

Alakattotyövaiheen tarkastukset ja laadunvarmistus

Juho-Matti Junntila

Opinnäytetyö
Toukokuu 2019
Tekniikan ala
Insinööri (AMK), Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Junttila, Juho-Matti	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2019
	Sivumäärä 50	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: Kyllä
Työn nimi Alakattotyövaiheen tarkastukset ja laadunvarmistus		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), rakennustekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Jussi Korpinen ja Seppo Pitkänen		
Toimeksiantaja(t) SRV Rakennus Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Rakennushankkeista etenkin toimitilakohteissa on sisäkatot huomioitava jo hanke- sekä luonnossuunnitteluvaiheessa, sillä kohteissa suositetaan pääsääntöisesti elementtirakentamista. Elementtirakentamisen myötä kiinteistöjen jatkuvasti lisääntyvät talotekniset järjestelmät asennetaan pääosin pinta-asennuksina kantavan väli- ja yläpohjan alle. Kantavan rungon ja ripustetun alakaton väliin jäävä asennustila eli ontelo takaa riittävän tilan taloteknisille asennuksille ja sisäkatot peittävät asennukset taakseen sekä luovat käyttäjälle esteettisen, turvallisen ja terveellisen ympäristön. Lisäksi sisäkatoilla voidaan luoda luontevammat mittasuhteet muun muassa pienille huoneille laskemalla sisäkattokorkoa.</p> <p>Varsinainen sisäkattotyövaihe jakautuu käytännössä kahteen osaan; likaiseen ja puhtaaseen vaiheeseen. Sisäkattoihin erikoistuneita urakoitsijoita on useampia ja laadukas sisäkatto saadaan tehtyä mm. Rakennustiedon ohjekortein ammattitaitoisten henkilöiden tekemänä. Työn tarkoituksena on kuitenkin itse sisäkattotyön lisäksi tuoda esiin ja korostaa sisäkattovaiheen rakennus- ja talotekniset edeltäjät sekä asetusten, ohjeiden ja tilaajan asettamien laatuodotusten edellyttämät vaatimukset. Laatuodotuksista keskeisimpiä ovat Sisäilmastoluokitus 2018:n mukaiset sisäilmaston tavoitearvot turvallisten ja terveellisten tilojen varmistamiseksi. Näin työlle voitiin asettaa tavoitteeksi luoda yhteinen ja ennen kaikkea selkeä ohjeistus kokonaisuudelle, joka päättyy lopulta sisäkattojen ummistamiseen.</p> <p>Työ toteutettiin sisäkattotöihin suoraan sekä epäsuorasti liittyviä kirjallisuuslähteitä yhdistämällä sekä johtamalla itse työvaiheita hankkeella. Näin saatiin luotua kokonaisvaltainen kuva siitä, mitä yksittäinen, mutta merkittävä työvaihe vaatii onnistuakseen. Työn kautta saatiin siis luotua yhtenäinen tarkastuspohja talo- ja rakennustekniikalle, joiden yhteensovittaminen korostuu eksponentiaalisesti hankkeen vaativuuden kasvaessa.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Alakatot, Terve Talo, laadunvarmistus		
Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)		

Author(s) Junttila, Juho-Matti	Type of publication Bachelor's thesis	Date May 2019 Language of publication: Finnish
	Number of pages 50	Permission for web publication: Yes
Title of publication Scrutinies and quality assurance of suspended ceilings		
Degree programme Civil Engineering		
Supervisor(s) Korpinen, Jussi & Pitkänen, Seppo		
Assigned by SRV Rakennus Oy		
<p>Abstract</p> <p>For building projects, especially in the business premise projects, the ceilings must be taken into account already at the project- and the draft design stage, as prefabricated element construction is preferred in these projects. As a result of the prefabricated element construction, the continuously increasing HVAC and electric systems of the buildings are installed mainly under the intermediate floors and the roof as surface installations. The installation space between the load-bearing frame and the suspended ceiling, i.e. the cavity, provides sufficient space for the HVAC and electric installations and the ceilings cover the installations and create an aesthetic, safe and healthy environment. In addition, the ceiling can be used to create more natural proportions for smaller rooms, for example, by lowering the ceiling elevation.</p> <p>The actual indoor ceiling stage is divided into two parts: the unclean and the clean stage. There are many specialized indoor ceiling contractors and skilled personnel can make a high quality ceiling using the help of Rakennustieto guides. However, in addition of the actual ceiling phase the purpose of the work is to highlight and emphasize the construction and HVACE precursors of the roofing stage as well as the requirements set by the regulations, guidelines and quality expectations set by the assignor. Some of the most important quality expectations are the indoor climate target values of indoor climate 2018 to ensure safe and healthy conditions. Thus, the goal of the work could be to create a common and above all clear guide to the entirety, which eventually ends up closing the ceiling.</p> <p>The work was carried out by combining directly and indirectly related literary sources and managing the work at the project. This created a holistic picture of what an individual, but significant, step requires to succeed. Thus, a uniform audit basis for construction and HVACE crews was created, the coordination of which is accentuated exponentially as the complexity of the project increases.</p>		
Keywords/tags (subjects) Ceiling, Terve Talo, quality assurance		
Miscellaneous (Confidential information)		

Sisältö

1	Hyvä, turvallinen sekä terveellinen ympäristö käyttäjälle ja potilaalle.....	5
1.1	Johdanto	5
1.2	Tavoite	6
1.3	Toimeksiantaja	7
2	Keskeiset käsitteet.....	7
2.1	Terve Talo -kriteerit.....	7
2.2	Sisäilmastoluokitus 2018.....	8
2.2.1	Rakennustöiden puhtausluokitus.....	8
2.2.2	Rakennusmateriaalien päästöluokitus	9
2.2.3	Ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokitus.....	9
2.2.4	Ilmanvaihtotuotteiden puhtausluokitus.....	9
2.3	Sisäkatot	10
2.4	Talotekniset järjestelmät.....	10
2.5	Laadunvarmistus	11
3	Rakennustekniset edeltäjät	11
3.1	Rakenteiden palosuojaus	12
3.2	Muuratut väliseinät	14
3.3	Levyväliseinät	15
3.4	Painuma-, ääni- sekä tiiveyskittaukset	17
3.5	Tasointu- ja maalaustyöt.....	18
3.6	Lattiatasointu	19
4	Talotekniset edeltäjät.....	19
4.1	Palosammutusjärjestelmät.....	20
4.1.1	Sprinklerilaitteisto	21
4.1.2	Kaasusammutuslaitteisto	22

	2
4.2 Savunpoistojärjestelmä	23
4.3 Ilmanvaihtojärjestelmä.....	24
4.3.1 Ilmanvaihtojärjestelmän asennusolosuhteet	24
4.3.2 Valmiin ilmanvaihtoasennuksen todentaminen	26
4.3.3 Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaustarkastus.....	27
4.3.4 Ilmanvaihtojärjestelmän tiiveys	28
4.4 Vesi- ja viemärijärjestelmä	29
4.5 Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmä.....	31
4.6 Sähköjärjestelmä	31
4.6.1 Johtotiet.....	32
4.6.2 Kaapelointi	32
4.7 Kohdekohtaiset erikoisjärjestelmät	33
4.7.1 Sairaalakaasujärjestelmä	33
4.7.2 Putkipostijärjestelmä.....	35
4.7.3 Hammashoitajärjestelmät.....	35
4.7.4 Kiinteät sairaalalaitteet.....	36
5 Alakattotöiden ensimmäinen vaihe	37
5.1 Kiinteät alakatot	39
5.2 Avattavat alakatot - runkojärjestelmä ja haittalevyt	40
5.3 Alakattojen tekniikka-asennukset	41
6 Alakattojen sulkeminen	42
6.1 Työlajien tarkastukset	42
6.2 Alakattojen sulkemista edeltävä siivous	43
6.3 Alakattojen sulkeminen.....	44

7	Johtopäätökset.....	46
8	Pohdinta.....	46
	Lähteet	48

Kuviot

Kuvio 1. Palokatkomassattu piilokonsoli.....	14
Kuvio 2. Muurattujen sisärakenteiden ulottuvuus- ja sijaintivaatimukset.....	14
Kuvio 3. Muuratun seinän yläpää.....	15
Kuvio 4. Sisäverhouslevytysten mittatarkkuusvaatimukset	16
Kuvio 5. Levyväliseinän yläpää	16
Kuvio 6. Valmis väliseinätyö	18
Kuvio 7. P1-asennusalueen osastointi.....	25
Kuvio 8. Ilmanvaihtokanaviston kannakointi liitososien vaikutuksesta.....	27
Kuvio 9. Puhtauden arviointiin käytettävä kuvamateriaali.....	27
Kuvio 10. Vaakaputkien suurimmat sallitut kannakointivälit	30
Kuvio 11. PP-muoviviemäreiden suurimmat sallitut kannakointivälit.....	30
Kuvio 12. Valurautaviemärin suurimmat sallitut kannakointivälit	30
Kuvio 13. Hiltin modulaarikannakointijärjestelmä sekä laitetoimittajan laippa.....	37
Kuvio 14. Sisäkaton käsitteitä	40
Kuvio 15. Alakaton tekniikka-asennusten esitystapa.....	42

1 Hyvä, turvallinen sekä terveellinen ympäristö käyttäjälle ja potilaalle

1.1 Johdanto

Keski-Suomeen, Jyväskylän Kukkumäkeen rakennetaan uutta keskussairaala, joka on maakunnan kärkihankkeita olemalla 2000-luvun ensimmäinen rakennettava keskus-sairaala. Se tulee korvaamaan alkuperäisen, vuonna 1954 valmistuneen ja vuosina 1967–2014 erikoisalojen ja teknologioiden kehittyessä useaan otteeseen laajennetun keskussairaalan käyttöönottovuonnaan 2020. Alkuperäisessä keskussairaalassa oli 375 vuodepaikkaa ja tilat oli jaoteltu yksinkertaisesti sekä tehokkaasti potilaiden käytävään ja omiin hallinto- sekä huoltosiipiin. Laajennusten myötä vuodepaikkojen määrä nousi noin tuhanteen, mutta samaan aikaan todettiin, että laajalle levinnyt sairaala ei ole mielekäs työntekijälleen, saati potilaalle. Epäkäytännöllisen logistiikan lisäksi Keski-Suomen sairaanhoitopiiri (2014) ilmoitti, että vuonna 2011 tehdyn selvityksen mukaan nykyisen sairaalan tiloista 60 % tarvitsee täydellistä peruskorjausta ja eriasteisista sisäilmaongelmista kärsii 30 % tiloista. (Keski-Suomen keskussairaalan 60-vuotisvideo 2016; Keski-Suomeen täysin uusi sairaala KSSHP:n valtuuston päätöksellä 2014.)

Valtavirrasta poiketen Keski-Suomen keskussairaala ei enää lähdetty korjaamaan, vaan päätettiin rakennuttaa täysin uusi, aiempaa kokonaisuutta kompaktimpi erikois-sairaanhoidon, perusterveydenhuollon ja sosiaalipalvelut integroiva sairaala, jonka infra on rakennettu uusimpien teknologioiden varaan. Uuden sairaalan keskeinen tavoite on tarjota keskisuomalaisille potilaskeskeistä ja vaikuttavaa hoitoa modernissa, turvallisessa ja terveellisessä ympäristössä.

Uuden sairaalan rakentamista ohjaa viimeisin kirjallisuustieto terveellisestä ja toimivasta rakentamisesta ja suunnitteluun ovat osallistuneet myös käyttäjät, jotta 40–60 vuoden käyttöikä saavutetaan myös tulevaisuudessa. Tämän työn keskeisimpiä kirjallisuuslähteitä ovat Terve Talo -rakentamisen ohjeet ja Sisäilmastoluokitus 2018, joka määrittelee sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet sekä tuotevaatimukset. Lisäksi tarkastellaan muun muassa ääni-, tiiveys- ja palokittaukset sekä muut keskeiset laatutekijät rakennus- ja taloteknisten järjestelmien osalta alakattojen yhteydessä.

1.2 Tavoite

Työn tavoite on luoda hankkeen alakattotyövaiheen työnjohtajalle tietopankki kaikista alakattoihin liittyvistä keskeisistä laadunvarmistustoimenpiteistä sekä niiden ajoituksia työvaiheittain. Alakattotyövaiheeseen liittyy useita tarkastettavia osa-alueita ennen varsinaista työvaiheen suorittamista, jonka lisäksi työvaihe voidaan saattaa päätökseen vasta luotettavan laatudokumentaation luomisen jälkeen. Laatudokumentaation merkitys korostuu ennen alakattojen sulkemista, sillä alakatot yksittäisenä työvaiheena ummistaa merkittävän määrän talo- ja rakennusteknisiä järjestelmiä ja epäasianmukaisin menetelmin tehtynä ne toimivat myös rakennusaikaisen pölyn kerääjinä, joka tulee saada pois valmiista tuotteesta puhtaan hengitysilman taakamiseksi.

Työ etenee tulevissa kappaleissa eri teemojen mukana kronologisessa järjestyksessä edeltäjistä valmiiseen tuotteeseen. Tietoperusta tulevalle pohjautuu pääosin Rakennustiedon RT-kortiston tuotteisiin, jotka kertovat eri työvaiheiden toteuttamisesta sekä toteuttamisen laadulle asetetuista vaatimuksista. RT-kortiston ohjeistuksen täydentämiseksi työvaiheisiin liitetään Terveen Talon toteutuksen kriteereitä, jotka ohjaavat rakentamista täydentämällä rakentamisen yleisiä laatuvaatimuksia sekä hyvää rakentamistapaa. Rakennustiedon RT-kortisto edustaa viimeisintä tietämystä turvallisuudesta ja terveellisestä rakentamisesta, joten on perusteltua koota tietopankki, joka yhdistää kortiston kirjallisuustietouden työvaiheen työnjohtajalle työn tueksi.

Kirjallisuustiedon koostamisen lisäksi on huomioitava hankkeen erityspiirteet. Hankkeen laajuuden sekä vaativuuden vuoksi käytiin lukuisia keskusteluja hankkeen eri osapuolten kesken. Keskusteluja käytiin useiden suunnittelualojen edustajien, valvontaorganisaation sekä SRV:n vastuuhenkilöiden kesken. Kvalitatiivinen tutkimus sekä sen tuottama tieto herättää usein keskustelua muun muassa tiedon luotettavuudesta. Johdonmukaisuus sekä yhtenäisyys ovat yksi kvalitatiivisen tutkimuksen luotettavuuden kriteereistä ja käydyistä keskusteluista voitiin havaita lukuisia yhteneväisyyksiä eri organisaatioiden edustajien tehtävistä riippumatta. Tehtävästä riippuen voitiin havaita painotukset eri asioiden arvostuksessa, mutta vastausten välillä voitiin havaita selkeä yhteys muun muassa laadunvarmistamisen merkitykseen.

(Hammarberg, K., Kirkman M. & de Lacey, S 2016.)

1.3 Toimeksiantaja

SRV Rakennus Oy on vuonna 1987 perustettu kaupunkikeskusten kehittäjä, suurten kärkihankkeiden toteuttaja sekä Suomen johtava projektinjohtourakoitsija. Tämän lisäksi SRV on profiloitunut myös sairaalahankkeiden osaajaksi; SRV on rakentanut muun muassa Jorvin sairaalan päivystyslisärakennuksen, Meilahdessa sijaitsevan HUSLAB laboratoriorakennuksen sekä Helsingin Uuden Lastensairaalan. Näiden lisäksi vuonna 2020 Tampereen yliopistollisen sairaalan alueelle valmistuu kolme (3) uutta sairaalarakennusta, Keski-Suomeen Uusi Sairaala Nova ja vuonna 2022 Meilahteen valmistuu Töölön sairaalan korvaava Siltasairaala. (SRV yhtiönä n.d; SRV jatkokehittämään historiansa suurinta, noin 300 miljoonan euron sairaalahanketta Keski-Suomessa 2016; SRV:n työmaat n.d.)

2 Keskeiset käsitteet

2.1 Terve Talo -kriteerit

Terveen Talon toteutuksen kriteerit ohjaavat rakentamista täydentämällä rakentamisen yleisiä laatuvaatimuksia sekä hyvää rakentamistapaa. Terve Talo -kriteerit käsittelevät erityisesti rakenteiden rakennusfysikaaliseen toimivuuteen, rakennushankkeen kosteudenhallintaan sekä vaipan ja erikseen määriteltyjen sisätilojen tiiviyyteen liittyviä asioita. Terve Talo -toteutukseen kuuluu edellä mainittujen tekijöiden lisäksi olennaisena osana myös puhtaudenhallinta niin työmaan, toimintakokeiden kuin vastaanoton aikana.

Terve Talo -ohjeet eivät kuitenkaan ainoastaan ohjaa rakentamisvaihetta, vaan ne tulee ottaa keskeiseksi osaksi suunnittelua jo hanke- ja luonnossuunnitteluvaiheessa. Viimeistään luonnossuunnitteluvaiheessa päätetään se, että toteutetaanko rakennushanke Terve Talo -projektina ja tämän myötä tilaaja asettaa hankkeelle myös Sisäilmastoluokitus 2018:n mukaisen sisäilmaston laatuluokan S1 tai S2. (RT 07-10805 2003.)

2.2 Sisäilmastoluokitus 2018

Sisäilmastoluokitus 2018 ohjeistaa terveellisempien ja viihtyisämpien rakennusten rakentamiseen. RT-ohjekortissa 07-11299 hyvän sisäilmaston merkitys ja sen saavuttaminen on kiteytetty seuraavasti:

Hyvä sisäilmasto on yksi rakentamisen tärkeimpiä tavoitteita. Sisäilmaston lopulliseen laatuun vaikuttavat yhtä lailla lämmitys-, ilmanvaihto- ja ilmastointilaitteet, rakennustekniikka, rakennustyöt ja käytetyt materiaalit kuin rakennuksen käyttö ja kunnossapito. Hyvä sisäilmasto edellyttää esitettyjen asioiden huomioon ottamista suunnittelun, rakentamisen ja käytön kaikissa vaiheissa. (RT 07-11299 2018.)

Sisäilmastoluokitus 2018:n käyttäminen edellyttää tilaajalta sisäilmastolle asetettavia tavoitteita. Näistä ensimmäinen on sisäympäristön tavoitearvo S, joka jaetaan kolmeen (3) laatuluokkaan, joista S1 on vaativin. S1-luokituksen mukainen sisäilmasto on muun muassa valaistuksen ja lämpötilan ohjaamisen suhteen yksilöllinen ja S3-luokka saavutetaan maankäyttö- ja rakennuslain sekä terveydensuojelulain vähimmäisvaatimuksilla. Sisäympäristön tavoitearvon saavuttaminen teoriassa onnistuu noudattamalla suunnitteluohjeita, joihin sisältyy erinäisten arvojen toteutuminen esimerkiksi sallittujen lämpötilojen suhteen, mutta numeeristen arvojen lisäksi on huomioitava myös muun muassa päästöluokitellut tuotteet sekä rakennus- ja ilmanvaihtotyölle asetetut puhtausluokitukset. Tavoitearvon ei tarvitse olla koko rakennusta palveleva, vaan tilaaja ja suunnittelija voivat tarkentaa tavoitearvot tilakohtaisiksi käyttötarkoituksen mukaan. (RT 07-11299 2018.)

2.2.1 Rakennustöiden puhtausluokitus

Rakennustöiden puhtausluokkia on yksi (1) eli P1. P1-luokan rakennuskohde on teoriassa mahdollista ottaa suoraan käyttöön vastaanottovaiheen jälkeen, joten rakennustyön aikainen työmaan puhtaudenhallinta on keskeisessä osassa P1-rakentamista. Rakennusaikainen siivous on yksi merkittävimmistä tekijöistä P1-rakentamisessa ja ohjeistuksen mukaan muun muassa harjasiivous kielletään pölyn leviämisen estämiseksi. Oleellista P1-rakentamisessa on myös materiaalien oikeaoppinen kuljetus, varastointi sekä suojaus ja muun muassa ilmanvaihtotöiden ajaksi osastoidut tilat, jotta kanavistoon ei pääse kertymään rakennustyönäikaisia epäpuhtauksia. (RT 07-11299 2018.)

2.2.2 Rakennusmateriaalien päästöluokitus

Rakennusmateriaalien päästöluokat (M) on jaettu kolmeen (3) osaan, joista M1 asettaa tuotteille korkeimmat laatuvaatimukset. M1-luokitelluista tuotteista huoneilmaan vapautuu vähiten erilaisia kemikaaleja, jotka johtuvat muun muassa tuotteen raaka-aineista sekä niiden kulumisesta. Ilmanvaihdon määrällä voidaan vaikuttaa rakennusmateriaalien päästöjen haittavaikutuksiin hengitysilmassa, mutta lähtökohtaisesti rakennusmateriaaleissa tulee erityisesti luokissa S1 ja S2 suosia vähäpäästöistä M1-luokkaa, jotta ilman epäpuhtaudet jäävät kokonaisuutena alhaiselle tasolle. (RT 07-11299 2018.)

2.2.3 Ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokitus

Ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokituksella varmistetaan, että uudesta ilmanvaihtojärjestelmästä ei tule tuloilman mukana terveydelle haitallisia aineita, kuten esimerkiksi mikrobeita, bakteereita tai kuitupölyjä eikä viihtyisyyttä alentavaa hajua tai hiukkasmaisia epäpuhtauksia. Sisäilmastoluokissa S1 ja S2 ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokitus on aina P1. (RT 07-11299 2018.)

2.2.4 Ilmanvaihtotuotteiden puhtausluokitus

Ilmanvaihtotuotteiden puhtausluokitus tuntee vain luokan M1. Ilmanvaihtotuotteista tarkastellaan erikseen kanavaosat, säätö- ja palopellit, ilmansuodattimet, äänenvaimentimet sekä muut osat. Ilmanvaihtotuotteiden yleiset laatuvaatimukset on esitetty Sisäilmastoluokitus 2018:ssa seuraavasti:

- *Puhtausluokiteltu tuote ei saa lisätä terveyden tai viihtyisyyden kannalta haitallisia epäpuhtauksia ilmanvaihtojärjestelmässä eikä tuloilmassa.*
- *Puhtausluokiteltu tuote ei saa tuottaa tuloilman laatua huonontavaa hajua tai kaasumaisia tai hiukkasmaisia epäpuhtauksia.*
- *Puhtausluokitellun tuotteen tulee olla helposti puhdistettavissa. (RT 07-11299 2018.)*

Kanavaosille määritetään lisäksi, että:

- Osien sisäpintaan ei saa kiinnittää mitään.
- Sisäpinnan karheus ei saa olla yli 1 mm, jotta pinta ei edistä lian kertymistä.
- Kanavien saumat ja liitoskohdat eivät saa olla \varnothing 0 ... 200 mm osissa yli 2 mm korkeita.
- Kanavien saumat ja liitoskohdat eivät saa olla \varnothing 315 mm ja suuremmissa osissa yli 3 mm korkeita.
- Puhdistamista vaikeuttavia tai likaa kerryttäviä jäysteitä ei sallita.
- Tiivistemateriaalit oltava M1 tai M2 luokiteltuja.
- Säättö- ja palopellit oltava puhdistettavissa ilman säättöasennon muutosta ja pellin asennon tulee olla tarkastettavissa ilman kanavan avaamista.

Ilmansuodattimien ja äänenvaimentimien tärkeimpiä ominaisuuksia ovat hajuttomuus, ilmansuodattimien vaihdettavuus sekä materiaalit, joista ei irtoa epäpuhtauksia tuloilmaan. (RT 07-11299 2018.)

2.3 Sisäkatot

Sisäkatto voi olla suoraan kantaviin väli- tai yläpohjarakenteisiin kiinnitetty verhous tai se voi olla edellä mainituista ripustettu, jolloin käytetään nimitystä alakatto. Molemmissa tapauksissa se muodostaa näkyvän pinnan sisätilojen katoille. Sisäkatot mahdollistavat muun muassa taloteknisten järjestelmien verhoamisen, jotta ne eivät jää heikentämään tilan esteettisyyttä tai vaikeuttamaan tilan yleistä puhtaanapitoa esimerkiksi yläpölyjen osalta.

2.4 Talotekniset järjestelmät

TATE eli talotekniset järjestelmät ovat yhteisnimitys kiinteistön sisäisiä olosuhteita ohjaaville teknisille järjestelmille. Yleisesti talotekniikasta puhuttaessa nousevat esiin lähinnä LVI-järjestelmät, jotka muodostavat kiinteistön lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät, vesi- ja viemärointijärjestelmät sekä ilmastointi- ja ilmanvaihtojärjestelmät. Sähköjärjestelmistä puhuttaessa esiin nousevat lähinnä valaistus- ja sähkönjakelujärjestelmät.

Nykypäivänä, taloteknisten järjestelmien jatkuvasti kehittyessä, on kuitenkin keskusteluun otettava mukaan palontorjunta-, rakennusautomaatio-, tietoliikenne-, informaatio-, kulunvalvonta- sekä turvallisuusjärjestelmät. Näiden ja edellä mainittujen LVIS-järjestelmien muodostama kokonaisuus on nykyrakentamisen mukaisessa toteuttamisessa jo vähintäänkin yhtä tärkeä osa kiinteistön turvallisuutta ja terveellisyyttä kuin kiinteistön rakennustekniset ratkaisut.

2.5 Laadunvarmistus

Rakentamista ohjaavat lait, asetukset sekä rakentamismääräykset määrittävät vähimmäistason valmiille rakennukselle. Rakentamista ohjaava viranomainen on ensisijaisesti kiinnostunut näiden laatuvaatimusten täyttymisestä. Näitä vähimmäistason vaatimuksia voi tilaaja kuitenkin halutessaan korottaa hankekohtaisesti. Rakennushankkeessa päätoteuttajan tarkoituksena on tuottaa tilaajalle siis sellainen kiinteistö, jonka hän tilannut ja suunnittelun kautta vaatinut. Laadunvarmistuksella eli ensisijaisesti laatutarkastuksien tuottamalla dokumentaatiolla päätoteuttaja osoittaa viranomaisille sekä tilaajalle, että kiinteistö vastaa sille asetettuja laatuvaatimuksia. Laatutarkastuksia voivat olla muun muassa erilaiset katselmukset sekä mittaukset. Oikea-aikainen laadunvarmistus on yksi rakennushankkeen keskeisiä onnistumisen edellytyksiä (The importance of Quality Assurance in construction n.d).

3 Rakennustekniset edeltäjät

Alakattotyövaiheen rakennustekniset edeltäjät käsitellään liittyvien rakenteiden osalta; esimerkiksi runkorakenteet ja ulkovaipan vedenpitävyys oletetaan toteutetuksi muun muassa Kuivaketju10-riskilistan kohdan 9 mukaan asianmukaisesti: ”Sisäpuolisia kastumiselle alttiita työvaiheita ei saa tehdä, ennen kuin rakennuksen vaippa on ummessa lumi- ja vesisadetta vastaan.” (Kuivaketju10-riskilista 2018)

Rakennustekniikan edeltäjien laatutarkastukset ovat oleellinen osa sujuvaa aikataulullista etenemistä alakattotyövaiheessa, koska virheet ja puutteet aiheuttavat väijäämättömän aikatauluviiveen myös alakaton yläpuolisen talotekniikan asentamiseen. Aikatauluviiveiden välttäminen talotekniikka-asennusten suhteen johtaa toi-

saalta tilanteeseen, jossa tekniikat asennetaan paikalleen ja keskeneräisten rakennustöiden loppuunsaattaminen hankaloituu merkittävästi edessä olevan tekniikan vuoksi.

3.1 Rakenteiden palosuojaus

Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta määrittää rakenteiden kantavuudelle palotilanteessa seuraavat ehdot:

Rakennus ja sen rakennusosat eivät saa aiheuttaa vaaraa sortumisen vuoksi määrättyinä aikana palon alkamisesta. Jos henkilöturvallisuuden takia tai vahinkojen suuruuteen nähden on tarpeellista, rakennuksen on riittävän luotettavasti kestävä sortumatta koko palokuorman palaminen ja jäähtyminen. (A 848/2017, 11 §.)

Kohdekohtaisista suunnitelma-asiakirjoista tulee yksiselitteisesti selvittää palosuojattavat rakenteet ja niihin käytettävät palosuojausmenetelmät. Lähtökohtaisesti erilaiset kantavat teräsrakenteet edellyttävät erillistä palosuojausta, joka paloluokan ja käytettävien profiilien rajoituksin toteutetaan yleensä palosuojamaalauksella. Poikkeuksena mainittakoon esimerkiksi Peikko Groupin ontelolaatastojen aukkojen ympärille suunnittelema Petra-palkki, joka ei R60 (kantavuus säilytetään sortumatta 60 minuuttia) palonkestoaikaan saakka yleensä tarvitse erillistä palosuojausta.

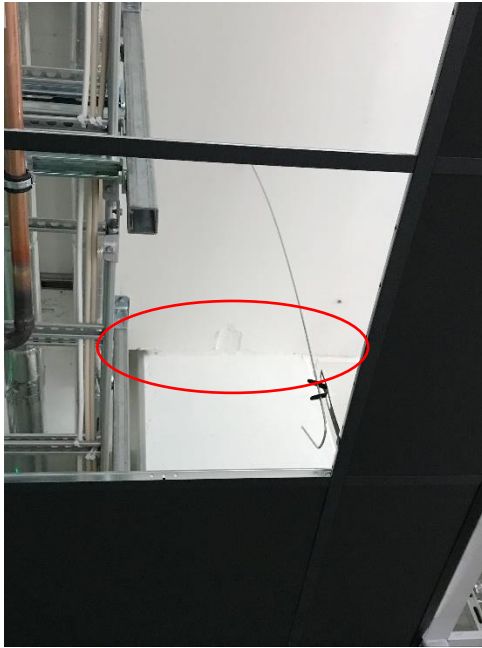
Palosuojamaalausjärjestelmän, johon sisältyy esikäsitteilyn lisäksi toisiinsa soveltuvat pohja-, palosuoja- ja pintamaalit, käyttäminen palosuojausmenetelmänä edellyttää tuotteelta riittävää ainevahvuutta, joka on putkiprofiileilla 3,6 mm ja avoprofiileilla 5 ... 8 mm. Muita vaikuttavia asioita ovat muun muassa kriittiset lämpötilat, poikkeileikkaustekijä ja palonkestoajat. Palosuojamaalauksella päästään yleensä edellä mainitut huomioiden R 120 palonkestoan saakka. (Teräsrakenteiden palosuojamaalaus 2007.)

Paljon työmaalla asennushitsauksia vaativat tai betonivalujen kanssa kosketuksiin joutuvat teräsrakenteet palosuojataan yleensä työmaaolosuhteissa kohteelle laaditun palosuojamaalaussuunnitelman mukaisesti. Palosuojattavat teräsrakenteet hankitaan lähtökohtaisesti pohjamaalattuna, jotta teräspinnan puhtaus on varmistettu tuotevalmistajan toimesta. Puhtaan pinnan päälle maalattu pohjamaali takaa paremmat edellytykset pohjamaalauksen sekä palosuojausjärjestelmän onnistumiselle.

Palosuojattavan teräspinnan tulee olla puhdistettu luokkaan Sa 2½, eli siihen tulee olla tehtynä hyvin huolellinen suihkupuhdistus. Varsinainen palosuojamaalaus suoritetaan tuotevalmistajan ohjeen mukaisesti pohja-, palosuoja- ja pintamaalein valmistajan määrittämään nimelliskalvonpaksuuteen. (Teräsrakenteiden palosuojamaalaus 2007.)

Kalvopaksuus mitataan ennen pintamaalausta jokaiselta alkavalta sadalta neliömetriltä viideltä (5) mittausalueelta, joiden koko on 0,25 m². Mittausalueet tulee valita kattavasti siten, että tarkastettavaksi tulevat rakenteen erilaiset pinnat. Kultakin mittausalueelta tehdään 30 mittausta, joiden keskiarvon tulee ylittää tuotevalmistajan vaatimus. Mittaustuloksista vähennetään terästuoteosavalmistajan ilmoittama pohjamaalin paksuus, jolloin jäljelle jää vain varsinaisen palosuojamaalin kalvonpaksuus. Mikäli tuotteet pohjamaalataan työmaalla, vähennetään mittaustuloksista ennen palosuojamaalausta mitatun pohjamaalikerroksen keskimääräinen kalvonpaksuus. Mikäli tulokset jäävät alle vaaditun, tulee valita lisää tarkastusalueita, jotta saadaan karotittua kaikki vaatimukset alittavat alueet. Tuloksista laaditaan pöytäkirja, johon on kuvattu mittausalueet sekä niistä saadut tulokset. Pöytäkirja liitetään hankkeen laadudokumentointiin. (Teräsrakenteiden palosuojamaalaus 2007; RT 14-11103 2012.)

Teräsprofiilien lisäksi on huomioitava myös piilokonsolien palosuojaus. Teräksestä valmistettuja piilokonsoleita käytetään pääasiassa pilarien ja palkkien liitoksissa sekä palkkien liitoksissa paikallavalettuihin rakenteisiin. Piilokonsolin palokatkon tekoon on tuotevalmistajakohtaiset ohjeet ja yleensä ne voidaan toteuttaa joko käyttämällä kivivillaa ja levyrakenteita tai tyyppihyväksytyjä palokatkomassoja kuvion 1 mukaisesti.



Kuvio 1. Palokatkomassattu piilokonsoli

3.2 Muuratut väliseinät

Muurattujen väliseinien keskeiset laatu- ja sijaintivaatimukset alakattoihin liittyvänä rakenteena liittyvät seinän suoruuteen, tekniikan läpivienteihin sekä yläpään detaljikkaan. Alakattotyypistä riippumatta seinän suoruudessa esiintyvät poikkeamat aiheuttavat havaittavan auraamisen alakattorunkoon. Auraaminen korostuu etenkin ripustettavissa ruutualakatoissa, joissa seinän suoruuspoikkeamat johtavat puolisuunnikkaan muotoisiin reunapaloihin. SisäRYL - Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset 2013 esittää muuratulle väliseinälle kuvion 2 mukaiset vaatimukset.

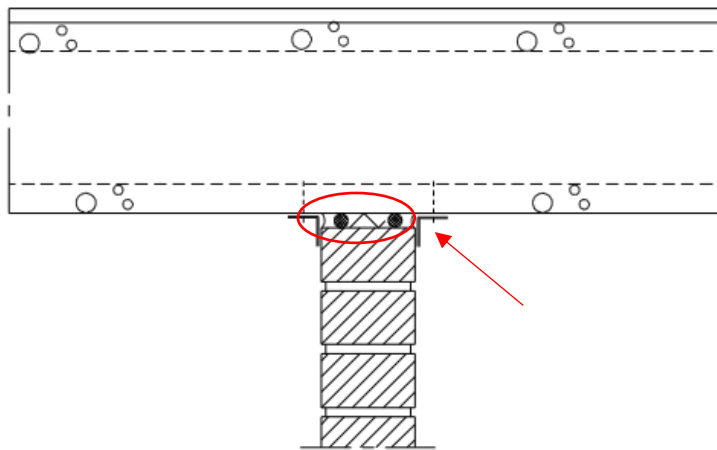
Ulottuvuudet ja sijainti	Suurin sallittu poikkeama		
	Luokka 1	Luokka 2	Luokka 3
Seinän paksuus ¹	± 5 %	± 5 %	± 5 %
Seinän paksuus enintään ¹	± 3 mm	± 8 mm	± 12 mm
Käyryys ²	± 2 ‰	± 3 ‰	± 4 ‰
Kaltevuus ²	± 2 ‰	± 3 ‰	± 5 ‰
Kaltevuus enintään ²	± 12 mm	± 18 mm	± 30 mm
Kaltevuus toisiin rakennusosiin rajoituessaan ²	± 1 ‰	± 1,5 ‰	± 2,5 ‰
Sivusijainti	± 5 mm	± 8 mm	± 8 mm
Etäisyydet viereisiin rakennusosiin	± 5 mm	± 8 mm	± 12 mm
Rakoseinän seinäpuoliskojen välinen etäisyys	± 15 mm	± 15 mm	± 15 mm

¹) Ei koske yhden muurauskappaleen levyisiä tai pituisia seiniä tai pilareita, joiden mittapoikkeamat riippuvat muurauskappaleiden mittapoikkeamista.

²) Mitattuna ylä- ja alapään keskipisteiden yhdyslinjasta.

Kuvio 2. Muuratujen sisärakenteiden ulottuvuus- ja sijaintivaatimukset (RT 14-11103 2012)

Muuratun seinän yläpään detalji esitetään kohdekohtaisesti rakennesuunnitelmissa. Kohdekohtaisten rakennesuunnitelmien sekä SisäRYL:n mukaan on huomioitava väli- tai yläpohjien mahdollinen taipuma pitkällä jänneväleillä. Mahdollinen taipuma runkorakenteissa voi vaurioittaa alla olevaa seinää, mikäli seinän yläpään ja runkorakenteiden väliin ei jätetä taipumasta riippuen ≥ 20 mm, pystysuuntaista liikettä mahdollistavaa painumavaraa. RT-kortissa RT 83-10453 on esitetty kuvion 3 mukainen detalji muuratun seinän yläpäästä. Detaljissa on lisäksi esitetty sivuttaistuet, joiden tarpeen ja dimensiot rakennesuunnittelija määrittelee seinään kohdistuvien kuormitusten ja tuentatavan mukaisesti. (RT 14-11103 2012; RT 83-10453 1991.)



Kuvio 3. Muuratun seinän yläpää (RT 83-10453 1991, muokattu)

3.3 Levyväliseinät

Levyväliseinien keskeiset laatutekijät alakattoihin liittyvänä rakenteena liittyvät seinän suoruuteen, tekniikan läpivienteihin sekä yläpään detaljikkaan. Alakattotyyppistä riippumatta seinän suoruudessa esiintyvät poikkeamat aiheuttavat havaittavan auraamisen alakattorunkoon. Auraaminen korostuu etenkin ripustettavissa ruutualakatoissa, joissa seinän suoruuspoikkeamat johtavat puolisuunnikkaan muotoisiin reunaloihin. SisäRYL - Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset 2013 esittää levyväliseinälle kuvion 4 mukaiset vaatimukset.

Ulottuvuudet ja sijainti	Mittauspituus, mm	Suurin sallittu poikkeama, mm		
		Luokka 1	Luokka 2	Luokka 3
Käyryys ¹⁾	enintään 200	1	1	2
	enintään 1000	3	4	6
	enintään 2000	4	6	10
Seinän poikkeama pystysuorasta ²⁾		5	8	12
Puskusaumoissa sallittu raon leveys				
– saumat ennen silotusta		1	2	3
– saumoja ei siloteta		0,6	1	3
Sauman hammastus ³⁾				
– saumat ennen silotusta ⁴⁾		1	1	2
– saumoja ei siloteta		0,3	0,6	2

¹⁾ Käyryys mitataan suoralla viivaimella asettamalla viivain levytyksen pintaan. Käyryyden lukuarvo saadaan mittaamalla viivaimen ja levytyksen etäisyys mittauspituuden huonoimmasta kohdasta.

²⁾ Usean kerroksen korkeisen seinän poikkeama pystysuorasta määritellään tapauskohtaisesti.

³⁾ Silotuksen jälkeen silotetuissa saumoissa ei sallita hammastusta.

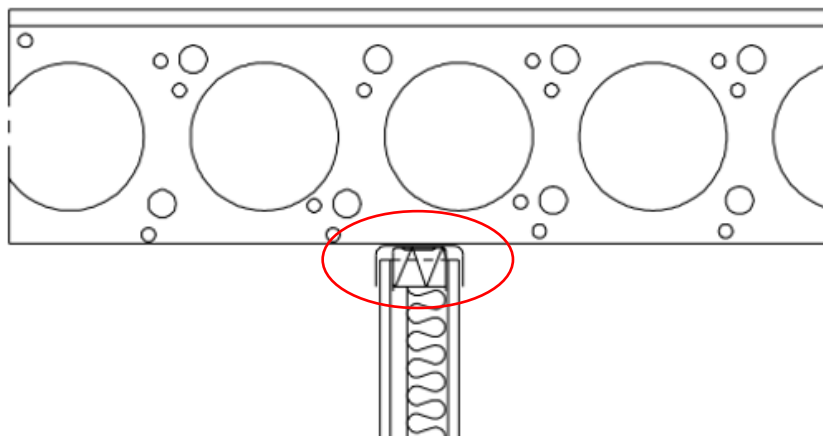
⁴⁾ Koskee myös viistereunaisia levyjä, kun saumoja ei siloteta.

Kuvio 4. Sisäverhouslevytysten mittatarkkuusvaatimukset (RT 14-11103 2012)

Levyväliseinän yläpään detalji esitetään kohdekohtaisesti rakennesuunnitelmissa.

Kohdekohtaisten rakennesuunnitelmien sekä SisäRYL:n mukaan on huomioitava väli-tai yläpohjien mahdollinen taipuma. Mahdollinen taipuma runkorakenteissa voi vaurioittaa alla olevaa seinää, mikäli seinän yläpään ja runkorakenteiden väliin ei jätetä taipumasta riippuen $\geq 20 \dots 30$ mm, pystysuuntaista liikettä mahdollistavaa painumavaraa. RT-kortissa RT 83-10453 on esitetty kuvion 5 mukainen detalji levyväliseinän yläpäästä. (RT 14-11103 2012; RT 83-10453 1991.)

Detaljin lisäksi on erityisesti huomioitava, että pystyrankaa tai levyjä ei kiinnitetä mekaanisesti ylärankaan, jotta säilytetään pystysuuntaisen liikkeen mahdollistava painumavara. Levyväliseinien yläpään detaljikkaan löytyy useita valmistajakohtaisia ohjeistuksia.



Kuvio 5. Levyväliseinän yläpää (RT 83-10453 1991, muokattu)

3.4 Painuma-, ääni- sekä tiiveyskittaukset

Eri rakennusosien väliset elastiset kittaukset mahdollistavat rakenteiden mahdollisen pysty- tai vaakasuuntaisen liikkeen vaurioittamatta toisiaan. Liitosdetaljit on kuitenkin suunniteltava siten ja sellaisilla tuotteilla, että kittaus kestää mahdollisesta liikkeestä aiheutuvat rasitukset. Liikkumisen mahdollistamisen lisäksi kittauksilla varmistetaan kohdekohtaisten suunnitelmien vaatima tiiveys sekä ääneneristävyys tilojen välillä.

Tiiveyden sekä ääneneristyksen kannalta kriittisimmät kohdat ovat usein rakennusosien liitoskohdat, joista tulee kohdekohtaisissa suunnitelma-asiakirjoissa esittää liitosdetaljit materiaalitietoineen. Kaikissa ääntä eristävissä rakenteissa tulee varmistua ennen alakattotöiden aloittamista, että rakenne ulottuu kaikkiin rajaaviin rakenneosiin yhtenäisenä ja samanlaisena siitähin huolimatta, että rakenne ulottuu alakaton yläpuolelle. Rakennusosien liitoskohta saumataan plastoelastisella massalla (muun muassa akryylit) saumaleveyden ollessa ≤ 10 mm ja tätä leveämmät saumat elastisella saumamassalla. Ääneneristysvaatimusten ollessa $R'w > 35$ dB tai $R'w + Ctr > 33$ dB polyuretaanin käyttö tiivistystuotteena ei ole sallittu. Sauman syvyyden säätelyssä voidaan käyttää pohjanauhoja, joiden halkaisijan tulee olla noin 20 % suurempi kuin sauman leveys, jotta varmistetaan pohjannauhan paikallaan pysyminen halutussa syvyydessä.

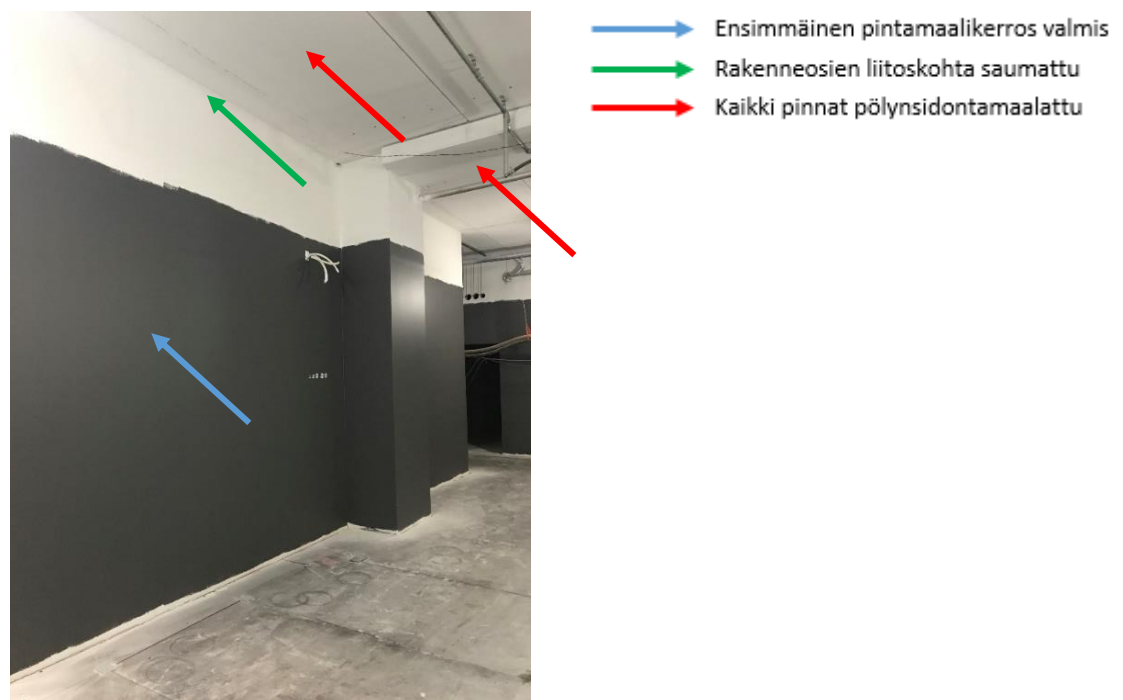
Saumausalustan tulee olla puhdas ja kuiva, jonka lisäksi saumat on tarvittaessa avarrettava noin 5 ... 10 mm suuruisiksi, jotta varmistutaan massan tunkeutuminen rakoon asianmukaisesti ja kaksi rakenneosaa ei ole suorassa yhteydessä toisiinsa. Saumat ovat myös keskeisessä osassa huoneilman hyvän laadun kannalta, sillä saumauksilla varmistetaan muun muassa väliseinärakenteissa käytettävien ääneneristysvillojen sisältämien villakuitujen pysyminen poissa hengitysilmasta. Valmiin sauman keskeinen laatutekijä onkin yhtenäisyys. (RT 14-11103 2012.)

3.5 Tasoitus- ja maalaustyöt

Tasoitus- ja maalaustyöt tulee saattaa pintamaaliin saakka ennen alakattojen runko- töiden aloittamista, jotta työalueella ei ole ylimääräisiä suojattavia rakennusosia maalausvaiheessa. Etenkin tasoitustyöt sekä sen myötä seuraavat hiontatyöt aiheut- tavat suuren määrän pölyä, joka leviää herkästi tasopinnoille suojauksista huolimatta ja aiheuttaa turhia kustannuksia ylimääräisen siivoamisen myötä.

Aikataulullisesti tasoitus- ja maalaustöiden jakaminen kahteen osaan on yleensä toi- miva ratkaisu. Tasoitus ja pohjamaalaus suoritetaan välittömästi väliseinätöiden pe- rään, jotta tilat ovat käytännössä vapaana kaikesta suojaamista kaipaavista alueista ja kaikkiin pintoihin ulotettava pölynsidontamaalaus saadaan tehtyä tehokkaasti.

Kuviossa 6 on esitetty valmis väliseinätyö kohtien 3.2 ... 3.4 mukaisesti ennen ilman- vaihtotöiden aloittamista. Pintamaalaus suoritetaan tahdistavana työvaiheena juuri ennen alakattotöitä, jolloin mahdolliset pienet kolhut ja vauriot väliseinissä saadaan korjattua pintamaalauskierroksen yhteydessä. Kuvion 6 mukaisesti seinät tasoitetaan ilmaääneneristävyyksivaatimuksen mukaisesti alakattokorosta huolimatta väli- tai ylä- pohjaan saakka ja pintamaali ulotetaan 100 ... 200 mm alakaton yläpuolelle.



Kuvio 6. Valmis väliseinätyö

3.6 Lattiatasoitus

Betonilattioiden tasoittaminen esimerkiksi pumpputasoiteilla on nykytiedon mukaan sisäilman hyvän laadun kannalta suositus, koska lattiatasoiteella saadaan matala-alkalinen pohja liimattaville lattiapinnoitteille. Voimakkaasti emäksisestä betonista haihtuva vesihöyry on alkalista ja se saattaa joissain tuotteissa aiheuttaa alkalihydrolyysireaktion seurauksena haitallisia emissioita huoneilmaan (RT 07-10564 1995). Tuotevalmistajasta riippuen noin 5 mm paksuinen matala-alkalinen tasoitus pinnoitteen alla edesauttaa suojaamaan esimerkiksi vesiliukoisia mattoliimoja betonin emäksisyyttä vastaan.

Lattiatasoituksen ajankohta määräytyy kohteen rakennetyyppien mukaan, mutta pintabetonilattioin toteutetussa kohteessa soveltuva ajankohta on esimerkiksi ennen pintamaalaustöitä. Lattiatasoituksen tarkka ajankohta määräytyy tasoitteen alla olevan pintabetonilattian kosteuskäyttäytymisen mukaan, joten näiden kahden työvaiheen väliin on jätettävä betonille riittävä kuivumisaika. Tämä kuivumisaika toimii samalla talotekniikka-asennusten työajankohtana yleisaikataulussa. Pintamaalausta edeltävänä työvaiheena lattiatasoite saa myös riittävästi kuivumisaikaa ennen varsinaisia lattiapinnoituksia, joiden soveltuva työaika alkaa yleensä alakattorunkotöiden jälkeen.

4 Talotekniset edeltäjät

Taloteknisten järjestelmien määrä on riippuvainen kohteen käyttötarkoituksesta, laajuudesta sekä rakennuskohteelle asetetusta sisäilmastoluokasta. Nykyaikaisessa saaralarakennuksessa tekniikan määrä on huomattava verrattuna esimerkiksi tavanomaiseen asuinrakennukseen. Tämän lisäksi käytännössä kaikki tekniikka tuodaan tiloihin käyttäjältä piilotettuna, joten talotekniikan laadunvarmistus rakennusaikana on keskeisessä osassa hankkeen onnistumisessa sekä laadullisesti että aikataulullisesti. Laadunvarmistusmenetelmistä yhtenä tärkeimmistä voidaan pitää kunkin urakoitsijan suorittamaa itselle luovutusta ja siitä syntyvää dokumentaatiota. Dokumentaatiosta ilmenee muun muassa käytetyt suunnitelma-asiakirjat, asennusmenetelmät sekä järjestelmälle suoritettu painekoe, jolla todennetaan järjestelmän tiiveys ja virheettömyys.

Talotekniset järjestelmät käsitellään tulevissa kappaleissa alakattoihin liittyvien asennusten osalta. Suunnittelutekniset asiat jätetään niiden laajuuden vuoksi olennaisimpiin tekijöihin, sillä jokaisesta talotekniikan osa-alueesta olisi teoriassa mahdollista luoda oma opinnäytetyönsä. Suunnitteluasioista ei käsitellä esimerkiksi kanavistojen tai putkistojen merkintäohjeita ja niiden osalta noudatetaan lähtökohtaisesti kohdekohtaisia suunnitelma-asiakirjoja. Suunnitteluteknisistä asioista on kuitenkin yleis-mainintana todettava, että tekniikan huolellinen yhteensovittaminen suunnitteluvaiheessa on hankkeen aikataulun kannalta keskeisessä osassa, koska sillä turvataan töiden sujuva eteneminen rakennusvaiheessa. Työmaan aikaisen puhtaudenhallinnan sekä talotekniikan asennusjärjestyksen vuoksi alla esitetty järjestys soveltuu hankkeesta riippuen useisiin rakennushankkeisiin.

4.1 Palosammutusjärjestelmät

Palosammutusjärjestelmät ovat rakennukseen kiinteästi asennettavia laitteistoja, joiden tehtävä on palosammutus heti palon alkuvaiheessa tai tämän osoittautuessa mahdottomaksi pitää palo hallinnassa siihen saakka, että sammutus suoritetaan lopullisesti muulla menetelmällä. Palosammutusjärjestelmillä voidaan myös ylläpitää sammutepitoisuutta siihen saakka, että syttymistä ei pääse tapahtumaan uudestaan. (RT 63-11096 2012.)

Henkilö- ja omaisuussuojauksessa yleisimmät palosammutusmenetelmät ovat sprinkleri- ja vesisumulaitteistot ja palosammutusjärjestelmän hankinnan perusteena voivat olla muun muassa:

- *Rakentamista säätelevä lainsäädäntö*
- *Viranomaisvaatimus*
- *Vakuutusyhtiön vaatimus*
- *Rakennuttajan tarpeet*
- *Rakennuksen käyttäjän tarpeet.* (RT 63-11096 2012.)

Muita automaattisia palosammutusjärjestelmiä, pois lukien teollisuuden erikoissammutuslaitteistot ovat vesivalelu-, kaasusammutus-, vaahtosammutus-, jauhesammutus- sekä aerosolisammutuslaitteisto (RT 63-11096 2012). Opinnäytetyötä käsittelevässä kohteessa on valittu asennettavaksi sprinklerilaitteisto henkilösuojaukseen

sekä datakeskuksia, UPS-tiloja, muuntamoita sekä pääkeskustiloja suojaava kaasusammutuslaitteisto. Yhteistä palosammutusjärjestelmille on niiden autonominen toiminta sekä sammuttamisen aloittamisen että hälytyksen antamisen suhteen.

Kaikista palosammutusjärjestelmistä tulee luovuttaa tilaajalle asennustodistus, joka on asennusurakoitsijan vastuuhenkilön allekirjoittama. Asennustodistus sisältää muun muassa kohteen tiedot, selvityksen asennustyön sekä suunnittelun määräysten mukaisuudesta, kuvauksen laitteiston toimintakunnon todentamisesta sekä tästä muodostuvat dokumentit sekä käyttö- ja huolto-ohjeet. Asennustodistuksen tulee vastata laitteistoa ja tämä tarkastetaan Tukesin hyväksymän tarkastuslaitoksen suorittamassa käyttöönottotarkastuksessa ennen laitteiston käyttöönottoa. (RT 63-11096 2012.)

4.1.1 Sprinklerilaitteisto

Sprinklerilaitteisto sammuttaa alkavan palon omasta vesilähteestä saamallaan vedellä tai tämän osoittautuessa mahdottomaksi pitää palon hallinnassa siihen saakka, että sammutus suoritetaan lopullisesti muulla menetelmällä. Veden teho sammuttamisessa perustuu sen jäähdyttävään vaikutukseen. Sprinklerilaitteiston etuna voidaan pitää sen jatkuvuutta sekä sitä, että jokainen sprinklerisuutin toimii itsenäisesti suojaten noin 9 ... 12 m² kerrallaan.

Yksittäinen sprinklerisuutin laukeaa vaikutusalueellaan olevan lämmön vaikutuksesta ja lisää suuttimia laukeaa, mikäli lämpötila edelleen nousee seuraavan suuttimen vaikutusalueella. Suuttimen laukeamislämpötilan tulee olla vähintään 30 °C suurempi kuin tilan korkein oletettu lämpötila käytön aikana. Yleensä laukeamislämpötila on noin 70 °C. (RT 63-11096 2012; FK - CEA 4001: 2007 - 06 2007.)

Kohdekohtaisista suunnitelma-asiakirjoista tarkastetaan, että sprinklerilaitteisto on suunniteltu standardin SFS-EN 12845 + A2 mukaisesti. Lisäksi Euroopan vakuutus- ja jälleenvakuutusalan keskusliiton julkaisu FK - CEA 4001: 2007 - 06 (fi) sprinklerilaitteistojen suunnittelusta ja asentamisesta tarkentaa standardia. Asennustyö todennetaan edellä mainitulla asennusurakoitsijan vastuuhenkilön allekirjoittamalla asennustodistuksella.

Sprinklerilaitteisto on kattoon asennettava palosammutusjärjestelmä, joten ennen alakattotöiden aloittamista asennustodistus tarkastetaan ja todetaan, että siinä ei esiinny puutteita. Alakattotyön suunnitellun etenemisen vuoksi etenkin putkiston painekoe tulee olla tehtynä ennen alakattotöitä. Sprinkleriputkiston painekokeen tulee kestää vähintään kaksi (2) tuntia ja koepaineen tulee olla vähintään 15 bar tai 1,5 kertaa laitteiston suurin paine. Mikäli kokeen aikana havaitaan pysyviä muodonmuutoksia järjestelmässä tai muita puutteita, on puutteet korjattava, jonka lisäksi painekoe on aloitettava alusta. (FK - CEA 4001: 2007 - 06 2007.)

4.1.2 Kaasusammutuslaitteisto

Kaasusammutuslaitteisto sammuttaa automaattisesti palon jo heti sen alkuvaiheessa joko alentamalla tilan happipitoisuutta tai katkaisemalla palamisen ketjureaktion; kaasusammutuslaitteisto onkin siis tehokas neste- tai sähköpalojen sammuttaja. Lisäksi laitteisto ehkäisee palon uudelleen syttymistä riittävällä sammutepitoisuudella. Kaasusammutuslaitteiston laukaiseminen on mahdollista sekä manuaalisesti että automaattisesti.

Kaksivaiheinen automaattinen laukeaminen perustuu kahteen paloilmaisimeen, jotka voivat olla savu-, lämpö- tai liekki-ilmaisimia:

1. Ensimmäinen ilmaisin laukaisee hälytyksen sekä suojattavassa tilassa että käyttökeskuksessa. Ensimmäisen ilmaisimen hälytyksellä voidaan ohjata myös muun muassa ilmanvaihtoa pysähtymään. Suojattavassa tilassa on omat ääni- ja valohälyttimet, koska kaasun purkautuminen voi aiheuttaa tilassa olevalle henkilölle terveydellistä vaaraa.
2. Kahden ilmaisimen havainnot mahdollisesta palosta laukaisee kaasun purkamisen tilaan. Laukaisuun voidaan asettaa tarvittaessa viive.

Kaasusammutuslaitteiston etuna voidaan pitää sitä, että kaasusammutteiden jälkeen tilaan ei aiheudu lisävahinkoja sammuttamista (vrt. esimerkiksi veden aiheuttamat vesivauriot). (RT 63-11096 2012.)

Kohdekohtaisista suunnitelma-asiakirjoista tarkastetaan, että kaasusammutuslaitteisto on suunniteltu standardin SFS-EN 15004-1 mukaisesti. Finanssialan keskusliiton

julkaisu FK - CEA 4008: 2015 - 04 (fi) inerttikaasusammutuslaitteistojen suunnittelusta ja asentamisesta tarkentaa standardia. Asennustyö todennetaan edellä mainitulla asennusurakoitsijan vastuuhenkilön allekirjoittamalla asennustodistuksella.

Kaasusammutuslaitteisto on kattoon asennettava palosammutusjärjestelmä, joten ennen alakattotöiden aloittamista asennustodistus tarkastetaan ja todetaan, että siinä ei esiinny puutteita. Alakattotyön suunnitellun etenemisen vuoksi etenkin putkiston painekoe tulee olla tehtynä ennen alakattotöitä. Kaasusammutusputkiston painekokeen tulee kestää vähintään 30 minuuttia ja koepaineen tulee olla vähintään 1,5 kertaa laitteiston työpaine. Paineekokeen aikana sallitaan enintään 5 % paineenpudotus. (FK - CEA 4008: 2015 - 04 2015.)

4.2 Savunpoistojärjestelmä

Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta edellyttää, että rakennukset tulee varustaa kohdekohtaisten suunnitelma-asiakirjojen mukaisesti savunpoistojärjestelmällä, jolla tehostetaan sammutus- ja pelastustoimintaa palon sattuessa (A 848/2017, 42 §). Helsingin kaupungin rakennusvalvontaviraston suosituksesta savunpoistojärjestelmä suunnitellaan mahdollisimman yksinkertaiseksi (Savunpoisto rakennuksista n.d). Savunpoisto järjestetään kohdekohtaisesti tarvittaessa sekä koneellisesti että painovoimaisesti. Koneellisen savunpoiston kanavistot, savunpoistopuhaltimet sekä savunhallintapellit tulee esittää ilmanvaihtosuunnitelma-asiakirjoissa, jotka täydentävät paloteknisiä suunnitelma-asiakirjoja.

Koneellisen savunpoiston vaatima korvausilma järjestetään lähtökohtaisesti painovoimaisena siten, että ovia, ikkunoita sekä erillisiä savunpoistoluukkuja otetaan savunpoiston kaukolaukaisun piiriin. Savunpoiston käynnistyminen ohjaa kaukolaukaisun piirissä olevat ovet, ikkunat ja luukut aukeamaan savulohkoittain, eli vain siltä alueelta, jossa savunpoistopuhallin käynnistyy. Mikäli savunpoistopuhaltimet on sijoitettu alakaton yläpuolelle, ohjataan savu alakaton yläpuolelle ritilöiden kautta, jotka tulee esittää kohdekohtaisissa alakattosuunnitelmissa. Paloteknisissä suunnitelma-asiakirjoissa esitetään savulohkoittain tarvittavat alakaton yläpuoliset, standardin SFS-EN 12101-1 mukaiset savusulkurakenteet, joilla ohjataan savun kulkeutuminen sille suunniteltuun savunpoistopuhaltimeen. Savusulkujen lisäksi paloteknisistä suunnitelmista tulee selvittää alakaton yläpuolisiin oksiin jätettävät korvausilmareitit.

4.3 Ilmanvaihtojärjestelmä

Ilmanvaihtojärjestelmän ensisijainen tarkoitus on poistaa tiloihin ihmisten toiminnasta kertyvä hiilidioksidi, epäpuhtaudet ja kosteus. Poistetun ilman tilalle on tuotava myös raitista ilmaa käytettäväksi. Nykypäivänä koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto lämmöntalteenottojärjestelmällä onkin vakiintunut ilmanvaihtojärjestelmä etenkin toimitilakohteissa. Ilmanvaihdon määrällä voidaan myös vaikuttaa rakennusmateriaalien päästöjen haittavaikutuksiin hengitysilmassa, mutta lähtökohtaisesti rakennusmateriaaleissa tulee erityisesti luokissa S1 ja S2 suosia vähäpäästöistä M1-luokkaa, jotta ilman epäpuhtaudet jäävät kokonaisuutena alhaiselle tasolle. (RT 07-11299 2018.)

4.3.1 Ilmanvaihtojärjestelmän asennusolosuhteet

Puhtaan hengitysilman takaamiseksi ilmanvaihtotyöt tehdään P1-puhtausluokituksen kohteissa muista työvaiheista erilleen osastoiduissa tiloissa, niin sanotuissa P1-osastoissa. Terve Talo -ohjeistuksen mukaisesti kohteen yleisaikataulun laatimisen yhteydessä huomioidaan erityisellä tarkkuudella P1-osastoja vaativat työvaiheet, jotta ei ajauduta tilanteeseen, jossa P1-osastoja perustetaan ja puretaan useita kertoja samaan tilaan. Lisäksi kerroskohtaisella P1-aikataulutamisella sovitetaan pölyävien työvaiheiden ajankohdat kohteen puhtaudenhallintasuunnitelmaan. Yleisaikataulun häiriövarat onkin hyvä sijoitella aikatauluun ennen ilmanvaihtotöiden aloittamista, jotta P1-osasto saadaan luontevasti perustettua esimerkiksi koko kerrokseen, jolloin koko ilmanvaihdon palvelualue kerroksesta saadaan rakennettua kerralla valmiiksi. (RT 07-10805 2003.)

Ilmanvaihtotöiden asennusalue osastoidaan erilleen muista työvaiheista kuvion 7 mukaisesti hyödyntämällä kohteen omia rakenteita, jonka lisäksi rakennetaan erillisiä osastointirakenteita esimerkiksi suojamuoveilla. Kaikki osaston reuna-alueilla olevat aukot tukitaan, jotta tilaan ei kulkeudu pölyä muilta työalueilta. Ennen osastointia asennusalueelta poistetaan kaikki edeltävien työvaiheiden tarvikkeet. Asennusalueen tyhjentämisen yhteydessä varmistetaan, että kaikki tekniikan läpiviennit kattoon, lattiaan sekä seiniin on tehty ja mahdolliset puutteet korjataan ennen varsinaista asennusalueen siivousta. Lähtökohtaisesti kaikki tekniikan läpiviennit on tehtynä heti väli-

seinätöiden jälkeen, jotta esimerkiksi levyväliseinärakenteissa olevien ääneneristysvillojen sisältämät villakuidut saadaan sidottua maalaamalla tasoitus- ja maalaustöiden yhteydessä.



Kuvio 7. P1-asennusalueen osastointi

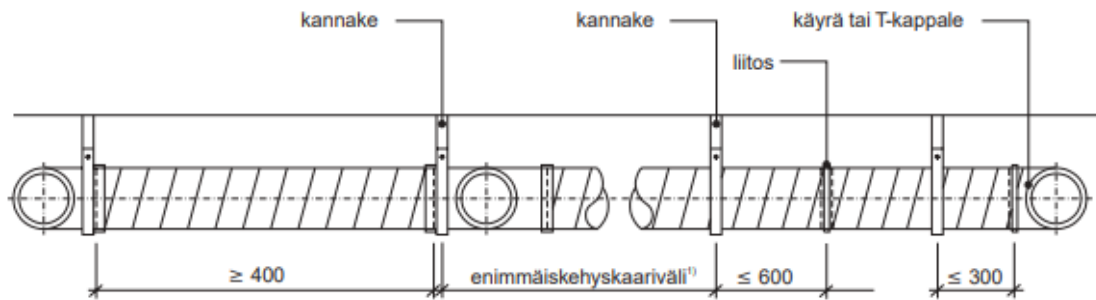
Varsinainen siivous suoritetaan asennusalueen ollessa tyhjä ja osastoitu. Siivous etenee ylhäältä alaspäin käsittäen kaikkien tasopintojen imuroinnin EN 60335-2-69 -standardin mukaisella, M- tai H -luokkaan kuuluvalla rakennus- tai teollisuusimurilla. Ilmanvaihtotyön tarvikkeet tuodaan osastoon siivoustyön valmistuttua ja ne varastoidaan asennusalueen läheisyyteen kohdekohtaisten Terve Talo -ohjeistusten mukaisesti. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että tehdassuojauksissaan olevat tarvikkeet sijoitetaan kuormalavojen päälle riittävän etäälle toisistaan (noin puolen metrin välein) alla olevan betonirakenteen kuivumisen edistämiseksi. Tämän lisäksi tarvikkeet peitetään puhtaalla suojapeitteellä siten, että suojapeite ei peitä kuormalavojen alla olevaa tuuletustilaa.

Ennen asennustyön aloittamista P1-osasto alipaineistetaan ja osastolle suoritetaan puhtaustarkastus. Hyväksytyin puhtaustarkastuksen jälkeen alueen rajoille asetetaan tarkastuksen suorittajan kuittaamat kyltit, joissa ilmoitetaan tilan olevan P1-osasto ja sen kautta läpikulkeminen kielletään. Kylttiin kirjataan myös P1-osastolla työskentelevän yrityksen nimi ja P1-osaston voimassaoloaika. Varsinainen asennustyö suoritetaan siten, että paikalleen asennettavien, puhtaaksi todettujen osien suojaukset poistetaan vasta juuri ennen asennusta ja paikalleen asennetut osat suojataan yhtäjaksoisen asennustyön taukojen ajaksi. Kannakointien asennuksessa on käytettävä kohdepoistolla varustettuja työvälineitä, jos kannakoiteja ei ole asennettu etukäteen esimerkiksi osastointivaiheen aikana. Osaston puhtautta ylläpidetään lisäksi säännöllisellä imuroinnilla koko asennustyön ajan.

4.3.2 Valmiin ilmanvaihtoasennuksen todentaminen

Valmis ilmanvaihtoasennus todennetaan tarkistamalla sen suunnitelmienmukaisuus asennustapatarkastuksessa. Asennustapatarkastuksessa tarkistetaan muun muassa suunnitellun sijainnin toteutuminen sekä suunnitelmienmukaisten tarvikkeiden käyttö, puhdistusluukkujen sijoittelu ja avattavuus, ohjeistusten ja kohdekohtaisten suunnitelmien mukainen kannakointi ja lämmöneristys sekä paloalueiden rajalla olevat palopellit. Keskeisiä osia laatudokumentaatioon ovat asennustapatarkastuksen lisäksi asennuksen puhtaustarkastus sekä tiiveysmittaus.

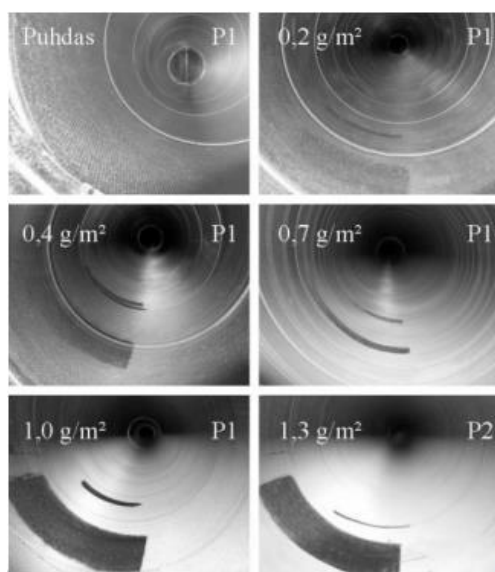
Lähtökohtaisesti kaikki tuloilmakanavat tulee olla eristettyjä ja eristeen tulee olla kaikilta osiltaan yhtenäinen ja ehjä. Tuloilmakanavat lämpöeristetään energiatehokkuuden varmistamiseksi ja eristepaksuuden valinnassa huomioidaan kanavassa kulkevan ilman ja ympäristön välinen lämpötilaero. Ilmanvaihtokanavistojen eristeet ovat pääosin mineraalivillapohjaisia, joten pinnoitteen eheydellä estetään villakuitujen kulkeutuminen hengitysilmaan. Kannakointi tehdään aina eristeen alla olevasta kanavasta ja osat tulee olla kannakoitu 2 ... 2,5 metrin välein, mutta enintään kolmen metrin välein. Poikkeuksen kannakoinnille muodostaa vaatimus kanavan sisäpuolisesta palonkestosta tai tilan ollessa paloluokassa EI 120 tai enemmän, jolloin osat kannakoidaan myös eristeen päältä, jolla varmistetaan eristeen pysyminen paikallaan rajussakin palotilanteessa. Kuviossa 8 on esitetty liitoskohtien vaikutus kannakointiin. (RT 84-10818 2004.)



Kuvio 8. Ilmanvaihtokanaviston kannakointi liitososien vaikutuksesta (RT 84-10818 2004)

4.3.3 Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaustarkastus

Kanaviston puhtaus sekä puhdistusluukkujen toiminta tarkastetaan samassa tarkastuksessa. Puhtaustarkastus suoritetaan kohdekohtaisten vaatimusten mukaisesti joko visuaalisesti tai sekä visuaalisesti että mittaavin menetelmin. Visuaalisessa tarkastuksessa osien sisäpinnat tarkistetaan silmämääräisesti hyödyntämällä päätelaitteita ja puhdistusluukkuja. Kaikki pinnat dokumentoidaan valokuvin ja kanavan pintaa voidaan tarvittaessa pyyhkäistä sormella, mikäli pinnalla vaikuttaa olevan pölykertymää. Havaintoja verrataan Sisäilmayhdistyksen laatimaan kuvamateriaaliin (ks. kuvio 9), jossa on esitetty pölykertymän määrä visuaalisesti mitattuna. Puhtausluokassa P1 pölykertymän määrä saa olla korkeintaan $0,7 \text{ g/m}^2$. (Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden tutkiminen 2016; RT 07-11299 2018.)



Kuvio 9. Puhtauden arviointiin käytettävä kuvamateriaali (Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden tutkiminen 2016)

Visuaalisen tarkastuksen tueksi on suositeltavaa suorittaa mittauksia geeliteippimenetelmällä, joka on esitelty tämän työn kohdassa 6.3. Geeliteippimenetelmällä saavutetaan varmemmin yksimielisyys kanavan puhtaudesta, koska visuaalinen tarkastus voi aiheuttaa tulkintaeroja verrokkimateriaalia tarkasteltaessa. Geeliteippimittauksia suoritetaan kohdekohtaisten ohjeiden mukaisesti, kuitenkin vähintään viidestä (5) kohdasta satunnaisotannalla. Kyseisellä työmaalla näyte otetaan jokaiselta puhdistusluukulta. Kanavisto voidaan todeta puhtaaksi, mikäli 80 % näytteistä alittaa Sisäilmastoluokitus 2018 mukaisen 5 % pölypeittoprosentin ja tämän ylittävistä näytteistä 5 % ylittää vaatimuksen mukaisen raja-arvon 50 prosentilla. Jo yksi näyte, joka ylittää sallitun kolminkertaisesti, on peruste vaatia kanaviston puhdistamista. (RT 07-10805 2003.)

4.3.4 Ilmanvaihtojärjestelmän tiiveys

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta määrittää ilmanvaihtojärjestelmillä tiiveysluokittain sallitun vuotoilmavirran vaipan pinta-alaa kohden. Tiiveysluokkia on asetettu viisi (5), joista luokka A sallii suurimman vuotoilmavirran. Valmis ilmanvaihtoasennus tiiveysmitataan ennen eristeiden asentamista asennustyön valmistuttua muodostamalla kanavistoon suunnitelma-asiakirjoissa määritetty koepaine ja mittaustuloksia verrataan sallittuihin arvoihin, jotka lasketaan ympäristöministeriön esittämällä kaavalla. (A 1009/2017, 19 §.)

Sallittu vuotoilmavirta lasketaan kaavalla:

$$q_{VIA} = k * p_s^{0,65}, \text{ jossa}$$

$$q_{VIA} = \text{vuotoilmavirta vaipan pinta-alaa kohti (dm}^3 / \text{s / m}^2)$$

$$p_s = \text{käytetty koepaine (Pa)}$$

k = muuttuva kerroin tiiveysluokan mukaan. Luokkia A / B / C / D / E vastaava kerroin 0,027 / 0,009 / 0,003 / 0,001 / 0,0003.

Asian selkeyttämiseksi esimerkiksi tiiveysluokkaan B kuuluvaa pyöreää kanavaa, jonka halkaisija on 125 mm, mitataan 4 metrin matkalta tavanomaisimmalla koepaineella eli 400 pascalilla. Tällöin sallituksi vuotoilmavirraksi saadaan

$$q_{VIA} = 0,009 * 400^{0,65} * 1,57 \text{ m}^2 = 0,69 \text{ dm}^3 / \text{s / m}^2.$$

Kanavistosta mitattu vuotoilmavirta ei saa ylittää laskennallista sallittua ja mikäli näin käy, tulee kanavisto tiivistää ja mittaus tulee uusiksi. Tiiveysmittauksesta laaditaan pöytäkirja, joka liitetään osaksi kohteen laadunvarmistusaineistoa.

4.4 Vesi- ja viemärijärjestelmä

Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemäri-laitteistoista asettaa vaatimukset vesi- ja viemäri-laitteistojen suunnittelulle ja toteutukselle. Vesi- ja viemäri-laitteistojen keskeiset laatutekijät ovat turvallisuuden ja terveellisyyden lisäksi käytövarmuus, kestävyys ja energiatehokkuus. Asetuksen mukaisissa suunnitelma-asia- kirjoissa tulee olla esitettynä järjestelmän osat sekä käytettävät tuotteet ja materiaalit. (A 1047/2017, 3 §.)

Vesi- ja viemärijärjestelmien asennus todennetaan tarkistamalla niiden suunnitel- mienmukaisuus asennustapatarkastuksessa. Asennustapatarkastuksessa kiinnitetään ensisijaisesti huomiota suunnitellun sijainnin toteutumiseen sekä suunnitelmienmu- kaisten tarvikkeiden käyttöön. Ympäristöministeriön asetuksen mukaisesti vesi- ja viemäri-laitteistojen kannatukset tulee tarkastaa tehdyiksi asianmukaisesti, jotta put- kistot kestävät lämpölaajenemisliikkeen sekä veden virtaamisesta aiheutuvat mekaa- niset rasitukset ilman haitallisia muodonmuutoksia, jotka voivat aiheuttaa putkiston rikkoutumisen tai irtoamisen. (A 1047/2017, 16 §; 30 §.)

Putkistot tulee olla kannakoitu RT 84-10818 mukaisesti korroosionkestävillä kannak- keilla. Kannatus tapahtuu aina lämpöeristeen alta suoraan putkesta, minkä lisäksi putken sekä kannakkeen välissä käytetään kumi- tai muovieristettä, jolla vähenne- tään putkiston liikkeestä aiheutuvaa mekaanista kulumista. Kannakoinnin maksi- mietäisyydet on esitetty kuvioissa 10, 11 ja 12. Maksimietäisyyksien lisäksi putkistot tulee kannakoida putkistomateriaalin vaihtuessa liitoskohdan molemmin puolin sekä haara- ja mutkakohtien välittömästä läheisyydestä. (RT 84-10818 2004.)

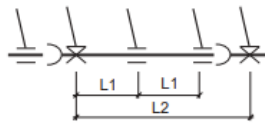
Teräsputket		Kupariputket		Muoviputket		Monikerrosmuoviputket ²⁾	
DN	mm	d _u	mm	d _u	PVC, PEH, PEM	PEL, PEX, PB	d _u
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
< 20	2500	8...15	400...600 ¹⁾	< 20	700	300	< 20
20	2500	< 22,0	1250	20	700	300	20
25	2500	22,0	2500	25	900	400	25
32	2500	28,0	2500	32	1000	400	32
40	2500	35,0	2500	40	1100	500	40
50	3000	42,0	2500	50	1200	500	50
65	4000	54,0	2500	63	1400	600	63
80	4000	63,0	2500	75	1500	600	75
100	5000	76,1	3000	90	1600	700	
125	5000	88,9	3000	110	1700	700	
		108,0	3000				

¹⁾ pinta-asennuksessa lämmitysputket 400...500 mm, käyttövesiputket 600 mm, hehkutettu kupariputki enintään 300 mm

²⁾ pinta-asennuksessa putket 500...800 mm

Kuvio 10. Vaakaputkien suurimmat sallitut kannakointivälit (RT 84-10818 2004)

Putkikoko d _u mm	Suurin sallittu kannakointiväli mm			
	Vaakaviemäri		Pystyviemäri	
	L1	L2	L1	L2
32	500	2000	1200	2000
50	1000	2000	1500	2000
75	1000	3000	2600	3000
110	1500	3000	2600	3000
160	2000	3000	2600	3000



= kiintopidin = liukuohjain

Kuvio 11. PP-muoviviemäreiden suurimmat sallitut kannakointivälit (RT 84-10818 2004)

Putkikoko DN mm	Sallittu kannakointiväli	
	Vaaka- viemäri mm	Pysty- viemäri mm
≤ 100	1500	2500
150	2000	2500
≥ 200	2500	2500

Kuvio 12. Valurautaviemärien suurimmat sallitut kannakointivälit (RT 84-10818 2004)

Kaikki putkistot eristetään energiatehokkuuden varmistamiseksi. Ennen eristeiden asentamista vesiputkistoille suoritetaan painekoe. Painekoe suoritetaan eristämättömille putkille, jotta vähäisetkin vuodot voidaan havaita viipymättä. Vesiputkistojen painekoe suoritetaan 1,0 MPa eli 10 barin paineella ja painekokeessa käytetään puhdasta, tasalämpöistä vettä. Painekokeen kesto määritellään kohdekohtaisissa asiakirjoissa, mutta sen tulee kestää vähintään 10 minuuttia. Kyseisellä kohteella painekokeen tulee kestää kaksi tuntia. Mikäli järjestelmässä havaitaan vuotoja tai pysyviä muodonmuutoksia, tulee havaitut virheet korjata ja painekoe uusia korjausten jälkeen. Pidetyistä painekokeista laaditaan pöytäkirja, joka liitetään osaksi kohteen laadunvarmistusaineistoa. (LVI 01-10355 2002.)

4.5 Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmä

Lämmitys- ja jäähdytysputkistojen asennus todennetaan tarkistamalla niiden suunnitelmienmukaisuus asennustapatarkastuksessa. Asennustapatarkastus vastaa vesi- ja viemärijärjestelmälle suoritettavaa tarkastusta ja kannakointi tulee olla suoritettu kuvion 10 mukaisesti. Tarkastuksessa tulee kuitenkin käyttövesijärjestelmästä poiketen kiinnittää huomiota putkiston suuntamuutoksiin. Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät ovat suljettuja järjestelmiä, joten putkistoihin ei saa jäädä ilmapusseja suunnitelmattomien korkomuutosten myötä. Lähtökohtaisesti putket kulkevat joko vaakasuoraan (pois lukien vähäinen kallistus, jotta putkisto saadaan tarvittaessa tyhjennettyä) tai pystysuoraan. Käyttövesijärjestelmässä vastaavia ilmapusseja ei pääse syntymään, sillä putkisto ilmaantuu esimerkiksi hanan aukaisun yhteydessä.

Kaikki putkistot eristetään energiatehokkuuden varmistamiseksi. Ennen eristeiden asentamista putkistoille suoritetaan painekoe. Painekoe suoritetaan eristämättömille putkille, jotta vähäisetkin vuodot voidaan havaita viipymättä. Putkistojen painekoe suoritetaan kohdekohtaisissa asiakirjoissa esitetyllä paineella, joka vastaa järjestelmän suurinta käyttöpainetta ja painekokeessa käytetään puhdasta, tasalämpöistä vettä. Painekokeen kesto määritellään kohdekohtaisissa asiakirjoissa, mutta sen tulee kestää vähintään 30 minuuttia. Kyseisellä kohteella painekokeen tulee kestää kaksi tuntia. Mikäli järjestelmässä havaitaan vuotoja tai pysyviä muodonmuutoksia, tulee havaitut virheet korjata ja painekoe uusia korjausten jälkeen. Pidetyistä painekokeista laaditaan pöytäkirja, joka liitetään osaksi kohteen laadunvarmistusaineistoa. (LVI 01-10355 2002.)

4.6 Sähköjärjestelmä

Sähköjärjestelmistä käsitellään lyhyesti alakattotöihin suoraan vaikuttavat työvaiheet eli johtoteiden asentaminen sekä kaapelointi. Sähköjärjestelmä käsitellään suppeasti, sillä sähköasennusten pääpaino alakaton osalta on suunnitteluteknisissä asioissa sekä sähköalan asiantuntijoiden tarkastuksissa. Lisäksi sähköjärjestelmien varsinainen toiminnan tarkastus alkaa yleensä vasta siinä vaiheessa, kun kesukset kytketään ja järjestelmiä päästään testaamaan. Asennusta valvotaan kuitenkin aistinvaraisesti asennuksen alkamisesta lähtien ja tästä suuri vastuu on myös sähköasentajalla.

Varsinainen, standardin SFS 6000-6:2017 mukainen aistinvarainen tarkastus suoritetaan yleensä jännitteettömään järjestelmään ennen varsinaisia testauksia. Aistinvaraisen tarkastuksen lähtökohtana on kiinteiden asennusten laitestandardien asettamien turvallisuusvaatimusten toteaminen sekä vaaraa aiheuttavien näkyvien vaurioiden kartoittaminen (SFS 6000-6:2017, 7). Asennuksen aikainen laadunvalvonta suoritetaan sähköalan asiantuntijoiden toimesta.

4.6.1 Johtotiet

Alakaton yläpuolelle sijoitettavat johtotiet eli kaapelihyllyt toimivat pääasiallisena kaapelointireittinä. Johtoteitä ei kuitenkaan koskaan viedä palo-osaston rakennesan läpi, vaan ne katkaistaan noin 200 mm ennen palo-osaston rajaavaa rakennesan. Johtoteiden asentamisessa noudatetaan määräysten mukaisten vaatimusten lisäksi ehdottomasti kohdekohtaisia suunnitelma-asiakirjoja, sillä niissä esitetään muun muassa johtoteiden liittäminen potentiaalintasaukseen, tarkennukset johtoteillä kulkevien vahvavirtakaapeleiden ja telekaapeleiden välisiin suojaetäisyyksiin sekä hyllyjen kohdekohtainen värikoodaus.

Johtoteiden asennus todennetaan tarkistamalla niiden suunnitelmienmukaisuus asennustapatarkastuksessa. Asennustapatarkastuksessa kiinnitetään ensisijaisesti huomiota suunnitellun sijainnin toteutumiseen sekä suunnitelmienmukaisten tarvikkeiden käyttöön. Lisäksi tarkastetaan, että paloalueiden rajoja ei johtoteillä ylitetä.

4.6.2 Kaapelointi

Kaapeloinnin sijoittaminen yleisaikatauluun ilmanvaihtoasennusten jälkeen edesauttaa kaapelointivaiheen puhtaudenhallintaa. Kaapeloinnin aikana tilojen tulee olla imuripuhtaat, jotta johtoteille vedettävät kaapelit eivät vie mukanaan lattialla tai muilla tasopinnoilla olevaa rakennuspölyä. Lisäksi hyvällä puhtaudenhallinnalla edesautetaan kaapeleiden ehjänä pysymistä.

Kaapelointivaiheen päätyttyä asennuksista tarkastetaan muun muassa alakattojen yläpuolelle asennetut, kohdekohtaisten suunnitelmien mukaiset sähkökojeet sekä seinille tulevien kojeiden väliseinäputkitus alakaton yläpuolelle, jotta seiniin ei tarvitse tehdä enää uusia reikiä alakattotyövaiheessa. Samassa yhteydessä tarkistetaan, että suunnitelmien mukaiset johtokourut on asennettu seinille, koska ne nousevat

noin 100 mm alakaton yläpuolelle. Aistinvarainen tarkastus suoritetaan edellä mainitun mukaisesti noudattaen standardia SFS 6000-6:2017.

4.7 Kohdekohtaiset erikoisjärjestelmät

Erikoisjärjestelmien suunnitelmat ovat lähtökohtaisesti täysin kohdekohtaisia ja niiden asennusta koskevat vaatimukset ovat usein riippuvaisia lopullisesta laitetoimittajasta. Erikoisjärjestelmien määrä ja niiden sijoittelu alakaton yläpuolelle edellyttää kuitenkin alakattotyövaiheen työnjohdolta valvutuneisuutta suunnitelmien suhteen, sillä tietomalli on käytännössä ainoa suunnitelma, jossa järjestelmät esitetään yhdessä. Tulevassa käsitellään alakattoihin suoraan liittyvät suurimmat järjestelmät yleisten asioiden osalta. Pienemmät järjestelmät, kuten veriputkikuljettimet, keskus-pölyimuriputkistot, kylmälaiteputkistot sekä dialyysi- ja puhdasvesijärjestelmät ovat usein paikallisempia ja niiden vaikutus alakattotöihin on pinta-alavaikutukseltaan vähäisempi. Kaikissa erikoisjärjestelmien hankinnoissa korostuu niiden oikea-aikaisuus, jotta laitetoimittajan vaatimukset asennusten suhteen saadaan pääurakoitsijan käyttöön hyvissä ajoin ennen alakattotöiden aloittamista.

4.7.1 Sairaalakaasujärjestelmä

Sairaalakaasut ovat lääkelain ja -asetuksen mukaisia lääkkeellisiä kaasuja, joita käytetään useissa käyttötarkoituksissa terveydenhuollossa. Sairaalakaasujärjestelmä itsessään on lisäksi painelaitelainsäädännön mukainen painelaitteista koostuva kokonaisuus. Sairaalakaasut tuodaan tavallisesti rakennuksen kaasupisteille keskitetyn jakelujärjestelmän kautta jakeluputkistoin. Jakeluputkiston ensisijainen materiaali on sairaalakaasuille tarkoitettu kupariputki, jonka liitokset tehdään kovajuottamalla. Juottamisen yhteydessä tulee käyttää esimerkiksi typpeä suojakaasuna, jotta putkiston sisäpinta pysyy vaatimusten mukaisena. (Sairaalakaasujärjestelmien suunnittelu-, asennus- ja huolto-ohje 2014; LVI 01-10355 2002.)

Sairaalakaasuputkistojen määrä ja sijainti esitetään kohdekohtaisissa suunnitelma-asiakirjoissa. Tavanomaisimmat käytettävät kaasut sairaaloissa ovat:

- lääkkeellinen happi, O₂
- lääkkeellinen hengityspaineilma, HI
- lääkkeellinen typpioksiduuli (ilokaasu), N₂O

- lääkkeellinen hiilidioksidi, CO₂
- instrumenttipaineilma, IPI
- tekninen paineilma, TPI
- lisäksi suunnitelmassa esitetään anestesiakaasunpoisto, AKP, kaikissa tiloissa, joissa on lääkkeellisen typpioksiduulin kaasunottopiste.

Sairaalakaasuputkistojen sijoittelussa tulee huomioida 200 mm vähimmäisetäisyys sähköpisteistä ja 50 mm etäisyys sähköjohdoista. Tämän lisäksi putkien keskinäisen etäisyyden tulee olla 150 ... 200 mm. (Sairaalakaasujärjestelmien suunnittelu-, asennus- ja huolto-ohje 2014; LVI 01-10355 2002.)

Sairaalakaasuputkiston asennus todennetaan tarkistamalla sen suunnitelmienmukaisuus asennustapatarkastuksessa. Asennustapatarkastuksessa tarkistetaan muun muassa suunnitellun sijainnin toteutuminen sekä suunnitelmienmukaisten tarvikkeiden käyttö. Sijainnin katselmoinnin yhteydessä varmistetaan, että sairaalakaasuputkistot eivät kulje yhdensuuntaisesti sähköhyllöjen yläpuolella. Sähköhyllöjen tai muiden kaapelireittien ylityspaikoissa kaasuputken ja sähköjen väliin tulee jäädä vähintään 100 mm väli. Putkistot kannatetaan lämpöliikkeen sallivasti korroosionkestävillä kannattimilla. Kannakointivälit suhteutetaan putken halkaisijaan seuraavasti:

- | | |
|-------------------------|------------|
| • ... 15 mm putkella | 1,5 metriä |
| • 22 ... 28 mm putkella | 2,0 metriä |
| • 35 ... 54 mm putkella | 2,5 metriä |
| • 54 ... mm putkella | 3,0 metriä |

Kaasuputkistoihin tulee merkitä kaasun virtaussuunta, jonka lisäksi putkistot merkitään tunnusvärein kaasukohtaisesti. **Lääkkeellisen hapen** tunnusväri on valkoinen ja tekstit sekä nuolet ovat väriltään mustia. **Lääkkeellisen ilokaasun** tunnusväri on sininen ja tekstit sekä nuolet ovat väriltään valkoisia. **Lääkkeellisen ilman** tunnusvärit ovat valkoinen sekä musta ja tekstit sekä nuolet ovat väriltään mustia ja valkoisia. **Muiden kaasujen** tunnusväri on ruskeankeltainen ja tekstit sekä nuolet ovat väriltään mustia. Merkinnät asetetaan suorilla osuuksilla enintään kymmenen metrin välein, jonka lisäksi merkinnät laitetaan kaikkiin putkiston epäjatkuvuuskohtiin sekä syöttöpisteiden välittömään läheisyyteen. (Sairaalakaasujärjestelmien suunnittelu-, asennus- ja huolto-ohje 2014; LVI 01-10355 2002.)

Osa sairaalakaasuista on muun muassa paloa edistäviä kaasuja, joten järjestelmälle suoritettavat tiiveyskokeet tulee suorittaa tinkimättömällä pieteetillä. Tiiveyskokeet esitetään kohdekohtaisissa suunnitelma-asiakirjoissa, mutta kirjallisuudessa esitetään mekaanisen rasituskokeen vähimmäispaineeksi 1,2 kertaa vikatilanteen maksimipaine ja kokeen kestoksi viisi minuuttia. Vuototestien tulee kestää enintään 24 tuntia ja niissä käytetään järjestelmän nimellisjakelupainetta, joka ei saa laskea tunnin aikana enempää kuin 0,025 prosenttia. Kaikista tiiveyskokeista laaditaan pöytäkirjat, jotka liitetään osaksi kohteen laadunvarmistusaineistoa. (Sairaalakaasujärjestelmien suunnittelu-, asennus- ja huolto-ohje 2014; LVI 01-10355 2002.)

4.7.2 Putkipostijärjestelmä

Putkipostijärjestelmä tehostaa rakennuksen sisälogistiikkaa kuljettamalla pienempiä tuotteita rakennukseen asennettuja, lähetys- ja vastaanottoasemien välisiä putkistoja pitkin. Putkipostin toiminta perustuu puhaltimiin, paineilmaan sekä alipaineeseen. Tuotteita kuljetetaan putkistoon tiiviisti sopivalla kapselilla ja kuljetusnopeus on lähetettävästä tuotteesta riippuen 3 ... 5 m/s.

Putkipostin asennustapatarkastus on riippuvainen laitetoimittajasta, koska esimerkiksi määrävälein asennettavat, huoltotoimenpiteet mahdollistavat avattavat liitokset sijoitellaan laitetoimittajan katsomiin soveltuviin paikkoihin. Kohdekohtaisissa työselityksissä esitetään putkiston kannatus, joka täydentyy laitetoimittajan laitevaatimuksilla. Putkipostijärjestelmälle suoritetaan muiden taloteknisten järjestelmien tavoin tiiveyskoe ja kokeen aikana sallitut vuotoilmavirrat ilmoitetaan kohdekohtaisissa työselityksissä. Pidetyistä tiiveyskokeesta sekä järjestelmälle tehdyistä koeajoista ja vastaavista laaditaan pöytäkirjat, jotka liitetään osaksi kohteen laadunvarmistusaineistoa.

4.7.3 Hammashoitojärjestelmät

Hammashoitojärjestelmät ovat tilasuunnittelun johdosta keskitetty usein yhdelle lohkelle tai yhteen kerrokseen, joten niiden vaikutusalue alakattotöihin on tilasuunnittelusta riippuen noin 1 000 m², mutta niitä palvelevien taloteknisten järjestelmien määrä on verrattain suuri. Kuten muissakin erikoisjärjestelmissä, myös hammashoitojärjestelmän lopullinen kokoonpano on riippuvainen laitetoimittajasta. Yleisesti

voidaan kuitenkin määritellä keskeisimmät talotekniset järjestelmät, joita varsinainen hammashoitotuoli tarvitsee.

Tavanomaisen käyttöveden lisäksi hammashoitotiloihin tuodaan vesi keskitetyn puhasvesilaitteiston kiertovesiputkiston kautta. Hammashoitotuoli viemäroidään omaan märkäimuputkistoon ja jätevesi johdetaan märkäimulaitteiston keskuserotussäiliöön, joka varustetaan märkäimuviemärin ulospuhallusputkistolla. Itsenäisen vesi- ja viemärijärjestelmän lisäksi hammashoitotiloihin tuodaan keskusdesinfiointijärjestelmän putkistot sekä sairaalakaasuista hapen ja hengityspaineilman lisäksi instrumenttipaineilma. Sähköjärjestelmistä hammashoitotiloihin kaapeloidaan normaali-jännitteen lisäksi maadoitus- ja potentiaalintasauskaapelit sekä tietoliikennekaapelit.

4.7.4 Kiinteät sairaalalaitteet

Kiinteiden sairaalalaitteiden ripustaminen alakaton yläpuolelta on perusteltua hygieenisyyden sekä työturvallisuuden vuoksi. Ripustetuissa laitteissa kaapelit ja sairaalakaasujen syöttöputkistot kytketään alakaton yläpuolella ja ne tuodaan ulosottopisteille laiterungon sisällä, joten esimerkiksi lattiat pysyvät vapaana kompastumisvaaran aiheuttavista johdoista. Kompastumisvaaran lisäksi lattialla olevat johdot ja putkistot vaikeuttavat merkittävästi lattioiden puhtaanapitoa tiloissa, joissa puhtaudelle asetetaan äärimmäiset vaatimukset. (Ceiling supply systems n.d.)

Alakaton yläpuolelta ripustettavia kiinteitä sairaalalaitteita ovat muun muassa tutkimus-, toimenpide- ja leikkausvalaisimet, monitori- ja kirjaamisvarret, leikkaus- ja KNK-mikroskoopit, kattokeskukset sekä potilasnosturit ja erilaiset ripustuskiskot. Kaikki alakaton yläpuolisten asennusten vaatimat laitteet tulee olla esitetty ja yhteensovitettu kohdekohtaisissa suunnitelma-asiakirjoissa. Laitteiden ripustaminen väli- tai yläpohjista tapahtuu laitetoimittajan vaatimusten mukaisesti, mutta markkinoilla on myös kuvion 13 mukaisia modulaarisia kannakointijärjestelmiä, joihin voidaan liittyä useampien sairaalalaitteiden valmistajien liittymislaipoilla.



Kuvio 13. Hiltin modulaarikannakointijärjestelmä sekä laitetoimittajan laippa

Modulaarisiin kannakointijärjestelmiin liittyminen on kaksivaiheinen. Ensimmäisessä vaiheessa valittu laitetoimittaja asentaa liittymislaipan kannakointijärjestelmään ja toisessa vaiheessa liitytään varsinaisella laitteella liittymislaippaan. Liittymislaipan soveltuva asennusajankohta on alakaton tekniikka-asennusten yhteydessä. Varsinaiset sairaalalaitteet edellyttävät P1-tason puhtautta asennusvaiheessa, joten niiden asennus sijoitetaan yleisaikatauluun loppusiivouksen ensimmäisen vaiheen päättymishetkille. Tällä varmistetaan käytännössä täysin puhtaat asennusolosuhteet ja lattian pintamateriaalit on vielä suojattuna asennustyön aikana.

5 Alakattotöiden ensimmäinen vaihe

Rakennustiedon kortistoista löytyvä RT-kortti 84-10916 - Alakatot ja sisäkattoverhoukset ohjeistaa alakattojen arkkitehtoniseen sekä tekniseen suunnitteluun. Kohdekohtaisissa suunnitelmissa korostuu eri suunnittelualojen yhteensovittaminen; etenkin rakennesuunnittelun tulee tarkastaa kaikki alakattoihin liittyvät kannatukset sekä asennukset, vaikka kyseessä olisi tuotekohtainen yleiskannatinjärjestelmä. Mahdolliset ristiriidat tulee korjata viipymättä, kuitenkin ennen alakattotöiden aloittamista, jotta vältytään tilanteilta, jossa vasta alakattoruudukon valmistumisen jälkeen havaitaan törmäyksiä eri suunnittelualojen välillä.

Yhteensovittamisen jälkeen sisäkattosuunnitelmissa tulee olla yksiselitteisesti esitettyinä kaikki alueet, joihin tulee alakattoverhouksia ja eri verhoukset tulee tyypittää jokainen omanaan. Muita suunnitelma-asiakirjoissa esitettäviä asioita ovat muun muassa:

- *korkeustasojen vaihtelut ja otsapinnat*
- *liittyminen seiniin, pilareihin ja näkyviin jääviin palkkeihin*
- *alakatto- tai sisäkattoverhoustyyppit ja mitat*
- *asennustavat ja -tarvikkeet*
- *saumat*
- *pintakäsittelyt ja väri*
- *LVI- sekä sähkö- ja teleteknisten laitteiden sijoitus*
- *tarkastus-, puhdistus- yms. luukut. (RT 84-10916 2008.)*

Alakattotyövaihe, kuten kaikki uudella alueella alkavat työvaiheet, aloitetaan työalueen luovuttamisella urakoitsijan käyttöön. Työalueen luovuttamisella, eli *mestän vastaanotolla* varmistetaan, että työvaihe voidaan suorittaa suunnitelmien mukaisesti alusta loppuun ilman häiriöitä työn etenemisessä. Mestän vastaanoton yhteydessä katselmoidaan edellä mainittujen rakennus- ja taloteknisten töiden valmiusaste ja laatu. Mikäli edeltäjissä havaitaan vielä tässä vaiheessa puutteita, kirjataan ne ylös ja korjataan ennen alakattotöiden aloittamista. Tästä syystä sopiva aika mestän vastaanotolle on noin 2 ... 4 viikkoa ennen varsinaisen alakattotyövaiheen aloittamista. Laatuasioiden lisäksi tarkistetaan suunnitelmien toteutettavuus, työalueen siisteys silmämääräisesti ja varmistetaan, että alueella ei ole enää muiden työvaiheiden tarvikkeita.

Mestän vastaanoton yhteydessä on tärkeää katselmoida jokainen alueella oleva tila erikseen, koska usein alakattokoroissa on suurtakin tilakohtaista vaihtelua. Korkojen tarkistamisen yhteydessä varmistetaan samalla, että kaikki alakaton yläpuolelle suunniteltu myös jää alakaton yläpuolelle. Kyseisellä hankkeella todettiin vanha luotettava keino parhaaksi korkomittaukseen, eli tilat kierrettiin *rakotulkin* kanssa läpi, jolloin varmistuttiin muun muassa tekniikan olevan riittävän korkealla lattiasta mitattuna.

Ennen alakattotöiden aloittamista asennusalueen tulee olla käytännössä täysin valmis pölyvien työvaiheiden osalta, jotta saadaan kevennettyä ennen alakattojen sulkemista suoritettavaa siivousta. Alakattorunkojen kiinnittämisessä huomioidaan kohdekohtaiset puhtaudenhallintaohjeet pölyn leviämisen estämiseksi. Sisävalmistusvaiheessa korostuu etenkin kohdepoistolla varustettujen työvälineiden käyttö. Alakattojen ummistamista edeltävä siivous sekä tarkastukset esitetään tämän työn kohdissa 6.2 ... 6.3. Alakattotöiden ensimmäisessä vaiheessa työmaalla noudatetaan kohdekohtaisia, asiakirjoissa määritettyjä vaatimuksia työnaikaisen puhtaudenhallinnan osalta.

Työnaikaisen puhtaudenhallinnan kannalta rakennussiivous on pölyämättömien työmenetelmien sekä osastointien lisäksi tehokkain keino puhtaiden olosuhteiden hallintaan. Työalueiden päivittäisen siivoamisen avulla varmistetaan, että alakattotyöalueella ei esiinny irtolikaa ja vain vähäisessä määrin rakennustyöstä aiheutunutta pölyä. Irtolian poistamiseen käytetään lattiakuivainta, koska harjasiivous nostaa pinnoilla olevan hienomman rakennuspölyn ilmaan. Irtolika kerätään *kannelliseen roskastiaan*, joiden käyttöön siirrytään viimeistään alakattotyövaiheessa. Hienomman rakennuspölyn imurointiin työmaan puhtaudenhallintasuunnitelmaan määritetään EN 60335-2-69 -standardin mukainen, M- tai H -luokkaan kuuluva rakennus- tai teollisuusimuri, jonka Hepa H13 -luokan suodattimen vaihdosta huolehditaan valmistajan ohjeen mukaan. Imureiden lisäksi on mahdollista käyttää rakentamisen aikaista keskuspölynimurijärjestelmää. (RT 07-11299 2018.)

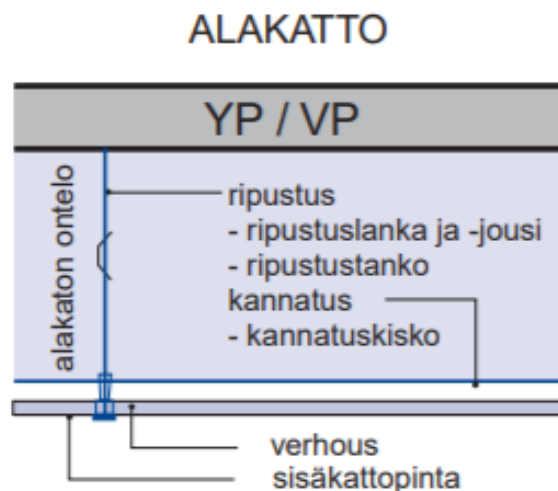
5.1 Kiinteät alakatot

Kiinteitä alakattoja ovat muun muassa kipsilevyverhoillut sisäkatot. Kiinteillä alakatoilla voidaan esimerkiksi parantaa tilan akustiikkaa tai paloturvallisuutta. Avattavien alakattojen tavoin kiinteillä alakatoilla voidaan myös verhoilla alakaton yläpuolinen tekniikka piiloon, jotta tilaan ei jää hankalasti puhdistettavia alueita käyttäjälle. Toisin kuin avattavissa alakatoissa, on kiinteisiin alakattoihin lisättävä tarvittava määrä yläpuolisen tekniikan huoltamisen mahdollistavia huoltoluukkuja. Kiinteän alakaton sulkemista edeltävät tarkastukset on esitetty tämän työn kohdissa 6.1 ... 6.3.

Kiinteässä alakatossa korostuu huolellisesti dokumentoidut tarkastukset ja työmaan puhtaudenhallinta tiloissa, joissa on kiinteitä alakattoja, koska siivoaminen on poikkeuksellisen vaikeaa alakattojen sulkemisen jälkeen. Tarkastus- ja huoltoluukkujen aukot tulee peittää esimerkiksi muovein ennen varsinaisten luukkujen asennusta, jotta alakaton yläpuolelle ei pääse kulkeutumaan pölyä.

5.2 Avattavat alakatot - runkojärjestelmä ja haittalevyt

Avattavien alakattojen työt alkavat moduulimittaisten runkojen rakentamisella. Moduulimitat tulevat alakattoverhousten tavallisista valmistusdimensioista, joista tavanomaisin on 600 x 600 mm. Alaslaskettavien kattojen yleisimpiä kannatinjärjestelmiä ovat kuviossa 14 esitetyt kattotyypin- ja tuotekohtaiset yleiskannakointijärjestelmät, joissa ripustuslangoilla kannatetaan T-listaa. Alakattoverhoilu asennetaan T-listaan kohdekohtaisten suunnitelma-asiakirjojen mukaan, esimerkiksi A-kiinnityksenä eli levy nostetaan T-listan päälle lepäämään. Seinien, pilarien ja vastaavien pintojen liittymissä käytetään esimerkiksi kulma- tai kaksoiskulmalistaa.



Kuvio 14. Sisäkaton käsitteitä (RT 84-10916 2008)

Kannatinkiskojen asennuksen yhteydessä tulee kiinnittää erityistä huomiota seinien ja vastaavien liitoskohtiin edeltäjien laatutarkastuksista huolimatta. Kannatinkiskot eivät myötkä esimerkiksi kahden eri seinäverhouksen liittymässä, mikäli seinäverhoukset porrastavat liitoskohdassaan. Esimerkkinä tällaisesta paikasta voi olla kipsile-

vyverhoillun tekniikkakotelon liittyminen kantavaan pilariin. Porrastamisesta aiheutuu epäjatkuvuuskohta kannatinkiskoon, jonka kuuluisi olla omia puskusaumojaan lukuun ottamatta suora ja yhtenäinen.

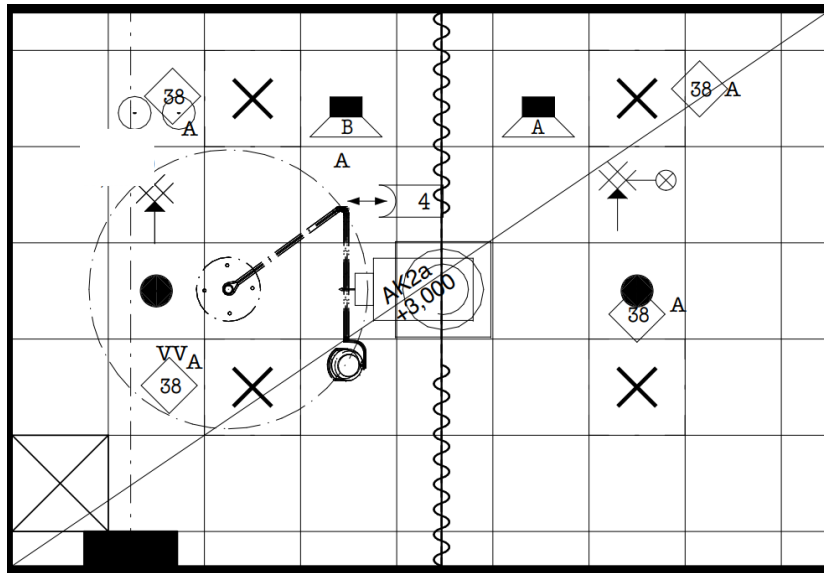
Runkojen toteuttamisen ja niiden hyväksymisen jälkeen asennetaan niin sanotut haittalevyt. Haittalevyillä tarkoitetaan levyjä, joita joudutaan työstämään ennen niiden asentamista. Haittalevyjä ovat siis kaikki levyt, joihin joudutaan poraamaan esimerkiksi reikä talotekniikan tuomiseksi verhouksen huoneenpuoleiseen pintaan. Myös levyt, jotka eivät mahdu täysinä ruudukkoon, lasketaan haittalevyiksi. Haittalevyjen asentamisen yhteydessä on erittäin tärkeää maalata peittomaalauksena kaikki leikatut reunat, jotta esimerkiksi mineraalivillalevyjen sisältämät villakuidut eivät kulkeudu hengitysilmaan. Peittomaalauksen laatua on suotavaa seurata pistokokein haittalevyjen asennusvaiheessa, jotta korjaavat toimet voidaan suorittaa oikea-aikaisesti.

5.3 Alakattojen tekniikka-asennukset

Alakattojen tekniikka-asennukset suoritetaan heti alakattorunkojen ja haittalevyjen asennuksen jälkeen. Kohdekohtaisissa suunnitelma-asiakirjoissa tulee esittää kaikki alakattolevyihin tulevat asennukset (ks. kuvio 15) ja piirustusmerkit tulee olla yksiselitteisesti esitettyinä joko omana suunnitelmanaan tai sisäkattosuunnitelman yhteydessä. Alakattoihin tulevia tekniikka-asennuksia ovat muun muassa:

1. ilmanvaihdon päätelaitteet eli tulo- ja poistoilmanvaihdon reitit
2. palosammutusjärjestelmien suuttimet
3. paloilmaisimet
4. valaisimet
5. turva- ja merkkivalaisimet
6. liike- ja läsnäolotunnistimet
7. äänievakuointikaiuttimet
8. esitysäänentoistokaiuttimet
9. sairaalatekniikka eli esimerkiksi sairaalalaitteet ja hoitajakutsun järjestelmät
10. erilaiset opastenäytöt ja vastaavat
11. säteilylämmittimet ja vastaavat.

Asennukset suoritetaan alakattotyötä vastaavassa puhtaustasossa eikä erillisiä osastointirakenteita rakenneta. Kaikkien asennettavien tuotteiden tulee olla tehdassuojauksessaan asennukseen saakka ja suojat poistetaan vasta juuri ennen asennusta. Tuotteet suojataan välittömästi uudestaan asennuksen jälkeen. Erityistä huomiota tulee kiinnittää ilmanvaihdon päätelaitteiden asennuksen aikaiseen puhtauteen, jonka tulee vastata P1-osaston puhtaustasovaatimusta. Suojausten säilymistä ja eheyttä tulee seurata päivittäin, jotta esimerkiksi ilmanvaihtokanavistoon ei pääse kulkeutumaan pölyä päätelaitteen kautta. Tekniikka-asennusten suojaukset poistetaan vasta loppusiivouksen yhteydessä juuri ennen toimintakokeiden aloittamista.



Kuvio 15. Alakaton tekniikka-asennusten esitystapa

6 Alakattojen sulkeminen

6.1 Työlajien tarkastukset

Alakattojen sulkemista edeltävät tarkastukset suoritetaan 2 ... 4 viikkoa ennen niiden sulkemista. Tarkastukset suorittavat sekä pääurakoitsijan edustajat että rakennuttaja- / tilaajaorganisaatio. Pääurakoitsijan edustajat tarkastavat alueen noin viikkoa ennen rakennuttajaorganisaatiota, jotta mahdolliset virheet ja puutteet asennustöissä ehditään korjaamaan ennen varsinaista rakennuttajaorganisaation tarkastusta.

Tarkastuksissa todetaan koko loppusiivoukseen menevän alueen kaikki rakennus- ja talotekniset työt työlajeittain valmiiksi, jotta voidaan varmistua siitä, että pölyävät työvaiheet ovat alueella päättyneet. Näin varmistetaan, että loppusiivouksen jälkeiset toimintakokeet voidaan aloittaa suunnitellun aikataulun mukaisesti.

Työlajien tarkastuksessa varmistetaan suunnitelmienmukaisuus niin suorituksen kuin laadunkin kannalta. Apuna tarkastuksessa käytetään viimeisimmän revision suunnitelmia sekä tarvittaessa niin sanottuja *punakyniä* eli viimeisintä suunnitelmaa, johon urakoitsija on merkannut tekemiään vähäisiä muutoksia suunnitelmiin suorituksessaan. Punakynä voi olla esimerkiksi vesijohdon vähäinen sijaintimuutos, kun on väistetty risteävää tekniikkaa.

Työlajien tarkastukset merkitään viipymättä pääurakoitsijan ylläpitämään taulukkoon, jotta kaikki tarkastukset tulee tehtyä yhteisesti sovitussa aikataulussa. Taulukkoon tulee kirjata kaikki tarkastuksen yhteydessä käytetyt suunnitelma-asiakirjat asiakirja- sekä revisiotunnuksineen, jotta varmistutaan siitä, että toteutus vastaa suunniteltua. Taulukkoon merkitään myös mahdolliset virheet ja puutteet yksilöitynä tilatunnuksittain, jotta korjaustyöt saadaan kohdennettua tehokkaasti työlajin urakoitsijalle korjattavaksi.

6.2 Alakattojen sulkemista edeltävä siivous

Alakattojen sulkeminen ajoittuu kaksivaiheisen loppusiivouksen ensimmäiseen vaiheeseen, joten käytännössä alueella sallittuja töitä ovat vain täysin pölyä tuottamattomat työt, kuten esimerkiksi alakattojen sulkeminen, sairaalalaitteiden asennukset, vähäiset paikkamaalaukset, kaksivaiheisen loppusiivouksen toinen vaihe sekä talotekniikan toimintakokeet.

Loppusiivoukseen menevä alue osastoidaan muusta ympäristöstä ja alueen rajoille merkitään selkeästi, että alueella on aloitettu loppusiivous. Läpikulkeminen alueen läpi kielletään, jotta osastoon ei kulkeudu irtolikaa tai pölyä. Osastoinnin yhteydessä alueelta poistetaan kaikki sinne kuulumattomat materiaalit, mukaan lukien pintojen suojaukset, jotta siivous saadaan suoritettua kaikille pinnoille esteettömästi. Siivous aloitetaan valmistelujen yhteydessä lattiasuojaukseen käytettävien kovalevyjen imu-

roimisella EN 60335-2-69 -standardin mukaisella, M- tai H -luokkaan kuuluvalla rakennus- tai teollisuusimurilla, jonka Hepa H13 -luokan suodattimen vaihdosta huolehditaan valmistajan ohjeen mukaan. Kovalevyt imuroidaan ensimmäisenä, jotta niiden päällä oleva pöly ei nouse ilmaan kerättäessä niitä pois. Tämän jälkeen siivous etenee ylhäältä alaspäin käsittäen kaikki pinnat niin näkyvien kuin suljettavien rakenteiden osalta. Siivous aloitetaan aina imuroimalla hienopöly edellä mainitulla standardin mukaisella imurilla, jonka jälkeen pinnat nihkeäpyyhittää tarkoitukseen soveltuvalla siivousvälineellä. (RT 07-11299 2018.)

6.3 Alakattojen sulkeminen

Alakattojen sulkemista edeltävät siivouksen laatutarkastukset sekä visuaalisesti että mittavain menetelmin. Visuaalinen tarkastus suoritetaan siivoustyön teknisen laadun määrittelevän SFS 5994 INSTA 800:2010 standardin tai kohdekohtaisten vaatimusten mukaisesti. Standardi kuvaa siivouksen laatutasot ja määrittelee pinta- ja likatyypit sekä tarkastettavien alueiden pinta-alat. Tarkastus jaotellaan helposti tavoitettaviin sekä vaikeasti tavoitettaviin pintoihin, joita kuvataan A (helposti tavoitettava pinta) ja NA (vaikeasti tavoitettava pinta) lyhentein. Kaikki alakaton yläpuoliset pinnat ovat NA-pintoja, sillä ne sijaitsevat yli 180 cm korkeudella. (SFS 5994:2012, 20–26.)

Standardissa on kuvattu sallitut likamäärät suhteutettuna tarkastettavaan pinta-alaan. Pinta-alat jaotellaan neljään (4) luokkaan, jotka ovat:

1. enintään 15 m²
2. 16 ... 35 m²
3. 36 ... 60 m²
4. 61 ... 100 m²

Sataa neliometriä suuremmat tilat jaetaan samankokoisiksi, mahdollisimman suuriksi tarkastusalueiksi.

Standardin mukaisesti kaikki loppusiivotun alueen pinnat tarkastetaan joko suoraan tai viistosti katsomalla. Silmämääräisessä tarkastuksessa ei saa käyttää apuvälineitä, pois lukien tikkaat tai vastaavat tarkastettaessa korkealla olevia tiloja. Pintojen likamäärää ei saa arvioida esimerkiksi kädellä tai siivouspyyhkeellä pyyhkäisemällä. Tästä

voidaan poiketa kohdekohtaisissa vaatimuksissa esimerkiksi siten, että seinällä olevien lämpöpattereiden takaa tarkastettaessa voidaan pyyhkäistä sormella ja siten todeta mahdollinen pölykertymä. Silmämääräisessä tarkastuksessa korostetaan vaikeasti saavutettavien paikkojen tarkastelua, koska näistä paikoista etenkin hieno pöly on vaikein poistaa. (SFS 5994:2012, 20–26.)

Siivoustyön laadun tarkastelun mittaavana menetelmänä käytetään geeliteippinäytteenottoja. Geeliteipistä mitataan pölynpeittoprosentti, joka saadaan verrattaessa laservalon läpäisevyyttä puhtaan teipin ja näytteenottoteipin läpi. Näytteenotto tapahtuu siten, että puhtaasta teipistä otetaan Dustdetector-laitteelle referenssi, jonka jälkeen teippi painetaan valittuun tarkastuspaikkaan ja telataan 32 mm pitkällä ja halkaisijaltaan 40 mm telalla kolmesti (3) teipin yli. Telan tulee aiheuttaa 10 Newtonin eli noin 1 kg paine teippiin ja tämä saavutetaan telassa olevan osoittimen avulla. Tämän jälkeen teippi laitetaan uudestaan Dustdetector-laitteeseen, joka antaa tuloksen prosentteina. (Operation Manual - BM-Dustdetector® N.d; SFS 5994:2012, 62.)

Geeliteippinäytteiden määrä on suhteuttava tarkastusalueeseen. Tarkastusalueen tilamäärän ollessa ≤ 50 kappaletta, otetaan alueelta satunnaisotannalla näyte vähintään viidestä (5) tilasta. Tilamäärän ollessa tarkastusalueella enemmän kuin 50, mitataan 10 prosenttia tiloista. Jokaisesta tilasta otetaan INSTA 800 -standardia soveltaen vähintään kolmesta pintaluokasta yksi (1) näyte. Käytännössä alakattojen sulkemisen osalta tämä tarkoittaa sitä, että alakattojen yläpuolisesta tilasta otetaan vähintään viisi (5) näytettä ja näiden näytteiden pölykertymä eli peittoprosentti saa olla kussakin näytteessä enintään 5 %. (RT 07-11299 2018.)

Dokumentoitujen ja hyväksytyjen siivoustarkastusten jälkeen alakatot voidaan sulkea. Alakattojen yläpuolisia tiloja ei tarkasteta uudestaan luovutusvaiheen tarkastuksen yhteydessä, mikäli työmaalla on noudatettu hankekohtaisia puhtaudenhallintasuunnitelmia. Muissa tapauksissa pääurakoitsijan tulee avata alakattoja valvontaorganisaation osoittamista paikoista ja tarkastukset tehdään soveltuvassa laajuudessa uudestaan.

7 Johtopäätökset

Alakattotyövaihe rakennus- ja taloteknisistä edeltäjistä valmiiseen tuotteeseen on ennen kaikkea laadukasta tiedonkulkua ja koordinoitua useiden eri organisaatioiden välillä. Käyttäjälleen turvallisen, terveellisen ja viihtyisän rakennuksen luovuttaminen tilaajalle sekä käyttäjälle edellyttää alakattotöiltä lukuisia tarkastuksia useissa eri vaiheissa, joten työvaiheen vetovastuullisen työnjohtajan on oltava jatkuvassa vuorovaikutuksessa kaikkien työvaiheeseen liittyvien henkilöiden kanssa. Avoin vuorovaikutus eri alojen asiantuntijoiden välillä luo edellytykset myös haasteellisten tilanteiden hallitsemiseen. Oikea-aikainen laadunvarmistus tarvittavine katselmuksineen sekä epäkohtiin alhaisella kynnyksellä puuttuminen kaikissa vaiheissa mahdollistaa tämän tärkeän tahdistavan työvaiheen onnistumisen niin laadun, kustannusten kuin aikataulun osalta.

8 Pohdinta

Jo opinnäytetyössä käytettyjen lähteiden määrä puoltaa opinnäytetyön laatimista kyseisestä aiheesta. Näin suuressa ja vaativassa hankkeessa on ainoastaan perusteltua käyttää talotekniikka-asiantuntijoita Tate-töiden valvonnassa, mutta rakennuspuolen työnjohtajat ajavat kuitenkin kokonaisuuden edistämistä yleisaikataulun mukaisesti. Laadittu työ antaa asialliset askelmerkit rakennuspuolen työnjohtajille viedä alakattotyövaihe läpi voimassa olevien rakentamismääräysten sekä hyvän rakentamistavan mukaisesti huomioiden myös hyvälle sisäilmastolle asetetut vaatimukset.

Laadukas rakentaminen on ehdottomasti myös laadukasta laadunvarmistusdokumentaatiota, joten tämän työn valmistumisen aikoihin hankkeella tehtiin myös koevedos punakynien toimittamisesta suunnittelijoille pistepilvenä. Pistepilven avulla laadunvarmistusdokumentaatio sisältäisi as-built 3D-mallin, joka vastaisi täysin to-
teutusta. Nykyisellään punakynät piirretään käsin ja ne viedä suunnitelmiin myös sitä vastaavalla tarkkuudella.

Laserkeilauksen sijaan hankkeella koekäytettiin Matterportin fotogrammetriaan perustuvaa pistepilveä. Tällä menetelmällä pistepilvi muodostetaan hyödyntämällä Microsoftin Kinect-sensorilla varustettua RGB-kameraa, joka muodostaa 4K tasoista ku-

vista 3D-pistepilven. Microsoft Kinect-sensorin etäisyyden mittaus perustuu infrapunaan ja laitevalmistaja ilmoittaa etäisyyden tarkkuudeksi 99 %, kun kuvaaminen tapahtuu laitevalmistajan ohjeen mukaan (The Matterport Pro2 3D Camera. n.d). Alakattojen laadunvarmistuksen kannalta tätä työtä voisi jatkaa kyseiseen pistepilvi-menetelmään perehtymällä ja kuinka sitä voisi hyödyntää pääurakoitsijan tarpeisiin tässä tarkoituksessa. Lisäksi voisi tutkia esimerkiksi eroavaisuuksia laserkeilauksella saatavaan pistepilveen.

Lähteet

- A 848/2017. Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta. Viitattu 15.4.2019. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170848>
- A 1009/2017. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. Viitattu 21.4.2019. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171009#Pidp446708080>
- A 1047/2017. Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista. Viitattu 22.4.2019. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171047>
- Ceiling supply systems. N.d. Pneumatik Berlinin laite-esittely yrityksen www-sivulla. Viitattu 21.4.2019. http://www.pneumatik-berlin.de/pdf/dve_e.pdf
- Hammarberg, K., Kirkman M. & de Lacey, S. 2016. Qualitative research methods: when to use them and how to judge them. Human Reproduction, 31, 3, 498–501. Viitattu 8.4.2019. <https://academic.oup.com/humrep/article/31/3/498/2384737>
- FK - CEA 4001: 2007 - 06. 2007. Sprinklerilaitteistot - Suunnittelu ja asentaminen. Euroopan vakuutus- ja jälleenvakuutusalan keskusliiton julkaisu sprinklerilaitteistojen suunnittelusta ja asentamisesta. Viitattu 31.3.2019. <http://www.spek.fi/loa-der.aspx?id=4621bf28-0549-4dd0-8a58-5b6dfef691e5>
- FK - CEA 4008: 2015 - 04. 2015. Inerttikaasusammutuslaitteistot - Suunnittelu ja asentaminen. Finanssialan keskusliiton julkaisu inerttikaasusammutuslaitteistojen suunnittelusta ja asentamisesta. Viitattu 31.3.2019. <http://www.finanssiala.fi/vahingontorjunta/dokumentit/FK-CEA%204008%20Inerttikaasusammutuslaitteistot.pdf>
- Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden tutkiminen. 2016. SuLVI ry:n ohje ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden tutkimisesta yhdistyksen www-sivuilla. Viitattu 21.4.2019. <https://sulvi.fi/wp-content/uploads/2017/05/IVKT-2016-Ohje-4-Ilmanvaihtoj%C3%A4rjestelm%C3%A4n-puhtauden-tutkiminen.pdf>
- Keski-Suomeen täysin uusi sairaala KSSH:n valtuuston päätöksellä. 2014. Tiedote Keski-Suomen sairaanhoitopiirin www-sivuilla 5.12.2014. Viitattu 28.12.2018. [http://www.kssh.fi/fi-FI/KeskiSuomeen_taysin_uusi_sairaala_KSSHn\(46293\)](http://www.kssh.fi/fi-FI/KeskiSuomeen_taysin_uusi_sairaala_KSSHn(46293))
- Keski-Suomen keskussairaalan 60-vuotisvideo. 2016. Video keskussairaalan 60-vuotisesta historiasta Keski-Suomen sairaanhoitopiirin www-sivuilla 4.2.2016. Viitattu 28.12.2018. [http://www.kssh.fi/fi-FI/Sairaanhoitopiiri/Viestinta/Ksshpn_materiaalit/KeskiSuomen_keskussairaalan_60vuotisvide\(44726\)](http://www.kssh.fi/fi-FI/Sairaanhoitopiiri/Viestinta/Ksshpn_materiaalit/KeskiSuomen_keskussairaalan_60vuotisvide(44726))
- Kuivaketju10-riskilista. 2018. Rakennusprosessin kosteudenhallinnan riskilista Kuivaketju10 www-sivuilla 13.3.2018. Viitattu 5.3.2019. http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Riskilista_150313.pdf
- LVI 01-10355. 2002. Talotekniikka RYL 2002 - Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset 2002, osa 1. Rakennustieto. Viitattu 22.4.2019. <https://janet.finna.fi/>, RT-kortisto.

Operation Manual - BM-Dustdetector®. N.d. BM-Dustdetectorin käyttöohje valmistajan www-sivuilla. Viitattu 13.4.2019. <http://www.postmaelectronics.nl/wp-content/uploads/manual-Dustdetector-0515.pdf>

RT 07-10564. 1995. Rakennuksen sisäilmasto. RT-ohjekortti. Rakennustieto. Viitattu 27.3.2019. <https://janet.finna.fi/>, RT-kortisto.

RT 07-10805. 2003. Terveen talon toteutuksen kriteerit. RT-ohjekortti. Rakennustieto. Viitattu 17.2.2019. <https://janet.finna.fi/>, RT-kortisto.

RT 07-11299. 2018. Sisäilmastoluokitus 2018. RT-ohjekortti. Rakennustieto. Viitattu 4.3.2019. <https://janet.finna.fi/>, RT-kortisto.

RT 14-11103. 2012. SisäRYL - Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Rakennustieto. Viitattu 7.3.2019. <https://janet.finna.fi/>, RT-kortisto.

RT 63-11096. 2012. Sammutuslaitteistot. RT-ohjekortti. Rakennustieto. Viitattu 29.3.2019. <https://janet.finna.fi/>, RT-kortisto.

RT 83-10453. 1991. Välipohjien liittymät. RT-ohjekortti. Rakennustieto. Viitattu 7.3.2019. <https://janet.finna.fi/>, RT-kortisto.

RT 84-10818. 2004. Putkistojen ja kanavien kannakointi. RT-ohjekortti. Rakennustieto. Viitattu 18.4.2019. <https://janet.finna.fi/>, RT-kortisto.

RT 84-10916. 2008. Alakatot ja sisäkattoverhoukset. RT-ohjekortti. Rakennustieto. Viitattu 1.4.2019. <https://janet.finna.fi/>, RT-kortisto.

Sairaalakaasujärjestelmien suunnittelu-, asennus- ja huolto-ohje. 2014. Suomen Sairalatekniikan yhdistys ry:n ohje sairaalakaasujärjestelmien suunnittelusta, asennuksesta sekä huollosta yhdistyksen www-sivuilla. Viitattu 23.4.2019. [http://ssty.fi/lvi-jaos/files/2014/04/Sairaalakaasu WEB.pdf](http://ssty.fi/lvi-jaos/files/2014/04/Sairaalakaasu_WEB.pdf)

Savunpoisto rakennuksista. N.d. Helsingin kaupungin rakennusvalvontaviraston ohje rakennusten savunpoistosta. Viitattu 16.4.2019. <https://www.hel.fi/static/rakvv/ohjeet/Savunpoisto.pdf>

SFS 5994. Siivouksen tekninen laatu. Mittaus- ja arviointijärjestelmä (INSTA 800:2010). Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Vahvistettu 29.10.2012. Viitattu 13.4.2019. <https://janet.finna.fi/>, SFS Online.

SFS 6000-6:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 6: Tarkastukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Vahvistettu 18.8.2017. Viitattu 24.4.2019. <https://janet.finna.fi/>, SFS Online.

SRV jatkokehittämään historiansa suurinta, noin 300 miljoonan euron sairaalahanketta Keski-Suomessa. 2016. Tiedote SRV:n www-sivuilla 26.4.2016. Viitattu 8.4.2019. <https://www.srv.fi/tiedotteet/srv-jatkokehittamaan-historiansa-suurinta-noin-300-miljoonan-euron-sairalahanketta-keski-suomessa/>

SRV yhtiönä. N.d. Yritysesittely SRV:n www-sivuilla. Viitattu 8.4.2019. <https://www.srv.fi/srv-yhtiona/>

SRV:n työmaat. N.d. Luettelo SRV:n meneillään olevista hankkeista SRV:n www-sivuilla. Viitattu 8.4.2019. <https://www.srv.fi/tyomaa/>

The Matterport Pro2 3D Camera. N.d. Laitevalmistajan tuotekuvaus Pro2 3D kamerasta valmistajan www-sivuilla. Viitattu 18.4.2109. <https://matterport.com/pro2-3d-camera/>

The importance of Quality Assurance in construction. N.d. Sovelluskehittäjä Conqan kirjoitus laadunvarmistuksesta rakennushankkeilla. Viitattu 8.4.2019. <https://www.conqahq.com/post/the-importance-of-quality-assurance-in-construction>

Teräsrakenteiden palosuojamaalaus 2007. 2007. Teräsrakenneyhdistys Ry. Viitattu 15.4.2019. http://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/236/81bd049/TRY_Terasrakenteiden_palosuojamaalaus_2007.pdf