
TYÖMAATOTEUTUKSEN PUHTAUDEN HALLINTA VAIHEITTAIN ETENEVÄSSÄ SISÄILMAKORJAUKSESSA

Sirpa Kolari

Opinnäytetyö

Rakennustekniikan koulutusohjelma



Koulutusala Talonrakennustuotanto	
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Sirpa Kolari	
Työn nimi Työmaatoteutuksen puhtauden hallinta vaiheittain etenevässä sisäilmakorjauksessa	
Päiväys	9.5.2011
Sivumäärä/Liitteet	50
Ohjaaja(t) Pt. tuntiopettaja, RI AMK Kimmo Anttonen, talotekniikan asiantuntija, FL Timo Keskikuru	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Senaatti-kiinteisöt, Timo Keskikuru	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Sisäilmakorjauksissa työmaan puhtauden hallinta on hyvin tärkeää. Korjauspölyn seassa on usein erilaisia terveydelle haitallisia epäpuhtauksia, joiden leviäminen työalueen ulkopuolelle on ehdottomasti estettävä.</p> <p>Työn tavoitteena oli kuvata työmaan puhtauden hallinnan toimintamalli, jonka kehitystyö tehtiin eräässä Senaatti-kiinteistöjen sisäilmakorjauskohteessa, jossa korjaukset toteutettiin vaiheittain. Korjausaluetta lukuunottamatta muu osa rakennuksesta oli koko ajan normaalissa käytössä ja se asetti siten erityisvaatimuksia työmaan pölynhallinnalle.</p> <p>Pääasiallisina pölynhallintakeinoina kohteessa olivat tiivistykset ja osastoinnit urakka-alueen rajoilla, korjausalueen jatkuva alipaineistus, paine-eroseuranta sekä jatkuva puhtauden hallinta työmaasiivouksen avulla. Työmaalle asetettu alipaineisuusvaatimus 5-10 Pa saavutettiin helposti ja alipaineisuus saattoi kohota jopa tarpeettoman suureksikin. Työmaan liika alipaineistus voi vaikuttaa myös korjausalueen ulkopuolella alipaineistaen muuta rakennusta haitallisesti. Siksi korjausalueen sekä normaalissa käytössä olevien alueiden alipaineisuutta tulee seurata ja pystyä hallitsemaan alipaineistajien säädöllä, tiiviillä osastoinnilla ja rakennevuotojen tiivistämisellä.</p> <p>Korjauskohteessa käytetyt pölynhallintamenettelyt toimivat ja asetut puhtausvaatimukset saavutettiin. Vaikka kohteessa käytetyt puhtauden hallinnan menettelytavat olivat varmasti parhaita kehityksen kärkeä Suomen korjausakentamisen sektorilla, niin siitä huolimatta kehitys- ja parannusehdotuksia löydettiin useita. Näistä merkittävimpana voitaneen pitää työalueelta alipaineistajilla poistetun ilman lämmöntalteenottoa. Varastoitua lämpöä voitaisiin käyttää tuloilman esilämmitykseen. Järjestelmän avulla korjausalueella saavutettaisiin tarvetta vastaava ilmanvaihtuvuus ja työalueen alipaineistus olisi paremmin hallittavissa.</p>	
Avainsanat korjausrakentaminen, alipaineistus, P1-luokitus, pölynhallinta	

Field of Study Construction Engineering			
Degree Programme Construction Engineering			
Author(s) Sirpa Kolari			
Title of Thesis Cleanliness and Dust Control of Renovation Work			
Date	May 9, 2011	Pages/Appendices	50
Supervisor(s) Mr Kimmo Anttonen, Civil Engineer, Lecturer Mr Timo Keskikuru, Ph.Lic., HVAC-Specialist			
Project/Partners Senaatti-kiinteistöt, Timo Keskikuru			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this study was to develop a concept for cleanliness and dust control in renovation work. The concept was created as part of the large renovation project, which was conducted in several phases in an occupied building. The renovation was a consequence of indoor air problems. The building was inhabited during the renovation except for the part being under renovation. The project was commissioned by Senaatti-kiinteistöt.</p> <p>Dust control in the renovation site was conducted by sealing carefully, using partition walls, continuous underpressurising and pressure monitoring and careful site cleaning. Special attention must be paid to the magnitude of underpressure in the renovation site. Too high underpressure inside the renovation site may harmfully affect a large area in the building. Therefore continuous pressure monitoring in the renovation site and occupied area is important. Pressure control requires the underpressure equipment to have manual adjustment.</p> <p>The methods used for dust control at the renovation site worked well and the requirements for cleanliness were met. As one of the further development suggestions attention must be paid to heat recovery of exhaust air of underpressure equipment. The recovered heat can be used for preheating the supply air. This system also enables the required air exchange and more accurate underpressure control in the renovation site.</p>			
<p>Keywords renovation, underpressurising, P1 cleanliness classification for construction work, dust control</p>			

ALKUSANAT

Opinnäytetyö työmaan puhtauden hallinnasta on tehty rakennustekniikan insinöörin (AMK) tutkintoa varten. Tutkintoon liittyvät opinnot on suoritettu Kuopiossa Savonia-ammattikorkeakoulussa rakennustekniikan talonrakennustuotannon suuntautumisvaihdossa.

Työmaan puhtauden hallinta aihepiirinä oli kuulunut työnkuvaani jo insinööriopintojen alusta asti. Selvää oli, että haluaisin tehdä opinnäytetyöni aiheesta, kun sen aika koitaisi. Yhteistyö aihealueella Senaatti-kiinteistöjen kanssa oli ollut tiivistä ja he olivatkin luonteva työn tilaajataho.

Työn ohjaajana Senaatti-kiinteistöjen puolelta toimi talotekniikan asiantuntija, FL Timo Keskikuru ja koulun puolelta pt. tuntiopettaja, RI AMK Kimmo Anttonen. Lämpimät kiitokset heille hyvistä ideoista, rakentavista kommentteista ja ohjauksesta.

Haluan kiittää myös työnantajaani Insinööritoimisto Savon Controlteam Oy:tä tuesta opintojeni aikana. Suuren kiitoksen kehittävästä keskusteluista, kommentteista ja ajatusten vaihdosta ansaitsee myös työtoverini Jari Koivisto.

Kaikista suurin kiitos kuuluu kuitenkin perheelleni, joka on jaksanut tukea ja rohkaista vaikeinakin hetkinä näiden neljän opiskeluvuoden aikana. Tämä on ollut elämäni haastavin rasti!

Kuopiossa 9. toukokuuta 2011

Sirpa Kolari
sisäilma-asiantuntija, FL

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	11
2	SISÄILMAN JA TYÖMAAN PUHTAUTTA OHJAAVIA ASIAKIRJOJA.....	12
2.1	Sisäilmastoluokitus 2008.....	13
2.2	Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009	14
2.3	Käyttäjien ja muun ympäristön turvallisuus	18
3	PÖLYNHALLINNAN PERUSTEET JA SUUNNITTELU	19
3.1	Osastointi ja alipaineistus.....	20
3.2	Alipaineistustekniikka	21
3.2.1	Alipaineistuslaitteet	21
3.2.2	Kokemuksia työmaan alipaineistuksesta	22
3.3	Rakennuksen paine-ero sisä- ja ulkoilman välillä	23
3.3.1	Paine-eroon vaikuttavat tekijät.....	23
3.3.2	Paine-erotavoitteet.....	24
4	TYÖMAAN PUHTAUDENHALLINTA ESIMERKKIKOHTEESSA	25
4.1	Esimerkkikohteen kuvaus ja työn tavoite	25
4.2	Korjausten sisältö.....	25
4.3	Puhtaustavoitteiden ja vaatimusten esittäminen asiakirjoissa	26
4.4	Urakoitsijakohtaiset vaatimukset.....	27
4.5	Korjausalueen osastointi ja pölyn leviämisen estäminen	30
4.6	Rakennustarvikkeiden varastointi ja suojaus	31
4.7	Puhtaat työmenetelmät ja laitehuolto	32
4.8	Ilmanvaihtotyöt.....	32
4.8.1	Puhtaat asennusmenetelmät	33
4.8.2	Kanaviston puhtausvaatimukset ja todentaminen	34
4.9	Työaluesuunnitelma	35
4.10	Jätehuolto	35
4.11	Tupakointi	35
4.12	Koulutus.....	36
4.13	Siivous	36
4.13.1	Työnaikainen siivous	36
4.13.2	Loppusiivous.....	37
4.13.3	Desinfiioiva siivous ja irtaimiston puhdistus.....	37
4.14	Työmaan puhtaustarkastukset.....	38
4.15	Aikataulukus, P1-puhtausluokitellut tilat	39
5	KOKEMUKSET PUHTAUDEN HALLINNAN ONNISTUMISESTA JA KEHITYSEHDOTUKSET.....	40
5.1	Alipaineistus.....	40

5.2 Työvaiheiden pölynhallinta	41
5.3 Työmaaliikenne	42
5.4 Siirtyminen P1-luokkaan ja puhtausvaatimusten toteutuminen	42
5.5 Korjausten toteutus suuremmissa kokonaisuuksissa	43
5.6 Kustannukset.....	44
6 YHTEENVETO	46
LÄHTEET	

1 JOHDANTO

Ihmiset viettävät sisätiloissa noin 90 % ajastaan ja hengittävät sisäilmaa noin 18 000 litraa vuorokaudessa. Hyvälaatuisen sisäilman saavuttaminen ja ylläpitäminen edellyttävät rakennusten laadukasta suunnittelua ja rakentamista sekä jatkuvaa huoltoa ja ylläpitämistä. Hyvän sisäilmaston muodostuminen alkaa jo uudis- ja korjauskohteiden suunnitteluvaiheessa ja kulkee rakennushankkeen toteutusvaiheen läpi käyttöönottoon saakka. Rakennuksen käyttöönoton jälkeen rakennuksen ja käyttäjien toiminnot, kalusteet, laitteet ja rakennuksen ylläpito vaikuttavat osaltaan sisäilman laatuun. Myös ulkoilman saasteet, maaperän radon ja mikrobien aineenvaihduntatuotteet voivat vaikuttaa sisäilman laatuun.

Rakennustöiden puhtaudenhallinnan tavoitteena on varmistaa, että rakennuksen tilat ovat puhtaat, kun ne luovutetaan käyttäjille ja että rakennuksen sisäilmaan ei kulkeudu rakennusvaiheesta tai korjauksista peräisin olevia epäpuhtauksia. Korjausrakentamiskohteissa on erityisen tärkeää varmistaa, että korjaustöistä ei aiheudu pölyhaittoja käytössä oleville alueille. Hyvin toteutettu työmaan pölynhallinta takaa myös turvallisemmat ja viihtyisämmät työmaaolosuhteet työntekijöille.

Joissakin kohteissa koko rakennuksen korjaaminen yhtä aikaa on mahdotonta, jonka vuoksi korjaukset joudutaan toteuttamaan pienissä osissa vaiheittain niin, että rakennuksen muissa osissa jatkuu käyttäjien normaali toiminta. Sisäilmakorjausten syynä ovat usein mm. kosteusvaurioista aiheutuneet ongelmat. Tällaisissa tilanteissa korjauspölyssä on mukana terveydelle haitallisia epäpuhtauksia, joiden leviäminen työalueen ulkopuolelle tulee ehdottomasti estää.

Työn tavoitteena on kuvata työmaan puhtauden hallinnan toimintamalli, jonka kehitystyö tehdään eräässä Senaatti-kiinteistöjen sisäilmakorjauskohteessa. Korjaukset toteutetaan vaiheittain ja edellisellä korjausalueella saatuja kokemuksia hyödynnetään aina seuraavassa vaiheessa. Työssä kuvataan miten puhtauden hallinnan vaatimukset on esitetty urakkalaskennan asiakirjoissa ja miten asiat toteutetaan työmaalla. Työn lopussa analysoidaan työmaan puhtauden hallinnan onnistumista, siitä saatuja kokemuksia ja annetaan kehitysehdotuksia.

Työn tilaaja on Senaatti-kiinteistöt. Työ on kirjoitettu rakennuttajan näkökulmasta, mutta se hyödyttää kaikkia rakennushankkeiden kanssa toimivia: suunnittelijoita, urakoitsijoita ja heidän työntekijöitä sekä rakennuksen käyttäjiä.

2 SISÄILMAN JA TYÖMAAN PUHTAUTTA OHJAAVIA ASIAKIRJOJA

Rakennustöiden puhtausluokituksen tavoitteena on varmistaa, että rakennuksen tilat ovat puhtaat, kun ne luovutetaan käyttäjille ja että rakennuksen sisäilmaan ei kulkeudu rakennusvaiheesta tai korjauksista peräisin olevia epäpuhtauksia. Korjausrakentamiskohteissa on erityisen tärkeää varmistaa, että korjaustöistä ei aiheudu pölyhaittoja käytössä oleville alueille. Hyvin toteutettu työmaan pölynhallinta takaa myös turvallisemmat ja viihtyisämmät työmaaolosuhteet työntekijöille.

Työmaan toteutuksen puhtaudesta on annettu ohjeistusta Sisäilmastoluokitus 2008 asiakirjassa. Muita sisäilman laatua ja työmaatoteutuksen puhtautta ohjaavia asiakirjoja ovat Terveen talon toteutuksen kriteerit toimitilarakentamiselle sekä asuntorakentamiselle, Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto sekä Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009.

Edellä mainituista asiakirjoista muotoillut tavoitteet, toteutustavat, vastuut ja velvoitteet urakoitsijoittain sekä puhtauden valvonta ja todentamistavat sekä mahdolliset sanktiot on määriteltävä urakkalaskenta-asiakirjoissa mahdollisimman tarkasti ja mitä tämä käytännössä tarkoittaa kunkin urakoitsijan osalta.

Ratu-kortissa 1225-S Pölyntorjunta rakennustyössä (2009) kuvataan menettelyt, joita tarvitaan sisäilmastoluokituksen (2008) ja valtioneuvoston asetuksen rakennustyön turvallisuudesta (205/2009) asettamien tavoitteiden toteuttamiseen niin uudis- kuin korjausrakentamisessa. Kortin lopussa on esitetty liite (Ratu 1225-S, 19), jossa kuvataan, kuinka pölyntorjuntaa voidaan tarkastella sekä työturvallisuusvelvoitteiden että puhtausvaatimusten kautta rakentamisen urakkalaskenta-asiakirjoissa ja sopimuksissa.

Rakennuttajan on ilmoitettava omat tavoitteensa työmaan puhtaudesta ja valmiin rakennuksen puhtaustasosta tarjouspyyntöasiakirjoissa. Sisäilmastoluokitus 2008 on apuväline tavoitteiden asettamisessa. Liitteen mukaan sisäilmaston laadun kannalta keskeisin rakennustyön toteutuksen asiakirja on urakkarajaliite. Siinä kuvataan kenen tehtävä on huolehtia mistäkin kohteen puhtauteen vaikuttavasta seikasta. Näitä asioita ovat mm. urakoitsijakoulutus, rakennustyön aikainen kosteudenhallinta ja rakenteiden kuivuminen, rakenteiden suojaaminen ja tarvikkeiden varastointi sekä talotekniikan säädöt, toimintakokeet ja vastaanotto. (Ratu 1225-S, 19.)

Yksityiskohtaisemmat menettely- ja toimintatavat esitetään työselostuksissa (Ratu 1225-S, 19).

Työturvallisuuden velvoitteiden kannalta tarjouspyyntöasiakirjoissa on esitettävä työturvallisuuteen, työhygieniaan ja pölyntorjuntaan liittyvät keskeiset asiat niin selkeästi, että tarjouksen tekijä voi ottaa ne huomioon tarjouksessaan. Urakkaohjelmassa esitetään työturvallisuustehtävät ja –velvoitteet työaikataulujen ja työjärjestelyiden osalta. Turvallisuusasiakirjassa rakennuttaja esittää työmaahan liittyvät vaara- ja haittatekijät, jotka aiheutuvat rakennushankkeen ominaisuuksista, olosuhteista ja luonteesta tai hankkeen toteuttamisesta. Kirjallisissa menettelyohjeissa kerrotaan terveydelle vaarallisten ja haitallisten aineiden sekä pölyjen työhygieenisistä mittauksista. Lisäksi liitteessä todetaan, jos pölyntorjuntaan liittyvät työturvallisuusvelvoitteet on hoidettu asiallisesti, täyttää koko rakennus myös esitetyt puhtausvaatimukset. (Ratu 1225-S, 19.)

2.1 Sisäilmastoluokitus 2008

Sisäilmastoluokitus 2008 on vapaaehtoisesti sovellettava ohjeistus (ei viranomaisohje tai sen tulkinta), joka on tarkoitettu käytettäväksi tavanomaisten työ- ja asuintilojen (toimisto- ja julkiset rakennukset, koulu-, päiväkot- ja asuinrakennukset sekä muut vastaavat rakennukset) uudisrakennushankkeissa sekä soveltaen korjausrakentamiskohteissa. Sisäilmastoluokitus on tarkoitettu rakennuskohteen käyttäjän, omistajan, rakennuttajan ja suunnittelijoiden apuvälineeksi sisäilmaston tavoitearvojen määrittämisessä. Luokitus täydentää Suomen rakentamismääräyksiä, rakennustöiden yleisiä laatuvaatimuksia, rakennusselostusohjetta, LVI-selostusohjetta, urakkarajaliitteen mallia, RT- ja LVI-ohjekortteja sekä muita rakentamiseen liittyviä asiakirjoja.

Luokituksessa on annettu sisäilmaston tavoite- ja suunnitteluarvot, jotka rakennuttaja valitsee yhdessä suunnittelijoiden kanssa. Sisäilmaston tavoitearvot on jaettu kolmeen luokkaan: S1, S2 ja S3 luokkiin. Näistä S1 luokka on paras ja S3 luokka vastaa viranomaismääräysten tasoa. Sisäilmastotavoitteiden asettamisen jälkeen suunnittelijat suunnittelevat tekniset ratkaisut, joilla asetettuihin tavoitteisiin päästään.

Suunnitteluun ja toteutukseen löytyy ohjeita Sisäilmastoluokituksen toisesta osasta. Rakennustöiden suunnittelua ja ohjausta varten tulee rakennustöille ja ilmanvaihtotöille valita puhtausluokka. Valitun sisäilmastoluokan toteutumiseen vaikuttaa oleellisesti työmaan toteutuksen puhtaus, lähinnä pölyn hallinnan kannalta. Rakennustöi-

den puhtausluokituksessa on kaksi luokkaa P1 ja P2. Näistä P2 luokka vastaa normaalia hyvän rakentamisen mukaista käytäntöä (rakennustöiden puhtaudelle ei ole asetettu erityisvaatimuksia), jolla täytetään sisäilmastoluokan S3 vaatimukset ja siten viranomaisvaatimusten taso. Rakennustöiden P1 luokkaa sovelletaan kohteissa, joissa tähdätään sisäilmastoluokkien S1 ja S2 mukaiseen hyvään sisäilman laatuun. Pölynhallinnan lisäksi toteutuksessa on huomioitava kosteuden ja vedenpoiston hallinta rakennustyön aikana ja niistä tulee laatia suunnitelma osaksi työmaan laatusuunnitelmaa.

Luokituksen kolmannessa osassa annetaan vaatimuksia rakennustuotteille. Vaatimusten huomioinnin tavoitteena on edistää vähäpäästöisten rakennusmateriaalien ja puhtaiden ilmanvaihtotuotteiden kehittämistä ja käyttöä. Vaatimukset jakautuvat rakennusmateriaaleille annettuihin päästökriteereihin ja ilmanvaihtotuotteiden puhtausluokitukseen. Rakennusmateriaalien päästöluokitus jakautuu luokkiin M1, M2 ja M3. Näistä M1 luokka on paras ja luokka M3 eniten epäpuhtauspäästöjä synnyttävä. Ilmanvaihtotuotteille on vain yksi puhtausluokka M. Tämä tarkoittaa sitä, että ilmanvaihtojärjestelmän osa joko on puhtausluokiteltu tai ei ole.

Sisäilmastoluokituksen tavoitearvot on pyritty asettamaan siten, että S3 luokka vastaa maankäyttö- ja rakennuslain sekä terveydensuojelulain vaatimuksia. Tämän luokan tavoitearvojen toteutuessa ei terveille henkilöille aiheudu terveyshaittaa, jos rakennuksessa on suunnitellulla tavalla toimiva ilmanvaihto eikä erityisiä epäpuhtauslähteitä ole. Sisäilmastoluokka S1 on luokista paras.

2.2 Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009

Uusi valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta (205/2009) astui voimaan 1.6.2009. Tätä asetusta sovelletaan maan alla ja päällä sekä vedessä tapahtuvaan rakennuksen ja muun rakennelman uudis- ja korjausrakentamiseen ja kunnossapitoon sekä näihin liittyvään asennustyöhön, purkamiseen, maa- ja vesirakentamiseen sekä rakentamista koskevaan suunnitteluun. Lisäksi asetusta sovelletaan näitä töitä koskevan rakennushankkeen valmisteluun ja suunnitteluun.

Uusi asetus yhdistää tärkeimmät sisällöt vanhoista rakennustyön turvallisuudesta annetusta valtioneuvoston päätöksestä (629/1994), elementtirakentamisen työturvallisuudesta annetusta asetuksesta (578/2003) ja työtelineiden sekä suojarakenteiden käytöstä annetusta STM:n päätöksestä (156/1998). Vanhoihin säädöksiin verraten

asetukseen on tullut rakennuttajan kannalta joitakin uusia velvoitteita ja muutoksia. Rakennuttajan on nimettävä jokaiseen rakennushankkeeseen hankkeen vaatavuutta vastaava pätevä turvallisuuskoordinaattori. Lisäksi uusi asetus asettaa uusia vaatimuksia pölynhallinnan suunnittelulle ja toteutukselle sekä velvoittaa tekemään työhygieenisia mittauksia. Käytännössä tämä tarkoittaa, että työmaiden pölymäärää tulee vähentää ja sen leviäminen ehkäistä.

Asetuksen 205/2009 1. luvun 3 §:ssä sanotaan *”Rakennushankkeessa on rakennuttajan, suunnittelijan, työnantajan ja itsenäisen työn suorittajan yhdessä kunkin osaltaan huolehdittava siitä, ettei työstä aiheudu vaaraa työmaalla työskenteleville eikä muille työn vaikutuspiirissä oleville henkilöille”*. Korjausrakentamisessa vaikutuspiiriin voitaneen lukea kuuluvaksi rakennuksessa olevat käyttäjät.

Seuraavaan on koottu muutamia suoria lainauksia Valtioneuvoston asetuksen (205/2009) 10, 11, 50 ja 70 §:stä, joissa on velvoitteita työmaan pölynhallintaan liittyen. Pölynhallintaan liittyviä kohtia 10 ja 11 §:ssä on **korostettu lihavoinnilla**.

10 § Rakennustöiden turvallisuussuunnittelu

”Päätoteuttajan on esitettävä rakennuttajalle tässä pykälässä tarkoitetut rakennustöiden työturvallisuutta koskevat suunnitelmat. Päätoteuttajan on tehtävä ennen rakennustöiden aloittamista kirjallisesti työturvallisuutta koskevat suunnitelmat, joiden mukaan työt, työvaiheet ja niiden ajoitus järjestetään mahdollisimman turvallisiksi ja ettei niistä aiheudu vaaraa työmaalla työskenteleville ja muille työn vaikutuspiirissä oleville. Tällöin päätoteuttajan on riittävän järjestelmällisesti selvitettävä ja tunnistettava työmaan yleisistä työtehtävistä, työolosuhteista ja työympäristöstä aiheutuvat rakennustyön vaara- ja haittatekijät. Vaara- ja haittatekijät on poistettava asianmukaisesti sekä milloin niitä ei voida poistaa, arvioitava niiden merkitys työmaalla työskentelevien ja muille työn vaikutuspiirissä olevien turvallisuudelle ja terveydelle.

Päätoteuttajan on otettava huomioon rakennuttajan turvallisuusasiakirjan tiedot sekä esitettävä rakennuttajalle turvallisuusasiakirjaan tarpeelliset muutokset työn edistymisen mukaisesti, jotta tarpeelliset turvallisuustoimenpiteet toteutetaan. Päätoteuttajan on otettava huomioon suunnittelussa myös turvallisuustoimenpiteet, jotka koskevat liitteessä 2 tarkoitettuja erityisiä turvallisuus- ja terveysturvallisuusvaaroja sisältäviä töitä.

Edellä 2 ja 3 momentissa säädetyn lisäksi suunnittelussa on kiinnitettävä erityistä huomiota ainakin seuraaviin seikkoihin:

- 1) **työmaan järjestelyt sekä hyvän järjestyksen ylläpito työpisteissä ja materiaalien käsittelyssä eri rakennusvaiheissa;**
- 2) räjäytys-, louhint- ja kaivuutyöt;
- 3) maapohjan kantavuus ja kaivantojen tuenta;
- 4) rakennustyön aikainen sähköistys ja valaistus;
- 5) **työmenetelmät;**
- 6) koneiden ja laitteiden käyttö;
- 7) nostotyöt ja siirrot;
- 8) putoamissuojauksen toteuttaminen;
- 9) työ- ja tukitelinyö;
- 10) elementtien, muottien ja muiden suurten rakenteiden varastointi, nostot ja asennus;
- 11) **pölyn vähentäminen ja sen leviämisen estäminen;**
- 12) **työhygieenisten mittausten menettelyt;**
- 13) **purkutyö;**
- 14) **eri töiden ja työvaiheiden tosiasiallinen ajoitus ja kesto sekä niiden yhteensovittamisen järjestäminen rakennustöiden edistymisen mukaan;**
- 15) **eri töiden ja työvaiheiden yhteensovittaminen rakennustyömaalla tai rakennustyön vaikutuspiirissä toteutettavan teollisen toiminnan, muiden vastaavien työtoimintojen ja yleisen liikenteen kanssa;**
- 16) vaaraa aiheuttavat putkistot ja sähkökaapelit;
- 17) **henkilönsuojainten käyttötarpeet ja -ajankohdat; sekä**
- 18) toiminta tapaturmissa ja onnettomuustilanteissa.

Suunnitelmat on tehtävä kirjallisesti. Suunnitelmat on tarkistettava olosuhteiden muuttuessa, ja ne on muutenkin pidettävä ajan tasalla.”

11§ Rakennustyömaa-alueen käytön suunnittelu

”Päätoteuttajan on esitettävä rakennuttajalle tässä pykälässä tarkoitetut rakennustyömaa-alueen käytön suunnitelmat.

Päätoteuttajan on tehtävä kirjallinen rakennustyömaa-alueen käytön suunnitelma. Päätoteuttajan on riittävän järjestelmällisesti selvitettävä ja tunnistettava kyseessä olevan työmaa-alueen yleiseen järjestelyyn, toteutukseen ja käyttöön liittyvät vaara- ja haittatekijät. Tällöin on otettava huomioon myös rakennuttajan turvallisuusasiakirjan tiedot. Vaara- ja haittatekijät on poistettava asianmukaisesti sekä milloin niitä ei voida poistaa, arvioitava niiden merkitys työmaalla työskentelevien ja muille työn vaikutuspiirissä olevien turvallisuudelle ja terveydelle.

Rakennustyömaa-alueen käytön suunnittelussa on kiinnitettävä erityistä huomiota tapaturmavaaran ja terveyden haitan poistamisessa ja vähentämisessä ainakin seuraaviin seikkoihin:

- 1) toimisto-, henkilöstö- ja varastotilojen määrä ja sijainti;
- 2) nostureiden, koneiden ja laitteiden sijoitus;
- 3) kaivuu- ja täyttömassojen sijoitus;
- 4) rakennustarvikkeiden ja -aineiden sekä elementtien lastaus-, purkaus- ja varastointipaikkojen sijoitus;
- 5) elementtirakentamisessa nostureiden nostopaikkojen perustus ja maapohjan vahvistus, nostureiden nostosäteet ja -kapasiteetit, nosturinkuljettajien mahdollisimman esteetön näköyhteys elementtivarastoon ja asennuskohteeseen;
- 6) työmaaliikenne sekä sen ja yleisen liikenteen liittymiskohdat;
- 7) kulku-, nousu- ja kuljetustiet sekä niiden kunnossapito;
- 8) työmaan järjestys ja siisteys sekä pölyn torjuntaan ja hallintaan tarvittavien rakenteiden ja laitteiden sijoitus;**
- 9) **jätteiden sekä turvallisuudelle ja terveydelle vaaraa tai haittaa aiheuttavien materiaalien kerääminen, säilyttäminen, poistaminen ja hävittäminen;**
- 10) palontorjunta;
- 11) varastointialueiden rajaaminen ja järjestäminen, erityisesti kun käsitellään turvallisuudelle ja terveydelle vaaraa tai haittaa aiheuttavia materiaaleja tai aineita.

Rakennustyömaa-alueen käytön suunnittelun keskeiset osat on esitettävä työmaasuunnitelmana kirjallisesti, tarvittaessa rakennus- ja työvaiheittain. Suunnitelmat on tarkistettava olosuhteiden muuttuessa, ja ne on muutenkin pidettävä ajan tasalla.”

50 § Purkujäte

”Tiilet, betonikappaleet ja purettaessa irtoavat muut rakenneosat on siirrettävä turvallisesti. Pölyävä aine on pudotettava alas riittävän tiiviitä putkia pitkin suojattuun tilaan tai suoraan ajoneuvoon taikka koottava ja vietävä pois säkeissä tai astioissa.

Pöly on poistettava ilmastoinnilla, kohdepoistoilla tai muilla tarkoituksenmukaisilla toimenpiteillä. Tarvittaessa pölyn leviäminen on estettävä käyttämällä rakennustyön aikaisia suojaseiniä. Pöly on siivottava riittävän usein työtiloista.”

70 § Työhygieeniset haittatekijät

”Kemiallisten tekijöiden aiheuttamien vaarojen ehkäisemiseksi sekä pölyntorjunnassa on käytettävä riittävän tehokkaita paikallispoistolaitteita. Tarvittaessa työtilat on osastoitava ja käytettävä paine-eron toteuttavaa ilmastointijärjestelmää ja paine-eron aikaansaavia laitteita. Jos käytetään koneellisia paikallispoistolaitteita, ne on pidettävä toimintakunnossa. Laitteiden on toimittava niin, että työntekijöiden turvallisuudelle tai terveydelle ei aiheudu haittaa tai vaaraa. Jos työntekijöiden turvallisuuden ja terveyden kannalta on tarpeellista, paikallispoistolaitteet on varustettava valvontajärjestelmällä, joka ilmoittaa toimintahäiriöistä.”

2.3 Käyttäjien ja muun ympäristön turvallisuus

Korjaustyöstä aiheutuu käyttäjien kannalta vaaroja ihmisten ja omaisuuden turvallisuudelle sekä häiriöitä jokapäiväiseen toimintaan. Häiriötekijöitä ovat esim. pöly, melu, palo- ja vesivahinkojen sekä varkauksien vaara, vesi- ja sähkökatkokset, tavaroiden siirtely ja varastointi, toimitilan vähentyminen ja oman rauhan häiriintyminen. Käyttäjien huomioon ottaminen on parannettua palvelua, jota rakentaja tarjoaa asiakkaille. (Kaivonen 2006, 209.)

Rakennuslainsäädännössä ei ole ohjeita ja määräyksiä, jotka koskisivat käyttäjille aiheutuvien haittojen minimointia korjausrakentamishankkeiden aikana. Käytännössä käyttäjiin kohdistuvien haittojen arvioinnissa sovelletaan säännöksiä työpaikkojen ilmanlaadusta. Käyttäjien huomioon ottaminen korjaushankkeissa ja mahdolliset työmenetelmä vaatimukset perustuvat määrityksiin urakka-asiakirjoissa. Suojauksen pääperiaatteena on käytön ja korjaustöiden erottaminen toisistaan ja siten haittojen leviämisen estäminen. Tiedotus on tärkein asia, joilla osapuolten yhteistyö saadaan toimimaan. (Mikkonen 2006, 192-193.)

3 PÖLYNHALLINNAN PERUSTEET JA SUUNNITTELU

Rakennustyömaalla esiintyy aina pölyä. Merkittävimmät uudisrakentamisessa esiintyvät pölytyypit ovat betonipöly, puupöly, tasoitepöly, kivi- ja tiilipölyt, laastipöly, eristevillapöly sekä maalipöly (Asikainen ym. 2009,10). Korjausrakentamisessa näiden pölyjen seassa voi purkuvaiheessa esiintyä epäpuhtauksia, kuten mikrobeja, erilaisia kemiallisia epäpuhtauksia (esim. PCB, lyijy, PAH) tai asbestia.

Rakennustyömaan ilman pölypitoisuuksiin vaikuttavat yleensä työvaihe, työstettävä materiaali, työstömenetelmä, työtilan koko ja ilmanvaihtuvuus, tilan ilmavirtaukset sekä käytettävät pölynhallintakeinot sekä työntekijän etäisyys pölylähteestä (Ratu 1225-S, 6). Asikaisen ym. (2009, 10) työntekijöiden pölyaltistumista selvittäneessä tutkimuksessa eniten pölyä tuottaviksi työvaiheiksi todettiin seinä- ja kattotasoitteen levitys, piikkaus ja ruiskumaalaus. Lisäksi puun työstön, siivous- ja eristystyön sekä seinä-, katto-, ja lattiatasoitteen hionnan aikana mitattiin erittäin korkeita pölypitoisuuksia. Tommi Karhun (2010, 27) opinnäytetutkimuksen perusteella pölyävimmät työvaiheet olivat purkutyöt ja koneelliset tasoitetyöt. Erityisesti näissä töissä alipaineistukseen ja pölynhallintaan tulisi erityisesti kiinnittää huomiota.

Pölynhallinnan suunnittelun lähtökohtana on tunnistaa, selvittää ja ymmärtää pölyn lähteet, muodostumisen mekanismit sekä pääsy ja leviäminen ympäristöön. Vasta tämän jälkeen on mahdollista suunnitella pölyhaittojen torjuntaa (Ratu 1225-S, 1). Ensisijainen pölyntorjunnan keino on pölyn muodostumisen ehkäiseminen esimerkiksi valitsemalla mahdollisimman pölyämättömiä työmenetelmiä. Käytännössä pölyn muodostumista voidaan hallita esim. siirtämällä pölyä tuottavat toiminnot tiettyyn paikkaan, jossa pölyn leviäminen on helpommin hallittavissa. Tämä tila voidaan osastoida ja tarvittaessa järjestää sille oma alipaineistus. Lisäksi materiaalien katkaisumenetelmiksi voidaan valita mahdollisimman pölyttömiä menetelmiä, käyttää mahdollisimman paljon esivalmistettuja komponentteja tai tuoda sekoittamalla kuivista aineista tehtävät materiaalit valmiiksi sekoitettuna työmaalle. (Ratu 1225-S, 2-15.)

Jos pölyn muodostumista ei voida estää, tulee pyrkiä vähentämään pölyäminen mahdollisimman vähäiseksi ja rajata sen leviäminen laajemmalle. Tässä hyvänä keinoa ovat kohdepoistolliset työkalut, jotka poistavat pölyn läheltä syntypaikka ja estävät siten pölyn leviämistä. Runsaasti pölyä tuottavissa töissä pölyävä työkohte on tarpeellista osastoida suojaseinin ja alipaineistaa tila pölyn leviämisen estämiseksi. (Ratu 1225-S, 2.)

Töiden suunnittelulla voidaan ajoittaa pölyävät työvaiheet eri aikaan muiden töiden kanssa. Pölyhaittoja voidaan hallita myös purkutöiden keston minimoinnilla. Lisäksi tulee huomioida välisiivoukset pölyävien töiden jälkeen oikeilla siivousmenetelmillä, jotka eivät nostata pölyä ilmaan. Kuivaharjaus lisää pölyn määrää ilmassa, mutta rakennusimurin tai keskuspölyimurin käytöllä pölypitoisuuksia voidaan vähentää merkittävästi. Työvaiheiden välistä siivousta puoltaa se, että tasoitetyössä välitasoitustyön on todettu olevan pölyävämpää kuin pohjatasoitteen ruiskutuksen. Syynä tähän on aiemmissa tasoitusvaiheissa pinnoille (erityisesti lattioille) jäänyt pöly, joka nousee takaisin ilmaan. (Ratu 1225-S, 2-16.) Ellei pölyn syntymistä voida estää tai pölyä poistaa, on viimeisenä keinona henkilökohtaisten suojainten hyödyntäminen (Ratu 1225-S, 2).

Pölynhallinnan kehitystyö on lähtenyt liikkeelle asbestipurkutöiden pölynhallinnasta (Ratu 82-0236, 1114R, 115R). Asbestitöiden pölynhallintamenettelyjä on sen jälkeen sovellettu mm. kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purkutöihin (Ratu 82-0239). Molemmissa tapauksissa on tärkeää rajata purku- ja korjausalue omaksi ilmastolliseksi osastokseen. Epäpuhtauksien leviäminen ympäröiviin tiloihin estetään työalueen tehokkaalla alipaineistuksella.

3.1 Osastointi ja alipaineistus

Osastointi tarkoittaa työkohteen/-alueen erottamista ympäröivistä tiloista ilmastollisesti omaksi alueekseen. Osastointi voidaan tehdä tilapäisillä suojaseinillä tai käyttäen hyväksi olemassa olevaa huonejakoa. (Ratu 82-0240, 6.) Alipaineistettava tila erotetaan muista tiloista sulkemalla ovet ja ikkunat ja tarvittaessa muut tilaan johtavat aukot. Rakennusaikaisessa yleispölynpoistossa alipaineistettavan tilan muodostaa yleensä rakennuksen luonnollinen osa esimerkiksi huone tai kerros. (Ratu 1214-S, 3.)

Osaston sisällä ilman liikkeitä hallitaan alipaineistuksen avulla, joka poistaa tilasta ilmaa jatkuvasti. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että tilassa poistoilman suhde korvausilmaan on suurempi. Pyrkimyksenä on, että ilma kulkee hallitusti aina puhtaista tiloista likaisia tiloja kohti ja lopulta alipaineistuslaitteen suodatuksen läpi ulkoilmaan. Alipaineistuslaitteiston sijoittelussa tulee huomioida, että ilma vaihtuu mahdollisimman täydellisesti ja pöly ei pääse leviämään osaston ulkopuolelle. (Ratu 1225-S, 15.) Osaston sisällä pölynhallintaa voidaan tehostaa työkaluihin liitettävien kohdepoistojen

avulla (Ratu 82-0240, 6). Pölyävissä rakennustoissa alipaineistuksella ei korvata henkilökohtaisten hengityksensuojainten käyttöä (Ratu 1214-S, 3).

Osaston alipaineisuuden tulee säilyä kaikissa olosuhteissa. Silmämääräisesti alipaineisuuden riittävyttä arvioitaessa, voidaan tarkastella osaston muoviseiniä, joiden tulee olla painuneita alipaineiseen tilaan eli osaston sisälle päin. Alipaineisuutta voidaan seurata myös alipainetuslaitteiston omilla painemittareilla tai erillisillä jatkuva-toimisilla mittalaitteilla. (Ratu 1225-S, 15.)

3.2 Alipaineistustekniikka

3.2.1 Alipaineistuslaitteet

Alipainetuslaitteet ovat alun perin kehitetty asbestipurkutöiden osastointiin. Alipaineistuslaitteen osat ovat runko, ilmansuodattimet ja puhallin. Suodattimet sijaitsevat ennen puhallinta ja suojaavat puhallinta likaantumiselta. (Ratu 09-3038, 2). Alipaineistuksen poistoilma puhdistetaan karkea ja hieno- tai mikro-suodattimilla. Hienosuodattimella varustetun alipaineistuslaitteen poistoilma johdetaan aina ulos, mutta mikro-suodattimen läpi tullut voidaan johtaa takaisin sisätiloihin. (Ratu 82-0240, 6).

Saneeraustyössä alipaineistajissa käytettävät karkea suodattimet ovat yleensä G3 tai G4 luokkaa. Hienosuodatin on luokkaa F7-F9. HEPA-suodattimen suodatusluokka on H13. Lisäksi kaasumaisten epäpuhtauksien suodattamiseen voidaan käyttää aktiivihiilisuodatinta. HEPA-suodatinta ei saa puhdistaa vaan se on vaihdettava uuteen, kun sen painehäviö kasvaa niin, että alipaineistuslaitteen ilmavirta pienenee merkittävästi. (A. Seppälä Total Quality Oy, 13.)

Asbesti-, kosteus- ja mikrobivauriotöiden alipaineistuksessa pyritään 6-10 kertaiseen ilmanvaihtuvuuteen tunnissa. Riittävä ilmavirta takaa ilmanvaihtuvuuden ja laimentaa työssä vapautuvat epäpuhtaudet suurempaan tilavuuteen. Tarvittava alipaineistuslaitteen ilmavirta voidaan mitoittaa kaavalla: alipaineistuslaitteen ilmavirta (m^3/h) = $6-10 \cdot \text{osastoitavan työtilan/alueen tilavuus (m}^3\text{)}$. Riittävä ilmanvaihtuvuus voidaan saavuttaa yhdellä tai useammalla alipaineistuslaitteella. (Ratu 09-3038, 2., Ratu 82-0239, 2.) Asbestipurkutöiden menetelmäkortti on päivitetty vuonna 2009, jonka mukaan alipaineistuslaitteisto on mitoitettava niin, että osaston ilmavaihtuvuus on 10 1/h. Krokidoliittieristeiden purun osalta suositus on 20 1/h (Ratu 82-0347, 4). Menetelmäkortissa ohjeistetaan korvausilman järjestäminen niin, että alipaineistuksella aikaan saa-

dut ilmavirtaukset huuhtelevat osaston mahdollisimman hyvin. Krokidoliittipurkutyössä korvausilmaksi ei riitä sulkutunnelin kautta tuleva korvausilma, vaan osastointiin tulee tehdä suodattimilla varustetut korvausilma-aukot. (Ratu 82-0347, 5.)

Riittävä osastoinnin alipaineistus on vähintään 5 Pa (Ratu 09-3038, 2). Edellytys alipaineisuuden toteutumiselle on, että alipaineistettava tila saadaan tiiviiksi osastoksi (läpiviennit tiivistetty), jotta ilmavuotoa ei tapahdu.

3.2.2 Kokemuksia työmaan alipaineistuksesta

Tommi Karhu (2010, 26) tutki opinnäytetyössään alipaineistuksen vaikutuksia työmaan pölyisyyteen ja työntekijöiden kokemuksiin. Työntekijät kokivat, että alipaineistus parantaa sisäilman laatua, parantaa työtehoa ja työmotivaatiota. Alipaineistuksen haittapuolena pidettiin melua, lämpöhukkaa ja vedon tunnetta. Myös koneellista tasoitetyötä tehneet kokivat alipainelaitteen ilmavirran kuivattavan tasoitetta liian nopeasti ja siten vaikuttavan tartuntaan.

Tutkimuksessa todettiin lisäksi, että alipaineistuskoneen etäisyydellä oli selvästi merkitystä imutehoon ja pölynpoiston tehokkuuteen. Vaikkei tulokset kasvaneetkaan tasisesti alipainekoneesta kauemmas mentäessä, voitiin niistä silti huomata, että alipainekoneet tulee sijoittaa mahdollisuuksien mukaan mahdollisimman lähelle pölyä synnyttävää työtä. Alipaineistuksen onnistumiseen vaikuttaa lisäksi osaston tiiveys. Osastointi tulee toteuttaa muovikalvoista, joiden liittymäkohdat ovat tiiviit. Huomiota tulee kiinnittää myös kulkuaukkojen tiiveyteen. Lisäksi alipaineistajan valinnassa tulee huomioida osaston koko, jotta alipaineistaja on riittävän tehokas. (Karhu, 2010, 27-28.)

3.3 Rakennuksen paine-ero sisä- ja ulkoilman välillä

3.3.1 Paine-eroon vaikuttavat tekijät

Rakennuksen kokonaispaine-eroon vaikuttaa koneellisen ilmanvaihdon toiminta, sisä- ja ulkoilman lämpötilaerojen aiheuttama noste ja tuuli. Sisä- ja ulkoilman välinen lämpötilaero aiheuttaa rakennuksen paine-eron, joka muuttuu pystysuunnassa. Paine-eron aiheuttaa eri lämpötilassa olevien ilmassojen tiheusero. Jos ulkolämpötila on kylmempi kuin sisälämpötila, rakennuksen alaosaan muodostuu alipaine ja yläosaan ylipaine. Lämpötilaerojen lisäksi rakennuksen sisä- ja ulkoilman välisen paine-eroon vaikuttavat koneellisen ilmanvaihdon virtausepätasapaino sekä tuuli. Rakennusten painesuhteiden pitäisi vaihdella 0 - 10 Pascalin alipaineen välillä. (Seppänen 2010, 12-18.)

Alempien kerrosten eristyksiä rakennuttaessa tulee varautua kylmänä vuodenaikana esiintyviin hormivoimiin. Hormivoiman suuruus riippuu rakennuksen korkeudesta ja ulkoilman lämpötilasta. Esimerkiksi 0°C ulkolämpötilassa hormivoima 0,7 Pa/m ja -10°C ulkolämpötilassa noin 2 Pa/m. Hormivoima aiheuttaa kerrostalossa helposti 10 Pa suuruisen imun alakerroksen asunnosta porraskäytävään mikä tulee huomioida alipaineistusta asetettaessa. (Asikainen ym. 2009, 26.)

Voimakas tuuli aiheuttaa huomattavan paine-eron rakennuksen tuulen ja suojanpuolen välille. Tuulen nopeuden ollessa 10 m/s on rakennukseen kohdistuva tuulenpaine 60 Pa. Tuulen keskinopeuden ollessa rakennuksen keskikorkeudelta mitattuna 5 m/s on vastaava tuulenpaine 15 Pa. (Asikainen ym. 2009, 26.)

Työmaan alipaineistusta suunniteltaessa on huomioitava, että osaston paine-eron tulee voittaa pääsääntöisesti rakennuksen paine-ero, joka aiheutuu lämpötilaeroista, ilmanvaihdon säädöistä ja tuulesta. Lämpötilaeroista ja tuulesta aiheutuvaan paine-eroon ei voida vaikuttaa, mutta ilmanvaihdon paine-eroon voidaan mm. muuttamalla ilmanvaihdon säätöjä tarvittaessa. Alipaineistusta suunniteltaessa on tärkeää ymmärtää, miten käytössä olevien alueiden ilmanvaihdon eri käyttötilanteet vaikuttavat työalueen ja rakennuksen alipaineisuuteen.

3.3.2 Paine-erotavoitteet

Alipaineistuksen suunnittelussa tulee ottaa huomioon rakennusten normaalikäytölle annetut paine-erotavoitteet. Rakentamismääräyskokoelman osissa D2, C2, ja C3 sekä Asumisterveysoppassa (2009) annetaan määräyksiä sisäilmasto-olosuhteista.

Rakennuksen, sen huonetilojen ja ilmanvaihtojärjestelmän paineet on suunniteltava siten, että ilma virtaa puhtaammista tiloista sellaisiin tiloihin, joissa syntyy runsaammin epäpuhtauksia. Paineet eivät saa aiheuttaa rakenteisiin pitkäaikaista kosteusrasitusta. Rakennus suunnitellaan yleensä ulkoilmaan nähden hieman alipaineiseksi, jotta voitaisiin välttyä kosteusvaurioilta rakenteissa sekä mikrobien aiheuttamilta terveyshaitoilta.

Alipaine ei kuitenkaan saa yleensä olla suurempi kuin 30 Pa. Rakennuksen tavanomainen käyttö tai sään vaihtelu ei saa merkittävästi muuttaa rakennuksen tai huonetilojen paineita eikä heikentää ilmanvaihtoa. Ilmanvaihtojärjestelmän paineet suunnitellaan ja toteutetaan siten, etteivät sään vaihtelut muuta ilman virtaussuuntia rakennuksessa. Ilmavirtojen tarpeen mukaisen säädön toiminta suunnitellaan sellaiseksi, etteivät rakennuksen ja sen eri huonetilojen paine-erot muutu haitallisesti. (D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto 2010, 19.)

Sisäilman vesihöyryn haitallisen konvektion estämiseksi tulee rakennuksen vaipan ja sen yksityiskohtien tulee olla niin tiiviitä läpi kulkevien ilmapuottojen suhteen, että syntyy edellytykset pitää rakennus pääsääntöisesti alipaineisena (C2 Kosteus. Määräykset ja ohjeet 1998). Rakennuksen lämmöneristysmääräysten C3 mukaan (2010) rakennuksen vaipan tulee olla niin ilmanpitävä, että rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmä voi toimia suunnitellusti.

Koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihdoilla toteutetussa rakennuksessa tavoitteelliset paine-erot ovat sisätilan ja ulkoilman välillä 0-2 Pa ulkoilmaan nähden ja 0 Pa porraskäytävään nähden. Paine-erot vaihtelevat sään mukaan. (Asumisterveysopas 2009, 64.)

4 TYÖMAAN PUHTAUDENHALLINTA ESIMERKKIKOHOITEESSA

4.1 Esimerkkikohteen kuvaus ja työn tavoite

Opinnäytetyön aineisto on kerätty vuosien 2008-2010 aikana Senaatti-kiinteistöjen eräässä sisäilmakorjauskohteessa. Kohteen korjaukset jouduttiin tekemään käyttäjien kanssa suunnitellun vaiheistuksen mukaisesti, koska toimintoja oli mahdotonta siirtää muualle korjausten ajaksi. Siksi korjausten kesto oli tavanomaista pidempi.

Koska korjauksia jouduttiin tekemään vaiheittain, voitiin aina edellisen vaiheen toteutuksesta ottaa oppia ja parantaa toimintamallia seuraavaksi korjattavalla alueella. Osan korjauksista toteutti Senaatti-kiinteistöjen puitesopimusurakoitsijat ja osa suuremmista ja selkeistä työkokonaisuuksista kilpailutettiin ja toteutettiin jaettuna urakkana.

Kohteessa työskentelevät puitesopimusurakoitsijat oppivat puhtaan rakentamisen vaatimukset ja toteutustavat oman tekemisensä kautta ja he olivat ikäänkuin ”koekaniineina” uusien menettely- ja toimintatapojen testauksessa. Tätä kautta hyväksi todetut menettelytavat päivitettiin urakkakilpailutuksen asiakirjoihin ja näin asiakirjat hioutuivat vähän kerrassaan tarkemmiksi ja toteutukseen sopivammiksi. Urakkalaskennan asiakirjojen valmistelussa sekä työmaatoteutuksessa otettiin lisäksi huomioon Sisäilmastoluokituksessa 2008 ja valtioneuvoston asetuksessa 205/2009 esitetyt puhtauden hallinnan vaatimukset ja pölyn hallinnan työturvallisuusvelvoitteet. Lisäksi hyödynnettiin Terveen talon toteutuksen kriteereitä soveltuvilta osin.

Tässä opinäytetyössä kuvataan edellä mainitun kehitystyön tuotoksena syntyneitä ohjeistusta ja toimintatapaa sekä sitä kuinka asiat oli esitetty urakkalaskenta-asiakirjoissa. Työn lopussa analysoidaan työmaan puhtauden hallinnan onnistumista, siitä saatuja kokemuksia ja annetaan kehitysehdotuksia. Työ on kirjoitettu rakennuttajan näkökulmasta.

4.2 Korjausten sisältö

Kohteessa suurimmat korjaukset kohdistuivat ulkoseiniin. Levyrakenteisten ulkoseiniin sisäpuoliset rakenteet uusittiin julkisivun tiiliverhoukseen saakka. Samassa yhteydessä uusittiin ikkunat. Ulkoseinään liittyvät väliseinät uusittiin 500 mm:n matkalta.

Lattioiden pinnoitteet uusittiin tasoitteineen. Toimistohuoneiden kattoihin liimatut akustolevyt uusittiin sekä LVIS-läpimenot palo-osastoivissa rakenteissa ja kevyissä väliseinissä tiivistettiin. Alakattojen yläpuolella olevien ilmanvaihtokanavien eristeet tarkastettiin ja korjattiin samalla. Edellä mainituilla kuitukorjauksilla haluttiin varmistaa, että eristeilläakuituja ei pääse leviämään sisäilmaan. Lopuksi alakattojen yläpuolet siivottiin huolellisesti. Normaalin loppusiivouksen lisäksi korjatuissa tiloissa tehtiin desinfiioiva siivous sekä käyttäjien irtaimiston puhdistus.

4.3 Puhtaustavoitteiden ja vaatimusten esittäminen asiakirjoissa

Urakkalaskentakohteiden osalla puhtaan rakentamisen tavoitteet ja vaatimukset olivat esitetty pääasiallisesti erillisessä asiakirjassa ”Työmaan toteutuksen P1 - luokitus”. Asiakirjassa kuvattiin mahdollisimman yksityiskohtaisesti toteutuksen puhtaustavoitteet urakoitsijoittain. Tämä asiakirja sisältyi kaikkien eri urakoiden (RAK, SÄH, LVI) laskenta-asiakirjoihin.

Lisäksi täydennyksiä oli esitetty LVI-työselityksessä, urakkarajaliitteessä ja rakennuttajan turvallisuusasiakirjassa. LVI-työselityksessä oli tarkennettu työmaan alipaineistuksessa edellytetyt laitteistoja ja vaadittuja olosuhteita esim. paine-erovaatimukset sekä ilmanvaihtoasennusten vaatimuksia. Tarkemmin näitä asioita on kuvattu kohdissa 4.5 Korjausalueen alipaineistus ja pölyn leviämisen estäminen ja 4.8 Ilmanvaihtotyöt.

Urakkarajaliite oli kaikkia urakoitsijoita velvoittava asiakirja ja se oli sisällytetty kaikkien eri urakoiden (RAK, SÄH, LVI) laskenta-asiakirjoihin sekä myöhemmin urakkasopimuksiin. Urakkarajaliitteessä oli kuvattu työmaan hallintojärjestelyt, työmaajärjestelyt ja työmaapalvelut, työturvallisuus ja ympäristöasiat, työmaan laatu- ja ympäristösuunnitelma, vastaanotto- ja käyttöönottomennettelyt sekä urakoitsijoiden väliset tavoitteet. Työaikataulujen laadinnan osalta oli ohjeistettu huomioimaan työnaikaisen, työvaiheeseen kuuluvan sekä loppusiivouksen ja puhdistuksen tarvitsema aika ja P1-luokituksen ajankohta.

Työmaahuollon osalta jokainen urakoitsija oli velvollinen huolehtimaan työaikana oman kohteensa siisteydestä ja järjestyksestä. Kunkin urakoitsijan tuli siivota ja kuljettaa rakennus- ja pakkausjätteensä päivittäin pääurakoitsijan osoittamaan pisteeseen, josta pääurakoitsija huolehtii niiden säännöllisestä poistamisesta työmaalueelta. Pääurakoitsija valvoi, että puhtaanapito on säännöllistä ja että työvälineet ja

– menetelmät olivat asianmukaisia. Tilojen päivittäinen siivous kuului muutoin pääurakoitsijalle.

Urakkarajaliitteessä oli kohdistettu pääurakoitsijalle seuraavia velvoitteita työmaan puhtausnäkökohtiin liittyen:

- rakennustöiden puhtausuunnitelman laatiminen, jossa on esitetty periaatteet rakennustarvikkeiden varastoinnista ja suojauksesta, alipaineistus- ja osastointiratkaisuista ja rakennussiivouksen toteutuksesta.
- iv-kanaville ja – varusteille sekä mineraalivillaeristeille suojakatoksen järjestäminen
- asennettujen laitteiden, tarvikkeiden, kojeiden, kanavien ja putkistojen suojaaminen työnaikaisilta vaurioilta ja likaantumiselta tarvittaessa kiinteillä suojuksilla järjestelmien puhtausluokituksen vaatimalla ja erikoisurakoitsijoiden ja valvojan kanssa sovitulla tavalla
- iv-konehuoneen ja kanavien ulkopuolen puhdistaminen
- sähkötilojen ja muiden tilojen puhdistaminen ja maalaaminen, joissa asennukset tehdään pintatyönä
- johtokanavien, jakokeskusten ja valaisinten puhdistaminen ulkopuolelta (sisäpuoli sähköurakoitsijalla)
- tarvittavien lisäluukkujen tekeminen alakattoon alakaton yläpuolisen tilan puhdistusta varten
- puhtausluokituksen vaatimusten mukaisten puhdistus- ja siivoustöiden suorittaminen eri työvaiheiden jälkeen
- loppusiivoussuunnitelman laatiminen, jossa esitetty käytettävät siivousmenetelmät aineineen ja määrineen
- loppusiivouksesta vastaaminen.

Rakennuttajan turvallisuusasiakirjassa oli esitetty täsmennyksiä lähinnä pölyn hallinnan kannalta.

4.4 Urakoitsijakohtaiset vaatimukset

Kutakin urakoitsijaa (RAK, LVIA, SÄH) koskevat vaatimukset eriteltiin kirjallisesti niin pitkälle kuin mahdollista. Lisäksi lueteltiin työvaiheet, jotka olivat sallittuja P1-luokan astuttua voimaan.

Pääurakoitsija:

- Pääurakoitsijan tuli laatia työmaalle rakennustöiden puhtaussuunnitelma, jossa esitettiin periaatteet mm. rakennustarvikkeiden varastoinnista, suojauksesta, alipaineistus- ja osastointiratkaisuista ja rakennussiivouksen toteutuksesta. Työvaiheiden tahdistus ennen ja jälkeen P1-luokitusta tuli esittää työma-aikataulussa.
- Pääurakoitsijan tuli huolehtia pölyn leviämisen estämisestä urakka-alueen ulkopuolisille alueille. Ennen varsinaisten korjaustöiden aloittamista tehtiin tiivistykset urakka-alueen rajoilla, rakennettiin sulkutilat ja alipaineistettiin urakka-alue.
- Rakennusmateriaaleina tuli käyttää M1-luokiteltuja tuotteita
- Pääurakoitsijan tuli tarvittaessa rakentaa IV-kanaville ja mineraalivillaeristeille katettu suoja ennen ensimmäisen lähetyksen saapumista työmaalle. Vaihtoehtoisesti kanavat ja eristeet voitiin siirtää suoraan rakennukseen sisälle.
- Pääurakoitsijan tuli huolehtia tilojen päivittäisestä siivouksesta. Pölyävien siivousmenetelmien käyttö oli kielletty (esim. harjan sijasta oli käytettävä lastaa ja imuria).
- Siivoukseen käytettävässä imurissa tuli olla riittävän hyvä suodatin ja imuriin kerätyt pölyt tuli tyhjentää ulkona sijaitsevaan jäteastiaan.
- Kaksi viikkoa ennen suunniteltua P1-luokan voimaan tuloa oli työmaalla oltava henkilö, jonka tehtävänä oli kokopäivätoimisesti huolehtia urakka-alueen rakennussiivouksista. Siivoustaso määriteltiin tarkemmin työmaakokouksissa meneillään olevien työvaiheiden mukaan.
- Alakattojen yläpuoliset pinnat tuli olla puhtaita ennen kattojen sulkemista. Mikäli pinnoilla oli epäpuhtauksia ja/tai pölyä, oli ne imuroitava tai pyyhittävä kostealla. Puhtausvaatimus koski myös kaikkia alakattojen yläpuolisia LVIS -asennuksia mukaan lukien kanavien yläpinnat. Pääurakoitsija oli velvollinen kutsumaan työmaan valvojan tarkastamaan rakenteet ennen alakattojen sulkemista.
- Ennen ilmanvaihtojärjestelmän käynnistämistä (ns. käynnistämismuutoksen tarkastus) tehtiin siivous, jolla varmistettiin, ettei epäpuhtauksia pääse ilmanvaihtojärjestelmään. Kaikki pölyävät työvaiheet tuli olla tehty ennen tätä siivousta. Lattioiden puhdistus tuli tehdä kostealla, mikäli ne eivät olleet imuroinnin jäljeltä riittävän puhtaita. Tilojen puhtaustaso tarkastettiin ilmanvaihtokoneiden palvelualueiden mukaan ja ilmanvaihtoelimien suojaukset irrotettiin vasta sen jälkeen, kun tilat on todettu pölyttömiksi.

LVIA-urakoitsija:

- LVIA-työselostuksessa oli tarkemmin kerrottu ilmanvaihdolta vaadittavista puhtausluokista ja käytettävistä menetelmistä puhtaustason toteamiseksi. Lisäksi ao. työselostuksessa oli esitetty toimenpiteet, mikäli kanavat olivat likaantuneet urakan aikana.
- Ennen töiden aloittamista oli pidettävä aloituskatselmus, jossa tarkastettiin kanavien puhtaustaso ja määritettiin puhdistustarve. Mikäli kanavat likaantuisivat töiden aikana, kanavien puhdistuksen kustannuksista vastaisi IV-urakoitsija.
- IV-urakoitsija oli vastuussa kanavien tulppauksista. Toisten urakoitsijoiden työntekijöiden mahdollisesti aiheuttamat vahingot käsiteltäisiin urakoitsijapalaverissa ja tarvittaessa työmaakokouksissa.
- IV-kanavien katkaisussa ei saanut käyttää kulmahiomakonetta vaan kanavat oli katkaistava ns. "leikkurilla".

Sähköurakoitsija:

- Sähköurakoitsija vastasi johtokourujen ja sähköhyllyjen puhtaudesta. Toisten urakoitsijoiden työntekijöiden mahdollisesti aiheuttamat vahingot käsiteltäisiin urakoitsijapalaverissa ja tarvittaessa työmaakokouksissa.
- Johtokourut ja hyllyt tuli olla puhtaat ennen rakenteiden ummistamista. Tarvittaessa em. rakenteet puhdistettiin esim. imuroimalla sähköurakoitsijan toimesta ennen kaapelien asennusta ja imuroitiin ennen kansien / alakattojen asennusta. Kourujen ja hyllyjen puhtaus tarkastettiin ennen niiden sulkemista, vastuu tarkastuksen ilmoittamisesta oli sähköurakoitsijalla.
- Sähköurakoitsijan tuli suojata vanhat ja uudet kattovalaisimet muovilla heti asennuksen jälkeen.

P1-luokituksen jälkeen sallitut työvaiheet urakoitsijoittain:

Rakennustekniikka

- ovien asennukset
- pienehköt paikkamaalaukset.

LVIA-tekniikka

- iv-kanavien ylipaineistamisen lopettaminen
- päätelaitteiden suojauksien poistaminen
- koekäyttövalmiuden tarkastaminen
- toimintakokeiden pitäminen
- iv-kanavien puhtauden tarkastaminen.

Sähkötekniikka

- pinta-asennukset.

4.5 Korjausalueen osastointi ja pölyn leviämisen estäminen

Pääasiallisina korjausalueen pölynhallinnan keinoina olivat korjausalueen osastointi ja alipaineistus viereisiin tiloihin nähden. Korjausalue erotettiin muusta käytössä olevasta alueesta heti työmaan sisäänkäyntiin rakennetun sulkutilan avulla, jonka toteutuksen vaatimukset ohjeessa oli kuvattu. Sulkutilan tehtävänä oli estää pölyjen leviäminen porraskäytävään, jonka kautta kulku työmaa-alueelle tapahtui. Kaikkien korjausalueiden osalla ei ollut mahdollista osoittaa työmaaliikenteelle erillistä kulkureittiä. Tällöin kulku tapahtui yleisessä käytössä ollutta porraskäytävää pitkin. Porraskäytävän siivoukseen jouduttiin tällöin panostamaan enemmän.

Mikäli korjausalue oli yhteydessä avoimeen yleiseen tilaan, rakennettiin erillinen suojaseinä urakka-alueen rajalle painesuhteiden hallitsemiseksi ja epäpuhtauksien leviämisen estämiseksi.

Korjausalue oli määritelty pidettäväksi 5-10 Pa alipaineisena ympäröiviin tiloihin nähden, jotta ilmavirtaukset kulkisivat puhtaista tiloista likaisiin päin. Ennen alipaineistusvaatimuksen voimaantuloa tuli tehdä mm. tarvittavat LVIS-läpivientien tiivistykset urakka-alueen rajoilla. Koska kohteeseen kohdistui ulkoseinien ja ikkunoiden korjauksia, ei alipaineisuusvaatimusta voitu noudattaa niiden korjauksen aikana. Tällöin pölynhallinta perustui korjausalueen riittävään ilmanvaihtoon alipaineistajien avulla (taulukko 1). Suunnitellun ilmavirran ja korjausalueen tilavuuden avulla laskettu ilmanvaihtokerroin vaihteli korjausalueittain välillä 1,8 - 2,6 1/h. Asbestitöitä sekä kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purkua koskevissa Ratu-korteissa (Ratu 09-3038, 2., Ratu 82-0239, 2) on esitetty suositus, että osaston ilman tulisi vaihtua 6-10 kertaa tunnissa. Näin suurta ilmanvaihtokerrointa ei tässä kohteessa voitu käyttää, koska korjausalueen poistoilmanvaihdon lisäys suositusta vastaavaksi olisi kasvattanut työalueen alipainetta hallitsemattomasti.

Taulukko 1. Paine-ero ja ilmavirtavaatimukset eri työmaan vaiheissa

Työvaihe	Ilmavirta, l/s	Paine-ero, Pa
Vaihe ennen ulkoseinärakenteiden korjauksia		-5
Ulkoseinärakenteiden korjausten aikana	600	
Ulkoseinärakenteiden korjauksen jälkeen ennen P1-luokitusta		-5
P1-luokitus	-	-

Alipaineistajien määrästä ja sijoittelusta oli laadittu erillinen suunnitelma LVI-suunnitelmien yhteyteen. Yleensä alipaineistajia oli käytössä 2 kpl/korjausalue ja ne olivat sijoiteltu eri puolille korjausaluetta. Alipaineistuslaitteissa tuli olla manuaalinen säätömahdollisuus.

Korjausalueelle oli asennettu 2-3 paine-eromittaria (Dwyer Magnesense/Stig Walhström, mittausalue 0-25 Pa), joiden avulla korjausalueen alipaineisuutta ympäröiviin tiloihin nähden tarkkailtiin. Paine-eromittarit olivat yhdistetty kiinteistön rakennusautomaatiojärjestelmään ja niiden lukemia voitiin seurata jatkuvatoimisesti. Lisäksi urakoitsija kirjasi paine-erolukemat työmaapäiväkirjaan päivittäin klo 12. Mikäli paine-erovaatimus ei jostain syystä toteutunut, tuli siitä automaattinen hälytys työmaalle, jolloin alettiin selvittää hälytyksen syytä. Paine-eromittausten tulokset tallentuivat jatkuvasti rakennusautomaatiojärjestelmän trendiseurantaohjelmistoon.

Korjausalueen ikkunat tuli pyrkiä pitämään suljettuna aina, kun se työn puolesta oli mahdollista. Ikkunoiden auki pitäminen olisi voinut poistaa vaaditun alipaineisuuden ja saattanut tuuliolosuhteista johtuen jopa tuottaa ylipaineen korjausalueelle.

4.6 Rakennustarvikkeiden varastointi ja suojaus

Rakennusmateriaaleille ja – tarvikkeille oli määritelty M1-luokan vaatimus materiaaliemissioiden suhteen.

Sisätiloihin ja rakenteisiin tulevat rakennustarvikkeet ja osat tuli suojata mm. likaantumiselta ja kastumiselta kuljetusten, työmaavarastoinnin, asennuspaikan välivarastoinnin ja asennustyön aikana. Varaston oli oltava irti maasta ja suojattu siten, ettei sade- ja pintavedet päässeet kastelemaan rakennustarvikkeita. Rikkoutuneet suojaukset oli korjattava viipymättä. Suosituksena oli, että rakennustarvikkeet varastoidaan

sisätiloihin mikäli mahdollista ja niiden välivarastointia vältetään (oikea-aikainen toimitus).

Keskeneräiset ja valmiit rakennus- ja laiteosat oli ohjeistettu suojattavaksi siten, etteivät ne vahingoittuisi, pölyntyisi tai kastuisi asennustyön taukojen ja keskeytysten aikana. Tällaisia olivat esimerkiksi jäähdytyspalkit, iv-kanavat, valaisimet, lämpöpatterit, lattiapinnat ja kalusteet. Rakennustarvikkeiden asennusvaiheen aikana ilman tuli olla puhdasta ja kuivaa eikä pölyäviä työvaiheita saanut suorittaa samanaikaisesti asennuspaikan läheisyydessä. Ennen työn aloittamista ja työn aikana oli varmistettava, että olosuhteet ja alustan suhteellinen kosteus vastasivat suunnitelmien ja tarvikkevalmistajien asettamia vaatimuksia. Tarvikkeiden ja laitteiden suojaukset sai poistaa vasta kun P1-puhtausluokitus astui voimaan. Suojaus esti esim. valaisimia pölyntymiseltä ja lattiapintoja naarmuuntumiselta.

4.7 Puhtaat työmenetelmät ja laitehuolto

Kohdepoistollisia työkaluja ei ollut rakennuttajan taholta veloitettu käyttämään purkutöiden aikana. Tällöin riitti, kun työkohde oli alipaineistettu ja se pidettiin puhtaana siivouksen avulla. Sen sijaan lattiatasoitteiden hiontatyö on todettu tutkimuksissa erityisen paljon pölyä tuottavaksi (Asikaisen ym. 2009, 10) ja siinä tuli käyttää kohdepoistollisia työkaluja. Sen jälkeen kun P1-luokitus oli astunut voimaan, tuli kaikissa tämän jälkeen tehtävissä työvaiheissa käyttää kohdepoistoa.

Asikaisen ym. (2009, 68) tutkimuksessa todettiin, että työkalujen ja laitteiden huollon laiminlyönti voi johtaa siihen, että itse laite alkaa levittää pölyä ympärilleen. Työkalujen, alipaineistajien ja imurien huolto kohteessa oli vastuutettu urakoitsijoille. Pääuraakoitsija vastasi työkalujen ja imurien huollosta ja alipaineistajat olivat LVI-urakoitsijan vastuulla. Suoritetut huollot tai suodattimien vaihdot tuli kirjata työmaapäiväkirjaan.

4.8 Ilmanvaihtotyöt

Ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokituksen tavoitteena on varmistaa uuden ilmanvaihtojärjestelmän läpi virtaavan tuloilman hyvä laatu. Hyvälaatuisessa tuloilmassa ei saa olla ilmanvaihtojärjestelmästä peräisin olevia terveydelle haitallisia epäpuhtauksia, viihtyisyyttä alentavaa hajua tai hiukkasmaisia epäpuhtauksia. Ilmanvaihtojärjes-

telmän puhtausvaatimusten avulla varmistettiin, että ilmanvaihtojärjestelmä oli luovutettaessa puhdas.

4.8.1 Puhtaat asennusmenetelmät

Ilmanvaihtojärjestelmän asennuksiin liittyvät toimintaohjeet oli määritelty LVI-työselityksessä ja työmaan toteutuksen P1-ohjeessa. Viimeisimmissä korjausvaiheissa oli käytössä ilmanvaihtokanavien ylipaineistus, jossa kanavissa oli 20 Pa ylipaine. Ylipaineistuksen järjestäminen ja toimivuuden varmistaminen olivat iv-urakoitsijan vastuulla. Ylipaineistusjärjestelmään sisältyi ilmamääräsäätöinen puhallin, HEPA –suodatin painepuolelle ja ylipaineisuuden osoittava mittalaitteisto.

Ennen urakan aloittamista kanavat puhdistettiin, elleivät ne olleet riittävän puhtaita. Kun tilat oli luokiteltu P1-luokkaan, lopetettiin kanavien ylipaineistus ja tarkastettiin puhtaus. Jos kanavat jouduttiin puhdistamaan, niin kustannuksista vastasi iv-urakoitsija. Kanavistonpuhdistukseen tuli käyttää siihen erikoistunutta yritystä ja tarkoitukseen kehitettyä erikoiskalustoa. Puhdistus tehtiin rakennuttajan hyväksymällä menetelmällä loppusiivouksen jälkeen.

Kanavat ja tarvikkeet oli ohjeistettu toimittamaan työmaalle riittävän monessa erässä siten, että ne voitiin välittömästi siirtää joko suoraan asennuspaikalle tai välivarastoon. Kanavat tuli säilittää työmaalla katetussa välivarastossa tulpattuna umpitulpilla siten, etteivät ne joutuneet alttiiksi sateelle tai ulkopuolelta tulevalle lialle. Pienet kanaosat ja päätelaitteet oli ohjeistettu kuljettamaan ja säilyttämään suljetuissa pakkausissa sateelta ja pölyltä suojattuna.

LVI-työselityksessä oli kehoitettu kiinnittämään erityistä huomiota ilmanvaihtokanavien suojauksiin ja tulppauksiin seuraavan ohjeistuksen mukaisesti:

- Kanavien ja tarvikkeiden suojaukset poistetaan vain asennustyön ajaksi. Kanavien avoimet päät suljetaan pölytiivisti aina myös taukojen ja keskeytysten ajaksi. Avoimeksi jäävät pystykanavat tulpataan umpitulpilla välittömästi käyttäen tehdasvalmisteisia päätykansia. Vaakakanavien avoimet päät tulpataan muoviosia käyttäen. Pystykanavat on myös tulpattava yläpäästään ennen niiden liittämistä ilmanvaihtokoneisiin.

- Asennustyön aikana katkaistuista kanavapäistä poistetaan jäysteet yms. puhdistusta haittaavat epätasaisuudet. Liitostöissä syntyneet epäpuhtaudet poistetaan huolellisesti.
- Ilmanvaihtokoneet pidetään suljettuna luukut ja pellit kiinni koko asennustyön ajan.
- Huonetilojen tulo- ja poistoilman päätelaitteet, kaikki kanavat ja muut ilmanvaihtoon liittyvät laitteet on pidettävä suojattuina koko rakentamisen ajan. Suojaukset saadaan poistaa vastaavan mestarin ja valvojan luvalla, sen jälkeen kun on varmistettu, ettei ko. tiloissa enää tehdä pölyäviä töitä. Mikäli ko. tiloissa joudutaan kuitenkin tekemään pölyäviä töitä myöhemmin, niin ilmastointipalkit ja huonelaitteet on suojattava uudelleen.
- Kanavavarusteina ja päätelaitteina käytetään ensisijaisesti puhtausluokiteltuja laitteita ja komponentteja.
- Mikäli työmaalla on puhdistamattomia tai suojaamattomia kanavia tai tarvikkeita, on ne poistettava työmaalta tai puhdistettava hyväksyttävästi.

Ilmastointijärjestelmiä ei saanut ottaa käyttöön ennen kuin pölyä aiheuttavat työt oli tehty loppuun, huonetilat siivottu sekä ilmanvaihtojärjestelmä tarkastettu ja tarvittaessa puhdistettu.

4.8.2 Kanaviston puhtausvaatimukset ja todentaminen

Kanavien puhtaus ja puhdistusluukkujen toiminta tarkistettiin pistokokein asennustyön edetessä sekä vastaanoton yhteydessä toimintakokeissa ja lopputarkastuksissa. Jos tarkastusten yhteydessä kanavissa esiintyi likaisuutta, oli ne puhdistettava hyväksyttävästi. Vastaavasti toimimattomat puhdistusluukut oli korjattava.

Valmiin ilmanvaihtokanaviston sisäpinnan pölypitoisuus sai olla enintään $1,0 \text{ g/m}^2$ suodatinmenetelmällä mitattuna. Puhtaus todettiin ensisijaisesti näköhavaintoon perustuen visuaalisen puhtausasteikon avulla (Narvanne ym. 2002). Mikäli havaintojen perusteella kanaviston puhtaudesta ei olisi päästy yksimielisyyteen, suoritettaisiin mittaus. Tällaisessa tapauksessa otettaisiin vähintään 5 kpl näytteitä jokaisen kerroksen tai rakennusosan kanavistosta satunnaisesti valituista paikoista. Mikäli kanavisto todettaisiin likaiseksi, olisi mittauskustannuksista vastuussa urakoitsija. Vastaavasti jos kanavisto todettaisiin puhtaaksi, olisi mittauskustannusten maksaja rakennuttaja.

Kanavisto todetaan puhtaaksi, mikäli otetuista näytteistä vähintään 80 % alittaa rajan $1,0 \text{ g/m}^2$ ($2,0 \text{ g/m}^2$ puhtausluokassa P2). Rajan ylittäneistä näytteistä vain 5% sallitaan 50 % ylitys raja-arvosta. Jos yksikin näyte ylittää raja-arvon kolmin kertaisesti, on kanavisto puhdistettava. Mikäli kaikki ylitykset kohdistuisivat tiettyyn kerrokseen tai alueeseen, voitiin puhdistus kohdistaa vain tälle alueelle.

4.9 Työaluesuunnitelma

Osaan urakkalaskentakohteita rakennuttaja laati ennalta laskenta-asiakirjoihin ehdotuksen työaluesuunnitelmasta, jossa oli esitetty mahdolliset paikat rakennustarvikkeiden säilytykselle, jäteastioiden sijainnille, reitit työmaaliikenteelle ja tarvikkeiden kuljetukselle. Lopullisen työaluesuunnitelman laatiminen oli urakoitsijan vastuulla.

Osassa urakkalaskentakohteista ei ollut tilaajan laatimaa vastaavaa ehdotusta, vaan työaluesuunnitelman laatiminen oli urakoitsijan vastuulla.

4.10 Jätehuolto

Kellokummun (2010, 2) tutkimuksessa todettiin, että jätehuollon hyvä järjestely vähentää pölyhaittaa työmaalla ja sen ympäristössä.

Esimerkkikohteessa pääurakoitsijan velvollisuus oli järjestää pihalle jätteiden keräilypisteet. Jätteet tuli lajitella ainakin seuraaviin jakeisiin: sekajäte, epäorgaaninen jäte (esim. betonijäte), puutavara ja metalliromu. Kaikkien urakoitsijoiden tuli varata itselleen sisätiloihin käyttöön jäteastiat. Syntyvä purkujäte tuli toimittaa välittömästi jäteastioihin, joita tuli olla riittävä määrä ja joiden tyhjentämisestä tuli huolehtia säännöllisesti. Jokainen urakoitsija oli ohjeistettu tyhjentämään jäteastiansa pääurakoitsijan osoittamaan keräilypisteeseen.

4.11 Tupakointi

Tupakointi oli luonnollisesti kielletty työmaan sisätiloissa. Tupakointi oli mahdollista ainoastaan kiinteistön käyttäjien osoittamilla tupakkapaikoilla.

4.12 Koulutus

Kohteen rakennus-, maalaus- ja LVIS-urakoitsijoille ja työntekijöille järjestettiin työmaan alkuvaiheessa koulutustilaisuus, jossa käytiin läpi rakennuttajan kohteelle asetettamat sisäilmastotavoitteet ja niiden toteutumiseksi noudatettavat ohjeet ja ratkaisut. Lisäksi kerrottiin miksi sisäilmakorjausta tehdään ja miten työntekijöiden tulisi huomioida tämä omassa työturvallisuudessaan mm. purkutöiden yhteydessä.

Koulutuksessa korostettiin pölynhallinnan merkitystä, koska korjausalueen ulkopuolella jatkui käyttäjien normaalitoiminta. Puhtaammasta ja siistimmästä työmaasta olisi hyötyä myös työntekijöille. Koulutuksen urakoitsijoille piti kohteen rakennuttajakonsultti. Työmaalle koulutusten jälkeen tulevien urakoitsijoiden ja työntekijöiden koulutuksesta oli vastuussa kukin urakoitsija.

4.13 Siivous

Kussakin työmaan vaiheessa vaadittava siivoustaso määriteltiin tarkemmin työmaakokouksissa. Siivouksen laatua tarkkailtiin työmaan valvontakäyntien yhteydessä viikoittain. Siivouksen laatuun ja työmaan siisteyteen liittyneistä poikkeamista dokumentoitiin kirjallisesti työmaapäiväkirjaan.

4.13.1 Työnaikainen siivous

Rakennussiivous on keskeinen keino, jolla varmistetaan puhtaustavoitteiden täyttyminen. Pölyn ja roskien poistaminen heti niiden muodostumisen jälkeen pölyämättömillä työmenetelmillä (esim. imuroimalla) vähentää pölyn leviämistä muualle työalueelle ja estää säilytettäviä pintoja likaantumiselta ja vaurioitumiselta. Jokainen urakoitsija oli velvoitettu huolehtimaan tuottamiensa roskien ja pölyjen poistosta, mutta työmaan päivittäinen yleissiivous kuului pääurakoitsijalle.

Työnaikaisessa siivouksessa hyväksyttiin karkean jätteen poistoon suurtehoimuri, lapio tai lasta ja muuten keskuspölynimuri tai HEPA-suodattimella varustettu imuri. Imurin suodatin tuli vaihtaa valmistajan ohjeiden mukaisesti. Aina purkutöiden ja muiden hyvin pölyisten töiden jälkeen oli ohjeistettu imuroimaan lattiapinnat kauttaaltaan. P1-luokituksen voimaan tulon jälkeen tilat tuli siivota (imurointi ja tarvittaessa nihkeäl-

lä/kostealla pyyhintä) aina sen jälkeen, kun tilassa oli syntynyt pölyä. Puhtausosaston jälkeisissä työvaiheissa tuli käyttää aina kohdepoistoa.

4.13.2 Loppusiivous

Loppusiivous suoritettiin ilmanvaihdon toimintakokeiden jälkeen. Loppusiivouksesta oli erillinen rakennuttajan laatima siivousohje. Loppusiivouksessa (myös ei-näkyvissä olevat pinnat) käytettiin keskuspölynimuria tai hienopölysuodattimella varustettua imuria (vähintään 98 % suodatus 3 µm hiukkasille). Koviin ja sileiden pintojen puhdistuksessa käytettiin lisäksi nihkeäpyyhintää. Pinnat puhdistettiin rakennusmateriaalien valmistajien ohjeiden mukaisesti. Puhdistus- ja hoitoaineina (myös vahat) tuli käyttää hajuttomia ja vähäpäästöisiä aineita.

Loppusiivouksen siivousjärjestys oli ylhäältä alaspäin. Kaikki pinnat (katto, seinät, ikkunat, ovet ja lattiat) imuroitiin ja nihkeä pyyhittiin. Alakattojen yläpuoliset tilat (mu-kaan lukien sähkökourut ym., piiloon jäävät seinäpinnat) tuli puhdistaa ennen katon sulkemista. Siivoukseen kuuluivat myös mahdollisten ilmastointilaitteiden, IV-kanavien, putkien, valaisimien päällisten pyyhintä sekä huonetilan puolella olevien sähkö- ym. kourujen puhdistus. Lämpöpatterien ripojen välit puhdistettiin esim. pulloharjalla ja imuroimalla samalla irtoava pöly pois. Lisäksi patterien pinnat pyyhittiin kostealla. Lattiapinnoitteen valmistajan ohjeen mukaisen käyttöönotto-siivouksen tuli sisältyä loppusiivoukseen. Ikkunat pestiin kaikilta pinnoilta karmeineen ja puitteineen. Kovapintaiset kalusteet pyyhittiin kauttaaltaan.

4.13.3 Desinfiioiva siivous ja irtaimiston puhdistus

Koska kohteessa tehtiin sisäilmaongelmista johtuneita korjauksia, kiinnitettiin tilojen puhtauteen vielä loppusiivouksenkin jälkeen erityistä huomiota. Tiloille tehtiin vielä ns. desinfiioiva siivous ennen käyttäjien muuttoa. Lisäksi käyttäjien papereiden ja tavaroiden puhdistukseen kiinnitettiin erityistä huomiota ennen niiden tuomista korjattuihin tiloihin. Tästä on laadittu Senaatti-kiinteistöille erillinen kirjallinen ohjeistus ja sitä ei käsitellä tässä yhteydessä tarkemmin. Sama toimija teki kyseiset erikoissiivoukset ja irtaimiston käsittelyt kaikissa korjauskohteissa.

4.14 Työmaan puhtaustarkastukset

Työmaan toteutuksen P1-luokitus asiakirjassa oli oma kappaleensa koskien työmaalla tehtäviä puhtaustarkastuksia. Etukäteen määritellyt puhtaustarkastukset liittyivät P1-vaiheeseen ja loppusiivouksen tasoon. Näiden lisäksi työmaalla suoritettiin puhtauden valvontaa rakennustöiden valvontakäyntien yhteydessä koko työmaan ajan. Rakennusteknisten töiden valvoja oli osallistunut P1-koulutukseen ja oli siten tietoinen myös puhtausvaatimuksista, joiden toteutumista hän tarkkaili käyntiensä yhteydessä.

Puhtauden arviointi perustui pelkästään visuaaliseen arviointiin. Ennen ilmanvaihdon päätelaitteiden suojausten poistoa ja toimintakokeiden aloittamista arvioitiin silmämääräisesti kaikkien pintojen puhtaus, myös ne jotka eivät jää rakennuksessa näkyviin. Arviointi kattoi katto-, seinä-, kaluste- ja lattiapinnat sekä alakattojen yläpuolella olevat pinnat (kuva 1 ja 2). Tällöin pinnoilla ei saanut olla hienojakoista irtolikaa (esim. puu-, betoni- tai kipsipölyä), joka voisi nousta ilmaan kosketuksen tai ilmavirtojen mukana. Tiloissa ei saanut säilyttää rakennusmateriaaleja tai jätteitä, jotka estivät pintojen puhdistamisen. Pintoja suojaavat muovit ja pahvit olivat poistettu.



Kuva 1. Näkymä alakaton päälle, jossa vaaleaa rakennuspölyä. Puhtausvaatimus ei täyty. Valokuva Sirpa Kolari 2011.



Kuva 2. Puhtausvaatimukset täyttävä alakaton päällys. Valokuva Sirpa Kolari 2011.

Ennen luovutusta arvioitiin silmämääräisesti kaikki näkyvät pinnat ja kalusteiden sisäpinnat. Arviointi kattoi katto-, seinä-, kaluste- ja lattiapinnat, kalusteiden sisäpinnat ja lämpöpattereiden ripojen välit. Luovutusvaiheessa pinnoilla ei saanut olla näkyvää likaa, kuten roskia, irtolikaa (ml. pölyä), kiinnittynyttä likaa tai tahroja.

4.15 Aikataulus, P1-puhtausluokitellut tilat

Työmaan P1-luokkaan siirryttiin 2-4 viikkoa ennen vastaanottoa. P1 ajankohdan määrittely perustui Terveen talon toteutuksen kriteereissä (2003) kuvattuun esimerkkiin uudisrakennuksen sisäviimeistelyvaiheen aikataulusta (kuva 3). Rakennusaikaisen P1 puhtaustason saavuttaminen on edullista siirtää mahdollisimman myöhäiseen vaiheeseen. P1 rakentaminen ohjaa tekemään työt kerralla kuntoon ja vain yksittäisiä työvaiheita (puutelistat, paikkamaalaus, päätelaitesennukset, toimintakokeet, säätötyöt, alakattokasettien asennus ja loppusiivous) voidaan jättää toteutettavaksi P1-luokituksen voimaan tulon jälkeen. Siksi aikataulus on perustuttava realistiseen työvaiheiden keston.

vko	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		
															P1-vaihe					
	kuivatus																			
	läpiviennit kiinni																			
								↓ mattotyöt												
									↓ järjestelmäseinät											
									saumaus, pintaviimeistely, listat						puutelistat					
									kalusteet, varusteet											
	Ennen P1-vaihetta tehdään:														P1-vaiheen jälkeen:					
		järjestelmäseinien otsat															paikkamaalaus			
		kaikki tasoite- ja hiontatyöt															pätelaitteet			
		katon maalaus															toimintakokeet			
		akustolevyt															säätötyöt			
		alakaton rungot															alakattokasetit			
		jäähdytyspalkit (suojattuna)															loppusiivous			
		sähkö ym.																		

Kuva 3. Esimerkki sisäviimeistelyvaiheen aikataulusta (Terveen talon toteutuksen kriteerit toimitilarakentamiselle 2003, 18). Kuva Sirpa Kolari 2011.

P1-luokkaan siirryttäessä tilojen oli oltava vähintään imuripuhdaita ja tarvittaessa ne erotettiin omiksi osastoikseen. P1-luokan tilojen puhtausvaatimukset on Sisäilmasto- luokitus 2008 asiakirjassa määritelty seuraavasti: *”Rakennuksen tulee olla puhdas ennen kuin ilmanvaihdon päätelaitteiden suojaukset voidaan poistaa ja toimintakokeet aloittaa. Tällöin pinnoilla ei saa olla hienojakoista irtolikaa (esim. puu-, betoni-, tai kipsipölyä), joka voi nousta ilmaan kosketuksen tai ilmavirtojen mukana. Tiloissa ei saa säilyttää rakennusmateriaaleja tai jätteitä, jotka estävät pintojen puhdistamista. Pintoja suojaavat muovit ja pahvit on poistettu. Tämän vaiheen jälkeen tiloissa voidaan ilman erityistoimia tehdä vain pölyämättömiä töitä, esim. paikkamaalauksia, alakattojen asennusta, ilmanvaihdon toimintakokeita, säätöä ja viritystä sekä loppusiivous.”*

P1 puhtausluokiteltu tila tuli osoittaa oven pielessä kyltein ja tiloja ei saanut käyttää säännölliseen läpikulkuun. Mikäli pölyviä työvaiheita oli tehtävä vielä puhtausluokituksen voimaantulon jälkeen, tuli pölyävissä töissä ehdottomasti käyttää kohdepoistollisia työkaluja.

Puhtausvaatimukset luovutusvaiheessa on kuvattu Sisäilmastoluokitus 2008 asiakirjassa seuraavasti: *"Luovutusvaiheessa pinnoilla ei saa olla näkyvää likaa, kuten roskaa, irtolikaa (ml. pölyä), kiinnittynyttä likaa tai tahroja."*

5 KOKEMUKSET PUHTAUDEN HALLINNAN ONNISTUMISESTA JA KEHITYSEHDOTUKSET

5.1 Alipaineistus

Alipaineistus toimi kaikilla korjausalueilla hyvin ja asetetut paine-erotavoitteet saavutettiin helposti. Joillakin korjausalueilla havaittiin, että työalueen alipaineisuus saattoi helposti nousta jopa 20-30 Pascaliin. Näin suuri alipaineisuus johti siihen, että rakennus alkoi alipaineistua myös korjausalueen ulkopuolella ja jopa rakennuksen ylimmässä kerroksessa. Mikäli alipaineistuminen tapahtuu ns. korjaamattomalla alueella, jossa tiedetään rakenteiden sisällä olevan epäpuhtauksia, vaarana on, että korvausilmaa otetaan vaurioituneiden rakenteiden kautta, jolloin sisäilmaongelmat voivat kosta.

Normaalikäytössä olleen ylimmän kerroksen alipaineisuus todettiin rakennuksen ulkovaipan yli tehtyjen paine-eromittausten perusteella. Tämän jälkeen alemman kerroksen työmaan alipaineistajien toimintaa tarkkailtiin paremmin ja viikonloppujen ajaksi oli annettu ohjeistus pudottaa alipaineisuus noin 5 Pa tasolle. Alipaineistajiin vaa-dittiin myös manuaalinen tehonsäätö. Lisäksi kohteeseen asennettiin tämän jälkeen ylimmän kerroksen ja ullakon välille (yläpohja) jatkuvatoiminen paine-eromittaus, joka oli yhdistetty rakennusautomaatiojärjestelmään. Paine-eroseurannan tulokset tallentuvat rakennusautomaatiojärjestelmän trendiseurantaan.

Asbesti-, kosteus- ja mikrobivaurioalueen alipaineistuksessa pyritään 6 - 10 kertaiseen ilmanvaihtuvuuteen tunnissa. Riittävä ilmavirta takaa ilmanvaihtuvuuden ja laimentaa työssä vapautuvat epäpuhtaudet suurempaan tilavuuteen. (Ratu 09-3038, 2., Ratu 82-0239, 2.) Esimerkkikohteen ilmanvaihtuvuus oli luokkaa 1,8 - 2,6 1/h ja tällä saavutettiin työalueen paine-erovaatimukset. Suurempi ilmanvaihto olisi edellyttänyt

hallittua korvausilman johtamista työalueelle. Alipaineistajien mitoitus on siten tarkkaan mietittävä tapauskohtaisesti. Laitteissa on hyvä olla säätömahdollisuus, mikäli laitteet osoittautuvat tarvittua tehokkaammiksi.

Työalueen alipaineistukselle ei ollut järjestetty erillistä korvausilmareittiä sille ajalle kun rakennuksen ulkovaippaan ei kohdistunut korjaustoimia. Muutoin korvausilma saatiin vaipan epätiivetyshohtien/aukkojen kautta. Jatkossa korvausilman hallittuun järjestämiseen pitää kiinnittää enemmän huomiota. Myös lämpimän poistoilman johtaminen suoraan ulos on energiataloudellisessa mielessä haaskausta erityisesti talvikauna. Suodatettu poistoilma olisi mahdollista puhaltaa ulos erillisen lämmöntalteenottokiekon kautta, jonka varastoima lämpö voitaisiin käyttää tuloilman esilämmitykseen. Poistoilman suodatuksessa tulee huomioida riittävä suodatusaste, jotta LTO-kiekko ei likaannu. Järjestelmän avulla saavutettaisiin tarvetta vastaava ilmanvaihtuvuus ja työalueen alipaineisuus olisi paremmin hallittavissa. Tätä kautta saataisiin merkittäviä säästöjä ja paremmat työolosuhteet. Ongelmana talvella on usein rakenteiden jäähtyminen, joka heikentää normaalissa käytössä olevien tilojen lämpöolosuhteita. Aihessa olisi potentiaalia jatkotutkimukselle.

5.2 Työvaiheiden pölynhallinta

Pölynhallinta korostuu kohteissa, joissa työskennellään normaalisti korjausten aikana. Tällöin pölynhallinta on tärkeää työmaan kaikissa vaiheissa. Pölyviä työvaiheita ei voida estää, mutta niitä tulee mahdollisuuksien mukaan välttää ja niiden jälkeen tilat tulee aina siivota pölyn kulkeutumisen estämiseksi. Kellokummun tutkimuksen (2010, 41) mukaan rakennussiivouksen merkitys purkutöiden aikana on suuri ja purkualueen lattiapintojen päivittäinen puhdistaminen antaa hyvät edellytykset puhtaudenhallinnalle. Purkutöiden päätyttyä purkamisesta syntynyt pöly on poistettava kaikilta taso- ja pystypinnoilta imuroimalla HEPA-suodattimella varustetulla imurilla. Näin rakennusvaiheen aikana vähennetään pölyn leviämistä ja kantautumista ja niistä aiheutuneita haittoja käyttäjille.

Pölyntorjunnassa pölyn muodostumisen estäminen on ensijainen hallintakeino. Jos pölyn muodostumista ei voida estää, tulee pölyn muodostumista vähentää ja pölyn leviäminen rajata. Henkilökohtainen suojautuminen on vaihtoehto silloin, kun muita keinoja ei ole käytettävissä (Ratu 1225-S, 2). Pölyvien massojen (tasoite-, laasti-, palokatkomassat) käsittelylle ei ollut annettu erikseen ohjeistusta. Jatkossa ohjeistusta tulee tarkentaa massojen sekoituksen osalta siten, että työt suoritetaan erillisessä

osastoidussa tilassa niin, ettei pölyä leviä ympäristöön. Myös kipsilevyjen työstölle ja puutavaran sahaukselle olisi hyvä olla vastaavanlainen tila.

Tärkeää on, että tilaajalla ja toteuttajalla on sama näkemys puhtauden tasosta työmaan eri vaiheissa. Tämän osalta laaditussa ohjeistuksessa on vielä parantamisen varaa. Ajatuksena työmaan puhtauden hallinnassa on se, että puhtaalle rakentamiselle asetetut vaatimukset tukevat koko hankkeen ajan työmaan ja valmiin rakennuksen puhtautta, niin etteivät siivoustoimet painotu ainoastaan hankkeen loppuvaiheeseen.

Korjausrakentamisen pölynhallinnan suunnittelussa voisi jatkossa tarkemmin miettiä eri työvaiheiden pölyntuottoa ja niille asetettavia pölynhallintavaatimuksia. Asikainen ym. (2009) on selvittänyt eri työvaiheiden pölypitoisuuksia työntekijän altistumisen näkökulmasta. Tietoa voidaan soveltaa myös työmaan pölynhallintaan. Pölynhallinnan suunnittelussa työvaiheet voisi jakaa esim. purkuvaiheen työt, runkovaiheen työt, sisävalmistusvaihe, ilmanvaihtoasennuksen vaatimukset ja P1-vaihe. Lisäksi suunnitelmassa olisi tarkemmin lueteltava työt, joissa kohdepoistoa edellytetään.

5.3 Työmaaliikenne

Porrashuoneiden likaisuus aiheutti joidenkin korjauskohteiden osalla palautetta käyttäjien suunnalta. Osalle korjausalueista oli pakko kulkea käyttäjien ja asiakkaiden kanssa samoja porrashuoneita pitkin, koska vaihtoehtoista reittiä ei ollut järjestettävissä. Vaikka porrashuoneiden ja työmaan kulkureittien siivousta oli tehostettu, koettiin silti pölyisyyshaittoja mm. likaisten kengänjälkien näkymisen vuoksi. Tämä johti lopulta siihen, että viimeisimpien korjausalueiden työmaa- ja tavaraliikenne järjestettiin rakennuksen ulkopuolelle pystytettyjä telineitä myöten. Tällä järjestelyllä oli selkeä positiivinen vaikutus.

5.4 Siirtyminen P1-luokkaan ja puhtausvaatimusten toteutuminen

Siirtyminen P1-luokkaan tapahtui pääsääntöisesti suunnitellun aikataulun mukaisesti noin 2-4 viikkoa ennen vastaanottoa. Työmaakohtaisesti aikataulussa oli pieniä eroavaisuuksia. Aikataulussa oli huomioitu, että pölyävät työvaiheet tulivat olla tehty ennen P-luokitusta.

Alakattojen yläpuolten puhdistus osoittautui joillakin korjausalueilla aikaavieväksi työksi. Alakattojen yläpuolia jouduttiin joillakin alueilla puhdistamaan jopa kolme kertaa, ennenkuin ne täyttivät rakennuttajan asettaman puhtaustavoitteen. Osittain puhdistamista vaikeutti vanhan umpinaisen kipsilevyalakaton paikoilleen jättö, jossa ei ollut aluksi riittävästi puhdistusluukkuja työn suorittamiseen. Myöhemmillä korjausalueilla päädyttiin käytävien alakattojen uusintaan, joka helpotti puhdistustyötä ja paransi sen laatua.

Kellokumpu (2010, 41) toteaa tutkimuksessaan, että korjaushankkeen aikataulut on suunniteltava siten, että loppusiivoukselle mahdollistetaan se aika, mikä hyvän lopputuloksen aikaansaamiseksi on välttämätöntä. Tämä korostui myös tässä kohteessa. Alkuperäistä aikataulua jouduttiin muuttamaan vaaditun puhtaustason saavuttamiseksi.

Esimerkkikohteessa tiloilta vaaditut puhtaustavoitteet saavutettiin vaatimusten mukaisesti. Tilojen puhtauteen kiinnitettiin vielä loppusiivouksenkin jälkeen erityistä huomiota. Koska kyseessä olivat sisäilmaongelmista aiheutuneet korjaukset, tiloille tehtiin vielä ns. desinfioiva siivous kaksi viikkoa ennen käyttäjien muuttoa. Lisäksi käyttäjien irtaimisto puhdistettiin ennen sen tuomista korjattuihin tiloihin. Uusituista materiaaleista aiheutuvien emissioiden minimoimiseksi tiloissa oli käytössä kahden viikon tuuletusaika, jolloin ilmanvaihto oli päällä jatkuvasti. Muuton jälkeen tehostettua ylläpitosiivousta jatkettiin kohteessa vielä noin 1 kk ajan. Kohteen siivousten sisältövaatimukset oli esitetty yksityiskohtaisesti erillisissä asiakirjoissa.

Kehitystarvetta kohdistuu edelleen työmaan aikaisen puhtauden valvonnan toteutukseen. Säännöllisesti tehty valvonta mahdollistaa välittömän puuttumisen ongelmakohtiin. Valvontaa varten tarvittaisiin helposti täydennettävä seurantalomake, jonka avulla laatua voidaan jatkuvasti seurata.

5.5 Korjausten toteutus suuremmissa kokonaisuuksissa

Korjaukset toteutettiin käyttäjien kanssa yhdessä suunnitellun vaiheistuksen ja aikataulun mukaisesti, koska kaikkia käyttäjätoimintoja oli mahdotonta siirtää väistötiloihin korjausten ajaksi. Normaalin toiminnan ja rakennustyön yhteensovittaminen vaatii aina merkittävää etukäteis- ja työnaikaista suunnittelua. Siitä huolimatta yllätyksiä ilmaantuu ja täysin häiriöttömäksi ei korjausrakentamista voida millään keinoilla saada.

Korjaukset toteutettiin vaiheittain pienehköissä osissa eri kerroksissa ja eri puolilla rakennusta. Jälkikäteen ajateltuna korjauksia olisi ehkä kuitenkin voinut tehdä suuremmissa kokonaisuuksissa. Korjausten sisältö oli kaikilla korjausalueilla sama, joten useamman kerroksen korjaus pystylinjassa olisi helpottanut työmaan aiheuttamien häiriöiden hallintaa monessakin mielessä. Myös korjausten kestoa olisi siten saatu lyhennettyä ja käyttäjille korjauksista aiheutuneita haittoja vähennettyä. Myös käyttäjien irtaimiston puhdistus olisi siten ollut helpommin hallittavissa. Tosin suuremmat kokonaisuudet olisivat vaatineet isommat väistötilat.

5.6 Kustannukset

Tässä opinnäytetyössä ei tarkasteltu pölynhallinnan kustannusvaikutuksia tavalliseen rakentamiseen verrattuna, koska korjaukset tehtiin kaikilla alueilla P1-luokan puh-
tausvaatimusten mukaisesti. Pölynhallinnasta aiheutuviin kustannuksiin vaikuttavat suojausten tekemiseen tarvittavat materiaalit ja työ, alipaineistukseen käytettävä kalusto, suojausten rikkoutuminen työn aikana, jätteiden kuljetus, lajittelu ja kaatopaikkamaksut. Näistä pölynhallinnassa käytettävä alipaineistuskalusto muodostaa suurimman menoerän, johon vaikuttaa laitteiden käyttöaste ja alipaineistuksen kesto. Lyhytkestoisissa kohteissa vuokratulusto on edullisempi ratkaisu kuin kaluston ostaminen. Lisä- ja muutostyöt lisäävät pääsääntöisesti pölynhallinnan kustannuksia. (Viljakka 2006, 39.) Jätteiden lajittelu tuo huomattavaa kustannussäästöä edullisempien kaatopaikkamaksujen kautta.

Huonosti toteutettu pölynhallinta maksaa toteuttajalle siivouskuluina huomattavasti enemmän kunnolla tehtyyn pölynhallintaan verrattuna. Lisäksi rakenteisiin jäävä rakennusaikainen pöly aiheuttaa toteuttajalle menoeriä vielä kohteen valmistumisen jälkeenkin toteutumattomina laatuvaatimuksina. (Viljakka 2006, 39.)

Sisäilmakorjausten taustalla on hyvin useassa tapauksessa sisäilmaongelmat, joista johtuen rakenteisiin jäävä pöly voi sisältää normaalin rakennuspölyn lisäksi mikrobiologisia, kemiallisia tai kuitumaisia epäpuhtauksia. Pahimmassa tapauksessa tämä johtaa siihen, että tiloihin muuttajat eivät voi työskennellä korjatuissa tiloissa, vaan sisäilmaoireilu alkaa uudestaan, vaikka korjaukset olisivatkin muutoin toteutettu suunnitelmien mukaisesti. Tilanne voi johtaa siihen, että käyttäjät muuttavat tiloista pois joko väliaikaisesti (siivousten ajaksi) tai jopa kokonaan. Täten huonon pölynhallinnan kustannusvaikutus voi kasvaa edelleen saamattomina vuokratuloina.

Pölyhallinta ja siisti työmaa ovat myös työturvallisuustekijöitä. Siisti työmaa vähentää mm. pölyaltistumista ja kompastumisriskejä, joiden myötä työtaturmien ja sairaslomapäivien määrä oletettavasti vähenee. Lisäksi töiden eteneminen siistillä työmaalla on kustannustehokkaampaa, kun työn voi aloittaa heti ilman muiden jälkien siivoamista.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli kuvata työmaan puhtauden hallinnan toimintamalli, jonka kehitystyö tehtiin sisäilmakorjauskohteessa, jossa korjaukset toteutettiin vaiheittain. Työssä on esitetty miten puhtauden hallinnan vaatimukset oli kirjattu urakkalaskennan asiakirjoihin ja miten puhtauden hallintaa tehtiin työmaalla.

Hyvän ja puhtaan sisäilmaston muodostuminen alkaa jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa. Asetettavat sisäilmasto- ja puhtausvaatimukset tulee suunnitella kohdekohtaisesti, sillä korjausten sisältö tai taustalla olevat sisäilmaongelmat vaativat erilaisia toimenpiteitä pölynhallinnan tai purkuvaiheen suojausten suhteen.

Asetetut sisäilmasto- ja puhtausvaatimukset on kirjattava riittävän yksityiskohtaisesti urakkalaskenta-asiakirjoihin. Vain tämä mahdollistaa sen, että kaikilla tarjoajilla on tilaajan tahto etukäteen tiedossa. Näin urakoitsijat joutuvat jo laskentavaiheessa miettimään ratkaisuja, joilla kohde voidaan toteuttaa laatuvaatimusten mukaisesti. Tulevaisuuden tavoitteena on, että rakennuttaja voisi asettaa vaatimukseksi, että urakoitsijalla on oltava kokemusta P1-luokan kohteiden tekemisestä, jotta hän olisi sovelias tarjoamaan kohdetta.

Ennen töiden aloitusta on varmistettava koulutuksen avulla, että puhtausvaatimukset ja sallitut toimintatavat ovat kaikkien urakoitsijoiden ja alihankkijoiden työntekijöiden tiedossa. Siisti ja pölytön työmaa luo hyvät edellytykset myös puhtaille ja turvallisille työskentelyolosuhteille. Koulutuksessa on tuotava esille työmaan puhtauden arviointitavat ja mahdolliset sanktiokäytännöt. Asetettujen vaatimusten todentamiseksi tulee työmaalla olla riittävä valvonta, joka dokumentoidaan. Tulevaisuudessa kaikille työntekijöille voitaisiin vaatia hygieniapassia vastaava puhtauden hallinnan osaamisen osoittava kortti. Hyväksymismerkintä tästä olisi liitetty kuvalliseen työmaan henkilökorttiin.

Esimerkkikohteessa korjaustöitä jouduttiin toteuttamaan muun rakennuksen ollessa normaalikäytössä. Tämä asetti erityisvaatimuksia työmaan pölynhallinnalle. Pääasiallisina pölynhallintakeinoina olivat korjausalueen alipaineistus sekä tiivistykset ja osastoinnit urakka-alueen rajoilla sekä jatkuva puhtauden hallinta työmaasiivouksen avulla. Jatkovatoiminen paine-eroseuranta oli helppo ja edullinen tapa seurata työmaan olosuhteita. Seuranta osoitti, että korjausalueilla saavutettiin helposti alipaineisuusvaatimukset ja saatettiin helposti mennä jopa liian suuren alipaineisuuden puolelle. Työmaan liika alipaineisuus voi vaikuttaa myös korjausalueen ulkopuolella alipaineis-

taen muuta rakennusta haitallisesti. Siksi korjausalueen sekä normaalissa käytössä olevien alueiden alipaineisuutta tulee seurata ja pystyä hallitsemaan alipaineistajien säädöllä, tiiviillä osastoinnilla ja rakennevuotojen tiivistämisellä.

Hyvän ja puhtaan lopputuloksen saavuttaminen koskee myös käyttäjien toimia muutovaiheessa. Tiloihin ei saa tuoda puhdistamatonta irtaimistoa, mikäli se on aiemmin ollut sisäilmaongelmaisissa tiloissa. Tässä kohteessa kaikki irtaimisto papereita myöten käsiteltiin ennen korjattuihin tiloihin siirtoa. Muuton jälkeen tulee lisäksi huomioida, että ylläpitosiivouksen taso on riittävä, ennenkuin tilanne normalisoituu. Tehostettua ylläpitosiivousta jatkettiin tässä kohteessa noin 1 kk tilojen käyttöönoton jälkeen.

Mielestäni opinnäytetyölle asetetut tavoitteet saavutettiin hyvin. Lisäksi korjauskohdeessa käytetyt pölynhallintamenettelyt toimivat ja asetetut puhtausvaatimukset saavutettiin. Vaikka kohteessa käytetyt puhtauden hallinnan menettelytavat olivat varmasti parhaita kehityksen kärkeä Suomen korjausakentamisen sektorilla, niin siitä huolimatta kehitys- ja parannusehdotuksia löydettiin useita. Näistä merkittävimpana voitaneen pitää työalueelta koneellisesti poistetun ilman lämmöntalteenottoa. Varastoitua lämpöä voitaisiin käyttää tuloilman esilämmitykseen. Järjestelmän avulla saavutettaisiin tarvetta vastaava ilmanvaihtuvuus ja työalueen alipaineisuus olisi paremmin hallittavissa.

LÄHTEET

Asikainen, V., Damsten, H., Ihalainen, M., Kalliokoski, P., Karjala, M.-M., Korpi, A., Kurnitski, J., Kuuspallo, K., Naarala, J., Palonen, J., Pasanen, P & Soininen, V. 2009. Rakennuspölylle altistumisen vaikutus uudisrakentamisessa. Loppuraportti TSR-hanke 107051 (osa A). Kuopion yliopiston ympäristötieteen laitoksen monistesarja. 3/2009. Kuopio: Kuopion yliopisto.

Asumisterveysopas. 2009. 3. korjattu painos. Ympäristö ja Terveys-Lehti. Pori.

A. Seppälä Total Quality Oy. Pölynhallinnan käsikirja. [verkkojulkaisu, viitattu 28.3.2011]. Saatavissa: http://www.astq.composer.fi/images/esite/ilmanpuhdistuksen_kasikirja.pdf

C2 Kosteus. Määräykset ja ohjeet 1998. Suomen rakentamismääräyskokoelma. [viitattu 28.3.2011]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/1918-c2.pdf>

C3 Rakennusten lämmöneristys. Määräykset 2010. Suomen rakentamismääräyskokoelma. [viitattu 28.3.2011]. Saatavissa: http://www.finlex.fi/data/normit/34163-C3-2010_suomi_221208.pdf

D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2010. Suomen rakentamismääräyskokoelma. [viitattu 28.3.2011]. Saatavissa: http://www.finlex.fi/data/normit/34164-D2-2010_suomi_22-12-2008.pdf

Kaivonen, J.-A. 2006. Korjausrakentamisen työmaatekniikka. Teoksessa Kaivonen, J.-A. (toim.) Rakennusten korjaustekniikka ja talous. Tampereen teknillinen korkeakoulu ja Rakennustieto Oy, Gummerus Kirjapaino Oy, 209.

Karhu, T. 2010. Työmaan sisäilmaston olosuhdehallinta. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu, rakennustekniikka, tekniikan ja liikenteen ala. Opinnäytetyö.

Kellokumpu, J. 2010. Puhtaudenhallintaohjeet Siilinjärven kunnan toimitilojen korjausrakentamisessa. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu, rakennustekniikan koulutusohjelma, rakennus- ja turvallisuustekniikka. Opinnäytetyö.

Mikkonen, P. 2006. Korjaustyömaan turvallisuus. Teoksessa Kaivonen, J.-A. (toim.) Rakennusten korjaustekniikka ja talous. Tampereen teknillinen korkeakoulu ja Rakennustieto Oy, Gummerus Kirjapaino Oy, 192-193.

Narvanne, J., Majanen, A., Eskola, L., Kukkonen, E., Holopainen, R. & Tuomainen, M. 2002. Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden tarkastusohje. Puhdas toimiva ilmanvaihto. Sisäilmayhdistys, julkaisu 18.

Ratu 82-0347. Asbestia sisältävien rakenteiden purku. Menetelmät. 2009. Rakennustieto Oy.

Ratu 09-3038. Asbestityökoneet. Kone-ratu. 2006. Rakennustieto Oy.

Ratu 82-0236. Asbestia sisältävien rakenteiden purku. Menetelmät. 2000. Rakennustieto Oy.

Ratu 82-0239. Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku. Menetelmät. 2000. Rakennustieto Oy.

Ratu 1225-S. Pölyntorjunta rakennustyössä. Suunnitteluohje. 2009. Rakennustieto Oy.

Ratu 82-0240. Tavanomaiset purkutyöt. Menetelmät. 2000. Rakennustieto Oy.

Ratu 1214-S. Työmaatekniikka. Työmaan aputyöt ja huolto. Suunnitteluohje. 2005. Rakennustieto Oy.

RT 07-10946 Sisäilmastoluokitus 2008. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. RT-ohjekortti. Rakennustietosäätiö RTS.

RT 07-10832 Terveen talon toteutuksen kriteerit, Kriteerit ja ohjeet asuntorakentamiselle 2004. RT -ohjetiedosto. Rakennustietosäätiö RTS.

RT 07-10805 Terveen talon toteutuksen kriteerit, Kriteerit ja ohjeet toimitilarakentamiselle 2003. RT-ohjetiedosto. Rakennustietosäätiö RTS.

Senaatti-kiinteistöjen ohje, 1.10.2009. Mikrobivaurioituneiden tilojen irtaimiston puhdistus ja siirto.

Senaatti-kiinteistöjen ohje, 1.10.2009. Purku- ja siivousohje, sisäilmakokrajukset.

Seppänen, K. 2010. Painesuhteet rakennuksen ulkovaipan yli. Aducate Reports and Books 9/2010. Kuopio: Itä-Suomen yliopisto Koulutus- ja kehittämisspalvelu Aducate. Rakennusterveysasiantuntija lopputyö.

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 26.3.2009/205. Finlex.
Lainsäädäntö [viitattu 28.3.2011]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/>.

Viljakka, M. 2006. Pölynhallinnan suunnittelu korjausrakentamisessa. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu, rakennustekniikan koulutusohjelma, rakennustuotanto. Opinnäytetyö.

www.savonia.fi

