

Leinonen Joni

Pölynhallinta rakentamisen aikana

Insinööri (AMK)
Rakennustekniikka
Syksy 2021



**KAMK • University
of Applied Sciences**

Tiivistelmä

Tekijä(t): Leinonen Joni

Työn nimi: Pölynhallinta rakentamisen aikana

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Asiasanat: pölyntorjunta, työturvallisuus, kvartsi

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa kattava tutkielma liittyen pölynhallintaan rakentamisen aikana, sisäilmastoluokkiin sekä kasvattaa omaa ammattitaitoa aiheesta. Tieto rakentamisessa syntyvien pölyjen vaaroista on lisääntynyt, se on näkynyt lakien ja ohjeiden tarkentumisessa kohti turvallisempaa työympäristöä.

Opinnäytetyössä käytiin läpi valtioneuvoston asetusten ja työturvallisuuden asettamat vaatimukset sekä aluehallintoviraston ohjeistus rakentamisen pölynhallinnalle. Valtioneuvoston asetus työhön liittyvästä syöpävaaran torjunnasta velvoittaa työnantajan arvioimaan riskit ja vähentämään niitä. Aluehallintovirasto antaa ohjeet riskien pienentämiseen.

Rakentamisessa syntyy eniten betonipölyä, ja sen sisältämä kvartsi on luokiteltu syöpää aiheuttavaksi aineeksi. Työssä käsiteltiin rakentamisessa syntyviä pölyjä ja niiden terveysvaikutuksia sekä oikeita työvälineitä ja pölynhallintamenetelmiä.

Yksi rakentamisen keskeisimmistä tavoitteista on hyvä sisäilmasto. Haluttu sisäilmastoluokka vaikuttaa rakennusmateriaalien valintaan sekä rakennustyömaan puhtausvaatimuksiin. Opinnäytetyössä tutkittiin sisäilmastoluokkien suunnitteluun ja toteutukseen liittyviä ohjeita sekä P1-puhtausluokan toteuttamista rakennustyömaalla.

Tämän opinnäytetyön aihe syntyi omasta mielenkiinnosta pölynhallintaa ja P1-luokkaa kohtaan, koska työskentelen sairaalahankkeessa, jossa pölynhallinta on suuressa roolissa.

Abstract

Author(s): Leinonen Joni

Title of the Publication: Dust management during construction

Degree Title: Bachelor of Engineering, Civil and Construction Engineering

Keywords: dust control, safety at work, quartz

The goal of the thesis was to produce a comprehensive report relating to dust management during construction, indoor climate classes, as well as to grow one's own professionalism on the subject. Knowledge of the dangers of dust generated in construction has increased, it has been reflected in the further development of laws and guidelines towards a safer working environment.

The thesis went through the requirements set by the State Council regulations and occupational safety, as well as the Regional Administrative Agency's guidance for construction dust management. A State Council regulation on work-related cancer risk combating obliges the employer to assess and reduce the risks. The Regional Administrative Agency provides guidance on how to reduce risks.

Most concrete dust is generated in construction, and the quartz contained in it is classified as a carcinogen. The work dealt with dust generated in construction and its health effects, as well as the right tools and dust management methods.

One of the main objectives of construction is good indoor climate. The desired indoor climate class affects the choice of building materials, as well as the cleanliness requirements of the construction site. The thesis examined guidelines for the design and implementation of indoor climate classes, as well as the implementation of the P1 purity class at construction sites.

The subject of this thesis arose out of my own interest in dust management and P1 class, because I work on a hospital project where dust management plays a large role.

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Pölynhallintaan liittyvä lainsäädäntö ja ohjeistus	2
2.1	Suunnitteluvaihe	2
2.1.1	Riskien arviointi	2
2.1.2	Riskien pienentäminen.....	4
2.2	Toteutusvaihe.....	5
2.3	Raja-arvot työmaalle	6
3	Rakentamisessa syntyvä pöly	8
3.1	Erlaisia rakennuspölyjä.....	9
3.2	Työvälineet ja pölynhallintamenetelmät	10
4	Sisäilmastoluokitus	14
4.1	Sisäilmastoluokat.....	14
4.2	Suunnittelu ja toteutus.....	15
4.3	Suunnittelunohjaus	16
4.4	Sisäilmastoluokituksen huomioiminen urakka-asiakirjoissa.....	16
4.5	Rakennusmateriaalin päästöluokitus M.....	17
5	Rakennustyömaan puhtausluokka P1	19
5.1	Vastuut ja roolit P1-hankeessa.....	20
5.2	Rakennustyömaan pölynhallintasuunnittelu	21
5.2.1	Luonnos- ja toteutussuunnittelu.....	21
5.2.2	Aikataulusuunnittelu ja lohkojako	23
5.2.3	Rakentamisvaiheen suunnittelu.....	23
5.3	Logistiikka	24
5.4	Siivous.....	24
5.5	P1-pölynhallinta	25
5.6	Laadunvalvonta ja ohjaus.....	29
5.7	Rakennuksen puhtauden arviointi	29
5.8	Vastaanottotarkastus	30
6	Yhteenveto	32
	Lähteet	33

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia uudisrakennustyömaan pölynhallintaan liittyviä lakeja ja työturvallisuutta. P1-puhtausluokka on nykypäivänä käytössä lähes kaikissa suuremmissa rakennushankkeissa. Työssä käsiteltiin P1-hankkeen vastuualueita, laadunvalvontaa sekä oikeita työtapoja työmaalla.

Rakennustyömaalla syntyy runsaasti terveydelle haitallisia pölyjä muun muassa hionnan, sekoittamisen ja leikkaamisen yhteydessä. Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta (205/2009) edellyttää, ettei rakennustyöstä aiheudu vaaraa työmaalla työskenteleville.

Rakentamista ohjaavan maankäyttö- ja rakennuslain mukaan rakennuksessa tulee olla terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilmasto. Määräysten mukaan terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilmasto tulee varmistaa jo rakennustöiden suunnittelun yhteydessä. Asianmukaisilla rakentamisaikaisilla pölynsuojaamismenetelmillä estetään pölyn jääminen valmiiseen rakennukseen ja sitä kautta sisäilmaan, mikä altistaisi rakennuksen käyttäjät.

Rakennustyömaan pölynhallintaan vaikuttavat voimassa olevat lait ja asetukset, hankkeelle valittu sisäilmastoluokka sekä P1-puhtausluokitus. Kiinnostus opinnäytetyön aiheeseen syntyi, koska työskentelen sairaalatyömaalla ja P1-puhtausluokkaan kuuluvat osastoinnit kuuluvat osaksi jokapäiväistä työtäni.

2 Pölyhallintaan liittyvä lainsäädäntö ja ohjeistus

Aikaisemmin rakennustyömaiden pölyhallinnassa on keskitytty turvallisen ja terveellisen rakennuksen tuottamiseen rakennuksen käyttäjille. Valtioneuvoston asetuksen työhön liittyvän syöpävaaran torjunnasta (1267/2019) voimaan astumisen myötä painopiste on siirtynyt työturvallisuuden parantamiseen pölyntorjunnassa. Tavoite turvallisesta ja terveellisestä rakennuksesta ei enää pelkästään riitä, vaan pölyntorjunnassa luodaan työntekijöille terveellinen ja turvallinen työympäristö. Enää ei merkitä ainoastaan P1-alueita, vaan kaikki alueet, joissa syntyy pölyä, rajataan ja merkitään huolellisesti. [1, s. 1–3.]

Rakentamisen pölyhallinta tulee ottaa huomioon jokaisessa rakentamisen vaiheessa. Alle on kirjattu keskeisimmät vaikuttavat määräykset ja ohjeet pölyhallintaan liittyen.

2.1 Suunnitteluvaihe

Rakennusaikainen pölyhallinta alkaa jo suunnitteluvaiheessa. Päätoteuttajan tulee laatia kirjallinen suunnitelma, koskien rakennustyöturvallisuutta. Työturvallisuussuunnitelma on esitettävä rakennuttajalle ennen rakennustöiden alkamista. [2.]

Valtioneuvoston asetuksen rakennustyön turvallisuudesta 10§ velvoittaa kiinnittämään erityistä huomiota pölyn vähentämiseen ja sen leviämisen estämiseen jo suunnitteluvaiheessa. Myös rakennustyömaa-alueen käytön suunnittelussa tulee huomioida pölyntorjuntaan ja hallintaan tarvittavien laitteiden ja rakenteiden sijoittaminen. [2.]

2.1.1 Riskien arviointi

Tärkeimpiin työnantajan tehtäviin pölyhallinnassa kuuluu riskiarvioiden laatiminen sekä suunnitelmat riskien pienentämiseksi. Yleensä riskien arvioinnin laatii yrityksen työsuojeluorganisaatio, johon on nimetty 3–5 henkilöä. [3.] Varsinkin kohteissa, joihin liittyy kemiallisia riskejä, kannattaa riskiarvion tekemisessä hyödyntää ulkopuolisia asiantuntijoita. Työhygieeniin liittyvien riskien arvioinnissa voi hyödyntää työterveydenhuollon asiantuntemusta. [4.]

Työnantajan tulee laatia riskien arviointi, jossa selvitetään työntekijöiden mahdollinen altistuminen syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville tekijöille ja perimää vaurioittaville aineille, lisäksi on arvioitava altistumisen merkitys työntekijöiden turvallisuudelle ja terveydelle. Riskien arvioinnissa otetaan huomioon kaikki altistumistiet, työntekijöiden altistumisen luonne sekä altistumisen määrä ja kesto. [5.]

Riskien arviointi tulee pitää ajan tasalla ja se on tarkistettava erityisesti, jos olosuhteissa tapahtuu muutoksia, joiden vuoksi työntekijöiden altistumisen vaara syöpäsairauden aiheuttaville tekijöille tai perimää vaurioittaville aineille lisääntyy. [5.]

Työnantajan tulee säilyttää voimassa oleva riskien arviointi ja vastaavat aikaisemmat arvioinnit sekä niiden perustavana olevat tiedot. Ne tulee tarvittaessa luovuttaa työsuojeluviranomaiselle esimerkiksi työnantajan lopettaessa toimintansa. [5.]

Työnantajan tulee huolehtia, että riskiarvio ja suunnitelma riskien pienentämiseksi on laadittuna ennen töihin ryhtymistä. Riskiarviossa tulee olla:

- Tunnistettuna mahdolliset vaarat ja arviot riskien suuruudesta.
- Selvitettynä, mille syöpää aiheuttaville aineille ja tekijöille työntekijöiden on mahdollista altistua. Mitä kautta altistuminen on mahdollista, kuinka paljon ja pitkään altistuminen tapahtuu sekä mitä terveys- ja turvallisuus vaikutuksia altistuksella voi olla.
- Arvio riskitapahtuman todennäköisyydestä ja seurauksien vakavuudesta ja, millä riskejä voidaan pienentää.

Työtehtäväkohtaisten suunnitelmien lisäksi työmailla tulee olla työvaihekohtaiset suunnitelmat esimerkiksi, kuinka työmaalla pienennetään kvartsipölyyn liittyviä riskejä [3].

Riskiarviossa lasketaan työtehtäväkohtaiset riskipisteet, jotka perustuvat haitan suuruuteen ja todennäköisyyteen. Syöpävaaralliset aineet, kuten kvartsi, kuuluvat korkeimpaan riskiluokkaan. Muutkin haitalliset aineet, joille altistutaan säännöllisesti, antavat riskiarviossa korkeat pisteet. Jos riskipisteet nousevat liian suuriksi, ei työtä saa aloittaa. [3.] Riskien arvioinnin voi suorittaa kuvan 1 kaltaisella riskienhallintamatriisilla.

Haitan todennäköisyys \ Haitan suuruus	1. Melko haitallinen	2. Haitallinen	3. Hyvin haitallinen
1. Satunnaisesti	Pieni riski 1 piste	Siedettävä riski 2 pistettä	Kohtalainen riski 3 pistettä
2. Viikottain	Siedettävä riski 2 pistettä	Kohtalainen riski 4 pistettä	Huomattava riski 6 pistettä
3. Päivittäin	Kohtalainen riski 3 pistettä	Huomattava riski 6 pistettä	Sietämätön riski 9 pistettä

Kuva 1 Standardin BS880 mukainen yksinkertaistettu 3x3 riskienhallintamatriisi [3].

2.1.2 Riskien pienentäminen

Aluehallintovirasto on laatinut ohjeistuksen Kvartsipitoiselle pölylle altistumisen valvonnasta rakennusalalla. Sen mukaan riskien pienentämistä toteutetaan seuraavassa järjestyksessä:

1. Vaarallisten tekijöiden poistaminen. Suunnitellaan työprosessit siten, että altistumiseen johtavaa työtä ei tarvitse tehdä.
2. Korvataan kvartsia sisältävä materiaali vähemmän kvartsia sisältävään materiaaliin.
3. Tekniset ratkaisut. Työpisteellä käytetään kohdepoistoa, alipaineistusta yms. hengityssuojaimen lisäksi.
4. Toiminnalliset ratkaisut. Rajoitetaan työalueen kulkua, koulutetaan, ohjeistetaan ja jaetaan tietoa työntekijöille.
5. Henkilösuojaimet.

Riskienhallinnassa ensisijaisena keinona estetään pölyn syntyminen. Jos materiaalia tai menetelmää ei voida korvata, käytetään teknisiä suojaustoimenpiteitä. Riskienhallinta ei saa perustua ainoastaan hengityssuojainten käyttöön. Mahdollisuuksien mukaan työmaalla tulisi käyttää useampaa pölyntorjuntamenetelmää. [6, s. 2–4.]

2.2 Toteutusvaihe

Työnantajan velvollisuuksiin kuuluu pitää luetteloa työpaikalla käytettävistä ja esiintyvistä syöpäsairauden vaaraa aiheuttavista tekijöistä ja perimää vaurioittavista aineista, pitää luetteloa altistuvista työntekijöistä sekä vuosittain ilmoittaa altistuneet ASA-rekisteriin [7]. Työnantajan on luetteloitava kaikki työpaikalla käytettävät aineet ja seokset, jotka luokitellaan syöpää aiheuttaviksi (vaaralausekkeet H350 ja H350i), sukusolujen perimää vaurioittavaksi luokitellut aineet (vaaralauseke H340) [8] sekä Valtioneuvoston asetuksen 1267/2019 liitteessä 1 mainitut 11 työmenetelmää [7].

VNA 1267/2019, 6§ on velvoittanut työnantajan estämään työntekijän altistuminen, jos riskien arvioinnin perusteella on todettu, että on olemassa vaara työntekijän terveydelle. Jos syöpäsairauden tai perimää vaurioittavaa ainetta ei pystytä kohtuudella korvaamaan vaarattomalla tai vähemmän vaarallisella aineella, tulee työnantajan varmistaa, että kyseistä ainetta käsitellään suljetussa järjestelmässä niin pitkälle kuin mahdollista. Jos suljettu järjestelmä ei ole mahdollinen, on työnantajan varmistettava, että altistumisen taso jää niin alhaiseksi kuin mahdollista. [5.]

Työnantajan on käytettävä seuraavia keinoja, jos syöpäsairauden vaaraa aiheuttavia tekijöitä tai perimää vaurioittavia aineita esiintyy työmaalla:

1. Syöpäsairauden vaaraa aiheuttavia tekijöitä ja perimää vaurioittavan aineiden käyttöä rajoitetaan.
2. Altistuvien työntekijöiden määrä ja altistumisaika pidetään vähäisinä.
3. Työmenetelmät ja tekniset torjuntatoimenpiteet suunnitellaan siten, että syöpäsairauden vaaraa aiheuttavien tekijöiden ja perimää vaurioittavien aineiden vapautuminen estyy tai se on mahdollisimman vähäistä.

4. Käytetään paikallispoistojärjestelmiä tai yleisilman vaihtoa apuna syöpäsairauden vaaraa aiheuttavien tekijöiden ja perimää vaurioittavia aineiden poistamiseksi.
 5. Käytetään sopivia menettelytapoja syöpäsairauden vaaraa aiheuttavien tekijöiden ja perimää vaurioittavia aineiden mittaamiseksi ilmasta.
 6. Käytetään sopivia työmenetelmiä ja toimintatapoja.
 7. Jos altistumista ei voida yleisin suojausmenetelmin välttää, käytetään henkilökohtaisia suojausmenetelmiä.
 8. Työskentelytilojen pinnat puhdistetaan säännöllisesti.
 9. Työntekijöille tiedottaminen.
 10. Vaara-alueet rajataan ja niissä käytetään tarkoituksen mukaisia varoitus- ja turvallisuuskilpiä.
 11. Tehdään suunnitelmat hätätilanteita varten, joissa tapahtuu epätavallisen suuri altistuminen.
 12. Käytetään suljettuja säiliöitä, jotka on merkitty selvästi, sekä muita turvallisen käsittelyn, kuljettamisen ja varastoinnin menetelmiä.
 13. Ohjataan työntekijät jätteiden turvalliseen kokoamiseen, varastointiin ja hävittämiseen.
- [5.]

2.3 Raja-arvot työmaalle

Valtionneuvoston asetuksen (1267/2019) tavoitteena on vähentää työperäisten sairauksien, kuten syövän määrää. Siihen on kirjattu syöpää aiheuttavien aineiden sitovat raja-arvot, joita ei saisi missään tapauksissa ylittää. Esimerkiksi kiteiselle pioksidipölylle (kvartsi) raja-arvoksi on kirjattu 0.1 mg/m^3 kahdeksassa tunnissa.

Jotta tavoitteisiin päästään on työnantajan otettava huomioon sosiaali- ja terveysministeriön laatimat HTP- eli haitallisiksi tunnettujen pitoisuuksien raja-arvot (kuva 2). Työnantajan on otettava

HTP-arvot huomioon työnvaarojen selvittämisessä ja arvioinnissa, kun suunnitellaan työympäristön puhtautta ja kun arvioidaan työntekijöiden altistumista ja mittaustulosten merkitystä. [10.]

	mg/m ³ /8h	kuitua/cm ³ /8h
Kiteinen piioksidi, eli kvartsi	0,05	
Epäorgaaninen pöly	10	
Orgaaninen pöly	5	
Sementtipöly, alveolijae < 5 µm	1	
Sementtipöly, hengittävää jae 10 - 100 µm	5	
Asbesti		0,1
Puupöly	2	

Kuva 2 Rakentamisessa esiintyvien pölyjen HTP-arvot [1].

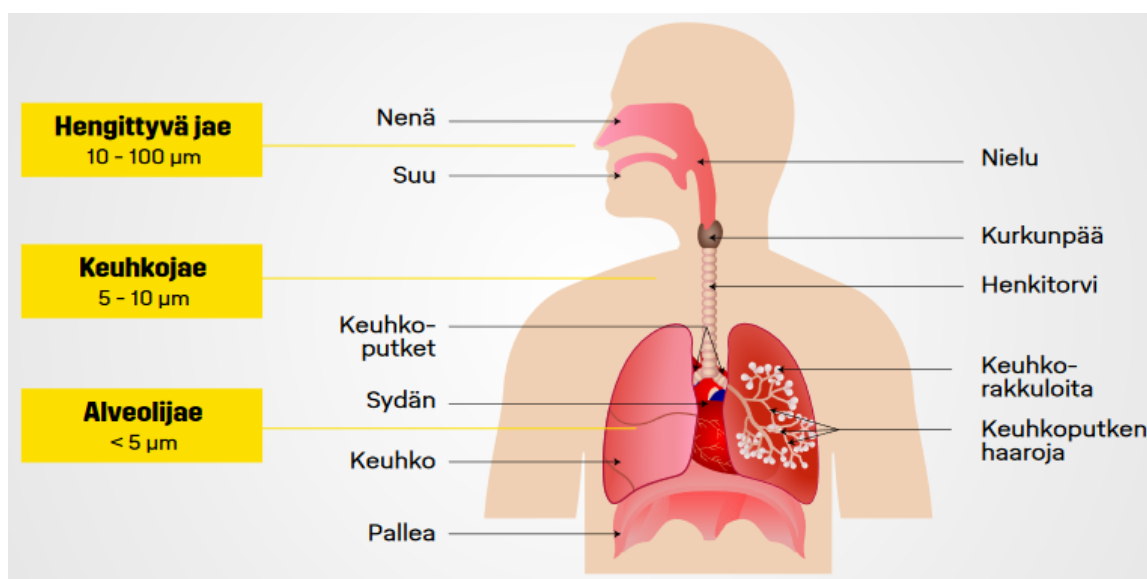
Työterveyslaitoksen suosituksen mukaan raskaassa työssä tulee hengityssuojain ottaa käyttöön, kun altistuminen päivää kohti laskettuna on enemmän kuin 50 % HTP-arvosta. AVI ohjeistaa hengityssuojaimen käyttöön aina pölyävää työtä tehdessä ja mikäli ilman laatua ei voida osoittaa turvallisiksi esimerkiksi mittaamalla. [1, s. 8.]

Asetuksessa (1267/2019) työnantaja veloitetaan seuraamaan työntekijöiden altistamista syöpäsairauden aiheuttaville tekijöille ja perimää vaurioittaville aineille. Jos työmaalla tapahtuvaa altistumista ei pystytä muutoin luotettavasti arvioimaan, on työnantajan suoritettava säännöllisiä työhygieenisia mittauksia ja työntekijöiden biologisia altistumismittauksia. [5.]

3 Rakentamisessa syntyvä pöly

Rakennuspölyn terveyteen vaikuttavat komponentit ovat betoni-, kivi-, tiili- sekä puupöly. Betoni on rakennustyömaan yleisin pölynlähde, joka ärsyttää hengitysteitä ja ihoa. Se sisältää myös erittäin vaarallista kvartssia. Myös ”vaarattomat pölyt” kuormittavat työntekijöiden keuhkoja ja voivat aiheuttaa ajan myötä keuhkohtaumatautia. [11, s. 6.]

Rakennustyömaalla pölyn havaitseminen johtaa usein harhaan, koska näkyvät hiukkaset ovat yli 10 µm kokoisia. Ne laskeutuvat nopeasti pinnoille, jolloin muodostuu käsitys, että ilma on puhdasta. Ilmassa kuitenkin leijuu näkymättömiä jopa alle 5 µm kokoisia hiukkasia. Juuri nämä hiukkaset ovat vaarillisimpia, koska ne kerääntyvät keuhkorakkuloihin saakka (kuva 3). Näkymätön pöly voi olla reaktiivista, vahvan emäksistä tai jopa syövyttävää. Vaikka itse pöly ei olisikaan vaarallista, on kaikki pöly haitallista suurina määrinä. [11, s. 3.]



Kuva 3 Pölyhiukkasten kulkeutuminen elimistössä [11, s. 5].

Hengityselimet jaetaan nenä-nielualueeseen, kurkunpään ja keuhkoputkien värekarva-alueen loppumiseen rajautuvaan alueeseen sekä keuhko- rakkula- eli alveoli- alueeseen. Rakennustyön fyysinen kuormitus lisää hengästyminen, minkä johdosta hiukkasia pääsee ja kertyy alveolialueelle enemmän. Pienet alle 5 µm kokoiset hiukkaset kertyvät keuhkorakkuloihin (alveoli), koska pinta-

solukoissa ei ole värekarvoja, jotka kuljettaisivat hiukkaset pois. Syöjäsolut nielaisevat tälle alueelle kulkeutuneet hiukkaset, mutta esimerkiksi kvartsi, joka on solumyrkky, tappaa syöjäsoluja. [11, s. 5.]

Terveydelle haitallisia ja vaarallisia aineita vapautuu mm. betoni, kivi-, tiili-, metalli- ja puurakenteiden työstössä, hionta-, tasoitus- ja maalaustöissä sekä rakennussiivouksessa [12].

3.1 Erilaisia rakennuspölyjä

Kvartsipölyä eli piioksidia esiintyy eniten betonipölyssä. Kvartsipölylle altistutaan eniten betonin piikkaus- ja hiontatöissä, tiilien saumaustöissä sekä siivoustyössä. Kun betonia työstetään, voi työvaiheessa ylittyä jopa 200-kertaisesti HTP-arvon määrittelemä taso kvartsin osalta. [13.]

Rakentamisen pölyistä suurin osa on betonipölyä. Betonipölyä syntyy piikkauksessa, hionnassa tasoitetyössä, elementtiasennuksissa ja siivoamisessa. Betonipölyn sisältämän kvartsin aiheuttamien terveysvaikutusten lisäksi betonissa käytetty sementti voi lisätä hengitystie- ja ihoärsytystä. Erään ruotsalaisen tutkimuksen mukaan sementtipölyn ja nielun alueen syövän esiintymisessä on havaittu yhteys. [13.]

Eristevillapölyä esiintyy nimensä mukaisesti eristeiden leikkaamisen ja asentamisen sekä siivoamisen yhteydessä. Eristevillapöly sisältää runsaasti kuituja, mutta keuhkoihin asti niitä kulkeutuu vain vähäinen määrä. Eristevillojen kuidut sidotaan yhteen sideaineilla, joilla voi olla merkittäviä terveysvaikutuksia. Terveysvaikutukset liittyvät enimmäkseen ihon ja hengitysteiden ärsytykseen. [13.]

Kivi-, tiili-, ja laastipölylle altistutaan muuraus- ja purkutöissä. Myös tiilien ja kivien työstämisestä syntyy runsaasti pölyä. Kivi-, tiili- ja laasti pölyt sisältävät 4–10 prosenttia kvartssia. Kivi- ja tiilipölyihin sovelletaan epäorgaanisten pölyjen HTP-arvoa 10 mg/m^3 ja hienojakoisen kvartsin HTP-arvoa 0.05 mg/m^3 .

Varsinkin muurarit altistuvat työssään laastipölylle. Ennen sekoitusta laasti on hienojakoista ja helposti pölisevää. Laasti voi sisältää runsaasti haitallisia lisäaineita. Laastipölylle sovelletaan samoja HTP-arvoja kuin kivi- ja tiilipölyille. [13.]

Hionta- ja tasoitetyöt ovat rakennustyömaan pahimpia pölylähteitä. Pölylle altistetaan tasoitetyön lisäksi, tasoitteen valmistamisen yhteydessä sekä siivoustyössä. Lattioissa käytettävissä tasoitteissa on useimmiten 50 prosenttia kvartseja sisältävää hiekkaa. Seinissä käytettävissä tasoitteissa sideaineena on yleensä orgaanista muovilateksia tai orgaanisen sideaineen ja sementin sekoitusta. Jotkin erityiskohteiden tasoitteet voivat sisältää liuottimia, jolloin levitystyö on tehtävä liuotintyölle ominaisella huolellisuudella. Tasoitepölylle sovellettava HTP-arvo riippuu tasoitteen koostumuksesta. [13.]

Puupöly on yksi merkittävimmistä rakennustyömaalla esiintyvistä pölytyypeistä. Puupölylle altistutaan sahaus-, hionta- ja asennustöissä sekä siivoamisessa. Runsaat puupölypitoisuudet aiheuttavat yskää sekä keuhko- ja silmä-ärsytystä. Puupölylle altistuvilla työntekijöillä on jopa 10-kertainen riski sairastua nenän ja sen sivuontelon syöpään. Puulajeista erityisesti tammi ja pyökki (kovapuulajit) nostattavat riskiä merkittävästi. [13.]

Lyijy vaikuttaa ihmisillä etenkin ääreis- ja keskushermoston toimintaan. Altistuminen lyijylle voi aiheuttaa havaitsemiseen ja tarkkaavaisuuteen liittyviä häiriöitä. Lyijyä on käytetty entisaikaan mm. rakennusmaaleissa, saumoissa ja 1970-luvulla yleistyneissä PCB:tä sisältävissä sauma-aineissa. [12, s. 23.] Nykyisin lyijyä käytetään ainoastaan vaativimmissa kohteissa esimerkiksi sairaaloiden röntgenhuoneiden seinälevyissä.

Liutinohteisille maaleille altistumisesta voi aiheutua pahoinvointia, päänsärkyä sekä hui- mausta. Pitkäaikainen altistuminen voi johtaa pysyvään keskushermostovaurioon. Nykyään val- taosa maaleista on vesiohteisia. Maalin kaasuuntuminen ja maalipöly ärsyttävät ihoa, silmiä ja hengitysteitä. Maalipöly voi aiheuttaa myös allergia- ja astmaoireita. [12, s. 23.]

3.2 Työvälineet ja pölynhallintamenetelmät

Valituilla työvälineillä ja menetelmillä on suuri vaikutus rakennusaikaiseen pölynhallintaan. P1- alueella työskenneltäessä pölyävien töitten tekeminen on ehdottomasti kiellettyä ja muutenkin rakentamisessa tulisi työmenetelmiksi valita vähiten pölyävät vaihtoehdot. Taulukkoon 2 on lis- tattu pölyävät työt ja miten niitä torjutaan.

Työmenetelmä	Torjunta
Betonirakenteiden työstö	Betonin piikkaamisen sijasta käytetään betonin murtamista ja timanttileikkausta. Leikkaamisessa käytetään kohdepoistomuria, jossa on HEPA H13 -suodattimet. Myös vedenkäyttö vähentää pölyämistä.
Kivi- ja tiilirakenteiden työstö	Työstämisessä käytetään vähän pölyä synnyttäviä katkaisulaitteita esim. giljotiinityypistä tiilileikkuria. Muurauksessa käytetään valmiiksi sekoitettua, työmaalle toimitettua laastia.
Puurakenteiden työstö	Puuta työstettäessä käytetään kohdepoistolla varustettuja työkaluja. Kovia puulajeja työstettäessä on huolehdittava, ettei pölyä kierrätetä takaisin työskentelytilaan.
Äänen- ja lämmöneristeiden työstö	Eristeiden työstöä ja rakenteen rikkomista sisätiloissa tulee välttää. Käytetään sopivanmittaisia ja päällystettyjä eristeitä. Työkohde siivotaan päivittäin, ettei kuitupölyä kerääny työpisteelle.
Metallirakenteiden työstö	Hitsatessa ja polttoleikatessa ilmaan vapautuu myrkyllisiä kaasuja. Sisätiloissa tulee järjestää tehokas ilmanvaihto ja kohdepoisto. Työntekijät käyttävät P2/A2-luokan moottoituita hengityssuojaimia.
Hionta- ja tasoitustyöt	Pölypitoisuudet ovat tasoitteiden levityksen ja hionnan yhteydessä korkeita, joten laitekoh-

	taistakohdepoistoa ja henkilökohtaisiasuojaimia on käytettävä. Kuvassa 4 on esitetty kohdepoistolla varustettu hiomakone.
Maalaustyöt	Ruiskumaalauksessa syntyy maalisumua, joka kuivuessaan muodostuu pölyksi. Maalatessa käytettävä P2-tasoista puoli- tai kokonaamaaria.
Rakennussiivous	Siivouksessa käytetään lastaa ja imurointia. Harjalla siivoamista ei sallita. Imurit tulee olla Hepa-suodattimet.

Taulukko 2. Pölyvät työmenetelmät ja pölyn torjunta [12, s. 7–9, 15].



Kuva 4 Laitekohtaisella poistolla varustettu betonin hiomakone [14].

Mitään edellä mainituista työvaiheista ei saa suorittaa P1-osastoalueella pois lukien siivousta, ellei työaluetta ole osastoitu ja alipaineistettu kuvan 5 esittämällä tavalla. Osastoidun alueen ilma poistetaan mielellään suodattimen lävitse ulkoilmaan tai mikäli se ei ole mahdollista, on alipainetajassa oltava vähintään HEPA-tason suodatin. HEPA (High Efficiency Particulate Air) suodattimet luokitellaan korkean suodatustason suodattimiksi [15]. Esimerkiksi HEPA H13 suodatin pysäyttää 99,95 % tunkeutuvista hiukkasista [15]. Työskenneltäessä on käytettävä hengityssuojainta esim. FFP3-luokan naamaria tai P3-luokan suodattimella varustettuja hengityssuojaimia.



Kuva 5 Alipaineistettu työtila P1-puhtausluokan alueella

Vesisumutuksella on saatu hyviä tuloksia rakentamisen pölyhallinnassa. Itä-Suomen yliopiston ympäristötieteen laitoksella tehtiin tutkimus, kuinka hyvin vesisumutus vähentää rakennuspölyä. Vesisumutus täytyy aloittaa pölyävän työn jälkeen. Pienikin pölypitoisuuden alentaminen työtilassa nopeuttaa tilan puhdistumista ja vähentää pölyn leviämistä.

Rakentamisessa hienojakoinen pöly on ongelmallisinta. Vesisumutusmenetelmässä pölyhiukkaset tarttuvat vesisumuun, jolloin ne suurenevat ja laskeutuvat rakennusmateriaalien pinnoille. Laskeutumisen jälkeen lattian pinta voidaan imuroida puhtaaksi pölystä. Vesisumutusta tulee käyttää kohtuudella, ettei ilmankosteuspitoisuus nouse liian suureksi, jolloin rakenteiden pinnat kastuvat ja pölystä tulee lietteistä. [16]

Pölyä sitovia mattoja kannattaa hyödyntää rakennustyömaiden pölyntorjunnassa. Niihin tarttuvat suurin osa pölystä, sekä kengänpohjista kantautuvat epäpuhtaudet. Matot on hyvä laittaa ulko-ovien eteen ja osastoitujen tilojen sisäänkäynneille. [17, s. 3.]

4 Sisäilmastoluokitus

Ympäristöministeriön asetuksen uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta (1009/2017) mukaan ”sisäilmassa ei saa esiintyä terveydelle haitallisessa määrin hiukkasmaisia epäpuhtauksia, fysikaalisia, kemiallisia tai mikrobiologisia tekijöitä eikä viihtyisyyttä jatkuvasti heikentäviä hajuja.” [18.]

Yksi rakentamisen keskeisimmistä tavoitteista on hyvä sisäilmasto. Sisäilmasto tavoitteiden saavuttamiseen käytetään sisäilmastoluokitusta. Sisäilmastoluokitus 2018 käytetään rakennus- ja taloteknisten suunnittelun ja urakoinnin sekä rakennustarviketeollisuuden avuksi sisäympäristön tavoite- ja suunnitteluarvojen valitsemiseksi ja asettamiseksi. Luokitus ei kumoja viranomaisasäädöksiä. [19, s. 2.]

Sisäilmastoluokat on jaettu luokkiin S1, S2 ja S3. Sisäilmastoluokassa S1 päästään käyttäjä tyytyväisyydeltään suurempaan osuuteen kuin muissa luokissa. Sisäilmastoluokitusta käytetään asettaessa sisäilmastotavoitteita, jotka koskevat tavanomaisia työ- ja asuintiloja. Uudisrakentamisessa käytetään ensisijaisesti luokkia S1 ja S2 sisäilmastotavoitteiden täyttämiseen. Sisäilmastoluokittelun tavoitetasot kuvaavat nykytiedon mukaisia terveyden ja viihtyisyyden kannalta turvallisista ja viranomaisvaatimuksia korkealaatuisempia sisäilmasto-olosuhteita. [19, s. 5.]

Luokituksessa 2018 ensimmäinen luku asettaa tavoite arvot mm. lämpöoloille, ilmanepäpuhtauksille sekä ääni- ja valaistusolosuhteille. Luokituksen toinen osa käsittelee suunnittelussa ja rakennustyömaan eri vaiheissa noudatettavia menettelytapoja ja -periaatteita. Ohjauksella pyritään varmistamaan, että sisäilmastotavoitteet otetaan huomioon kaikissa rakentamisen vaiheissa. Luokitus luo vaatimukset myös rakentamisessa käytettyjen materiaalien päästöille. [19.]

4.1 Sisäilmastoluokat

Luokasta S1 käytetään määritelmää yksilöllinen sisäilmasto. Sisäilman laatu on erittäin hyvä eikä tiloissa ole havaittavissa hajuja. Tiloissa tai rakenteissa ei ole vaurioita tai epäpuhtauksia, jotka heikentävät sisäilmanlaatua. Tilojen lämpöolot ovat viihtyisät, eikä niissä esiinny vetoa tai ylläm-

penemistä. Tilan lämpöoloja pystytään hallitsemaan yksilöllisesti. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset erittäin hyvät ääniolosuhteet ja hyviä valaistusolosuhteita on tukemassa yksilöllisesti säädettävä valaistus. [19, s. 5.]

Luokasta S2 käytetään määritelmää hyvä sisäilmasto. Sisäilman laatu on hyvä eikä tiloissa ole havaittavissa häiritseviä hajuja. Tiloissa tai rakenteissa ei ole vaurioita tai epäpuhtauksia, jotka heikentävät sisäilmanlaatua. Tilojen lämpöolot ovat hyvät, eikä niissä esiinny vetoa, ylläampeminen on mahdollista kesällä. Tilan lämpöoloja pystytään hallitsemaan yksilöllisesti. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset hyvät ääniolosuhteet ja valaistusolosuhteet. [19, s. 5.]

Luokasta S3 käytetään määritelmää tyydyttävä sisäilmasto. Sisäilman laatu- ja lämpöolot sekä valaistus- ja ääniolosuhteet täyttävät maankäyttö- ja rakennuslaissa asetetut säädökset ja vaatimukset sekä terveydensuojelulain asetetut vähimmäisvaatimukset. [19, s. 5.]

4.2 Suunnittelu ja toteutus

Rakennushankkeen hankesuunnitteluvaiheessa tulee määrittää ja valita tavoitearvot koskien, sisäympäristöä ja siihen vaikuttavien rakennustöiden puhtautta sekä rakennusmateriaalien päästöjä. Tavoitearvoja voidaan soveltaa valitsemalla kaikki valitun luokan mukaiset arvot, valitsemalla tarpeen mukaan eri luokista arvoja tai asettamalla halutuille ominaisuuksille erikseen harakitut arvot. Valitut tavoitearvot annetaan tiedoksi kaikille suunnittelijoille. [19, s. 10.]

Rakennustöiden ohjausta ja suunnittelua varten valitaan rakennustöiden ja ilmanvaihdon puhtausluokka sekä rakennusmateriaalien valintaa varten rakennusmateriaalien päästöluokka. Suunnitelma-asiakirjoissa esitetään suunnittelu- ja tavoitearvot, joiden toteutuminen voidaan tarvittaessa todentaa sekä olosuhteet, joissa niiden tulisi toteutua. Todentaminen suoritetaan riittävän kattavilla ja luotettavilla mittauksilla. [19, s. 10.]

4.3 Suunnittelunohjaus

Rakennuttajan on ohjattava suunnittelua kirjaamalla sisäilmastotavoitteet selkeästi kaikkien suunnittelijoiden tietoon [19]. Sisäilmaston tavoitteet kirjataan mitattavina suureina, joita käytetään lopputuloksen arvioinnissa. Tärkeimmät tavoitteet ovat:

- Korkein hyväksyttävissä oleva pitoisuus ilman epäpuhtauksien osalta.
- Huonekohtaiset ylimmät ja alimmat sisälämpötilat.
- Huonekohtaisten lämpötilojen säätö.
- Alin suhteellinen kosteus talvella.
- Ylin suhteellinen kosteus kesällä.
- Huonekohtaisesti suurimmat hyväksytyt ilman nopeudet oleskeluvyöhykkeellä.
- Huoneilmassa esiintyvien hajujen sallittu enimmäismäärä.
- Palautusilman sallittu enimmäismäärä.
- Korkein melutaso huonekohtaisesti.
- Huonekohtaiset ilmavirrat. [20, s. 2.]

Kunkin suunnittelijan on osaltaan huolehtia, että valitun sisäilmastoluokan edellyttämät suunnitteluratkaisut esitetään piirustuksissa, työselostuksissa, urakkarajaliitteissä ja työmaan laatusuunnitelmissa [19].

4.4 Sisäilmastoluokituksen huomioiminen urakka-asiakirjoissa

Hankkeelle asetetut sisäympäristötavoitteet ja tekniset erityisvaatimukset on esitettävä selkeästi kaikissa asiakirjoissa. Sisäympäristön laadun toteuttamisen kannalta erittäin tärkeä asiakirja on urakkarajaliite. Urakkarajaliitteeseen merkitään, kenen tehtävä on suorittaa seuraavat tehtävät:

- Rakenteet suojataan haitallisilta sääolojen vaikutuksilta.
- Aikataulut, joihin merkitään, rakenteiden kuivumisajat ennen pintarakenteiden asentamista/pintakäsittelyä, talotekniikan toimintakokeet, säädöt ja vastaanotto.
- Rakenteisiin tehtävien läpivientien ja rakenteiden liitoskohtien asianmukainen tiivistys.
- Tärinän- ja ääneneristysten asentaminen rakenteisiin tuettavien värähtelevien taloteknisten laitteisiin ja putkistoihin paikan päällä.
- Rakenteiden kastumisen estäminen mm. vedenpoisto.
- Työmaan laatusuunnitelma.
- Kosteuden hallintasuunnitelma.
- Kuivat ja puhtaat varastointitilat luokitelluille rakennusmateriaaleille ja ilmanvaihtotuotteille.
- Edellytykset toimintakokeiden järjestämiselle.
- Koulutuksen järjestäminen sisäilmastoluokituksen osalta urakoitsijoille ja suunnittelijoille.

Yksityiskohtaisemmat menettely- ja toimintatavat esitetään työselostuksissa sekä veloitteet ja ohjeet sopimusasiakirjoissa. [19, s. 10.]

4.5 Rakennusmateriaalin päästöluokitus M

Päästöluokitus tavoitteena on viihtyisä ja puhdas sisäilmasto. Se edistää vähäpäästöisten rakennusmateriaalien kehittämistä ja käyttöä. Rakennusmateriaalien valinnat vaikuttavat monien muiden tekijöiden ohella merkittävästi sisäilman laatuun. Rakennusmateriaalien päästöluokitus asettaa vaatimukset työ- ja asuintilojen käytettäville materiaaleille. Päästöluokitukseen kuuluvat

kaikki rakentamiseen liittyvät materiaalit sekä lisäksi kiintokalusteet ja huonekalut. Myös ilmanvaihtotuotteille on puhtausluokitus, jossa luokitellaan M1-luokkaan kanavaosia, kanavia, äänenvaimentimia, säätö- ja sulkupeltejä, ilmansuodattimia ja säätölaitteita. [21, s. 3.]

Rakennusmateriaalien päästöluokittelu on jaettu kolmeen osaan M1, M2, M3, joista M1-päästöluokalla on tiukimmat kriteerit. Jos rakennukselle on valittu sisäilmastoluokaksi S1 tai S2, käytetään rakennusmateriaaleina suurimmaksi osaksi luokan M1-materiaaleja. M2- ja M3-luokan materiaaleja voidaan käyttää ainoastaan 20 % huoneensisäpinnoissa, ei kuitenkaan yli 1 m² lattian pinta-alaa kohden. Rakentamisessa käytetyistä materiaaleista vaaditaan tuoteseloste ja käyttöohje, joista täytyy löytyä päästöluokka sekä käyttöön liittyvät rajoitukset mm. kosteus-, käyttölämpötila- ja yhteensopivuustiedot. [19, s. 20.]

Rakennusmateriaalien päästöluokittelu perustuu emissiotestattujen materiaalien neljän viikon iässä tapahtuviin epäpuhtauspäästöihin [20]. Kuvassa 6 on vertailtu päästöluokan M1 ja M2 päästöjä.

Tutkittavat ominaisuudet	M1 [mg/m ² h]	M 2 [mg/m ² h]
Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (TVOC) kokonaisemissio. Yhdisteistä tunnistettava vähintään 70%.	< 0,2	< 0,4
Formaldehydin (HCOH) emissio	< 0,05	< 0,125
Ammoniakin (NH ₃) emissio	< 0,03	< 0,06
(EC) No 1272/2008 luokittelun mukaisten luokkaan 1A ja 1B kuuluvien karsinogeenisten aineiden emissio ^{1*}	< 0,005	< 0,005
Haju (epämiellyttävien havaintojen määrä alle 15%) ^{2*}	ei haise	ei haise

1* ei koske formaldehydiä

2* Aistinvaraisen arvioinnin tulos on oltava vähintään +0,0

Kuva 6 Emissiotestattujen materiaalien sallitut epäpuhtauspäästö neljän viikon iässä [21, s. 5].

M1 luokassa laastit, silotteet ja tasoitteet eivät saa sisältää eloperäisiä sidosaineita esim. kaseiinia. Materiaalit, jotka ylittävät M2- luokan raja-arvot kuuluvat M3-luokkaan. [21, s. 5.]

5 Rakennustyömaan puhtausluokka P1

Rakennustöiden puhtausluokassa esitetään tavoitteet työ- ja asuintilojen puhtaudelle. Nykyisin P2-luokan poistuttua käytössä on jäljellä yksi luokka P1. P1-luokkaa käytetään toimisto-, koulu-, päiväkotij- ja asuinrakentamisessa. Luokituksen tavoite on varmistaa rakennusten tilojen puhtaus luovutusvaiheessa ja ettei rakentamisesta syntyneitä epäpuhtauksia esiinny käyttöön otetussa rakennuksessa. Rakennuksessa olevat tilat tulee olla niin puhtaat, että ne voidaan ottaa käyttöön heti vastaanoton jälkeen. [19, s. 12.]

Mikäli rakennuksen sisäilmastoluokaksi on valittu S1 tai S2, tulee rakentamisessa noudattaa puhtausluokan P1 vaatimuksia. Rakentamisen laadun näkökulmasta, on hyvä käyttää puhtausluokan P1 rakennus- ja ilmanvaihtoasennustyötapoja myös kohteissa, jotka kuuluvat sisäilmastoluokkaan S3. Puhtausluokka P1 vaatimuksina ovat:

- Kohteen on oltava puhdas ennen kuin ilmanvaihdon päätelaitteiden suojaukset voidaan poistaa ja ilmanvaihtojärjestelmä käynnistää. Pinnoilla ei saa olla hienojakoisia epäpuhtauksia esim. betoni- ja puupölyä, jotka voivat nousta ilmaan ilmanvaihdon käynnistämisen tai kosketuksen yhteydessä.
- Rakennusmateriaalien ja jätteiden varastointi rakennuksessa ei saa estää pintojen puhdistamista. Pintoja suojaavien pahvien ja muovien poistamisen jälkeen tiloissa voidaan tehdä vain ilman erityistoimia pölyämättömiä töitä, kuten toimintakokeita, paikkamaalauksia ja alakattojen asentamista.
- Kun rakennus luovutetaan, pinnat täytyy olla täysin puhtaat pölystä, liasta, roskista ja tahroista. [19, s. 12.]

P1- luokan tuonti rakennushankkeeseen voi tuoda mukanaan merkittäviä säästöjä, työmaan hyvä järjestys ja siisteys ja sitä kautta sujuva työn eteneminen, ovat kustannussäästöjen takana. Lisäksi työnyhyvinvointi paranee tehokkaalla pölynhallinnalla. [22, s. 5.]

5.1 Vastuut ja roolit P1-hankeessa

Onnistunut P1-puhtausluokka saavutetaan yhteisellä, jossa yksikin välinpitämätön työntekijä voi pilata hyvinkin P1-suunnitelman. On tärkeää, että työntekijät saadaan noudattamaan yhteisiä pelisääntöjä [22, s. 6.] Edelle listattu P1-rakentamisessa eri osapuolten rooleja pölyhallinnassa:

- Rakennuttajan tehtävä on valita ja asettaa kohteelle sisäilmastoluokka. Hän esittää suunnittelijoille ja urakoitsijalle suunnitellut ratkaisut valitun sisäilmastoluokan tavoitteiden saavuttamiseksi. [22, s. 6.]
- Pääurakoitsijan tehtävänä on luoda hankekohtainen P1-pölyhallintasuunnitelma. Suunnitelman tavoitteena on parantaa pölyhallintaa työmaalla. Suunnittelussa otetaan huomioon valitun sisäilmastoluokan asettamat vaatimukset pölyhallinnalle. Suunnitelma ohjeistaa kaikkien työmaalla urakoitsijoiden toimintaa. Suunnitelmassa kuvataan pölyhallinnan keskeinen idea ja käytännöt työmaalla. Työntekijöiden koulutuksella varmistetaan, että P1-rakennushankeen keskeiset ideat ovat tiedossa [22, s. 6.]
- Työnjohtaja vastaa P1-suunnitelmien toteutumisista työmaalla. Hänen vastuullaan on ohjata rakennustyötä, siivousta ja rakennusmateriaalien varastointia P1-vaatimusten mukaisesti. Työnjohtaja vastaa myös käytetyistä pölyhallintamenetelmistä ja niissä käytetyissä laitteista. Hän myös huolehtii, että havaitut puutteet ja virheet tulevat korjatuiksi [22, s. 7.]
- Työntekijä noudattaa hänelle annettuja ohjeita ja käyttää pölyhallintaan tarkoitettuja laitteita ohjeistuksen mukaisesti. Hän huolehtii oman työalueen siisteydestä ja järjestyksestä sekä havainnoi työmaan puhtautta ja epäkohtia. [22, s. 7.]
- Rakennussiivoaja toimii laadunvarmistajana ja tekee korjaavia toimenpiteitä työntekijöiden tekemän aktiivisen pölyntorjunnan, passiivisen pölyhallinnan sekä jätteenkäsittelyn ohella. Siivouksissa on noudatettava huolellisuutta, väärillä siivousmetodeilla voidaan pilata aiemmat pölyhallintatoimenpiteet. [22, s. 7.]
- Valvoja toimii rakennuttajan ja loppukäyttäjän edun varmistajana. Hänen tehtävä on tarkastaa, että pölyhallinta on tehty asianmukaisesti ja että määräykset täyttyvät. Valvoja esittää vaatimuksia asioiden korjaamiseksi, myös pölyhallinnan osalta. [22, s. 7.]

5.2 Rakennustyömaan pölynhallintasuunnittelu

P1-puhtausluokan rakentamisessa suunnittelutyön merkitys kasvaa. Pölynhallintasuunnitelma on yksiosa rakennushankkeen turvallisuussuunnittelua ja erityisesti P1-puhtausluokan hankkeessa urakoitsijan tulee laatia pölynhallintasuunnitelma, johon työmaan puhtaustavoitteet kirjataan. [22, s. 8.]

Onnistuneessa pölynhallintasuunnitelmassa on tunnistettu aika ja paikka pölyn syntymiselle, pölyväylien työvaiheiden kestot, mitä pölyä rakennushankkeessa syntyy ja ketkä työntekijöistä altistuvat pölylle. Näiden tietojen perusteella pystytään tekemään turvallisuuteen ja terveyteen liittyvät riskiarvioinnit, miettimään riskien seuraukset sekä poistamaan riskitekijät. Riskianalyysin perusteella voidaan valita oikeat suojaustoimenpiteet niille riskeille, joita ei vielä ennakkoon ole pystytty poistamaan. [22, s. 9.]

5.2.1 Luonnos- ja toteutussuunnittelu

Hyvän puhtauden saavuttaminen ei lisää merkittäviä lisäkustannuksia rakennushankkeessa, jos tilaajan asettamat tavoitteet ovat alusta asti suunnittelijoiden tiedossa ja puhtauden hallinnan vaatimukset ja vastuut on esitetty selkeästi hankkeen asiakirjoissa. Tärkeimpiä asiakirjoja ovat urakkarajaliite sekä urakkaohjelma. Niihin kirjattavat asiat on esitetty taulukossa 1. Sisäilmaston tavoitetasot ja puhtausluokka tulee olla liitetty urakkakyselyihin sekä urakka- ja hankintasopimukseen. Pääurakoitsija sisällyttää puhtausvaatimusten velvoitteet mahdollisten aliurakoitsijoiden työkokonaisuuksiin. [23, s. 7.]

Urakkaohjelma	Urakkarajaliite
Valittu sisäilmasto- ja puhtausluokka	Tavoitetasoista aiheutuvat työmaajärjestelyt ja vastuut työmaatoteutukselle ”auki” kirjottettuna

Vaatimukset hankkeessa käytettävälle laadunvarmistus järjestelmälle	P1- puhtausluokasta aiheutuvien työmaajärjestelyiden vastuut
Puhtaudenhallinta suunnitelman laatimista koskeva vaatimus	Vastaanottomenettely ja vastaanoton aikataulu
Aikataulut P1-puhtaustason saavuttamiselle lohkoittain	
Aikataulut urakoitsijoille asetettujen välitavoitteiden saavuttamiselle	
Pääurakoitsijoiden siivousvelvollisuudet ja sanktiot	

Taulukko 1 Puhtausvaatimusten esittäminen urakkaohjelmassa ja urakkarajaliitteessä [23, s. 7].

Arkkitehti määrittelee rakennusselostuksessa P1-tiloihin pintakäsittelyt myös piiloon jääville pinnoille, kuten alakatoille ja asennuslattiaille. Pinnat, jotka on yleensä jätetty raakapinnoiksi pitää olla pinnoitettuja, puhdistettavissa ja puhtaita viimeistään loppusiivouksen yhteydessä esim. betoniset kattopinnot kannattaa maalata ennen johtoteiden ja runkokanavien asennustöitä. [23, s. 7–8.]

Alakattojen siivottavuus tulee varmistaa jo suunnitteluvaiheessa. P1-loppusiivouksen yhteydessä tulee imuroida alakattojenpinnat, kaapelihyllyt ja laitteet ennen alakattokasettien asentamista. Kattoon asennettavien vaimennusverhouslevyjen reunat peitetään maalauksella tai listoituksella siten, ettei mineraalivilla jää paljaaksi. [23, s. 8.]

Ilmanvaihtosuunnittelussa otetaan huomioon P1-luokan vaatimukset ja aikataulut esim. sairaalahankkeessa, jossa työskentelen, asennetaan ilmanvaihtoputkisto vasta, kun P1-alue on osastoitu ja siivottu. Suurissa hankkeissa laitekokeet tehdään ennalta määriteltyjen lohkojen mukaan, joten ilmanvaihtoputkistojen rajausta täytyy ottaa huomioon suunnittelussa.

5.2.2 Aikataulusuunnittelu ja lohkojako

Työmaa jaetaan eri P1-lohkoihin, jotka eristetään likaisista alueista. Lohkojen toteutus- ja tarkastusaikataulut sidotaan työmaan aikataulusuunnitteluun. Aikataulun mukainen puhtaustaso vaati-
mus kirjataan jokaisen aliurakoitsijan sopimukseen, johon merkitään rakennusvaiheen edellyt-
tämä puhtaustaso, mitä urakoitsijalta vaaditaan [23, s. 9]. Urakoitsija ylläpitää ja jättää alueen
työnsä jälkeen sovitun puhtaustason mukaisesti.

5.2.3 Rakentamisvaiheen suunnittelu

Hyvällä työmaasuunnittelulla saadaan minimoitua sisäilmariskit. Pääurakoitsijan laatii urakkara-
jaliitteen ja urakkaohjelman vaatimuksia noudattavan työvaiheittaisen laadunvarmistussuunni-
telman.

Pääurakoitsija laati myös työmaalle puhtausluokan asettaman vaatimukset täyttävän rakennus-
ja ilmanvaihtotöiden puhtaussuunnitelman. Puhtaussuunnitelma voi olla yksi laadunvarmistus
asiakirjoista. Puhtaussuunnitelma sisältää rakennustarvikkeiden kuljetuksiin ja varastointiin sekä
tilojen työaikaisiin osastointeihin ja siivoukseen liittyvät suunnitelmat. Puhtaussuunnitelmassa
esitetään, miten ilmanvaihtokanavat suojataan, mikäli osastolla tehdään pölyäviä töitä vielä asen-
nuksen jälkeen. [23, s. 8.] Suositeltavaa kuitenkin olisi, että ilmanvaihtokanavat ja sen osat asen-
netaan vasta, kun alue on eristetty P1-alueeksi ja pölyävä työskentely on kielletty. Kyseisellä työ-
järjestyksellä vältetään ylimääräisiltä suojauksilta ja siivouksilta.

Työmaanhenkilöstön perehdytys P1-puhtausluokan työmaalla työskentelyyn tulisi liittää osaksi
kaikille pakollista työmaaperehdytystä, jolloin varmistetaan, että kaikilla on edellytykset toimia
oikein P1-työmaalla.

5.3 Logistiikka

Puhtaudenhallintasuunnitelmaan kirjataan, missä ja milloin työmaalla saa kulkea ja miten materiaalit varastoidaan. Pölynhallintaan kuuluu olennaisesti liikkumisen rajoittaminen puhtaissa tiloissa. Hallitsemalla materiaalien ja henkilöiden liikkumista alueella pystytään hallitsemaan myös puhtautta. Turhaa läpikulkemista P1-alueella tulee välttää, koska liikkuminen aiheuttaa ilmavirtoja ja levittää pölyä. Myös kuljetuksen aikaiset puhtausvaatimukset otetaan huomioon esimerkiksi likaisia ja pölyisiä rakennustarvikkeita tai laitteita ei saa kuljettaa P1-alueella. Jo materiaaleja tilatessa on otettava huomioon P1-puhtausluokan vaatimukset kuljetuksille ja pakkaustavalle. [22, s. 16–17.]

Tavarat varastoidaan siten, etteivät ne pääse kastumaan tai likaantumaan, mieluiten siivotuissa varastotiloissa. Erityisesti ilmanvaihtoputkien päät tulee olla varastoinnin ajan tulpattuina, ettei niiden sisälle kerääny epäpuhtauksia. Tavaraita ei saa säilyttää asennusten välillä työalueella. [23, s. 12.]

Säilytettävät rakennusmateriaalit eivät saa olla esteenä siivoukselle. Materiaaleja tulisi säilyttää vain tarvittava määrä senhetkiseltyölle, jolloin vaikeasti siivottavia pölypesäkkeitä ei synny. [22, s. 17.] Rakennustarvikkeet ja -materiaalit tulisi säilyttää trukkilavoilla, jolloin niiden siirtely on vaivattomampaa.

5.4 Siivous

Rakennuksen pölyttömyys on melkein mahdotonta saavuttaa ilman järjestelmällistä siivoamista. Siivoamisesta vastaavan henkilön on hyvä osallistua työmaan kokouksiin, jotta tiedonkulku ei katke ja säästytään työn uudelleen tekemiseltä. [22, s. 18.] Työmaan siivouksen aikataulusuunnittelu tehdään työmaan yleisaikataulun mukaisesti. Siivoustyötä tehdään puhtauslohkojen mukaisesti. [23, s. 11.]

Siivoustyön helpottamiseksi työalueet pidetään puhtaustason vaatimuksien mukaisina ja jokaiselle työpisteelle varataan jäteastia. Jäteastiat tyhjennetään päivän päätteeksi tai työmaalle määritellään pisteet astioiden palauttamiselle, jolloin jokin muu taho käy ne tyhjentämässä. Rakenn-

nussiivousta ei voida kuitenkaan välttää kokonaan, mutta turhan työn määrää voidaan silti vähentää ennalta ehkäisevällä toiminnalla. Jos pölyä joudutaan merkittävässä määrin siivoamaan työmaalla voi pölynhallintaa pitää epäonnistuneena. [22, s. 18.]

Siivouksen rooli pitäisi nähdä yhtenä laadunvarmistuskeinoista. P1-työmaalla rakennussiivous ei ole koskaan ainoana toimenpiteen riittävä ratkaisu. Siivousta voidaankin pitää korjaavana toimenpiteenä. Myös siivouksessa on käytettävä pölyämättömiä siivousmenetelmiä ohjeiden ja suunnitelmien mukaisesti. Siivouksen laatu on myös yksi seurattavista kohdista laadunvalvonassa, epäkohdat kirjataan ja tehdään suunnitelma niiden korjaamiseksi. [22, s. 18.]

Siivouksessa on käytettävä pölyä sitovia menetelmiä, jotta pölyhiukkaset eivät nouse pinnoilta ilmaan. Esimerkiksi mikrokuituiset siivoustekstiilit ja levykehysmopit, joissa on pölyä sitova lancaosa soveltuvat hyvin siivoukseen. Kostuttamalla mopit ja tekstiilit saadaan pölynsidontaa parannettua entisestään. P1-puhtausluokassa harjaavat menetelmät ovat ehdottomasti kiellettyjä. [22, s. 18–19.]

Karkea lika tulee imuroida Hepa-suodattimella varustetulla imurilla tai koota lattiakuivainlastalla kasoihin poisvietäväksi jätelajittelupisteisiin. Pölyn siirtyminen siivotessa aiheutuu yleensä imuriletkun siirtämisestä, joten letkua tulisi nostaa, ei vetää lattiaa vasten.

Sisäilmastoluokituksen määräysten mukaisesti P1-tilojen puhdistamisessa tulee käyttää hajuttomia puhdistus-, hoito-, ja suoja-aineita. [22, s. 19–20.]

5.5 P1-pölynhallinta

Pölynhallinta on kolmivaiheinen prosessi, johon kuuluu aktiivinen ja passiivinen pölynhallinta sekä korjaavat toimenpiteet [22, s. 13.].

Aktiivisessa pölynhallinnassa rakentamisen aikana pyritään minimoimaan materiaalien työstöstä syntyvä pöly sekä poistamaan pöly ennen sen leviämistä. Työntekijöiden toimintatavoilla on suuri vaikutus pölymäärän syntymiseen, koska yli 90 % pölymassasta on otettavissa kiinni heti prosessin alkuvaiheessa. P1-työmailla tulee käyttää kohdepoistolaitteita kaikissa pölyävissä työvaiheissa. [22, s. 14.]

Passiivisessa pölyhallinnassa rajataan pöly työskentelyalueelle työmaan osastoinneilla, huolehditaan riittävästä ilmanvaihdosta sekä asetetaan P1- alueille tehokkaita Hepa-luokan ilmanpuhdistimia (Kuva 7). Passiivisella pölyhallinnalla voidaan korjata pitkällä aika välillä aktiivisessa pölyhallinnassa tapahtuneita virheitä. [22, s. 14.]



Kuva 7 P1-alueella käytettävä Hepa-suodattimella varustettu ilmanpuhdistaja

Eryteisesti suuremmissa kohteissa osa rakennuksesta voi olla jo toimintakoevalmiudessa, kun toisessa osassa tehdään vielä pölyäviä töitä. Sairaalityömaalla, missä työskentelen, alueet on jaettu lohkoihin. Lohkot eristetään likaisista alueista, kaikki seinissä ja katoissa olevat aukot tukitaan ilmavirtojen katkaisemiseksi, osiin oviaukoista asennetaan ”tuulikaapit”, joista roikkuu muovisia lamelleja. Lamellit sitovat staattisesti pölyn itseensä ja tuulikaapin keskiosa estää ilmavirtojen syntymistä. Kuvassa 8 on esimerkki osastojen rajalla käytettävästä kulkuaukosta.



Kuva 8 Lohkojen rajalla oleva kulkuaukko

P1-alueelle ei saa tehdä pölyviä työvaiheita, esimerkiksi laastien sekoitus tulee tehdä kuvan 9 kaltaisessa tiiviissä kopissa. Sekoituskopissa on Hepa-suodattimella varustettu kohdepoistolaite, joka pitää sekoitustilan alipaineisena.



Kuva 9 Alipaineistettu sekoituskoppi

Lämmityspatterit, valaisimet ja ilmastointilatteiden osat suojataan rakentamisen ajaksi. Suojaukset tulee poistaa vasta, kun sisätilojen puhtaus vastaa P1-luokan vaatimuksia.

Siivoaminen luokitellaan korjaavaksi toimenpiteeksi. Mitä enemmän aktiivinen ja passiivinen pölynhallinta epäonnistuu työmaalla, sen enemmän siivotaan. Jos pölynhallinta prosessi on kunnossa, voidaan siivoamiseen tarvittavia resursseja vähentää huomattavasti. Keskeistä on säännöllinen siivoaminen koko rakentamisen aikana. Piiloon jääviä pintoja ei pidä unohtaa siivouksen osalta. Lopuksi on tehtävä puutelikat ja loppusiivous hienopölysuodattimella varustetulla imurilla sekä nihkeä pyyhintä. [22, s. 15.]

5.6 Laadunvalvonta ja ohjaus

Laadunvalvonta annetaan yhdelle vastuuhenkilölle, joka ohjaa ja valvoo rakennushankeen puhtaustasontoteutumista. Laadunvalvonnan dokumentointi ja toteutus esitetään puhtaudenhallintasuunnitelmassa. Laadunvalvonta kierroksia tulee suorittaa päivittäin ja kaikki laatukierrokset olisi hyvä dokumentoida. [23, s. 15.]

Pölyntorjunnan laadunvalvonta pystytään vaivatta liittämään osaksi rakennustyömaan TR-mittauksia. Laadunohjaussuunnitelman päivittäminen olisi hyvä liittää osaksi urakkalavereita ja työmaakokouksia. [23, s. 16.]

Laadunvalvoja ottaa kantaa puhtaustasossa tapahtuviin muutoksiin. Lohkon puhtaustason vaarantuessa toiminta keskeytetään ja suoritetaan toimintatavan uudelleenmäärittely. Hyvä ennakkosuunnittelu auttaa puhtaustason ylläpidossa ja säästämään kustannuksia. Puhtaudenvalvonnan dokumentointi tulisi aloittaa viimeistään viimeistelytöiden alkaessa. P1-puhtaustason alueilla tarvitaan silmämääräisen laadunvalvonnan lisäksi myös pölymittauksia esim. pölyteipin avulla. [23, s. 16.]

5.7 Rakennuksen puhtauden arviointi

Rakentamisvaiheen lopussa ennen ilmanvaihtojärjestelmän käynnistämistä, on arvioitava kaikkien pintojen puhtaus. Tarkastus suoritetaan myös pinnoille, jotka eivät valmiissa rakennuksessa näy. Rakennuksen luovutusta ennen on arvioitava kaikki näkyvät pinnat. Tarkastettavia pintoja on esimerkiksi:

- Kattojenpinnat mm. alakattolevyjen yläpuolella olevat pinnat, kattolevyjen yläpinnat, valaisinkotelot, jäähdytyspalkit, valaisinkotelot, ilmanvaihdon päätelaitteet, valaisimet, listat, katossa olevat putket ja rakennuksen sisällä olevien portaiden alapuolet.
- Seinäpinnat mm. seinät ja niillä olevat putket, ovet ja karmit, ikkunat, lasiseinät, sähkökalusteet, ilmanvaihdon päätelaitteet, valaisimet, listat, paneelit, kaiteet ja kädensijat.
- Kalusteet mm. kiintokalusteet ja niiden sisäpinnat, pesu- ja saniteettitilojen kalusteet sekä rakennuksen sisällä olevat koneet ja laitteet.
- Lattiapinnat mm. lattiakaivot ja -ritilät, lattiat, portaiden vaaka- ja pystysuorat pinnat sekä kynnykset.

P1-luokassa vaaditun silmämääräisen tarkastuksen lisäksi voidaan tarkastus suorittaa standardin SFS 5994 INSTA 800 mukaisesti geeliteippimenetelmällä. Pintapölykertymää mitataan satunnaisotannalla. Mittaus tehdään vähintään viidestä tilasta, kun tiloja on maksimissaan 50. Kun tilojen yhteen laskettu määrä on yli 50, otetaan näyte 10 % tiloista. Pölynkertymämittaus kannattaa tehdä aikaisintaan kahden tunnin kuluttua siivouksesta, että ilmassa leijuva pöly on laskeutunut pinnoille. [18, s. 13.] Taulukossa 2 on esitetty enimmäisraja-arvot pölykertymälle.

Tarkastusajankohta	Arvioitavat pinnat	Pölykertymä [peitto-%] (SFS 5994 INSTA 800)
Ennen ilmanvaihdon toimintakokeita	Alakaton yläpuolella olevat pinnat. Näkyvät pinnan ja kalusteiden sisäpinnat pl. lattiapinnat	5,0
Ennen rakennuksen luovutusta	Näkyvät pinnat ja kalusteiden sisäpinnat	1,0
	Lattiapinnat	3,0

Taulukko 2 Puhtausluokan P1 pölykertymien enimmäistasot [19, s. 13].

5.8 Vastaanottotarkastus

Ennen kuin vastaanotto suoritetaan, on sitä edeltävässä loppusiivouksessa saavutettava tilaajan asettama puhtaustaso. Jos rakentamisessa on huolehdittu tunnollisesti pölyttömyydestä, hoituu loppusiivous sille varatussa ajassa nostamatta budjettia yli siivoukselle varatun tason. [22, s. 15.]

Vastaanottotarkastusta suoritetaan koko työsuorituksen ajan. Valmistuminen alkaa ensimmäiseksi valmistuneen työsuorituksen tarkastamisesta. Rakentamisessa melkeinpä kaikille valmistuneille vaiheille urakoitsija tekee vastaanottotarkastuksen, eli itselle luovutuksen.

Urakan vastaanotto tarkastus suoritetaan yleisten sopimusehtojen ja ennalta sovitun laadun varmistussuunnitelman mukaisesti. Vastaanottotarkastuksessa tarkastetaan, että kaikki laadunvarmistustoimenpiteet ja tarkastukset on hyväksytysti suoritettu ja kirjattu. Vastaanottotarkastus päättyy työsuorituksen luovuttamiseen rakennuttajalle. [24, s. 9.]

6 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia uudisrakennustyömaan pölynhallintaan liittyviä lakeja, työturvallisuutta sekä työmenetelmiä P1-rakennushankkeessa. P1-puhtausluokitusta käytetään yleensä suuremmissa rakennushankkeissa esim. sairaaloissa, olisi kuitenkin hyvä käyttää luokitusta enemmän myös asuinrakentamisessa.

P1-puhtausluokitellun hankkeen onnistuminen vaatii hyvää ennakko- ja aikataulusuunnittelua sekä sitoutumista. Varsinkin isoilla työmailla on paljon työntekijöitä, perehdyttämällä heidät saadaan varmistettua, että jokainen hankkeessa tietää oikeat toimintatavat ja yhteiset pelisäännöt. Vaikka P1-puhtausluokituksen tuominen rakennushankkeeseen lisääkin resurssien tarvetta, on kuitenkin tärkeää, että sillä saadaan luotua työntekijöille turvallisempi työympäristö ja rakennuksen loppukäyttäjille laadukkaampi lopputulos.

Lähteet

1. Consair Oy. Kvartsipöly haltuun rakennustyömailla. 2020. Haettu osoitteesta https://cdn2.hubspot.net/hubfs/3885310/E-kirjat/Kvartsipoly-haltuun-e-kirja-consair.pdf?utm_campaign=P%C3%B6lynhallinta%20on%20prosessi&utm_medium=email&_hsmi=82524513&_hsenc=p2ANqtz--ZW0yGUmP16P0ffzKvJKLeRQFIUpYfTCAz-QzHapdcq0K-mwbEFzHshyikw_1SZ8BHHzs4tqzNb26rCenXVKPAT4L6MDQ&utm_content=82524513&utm_source=hs_automation. Saatavilla 18.10.2021.
2. Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta. 2009. Haettu osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205>. Saatavilla 15.10.2021.
3. Consair Oy. Työtehtäväkohtaisten riskien arviointi syöpävaaran torjunnassa. 2020. Haettu osoitteesta <https://blogit.consair.fi/blog/tyotehtavakohtaisten-riskien-arviointi-syopavaaran-torjunnassa>. Saatavilla 18.10.2021.
4. Työturvallisuuskeskus. Työturvallisuus- ja työterveysriskien tunnistaminen ja arviointi. Haettu osoitteesta https://ttk.fi/tyoturvaluus_ja_tyosuojelu/tyosuojelu_tyopaikalla/vastuut_ja_velvoitteet/tyon_vaarojen_selvittaminen_ja_arviointi#84f61c0a. Saatavilla 19.10.2021.
5. Valtioneuvoston asetus työhön liittyvän syöpävaarantorjunnasta. 2019. Haettu osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2019/20191267>. Saatavilla 17.10.2021.
6. Aluehallintovirasto. Kvartsipitoiselle pölylle altistumisen valvonta rakennusalalla. 2020. Haettu osoitteesta https://www.tyosuojelu.fi/documents/14660/126482/Kvartsipitoiselle+polylle+altistumisen+valvonta+rakennusalalla_AVI.pdf. Saatavilla 17.10.2021.
7. Työterveyslaitos. ASA-rekisteri. Haettu osoitteesta <https://www.ttl.fi/asa-rekisteri/>. Saatavilla 17.10.2021.
8. Laki syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille ja menetelmille ammatissaan altistuvien luettelosta ja rekisteristä. 2020. Haettu osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2020/20200452>. Saatavilla 30.10.2021.

9. Consair Oy. Raja-arvot syöpävaaran torjunta-asetuksen noudattamisessa. 2020. Haettu osoitteesta <https://blogit.consair.fi/blog/raja-arvot-syopavaaran-torjunta-asetuksen-noudattamisessa>. Saatavilla 30.10.2021.
10. Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö. HTP-arvot 2018. Haettu osoitteesta https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160967/STM_09_2018_HTParvot_2018_web.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Saatavilla 31.10.2021.
11. Consair Oy. Rakennuspöly miksi siitä pitää olla huolissaan? 2018. Haettu osoitteesta https://polynhallinta.consair.fi/hubfs/E-kirjat/Consair%20e-kirja%20Rakennuspöly%20Miksi%20siitä%20pitää%20olla%20huolissaan.pdf?utm_campaign=Rakennuspöly%20E-kirja-kampanja%20ty%C3%B6terveydest%C3%A4&utm_medium=email&hsmi=66929731&hsenc=p2ANqtz-9fCWxwRp0nZshU-DadrRxWnnpmQA49sCi-CHQHie3PTGV5Us7cd1yPQPakGR8J0mn-ult_xRdohRoref-7_r9qHZ9OaA&utm_content=66929731&utm_source=hs_automation. Saatavilla 30.10.2021.
12. Rakennustieto oy. Kortisto: RT S-1225. Pölyntorjunta rakennustyössä. 2010. Haettu osoitteesta <https://kortistot.rakennustieto.fi/resource/juha/content/21760#page=1>. Saatavilla 31.10.2021.
13. Strong-Finland Oy. Pölyntorjunta. Haettu osoitteesta <http://www.pölyntorjunta.fi/yleiset-polytyypit/>. Saatavilla 16.11.2021.
14. Hilti Oy. Haettu osoitteesta https://www.hilti.fi/c/CLS_POWER_TOOLS_7124/CLS_GRINDERS_SANDERS_7124/CLS_CONCRETE_GRINDERS_7124/r10283834. Saatavilla 7.11.2021.
15. Hengitysliitto. Ilmanvaihdon suodattimet. Haettu osoitteesta <https://www.hengitysliitto.fi/kodin-sisailma-ja-kunnossapito/ilmanvaihto/ilmanvaihdon-suodattimet/>. Saatavilla 16.11.2021.
16. Itä-Suomen yliopisto. Vesisumutusmenetelmä rakennustyöpaikan pölyn leviämisen hallinnassa. 2014. Haettu osoitteesta <https://www.sisailmayhdistys.fi/content/download/1244/6629/version/1/file/Anna-Kokkonen.pdf>. Saatavilla 7.11.2021.

17. Rakennustieto Oy. Kortisto: 09-10061. Ohjeita korjausrakentamisen pölyntorjuntaan. 2013. Haettu osoitteesta <https://kortistot.rakennustieto.fi/resource/juha/content/21598#page=1>. Saatavilla 7.11.2021.
18. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilman vaihdosta. 2017. Haettu osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171009#Pidm45237816266448>. Saatavilla 1.11.2021.
19. Rakennustieto Oy. Kortisto: RT 07-11299. Sisäilmastoluokitus 2018. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Haettu osoitteesta <https://kortistot.rakennustieto.fi/resource/juha/content/24863#page=1>. Saatavilla 1.11.2021.
20. Rakennustieto Oy. Kortisto: RT 07-10564. Rakennuksen sisäilmasto. Haettu osoitteesta <https://kortistot.rakennustieto.fi/resource/juha/content/6576#page=1>. Saatavilla 2.11.2021.
21. Rakennustietosäätiö. M1-luokitus. 2015. Haettu osoitteesta https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/newfolder/AO4Yuu8lf/White_Paper_2015.pdf. Saatavilla 3.11.2021.
22. Consair Oy. P1-puhtausluokan rakentaminen. Haettu osoitteesta https://polynhallinta.consair.fi/hubfs/E-kirjat/P1-puhtausluokan%20rakentaminen.pdf?utm_campaign=P1-puhtausluokan%20rakentaminen&utm_medium=email&hsmi=67942485&hsenc=p2ANqtz-8ap0-hu6q-rYHulwf0mODZ_MGPgzQGkblbBYyFrEyePj6LnqUP6hD3h9JAxCCKMokXmKASduP-DosoA0Dd8QO8XGHgnQ&utm_content=67942485&utm_source=hs_automation. Luettu 28.10.2021.
23. Laakkonen, L. Liesivesi, K. Säteri, J. Tammissalo, J. Puhtaan rakentamisen opas. Espoo: Sisäilmatieto Oy; 2010.
24. Rakennustieto Oy. Kortisto: RT 10-11302. Talotekniikan laadunvarmistus- ja vastaanotto menettely. 2018. Haettu osoitteesta <https://kortistot.rakennustieto.fi/resource/juha/content/24978#page=1>. Saatavilla 7.11.2021.