinki 2003.
24. Henkilösuojainten valinta ja käyttö työpaikalla. Sosiaali- ja terveysministeriö. Työsuojeluoppaita ja ohjeita II, Tampere 2000. 23 s.
25. Starck, J., Ruotsalainen, M., Konttinen, K., Hurme, M. 2001. Henkilönsuojaimet työssä. Helsinki. Työterveyslaitos, Työturvallisuuskeskus, Sosiaali- ja terveysministeriö. 134 s.
26. Palomäki, E. 1993. Rakennusmateriaalit ja terveys. Työterveyslaitos. Helsinki. Rakennustieto Oy. 192 s.
27. Pääkkönen R & Rantanen S. Työympäristön kemiallisten ja fysikaalisten riskien arviointi ja hallinta, Työterveyslaitos, Helsinki 2003. 89 s.
28. Pääkkönen R, Rantanen S & Uitti J. Työn terveysvaarojen tunnistaminen, Työterveyslaitos, sosiaali- ja terveysministeriö, Helsinki 2005. 99 s.
29. Hiekkapöly poissa keuhkoista, kvartsihiekan oikea käsittely. Työturvallisuuskeskus. 2008. 32 s.
30. Oikarinen H, Sauni R, Linnainmaa M, Oksa P: Kvartsipöly – edelleen ajankohtainen ongelma työelämässä. Työterveyslääkäri 2/2008, ss. 105-111

Tiivistelmäkortit

KVARTSIPÖLYN HALLINNAN JA TORJUNNAN YLEISPERIAATTEET

- Kvartsia sisältävien tuotteiden ja raaka-aineiden korvaaminen
- Työmenetelmien ja prosessien muuttaminen
- Siivousmenetelmät, siivoustavat ja niiden kehittäminen
- Työntekijöiden ja työvaiheiden eristäminen (valvomot, osastointi)
- Koteloinnit ja kohdepoistot, kohdeilmanvaihtoratkaisut
- Materiaalin kostuttaminen
- Yleisilmanvaihdon parantaminen
- Henkilökohtaiset suojaimet (hengityssuojaimet)

KVARTSIPÖLYALTISTUMISEN ARVIOINTI

- Työpaikkojen riskinarviointi ja työhygieeniset mittaukset tulisi suorittaa yhteistyössä työterveyshuollon ja työpaikkojen työsuojeluorganisaation kanssa
- Toteutettavat työhygieeniset mittaukset ja tarvittavat selvitykset kirjataan työterveyshuollon ja työsuojeluorganisaatioiden toimintasuunnitelmiin
- Kansaneläkelaitokselta (KELA) on mahdollista hakea korvauksia henkilökohtaisten altistumismittausten kustannuksista (60 % mittausten kuluista)
- Työhygieeniset mittaukset saa suorittaa työterveyshuollon asiantuntijaksi pätevätyt henkilö (työterveyshuoltolaissa 1383/2001 määritelty työhygienian asiantuntija)
- Pölynäytteitä kerätään yleisilmasta kiinteistä mittauspisteistä sekä työntekijöiden hengitysvyöhykkeeltä mukana kannettavilla näytteenottopumpuilla (EN 481 mukaisilla näytteenottolaitteilla)
- Kvartsipölyanalyysit suoritetaan akkreditoidussa tai kansainvälisessä vertailussa mukana olevassa laboratorioissa (esim. Työterveyslaitos)
- Mitattuja pitoisuuksia verrataan sosiaali- ja terveysministeriön asetuksella 795/2007 vahvistettuihin työpaikan ilman haitalliseksi tunnettuihin pitoisuuksiin, HTP-arvoihin. Ministeriön vahvistamat HTP-arvot on esitetty sosiaali- ja terveysministeriön julkaisussa 2007:4 (HTP-arvot 2007)

KOHDE- JA PÖLYNPOISTORATKAISUJEN SUUNNITTELUSSA TULISI HUOMIOIDA:

- Muiden korvaavien menetelmien selvittäminen
- Työ- tai prosessivaiheen osastoinnin soveltaminen
- Päästölähteen ominaisuuksien selvittäminen
- Suunnittelu ja kohdepoistojärjestelmän valinta ammattisuunnittelijan johdolla
- Pölynpoisto- ja ilmanvaihtojärjestelmän yhteensovittaminen
- Työtilojen ilmatasapainon huomioiminen ja yleisilmavaihdon tarpeiden määrittäminen, ei liikaa alipaineisuutta.

KOHDEILMARATKAISUJEN SUUNNITTELUSSA TULISI HUOMIOIDA:

- epäpuhtauslähteen ja päästön määrittäminen, aine, aika ja suuntaus
- prosessikohtaiset tekniset pienentämismahdollisuudet
- päästölähteen vaarallisuuden luokittelu, esimerkiksi kvartsipölyn määrä
- kohdepoistotyypin valinta, virtauskentän muoto ja ilman nopeus otsapinnalla
- kohdepoiston mitoitus, kuten huuvamuodon, sieppausnopeuden ja ilmamäärän valinta
- poistokanaviston ryhmittely ja mitoitus, painehäviö ja tarvittava kuljetusnopeus
- poistoimurin tai puhaltimen valinta ja suunnittelu
- epäpuhtauksien puhdistaminen ja erotusprosessit, pölynpoistojärjestelmien suunnittelu ja mitoitus
- korvausilmajärjestelmät ja niiden tarvesuunnittelu (yleisilmanvaihto)

PÖLYNPOISTOYKSIKÖIDEN VALINNASSA TULISI HUOMIOIDA:

- epäpuhtauslähteen ja päästön määrittäminen, aine, aika ja suuntaus
- pääkomponentit, kuten esierotin (sykloni), erotinyksikkö, jäteastiat yms.
- esierottimen tarve tulisi selvittää, esisykloni ennen suodatusta
- pölyn koostumus tulisi selvittää, kuten hiukkaskokojakauma, määrä, kosteuspi-toisuus
- suodattimen kokonaisilmavirta ja maksimilämpötila
- pölynpoistojärjestelmän vaatimukset, kuten tarvittava alipaine, painehäviöt, kul-jetusnopeudet ja kanavamitoitukset
- kvartsipölylle materiaalikohtainen kuljetusnopeus tulisi olla luokkaa 20–25 m/s
- jäteastiat, niiden sijainti ja tyhjennettävyys
- pölynpoistoyksikön sijainti, esimerkiksi erillinen puolilämmin tila
- ympäristösuojelliset melurajat
- huoltokäytännöt ja vastuuhenkilöt, esimerkiksi huoltokirja
- ATEX-vaatimukset, tilaluokitukset ja räjähdysuojausasiakirja
- jäteilman ulospuhallus, palautusilman käyttöä ei suositella