

Noora Virtanen

# PUHTAUDEN- JA KOSTEUDENHALLIN- NAN PALVELUIDEN KEHITTÄMINEN

Diplomityö  
Rakennetun ympäristön tiedekunta  
Professori Matti Pentti  
Professori Arto Saari  
Toukokuu 2020

# TIIVISTELMÄ

Noora Virtanen: Puhtauden- ja kosteudenhallinnan palveluiden kehittäminen  
Diplomityö  
Tampereen yliopisto  
Rakennustekniikka  
Toukokuu 2020

---

Kosteuden- ja puhtaudenhallinnan merkitys terveellisen ja puhtaan rakentamisen laadunvarmistuskeinona on kasvanut huomattavasti 2010-luvun aikana. Kosteuden- ja puhtaudenhallinnan hyötyjä ja niiden laiminlyömisestä aiheutuvia haittoja on tutkittu paljon ja näiden tutkimuksien pohjalta on päivitetty ja laadittu uusia lakeja, asetuksia ja ohjeita. Rakennusten kosteusteknisen turvallisuuden ja toimivuuden osalta otettiin suuri harppaus eteenpäin, kun vuonna 2018 astui voimaan asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta. Asetuksessa edellytetään, että rakennushankkeeseen nimetään kosteudenhallinnan valvonnasta vastaava henkilö. Tähän asian- tuntutjarpeeseen vastataan jo ennen asetuksen voimaan tuloa A-Insinöörien käyttöön kehitetyllä A-Insinöörit Kosteusturva -palvelulla. A-Insinöörit Kosteusturva -palveluun on sisällytetty sekä kosteuden- että puhtaudenhallintakoordinaattorin toimenkuvat, jotta sekä rakennushanke että sen lopputulos olisivat kokonaisuutena terveelliset ja puhtaat.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli A-Insinöörit Kosteusturva -palvelun kehittäminen siten, että se mukautuu sekä A-Insinöörit Oy:n suunnittelun että rakennuttamisen toimialojen tarpeisiin, jolloin palvelu voidaan ottaa yrityksessä valtakunnallisesti käyttöön. Tutkimuksen toisena oleellisena tavoitteena oli kehittää A-Insinöörit Kosteusturva -palvelua siten, että sen avulla voidaan vastata paremmin tilaajien ja urakoitsijoiden tarpeisiin, täyttäen samalla uusien ja päivittyneiden lakien, asetusten ja ohjeiden asettamat vaatimukset terveellisestä rakentamisesta. Osana kehitystyötä pohdittiin lisäksi vaihtoehtoisia toteutustapoja palveluntuottajan työtehon parantamiseksi ja työskentelyn helpottamiseksi.

Kehitystyö aloitettiin kirjallisuustutkimuksella, jonka tavoitteena oli kerätä laajasti taustatietoa niin kosteuden- kuin puhtaudenhallinnankin periaatteista ja oikeista toteutustavoista. Teoriaosuudessa käsitellään muun muassa olennaisten lakien ja asetusten kosteuden- ja puhtaudenhallintaa koskevat kohdat, kosteuslähteitä, rakennustöiden ja materiaalien luokituksia, raja-arvoja sekä eri osapuolien kosteuden- ja puhtaudenhallintaa koskevia työtehtäviä ja vastuualueita. Kirjallisuustutkimusta täydennettiin haastattelututkimuksena toteutetulla tapaustutkimuksella. Tapaustutkimuksessa haastateltiin tutkimukseen valittujen kohteiden eri hankeosapuolia. Haastatteluun osallistui valvoja, pääurakoitsijoiden edustajia, siivousurakoitsija, kosteuden- ja puhtaudenhallintakoordinaattorit sekä erään hankkeen projektipäällikkö. Haastattelututkimuksen tarkoituksena oli kerätä tietoa eri hankeosapuolien näkemyksistä ja tarpeista A-Insinöörit Kosteusturva-palvelun suhteen. Haastatteluissa kävi ilmi, että erilaisista toimenkuvistaan huolimatta eri hankeosapuolilla oli pääosin hyvin samankaltainen näkemys kosteuden- ja puhtaudenhallinnan asemasta ja A-Insinöörit Kosteusturva -palvelun kehityskohdista. Moni hankeosapuoli oli sitä mieltä, että eri osapuolien rooleja sekä etenkin puhtaudenhallinnan tarkastuksien ajankohtaa, sisältöä ja vaatimuksia tulisi selkeyttää. Lisäksi työmaalla havaittuihin kosteuden- ja puhtaudenhallinnan ongelmiin tulisi reagoida nopeasti ja riittävän määrätietoisesti. Lähes poikkeuksetta koordinaattoreiden tarkkaa ja kattavaa työmaavalvontaa pidettiin todella positiivisena asiana ja sen koettiin parantavan työmaan kosteuden- ja puhtaudenhallintaa.

Haastatteluiden jälkeen kirjallisuus- ja tapaustutkimuksessa saatuja aineistoja analysoitiin ja verrattiin nykymuotoiseen A-Insinöörit Kosteusturva -palveluun. Vertailussa kehityskohteiksi nousseet palvelun osa-alueet koottiin yhteen ja niiden pohjalta pohdittiin vaihtoehtoisia ratkaisuja palvelun parantamiseksi. Näistä kehityskohdista ja ratkaisuvaihtoehdoista muodostuvat tutkimuksen tulokset. Tutkimustulosten pohjalta palvelua kehitetään toimivammaksi kokonaisuudeksi, jotta se palvelee laajemmin sekä A-Insinöörejä, tilaajia että urakoitsijoita.

Avainsanat: sisäilmasto, kosteudenhallinta, puhtaudenhallinta, pölyntorjunta, puhtausluokitus

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

# ABSTRACT

Noora Virtanen: Improvement of the purity and humidity control services  
Master's thesis  
Tampere University  
Master's Degree Programme in Civil Engineering  
May 2020

---

The importance of purity and humidity control as method of quality assurance has grown significantly during the last decade. The benefits and disadvantages caused by neglecting the purity and humidity control have been studied widely and laws, decrees and instructions have been enacted and updated based on those studies. The moisture performance of buildings took a great leap forward in 2018 when the decree of the moisture performance of buildings came into effect. The decree requires a humidity coordinator, who is aware of moisture functioning of structures, to be nominated for a building project. The decree creates demand for professionals to which A-Insinööri Kosteusturva -service, which has been developed before the decree came into effect, responds. In order to ensure a healthy and clean entirety of both building project and its result, the service consists of both humidity and purity control coordination.

The research question of this study was to improve the purity and humidity control services the way which adapts the service to serve both A-Insinööri Suunnittelu Ltd and A-Insinööri Rakennuttaminen Ltd. This enables the service to be nationally put into operation. Another relevant goal of this study was to improve the A-Insinööri Kosteusturva -service according to the laws and decrees about healthy building while it helps to respond to customer's and contractor's needs better way. Additionally, alternative options to make service provider's working more effective and easier were considered as part of a development work

The development work begun with a literary research which goal was to collect wide theory-part including practices of both purity and humidity control and right ways to put purity and humidity control into effect. Among other things, the theory-part includes the essential parts from laws and decrees about purity and humidity control, moisture sources, classifications of construction works and materials, limits along with participants' responsibilities and assignments in purity and humidity control in a building project. The literary research was completed with case study which was carried out as an interview study. Various participants of cases selected for the research were interviewed in the case study. Participants who took part in the interviews were representatives of main contractors, coordinators of purity and humidity control, a cleaner contractor and a project manager of a project. The meaning of the interview study was to collect information about views and needs of different project participants in A-Insinööri Kosteusturva -service. The interviews showed that despite different work descriptions the project participants had mainly very similar kind of views about the role of purity and humidity control and the points of development of A-Insinööri Kosteusturva -service. Many project participants thought that the roles of different participants and especially the timing, contents and demands of purity examinations, should be clarified. In addition to that, to the problems of purity and humidity control noticed at the building site should be reacted quickly and determinedly enough. An accurate and extensive site supervision of coordinators was, almost without exceptions, considered as positive thing and it was found to improve purity and humidity control at the building sites.

After the interviews, the data from literary research and case study was analyzed and compared to existing version of A-Insinööri Kosteusturva -service. Development points emerged in comparison were put together and alternative solutions to improve the service were contemplated based on those development points. Results of this research are formed by the development points and solution options. On the grounds of this research the A-Insinööri Kosteusturva -service will be developed to be more functioning whole in order to enable more extensive service to the A-Insinööri group, customers and contractors.

Keywords: microclimate, humidity control, purity control, dust reduction, classifications of purity

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

# ALKUSANAT

Ammattikorkeakoulun jälkeiset maisteriopintoni etenivät suunnitelmieni mukaisesti, mutta ennen kuin huomasinkaan, oli diplomityön tekemisen aika. Hetkellisen suunnan etsimisen jälkeen löysin tieni A-Insinöörit Suunnittelu Oy:n Tampereen toimipisteelle, jossa minulle tarjottiin mahdollisuutta tehdä diplomityö itselleni mieluisasta ja tutusta aiheesta. Ammattikorkeakoulun opinnäytetyöstänikin tuttua kosteudenhallintaa täydennettiin matkan alkutaipaleella puhtaudenhallinnan kokonaisuudella ja diplomityöni aihe oli valmis. Puhtaudenhallinnan periaatteisiin perehtyminen on ollut kiinnostavaa, ja se on lisännyt tietouttani rakennusten terveellisestä ja puhtaasta sisäilmasta.

Suuri kiitos Tampereen A-Insinöörit Suunnittelu Oy:n korjausyksikön suunnittelujohtajalle Saija Varjoselle ja yksikönjohtajalle Mikko Tarrille mahdollisuudesta päästä osaksi ammattitaitoista, kehittyvää ja yhteisöllistä korjausyksikköä. Haluan kiittää koko korjausyksikköä mielenkiinnosta diplomityötäni kohtaan ja kaikesta avusta, jota olen diplomityöhöni liittyen saanut. Erityiskiitokset diplomityöni kirjoitusprosessin edistämisestä haluan esittää Saija Varjoselle ja Sami Musakalle, jotka ovat merkittävästi myötävaikuttaneet diplomityöni valmistumiseen. Suurin kiitos näiden maisteriopintojenkin loppuvastuksen voittamisesta kuuluu kuitenkin vanhemmilleni, jotka ovat aikaan ja paikkaan katsomatta tukeneet ja rohkaisseet minua niin diplomityön kirjoittamisessa kuin muissakin opinnoissani.

Tästä on hyvä jatkaa.

Tampereella, 16.5.2020

Noora Virtanen

# SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	1
1.1 Tutkimuksen tausta .....	1
1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset .....	3
1.3 Tutkimusmenetelmät ja -aineisto .....	3
1.4 Työn rakenne .....	4
2. KIRJALLISUUSTUTKIMUS KOSTEUDEN- JA PUHTAUDENHALLINNASTA .....	5
2.1 Lait ja asetukset .....	5
2.1.1 Maankäyttö- ja rakennuslaki .....	5
2.1.2 Terveysturvallisuuslaki .....	6
2.1.3 Työturvallisuuslaki .....	6
2.1.4 Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta .....	6
2.1.5 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta .....	7
2.1.6 Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä .....	7
2.1.7 Valtioneuvoston asetus työhön liittyvän syöpävaaran torjunnasta ..	8
2.2 Puhtauden- ja kosteudenhallinnan vaikutukset rakennusten terveellisyyteen .....	9
2.3 Kosteudenhallinta .....	12
2.3.1 Kosteuslähteet ja -olosuhteet .....	13
2.3.2 Kosteuden siirtyminen .....	19
2.3.3 Optimaaliset kuivumisolosuhteet ja rakenteiden kuivuminen .....	21
2.3.4 Rakenteiden ja materiaalien suojaaminen kosteudelta .....	24
2.3.5 Vaikutukset hankkeen kustannuksiin ja aikatauluun .....	26
2.3.6 Kuivaketju10: esimerkki kosteudenhallinnan toimintamallista .....	26
2.4 Kosteudenhallinta rakennushankkeen eri vaiheissa .....	29
2.4.1 Tarveselvitys .....	29
2.4.2 Hankesuunnittelu .....	30
2.4.3 Ehdotussuunnittelu .....	31
2.4.4 Yleissuunnittelu .....	32
2.4.5 Toteutussuunnittelu .....	34
2.4.6 Rakentaminen .....	35
2.4.7 Käyttöönotto ja ylläpito .....	42
2.5 Puhtaudenhallinta .....	44

2.5.1	Rakennuspölystä aiheutuvat haitat.....	46
2.5.2	Rakennustöiden ja materiaalien luokitukset.....	49
2.5.3	Pölyntorjuntamenetelmät ja rakennussiivous.....	53
2.5.4	Vaikutukset hankkeen kustannuksiin ja aikatauluun.....	55
2.6	Puhtaudenhallinta rakennushankkeen eri vaiheissa.....	57
2.6.1	Tarveselvitys.....	57
2.6.2	Hankesuunnittelu.....	57
2.6.3	Ehdotussuunnittelu.....	58
2.6.4	Yleissuunnittelu.....	59
2.6.5	Toteutussuunnittelu.....	61
2.6.6	Rakentamisen valmistelu.....	62
2.6.7	Rakentaminen.....	65
2.6.8	Käyttöönotto ja ylläpito.....	68
3.	TUTKIMUSKOhteET.....	70
3.1	Haastatteluiden toteuttaminen.....	70
3.2	Tutkimuskohteiden yleistiedot.....	71
3.3	Kosteudenhallinnan toteuttaminen tutkimuskohteissa.....	72
3.4	Puhtaudenhallinnan toteuttaminen tutkimuskohteissa.....	77
4.A-	INSINÖÖRIT KOSTEUSTURVA -PALVELU.....	84
4.1	A-Insinöörit Kosteusturva -palvelun esittely.....	84
4.2	Nykyisen palvelun hyödyt tilaajalle.....	88
4.3	Nykyisen palvelun laadunvarmistuskeinot.....	90
5.	TUTKIMUSTULOKSET.....	92
5.1	Kirjallisuustutkimuksen tulokset.....	92
5.2	Tapaustudkimuksen tulokset.....	92
5.2.1	Rakennustöiden valvojen ja projekti-insinöörin haastattelut.....	92
5.2.2	Siivousurakoitsijan haastattelu.....	95
5.2.3	Pääurakoitsijoiden edustajien haastattelut.....	96
5.2.4	Kosteuden- ja puhtaudenhallintakoordinaattorin haastattelut.....	96
5.2.5	Haastatteluissa yleisesti esiin nousseita teemoja.....	97
6.	TUTKIMUSTULOSTEN POHDINTA.....	102
7.	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	107
	LÄHTEET.....	109
	LIITE A: HAASTATTELUKYSYMYKSET: RAKENNUSTÖIDEN VALVOJA.....	115
	LIITE B: HAASTATTELUKYSYMYKSET: PROJEKTI-INSINÖÖRI.....	117
	LIITE C: HAASTATTELUKYSYMYKSET: SIIVOUSURAKOITSIJA.....	119
	LIITE D: HAASTATTELUKYSYMYKSET: PÄÄURAKOITSIJAT.....	121



# 1. JOHDANTO

## 1.1 Tutkimuksen tausta

Ihmiset viettävät nykyään noin 90 prosenttia ajastaan sisätiloissa, minkä vuoksi hyvällä sisäilman ja sisäilmaston laadulla on oleellinen vaikutus ihmisten hyvinvointiin, viihtyvyyteen ja työtehoon (Seppänen et al., 1997). Sisäilman terveellisyyden takaamiseksi maankäyttö- ja rakennuslaissa edellytetään, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan siten, että se on terveellinen ja turvallinen huomioon ottaen muun muassa kosteus- ja sisäilmaolosuhteet. Rakennuksesta ei myöskään saa aiheutua terveyden vaarantumista esimerkiksi sisäilman epäpuhtauksien takia. (Maankäyttö- ja rakennuslaki, 2000) Tästä huolimatta eduskunnan tarkastusvaliokunnan julkaisun 1/2012 mukaan merkittäviä kosteus- ja homevaurioita esiintyy esimerkiksi pien- ja rivitaloissa 7-10 prosentissa kerrostaloissa 6-9 prosentissa ja hoitolaitoksissa 20-26 prosentissa kerrosalasta (Ahonen, ym., 2012). Käypä hoito -suosituksen mukaan kosteus- ja homevaurioituneissa kiinteistöissä asuvilla on arvioitu olevan muun muassa noin puolitoistakertainen riski sairastua astmaan sekä altistua infektioille (Käypä hoito -suositus, 2016). Kosteusvaurioiden muodostumisen pääasialliset aiheuttajat ovat puutteellinen rakenteiden rakennusfysikaalinen suunnittelu, hankkeen kosteudenhallinnan suunnittelu ja toteutus sekä valmiin rakennuksen vääränlainen käyttö.

Kosteusvaurioiden lisäksi sisäilman sisältämät pölyt, kuidut ja haitalliset yhdisteet vaikuttavat heikentävästi sisäilman laatuun ja terveellisyteen. Sisäilman sisältämiä epäpuhtauksia voidaan kuitenkin vähentää huolellisella puhtaudenhallinnan suunnittelulla ja toteutuksella rakennushankkeen jokaisessa vaiheessa. Puhtaudenhallinnalla tarkoitetaan kaikkia niitä toimenpiteitä, joilla vähennetään rakentamisessa muodostuvan lian ja pölyn syntymistä sekä ehkäistään syntyneiden epäpuhtauksien jäämistä rakenteiden, kalusteiden, varusteiden ja laitteiden pinnoille. Pinnoille jäävät epäpuhtaudet saattavat ilmanvaihdon ja muiden ilmavirtausten vaikutuksesta nousta pinnoilta ilmaan, heikentäen siten sisäilman laatua. Kosteusvaurioiden syntymisen ehkäisemiseen on puututtu jo 1990-luvulla (Eskola, 2016), mutta puhtaudenhallinnan tärkeyttä ei vielä nykyäänkään tunnusteta tai tunnisteta kaikkialla. Puhtaudenhallinnan tai sen toteuttamisen laiminlyönnin vaikutuksista ei ole yhtä useita tai kattavia tutkimuksia kuin kosteudenhallinnasta, vaikka rakennuspöly voi aiheuttaa vakaviakin seurauksia kuten ihottumia, astmaa tai erilaisia syöpälajeja (Palomäki, 1993). Puhtaudenhallinnan tarkoituksena ei ole suojella ainoastaan rakennuksen käyttäjiä sisäilmassa olevilta epäpuhtauksilta, vaan myös rakennushankkeen työntekijöitä. Työntekijöiden työturvallisuuden kannalta puhtaudenhallinnalla



on erityisen oleellinen rooli korjausrakentamishankkeissa, joissa käsitellään mahdollisesti mikrobivaurioituneita rakenteita tai rakenteita, jotka sisältävät haitta-aineita, kuten esimerkiksi asbestia. Haitta-aineita sisältävien rakenteiden purkaminen toteutetaan haitta-aineiden vaarallisuuden vuoksi siihen erikoistuneiden ammattilaisten toimesta. Asbesti ja muut silikaattimineraalit aiheuttivat esimerkiksi vuosina 2011-2015 yhteensä yli 800 asbestiplakkitautitapausta eli keuhkopussin muutostapauksia ja noin 100 keuhkosyöpä- ja asbestoositapausta (Työelämätieto, 2019).

Rakennushankkeen kosteuden- ja puhtaudenhallinnan merkitys ja velvoittavuus on korostunut määräysten ja säädösten muutosten myötä. Vanhoja määräyksiä ja säädöksiä on päivitetty vastaamaan tarpeellisiksi havaittuja laatutasoja ja uusien tutkimustulosten myötä on laadittu myös uusia asetuksia, esimerkiksi Valtioneuvoston asetus työhön liittyvän syöpävaaran torjunnasta 1267/2019. Muuttuvat vaatimukset on huomioitu myös erilaisissa ohjekorteissa. Esimerkiksi sisäilmastoon vaikuttavia luokituksia on käsitelty ensimmäisen kerran vuonna 1995 RT-ohjekortissa Sisäilman, rakennustöiden ja pintamateriaalien luokitus. Ohjekorttia on päivitetty uusien luokitusten mukaiseksi vuosina 2000, 2008 ja 2018, jolloin ohjekortin nimeksi päivittyi Sisäilmastoluokitus 2018 (Merikari, 2018). Kyseisessä ohjekortissa otetaan kattavasti kantaa sekä kosteuden- että puhtaudenhallintaan, niitä koskeviin asiakirjoihin, suunnitelmiin ja toteutukseen (RT 07-11299, 2018). Ohjekortti asettaa puhtaudenhallinnan aiempaa tärkeämpään rooliin ja esittää toimenpiteitä, joilla haluttuihin laatutasoihin päästään.

Kosteuden- ja puhtaudenhallinnan palveluja tuottavilla yrityksillä on erilaisia työkaluja ja toimintamalleja palvelujen toteuttamiseen ja organisointiin. Yksi tunnetuimmista kosteudenhallinnan toimintamalleista on valtakunnallisesti käytetty Kuivaketju10-toimintamalli, jonka perustana toimii kymmenenkohtainen keskeisten kosteusriskien lista. Kuivaketju10-toimintamallin tapaan A-Insinöörit Suunnittelu Oy:n käyttämä, yrityksessä kehitetty, Kosteusturva-palvelu kattaa hankkeessa toteutettavat kosteudenhallinnan toimenpiteet tarveselvityksestä takuuvaiheeseen. Kosteudenhallinnan lisäksi Kosteusturva-palvelu sisältää monista muista toimintamalleista poiketen myös puhtaudenhallinnan toimenpiteet. Yhdistämällä kosteuden- ja puhtaudenhallinta pyritään varmistamaan, että sekä rakentamis- että käyttövaiheessa rakennuksen sisäilma on kokonaisuutena terveellistä ja turvallista. Kosteusturva-palvelua käytetään soveltaen useissa A-Insinöörien kosteuden- ja puhtaudenhallintapalveluita tarjoavissa toimipisteissä, mutta palvelun toteuttaminen ei ole yhtenäistä eri toimipisteiden välillä.

## 1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset

Tämän tutkimuksen päätavoitteena on kehittää A-Insinöörit Kosteusturva -palvelua siten, että se vastaa paremmin A-Insinöörit Oy:n eri toimialojen tarpeisiin, jotta palvelu voidaan ottaa yrityksessä valtakunnallisesti käyttöön. Kehitystyön päätavoitteet ovat työtehon ja laadun parantaminen sekä dokumentoinnin ja sen todentamisen helpottaminen. Tutkimuksen tavoitteena oli myös kehittää palvelua siten, että sen avulla vastataan paremmin niin tilaajien kuin urakoitsijoidenkin tarpeisiin. Tutkimuksen osatavoitteita ja -tehtäviä ovat:

- Yritykseen aiemmin tehtyjen opinnäytetöiden läpikäyminen sekä niissä ja muussa kirjallisuudessa olevan tiedon yhdistäminen selkeäksi kokonaisuudeksi, jossa kosteuden- ja puhtaudenhallinta ovat tasavertaisessa asemassa ja osana kaikkia rakennusurakan vaiheita
- Case-kohteisiin ja niissä käytettyihin kosteuden- ja puhtaudenhallinnan työ- ja toimintatapoihin tutustuminen sekä työ- ja toimintatapojen kehittäminen kirjallisuus- ja tapaustutkimuksen pohjalta
- Yrityksessä aiemmin kehitettyihin kosteuden- ja puhtaudenhallinnan työkaluihin ja asiakirjamalleihin tutustuminen ja kehitysideoiden esittäminen, jotta työkaluja ja asiakirjamalleja voidaan tehokkaammin hyödyntää osana Kosteusturva-palvelua

Tutkimuksessa käsitellään kosteuden- ja puhtaudenhallinnan periaatteita pääasiassa uudiskohteiden osalta, mutta tutkimus on monin osin sovellettavissa myös korjauskohteisiin. Tutkimuksesta on rajattu pois rakenteiden rakennusfysikaalinen suunnittelu.

## 1.3 Tutkimusmenetelmät ja -aineisto

Tämä tutkimus perustuu olemassa olevan kirjallisuus- ja kokemusperäisen tiedon koamiseen ja soveltamiseen, minkä vuoksi tutkimus päätettiin toteuttaa kirjallisuus- ja tapaustutkimuksena. Kirjallisuustutkimuksessa tutustuttiin aiheeseen liittyviin lakeihin, asetuksiin, ohjeisiin, oppaisiin, artikkeleihin sekä muihin kirjallisuuslähteisiin. Kirjallisuustutkimuksen tuloksia täydennettiin tapaustutkimuksella, jonka ensisijaisena tavoitteena oli saada tietoa Kosteusturva-palvelun käytännön toteutuksesta. Tapaustutkimukseen valittiin kolme uudiskohdetta, joissa käytettiin A-Insinöörit Kosteusturva -palvelua.

Tutkimuksen perustan loi kirjallisuustutkimus, jonka pohjalta laadittiin työn kosteuden- ja puhtaudenhallinnan teoriaa ja perusteita käsittelevä osuus. Kirjallisuustutkimuksen jälkeen siirryttiin keräämään kokemusperäistä tietoa tutkimuskohteista. Tietoa kerättiin

haastattelemalla tapaustutkimukseen valittujen kohteiden parissa toimineita eri hankeosapuolia. Haastatteluihin osallistuivat kohteen kosteuden- ja puhtaudenhallintakoordinaattorit, pääurakoitsijoita, siivousurakoitsija, valvoja ja projekti-insinööri. Haastattelukysymykset koskivat yleisesti kosteuden- ja puhtaudenhallintaa, kosteuden- ja puhtaudenhallintakoordinaattoreiden toimintaa, kohteiden toteutusta sekä A-Insinöörit Kosteusturva -palvelun sisältöä ja toteutusta. Tapaustutkimuksen jälkeen tutkimuksissa koottua aineistoa analysoitiin ja verrattiin Kosteusturva-palvelun nykyiseen toteutusmalliin. Palvelussa havaitut kehitystarpeet kirjattiin ylös ja niiden pohjalta laadittiin kehitysideoita, joita käsiteltiin yhdessä palvelun tuottamiseen osallistuvien tahojen kanssa. Kehitysideoiden pohjalta aloitettiin palvelun eri osa-alueiden kehittäminen.

## 1.4 Työn rakenne

Tutkimuksen perustan luovat alaluvussa 2.1 esitellyt lait ja asetukset, joissa asetetaan vaatimuksia muun muassa hankkeen eri osapuolille ja toteutettavalle rakennukselle. Alaluvussa 2.2 esitellään puhtauden- ja kosteudenhallinnan suunnittelun ja toteutuksen vaikutuksia rakennuskohteen sisäilmaston laatuun. Alaluvussa 2.3 käsitellään kosteudenhallinnan perusteita; mistä rakenteisiin kulkeutuva kosteus on peräisin, miten se siirtyy rakenteissa, millaiset ovat optimaaliset kuivumisolosuhteet, miten rakenteita suojataan kosteudelta, miten kosteudenhallinta vaikuttaa hankkeen kustannuksiin ja aikatauluun sekä minkälaisella toimintamallilla kosteudenhallintaa voidaan esimerkiksi toteuttaa. Alaluvuissa 2.4 ja 2.6 käsitellään sitä, mitä kosteuden- että puhtaudenhallinnan toimenpiteitä eri hankevaiheet sisältävät ja kenen vastuulla nämä toimenpiteet ovat. Alaluvussa 2.5 kerrotaan mitä pöly on, minkälaisia vaikutuksia se aiheuttaa, minkälaisia luokituksia sisäilmalle, töiden puhtaudelle ja materiaaleille on luotu ja miten puhtaudenhallinta vaikuttaa hankkeen kustannuksiin ja aikatauluun.

Alaluvussa 3 esitellään nykyinen A-Insinöörit Kosteusturva -palvelu, sen sisältö ja toteuttaminen hankevaiheittain. Tutkimukseen valitut tutkimuskohteet ja niissä toteutetut kosteuden- ja puhtaudenhallinnan toimenpiteet on esitetty alaluvuissa 4.1-4.3. Alaluvussa 5 analysoidaan A-Insinöörit Kosteusturva -palvelun nykyistä sisältöä kerätyn tiedon pohjalta. Lisäksi alaluvussa 5 annetaan kehitysideoita siitä, miten palvelua saataisiin kehitettyä vastaamaan paremmin niin palveluntuottajan kuin kohteen toteuttajankin tarpeita. Alaluvuissa 6-8 esitetään tutkimuksen tulokset, tuloksien pohdinta sekä johtopäätökset tutkimuksesta.

## **2. KIRJALLISUUSTUTKIMUS KOSTEUDEN- JA PUHTAUDENHALLINNASTA**

### **2.1 Lait ja asetukset**

Lait ja asetukset asettavat kosteuden- ja puhtaudenhallinnan vähimmäisvaatimukset, joita täydennetään erilaisilla ohjeilla, säännöksillä ja luokituksilla.

#### **2.1.1 Maankäyttö- ja rakennuslaki**

Lailla tavoitellaan rakentamisen järjestämistä siten, että luodaan edellytykset hyvälle elinympäristölle sekä edistetään kestävästä kehitystä ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti. Laissa edellytetään, että ”rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus käyttötarkoituksensa ja ympäristöstä aiheutuvien olosuhteittensa edellyttämällä tavalla suunnitellaan ja rakennetaan siten, että se on terveellinen ja turvallinen rakennuksen sisäilma, kosteus-, lämpö- ja valaistusolosuhteet sekä vesihuolto huomioon ottaen” (Maankäyttö- ja rakennuslaki, 2000).

Rakennushankkeen puhtauden- ja kosteudenhallintaa koskevat eritoten pykälien 117 c ja 166 momenteissa yksi maininnat: rakennuksesta ei saa aiheutua terveyden vaarantamista sisäilman epäpuhtauksien, jätteen puutteellisen käsittelyn tai rakennuksen osien ja rakenteiden kosteuden vuoksi ja rakennus ympäristöineen on pidettävä sellaisessa kunnossa, että se jatkuvasti täyttää terveellisyysvaatimukset eikä aiheuta ympäristöhaittaa. Rakennuksen terveellisyyteen vaikuttavat erityisesti rakenteiden fysikaalinen toimivuus sekä rakenteissa käytetyt materiaalit ja tuotteet. Materiaaleista tai tuotteista ei saa aiheutua niiden suunnitellun käyttöajan aikana sisäilmaan, talousveteen tai ympäristöön sellaisia päästöjä, joita ei pidetä lain, asetusten tai ohjeiden mukaan hyväksyttävänä. Myös rakennuksessa olevien järjestelmien ja laitteistojen on ylläpidettävä terveellisiä olosuhteita. (Maankäyttö- ja rakennuslaki, 2000)

Jotta rakennus ja sen laitteistot pysyvät maankäyttö- ja rakennuslain edellyttämässä kunnossa myös käyttövaiheessa, on rakennukselle laadittava kattava käyttö- ja huolto-ohje. Käyttö- ja huolto-ohjeeseen kirjataan rakennuksen käyttötarkoitus, ominaisuudet sekä rakennuksen ja sen rakennusosien ja laitteiden suunniteltu käyttöikä huomioon ottaen tarvittavat tiedot rakennuksen asianmukaisesta käytöstä ja kunnossapitovelvollisuudesta huolehtimista varten. (Maankäyttö- ja rakennuslaki, 2000)

### **2.1.2 Terveysuojelulaki**

Lain tarkoituksena on terveyden ylläpitäminen ja edistäminen sekä ennalta ehkäistä, vähentää ja poistaa elinympäristössä esiintyviä tekijöitä, jotka voivat aiheuttaa terveyshaittaa. Rakennushankkeen puhtauden- ja kosteudenhallintaa koskee erityisesti pykälän 26 ensimmäinen momentti. Momentissa edellytetään, että tilojen sisäilman puhtauden, lämpötilan, kosteuden, ilmanvaihdon ja muiden olosuhteiden tulee olla sellaiset, ettei niistä aiheudu asunnossa tai sisätilassa oleskeleville terveyshaittaa. (Terveysuojelulaki, 1995)

### **2.1.3 Työturvallisuuslaki**

Lain tarkoituksena on parantaa työympäristöä ja työolosuhteita työntekijöiden työkyvyn turvaamiseksi ja ylläpitämiseksi sekä ennalta ehkäistä työtapaturmia, ammattitauteja ja muita työympäristöstä aiheutuvia työntekijöiden fyysisen ja henkisen terveyden haittoja. Laissa edellytetään, että työpaikan rakenteiden, materiaalien, varusteiden ja laitteiden tulee olla turvallisia ja terveellisiä työntekijöille. Työpaikan ilmanvaihdon tulee taata riittävästi kelvollista hengitysilmaa koko työpaikan oleskelualueelle. Erityistä huomiota on kiinnitettävä työpaikan kemiallisten, fysikaalisten ja biologisten tekijöiden poistamiseen tai rajoittamiseen siten, että tekijöistä ei aiheudu haittaa tai vaaraa työntekijän turvallisuudelle tai terveydelle. (Työturvallisuuslaki, 2003)

### **2.1.4 Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta**

Asetus koskee niin uudisrakennuksen kuin korjaus- ja muutostyön alaisen rakennuksen kosteusteknisestä toimivuudesta suunnittelua ja rakentamista. Asetuksessa esitetyillä vaatimuksilla varmistetaan rakennusten kosteustekninen toimivuus ja ehkäistään siten rakennusten vaurioituminen kosteuden vaikutuksesta. Pää-, rakennus- ja erityissuunnittelijoilta edellytetään tehtäviensä mukaista toimintaa siten, että rakennus täyttää kosteustekniselle toimivuudelle asetut tekniset vaatimukset sekä siten, että niin sisäiset kuin ulkoisetkin kosteuslähteet huomioon ottaen rakennus on kosteusteknisesti toimiva koko suunnittelun teknisen käyttöikänsä ajan. Asetuksen pykälissä 16-29 esitetään eri rakennusosilta vaadittavia ominaisuuksia ja näiden ominaisuuksien muodostumisen mahdollistavia suunnitteluvaatimuksia. Konkreettisena uudistuksena asetus tuo hankkeisiin uuden osapuolen, kosteudenhallinnan valvonnasta vastaavan henkilön, kosteudenhallintakoordinaattorin. (Ympäristöministeriö 782/2017, 2017)

Asetuksen tärkeimpänä tavoitteen on ehkäistä rakenteiden kosteudensietokyvyn ylittävien kosteuspitoisuuksien muodostumista sekä kosteuden kertymistä rakenteisiin tai niiden pinnoille. Kosteusrasitus ei saa vaurioittaa rakennusta eikä aiheuttaa rakennuksen käyttäjille terveyshaittoja. Asetuksen pykälissä 6-11 esitetään suunnittelussa huomioon otettavia vaatimuksia niin rakenteille, rakenteiden liitoksille, rakennekerroksille, laitteille, järjestelmille kuin rakennustuotteillekin. Asetuksessa esitetään keskeiset kosteudenhallinnan toimenpiteet ja asiakirjat sekä niistä vastuussa olevat henkilöt. Oleellisia asiakirjoja ovat kosteudenhallintaselvitys ja kosteudenhallintasuunnitelma. Asetuksessa kerrotaan myös, mitä asioita kunkin asiakirjan tulee sisältää. Rakennushankkeen kosteudenhallinnan toimenpiteistä mainitaan rakennustuotteiden ja -osien suojaus ja rakenteiden kuivumisen mahdollistaminen. (Ympäristöministeriö 782/2017, 2017)

### **2.1.5 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta**

Asetus koskee uusien rakennusten ja rakennusten laajennusten sisäilmaston ja ilmanvaihdon suunnittelua ja rakentamista. Asetus ei kuitenkaan koske maatalouden tuotantorakennuksia tai asuinrakennuksia, jotka on tarkoitettu käytettäväksi vähemmän kuin neljän kuukauden ajan vuodessa. Asetuksessa esitetään listattuna rakennuksen sisäilmastoon vaikuttavia tekijöitä, jotka suunnittelijoiden on otettava huomioon suunnitelmissaan. Tällaisia tekijöitä ovat esimerkiksi rakennuksen lämpö-, ja kosteuskuormitus sekä sää- ja ääniolot. Asetuksessa on listattu myös tekijöitä, jotka vaikuttavat rakennuksen käyttötarkoituksen mukaiseen sisäilmastoon. Tällaisia tekijöitä ovat esimerkiksi rakennustyömaan kosteuden- ja puhtaudenhallinta. Asetuksessa on annettu suunnitteluarvot huonelämpötiloille sekä sisäilman hiilidioksidin hetkelliselle pitoisuudelle. Asetuksessa ohjeistetaan ilmanvaihdon suunnittelun ja toteuttamisen lisäksi sisäilman kosteuden ja valaistusolosuhteiden huomioonottamisessa suunnittelussa sekä ilmanvaihtojärjestelmän käyttöönoton mittauksissa. (Ympäristöministeriö 1009/2017, 2017)

### **2.1.6 Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä**

Asetusta sovelletaan luvanvaraiseen rakennustyöhön niin uudis- kuin korjausrakentamisessakin. Kosteuden- ja puhtaudenhallintaan oleellisesti kuuluvia suunnitelmia ovat purku- ja suojaussuunnitelma, kosteudenhallintasuunnitelma sekä kosteusvaurion korjaussuunnitelma. Kosteudenhallintasuunnitelmassa tulee esittää tiedot toimenpiteistä, joilla rakennusaineet sekä rakennusosat suojataan olosuhteista aiheutuvilta haittavaiku-

tuksilta ja toimenpiteistä, joilla rakennusaineiden sekä rakennusosien suojaus kosteudelta toteutetaan ja rakenteiden kuivuminen varmistetaan. Kosteusvaurion korjaussuunnitelmassa esitetään tiedot toimenpiteistä, joilla kosteusvaurion aiheuttaman haitan vaikutus sisäilmaan ja käyttäjiin poistetaan ja korjatun rakenteen tai järjestelmän toimimisesta sen suunnitellun käyttöajan aikana. Purku- ja suojaussuunnitelmassa on esitettävä vähintään:

- Purettavat rakenteet ja rakennusosat
- Purkutoimenpiteet ja niiden aiheuttamien vaarojen estäminen
- Toimenpiteet, joilla rakenteet, rakennusosat ja pinnat suojataan purkamisen ja rakentamisen aikana
- Toimenpiteet, joilla korjaustyöalue erotetaan rakennuksen käytössä olevasta osasta sekä alipaineistus tai toimenpiteet, joilla korvausilma järjestetään käytössä oleviin tiloihin

(Ympäristöministeriö 216/2015, 2015)

### **2.1.7 Valtioneuvoston asetus työhön liittyvän syöpävaaran torjunnasta**

Valtioneuvoston asetus työhön liittyvän syöpävaaran torjunnasta (VNA 1267/2019) asettaa tiukempia vaatimuksia töille, joista voi aiheutua lisääntyntä vaaraa sairastua syöpään. Asetuksen mukaan työnantajan on työntekijän turvallisuus ja terveys huomioiden arvioitava työstä aiheutuvan syöpäriskin altistumisen ja perimää vaurioittavien aineiden merkitystä. Riskien arviointia päivitetään työn edetessä. Asetuksen mukaan työnantaja on velvollinen järjestämään työpaikan olosuhteet sellaisiksi, että työntekijät eivät altistu syöpäsairaudesta aiheuttamille tekijöille enempää kuin raja-arvot sallivat, järjestettävä työntekijöille riittävää ja hyvää opetusta ja ohjausta syöpävaarallisista aineista ja työvaiheista, joissa näitä aineita käsitellään ja seurattava altistumista ja sen määrää. Asetuksessa on esitetty sitovat raja-arvot syöpäsairaudesta aiheuttaville aineille sekä altistumisen estämiselle ja vähentämiselle. Asetuksessa syöpävaarallisiksi aineiksi luetellaan muun muassa kovapuupöly (esimerkiksi koivu), kromiyhdisteet, dieselmoottorien pakokaasut ja formaldehydi. Kaikki syöpävaaralliset aineet raja-arvoineen on listattu asetuksen liitteeseen kaksi. (VNA 1267/2019, 2019)

## 2.2 Puhtauden- ja kosteudenhallinnan vaikutukset rakennusten terveellisyyteen

Koska ihmiset viettävät nykyään noin 90 prosenttia ajastaan sisätiloissa, on sisäilman ja sisäilmaston hyvään laatuun kiinnitettävä erityistä huomiota. Sisäilmalla tarkoitetaan sisätiloissa hengitettävää ilmaa ja sisäilmastolla sisäilman ja fysikaalisten tekijöiden muodostamaa kokonaisuutta (Sisäilmayhdistys ry, Perustietoa, 2008). Tärkeimpiä sisäilmaston tekijöitä ovat tilan valaistus, ääniolosuhteet, lämpötila, veto, erilaiset kemialliset ja biologiset epäpuhtaudet, kosteus ja pöly. (Seppänen et al., 1997) Kosteuden- ja puhtaudenhallinnalla voidaan vaikuttaa niin kemiallisten ja biologisten epäpuhtauksien muodostumiseen, sisäilman kosteuteen kuin pölyn muodostumiseenkin. Sisäilmaston haitalliset vaikutukset vaikuttavat ihmisiin eri tavoin. Vaikutukset riippuvat muun muassa ihmisen terveydentilasta, iästä, herkistymisestä ja altistumisajasta. Koska ihmiset reagoivat eri tavoin sisäilmaston olosuhteisiin, on olosuhteiden henkilökohtaisella säätömahdollisuudella suuri vaikutus ihmisten viihtyvyyteen. Yleisimmin huono sisäilman laatu aiheuttaa erilaisia iho-, limakalvo- ja silmäoireita. (Seppänen et al., 1997)

Sisäilmaston laatuun vaikuttavat tekijät kuten (Sisäilmayhdistys, Sisäilman tekijät, 2008):

- Sisäilman kaasumaiset yhdisteet
  - a. Ammoniakki
  - b. Formaldehydi
  - c. Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC)
  - d. Materiaalien kemialliset yhdisteet
  - e. Otsoni
  - f. Tupakan savu
- Sisäilman hiukkasmaiset epäpuhtaudet
  - a. Huonepöly
  - b. Liikenteen tai teollisuuden hiukkasmaiset epäpuhtaudet
  - c. Mikrobit ja niiden aineenvaihduntatuotteet
  - d. Ihmisten vaatteissaan kantama sekä eläimistä irtoava hilse
  - e. Asbesti
- Fysikaaliset tekijät
  - a. Ilman kosteus
  - b. Lämpötila ja pintojen lämpötilaerot
  - c. Ilman liike
  - d. Säteily (radon)
  - e. Valaistus
  - f. Ääniolosuhteet ja melu



Lian ja pölyn aiheuttama koettu sisäilma- ja terveyshaitta määrittyvät lian ja pölyn koostumuksen, hiukkaskoon, määrän ja altistumisajan mukaan. Yleisesti enemmän haittaa koituu sisäilman pölystä kuin pinnoille pinttyneestä liasta pölyn leijailun ja hengityselimiin kulkeutumisen vuoksi. Ihmiskeho pystyy poistamaan pölyä ylähengitysteistä esimerkiksi nenän värekarvojen tai liman avulla, mutta keuhkoihin kulkeutuvaa ja jäävää pölyä sekä kuituja, kuten esimerkiksi asbestia, keho ei kykene poistamaan. Rakennuksen elinkaaren aikana sisäilman laatuun vaikuttavat pölyt voidaan jakaa karkeasti kahteen eri lajiin: rakennuspölyyn ja huonepölyyn. Rakennuspölyn koostumus poikkeaa suuresti huonepölystä, minkä vuoksi sen vaikutuksia ihmisten terveydelle pidetään haitallisempina. (Manninen, 2017) Rakennuspölyltä suojautumisessa oleellinen tekijä on rakennustyömaan puhtaudenhallinta, jonka keinoin suojellaan sekä rakennustyömaan henkilöstöä, valmiin rakennuksen käyttäjiä että rakennustyön alaisen, käytössä olevan, korjauskohteen käyttäjiä. (Andersson, 2004)

Käypä hoito -suosituksen mukaan tutkimustieto osoittaa, että kosteusvauriorakennukset ovat tärkeä ympäristöterveydellinen ongelma Suomessa. Kosteusvauriot ovat yksi hengitystieoireille ja astmalle altistava tekijä, mutta ei ole olemassa määriteltyä ”hometalotautta”. Kosteusvaurioiden sekä eri sairauksien ja oireiden välillä on havaittu joko kohtalaista tai heikkoa näyttöä. Kohtalainen näyttö on havaittu astmaa sairastavien hengitystieoireiden, ylähengitystieoireiden, yskän, vinkuvan hengityksen, hengenahdistuksen sekä astman kehittymisen ja kosteusvaurioiden välillä. Kosteusvaurioiden sekä hengitystieinfektioiden, allergisen nuhan, yleisoireiden, kuten väsymyksen ja päänsäryn sekä atooppisen ihottuman välillä on havaittu heikkoa näyttöä. Käypä hoito -suosituksen mukaan kosteus- ja homevaurioituneissa kiinteistöissä asuvilla on arvioitu olevan noin puolitoistakertainen riski sairastua astmaan tai allergiseen nuhaan sekä altistua hengitystieoireille tai infektioille ja kaksinkertainen riski sairastua nuhaan. (Käypä hoito -suositus, 2016)

Yhteys kosteus- ja homevaurioiden sekä yleisoireiden välillä on havaittu tutkimuksissa sekä Suomessa että ulkomailla. Kosteusvauriot edistävät astmalle ja hengitystieoireille altistavien tekijöiden esimerkiksi mikrobien kasvun, rakenteiden pilaantumisen, VOC-päästöjen sekä pölypunkkien esiintymistä. Kosteusvauriokohteissa esiintyy kuitenkin yleensä muitakin sisäilman haittatekijöitä, kuten ilmanvaihdon epäpuhtauksia, mineraalikuuituja ja erilaisia allergeeneja, jotka eivät aiheudu kosteusvaurioista, mutta saattavat aiheuttaa tilojen käyttäjille oireilua. Kosteusvaurioiden lisäksi oireiluun vaikuttavat muut sisäilman ominaisuudet sekä tilojen käyttäjien yksilölliset tekijät, kuten ihmisen yksilölliset perimä- ja elintapatekijät. (Käypä hoito -suositus, 2016) Kiinteistön koko elinkaaren

kattavalla kosteudenhallinnalla ehkäistään kosteusvaurioiden muodostumista, jolloin vältetään kosteusvaurioista aiheutuvien mikrobikasvustojen syntyminen.

SIY Raportti 9:n mukaan tilojen pölyisyys on ongelma erityisesti päiväkodeissa ja kouluissa. Tutkittaessa päiväkotien ja koulujen sisäilmaongelmien yleisyyttä, todettiin, että noin 45 prosenttia päiväkotien ja noin 25 prosenttia koulujen sisäilmaongelmista aiheutuu pölyisyydestä. (Seppänen et al., 1997) Käyttövaiheessa tiloissa havaittu pöly on useimmiten huonepölyä, joka koostuu ihmisen ja eläinten hilsepölystä, eritteiden valkuaisaineista, ruokapölystä, kasvi- ja hyönteispölystä, sisustusmateriaaleista peräisin olevista hiukkasista, tekstiilikuiduista, kosmeettisista aineista sekä bakteereista (Allergia-, Iho- ja Astmaliitto ry, 2020). Ihmisistä ja heidän toiminnastaan aiheutuvan pölyntuoton lisäksi huoneilman pöly voi olla peräisin ilmanvaihtojärjestelmään tai kalusteiden ja rakenteiden pinnoille rakennusaikana jääneestä pölystä. Rakennusaikainen pöly leviää sisäilmaan ilmanvaihdon sekä ihmisten toiminnan aiheuttamien ilmavirtojen vaikutuksesta. Hyvän sisäilmaston ylläpitäminen edellyttää tilan käyttötarkoituksen mukaisia toimivia ja puhtaita ilmanvaihto- ja lämmityslaitteistoja sekä ylläpitotoimenpiteitä. (Seppänen et al., 1997).

Kouluissa ja päiväkodeissa sisäilmasto-ongelmien aiheuttamat poissaolot vähentävät läsnäoloa opetuksesta ja mahdollisesti heikentävät oppimistuloksia. Välillisiä kustannuksia päiväkoti- tai koulupoissaoloista aiheutuu, kun vanhemmat ovat kotona sairaan lapsen kanssa. Terveydellisistä syistä johtuvat työpoissaolot aiheuttavat kustannuksia niin työnantajalle kuin kansantaloudellekin. Arviointimalli sisäilman terveyshaittojen talousvaikutuksista -artikkelissa esitetään, että toimitilojen käyttäjistä 17,5 prosenttia (noin 58400 henkilöä), päiväkotien henkilöstöstä ja lapsista 12,2 prosenttia sekä peruskoulujen henkilöstöstä ja lapsista 18,9 prosenttia altistui sisäilman terveyshaitoille vuonna 2013. Näistä altistumisista aiheutui yhteensä noin 469,5 miljoonan euron terveyskulut. (Holmijoki, 2017)

Rakennuksen käytön aikainen puhtauden- ja kosteudenhallinta jatkavat ketjua, jolla varmistetaan tilojen viihtyvyys ja terveellisyys rakennuksen koko käyttöiän ajan. Ihmisen toiminnasta aiheutuu likaa, pölyä sekä kosteusrasituksia, joiden haitallisia vaikutuksia ehkäistään kiinteistön käyttötarkoituksen mukaisilla rakenne- ja materiaalivalinnoilla, riittävällä ilmanvaihdolla, lämmityksellä, siivouksella ja huoltotoimenpiteillä. Edellä mainittujen ilmanvaihtojärjestelmistä aiheutuvien puhtaudenhallinnan ongelmien lisäksi ilmanvaihtojärjestelmät voivat aiheuttaa ongelmia myös kosteudenhallintaan. Toimimaton ilmanvaihto voi aiheuttaa sisäilman kosteuspitoisuuden kasvua, jolloin rakenteet ja pintamateriaalit altistuvat suunniteltua suuremmalle kosteusrasitukselle. Tällöin rakenteet

sekä materiaalit voivat vaurioitua ja materiaaleista voi esimerkiksi haihtua orgaanisia yhdisteitä tai emissioita, jotka voivat aiheuttaa tilojen käyttäjille erilaisia oireita, kuten hengitystie-, silmä- ja iho- sekä yleisoireita, esimerkiksi lihas- ja niveloireita ja päänsärkyä (Sisäilmayhdistys ry, Mikrobien terveystaitat, 2008).

### 2.3 Kosteudenhallinta

Kosteudenhallinnalla tarkoitetaan kaikkia niitä toimenpiteitä, joilla ehkäistään rakenteiden ja materiaalien kosteudensietokyvyn ylittävän kosteus määrän pääsy rakenteeseen ja materiaaleihin. Kosteudenhallintaa voidaan toteuttaa monin eri tavoin, mutta yleisesti kosteudenhallinnan toimenpiteisiin kuuluvat muun muassa suunnitelmien laatiminen rakennusfysikaalisesti toimiviksi, materiaalien ja rakenteiden suojaaminen niin kaasumaiselta, nestemäiseltä kuin kiinteältäkin kosteudelta, sellaisten työmenetelmien, jotka eivät kastele materiaaleja tai rakenteita käyttäminen sekä valmiin rakennuksen käyttötapojen varmistaminen siten, että käyttötavat eivät aiheuta rakenteille niiden kosteudensietokyvyn ylittäviä kosteusrasituksia. Toteutustavasta riippumatta kosteudenhallinnan olennaisimpana tarkoituksena on estää rakenteiden vaurioituminen kosteuden vaikutuksesta, jolloin ehkäistään rakenteiden ja materiaalien mikrobiperäiset, kemialliset ja fysikaaliset vauriot. Täten taataan rakennuksen terveellisyys ja turvallisuus. Kosteusvaurioiden ehkäisemisen lisäksi kosteudenhallinnan tavoitteita ovat rakenteiden kuivumisen varmistaminen, kuivaustarpeen vähentäminen ja materiaalihukan pienentäminen (Sisäilmayhdistys ry, Työmaan kosteudenhallinta). Mikäli havaitaan, että rakenteiden kuivuminen ei etene suunnittelussa aikataulussa, voidaan rakenteiden kuivumista nopeuttaa esimerkiksi muuttamalla rakennetta ympäröivän ilman olosuhteita.

Rakennusten terveellisyyden heikentämisen lisäksi rakennusten kosteusvauriot aiheuttavat vuosittain merkittäviä kustannuksia. Esimerkiksi eduskunnan tarkastusvaliokunnan julkaisun 1/2012 mukaan vuonna 2013 valtion budjettiin esitettiin 58 miljoonan euron määrärahaa homekoulujen korjauksiin. Samassa julkaisussa todettiin kosteus- ja homevaurioiden terveyteen liittyvien kustannuksien tason olevan 23-953 miljoonaa euroa (Ahonen, ym., 2012). Valtioneuvoston rakennusten kosteusvaurioiden ja niiden aiheuttamien terveyshaittojen vähentämistä käsittelevän periaatepäätöksen mukaan kosteus- ja homeongelmat saavat sosiaali- ja terveyssektorille aikaan arvioiden mukaan yli 200 miljoonaa euroa suoria kuluja vuosittain (Valtioneuvosto, 2009). Terveysteen liittyvät kustannukset sisältävät oireista, sairauksista, niiden tutkimisesta, työkyvyn menettämisestä sekä työtehon tuottavuuden laskemisesta aiheutuvat kustannukset (Ahonen, ym., 2012). RIL 250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen -ohjeen mukaan sairauksien kosteusvauriokorjausten kustannusarvio on 250-265 miljoonaa euroa.

Kosteusteknisesti oikein toteutettujen ja suunniteltujen rakenteiden kannalta suurimmat kosteusriskit kohdistuvat rakennusvaiheeseen, jolloin vallitseva sää ja ilman olosuhteet aiheuttavat haasteita rakenteiden kuivana pitämiselle. Rakentamisvaiheen lisäksi rakenteille saatetaan aiheuttaa kosteusteknisesti haastavat olosuhteet myös valmiin rakennuksen käyttäjien toimesta. Huolellisella kosteudenhallinnan ennakkosuunnittelulla, oikeilla toimenpiteillä, valvonnalla, dokumentoinnilla sekä käyttö- ja huolto-ohjeen mukaisella käytöllä ehkäistään kosteusvaurioiden aiheuttamia käyttäjien oireita sekä vähennetään vaurioiden korjaamisen aiheuttamia kustannuksia.

### 2.3.1 Kosteuslähteet ja -olosuhteet

Rakennushankkeen aikana rakenteita kosteusteknisesti rasittavia kosteuslähteitä on monia erilaisia. Kosteuslähteet voivat olla esimerkiksi fysikaalisia ilmiöitä tai painovoiman vaikutuksesta siirtyvää kosteutta. Fysikaalisia ilmiöitä ovat esimerkiksi kosteuden siirtyminen diffuusiolla tai konvektiolla sekä vesihöyryn kondensoituminen rakenteiden kylmiin pintoihin. Rakenteisiin vaikuttavat kosteuslähteet ovat erilaisia hankkeen eri vaiheissa ja ne voidaan jaotella rakennuksen sisäisiin ja ulkoihin kosteuslähteisiin. Esimerkiksi suunnitteluvaiheessa on otettava huomioon kaikki kosteusrasitukset, jotta rakennus voidaan suunnitella kosteusteknisesti toimivaksi. Rakentamisvaiheessa, ennen sisätyövaihetta, kosteusrasitukset ovat peräisin ulkoisista lähteistä, mutta käytön aikana rakennukseen vaikuttavat sekä ulkoiset että sisäiset kosteuslähteet.

Sisäisiä kosteuslähteitä ovat:

- Sisäilman kosteus
- Käyttövesi
- Rakennekosteus
- a. Muun muassa pesu- ja siivousvedet
- Putkivuodot

Ulkoisia lähteitä ovat:

- Ulkoilman kosteus
- Pohja- ja vajovedet
- Pinta- ja roiskevedet
- Maaperän kosteus
- Vesi- ja lumisade

(By201, 2019)

Rakennusta ja rakenteita suunniteltaessa tärkeimpiä kosteudenhallinnan keinoja ovat rakenteiden kosteus- ja lämpötekniinen suunnittelu sekä kosteusrasitukselta suojaavien rakenteiden, esimerkiksi räystäiden, suunnittelu. Rakenteet voidaan suunnitella kosteus- ja lämpötekniisesti siten, että rakenteeseen ei kondensoidu rakennuksen normaaleissa

käyttöolosuhteissa lainkaan kosteutta tai jos kondenssia syntyy, sen määrä on niin vähäinen, että kosteus pääsee poistumaan rakenteesta ennen rakenteen vaurioitumista. Kondensoitumisella tarkoitetaan ilmiötä, jossa kostea ilma joutuu kosketuksiin sellaisen rakenteen pinnan tai huokosseinämän kanssa, jonka lämpötila alittaa ilman kastepistelämpötilan ja ilmassa olevaa kosteutta tiivistyy viileälle pinnalle (Björkholtz, 1997). Rakentamisvaiheessa rakenteisiin ja niiden pintoihin kondensoituva kosteus tulee ottaa erityisesti huomioon matalissa, alle 10 celsiusasteen, lämpötiloissa (Ratu S-1234, 2017).

Työmaalla kosteudenhallinnan perustan muodostavat rakenteiden ja materiaalien suojaaminen kaasumaiselta, nestemäiseltä ja kiinteältä kosteudelta. Materiaaleja varastoitessa ja rakenteiden valmistumisen edetessä materiaaleihin ja rakenteisiin kohdistuva kosteusrasitus voi olla peräisin ulkoilman kosteudesta, vesi- tai lumisateesta, pinnoille jäätyneestä kosteudesta, pinta- tai roiskevesistä, rakennekosteudesta tai maaperässä olevasta vajo- tai pohjavedestä. (Björkholtz, 1997) Rakentamisvaiheessa on rakenteiden ja materiaalien suojaamisen lisäksi tärkeää valistaa työmaahenkilökuntaa veden aiheuttamista vaurioista ja ongelmista, jotta henkilökunta ymmärtää oman toimintansa vaikutukset hankkeen kosteudenhallinnassa (Merikallio, 2002).

Ulkoilman kosteussisällön määrään vaikuttavat ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus. Tämän vuoksi ulkoilman kosteussisällön määrä vaihtelee vuodenajan mukaan. Pienimmillään kosteussisältö on talvella ja suurimmillaan kesällä sekä loppusyksystä. Taulukoon 1 on kerätty kolmen eri mittausaseman tiedot ulkoilman suhteellisen kosteuden arvoista. Ilman lämpötila vaikuttaa siihen, miten paljon ilma voi sisältää vesihöyryä. Mitä lämpimämpää ilma on, sitä enemmän sen sisällöstä voi olla vesihöyryä. Ilman sisältämän kosteuden enimmäismäärää kutsutaan ilman kyllästysvesihöyrypitoisuudeksi. Taulukossa 2 on esitetty vuoden 2011 kuukausittaiset keskilämpötilat Vantaan, Jyväskylän ja Sodankylän mittausasemilla ja taulukossa 3 näiden lämpötilojen mukaiset kyllästysvesihöyrypitoisuudet. Ilman suhteellisen kosteuden ja kyllästysvesihöyryarvojen avulla voidaan laskea ilman sisältämä vesihöyrypitoisuus. Vesihöyrypitoisuus lasketaan kaavalla:

$$v = \varphi \cdot v_{\text{sat}}$$

$\varphi$  = ilman suhteellinen kosteus

$v_{\text{sat}}$  = ilman kyllästysvesihöyrypitoisuus

(Vinha, 2019)

Taulukoon 4 on laskettu yllä olevaa kaavaa käyttämällä vuoden 2011 ulkoilman kuukausittaiset vesihöyrypitoisuudet taulukoiden 2 ja 3 arvoilla. Taulukosta 4 nähdään, että kesällä ja loppusyksystä ilman vesihöyrypitoisuus on suurimmillaan.

Taulukko 1. *Testivuoden 2011 ilman suhteellisen kosteuden kuukausikeskiarvot eri mittaus-  
asemilla.*

Kuukausi	Vantaa (RH %)	Jyväskylä (RH %)	Sodankylä (RH %)
Tammikuu	88,5	88,0	85,7
Helmikuu	82,8	89,6	78,8
Maaliskuu	81,7	85,1	81,6
Huhtikuu	67,1	74,2	66,4
Toukokuu	63,1	61,5	68,6
Kesäkuu	71,7	65,6	62,4
Heinäkuu	68,9	73,0	69,9
Elokuu	76,1	80,7	80,7
Syyskuu	79,0	82,2	81,6
Lokakuu	91,0	87,4	84,0
Marraskuu	89,2	93,6	89,3
Joulukuu	87,0	89,3	86,6

(YM & VN säätiedot, 2011)

Taulukko 2. *Vuoden 2011 kuukausittaiset keskilämpötilat.*

Kuukausi	Vantaa (°C)	Jyväskylä (°C)	Sodankylä (°C)
Tammikuu	-5,5	-7,9	-13,5
Helmikuu	-11,5	-14,9	-19,2
Maaliskuu	-1,8	-3,5	-6,2
Huhtikuu	6,0	4,7	2,5
Toukokuu	10,9	9,4	6,4
Kesäkuu	17,4	16,2	14,4
Heinäkuu	20,8	18,8	16,3
Elokuu	16,7	15,1	12,2
Syyskuu	12,8	11,3	8,6
Lokakuu	7,5	5,8	2,8
Marraskuu	4,2	2,3	-2,2
Joulukuu	2,0	0,2	-3,8

(Ilmatieteen laitos, säätiedot 2011)

Taulukko 3. *Taulukon 2 lämpötiloja vastaavat ilman kyllästysvesihöyrypitoisuudet.*

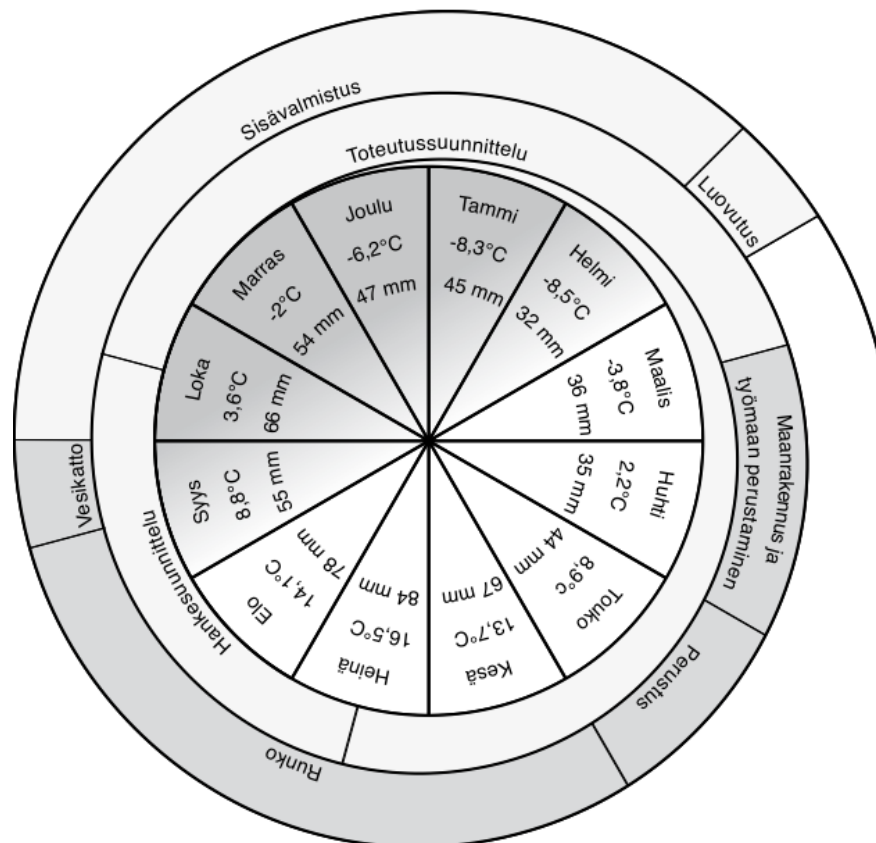
Kuukausi	Vantaa (g/m <sup>3</sup> )	Jyväskylä (g/m <sup>3</sup> )	Sodankylä (g/m <sup>3</sup> )
Tammikuu	7,03	2,55	1,58
Helmikuu	1,88	1,40	0,95
Maaliskuu	4,21	3,67	2,94
Huhtikuu	7,27	6,67	5,75
Toukokuu	9,96	9,05	7,46
Kesäkuu	14,83	13,80	12,37
Heinäkuu	18,11	16,11	13,88
Elokuu	14,22	12,91	10,80
Syyskuu	11,21	10,21	8,60
Lokakuu	8,01	7,17	5,87
Marraskuu	6,45	5,68	4,08
Joulukuu	5,56	4,91	3,58

(Vinha, 2019)

Taulukko 4. Vuoden 2011 ulkoilman kuukausittaiset vesihöyrypitoisuudet.

Kuukausi	Vantaa (g/m <sup>3</sup> )	Jyväskylä (g/m <sup>3</sup> )	Sodankylä (g/m <sup>3</sup> )
Tammikuu	6,22	2,25	1,35
Helmikuu	1,56	1,25	0,75
Maaliskuu	3,44	3,12	2,40
Huhtikuu	4,88	4,95	3,82
Toukokuu	6,28	5,56	5,12
Kesäkuu	10,63	9,06	7,72
Heinäkuu	12,49	11,77	9,70
Elokuu	10,83	10,41	8,71
Syyskuu	8,85	8,39	7,01
Lokakuu	7,29	6,27	4,93
Marraskuu	5,75	5,32	3,64
Joulukuu	4,84	4,38	3,10

Vallitsevat olosuhteet vaikuttavat suuresti rakennusvaiheen kosteudenhallintaan ja käytettyihin suojausmenetelmiin. Kuvassa 1 on esitetty Jyväskylän havaintoasemalla kuukausittain mitattuja keskimääräisiä lämpötiloja ja sademääriä. Kuvan 1 keskiosassa ovat kuukausiperusteiset tiedot sääolosuhteista ja keskiosaa kiertävällä spiraalilla on esitetty suuntaa antavat kestot eri rakennusvaiheilla. Spiraalin aloitusajankohtaa muuttamalla voidaan karkeasti arvioida, millaisia olosuhteita voidaan keskimäärin odottaa rakentamisen eri vaiheissa. (Ratu S-1234, 2017) Paikkakuntakohtaiset ilmastotiedot löytyvät esimerkiksi Ilmatieteen laitoksen nettisivuilta.



**Kuva 1.** Keskimääräiset sääolosuhteet Jyväskylän havaintoasemalla (Ratu S-1234, 2017)

Materiaalit ja rakenteet tulee lähes poikkeuksetta suojata aina vesi- ja lumisateelta (Ratu S-1234, 2017). Mikäli materiaalit pääsevät kastumaan, pitää materiaalit vaihtaa uusiin, vaurioitumattomiin materiaaleihin. Puutteellinen rakenteiden ja materiaalien suojaaminen voi aiheuttaa suuriakin kustannuksia, mikäli suuria määriä materiaaleja tai valmiita rakenteita joudutaan uusimaan. Varsinaiselta sateelta suojaamisen lisäksi rakenteet ja materiaalit tulee suojata sateiden aiheuttamilta hulevesiltä sekä vaakapinnoille jäätyvältä vedeltä. Hulevedet pitää ohjata pois kattopinnoilta sekä kaikilta pihan vettä läpäisemättömiltä pinnoilta, jotta vesi ei lammikoidu ja aiheuta vaurioita rakenteisiin tai pihassa varastoitaville materiaaleille (Ratu S-1234, 2017). Vaakapinnoille jäänyt vesi saattaa aiheuttaa muodonmuutoksia alapuolellaan olevan materiaalin pintaan tai sulaessaan aiheuttaa suuria kosteusrasituksia, minkä vuoksi sekä varastoidut rakenneosat että valmiit rakenteet on suojattava mahdolliselta jään kerääntymiseltä.

Pinta- ja roiskevedet vaikuttavat niin rakennuksen ja sitä ympäröivien piha-alueiden suunnitteluun kuin materiaalien suojaukseenkin. Pintavesillä tarkoitetaan piha-alueen pinnoilla siirtyviä vesiä. Rakennuksen ulkopuoliset alueet on suunniteltava siten, että pintavedet siirtyvät rakennuksesta pois päin. Tärkein pintavesien poisjohtamisen keino on tehdä rakennuksen seinustoilta riittävät maan kallistukset rakennuksesta pois päin. Riittävänä kallistuksena pidetään 1:20 kallistusta. Rakenteita voidaan suojata sekä pinta-että roiskevesien vaikutuksilta myös riittävän korkealla sokkelikorkeudella. Sokkelin maanpäällisen osan tulisi olla vähintään 300 millimetriä korkea. Pintavesien käsittelyä ja poisjohtamista käsitellään tarkemmin kohdekohtaisesti laadittavassa pintavesisuunnitelmassa. (Seppälä, 2013) Roiskevesien aiheuttamaa kosteusrasitusta voidaan vähentää käyttämällä rakennuksen seinustoilla maarakenteen pintamateriaaleina materiaaleja, joista esimerkiksi sadevesi ei roisku rakennuksen rakenteisiin ja sijoittamalla kulkuväylät riittävän kauas rakennuksen seinustoilta.

Rakennusvaiheessa rakenteisiin jää rakennekosteutta, joka saattaa suurina pitoisuuksina aiheuttaa vaurioita itse rakenteeseen tai siihen liittyviin rakenteisiin ja materiaaleihin. Esimerkiksi paikallavalettu betonirakenne ei vaurioidu rakenteen sisältämästä rakennekosteudesta, mutta kostea rakennetta vasten asennettu puurakenne voi vaurioitua betonista puurakenteeseen siirtyvästä kosteudesta. Rakennekosteus voi aiheuttaa vaurioita myös valmiiden rakenteiden pintamateriaaleille. Esimerkiksi kosteudelle herkät lattiamateriaalit tai niiden kiinnitysaineet ovat yleinen sisäilman laatua heikentävä tekijä, mikäli pinnoite on asennettu liian kostean betonirakenteen päälle. Rakennekosteudella tarkoitetaan vesimäärää, joka rakenteesta poistuu, ennen kuin rakenne on kosteustasapainossa ympäristönsä kanssa (Björkholtz, 1997). Rakennekosteus koostuu materiaalin



valmistamiseen käytetystä vedestä, rakennusaikaisista rakennetta kastelleista sateista ja työvaiheissa käytetystä vedestä, joka on kastellut rakenteita (Seppälä, 2013).

Vajo- ja pohjavesi voivat aiheuttaa kosteusrasituksia maanvastaisille rakenteille. Vajo-vedellä tarkoitetaan maanpinnalta maahan vajoavaa vettä, joka lopulta päätyy pohjavedeksi. Vajo- ja pohjaveden aiheuttamia kosteusrasituksia ehkäistään pääasiassa toimivilla suunnitteluratkaisuilla. Suunnittelussa huomioitavia suunnitteluratkaisuja ovat esimerkiksi kosteutta kestävien alapohjarakenteiden eristeiden käyttäminen, salaojaputkistojen oikeaoppinen mitoittaminen ja sijoittaminen, rakenteiden vesieristäminen, pohjaan oikeanlainen muotoilu, asianmukaisten täyttöainesten käyttäminen sekä riittävän paksun kapillaarikatkerroksen määrittäminen.

Kun rakennus on valmistunut ja luovutettu tilaajalle, alkaa rakennuksen elinkaaren pitkäaikaisin vaihe, käyttövaihe. Käyttöönoton jälkeen rakenteisiin kohdistuvat kosteusrasitukset ovat ulkoisten lähteiden lisäksi pääasiassa peräisin sisäilman kosteudesta, käyttövedestä, mahdollisista putkivuodoista tai rakenteisiin kondensoituneesta kosteudesta. Hyvällä suunnittelulla sekä huolellisilla putkiasennuksilla ja suojaputkien käytöllä voidaan estää rakenteiden rasittuminen putkivuotojen tai kondenssin aiheuttamalta kosteudelta, mutta käyttövedeltä ja sisäilman kosteudelta rakenteita on mahdotonta suojata kokonaan. Sisäilman kosteus muodostuu ulkoilman kosteudesta sekä sisäilman kosteuslisästä. Rakennukset on luokiteltu käyttötarkoituksensa mukaan eri kosteusluokkiin, joiden perusteella on määritetty kosteuslisän mitoitusarvot eri rakennuksille. Sisäilman kosteutta lisäävät esimerkiksi vapaat vesipinnat, siivous, peseytyminen ja ruoanlaittaminen. Kosteusluokkaan 1 kuuluvat hyvin kosteusrasitetut rakennukset, kuten uimahallit, pesulot ja teollisuuden kosteusrasitetut tilat. Näiden tilojen kosteuslisä voi olla jopa 6-20 g/m<sup>3</sup> (RIL 255-1-2014, 2014). Kosteusluokkaan 2 kuuluvat esimerkiksi asuin-, toimisto- ja liikerakennukset sekä ravintolat. Vähiten kosteusrasitettuun luokkaan 3 kuuluvat esimerkiksi vapaa-ajan asunnot, varastot ja tekniset tilat.

Käyttövesillä tarkoitetaan nimensä mukaisesti rakennuksessa käytettäviä vesiä, esimerkiksi siivous-, pesu- ja keittiövesiä. Käyttövedet voivat aiheuttaa suuriakin kosteusrasituksia rakenteisiin, jos käyttäjillä ei ole tietoa oikeista siivoustavoista. Väärillä siivoustavoilla ja runsaalla vedenkäytöllä voidaan aiheuttaa rakenteiden kosteudensietokyvyn ylittyminen, jolloin rakenne vaurioituu. Esimerkiksi laminaattilattiat vaurioituvat herkästi, mikäli niiden pesemisessä käytetään runsaasti vettä. Käyttöveden aiheuttamat kosteusvaurioita ehkäistään siivottavuuden suunnittelulla sekä laatimalla huoltokirjaan selkeät ohjeet tilojen käytöstä ja siivouksesta sekä pitämällä käyttäjille rakennuksen käyttökoulutus rakennuksen valmistuttua.

### 2.3.2 Kosteuden siirtyminen

Kosteuden olomuodosta riippuen kosteus voi siirtyä rakenteissa painovoimaisesti, tuulen- tai vedenpaineen vaikutuksesta, kapillaarisesti, diffuusiolla tai konvektiolla (Sisäilmäyhdistys, Kosteuden siirtyminen, 2008). Nestemäinen kosteus siirtyy rakenteissa painovoiman, tuulenpaineen ja ulkoisen vedenpaineen vaikutuksesta sekä kapillaarisesti. Painovoiman vaikutuksesta kosteus siirtyy aina alaspäin rakenteessa. Vesi ja lumi voivat siirtyä tuulenpaineen vaikutuksesta myös rakenteen pintaa ylös tai sivulle päin. Erityisesti pakkaslumi voi tuulen vaikutuksesta siirtyä pitkällekin rakenteessa. Painovoiman ja tuulenpaineen vaikutuksesta siirtyvän kosteuden aiheuttamia kosteusvaurioita ehkäistään muun muassa kaltevilla pinnoilla, suojapelleillä ja vedenpoistojärjestelmillä. Rakenteissa tai niiden pinnoilla olevan veden siirtämisen lisäksi painovoima aiheuttaa vedenpainetta vedenalaisiin rakenteisiin, kuten uima-altaisiin ja satamarakenteisiin. Pohjavesi aiheuttaa vedenpainetta maanvastaisiin rakenteisiin, jotka ovat pohjaveden pinnan alapuolella. Tällaiset rakenteet vaativat erityisen huolellista suunnittelua ja toteutusta, jotta paineellinen vesi ei tunkeudu rakenteisiin tai tiloihin.

Kapillaarisuus tarkoittaa veden pintajännityksestä johtuvaa veden siirtymistä aineen huokosiin (Suomen ympäristökeskus, Ilmatieteen laitos, 2004). Jotta vesi pääsee materiaalin huokosiin, on materiaalin oltava kosketuksissa vapaaseen veden pintaan tai toiseen kapillaarisella kosteusalueella olevaan materiaaliin. Materiaalin kapillaarisista ominaisuuksista riippuu, kuinka laajasti siinä siirtyy vettä kapillaarisesti, koska vesi imeytyy materiaalin huokosiin huokosalipaineen vaikutuksesta. Huokosalipaine on sitä suurempi, mitä pienempiä aineen huokokset ovat. Veden siirtyessä materiaalissa alhaalta ylöspäin, tarkoitetaan kapillaarisella nousukorkeudella korkeutta, johon vesi huokosalipaineen vaikutuksesta imeytyy, kunnes huokosalipaine ja nousukorkeutta vastaavan vesipatsaan painovoima ovat tasapainossa. (RT 05-10710, 1999) Taulukossa 5 on esitetty suuntaa antavia kapillaarisia nousukorkeuksia eri maalajeille.

Taulukko 5. *Esimerkkejä eri maalajien kapillaarisista nousukorkeuksista.*

Maalaji	Rakeisuus [mm]	Kapillaarinen nousu [mm]
Hiekka	0,2...2	30...300
Hieta	0,02...0,2	300...3 000
Hiesu	0,002...0,02 mm	3 000...30 000
Savi	0...0,002 mm	> 30 000

(RIL 250-2011, 2011)

Suuren huokoskoon lisäksi kapillaarista nousukorkeutta vähentää veden haihtuminen materiaalin pinnoilta (RT 05-10710, 1999). Veden haihtuminen materiaalin pinnoilta edellyttää, että materiaalia ympäröivän ilman suhteellinen kosteus on alle 100 prosenttia.

Jos ilman suhteellinen kosteus on 100 prosenttia, ilman sisältämä vesihöyrypitoisuus on suurin mahdollinen, eikä ilma pysty vastaanottamaan materiaalista haihtuvaa kosteutta. (Sisäilmayhdistys, Kosteuden siirtyminen, 2008) Kapillaarisesti siirtyvän kosteuden aiheuttamia vaurioita ehkäistään muun muassa vapaan veden pinnan tai kapillaarisella kosteusalueella olevan materiaalin ja suojattavan rakenteen väliin asennettavilla kapillaarikatkokerroksilla sekä perustusrakenteiden vesieristyksillä (RIL 250-2011, 2011).

Kaasumaisessa muodossa oleva kosteus siirtyy rakenteissa diffuusiolla tai konvektiolla. Kaasumainen kosteus siirtyy diffuusiolla suuremmasta kosteuspitoisuudesta ( $\text{g/m}^3$ ) pienempään. Sisätiloissa diffuusiovirran suunta on useimmiten ulospäin, koska sisäilman vesihöyryn osapaine on yleensä suurempi kuin ulkoilman. Tämä saattaa aiheuttaa lämpimän sisäilman kondensoitumisen rakenteiden sisässä oleviin kylmiin pintoihin (Sisäilmayhdistys, Kosteuden siirtyminen, 2008). Diffuusio aiheuttaa rakenteisiin vaurioita, jos rakenteeseen pääsee enemmän vesihöyryä kuin rakenteesta poistuu, jolloin rakenteen kosteuspitoisuus kasvaa ajan myötä (RIL 250-2011, 2011). Diffuusiovirran suuruus riippuu vesihöyryn osapaine-erojen suuruudesta. Diffuusiolla siirtyvän kosteuden määrään vaikuttaa osapaine-eron lisäksi materiaalin vesihöyrynläpäisevyys, jonka arvot vaihtelevat suuresti eri materiaalien välillä. (RIL 250-2011, 2011) Taulukossa 6 on esitetty joidenkin materiaalien vesihöyrynläpäisevyyksiä.

Taulukko 6. *Esimerkkejä materiaalien vesihöyrynläpäisevyyksien arvoista.*

Materiaali	Vesihöyrynläpäisevyys [ $\text{m}^2/\text{s}$ ]	$\delta_v \cdot 10^{-6}$	Vesihöyrynläpäisevyys $\delta_p \cdot 10^{-12}$ [kg/(msPa)]
Lasivillalevy, pinnoittamaton	22,3		160
Kevytbetoniharkko	2...6		15...44
Puukuitulevy 12 mm	1,7...5,7		12...42
Kipsilevy 12,5 mm	2,6...3,9		19...29
Alumiinipaperi 0,4 mm	0,001		0,008
Kumibitumikermi 3 mm	0,00034		0,002...0,004

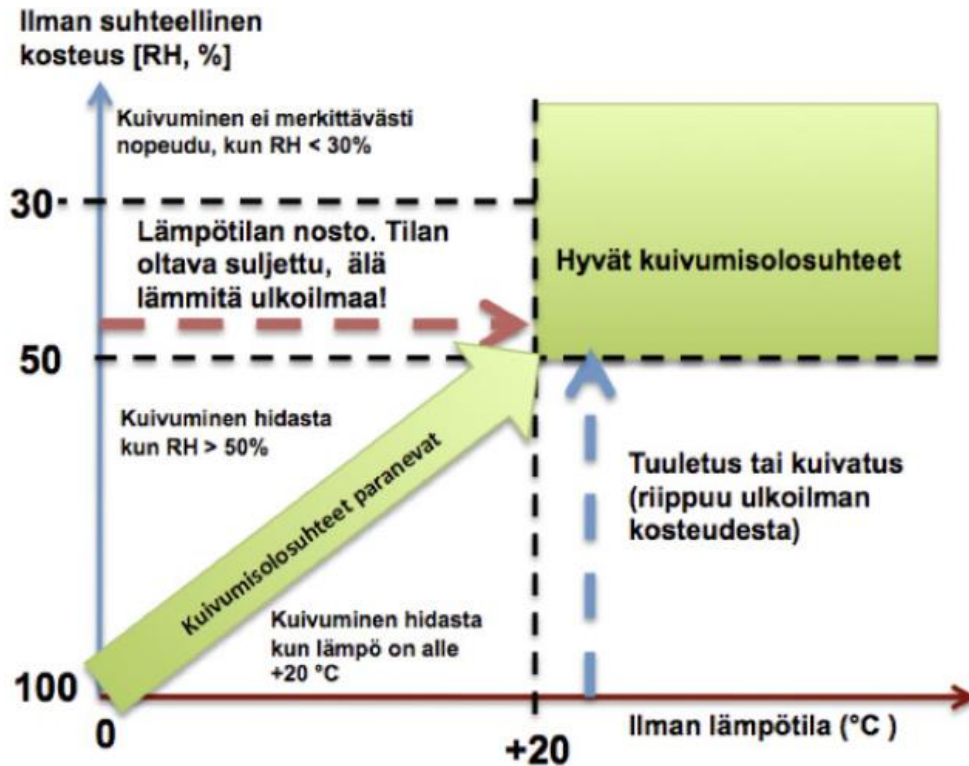
(RIL 255-1-2014, 2014)

Koska vesihöyry on yksi ilman osakaasuista, voi kaasumaisessa muodossa olevaa kosteutta siirtyä ilmapirtausten mukana rakenteisiin. Tätä kosteuden siirtymismuotoa kutsutaan konvektioksi. Rakennuksen painesuhteet ulkoilman suhteen aiheuttavat ilmapirtoja, joiden mukana kaasumaista kosteutta voi siirtyä rakenteisiin. (RIL 250-2011, 2011). Diffuusiovirtojen lisäksi konvektiovirtaukset aiheuttavat kondensoitumisriskin. Konvektiovirtaukset kohdistuvat usein yläpohjarakenteisiin ja ulkoseinärakenteiden yläosiin, koska rakennuksen yläosissa saattaa vaikuttaa lievä ylipaine. (Sisäilmayhdistys, Kosteuden

siirtyminen, 2008). Konvektiolla siirtyy suuria määriä ilmaa pienimmistäkin vuotokohdista. Tästä syystä konvektiolla siirtyvä kosteusmäärä voi olla moninkertainen diffuusiolla siirtyvään kosteuteen verrattuna. (RIL 250-2011, 2011)

### 2.3.3 Optimaaliset kuivumisolosuhteet ja rakenteiden kuivuminen

Kosteudenhallinta.fi-sivuston mukaan rakenteiden kuivumisolosuhteilla tarkoitetaan rakenteita ympäröivän tilan ilman olosuhteita (Kosteudenhallinta.fi, Kuivumisolosuhteiden mittaaminen). Näiden olosuhteiden hallinnalla ja muokkaamisella tavoitellaan sellaisia olosuhteita, joissa rakennuksen kosteusriskit voidaan minimoida ja hanke voidaan toteuttaa suunnitellun aikataulun mukaisesti erilaisissa olosuhteissa (Merikallio, 2005). Kuivumisolosuhteisiin vaikuttavat ympäröivän ilman suhteellinen kosteus (RH %), lämpötila (°C) sekä ilmanvaihdon riittävyys. Rakenteita ympäröivän ilman olosuhteiden vaikutuksia rakenteiden kuivumiseen on esitetty kuvassa 2. Kuvasta 2 nähdään, että rakenteiden optimaalisimmat kuivumisolosuhteet saavutetaan lämpötilan ollessa + 20 celsiusastetta ja ilman suhteellisen kosteuden ollessa 30-50 prosenttia. Olosuhteiden hallinnan ja ilmanvaihdon riittävyyden varmistamisen lisäksi on tärkeää, että kuivuviin rakenteisiin ei pääse kosteutta esimerkiksi putkirikkojen tai muiden vesivahinkojen vaikutuksesta.



**Kuva 2.** Ilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan vaikutukset rakenteiden kuivumiseen (Kosteudenhallinta.fi, Kuivumisolosuhteiden mittaaminen)

Riittävän alhainen ilman suhteellinen kosteus mahdollistaa rakenteesta poistuvan kosteuden siirtymisen ilmaan ja lämpötilaa nostamalla saadaan kasvatettua rakenteen kosteutta siirtävää voimaa (RIL 250-2011, 2011). Kun lämpötilaa nostetaan 10 celsiusasteella, kasvaa esimerkiksi betonin kosteutta siirtävä kyky 1,5-kertaiseksi (Merikallio, 2002). Lämpötilan nostamiseksi voidaan lämmittää itse rakenteita tai rakenteita ympäröivää ilmaa. Rakenteiden lämmitysmenetelmiä ovat esimerkiksi kuumailma-, infrapunasäteily- tai lankalämmitys (Ratu S-1234, 2017). Kuumailmalämmitystä käytetään vaakarakenteiden lämmittämiseen, infrapunasäteilylämmitystä laajoissa ja massiivissa rakenteissa ja lankalämmitystä erilaisten betonirakenteiden sisässä muiden lämmitysjärjestelmien tukena (Ratu S-1234, 2017). Sisäilman lämmittämällä nopeutetaan rakenteiden kuivumista etenkin talvella, kun ulkoilman lämpötila on lähellä 0 celsiusastetta (RIL 250-2011, 2011). Rakenteiden kuivumiseen vaikuttaa kyseessä olevan tilan olosuhteiden lisäksi tilaa ympäröivien muiden tilojen olosuhteet, ulkoilman olosuhteet sekä ilman vaihtuvuus rakenteen pinnalla. (Kosteudenhallinta.fi, Kuivumisolosuhteiden mittaaminen)

Rakenteiden kuivaamisen oleellisin tehtävä on poistaa rakenteista rakennekosteutta. Rakennuskosteus poistuu rakenteesta kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa rakenteen pinta pysyy kosteana ja kuivumisnopeus on vakio. Jotta rakenteen pinta pysyisi kosteana, täytyy rakenteen kosteuspitoisuuden ylittää kriittinen kosteuspitoisuus. Niin kauan, kun rakenteen pinta pysyy kosteana, on rakenteen kuivuminen nopeaa. Kuivumisen toisessa vaiheessa kuivumisnopeus pienenee koko ajan. Tämä johtuu siitä, että kosteusrintama siirtyy koko ajan syvemmälle rakenteeseen, jolloin kosteuden matka rakenteen pintaan kasvaa. Rakenteen dimensiot, rakennusaineen ominaisuudet sekä kosteusolosuhteet vaikuttavat rakenteen kuivumisnopeuteen. Kuivumista tapahtuu, kunnes rakenne on saavuttanut tasapainokosteuden ympäröivän ilman suhteen. (Björkholtz, 1997)

Mikäli rakenteiden optimaalisen kuivumisen mahdollistavia olosuhteita ei pystytä lämmittämällä ja tuulettamisella luomaan, voidaan tilaan asentaa koneellinen kuivaus sisäilman kuivaamiseksi. Erityisesti kesällä ja loppusyksystä, kun ulkoilman ja siten myös sisäilman kosteussisältö on suurimmillaan, voi kosteuden poistuminen sisäilmasta edellyttää ilman koneellista kuivaamista (RIL 250-2011, 2011). Tällöin on tärkeää estää lisäkosteuden pääsy kuivatettavaan tilaan tiivistämällä mahdolliset tilaan johtavat vaipparakenteissa olevat aukot ja raot, jotta kostea ulkoilma ei pääse kostuttamaan sisäilmaa. Lisäksi on varmistettava, että poistettava kosteus ei pääse kuivatettavan tilan viereisiin tiloihin väliseinissä tai välipohjissa olevien aukkojen tai virheellisesti asennetun kuivai-

men poistokanavan kautta. Näin ehkäistään ilmassa olevan kosteuden tiivistyminen vieraisen tilan kylmiin pintoihin. (Merikallio, 2005) Kylmiä pintoja ovat esimerkiksi ikkunoiden ja muiden aukkojen tilapäisten muovisuojien pinnat. Kosteuden tiivistymistä voidaan ehkäistä parantamalla suojien lämmöneristyskykyä, esimerkiksi vaihtamalla muovisuojat puisiksi, tai pienentämällä ilman kosteussisältöä. (Merikallio, 2002)

Rakenteissa oleva tai rakenteisiin ennen pinnoittamista siirtynyt kosteus sekä riittämätön tuuletus saattavat yhdessä aiheuttaa vaurioita rakenteeseen ja pinnoitteeseen, mikäli pinnoittaminen tapahtuu ennen kosteuden poistumista rakenteesta. Pinnoitteen kriittisen kosteuspitoisuuden ylittävän rakenteen pinnoittaminen voi aiheuttaa pinnoitteiden mikrobivaurioita, kemiallista vaurioitumista, haitallisia kosteusliikkeitä ja irtoamista alustastaan (RT 14-10984, 2010). Rakenteiden pinnoittamisen lisäksi on vältettävä kuivien materiaalien asentamista kiinni kosteisiin rakenteisiin. Kostean rakenteen sisältämä kosteus pyrkii poistumaan ja tasaantumaan kuivaan materiaaliin, jolloin on mahdollista, että kuivempi materiaali vaurioituu. Esimerkiksi paikallavaletun betoniholvin päälle liian aikaisin asennettu puurunkoinen kipsilevypintainen väliseinä vaurioituu herkästi, mikäli holvin kosteuspitoisuus ylittää väliseinän runkopuiden ja kipsilevyn kosteudensietokyvyn.

Rakenteiden kuivumisen kannalta on oleellista, että rakenteen pinnalla ei ole kuivumista estäviä materiaaleja. Esimerkiksi tuotteiden pakkausmateriaalit, rakennusjäte ja lika heikentävät rakenteiden kykyä kuivua vaikeuttamalla vesihöyryn poistumista rakenteesta. Kohteen laajuuden ja työvaiheen edellyttämin aikavälein työmaalla on suoritettava rakennusaikaista siivousta. Parhaassa tapauksessa kohteessa on jatkuvasti rakennussiivooja, joka huolehtii työmaan siisteydestä. Rakenteiden kuivumisen mahdollistamisen lisäksi rakennussiivouksella lisätään työviihtyvyyttä, työturvallisuutta sekä ehkäistään pölystä aiheutuvia oireita ja sairauksia (Andersson, 2004). Rakennussiivouksella tuetaan myös rakentamisen laatuvaatimusten saavuttamista esimerkiksi ehkäisemällä materiaalien vaurioitumista sekä puhdistamalla niin näkyvät kuin piiloonkin jäävät pinnat.

Valmiin rakenteen kuivuminen mahdollistetaan ensisijaisesti rakenteiden tuuletusraoilla sekä käyttämällä mahdollisuuksien mukaan vesihöyryä läpäiseviä materiaaleja. Ulkoseinä- ja yläpohjarakenteet on massiivirakenteita lukuun ottamatta suunniteltava aina tuulettuviksi. Ulkoseinärakenteissa tuuletusrako sijoitetaan ulkoverhouksen taakse ja yläpohjissa lämmöneristeen ja vesikattorakenteen väliin (RIL 255-1-2014, 2014). Tuuletusraot mahdollistavat rakenteissa olevan kosteuden poistumisen ulkoilmaan, jos tuuletusrako on avoin eli yhteydessä ympäristöön. Jotta tuuletusraossa kiertävä ilma kykenisi sitomaan itseensä kosteutta rakenteista, on tuuletusraon sisältämän ilman vesihöyrypitoisuuden oltava pienempi kuin materiaalin pinnan huokosissa olevan ilman vesihöyry-

pitoisuuden. Jos tuuletusrakoon virtaama ilma on lämpimämpää kuin tuuletusraon pinnat, on mahdollista, että ilman sisältämää kosteutta tiivistyy tuuletusraon pinnoille. (Björkholtz, 1997) Tuuletusraon tukkeutumisen estämiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota etenkin muuratuissa ulkoverhouksissa.

### **2.3.4 Rakenteiden ja materiaalien suojaaminen kosteudelta**

Rakennustyömaa on aina alttiina ilman olosuhteiden muutoksille ja lähes aina myös säälle. Kaikki rakennusmateriaalit ja rakenteet eivät kestä olosuhteista ja säästä aiheutuvia kosteusrasituksia, vaan ne on suojattava kosteudelta. Rakennusvaiheessa käytetään nestemäiseltä ja kiinteältä kosteudelta suojaavia menetelmiä, kun taas valmis rakennus on suojattava myös kaasumaiselta kosteudelta erilaisilla suojarakenteilla ja vesieristeillä. Rakentamisen aikaisella rakenteiden ja materiaalien suojaamisella tarkoitetaan keskeneräisten rakenteiden ja materiaalien kastumisen estämisen lisäksi vesivahtaukseen varautumista ja niiden ehkäisemistä (RIL 250-2011, 2011). Suojausmenetelmillä ei pelkästään suojata rakenteita ja materiaaleja vaurioitumiselta, vaan vähennetään myös vaurioituneiden materiaalien uusimisesta aiheutuvia kustannuksia sekä mahdollisia käytönaikaisia terveyshaittoja.

Suosittelavaa on sijoittaa materiaalit suoraan käyttökohteeseen, koska materiaalien siirtäminen voi aiheuttaa joko suojapakkausten tai itse materiaalin vaurioitumista. Rikkoutuneet suojapakkaukset on korjattava välittömästi, jotta materiaalit eivät altistu liiallisille kosteusrasituksille tai likaantumiselle. Mikäli materiaalien sijoittaminen suoraan käyttökohteeseen ei ole mahdollista, siirretään materiaalit väliaikaiseen varastoon. Monet rakennusmateriaalit tulee varastoida lämpimämmässä kuin 0 celsiusasteen lämpötilassa tehdasvalmisteisia suojauksia purkamatta. Yleissääntönä on, että materiaalit tulisi varastoida mahdollisimman hyvin niiden käytönaikaisia olosuhteita vastaaviin olosuhteisiin. Varastossa materiaalit tulee sijoittaa irti maasta siten, että ilma pääsee kulkemaan varastoitavien materiaalien ympärillä. Tarkempi ohjeistus materiaalien varastoinnista saadaan materiaalivalmistajalta. (Ratu S-1232, 2013)

Rakentamisen aikaisia säältä suojautumisen ratkaisuja ovat erilaiset suojapeitteet, julkisivusuojat sekä sääsuojat. Sää- ja julkisivusuojat soveltuvat pitkäaikaiseen suojaamiseen ja suojapeitteet lyhyt- tai väliaikaiseen suojaamiseen (Ratu S-1234, 2017). Suojausratkaisut valitaan ensisijaisesti vuodenajan, rakentamisen vaiheen, rakennuksen sijainnin, koon ja muodon, rakenteiden vaurioitumisherkkyyden, tilaajan vaatimusten ja kustannusten mukaan. Vaihtoehtoina on koko rakennuksen suojaaminen tai rakennuksen osien ja materiaalien suojaaminen. Mikäli suojataan materiaaleja ja osia rakennuksesta, on suojausmenetelmä ja olosuhteet valittava suojattavien materiaalien mukaan.

Esimerkiksi vesitiiviiseen pakkaukseen pakatut tiilet kestävät, mikäli pakkaus pysyy ehjänä, säilytyksen ulkotiloissa ilman erillistä suojausta, kun taas runkopuutavara on säilytettävä suojattuna auringolta, sateelta ja maakosteudelta käyttöoloja vastaavassa lämpötilassa. (Ratu S-1232, 2013)

Sääsuojusratkaisuista kevyimpiä ovat erilaiset suojapeitteet. Suojapeitteet voivat olla rakennus-, julkisivu- tai erikoispeitteitä, joita käytetään muun muassa:

- Väliaikaisina suojina
- Täydentämässä muita suojausmenetelmiä
- Maan sulatukseen
- Perusmaan ja betonoinnin routasuojaukseen
- Holvi- ja laattavalujen lämpösuojauksena

(Ratu S-1232, 2013)

Raskaampia sääsuojusratkaisuja ovat julkisivu- ja sääsuojat. Sekä julkisivu- että sääsuojat koostuvat runkorakenteista, välituista ja peitteistä. Julkisivusuojat koostetaan pystysuojasta sekä telinekatosta. Julkisivusuojia voidaan käyttää joko ylimmän työtason, seinien tai koko rakennuksen suojaukseen. Sääsuojat ovat suojausratkaisuista laajimpia ja niiden avulla suojataan sekä työntekijät, työkohteet että rakennusmateriaalit. Runkorakenteiden ja peitteiden kokoamismahdollisuuksien vuoksi sääsuojatyyppejä on lukemattomia. Sääsuojahalleja käytetään yleisesti saneerauskohteissa sekä uudiskohteiden perustusvaiheessa kattamaan koko työstettävä kohde. Uudiskohteissa sääsuojahalleja käytetään erityisesti talvella edellä mainittujen käyttökohteiden lisäksi myös runkovaiheessa. (Ratu S-1232, 2013)

Valmista rakennusta suojataan kosteudelta erilaisilla suojarakenteilla, vesieristeillä ja höyrynsuluilla. Rakennusta suojaavia rakenteita ovat esimerkiksi räystäät ja erilaiset suojapellitykset, kuten ikkunoiden ja savupiippujen pellitykset. Vesieristeitä suunnitellaan maanvaraisiin rakenteisiin sekä kylpyhuoneisiin. Myös kodinhoitohuoneiden, keittiöiden ja muiden tilojen, joissa on vesipiste tai käsitellään vettä, lattia- ja seinäpinnoilla käytetään nykyään usein vesieristeitä. Kaikkiin vesipisteellisiin tiloihin on suositeltavaa sijoittaa viemäripiste ja suunnitella varmistettu vuotohavaintavuus, jotta mahdollisen vesivahingon sattuessa vahinko on mahdollista havaita ja vesi saadaan poistettua tilasta ennen sen leviämistä muihin tiloihin (RT 07-10832, 2004). Höyrynsulun tarkoituksena on estää kostean sisällmän siirtyminen kohti vaipparakenteen ulko-osia ja siten ehkäistä vesihöyryn kondensoitumista ulkoseinän kylmiin rakenneseisiin. Höyrynsulkuna käytetään usein kalvomaisia rakenteita, mutta höyrynsulku voi olla myös levy-, kivi- tai massiivipuurakenne (RIL 255-1-2014, 2014).



### 2.3.5 Vaikutukset hankkeen kustannuksiin ja aikatauluun

Kosteudenhallintatoimenpiteillä voi olla suunnittelu- ja rakentamiskustannuksia nostava vaikutus. Tämä kustannuslisä on vähäinen, kun otetaan huomioon kustannuslisästä aiheutuvat hyödyt: estetään esimerkiksi materiaalien vaurioituminen, säästetään vaurioituneiden materiaalien vaihtamiseen kuluva aika ja ehkäistään vaurioituneista materiaaleista aiheutuvia käyttäjien oireita. (RIL 250-2011, 2011) Kosteudenhallinnan toimenpiteillä voidaan ehkäistä osa tulevista korjauskustannuksista ja siten vähentää hankkeen käytönaikaisia kustannuksia. Esimerkiksi Rakennuksen painesuhteiden ja ilmanvaihdon vaikutukset sisäilman epäpuhtauksien esiintymiseen sekä epäpuhtauslähteiden paikallistamiseen -artikkelin mukaan merkittävien kosteusvaurioiden kertaluontoiset kustannukset tuottivat 12,5-16,7 prosenttia kaikista Suomen korjauskustannuksista vuonna 2010 (Taiarol et al., 2016). Mikäli kosteudenhallinnan toimenpiteet otetaan huomioon jo suunnittelussa ja toimenpiteiden toteuttaminen rakennusvaiheessa sujuu suunnitellusti, vältetään vesivahingoilta ja rakenteiden kuivumisen aiheuttamilta negatiivisilta vaikutuksilta kohteen aikatauluun. Aikatauluun on varattava riittävästi aikaa rakenteiden kuivumiselle, jotta vältetään muun muassa pinnoitemateriaalien kosteuden aiheuttamilta vaurioilta. Kosteudenhallintasuunnitelman osaksi tehtävillä kuivumisaika-arvioilla rakenteiden kuivumista voidaan ennakoida ja tarvittavilla toimenpiteillä varmistaa, että hanke pysyy aikataulussa tai jopa alittaa sen. Urakkamuodosta ja maksuperusteesta riippuen urakoitsija voi saada lisäpalkkion aikataulun alittamisesta (Kiiras, 2001).

Rakentamisvaiheen aikaiset vaihtelevat olosuhteet aiheuttavat erilaisia kustannuksia hankkeelle. Olosuhteista aiheutuvat kustannukset ovat usein välillisiä ja ne koostuvat useimmiten työ- ja materiaalikustannuksista sekä lämmitys- ja kuivatuskustannuksista. Erityisesti talvirakentamisessa kustannuksia saattavat nostaa materiaalien vaurioituminen, energian tarpeen kasvaminen ja pitkien pakkasjaksojen aiheuttama rakennusajan piteneminen. (Ratu S-1234, 2017) Olosuhteita voidaan hallita erilaisilla suojausmenetelmillä, joiden tyyppi, laajuus ja käyttöajan pituus vaikuttavat suojausten aiheuttamiin kustannuksiin. Kosteudenhallinnalle asetetaan rakennushankkeeseen ryhtyvän toimesta vaatimustaso, joka esitetään rakennusurakan tarjouspyynnössä. Nämä tarjouspyynnössä esitetyt vaatimukset ja tavoitetasot toimivat lähtötietoina urakoitsijalle, joka huomioi vaatimukset urakkatarjouksen laskentavaiheessa. (Ratu S-1232, 2013)

### 2.3.6 Kuivaketju10: esimerkki kosteudenhallinnan toimintamallista

Kuivaketju10 on rakentamisen kosteudenhallintaan kehitetty toimintamalli, jonka avulla ehkäistään kosteusvaurioiden riskejä koko rakennuksen elinkaaren ajan. Toimintamallin

ylläpidosta ja jatkokehityksestä vastaa Rakentamisen Laatu RALA ry. Toimintamallin avulla torjutaan kosteusriskejä ja todennetaan riskientorjunnan onnistuminen luotettavalla tavalla siten, että riskien hallinta ja dokumentointi jatkuvat yhtenäisenä ketjuna rakennuksen elinkaaren loppuun saakka. Toimintamallin perustan muodostavat kymmenkohtainen riskilista ja näiden riskien todentamisohe. Kuivaketju.fi-sivuston mukaan näiden riskien hallinnalla vältetään 80 prosenttia kosteusvaurioiden aiheuttamista kustannuksista. Jokaiselle hankkeelle tarkennetaan arkkitehdin sekä rakenne-, LVI- ja sähkösuunnittelijan toimesta kyseisen hankkeen erityispiirteet huomioonottavat riskilistat ja todentamisoheet.

Kuivaketju10-riskilista koostuu kymmenestä kosteusriskistä, joita ovat:

1. Rakennuksen ulkopuolelta tuleva kosteus vaurioittaa perustuksia ja lattiarakenteita
2. Sadevesi pääsee tunkeutumaan ulkoseinärakenteen sisälle
3. Vesikatteen läpäisevä vesi tunkeutuu aluskatteen vuotokohdista yläpohjaan
4. Kosteutta siirtyy ilmansulkukerroksen vuotokohdista ulkoseinä- ja yläpohjarakenteisiin, jonne sitä tiivistyy vedeksi
5. Väärin mitoitettu ja säädetty ilmanvaihto ei poista ylimääräistä kosteutta vaan pakottaa sen siirtymään rakenteisiin
6. Vesiputkien rikkoutumiset aiheuttavat kiinteistöön laajoja vesivahinkoja
7. Huonosti toteutetussa märkätilassa kosteus vaurioittaa ympäröivät rakenteet
8. Kosteiden betonirakenteiden päällystäminen aiheuttaa päällystemateriaalin turmeltumisen
9. Materiaalien ja rakenteiden kastuminen vaurioittaa rakennuksen
10. Huonolla ylläpidolla rakennus rapistuu hitaasti, mutta varmasti

(Kuivaketju10.fi, Etusivu)

Kuivaketju10-toimintamalli on yksi tapa toteuttaa kohteen kosteudenhallinta. Toimintamallin käyttäminen edellyttää, että hankkeeseen nimetään viimeistään rakennuslupahakemuksen yhteydessä kosteudenhallintakoordinaattori, joka valvoo ja ohjaa tilaajan valtuutuksella toimintamallin toteuttamista koko hankkeen ajan, aivan kuten muissakin rakennushankkeissa. Kuivaketju10-toimintamallissa kosteudenhallintakoordinaattorin tehtävät ja vaadittu pätevyys vaihtelevat hankkeen vastaavan työnjohtotehtävän vaativuusluokan mukaan. Muita toimintamalleja käytettäessä kosteudenhallintakoordinaattorin pätevyysvaatimukset ovat linjassa TOPTEN-rakennusvalvontojen tulkintakortin 177c 01 ja Kuivaketju10-toimintamallin kanssa (FISE, Kosteudenhallintakoordinaattori). Hankkeen vaativuusluokka määritetään Ympäristöministeriön ohje rakentamisen työnjohtotehtävien vaativuusluokista ja työnjohtajien kelpoisuudesta -ohjeen avulla. Lopullisen vaati-

vuusluokan määrittää kyseessä olevan kunnan rakennusvalvonta. Kosteudenhallintakoordinaattorin päätehtävänä on valvoa ja ohjata Kuivaketju10:n toteutumista koko rakennushankkeen ajan. (Kuivaketju10, Kosteudenhallintakoord. ohjekortti, 2018)

Kuivaketju10-toimintamallin käyttöönotto alkaa hankkeen tilaamisesta, jolloin hankkeeseen nimetään kosteudenhallintakoordinaattori. Koordinaattorina voi toimia eri henkilöt hankkeen eri vaiheissa, mutta on suositeltavaa, että koordinaattorin tehtävään kiinnitetään yksi henkilö koko hankkeen ajaksi. Kosteudenhallintakoordinaattori ei saa olla suunnittelijoista tai urakoitsijoista riippuva asiantuntija. Sen lisäksi, että tilaaja tekee päätöksen Kuivaketju10-toimintamallin käyttämisestä, on päätös kirjattava pakollisena vaatimuksena suunnittelu- ja urakkatarjouspyyntöihin ja lopullisiin suunnittelu- ja urakkasopimuksiin. Tilaajan on ymmärrettävä aikataulun merkitys laadukkaassa kosteudenhallinnassa ja annettava realistinen aikataulu niin suunnitteluun, työmaavaiheeseen kuin käyttöönottoonkin. (Kuivaketju10, Tilaaminen ohjekortti, 2018)

Suunnittelijoiden tehtävänä on osoittaa, että he ovat ottaneet Kuivaketju10-riskilistan ja sen todentamisohjeen huomioon suunnitelmissaan. Urakoitsijat toteuttavat kohteen suunnitelmien mukaisesti ja todentavat ja dokumentoivat riskejä sisältävien työvaiheiden ja rakenteiden onnistuneen toteutuksen sovitulla tavalla. Kosteuskoordinaattori käy todentamiset läpi ja hyväksyy ne. (Kuivaketju10.fi, Etusivu) Eri alojen suunnittelijat muokkaavat riski- ja tarkastuslistoja vastamaan hankkeen erityispiirteitä ja laativat kohteen suunnitelmat näiden listojen mukaisiksi. Todentamisohjeen avulla suunnittelijat osoittavat suunnitelmien täyttävän asetetut vaatimukset. (Kuivaketju10, Suunnittelun ohjekortti, 2018) Kosteudenhallintakoordinaattori käy suunnittelijoiden avustuksella suunnitelmat sekä keskeisimmät suunnitteluratkaisut ja niiden syyt läpi työmaaorganisaation kanssa. Pääurakoitsijan on perehdytettävä työmaan työntekijät Kuivaketju10-toimintamalliin, käymällä läpi vähintään toimintamallin peruseriaatteet ja todentamisohjeessa oleva tarkistuslista. Pääurakoitsijan tulee todentaa ja dokumentoida sekä omien, että aliurakoitsijoiden suorittamien työvaiheiden toteutuksen onnistuminen Kuivaketju10-toimintamallin mukaisesti. (Kuivaketju10, Työmaatoteutuksen ohjekortti, 2018)

Kuivaketju10-toimintamallissa käyttöönotto jakaantuu kahteen vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa keskitytään urakoitsijan tarkistuslistan kohdista käyttöönottovaiheeseen liittyviin riskikohtiin. Ensimmäisen vaiheen jälkeen kohteen käyttäjät ja huoltohenkilökunta perehdytetään kiinteistön käyttöön ja ylläpitoon ja arvioidaan toimintamallin toteutuksen onnistumisen kokonaisuutta. Hyvin onnistuneelle hankkeelle on mahdollista hakea Kuivaketju10-statusta, jonka myöntää Rakentamisen Laatu RALA ry. (Kuivaketju10, Käyttöönoton ohjekortti, 2018) Käytönaikaisen kosteudenhallinnan tueksi laaditaan huoltokirjaan Kuivaketju10-osio, joka koostuu niistä riskilistan kohdista, jotka liittyvät

käytönaikaiseen ylläpitoon. Riskikohdista esitetään vaadittavat säännölliset tarkastukset, huollot sekä kunnossapitajakset toimenpiteineen. (Kuivaketju10, Käytön ohjekortti, 2018)

## **2.4 Kosteudenhallinta rakennushankkeen eri vaiheissa**

Kosteudenhallinta tulee huomioida koko rakennuksen käyttöiän ajan. Tärkeimmät kosteudenhallintaan vaikuttavat päätökset tehdään hankkeen suunnitteluvaiheessa, jolloin tehdään myös rakennuksen kosteusteknistä toimivuutta koskevat päätökset. Rakennusvaiheessa kosteudenhallintaa toteutetaan työmaan kosteudenhallintasuunnitelman mukaisesti. Työmaan kosteudenhallintasuunnitelman pohjan luo toteutussuunnitteluvaiheessa laadittu suunnitteluvaiheen kosteudenhallintasuunnitelma. Tärkeimpiä rakennusvaiheessa huomioitavia seikkoja ovat muun muassa rakentaminen suunnitelmien mukaisesti, materiaalien ja valmiiden rakenteiden suojaaminen kastumiselta, rakenteiden pinnoitettavuuskosteusarvojen varmistaminen materiaalivalmistajalta, pinnoitettavuuskosteuksien mittaaminen sekä ontelolaattojen onteloiden vedenpoistoreikien avaaminen. Rakennusvaiheessa huomioitavat kosteudenhallinnan toimenpiteet tulee kuitenkin aina määrittää kohdekohtaisesti, jotta huomioidaan kunkin kohteen erityispiirteet ja ominaisuudet. (Merikallio, 2005)

Oikeaoppisiin kosteudenhallinnan toimenpiteisiin ohjeistetaan erilaisissa ohjekorteissa ja oppaissa, jotka sisältävät ohjeita kosteudenhallinnan eri osa-alueisiin, esimerkiksi tarpeellisiin asiakirjoihin, materiaalien varastointiin, olosuhteiden hallintaan ja rakenteiden pinnoitettavuuteen. Ohjeita ja oppaita sovelletaan rakennushankkeen eri vaiheissa. Rakennuskohteen lopputuloksen ja sen sisäilmaston laatuun ja terveellisyysyteen ohjeistavat erityisesti Terveen talon toteutuksen kriteerit – ja Sisäilmastoluokitus 2018 -ohjekortit. Rakennusten terveellisyysyteen tähtäävissä Terveen talon toteutuksen kriteerit -ohjeissa on esitetty ohjeita, kriteereitä ja eri urakkavaiheissa toteutettavia toimenpiteitä, joilla saavutetaan toimiva, terveellinen ja vaaditut sisäilmasto-olosuhteet täyttävä rakennus. Ohjeita on laadittu kaksi, toinen asuntorakentamiselle (RT 07-10832) ja toinen toimitilarakentamiselle (RT 07-10805). Terve talo -asiat tulee yleisellä tasolla olla mainittuna sopimusasiakirjoissa ja yksityiskohtaisesti teknisissä asiakirjoissa. (RT 07-10805, 2003) (RT 07-10832, 2004) Sisäilmaston hyvä laatu varmistetaan Sisäilmastoluokitus 2018 -ohjeen mukaisilla laatuluokituksilla, joissa kosteudenhallinnalla on keskeinen rooli.

### **2.4.1 Tarveselvitys**

Tarveselvitysvaiheessa tilaaja miettii tilahankinnan tai olemassa olevan tilan muutoksen tarvetta (RT 103087, 2019). Tarveselvitysvaiheen alussa rakennuttajan tehtävänä on

hankkia ja nimetä hankkeen vaativuuden edellyttämät pätevät hankkeen osapuolet, joilla on riittävä ymmärrys rakenteiden kosteusteknisestä toimivuudesta (RT 10-11284, 2017). Tilatarpeen varmistuttua arkkitehti määrittelee kiinteistön omistajan ja käyttäjien kanssa heidän tavoitteensa toiminnan ja tilojen suhteen sekä selvittää toiminnalliset tavoitteet yhdistämällä muun muassa määriteltyjä tavoitteita ja lainsäädäntöä. Arkkitehti pyrkii kirjoittamaan erilaisia tavoitteet täyttäviä toteutusratkaisuja hankkeen eri osapuolten välillä neuvotteluilla (RT 10-11109, 2013). Tarveselvitysvaiheessa pääsuunnittelijan velvollisuudet rajautuvat hankkeen edellytysten toteamiseen ja tilaajan sekä käyttäjien tarpeiden selvittämiseen. Tarveselvityksen valmistuttua pääsuunnittelija hankkii selvitykselle kirjallisen hyväksynnän. (RT 10-11108, 2013) Tarveselvitysvaiheessa rakennesuunnittelijan tehtävät ovat avustavia tehtäviä, joihin kuuluu avustaminen erilaisten rakennejärjestelmien alustavissa selvityksissä sekä kustannusennusteen ja rakentamiskataulun laadinnassa siten, että rakennetekniikka otetaan huomioon kyseisissä asiakirjoissa (RT 103087, 2019). Tarveselvityksen lopuksi tehdyn hankepäätöksen yhteydessä tehdään hankkeen riskitarkastelu (RT 10-11284, 2017).

## 2.4.2 Hankesuunnittelu

Hankesuunnitteluvaiheessa valmistellaan suunnitteluvaihetta ja varmistetaan yhteisten lähtötietojen saatavuus ja selvitetään niiden vaikutukset. Rakennus voidaan luokitella käyttöikätaavoitteiden, sisäilmavaatimusten ja kosteusrasitusten mukaan suunnitteluluokkiin, jotka ohjaavat laadulle asetettuja kriteerejä, suunnitteluun varattua aikaa, suunnittelutehtävien määritystä ja suunnittelijoiden valintaa. (Merikallio, 2005) Hankesuunnitteluvaiheessa tarkastellaan hankkeeseen kohdistuvia riskejä ja laaditaan hankesuunnitelma. Riskien tarkastelulla pyritään ehkäisemään rakennuksen turvallisuutta, terveellisyyttä, kestävyyttä, toimivuutta, aikataulua, budjettia ja hankkeen osapuolten yhteistoiminnalle asetettujen vaatimusten ja tavoitteiden vaarantumista. (RT 10-11255, 2017)

Terveen talon toteutuksen kriteerit -ohjeen käyttäminen on vapaaehtoista ja päätös siitä, käytetäänkö ohjetta, tehdään hankesuunnitteluvaiheessa. Vastuu Terveen talon kriteereiden ja ohjeiden noudattamisen valvonnasta on rakennuttajalla tai rakennuttajakonsultilla valvojien tai ulkopuolisen asiantuntemuksen avulla. Terveen talon kriteereiden kosteudenhallinnan toimenpiteisiin vaikuttaviin yleisiin tavoitteisiin kuuluvat ilman laadun tavoitearvojen asettaminen Sisäilmastoluokitus 2018 mukaisesti, lämpö- ja kosteusteknisen rakennesuunnittelun vaativuusluokan (AA, A tai B) määrittäminen ja rakennuspaikan terveellisyyden varmistaminen. Lämpö- ja kosteusteknisen suunnittelun tarve riippuu ra-

kenteen käyttötarkoituksesta, joka määrittää tilojen ja rakenteiden rasitukset. Tavanomaisesti rasitetuille rakenteille riittää tavanomainen rakennesuunnittelu, mutta rakenteiden rakennusfysikaalinen toiminta on varmistettava riskiarviolla. (RT 07-10832, 2004)

Rakennuttajan laatu- ja muut tavoitteet määritellään hankesuunnitteluvaiheessa ja niitä tarkennetaan suunnittelun aikana. Hankkeen alkuvaiheessa määritetään hallinnolliset menettelytavat, esimerkiksi kokous-, katselmus- ja tarkastusmenettelyt, joihin kaikkien osapuolten tulee sitoutua. (RIL 250-2011, 2011) Laatu- ja tavoitteiden saavuttamisessa kosteudenhallinnalla on oleellinen osa. Kosteudenhallinnan menetelmiin otetaan hankesuunnitteluvaiheessa kantaa käsittelemällä suunnitelmassa työmaan sääsuojausta. Hankesuunnitteluvaiheessa tehdään päätökset vaaditusta kuivana pidon tasosta ja rakentamisen ajoituksesta. Sääsuojauksen kannalta on oleellista tietää, mihin vuodenaikaan rakentaminen sijoittuu. Sääsuojauksesta aiheutuu hankkeelle kustannuksia, jotka huomioidaan hankesuunnitteluvaiheessa tekemällä varaus kustannusarvioon. (Ratu S-1232, 2013)

### 2.4.3 Ehdotussuunnittelu

Ehdotussuunnittelussa laaditaan ja esitetään erilaisia suunnitteluratkaisuja asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi (RT 103087, 2019). Suunnitteluratkaisuista valitaan asetettujen tavoitteiden ja vaatimusten mukaiset parhaat ratkaisut tarkentamalla tavoitteet tilakohtaisiksi tavoitearvoiksi (RT 07-11299, 2018). Tavoitearvot saavutetaan, kun suunnittelua ohjataan siten, että suunnitteluvaihe on sujuva ja häiriötön (RT 10-11255, 2017). Rakennuttajan lisäksi ehdotussuunnitteluun osallistuvat aktiivisesti eri alojen suunnittelijat sekä arkkitehti. Kosteudenhallinnan kannalta oleellisimmaksi arkkitehdin tehtäväksi muodostuu uusien ratkaisujen etsiminen ja esittäminen muille suunnittelijoille. Suunnittelijaryhmä valitsee kaikkien suunnittelijoiden läpikäymän ehdotuksen ja lähettää sen tilaajan hyväksyttäväksi. Tämä ehdotus toimii yleissuunnittelun pohjana. (RT 10-11109, 2013)

Ehdotussuunnitteluvaiheessa rakennesuunnittelijan on varmistettava tilaajan rakennetekniset suunnittelutavoitteet ja lähtötietojen riittävyys suunnitelmien laatimiseksi. Ennen rakenneteknistä suunnittelua rakennesuunnittelija määrittelee korjauskohteessa toteutettavat tarvittavat rakennetekniset tutkimukset ja mittaukset. Tilaaajan tavoitteiden sekä tutkimus- ja mittaustulosten pohjalta rakennesuunnittelija määrittää alustavat rakennetekniset ratkaisuvaihtoehdot ja rakennetyypit. Rakennusfysikaalisen suunnittelun perustehtävien suorittamisen jälkeen rakennesuunnittelija arvioi alustavasti rakenteiden rakennusfysikaalista toimivuutta ja kosteudenhallinnan riskejä. Alustavat tiedot kerätään

rakenteiden suunnittelun ja toteutuksen periaatteet -asiakirjaan. Korjauskohteissa rakennesuunnittelija selvittää lisäksi olemassa olevien rakenteiden toteumatiedot. (RT 103087, 2019)

Ehdotussuunnittelun ohjauksessa rakennuttajan on varmistettava, että rakennushankkeeseen ryhtyvä huolehtii lakisääteisistä velvollisuuksistaan. Näitä lakisääteisiä velvollisuuksia ovat huolehtiminen siitä, että rakennus suunnitellaan ja toteutetaan rakentamista koskevien säännösten ja myönnetyn luvan mukaisesti. Rakennushankkeeseen ryhtyvällä on hankkeen vaatimus huomioon ottaen oltava riittävät edellytykset sen toteuttamiseen. Tämän lisäksi rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava siitä, että hankkeen suunnittelijat, työnjohtajat ja muut hankkeeseen osallistuvat täyttävät hankkeen vaativuuden edellyttämät kelpoisuusvaatimukset, ja että heillä on riittävä asiantuntemus ja ammattitaito. Rakennuttaja toimii rakennushankkeeseen ryhtyvän apuna ja varmistaa, että pääsuunnittelija huolehtii eri suunnittelualojen suunnitelmien yhteensovittamisesta ja ristiriidattomuudesta, ja että suunnittelijoiden yhteistyö sujuu sovitulla tavalla. Rakennuttaja arvioi ratkaisuvaihtoehtoja, tarkistaa tavoitteenmukaisuuden ja esittää ne tilaajalle yhdessä suunnitteluryhmän kanssa. (RT 10-11284, 2017). Suunnitelmien yhteensovittamisen ja ristiriidattomuuden varmistamisen lisäksi pääsuunnittelijan tehtävänä on huolehtia, että hankkeen suunnitelmat ovat riittävän laadukkaat ja laajat, jotta suunnitelmilla voidaan osoittaa rakentamiselle asetettujen vaatimusten täyttyminen (RT 10-11108, 2013).

#### **2.4.4 Yleissuunnittelu**

Yleissuunnittelussa tehdään lähes lopulliset päätökset rakennuksen arkkitehtuurista, teknisistä järjestelmistä, tyyppillisistä tiloista ja rakenneratkaisuista (RT 91-10970, 2009). Näiden pohjalta laaditaan kohteen pääpiirustukset (RT 10-11108, 2013). Rakennesuunnittelussa tarkastetaan valitut rakenneratkaisut ja -suunnitelmat, huomioiden sisä- ja ulkopuoliset kosteusrasitukset. Ulkopuolisten kosteusrasitusten huomioiminen sisältää rakenteiden rakennusfysikaalisen toiminnan sekä rakenteellisen toimivuuden tarkastamisen. Keskeisten rakenneratkaisujen, kuten perustusten, alapohjan, ulkoseinien ja vesikaton, tarkastamisessa kiinnitetään huomiota rakenteiden tarkoituksenmukaisuuteen ja vedenpoistoratkaisujen toimivuuteen. Sisäpuoliset kosteusrasitukset otetaan huomioon rakenteiden kosteusteknisen toiminnan lisäksi myös esimerkiksi viemäripisteiden riittävällä määrällä ja asianmukaisella sijoittamisella. Kaikissa vesipisteellisissä tiloissa on oltava viemäripiste ja vesipisteellisiin tiloihin suunnitellaan varmistettu vuotohavaittavuus, esimerkiksi vesijohtojen ympärille asennetaan suojaputket ja astianpesukoneen alle

asennetaan vuotokaukalo. Tarvittaessa esitetään vaihtoehtoisia rakennusratkaisuja niin ulko- kuin sisäpuolisenkin kosteusrasituksen vähentämiseksi. (RT 07-10832, 2004)

Rakennuksen kosteusteknisen toimivuuden kannalta on tärkeää, että rakenteille tehdään kosteustekninen riskianalyysi ja määritetään rakenteiden alustavat kuivumisaika-arviot. Riskianalyysin perusteella valitaan rakenteissa käytettävät materiaalit, laaditaan kuivatussuunnitelma ja tarvittaessa tehdään muutoksia suunnitelmiin. Jotta riskianalyysi olisi riittävän kattava, on suositeltavaa, että analyysi tehtäisiin hankkeen eri osapuolista koostuvan työryhmän toimesta. Työryhmään on suositeltavaa osallistuttaa kosteudenhallinnasta vastaava suunnittelija, rakennesuunnittelijoita, arkkitehti, taloteknisiä suunnittelijoita sekä urakoitsijoita. Riskianalyysi toimii yhtenä kosteudenhallintasuunnitelman tausta-aineistona. (Merikallio, 2005) Kuivumisaika-arvioiden avulla pystytään arvioimaan toteutusaikataulun realistisuutta (RT 07-10832, 2004).

Rakennukset jaotellaan kolmeen kosteusriskiluokkaan hankkeen kosteusteknisen vaatimuksen mukaan. Luokka R1 vastaa kosteusteknisiltä ominaisuuksiltaan normaalia rakennusta, esimerkiksi tavanomaisia asuin-, liike- tai toimistorakennuksia. Luokka R2 vastaa normaalia vaativampia kosteusteknisiä ominaisuuksia, esimerkiksi kouluja ja päiväkotia. Luokka R3 vastaa kosteusteknisiltä ominaisuuksiltaan rakennuksia, joihin vaikuttaa huomattavia kosteusrasituksia tai jotka ovat kosteudenhallinnallisesti hyvin vaativia, esimerkiksi uimahalleja ja pakkasvarastoja. Kosteusteknisen ja kosteudenhallinnallisen vaatimuksen lisäksi kosteusriskiluokkaa määritettäessä otetaan tarvittaessa huomioon myös kosteusvaurioista aiheutuneiden seuraamusten, esimerkiksi henkilö-, ympäristö- ja taloudellisten vahinkojen, taso. (RIL 250-2011, 2011) Kosteusriskiluokat vaikuttavat myös kosteudenhallinnassa käytetyn menettelytavan valintaan (Kosteudenhallinta.fi, Kosteusriskiluokat).

Kosteudenhallinnalle on määritetty kaksi eritasoista menettelytapaa, normaali menettely ja tehostettu menettely. Mikäli kyseessä olevassa rakennuksessa oleskelee ihmisiä vain satunnaisesti tai kohteella on lyhyt elinkaari, voidaan käyttää normaalin menettelyn keinoja kevennetysti. Normaalissa menettelyssä otetaan kantaa muun muassa rakennuttamisen ja projektinhallinnan toimenpiteisiin, suunnittelijoiden pätevyyksien tarkastamiseen, suunnittelijoiden velvollisuuksiin, toteutukseen ja valvontaan sekä ylläpitoon ja käyttöön. Tehostetussa menettelyssä otetaan normaalin menettelyn toimenpiteiden lisäksi kantaa toimijoiden pätevyyksien varmistamiseen, teknisten ratkaisujen syvällisempään suunnitteluun ja toteutukseen, suunnitelmien ulkopuoliseen tarkastukseen, rakennusosien työmaatoteutuksen ulkopuoliseen laadunvarmistukseen, valmisosien valmistuksen laadunvarmistukseen, kosteudenhallinnan toimenpiteisiin, tehostettuun käytönai-



kaiseen seurantaan ja huoltoon sekä tehostettuun tiedonkulkuun. Menettelytapoihin sisältyy rakennusfysikaalisen suunnittelun tasot RF1-RF3. Taso RF3 vastaa analyysipohjaista suunnittelua, taso RF2 tarkennettua suunnittelua ja taso RF1 suunnittelun perustasoa. Rakennusfysikaalisen suunnittelun taso valitaan rakennuskohteen vaativuuden perusteella. (RIL 250-2011, 2011)

Kosteusriskiluokan R3 hankkeissa käytetään tehostettua kosteudenhallinnan menettelyä. Erityistä huomiota tulee kiinnittää kriittisimpiin, vaativimpiin ja normaalista poikkeaviin rakenteisiin ja materiaaleihin. Kosteusriskiluokan R2 hankkeissa käytetään normaalia menettelyä, mutta erityisen vaativissa kohdissa käytetään tehostettua menettelyä. Erityisen vaativat kohdat tulee olla selkeästi esitetty suunnitelmissa ja niissä käytettävät erityistoimenpiteet rajattu ja tarkkaan kohdistettu. Kosteusriskiluokan R1 hankkeissa käytetään yleensä normaalimenettelyä, mutta rakennuksen käyttötavan perusteella voidaan tarpeen mukaan käyttää myös kevennettyä normaalimenettelyä. Kosteusriskiluokasta huolimatta kaikissa hankkeissa on noudatettava normaaleja kosteudenhallinnan laadunvarmistustoimenpiteitä. (RIL 250-2011, 2011)

## 2.4.5 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnitteluvaiheessa laaditaan suunnitteluvaiheen kosteudenhallintasuunnitelma, joka toimii kosteudenhallintaprosessin käytännön työkaluna. Suunnitteluvaiheen kosteudenhallintasuunnitelman laatiminen alkaa jo tavoitteiden asetteluvaiheessa, jolloin rakennuttaja asiantuntijan avustuksella asettaa kosteudenhallinnan laadulle tavoitetason. Tätä tavoitetasoa noudattavat niin arkkitehti-, rakenne-, geo- ja LVI-suunnittelijatkin. Suunnitteluvaiheen kosteudenhallintasuunnitelma koostuu:

- Hankkeen yleistiedoista
- Rakennuttajan kosteudenhallinnan laadun tavoitetasosta
- Kosteusriskien arvioinnista
  - a. Kosteusriskiluokka
  - b. Kriittiset rakenteet ja laatutekijät
- Rakenteiden kuivumisaika-arvioista
- Työmaaolosuhteiden hallinnan suunnittelusta
- Kosteusmittaussuunnitelmasta

(RIL 250-2011, 2011)

Hankkeen yleistiedoissa esitetään muun muassa hankkeen osapuolet ja tietoja päivitetään hankkeen edetessä. Kosteudenhallinnan laadun tavoitetason määrittää rakennuttaja asiantuntijan avustuksella. Hankkeen alussa suunnittelijat arvioivat kosteusriskejä ja työmaavaiheen alettua kosteusriskien arviointeja täydennetään työmaan toimesta. Työmaaorganisaatio laatii rakenteiden kuivumisaika-arviot rakennesuunnittelijan avustuksella. Työmaaorganisaatio vastaa myös työmaaolosuhteiden hallinnan suunnittelusta ja kosteusmittaus suunnitelman laatimisesta. Kosteusmittaus suunnitelman laatimisessa avustaa kosteudenmittaaja. (RIL 250-2011, 2011)

Tavoitteiden asettelua täydennetään suunnitteluvaiheessa muun muassa alustavilla rakenteiden kuivatus- ja työmaan olosuhdetavoitteilla. Rakentamisen valmisteluvaiheessa rakennuksen kosteudenhallinnan kulmakivenä on rakennuksen saattaminen vesitiiviiksi. Runkovaiheelle on oltava riittävän yksityiskohtainen aikataulu, jotta runko- ja vesikattovaihe saadaan mahdollisimman nopeasti valmiiksi. Mikäli hankkeessa käytetään Terveen talon toteutuksen kriteereitä, on aikataulussa esitettävä oleelliset terveen talon toteutukseen liittyvät ajankohdat, kuten talon vedenpitävyys, lämmityksen aloitus ja kuivatuksen kesto lohkoittain. (RT 07-10832, 2004) Suunnitteluvaiheen kosteudenhallintasuunnitelma liitetään urakkatarjouspyyntöön, jotta urakoitsija sitoutuu kosteudenhallintaan heti rakentamisvaiheen alkaessa. Lisäksi on tärkeää siirtää keskeiset kosteudenhallintaa koskevat suunnittelu- ja toteutustiedot huoltokirjaan ja ylläpito-organisaatiolle. (RIL 250-2011, 2011)

## 2.4.6 Rakentaminen

Rakentamisvaiheen alussa työmaahenkilökunnalle järjestetään tarvittaessa koulutusta Terve talo -periaatteiden soveltamisesta. Koulutustilaisuuksissa suunnittelijat tai asiantuntijat esittävät rakennusvaiheen toteutukseen liittyviä teknisiä tietoja terveellisestä rakentamisesta (RT 07-10832, 2004). Koulutuksessa oleellisinta on jakaa ymmärrystä rakentamisen terveellisyyden tärkeydestä ja saada työmaahenkilökunta ymmärtämään heidän panoksensa tärkeys tavoitteiden saavuttamisessa. Koulutusta järjestetään tarpeen mukaan kaikille hankkeeseen osallistuville urakoitsijoille. Jotta koulutuksen järjestäminen ja koulutukseen osallistuminen sujuisi ongelmitta, on koulutus ja siihen osallistumisen velvollisuus syytä merkitä urakkasopimukseen (RT 07-10805, 2003).

Rakentamisvaiheen kosteudenhallintaan kuuluu erilaisia asiakirjoja, joista oleellisin on työmaan kosteudenhallintasuunnitelma. Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma on tärkeä osa hankkeen laadunvarmistussuunnitelmaa ja sen perustan luovat hankesuunnitteluvaiheessa asetetut laatutavoitteet ja suunnittelijan laatima suunnitteluvaiheen kosteudenhallintasuunnitelma. Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma koostuu:

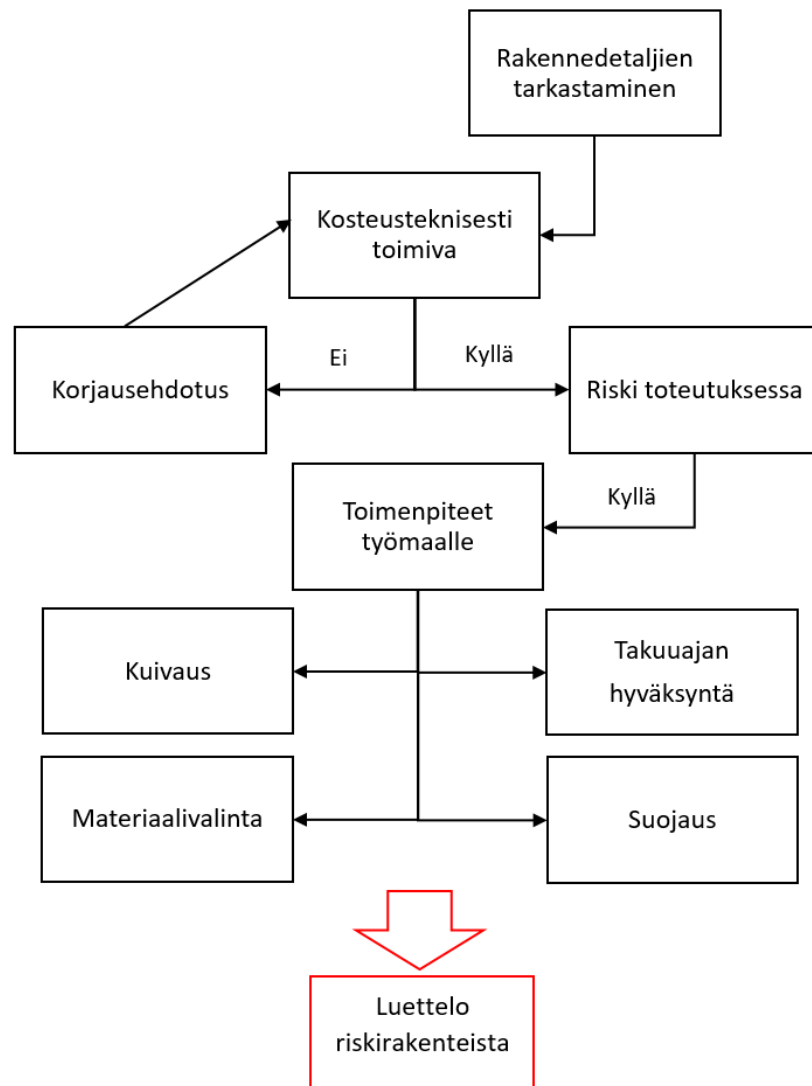
- Hankkeen yleistiedoista
- Kosteudenhallinnan laatutavoitteista
- Kosteusriskien arvioinnista
- Rakenteiden kuivumisaika-arvioista ja päällystettävyydestä
- Työmaaolosuhteiden hallinnan suunnittelusta
- Kosteusmittaus suunnitelmasta
- Kosteudenhallinnan organisoinnista, seurannasta ja valvonnasta

(RIL 250-2011, 2011) (RT 07-10832, 2004)

Kussakin kosteudenhallintasuunnitelman kohdassa esitetään työmaalla huomioitavat vaatimukset sekä sovitut ratkaisut ja toimenpiteet. Kosteudenhallinnan toimenpiteiden seuraamista voidaan helpottaa tekemällä suunnitelma tarkastuslistamuotoon, jolloin kunkin toimenpiteen perässä on kuittauskohta, johon merkitään, milloin ja kuka toimenpiteen on tehnyt. (Merikallio, 2005) Kosteudenhallinnan organisoinnilla ja valvonnalla varmistetaan, että sopimusasiakirjoissa on sovittu hankkeen eri osapuolien tehtävät ja vastuut kosteudenhallinnan osalta. Muut kosteudenhallinnan kannalta tärkeiden toimenpiteiden ja tapahtumien, esimerkiksi kosteusmittauksien, poikkeusolosuhteiden, mittaus tulosten ja rakenteiden päällystämispäätösten tekeminen, dokumentoidaan tarkoituksenmukaisesti asiakirjoihin. (Merikallio, 2002) Seuraavaksi käydään läpi kosteudenhallintasuunnitelman eri osien sisältöä sekä sitä, mitä hankeosapuolia kunkin osan toteutukseen liittyy ja mitä vastuita eri hankeosapuolilla on.

Kosteudenhallintasuunnitelman perustan muodostavat hankkeen yleistiedot, kosteudenhallinnan laatutavoitteet ja kosteusriskien arviointi. Hankkeen yleistiedot sisältävät muun muassa hankkeen perustiedot sekä hankkeen eri osapuolet, erityisesti työmaan kosteudenhallinnasta vastaavat osapuolet. Laatutavoitteilla tarkoitetaan rakennuttajan ja suunnittelijoiden suunnitelmissaan asettamia laatutavoitteita, jotka muodostavat lähtötiedot työmaavaiheen kosteusriskien arvioinnille ja kosteudenhallintasuunnitelman muiden osien laatimiselle. Kosteusriskien arviointi -kohta perustuu lisäksi kosteudenhallintasuunnitelman liitteenä olevan, suunnitteluvaiheessa laaditun kosteudenhallintasuunnitelman riskiarvion tuloksiin. Näitä tuloksia täydennetään muun muassa rakenne- ja detaljisuunnitelmissa havaituilla riskikohdilla. Rakenne- ja detaljisuunnitelmat käydään systemaattisesti läpi työmaalla ennen kyseessä olevan rakenteen tai detaljin sisältämän työvaiheen aloittamista, jolloin poistetaan mahdolliset rakennusfysikaaliset suunnitteluvirheet ja suunnitteellaan vaikeasti toteutettavien detaljien työmaatoteutusta. Kosteusriskien arvioinnin perusteella kosteudenhallintasuunnitelmaan kootaan kosteusteknisesti

riskialttiit rakenteet, detaljit, materiaalit ja tuotteet sekä esitetään toimenpiteet näiden kohtien kosteudenhallinnan toteutumiseksi. (RIL 250-2011, 2011) Rakennedetaljien tarkastamisen vaiheet on esitetty kuvassa 3.



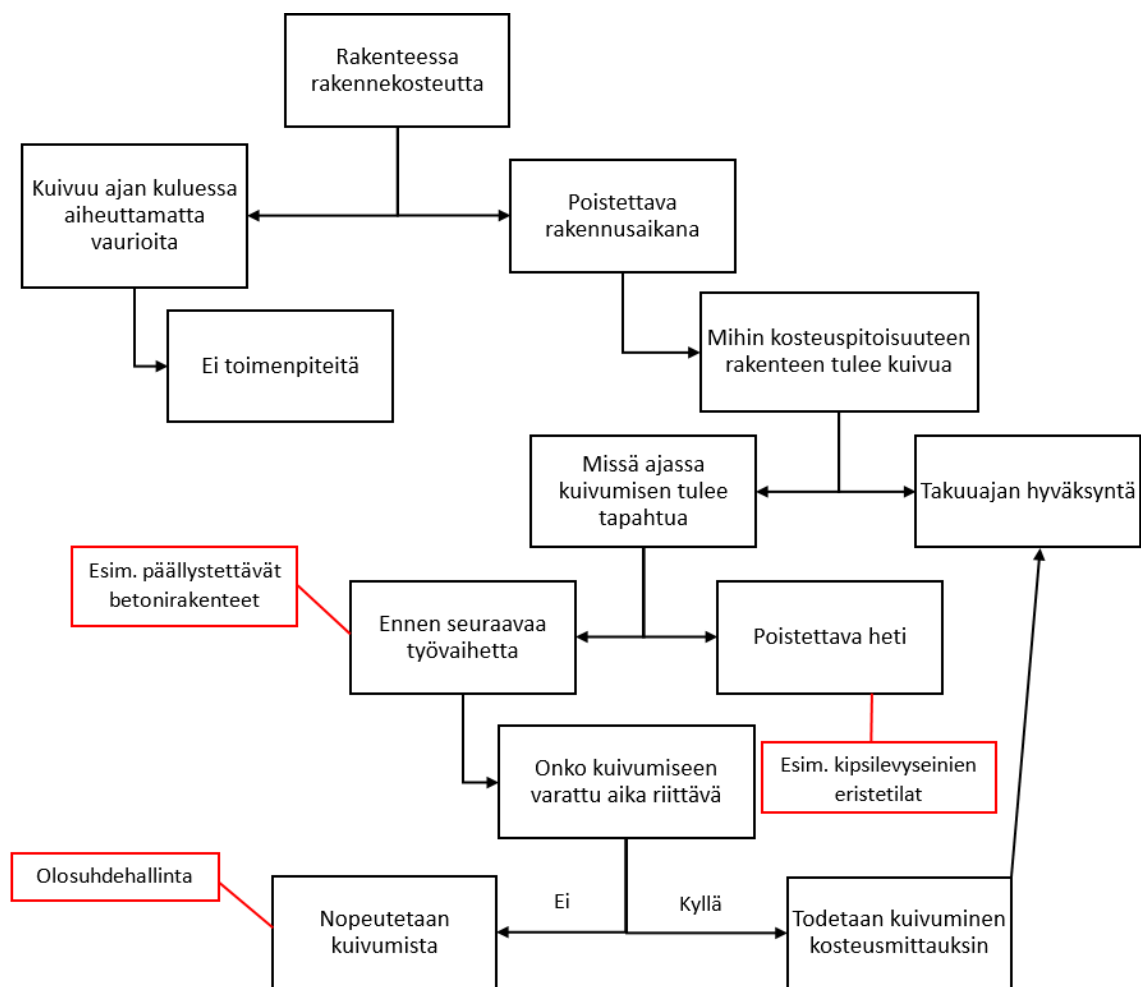
**Kuva 3.** Rakennedetaljien tarkastamisen eteneminen (RIL 250-2011, 2011)

Pinnoitteiden vaurioitumista ehkäistään tekemällä rakenteille kuivumisaika-arviot. Rakenteiden toiminnan ja kosteusvaurioiden ehkäisemisen kannalta on oleellista, että kuivumisaika-arviot tehdään etenkin betonirakenteille, jotka pinnoitetaan kosteusherkällä pinnoitteella tai pinnoitteella, joka voi vaurioitua betonin kuivumisen aiheuttamien muodonmuutosten vaikutuksesta. (Seppälä, 2013) Betonirakenteiden kuivumiseen vaikuttavat eniten rakenteen dimensiot, käytetty vesisementtisuhte, käytetyt lisäaineet, kastumisaika, lämpötila sekä ilman suhteellinen kosteus. Kuivumisaika-arviot ovat vain suuntaa antavia arvioita ja rakenteen todellinen kosteuspitoisuus varmistetaan porareikä- tai näytepalamittauksella (RIL 250-2011, 2011). Kuvassa 4 on esitetty rakenteen kuivaustarpeen ja rakenteen kuivumisaika-arvion määrittämisen vaiheet.

Kuivumisaika-arvioiden avulla ohjataan työmaata huomioimaan rakenteiden kuivumisaikat työmaan aikataulussa. Jos rakenteen kuivumisaika todetaan kuitenkin pidemmäksi kuin sille aikataulussa varattu aika, voidaan kuivumisolosuhteiden muuttamisen lisäksi ryhtyä muihin erilaisiin toimenpiteisiin. Näitä toimenpiteitä ovat esimerkiksi:

- Nopeammin kuivuvan betonilaadun käyttäminen
- Päälystemateriaalin vaihtaminen kosteudensietokyvyltään parempaan materiaaliin
- Aikataulun muuttaminen

(Merikallio, 2005)



**Kuva 4.** Rakennekosteuden kuivaustarpeen ja rakenteen kuivumisajan arviointi (RIL 250-2011, 2011)

Työmaaolosuhteiden hallinnan suunnittelu -osiossa sovitaan toimenpiteistä, joilla estetään rakenteiden ja materiaalien kostuminen ja luodaan optimaaliset kuivumisolosuhteet. Aikataulullisesti kriittisiin kohtiin on suositeltavaa laatia omat olosuhdehallintasuunnitel-

mat, joissa tarkastellaan tarkemmin työmaa-aikaisia kuivumisen mahdollistavia olosuhteita. (RIL 250-2011, 2011) Työmaasuojauksen perustan luovat rakenteiden suojausmenetelmät ja suojauskaluston riittävyys. (RIL 250-2011, 2011) Myös itse työn suunnittelulla on tärkeä rooli rakentamisen aikaisen kosteuden kertymisellä rakenteisiin ja ilmaan (Seppälä, 2013). Olosuhdehallinnan suunnittelusta vastaa vastaava työnjohtaja tai hänen nimeämänsä henkilö, kosteusvastaava. Kosteusvastaavan vastuulla on varmistaa, että hanke ja kosteusmittaukset toteutetaan kosteudenhallintasuunnitelman mukaisesti ja kosteudenhallinnan toimenpiteistä laaditaan asianmukaiset dokumentit (Merikallio, 2005). Käytetyistä materiaaleista riippuen, noudatetaan kyseessä olevalle materiaalille laadittuja rakentamisen laatuohjeita, esimerkiksi RIL 240-2006 Puurakenteiden laadunvarmistus tai By47, Betonirakentamisen laatuohjeet 2019. (RIL 250-2011, 2011)

Työmaan olosuhteisiin vaikuttaa ulkoilman olosuhteiden lisäksi myös työmaan kosteustuoton määrä, joka kasvaa työnaikaisten vesivahinkojen ja kosteutta tuottavien työvaiheiden myötä. Työmaa-aikaisia vesivahinkoja ehkäistään esimerkiksi koeponnistamalla painevesiverkoston liitokset ennen verkoston käyttöönottoa ja sulkemalla työmaan käyttövesijohdot työpäivän päätteeksi ja viikonlopuiksi. Työmaalla on myös oltava jatkuvasti ja nopeasti saatavilla vesi-imuri ja kuivatuslaitteita. (Seppälä, 2013) Työmaaolosuhteiden hallinnan suunnittelussa otetaan kantaa seuraaviin asioihin:

- Rakenteiden ja materiaalien kastumisen estäminen ja sääsuojaus
- Suojaustoimenpiteet
- Miten toimitaan vesivahingon sattuessa
- Rakenteiden kuivatusolosuhteet
  - a. Lämpötilan nostamisen vaikutukset
  - b. Vuodenaikojen vaikutukset
    - i. Talvirakentaminen
      - 1. Lumen poistaminen
      - 2. Sulatustarve
    - ii. Ulkoilman suuri kosteussisältö kesällä ja alkusyksyllä
  - c. Kuivatuksen suunnittelu- ja toteutusperiaatteet

(RIL 250-2011, 2011) (Seppälä, 2013)

Kosteusmittaussuunnitelman laatii vastaava työnjohtaja ja hänen nimeänsä asiantuntija, esimerkiksi henkilösertifioitu kosteudenmittaaja. Kosteusmittaussuunnitelmassa määritetään mitä mittauksia kohteessa tehdään, mitä mittausmenetelmiä ja laitteistoa käytetään, mittausten aikataulu ja laajuus sekä mittauspisteiden sijainti. Lisäksi varmistetaan, että mittalaitteisto on kalibroitu ja kosteusmittaajalla on kosteusmittauksien tekemiseen oikeuttava henkilösertifikaatti. (RIL 250-2011, 2011) Kohteessa suoritettavat mittaukset tulee mahdollisuuksien mukaan huomioida jo työmaa-aikataulua laadittaessa, jotta mittauksiin kuluva aika ei aiheuta häiriötä aikatauluun (Seppälä, 2013). Kosteudenhallintaa koskevia mittauksia ovat sisäilman lämpötila- ja kosteusmittaukset sekä rakennekosteusmittaukset. Sisäilman mittauksilla saadaan tietoa kuivumisolosuhteista ja niiden perusteella voidaan päätellä, onko kohteessa tarvetta lämpötilan tai ilmanvaihdon säätämiseksi tai tarvitaanko kohteessa ilmankuivaajia. (RIL 250-2011, 2011)

Rakenteiden seurantamittauksilla saadaan tietoa rakenteen kuivumisen etenemisestä ja tarvittaessa voidaan ryhtyä lisäkuivatus-toimenpiteisiin, mikäli rakenteen kuivuminen ei etene suunnitellussa aikataulussa. Rakenteen kosteustilan tutkimisen kannalta on suositeltavaa, että ensimmäinen rakennekosteusmittaus tehtäisiin heti, kun kohteessa on saatu lämmitys päälle. Toinen mittaus tulisi tehdä noin kaksi viikkoa ennen päällystystyön aloittamista, jotta kuivatusolosuhteita ehditään vielä tarpeen tullen muuttamaan. Viimeinen mittaus tulisi tehdä hieman ennen päällystystyötä. Tarvittaessa kosteusmittaussuunnitelmassa otetaan kantaa myös puumateriaalien, esimerkiksi parkettien tai lautalattioiden, asennuskosteuteen ja sen kontrollointiin. Puumateriaalit luovuttavat ja vastaanottavat kosteutta ilmasta, jolloin luovuttaessaan kosteutta puu kutistuu ja vastaanottaessaan puu turpoaa. Jotta materiaalien asennustyön jälki olisi laadukasta, on asennuskosteuden oltava kyseessä olevalle puumateriaalille optimaalinen. (RIL 250-2011, 2011)

Työmaan kosteudenhallintasuunnitelman lisäksi rakentamisvaiheessa laaditaan kohteen huoltokirja, jonka avulla varmistetaan kiinteistön asianmukainen käyttö ja kiinteistön oikeaoppinen kunnossapito. Rakennuksen käyttöönottovaiheessa huoltokirja luovutetaan rakennuksen omistajalle ja ylläpidosta vastaavalle taholle. Huoltokirjaan kootaan kosteusteknisesti arimpien rakenneseosien ja laitteiden huolto- ja tarkkailuohjeet. Huoltokirjan lähtötietojen keräämisestä on yleensä vastuussa pääsuunnittelija. Vastuu huoltokirjan laatimisesta on nimetyllä vastuuhenkilöllä, koordinoijalla. Huoltokirjaan kerätään olennaiset tiedot esimerkiksi suunnitelmista sekä toteutus-, materiaali-, laitetiedoista. Kosteudenhallinnan kannalta oleellisia huoltokirjaan tallennettavia asioita ovat:

- Riskipaikkojen määrittely ja seurantaohje

- Vaurioalttiiden ja säännöllistä tarkastusta vaativien rakenteiden tarkastusjaksot ja -ohjeet
- Rakennuksen käytön aikaiset kosteushälyttimet, esimerkiksi anturit
- Ohjeet märkätilan pintojen mekaanisesta kuivauksesta ja tilan tuuletuksesta
- Vesivuototilanteisiin varautuminen
  - a. Sulkujen sijainti
  - b. Hälyttimet
  - c. Opastus
- Järjestelmien vastuuhenkilöiden määrittäminen
- Tarkastusten raportointi

(RIL 250-2011, 2011)

Huoltokirjaa on päivitettävä sitä mukaan, kun saadaan uutta tietoa rakennuksesta, sen materiaaleista ja huollosta käytön aikana. Päivittämättömän huoltokirjan tiedot voivat olla vanhentuneita eikä huoltokirjassa ole esimerkiksi uusittujen laitteiden tai pintamateriaalien tietoja, jolloin huoltokirjalla ei ole vaadittua käyttöarvoa. Huoltokirjan päivittämisen merkitys kasvaa, kun kiinteistö vaihtaa omistajaa tai ylläpito-organisaatio vaihtuu, jolloin huoltokirjan avulla kaikki oleellinen tieto kiinteistön ylläpidosta ja huollosta siirtyy uudelle osapuolelle (RIL 250-2011, 2011).

Vastaanoton yhteydessä tarkastetaan toteutetut kosteudenhallinnan toimenpiteet, laitteet, ilmanvaihto sekä tarkistusten, mittausten ja asiakirjojen dokumentointi. Kosteudenhallinnan toimenpiteiden suorittamista tarkastellaan vastaanottotilaisuudessa katselmuksista, tarkastuksista ja mittauksista tehdyistä asiakirjoista. Laitteiden tarkastaminen sisältää laite- ja asennustapatarkastukset, toimintakokeet ja suoritusarvojen tarkastamisen. Laitteita tarkastetaan töiden edetessä ja yksittäisten laitteiden tarkastamisen jälkeen suoritetaan kokonaisuuksien koekäytöt. Ilmanvaihdon tarkastaminen aloitetaan toimintatarkastuksilla, joissa laitteiden toimintaa tutkitaan silmämääräisesti, lisäksi tulo- ja poistoilmamääriä tutkitaan mittaamalla. Painovoimaisen ilmanvaihdon toimintaa voidaan tutkia ainoastaan merkkiainetutkimuksella. Tarkastukset ja mittaukset tulee järjestää mahdollisimman aikaisin, jotta mahdollisille säädöille jää riittävästi aikaa. Tarkastuksista ja mittauksista laaditaan kirjalliset dokumentit. Vastaanottotarkastuksessa urakoitsija luovuttaa hankkeen asiakirjat sisältämät kansiot, takuutodistukset sekä materiaalien, rakenteiden ja laitteiden huolto-ohjeet ja kiinteistön huollosta vastaava henkilö, esimerkiksi isännöitsijä, kuittaa asiakirjat saaduiksi. (RIL 250-2011, 2011)



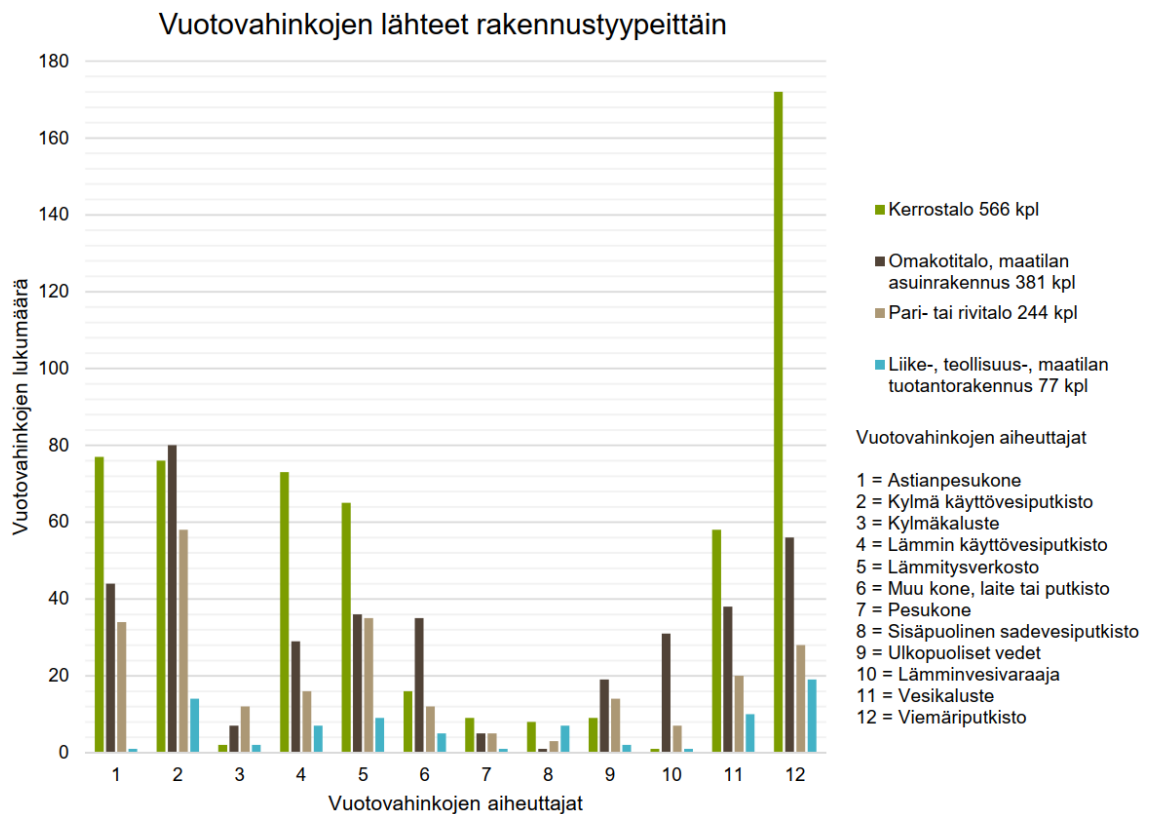
## 2.4.7 Käyttöönotto ja ylläpito

Käyttöönoton yhteydessä isännöitsijän toimesta huoltoyhtiölle toimitetaan kiinteistön hoito- ja huoltosopimukset, tiedot laitteiden säätöarvoista, urakoitsija- ja hankintaluettelot sekä toiminta- ja dokumentointiohjeet sisältävä kansio, joiden tarkoituksena on mahdollistaa kiinteistön oikeaoppinen huolto. Käyttövaiheessa vastuut ja velvollisuudet kiinteistön ylläpidosta jakautuvat käyttäjille sekä ylläpito-organisaatiolle, joka koostuu kiinteistön omistajasta, ylläpidon käytännön vastuuhenkilöstä (usein isännöitsijä), kiinteistöpäälliköstä ja huoltopalvelusta. Ylläpito-organisaation tärkein tehtävä on käyttäjien avustuksella pitää kiinteistö terveellisenä ja turvallisena koko sen käyttöiän ajan. Jotta rakennuksen huolto jatkuisi katkeamattomana ketjuna rakennuksen vastaanoton jälkeen, tulee kiinteistöhuollosta vastaavan organisaation olla luotuna hyvissä ajoin ennen rakennuksen valmistumista. (RIL 250-2011, 2011) Ylläpidon ja huollon lisäksi kiinteistön käytön aikaista kosteudenhallintaa toteutetaan myös takuutarkastuksilla ja kuntotutkimuksilla (Merikallio, 2005).

Käyttöönottovaiheessa kiinteistön huoltohenkilökunnalle ja käyttäjille järjestetään käyttökoulutus, jossa käsitellään muun muassa kiinteistön huoltoa, siivousta ja käyttöä, erityisesti laitejärjestelmien käyttöä. Kosteudenhallinnan kannalta tärkeimpiä koulutuksen kohteita ovat märkätilojen ja LVI-laitteiden käytön opastus (Merikallio, 2005). Koulutuksen jälkeen käyttäjillä on tarvittavat tiedot kiinteistön oikeaoppiseen käyttöön ja heidän on mahdollista omaksua oma roolinsa käytönaikaisessa kosteudenhallinnassa. Käyttäjien tulee tarkkailla kiinteistöä ja mahdollisia kosteusvaurioita päivittäin ja ilmoittaa havainnoistaan välittömästi huoltohenkilökunnalle. Kosteudenhallinnan kannalta olennaisimpia ylläpitoon ja huoltoon liittyviä toimenpiteitä ovat salaojien, ryömintätilojen, vesikatton, julkisivujen ja LVI-järjestelmien toiminnan varmistaminen ja tarkkailu sekä oikeiden siivoustopojen käyttäminen. Ylläpidon ja huollon ensisijaisena ohjeena toimii huoltokirja, jonka luoman perustiedon lisäksi käytönaikainen kosteudenhallinta edellyttää selkeää, asiantuntevaa ja ennen kaikkea ennakoivaa ja kattavaa ylläpitotoimintaa. Etenkin kosteustekniset riskikohdat on oltava ylläpito-organisaation tiedossa ja jatkuvassa tarkkailussa. (RIL 250-2011, 2011)

Mikäli rakennus ja sen lähiympäristö on suunniteltu ja toteutettu kosteusteknisesti toimivaksi, on rakennuksella edellytykset toimia kosteusongelmitta koko elinkaarensa ajan. Rakennuksella on kuitenkin edessään elinkaarensa pitkäkestoisin vaihe, jonka aikana vääränlaisella käytöllä ja ylläpidolla voidaan aiheuttaa vakavia kosteusteknisiä vaurioita kiinteistölle. Ylläpito-organisaation on tunnettava kosteuden siirtymistavat sekä potentiaaliset kosteus- ja homevaurion merkit, jotta ongelmiin pystytään puuttumaan ennen massiivisia vaurioita. Käyttöönoton alkuvaiheessa voidaan myös huomata suunnittelu-

tai toteutusvirheitä, minkä vuoksi rakennuksen kosteustekninen tarkkailu on myös käyttöönoton alkuvaiheessa tärkeää. Käyttäjältä ei oleteta rakenne- tai kosteusteknistä osaamista, minkä vuoksi rakennuksen ja järjestelmien käytön pitää olla mahdollisimman yksinkertaista. Käyttäjiltä vaaditaan kuitenkin tilojen normaalia käyttöä ja ilmoittamista huoltohenkilökunnalle, mikäli he havaitsevat vikoja tai poikkeavuuksia rakennuksessa, teknisissä järjestelmissä tai rakennuksen lähiympäristössä. Asuinrakennusten käyttäjillä on vastuu huolehtia omien laitteidensa ja heidän vastuullaan olevien rakenneosien asianmukaisesta huollosta. Käyttöönoton jälkeen tapahtuvan kosteudenhallintaa on tärkeää korostaa, koska huolimattomalla rakennuksen käytöllä ja ylläpidolla aiheutetaan vuosittain huomattavia määriä kosteusvahinkoja. Kuvassa 5 on esitetty käytönaikaisia vuoto vahinkojen aiheuttajia eri rakennustyypeittäin.



**Kuva 5.** Vuotovahinkojen lähteet rakennustyypeittäin (Haapaniemi, 2014)

Käyttövaiheessa rakennukseen kohdistuu erilaisia kosteusrasituksia, jotka aiheuttavat erityyppisiä kosteusriskejä. Kosteusrasitusten huomioon ottamisen lisäksi ylläpidolle on asetettu kriittisiä laatutekijöitä, jotka vaikuttavat koko rakennuksen toimintaan. Ylläpidon kriittiset laatutekijät voidaan jakaa teknisiin, hallinnollisiin, huoltoon sekä käyttöön liittyviin laatutekijöihin. Tekniset laatutekijät jaetaan edelleen rakennuksen lähiympäristön ylläpitoon, rakenneosien ylläpitoon sekä taloteknisten järjestelmien ylläpitoon. Hallinnollisia ja huoltoon liittyviä laatutekijöitä ovat esimerkiksi ylläpidon ohjelmointi ja organisointi, hälytysjärjestelmien määrittely ja siivoustapojen määrittely rakenteille ja materiaaleille

sopiviksi. Käyttöön liittyviä laatutekijöitä ovat käyttäjien ohjeistus, oikeat käyttötavat ja oikeanlainen reagointi ongelmatilanteissa. (RIL 250-2011, 2011)

Terveysturvallisuuslain mukaan omistajan vastuulla on kiinteistön turvallisuus, terveellisyys ja toimivuus (Terveysturvallisuuslaki, 1995). Omistajalla on vastuu myös rakennuksen taloudellisen arvon säilymisestä, tavoitteiden asettamisesta ylläpidolle ja käytölle sekä selkeän ylläpitojärjestelmän luomisesta. Ylläpidolle ja käytölle asetetuilla tavoitteilla hallitaan rakennuksen oikeaoppista huoltoa ja käyttöä. Lisäksi omistajan tulee jakaa käyttäjille tietoa tilojen käytöstä ja kunnan valvonnasta. Yhtiömuotoisessa omistuksessa omistajan tehtävistä huolehtii yhtiön hallitus ja isännöitsijä. (RIL 250-2011, 2011) Mikäli kiinteistö on työpaikkakäytössä, on työnantajalla vastuita rakennuksen ylläpitoon liittyen. Työnantaja on velvollinen järjestämään työntekijöille turvalliset ja terveelliset työskentelyolosuhteet, jolloin mahdollisten vaurioiden tai oireiluiden ilmentyessä, on työnantajan ryhdyttävä vaurion poiston vaatimiin toimenpiteisiin (Työturvallisuuslaki, 2003).

## 2.5 Puhtaudenhallinta

Sekä kosteuden- että puhtaudenhallinnan keinoilla pyritään tuottamaan rakennuksia, jotka vastaavat maankäyttö- ja rakennuslain asettamia vaatimuksia rakennuksen terveellisyydestä ja turvallisuudesta. Puhtaudenhallinnalla on suuret vaikutukset etenkin rakennuksen sisäilmaan ja sen puhtauteen. Rakennushankkeen puhtaudenhallinta on laaja käsite, joka sisältää muun muassa työmaa-aikaisten pölyhallintaratkaisujen suunnittelun, rakennusaikaisen siivouksen, loppusiivouksen sekä ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden varmistamisen (Manninen, 2017). Rakentamisesta syntyvä lika ja pöly aiheuttavat sekä terveys- että viihtyisyyshaittoja niin rakennuksen käyttäjille kuin rakennustyöntekijöillekin (Andersson, 2004). Uudisrakentamisessa terveydelle haitallisimpia pölyjä ovat betoni-, kivi-, tiili- ja puupöly. Korjausrakentamisessa on edellä mainittujen pölyjen lisäksi mahdollista altistua syöpää aiheuttaville asbestille, kreosotille sekä PCB- (polyklooratut bifenyylit -yhdisteet) ja PAH-yhdisteille (polysykliset aromaattiset hiilivety-yhdisteet) (Koski et al., 2013).

Valtioneuvoston asetus työhön liittyvän syöpävaaran torjunnasta (VNA 1267/2019) asettaa tiukempia vaatimuksia töille, joista voi aiheutua lisääntyntä vaaraa sairastua syöpään. Asetuksen mukaan työnantajan on työntekijän turvallisuus ja terveys huomioiden arvioitava työstä aiheutuvaa syöpäriskille ja perimää vaurioittaville aineille altistumisen merkitystä. Asetuksen mukaan työnantaja on velvollinen järjestämään työpaikan olosuhteet sellaisiksi, että työntekijät eivät altistu syöpäsairaudesta aiheuttaville tekijöille enempää kuin raja-arvot sallivat, järjestettävä työntekijöille opetusta ja ohjausta syöpä-

vaarallisista aineista ja työvaiheista, joissa näitä aineita käsitellään ja seurattava altistumista ja sen määrää. Asetuksessa on esitetty sitovat raja-arvot syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille sekä altistumisen estämiselle ja vähentämiselle. Asetuksessa syöpävaarallisiksi aineiksi luetellaan muun muassa kovapuupöly (esimerkiksi koivu), kromiyhdisteet, dieselmoottorien pakokaasut ja formaldehydi. Kaikki syöpävaaralliset aineet raja-arvoineen on listattu asetuksen liitteeseen kaksi. (VNA 1267/2019, 2019)

Pölyntorjunnalla tarkoitetaan kaikkia niitä toimenpiteitä, joilla estetään rakennuspölyn syntyminen ja leviäminen. Pölyn syntymistä ehkäistään esimerkiksi valitsemalla työmenetelmät, jotka eivät aiheuta pölyn syntymistä tai käyttämällä määrämittäisiä materiaaleja, joita ei tarvitse työstää työmaalla. Pölyn leviämistä ehkäistään muun muassa pölyä sitovilla työ- ja siivousmenetelmillä, käyttämällä työkoneissa kohdepoistoa sekä osastomalla ja alipaineistamalla työstettävät tilat. Pölyntorjunnalla tavoitellaan ensisijaisesti turvallista työympäristöä, pölyn leviämisen estämistä sekä tilojen, pintojen ja talotekniikan suojaamista pölyltä (Koski et al., 2013). Näillä keinoilla ehkäistään työntekijöiden altistumista rakennuspölylle ja rakennuspölyn jäämistä esimerkiksi ilmanvaihtojärjestelmiin ja kalusteiden pinnoille. Ilmanvaihtojärjestelmään ja kalusteiden pinnoille jäävä pöly saattaa siirtyä sisäilmaan, kun ilmanvaihtojärjestelmä käynnistetään. Rakennusvaiheessa työntekijöitä suojellaan pölyltä lisäksi muun muassa henkilökohtaisilla suojausmenetelmillä ja kohteen säännöllisellä siivouksella. Myös siivouksessa on käytettävä pölyn leviämistä estäviä siivousmenetelmiä. Jotta kohteen puhtaudenhallinnalla saavutetaan halutut tulokset, on puhtaudenhallinta mielletävä rakennusprosessiin kuuluvaksi työvaiheeksi, jolle varataan riittävästi aikaa työmaan aikatauluun (Andersson, 2004). Hyvällä suunnittelulla ja tiedonkululla hankkeen eri osapuolten välillä on suuri merkitys laadukkaan puhtaudenhallinnan toteutukselle.

Puhtaudenhallinnalla on sekä välillisiä että välittömiä vaikutuksia rakentamisen laatuun ja toteutukseen. Välitön vaikutus on työmaan ja valmiin rakennuksen puhtaus. Välillisillä vaikutuksilla voi olla jopa suuremmat vaikutukset hankkeen turvallisuuteen ja terveellisyyteen. Välillisiä vaikutuksia ovat muun muassa alentunut tapaturmariski, parempi työviihtyvyys, jätteiden lajittelu ja siten pienemmät jätemaksut, pintojen vaurioitumisen aiheuttaman materiaali- ja työaikahukan pieneneminen sekä vaivaton siirtyminen ylläpito- ja siivoukseen kiinteistön käyttöönoton jälkeen. (Andersson, 2004) Riittäväällä pölyntorjunnalla estetään lisäksi pölyräjähdysten synty. Pölyräjähdys voi syntyä, kun suljetun tilan ilmassa on vähintään 10 g/m<sup>3</sup> pölyä ja riittävästi happea, jolloin kipinä tai liekki voi sytyttää pölyn. Lähes mikä tahansa ilmassa leijuva pöly voi aiheuttaa riskin pölyräjähdykselle. (Ratu S-1225, 2009)

## 2.5.1 Rakennuspölystä aiheutuvat haitat

Rakennuspöly aiheuttaa tutkitusti erilaisia haittoja terveydelle. Muun muassa Työterveyslaitos on tutkinut rakennuspölyn haittoja ja pölylle on määritelty haitalliseksi todettuja pitoisuuksia työhygieenisen ja työlääkätieteellisen tietämyksen perusteella (Manninen, 2017). Korjaushankkeissa pölynhallinnan tärkeys korostuu, koska purettavat rakenteet saattavat sisältää erilaisia mikrobeja tai haitta-aineita, jotka voivat aiheuttaa muun muassa eri syöpälajien kehittymistä. Korjaustyön turvallisuuden takaamiseksi Sosiaali- ja terveysministeriö on julkaissut Valtioneuvoston asetuksen asbestityön turvallisuudesta. Pykälässä seitsemän edellytetään, että rakennuttajan tai muun rakennushanketta ohjauksen ja valvonnan tahon on huolehdittava asbestikartoituksen tekemisestä, mikäli on mahdollista, että rakennus sisältää asbestipitoisia materiaaleja (VNA 798/2015, 2016). Haitta-ainekartoitus on tehtävä ennen purkutöiden aloittamista ja haitta-aineiden purkutöitä tehdään ennen muita purkutöitä. Tällöin haitta-aineiden purkualue saadaan luotettavasti osastoitua muusta purkualueesta (Huttunen et al., 2011). Asbestia sisältävien rakenteiden purkutyöntekijällä on oltava pätevyys työn tekemiseen (Laki eräistä asbestipurkutöistä koskevista vaatim., 2015).

Valtioneuvoston päätöksellä asbestin ja asbestipitoisen tuotteen valmistuksen, maahan tuonnin, myymisen ja käyttöön ottamisen kieltämisestä asbestin valmistus ja maahan tuonti on kielletty 1.1.1993 alkaen ja käyttäminen 1.1.1994 alkaen (VNA 852/1992, 1992). Käytännössä tämä tarkoittaa, että asbestikartoitus on tehtävä kaikkiin rakennuksiin, joiden rakentaminen on aloitettu ennen vuotta 1994. Taulukossa 7 on esitetty joidenkin yleisten rakentamisessa esiintyvien haitta-aineiden ja pölyjen haitallisiksi tunnettuja pitoisuuksia. Taulukossa 8 on esitetty rakentamisessa esiintyviä haitta-aineita ja pölyjä sekä niiden lähteitä ja terveysvaaroja. Puhtaudenhallinnan vaikutuksia sisäilmaston laatuun käsitellään laajemmin luvussa 2.2 Puhtauden- ja kosteudenhallinnan vaikutukset sisäilmaston laatuun.

Taulukko 7. *Epäpuhtauksille asetettuja hengityksen kautta tapahtuvan altistumisen ohjeraja-arvoja.*

Aine	HTP-arvot, 8 h (mg/m <sup>3</sup> )	Voimaanastumisvuosi
Puupöly	2	2007
Kvartsi	0,05	2007
Sementtipöly (hengittyvä pöly)	5	2009
Sementtipöly (alveolijae)	1	2009
Kalkki (epäoraaninen pöly)	10	1981
Poltettu kalkki (kalsiumoksidi)	1	2018
Mineraalivillat	1 (kuitua/cm <sup>3</sup> )	2007
Maali (glyoksaali)	0,02	2009
PCB-yhdisteet	0,003	2014

(Sosiaali- ja terveysministeriö, 9/2018)

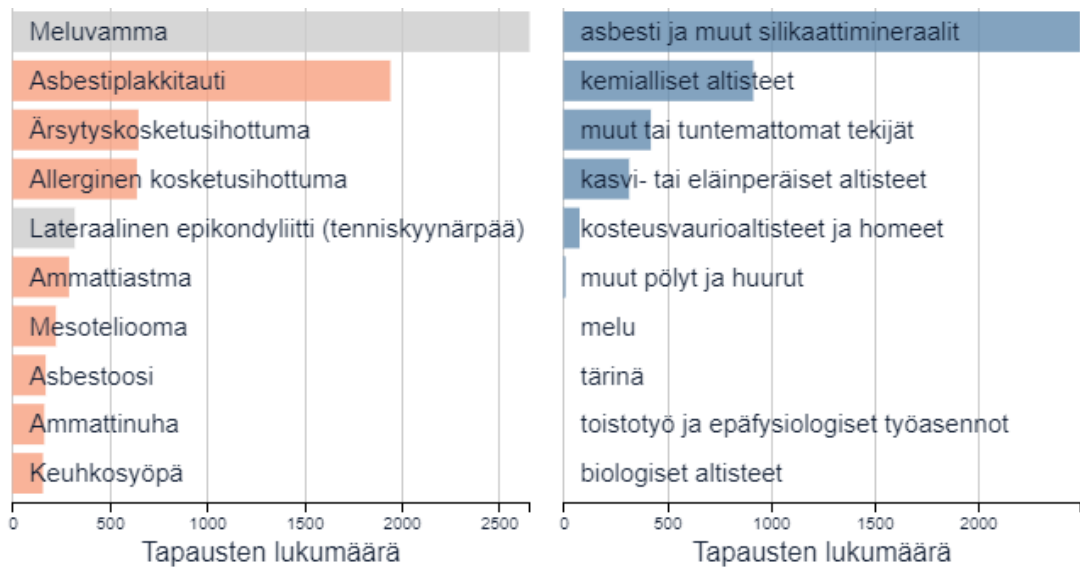
Taulukko 8. Rakentamisessa esiintyviä haitta-aineita, pölyjä, niiden lähteitä ja terveysvaaroja.

Pöly	Lähteet	Terveysvaara
Asbestipöly	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ruiskutetut eristeet</li> <li>- Lämmöneristemassat</li> <li>- Asbestisementti tuotteet</li> <li>- Lattiapinnoitemateriaalit</li> <li>- Bitumituotteet</li> <li>- Tasoitteet ja maalit</li> <li>- Kiinnityslaastit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Asbestoosi</li> <li>- Erilaiset syöpälajit</li> <li>- Keuhkopussimuutokset</li> </ul>
Kvartsipöly	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Betoni</li> <li>- Tiilet ja luonnonkivet</li> <li>- Kalkkihiekkakivet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Silikoosi</li> </ul>
Sementtipöly	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sementtituotteet</li> <li>- Laastit</li> <li>- Tasoitteet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limakalvojen ärsytys</li> <li>- Allerginen kosketusihottuma</li> <li>- Ärsytyskosketusihottuma</li> </ul>
Kalkkipöly	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rappauslaastit</li> <li>- Muurauslaastit</li> <li>- Kalkkimaalit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ärsytyskosketusihottuma</li> <li>- Limakalvojen ärsytys</li> </ul>
Puupöly	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sahatavara</li> <li>- Rakennuslevyt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ihottumat</li> <li>- Limakalvojen ärsytys</li> <li>- Allerginen lima ja astma</li> <li>- Nenäsyöpä</li> </ul>
Lasi- ja mineraalivillapöly	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eristeet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ihottuma</li> <li>- Limakalvojen ärsytys</li> </ul>
Metallihuuru	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Teräksen ja ruostumattoman teräksen hitsaus ja polttoleikkaus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Allerginen nuha ja kosketusihottuma</li> <li>- Astma</li> <li>- Metallikuume</li> </ul>
Maalipöly ja -sumu	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maalattujen pintojen hionta</li> <li>- Ruiskumaalaus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limakalvojen ärsytys</li> <li>- Allerginen kosketusihottuma</li> <li>- Allerginen nuha ja astma</li> </ul>
PAH-yhdisteet	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maalit</li> <li>- Vedeneristeet</li> <li>- Bitumituotteet</li> <li>- Kreosoottikäsitelty puu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verisolujen hajoaminen (naftaleeni)</li> <li>- Ihon, silmien ja hengitysteiden ärsytysoireet</li> <li>- Lisääntymiskyvyn heikkeneminen</li> <li>- Kasvaimet</li> <li>- Krooniset tulehdukset</li> </ul>
PCB-yhdisteet	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maalit</li> <li>- Elementtisaumat</li> <li>- Lämpölasien tiivistysmassat</li> <li>- Ikkunakitit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kutina ja ihottumat</li> <li>- Maksan toimintahäiriöt</li> <li>- Sidekalvojen ärtyminen</li> <li>- Klooriakne</li> <li>- Neurologiset ja epäspesifiset psykologiset oireet</li> </ul>
Raskasmetallit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maalit</li> <li>- Elementtisaumat</li> <li>- Raskasmetalleilla käsitelty puu</li> <li>- Vanhat PVC- ja muovimatot sekä potku- ja jalkalistat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lyijymyrkytys</li> <li>- Keskushermoston toiminnan häiriöt</li> <li>- Erilaiset syöpälajit</li> <li>- Ihon syöpyminen ja herkistyminen</li> <li>- Astma</li> <li>- Allerginen ihottuma</li> </ul>

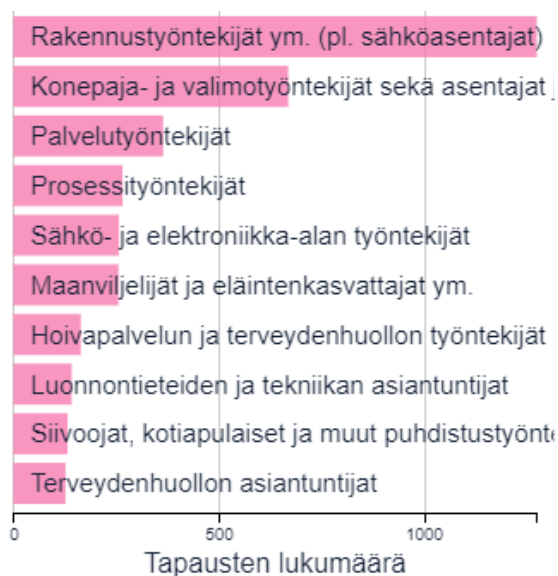
(Palomäki, 1993) (Tuomisto, Tuomisto &amp; Vartiainen, 2011) (Huttunen et al., 2011)

(Työterveyslaitos, 2016)

Työterveyslaitoksen ylläpitämän Työelämätiето-sivuston julkaisun Vahvistetut ammattitaudit 2011-2015 mukaan muun muassa asbesti ja muut silikaattimineraalit, kemialliset altisteet sekä kosteusvaurioaltisteet ja homeet aiheuttivat noin 1300 rakennustyöntekijöiden ammattitautitapausta vuosina 2011-2015 (kuva 6). Ammattitaudilla tarkoitetaan työhön liittyvää sairautta, jonka syntyyn ja ennusteeseen työn syyosuus on suurempi kuin 50 prosenttia (Työterveyslaitos, Ammattitaudit). Kuvassa 6 on esitetty oikealla (sinisellä) altisteet, jotka vaikuttavat vasemmalla (pois lukien meluvammat ja lateraalinen epikondyliitti) esitettyjen ammattitautien syntyyn. Vasemmalla esitettyjen, oranssilla merkittyjen, ammattitautitapausten määrät ammattikunnittain on esitetty kuvassa 7.



**Kuva 6.** Vasemmassa kuvaajassa on esitetty vuosina 2011-2015 vahvistetut ammattitaudit, joiden syntyyn oikealla esitetyt altisteet vaikuttivat (Työelämätiето, 2019)



**Kuva 7.** Kuvan 6 vuosina 2011-2015 vahvistetut ammattitautitapaukset ammattikunnittain (Työelämätiето, 2019)

## 2.5.2 Rakennustöiden ja materiaalien luokitukset

Sisäilmaston lopullinen laatu riippuu rakennuksessa käytettävistä LVI-laitteistoista ja materiaaleista, rakennus- ja ilmanvaihtotöiden toteuttamisesta sekä valmiin rakennuksen käyttötavoista ja kunnossapidosta (RT 07-11299, 2018). Edellä mainittuihin tekijöihin vaikutetaan sisäilmaston, rakennus- ja ilmanvaihtotöiden ja materiaalien luokituksilla. Sisäilmastoluokkia kuvataan kirjaimella S, rakennus- ja ilmanvaihtotöiden puhtausluokkia kirjaimella P ja materiaalien päästöluokkia kirjaimella M. Luokituksia käyttämällä saadaan täytettyä vähintään lain asettamat sisäilmastoa koskevat vähimmäisvaatimukset, mutta valitsemalla luokkien parhaimmat tasot, varmistetaan yksilöllinen ja paras mahdollinen sisäilmaston laatu tilojen käyttäjille.

Sisäilmaluokitus muodostuu kolmesta luokasta: S1, S2 ja S3, joita voidaan soveltaa hankkekohtaisesti, kunhan lakien ja asetusten asettamat vaatimukset täytetään. Luokka S1 luo yksilöllisimmät sisäilmaolosuhteet, jolloin yleensä päästään suurimpaan käyttäjätyytyväisyyteen. S1-luokassa sisäilman laatu on erittäin hyvä eikä tiloissa ole havaittavissa lainkaan hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa rakenteissa tai tiloissa ei ole sisäilman laatua heikentäviä epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat viihtyisät, jolloin tiloissa ei ole liian kylmä tai kuuma eikä tiloissa esiinny havaittavaa vetoa. Tilan käyttäjä pystyy itse säätämään lämpötilaa haluamukseen. Tilojen viihtyvyyttä tukevat käyttäjän säädettävissä oleva valaistus sekä käyttötarkoituksen mukaiset ääniolosuhteet. (RT 07-11299, 2018)

Luokka S2 tarkoittaa hyvää sisäilmastoa ja luokka S3 tyydyttävää sisäilmastoa. S2-luokassa tilojen sisäilma on laadultaan hyvää eikä tiloissa ole havaittavissa häiritseviä hajuja. Kuten luokassa S1 myöskään luokassa S2 ei sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ole sisäilman laatua heikentäviä epäpuhtauksia. Vetoa ei yleensä esiinny, mutta kesäisin tiloissa saatetaan havaita ylläampemistä. S2-luokan tiloissa on käyttötarkoituksen mukaiset hyvät ääni- ja valaistusolosuhteet, mutta ne eivät ole käyttäjien säädettävissä. S3-luokassa sisäilman laatu sekä lämpö-, valaistus- ja ääniolosuhteet täyttävät maankäyttö- ja rakennuslain sekä terveysuojelulain vähimmäisvaatimukset. RT 07-11299 Sisäilmastoluokitus 2018 -ohjekortin mukaan eri suureiden tavoite- ja suunnitteluarvot voidaan valita eri laatuluokista. (RT 07-11299, 2018)

Rakennustöiden suunnittelua ja ohjausta varten on valittava, käytetäänkö rakennus- ja ilmanvaihtotöissä puhtausluokitusta. Sekä rakennustöille että ilmanvaihtojärjestelmille on olemassa vain yksi puhtausluokka, P1-luokka. Rakennustyöt ja ilmanvaihtojärjestelmät siis joko ovat puhtausluokiteltuja tai eivät ole. Mikäli päätetään olla käyttämättä puh-



tausluokkaa P1, on kohteessa silti noudatettava hyvää rakennustapaa. P1-puhtausluokan käyttäminen on kirjattava urakkarajaliitteisiin sekä rakennus- ja LVI-selostuksiin, jotta urakoitsijat sitoutuvat puhtausluokan asettamiin vaatimuksiin. Puhtausluokan P1 käyttäminen edellyttää puhtausluokan mukaista puhtauden arviointia, rakennustarvikkeiden kuljetusta, varastointia ja suojausta, toimintakoevalmiudessa olevien tilojen osastointia, tilojen siivousta sekä luokituksesta tiedottamista ja kouluttamista. Pintojen pölykertymiä voidaan mitata standardin SFS 5994 INSTA 800 mukaisesti geeliteippimenetelmällä, jonka puhtausluokassa P1 sallitut pölykertymien enimmäistasot on esitetty taulukossa 9. Pölykertymien mittaaminen tulee suorittaa vähintään kaksi tuntia siivouksen jälkeen, jotta siivouksen ilmaan nostattama pöly ehtii laskeutua pinnoille. (RT 07-11299, 2018)

Taulukko 9. *Puhtausluokan P1 pölykertymien enimmäistasot.*

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

(RT 07-11299, 2018)

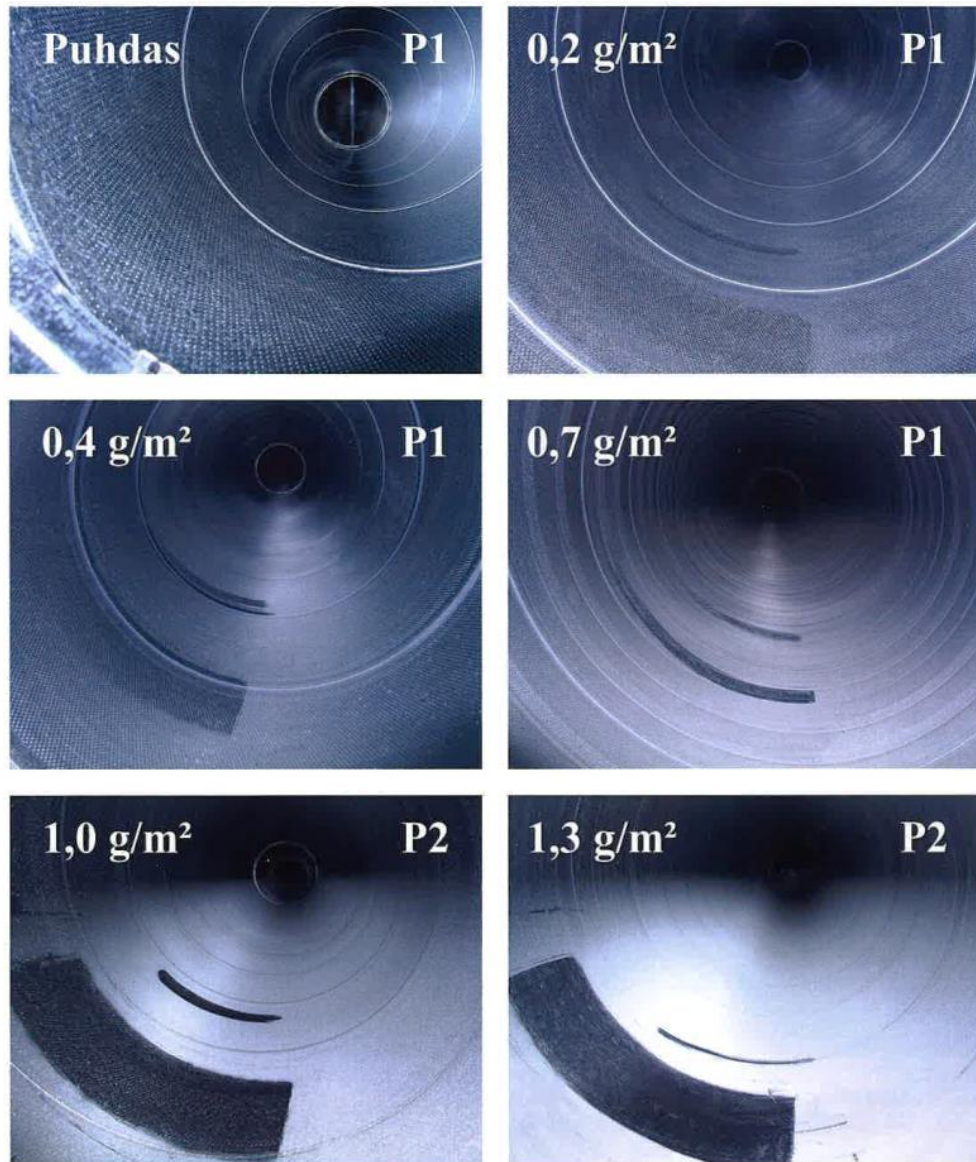
P1-puhtausluokan käyttäminen asettaa vaatimuksia etenkin kohteen loppusiivoukselle. Ennen ilmanvaihtokoneiden toimintakokeita tilojen on oltava puhtaustasoltaan sellaiset, että pinnoilla ei ole hienojakoista irtolikaa, joka voisi nousta ilmaan ilmapurkauksen vaikutuksesta. Pintojen puhdistamista ei saa estää varastoimalla tai säilyttämällä tiloissa rakennusmateriaaleja tai jätteitä. Pintoja suojaavien muovien ja pahvien poistamisen jälkeen tiloissa saa tehdä enää vain pölyämättömiä töitä. Luovutusvaiheessa pinnoilla ei saa olla näkyvää pölyä tai likaa, kuten roskia, irtolikaa, kiinnittynyttä likaa tai tahroja. (RT 07-11299, 2018) P1-luokassa puhtaudenhallinnan toimenpiteet sisältävät rakennusaikaisen siivouksen sekä kaksivaiheisen loppusiivouksen. Taulukossa 10 on esitetty tarkemmat toimenpiteet loppusiivouksen eri vaiheille.

Taulukko 10. Loppusiivoukseen kuuluvat tehtävät ja niiden ajoitus.

Loppusiivous, vaihe 1		Loppusiivous, vaihe 2
Ikkunoiden pesu	Ilmanvaihtolaitteiston toimintakoe	Tilojen tarkistussiivous
Pattereiden, jäähdytyspalkkien yms. suojiin poisto		Uusittujen lattiasuojien poisto
Lattiasuojien poisto (uusitaan tarvittaessa siivouksen jälkeen)		Tahrojen poisto pinnoilta
Alakaton ylärakenteiden imurointi		Tarvittaessa pölyn poisto taso- ja pystypinnoilta
Alaslaskettujen alakattojen ylätasojen puhdistus		Lattiapintamateriaalien käyttöönottopuhdistus
Irtolian poisto taso- ja pystypinnoilta		Tasopintojen ylläpitosiivous
Irtolian poisto kalusteiden ulko- ja sisäpinnoilta		
Ilmanvaihtokonehuoneen ja ilmanvaihtolaitteiden ulkopintojen puhdistus		

(Andersson, 2004)

Luovutusvalmiin ilmanvaihtokanaviston sisäpinnan pölykertymän keskiarvo saa olla enintään 0,7 g/m<sup>2</sup> suodatinmenetelmällä tai visuaalisesti arvioiden. BM Dustdetector -mittalaitteella mitattuna ilmanvaihtokanavan sisäpinnan pölykertymä saa olla enintään 5 peittoprosenttia. (RT 07-11299, 2018) Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden tarkastusohjeen mukaan ilmanvaihtokanavien pölykertymän arviointi tulee ensisijaisesti tehdä runkokanavien vaakaosilta puhdistusluukkujen kautta. Visuaalinen arvioinnin puhtausasteikko on esitetty kuvassa 8. Visuaalinen puhtauden arviointi edellyttää tarkastajalta käytännön kokemusta sekä hyvää perehtymistä silmämääräiseen puhtauden arviointiin. Mikäli visuaalisen puhtauden arvioinnin tuloksesta ei päästä yksimielisyyteen, voidaan ilmanvaihtokanavan pölykertymän määrä määrittää suodatinkeräysmenetelmällä tai BM Dustdetector -mittalaitteella. Puhtausluokassa P1 ilmanvaihtokanavassa saa esiintyä pieniä määriä metallijauhetta siellä täällä, mutta kanavien saumakohtissa tai muilla pinnoilla ei saa olla havaittavia voiteluainejäämiä. (Narvanne et al., 2011)



**Kuva 8.** Ilmanvaihtokanavan puhtauden visuaalisen tarkastuksen puhtausasteikko (Narvanne et al., 2011)

Rakennusmateriaalien päästöluokitus koostuu luokista M1, M2 ja M3. Päästöluokituksella tarkoitetaan materiaalien emissioille asetettuja sallittuja raja-arvoja. Päästöluokituksen avulla rajoitetaan materiaaleista haihtuvia emissioita ja parannetaan siten sisäilman laatua. M1-luokassa sallitaan pienimmät emissiomäärät ja luokkaan M3 kuuluvat tuotteet, jotka eivät täytä luokan M2 vaatimuksia. Päästöluokituksessa luokitellaan muun muassa rakennusmateriaaleja, kiintokalusteita, päällystämättömiä ja päällystettyjä huonekaluja sekä ilmanvaihtokanaviston osia. Taulukossa 11 on esitetty luokkien M1 ja M2 vaatimukset rakennusmateriaaleille. Ilmanvaihtokanaville ja niiden osille on vain yksi puhtausluokka, luokka M1. (RT 07-11299, 2018) Taulukossa 12 on esitetty ilmanvaihtokanaville ja niiden osille asetetut puhtausluokituksen vaatimukset tehtaalla.

Taulukko 11. Luokkien M1 ja M2 vaatimukset rakennusmateriaaleille.

Tutkittavat ominaisuudet	M1 (mg/m <sup>2</sup> h)	M2 (mg/m <sup>2</sup> h)
Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (TVOC) kokonaisemissio	< 0,2	< 0,4
Yksittäinen VOC µg/m <sup>3</sup>	≤ EU-LCI	≤ EU-LCI
Formaldehydin emissio	< 0,05	< 0,125
Ammoniakin emissio	< 0,03	< 0,06
No 1272/2008 -luokittelun mukaisten luokkaan 1A ja 1B kuuluvien CMR-yhdisteiden emissio	< 0,005	< 0,005
Hajun hyväksyttävyys	+ 0,0	+ 0,0

(RT 07-11299, 2018)

Taulukko 12. Ilmanvaihtokanavien ja niiden osien puhtausluokituksen vaatimukset tehtaalla.

Epäpuhtaus	Luokituskriteeri
Kanavien öljyisyys	0,05 g/m <sup>2</sup>
Kanavaosien, päätelaitteiden, säätö- ja palopeltien öljyisyys	
- Leikkaamalla, taivuttamalla tai liittämällä valmistetut osat	0,05 g/m <sup>2</sup>
- Syvävedetyt osat, öljyä vaativat prosessit	0,3 g/m <sup>2</sup>
Ilmavirtaan irtoavat mineraalikuidut	< 0,1 kpl/m <sup>3</sup>
Pintapölyn määrä	< 0,5 g/m <sup>3</sup>

(RT 07-11299, 2018)

### 2.5.3 Pölyntorjuntamenetelmät ja rakennussiivous

Toimiva pölyntorjunta edellyttää, että kaikilla työmaalla toimivilla on riittävästi tietoa käytettävistä pölyntorjuntamenetelmistä ja hankkeelle asetetuista puhtausluokista. Työntekijöille on järjestettävä koulutusta ja perehdytystä kohteessa käytettäviin menetelmiin ja heidät on saatava tietoisiksi osastaan ja panoksestaan puhtaudenhallinnan kokonaisuudessa. Asetettujen tavoitteiden saavuttamista todennetaan joko silmämääräisellä tarkastelulla tai mittauksilla. Pölymäärän ja pölyn leviämisen vähentämiseksi on useita eri menetelmiä. Yleisesti käytettyjä menetelmiä ovat:

- Pölyämättömien työmenetelmien käyttäminen
- Kohdepoisto
- Osastointi
- Ilmanpuhdistus
- Pölyämättömien siivousmenetelmien käyttäminen
- Muut menetelmät

(Koski et al., 2013)

Pölyämättömillä työmenetelmillä tarkoitetaan purkamis- ja rakentamismenetelmiä, jotka tuottavat mahdollisimman vähän pölyä, esimerkiksi materiaalit katkaistaan leikkurilla sahaamisen sijaan ja käytetään määrämittäisiä tuotteita, joita ei tarvitse työstää työmaalla.

Kohdepoistolaitteisto voidaan kiinnittää suoraan esimerkiksi hiomalaitteisiin, jolloin hionasta aiheutuva pöly siirtyy suoraan kohdepoistolaitteistoon leviämättä ympäröivään tilaan. Osastoimalla työstettävä alue saadaan erotettua muusta tilasta siten, että pöly ei leviä osaston ulkopuolelle. Osaston sisäpuolelle asennettavalla ilmanpuhdistimella saadaan suodatettua ilmasta pölyhiukkaset, kun ilmanpuhdistin on varustettu riittävän tehokkaalla suodattimella, esimerkiksi HEPA H13 -suodattimella. Ilmanpuhdistaja voidaan asentaa myös osastoimattomaan tilaan. Ilman pölyttömyyttä voidaan parantaa asianmukaisella ja riittävän usein suoritetulla siivouksella. Siivoukseen ei käytetä harjaamista tai muuta pölyä ilmaan nostattavaa menetelmää. Tarvittaessa tilat siivotaan päivittäin. (Koski et al., 2013)

Muita menetelmiä ovat vesisumutus, jätekuilut ja pölyä sitovat matot. Vesisumutus sopii pölyn sitomiseen ainoastaan ulkotiloissa, koska vesisumutus voi kastella rakenteita ja heikentää ilmanpuhdistimien toimintavarmuutta. Jätekuilu on purkujätteen siirtämiseen tarkoitettu kuilu, jolla purkujäte voidaan siirtää kerroksista esimerkiksi pihalla olevalle jätelavalle, jolloin vähennetään jätteen kuljettamista ja pölyn leviämistä sisätiloissa. Pölyä sitovia mattoja käytetään esimerkiksi osastoidun alueen sisäänkäynnillä, jolloin pöly ei siirry tilasta toiseen. (Koski et al., 2013) Pölyämisen ja pölyn leviämisen lisäksi on huomioitava työmaan yleinen siisteystaso ja valmiiden pintojen suojaaminen. Pintojen suojaamisella ehkäistään materiaalien sotkeutumisen ja vaurioitumisen aiheuttamaa materiaalien uusimistarvetta ja ehkäistään siten lisäkustannusten syntymistä. Siisteystasoa ylläpidetään poistamalla irtoroskat ja pakkausmateriaalit lattiapinnoilta, jolloin lisätään myös työturvallisuutta ja varmistetaan, että rakenteiden pinnoilla ei ole kuivumista heikentäviä esteitä.

Rakennussiivouksella tarkoitetaan sekä rakentamisen aikaista siivousta että loppusiivousta. Rakennussiivouksella tavoitellaan näkyvien ja ei-näkyvien pintojen puhtautta. Rakennussiivouksella on suuri vaikutus hankkeen laatutavoitteiden ja hyvän sisäilman saavuttamisessa. Tavoiteltaessa puhtausluokkaa P1, on valituilla siivousmenetelmillä sekä siivoustiheydellä oleellinen rooli puhtausluokan saavuttamisessa. Kuten työmenetelmissä myös siivousmenetelmissä on suositeltavaa käyttää vähän pölyä ilmaan nostattavia ja pölyä sitovia siivousmenetelmiä. Karkeaa irtolika ei lakaista, vaan imuroidaan tai kootaan yhteen lattiakuivaimella ja hieno irtolika poistetaan pinnoilta nihkeällä tai kostealla siivousliinalla. Rakennussiivouksen työmenetelmiä ovat:

- Rakennusjätteen ja karkean lian poistaminen
- Hienon ja karkean irtolian ja jätteiden poistaminen pinnoilta
- Pintojen suojausten poistaminen

- Toimintakokeiden jälkeen laskeutuneen irtolian poistaminen pinnoilta
- Tahrojen poistaminen
- Lattiapintojen käyttöönottopuhdistus
- Lattiapintojen suojaaminen tai hoitaminen

(Andersson, 2004)

#### **2.5.4 Vaikutukset hankkeen kustannuksiin ja aikatauluun**

Puhtaudenhallinta kuuluu rakennushankkeen jokaiseen vaiheeseen tarveselvityksestä käyttöönottoon ja aiheuttaa kustannuksia rakennuksen koko elinkaaren ajan. Kustannukset voidaan karkeasti jakaa rakentamisaikaisiin kustannuksiin ja ylläpitokustannuksiin, jolloin kustannukset jakautuvat hankkeen eri osapuolille. Rakentamisen aikaiset kustannukset jakautuvat rakennussiivouksen kustannuksiin sekä mahdollisesti erikseen tilattavasta puhtaudenhallintakoordinoinnista muodostuviin kustannuksiin. Rakennusajaisia puhtaudenhallinnan kustannuksia syntyy esimerkiksi alipaineistimien ja kohdepoistolaitteistojen hankinta- tai vuokratuloista, käyttökustannuksista kuten suodattimien uusimisesta, osastoinnista ja työkustannuksista. (Koski et al., 2013) Ylläpitokustannusten määrittäminen alkaa ehdotussuunnitteluvaiheessa, kun laaditaan ylläpitokustannusarvio. Kustannusarvio perustuu käytettyihin suunnitteluratkaisuihin ja kohteessa käytettäviin materiaaleihin. Nämä kaksi tekijää määrittävät suurelta osin puhtaudenhallinnan aiheuttamat kustannukset kohteen ylläpitovaiheessa. (RT 91-10970, 2009) Kokonaisuutena siivouskustannukset muodostuvat työ- ja valvontakustannuksista, ostetuista palveluista, koneiden ja laitteiden pääomakustannuksista ja kiinteistä kustannuksista. Työkustannukset muodostavat edellä mainituista kuluista suurimman erän, noin 70-90 prosenttia. (KiinteistöRYL, 2009)

Materiaalivalinnat vaikuttavat siivouskustannuksiin puhdistettavuudellaan. Mikäli materiaalit ovat hankalasti puhdistettavia ja vaikeasti hoidettavia, aiheuttavat ne ylimääräisiä kustannuksia. Suunnitteluratkaisut vaikuttavat esimerkiksi siihen, millaisiksi rakentamisen aikaiset kustannukset ja elinkaarikustannukset muodostuvat ja millainen rakennus on käytettävyydeltään. Suunnitteluvaiheessa on tärkeää huomioida esimerkiksi siivouskaluston käytettävyys; pystyykö tiloja siivoamaan siivouskoneilla tai mahtuuko siivouskalusto hissiin. Hissittömyys tai hissin liian pieni koko aiheuttaa ongelmia etenkin suurissa kohteissa. (RT 91-10970, 2009) Käyttövaiheessa siivouskustannuksissa on huomioitava tilojen siivottavuus. Tilojen siivottavuutta voidaan helpottaa esimerkiksi vähentämällä tasoilla ja pinnoilla olevan irtaimen tavaran määrää, huolehtimalla pintamateriaalien eheydestä sekä ilmoittamalla siivouspalveluiden tuottajalle loma-ajoista ja muista

erityisajankohdista. Siivottavuuden helpottaminen nopeuttaa siivousta ja siten vähentää työkustannuksia. (KiinteistöRYL, 2009)

Kiinteistöpalveluiden yleisten laatuvaatimusten mukaan siivoustyöaikaan ja siivouskustannuksiin vaikuttavat muun muassa:

- Kiinteistön ikä ja kunto
- Rakenteelliset ominaisuudet
- Sisusteet ja niiden määrä
- Valittu puhtaustaso
- Tilojen käyttötarkoitus ja likaantuminen
- Käyttöasteen vaihtelut
- Lian sisään kantautuminen
- Pintamateriaalien siivottavuus ja kunto, materiaalin soveltuvuus tilaan, sen väri tai kuosi
- Koneellisten menetelmien käyttömahdollisuus
- Siivousajankohta
- Lajiteltavien jätejakeiden määrä ja jäteastioiden sijainti
- Pihan pinnoitus
- Riittävä mattoalue
- Siivoustilat, niiden sijainti ja varustus
- Irtomatot
- Ilmanvaihto, säätila ja vuodenaika

(KiinteistöRYL, 2009)

Puhtaudenhallinnalla saattaa olla vaikutuksia myös hankkeen aikatauluun. Tämä on hyvin hankekohtaista ja tulee parhaiten esiin rakennus- ja ilmanvaihtotöiden puhtausluokkaa P1 käytettäessä. P1-puhtausluokassa on pintojen ja ilmanvaihtokanavien pölykertymälle asetettu raja-arvot, jotka on esitetty kohdan 2.5.2 Rakennustöiden ja materiaalien luokitukset taulukossa 9. Puhtaudenhallintakoordinaattori tekee kohteeseen tarkastuskäyntejä, joiden yhteydessä hän tarkastelee muun muassa kohteen yleistä siisteyttä, käytettyjä työ- ja siivoustapoja, tuotteiden varastointia ja tilojen osastointia. Pölykertymiä puhtaudenhallintakoordinaattori mittaa etenkin loppusiivouksen ensimmäisen ja toisen vaiheen jälkeen. Mikäli pölykertymät eivät täytä asetettuja vaatimuksia, on pölyiset pinnat ja järjestelmien osat puhdistettava uudelleen, minkä jälkeen puhdistetuille osille tehdään uusintatarkastus. Siivoukselle ja tarkastuksille on varattava riittävästi aikaa hankkeen aikatauluun, jotta mahdolliset uusintatarkastukset eivät viivästytä hankkeen valmistamista.

## **2.6 Puhtaudenhallinta rakennushankkeen eri vaiheissa**

Toimiva ja laadukas puhtaudenhallinta edellyttää puhtaudenhallinnan huomioonottamista kaikissa hankkeen vaiheissa. Suunnitteluvaiheessa asetetaan edellytykset käytön-aikaiselle siivoukselle muun muassa tilaratkaisuilla ja pintamateriaalivalinnoilla. Lisäksi suunnitteluvaiheessa asetetaan puhtaudenhallinnan laatuvaatimukset. Rakentamisen aikana puhtaudenhallinnan toimenpiteet konkretisoituvat erilaisiin pölynhallintatoimiin, joita toteutetaan koko rakentamisvaiheen ajan. Rakentamisvaiheen pölynhallintatoimilla ja niiden valvonnalla on vaikutus myös käyttövaiheen sisäilman laatuun. Mikäli ilmanvaihtojärjestelmään, alakattojen yläpinnoille tai kalusteiden ja varusteiden pinnoille jää pölyä, voi pöly levitä sisäilmaan ilmanvaihtojärjestelmän käyttöönoton yhteydessä.

### **2.6.1 Tarveselvitys**

Tarveselvitysvaiheessa määritellään puhtaudenhallinnan toiminnalliset vaatimukset, laaditaan alustavat suunnitelmat ja määritetään talotekniset suunnittelutavoitteet. Näiden tehtävien pohjalta määrittyvät toimintakaaviot, puhtausluokitus, materiaaluokat ja siivoustekniset ratkaisut. (RT 91-10970, 2009) Sisäilmaan ja puhtaudenhallintaan vaikuttavia rakennuspaikasta aiheutuvia huomioon otettavia seikkoja ovat erityisesti ulkoilman puhtaus sekä ympäristön myrkkypäästöriskit (Seppänen et al., 1997). Ulkoilman puhtautteen vaikuttavat muun muassa vilkas liikenne ja lähistöllä sijaitseva teollisuus. Tärkein huomioon otettava ympäristön myrkkypäästöriski on maaperästä peräisin oleva radon ja sen pääsyn estäminen sisäilmaan.

### **2.6.2 Hankesuunnittelu**

Hankesuunnitteluvaiheessa tehtävä päätös Terveen talon toteutuksen kriteereiden noudattamisesta vaikuttaa niin kosteuden- kuin puhtaudenhallintaan. Mikäli päätetään käyttää Terveen talon toteutuksen kriteereitä, on kriteereiden noudattamisen valvonta rakennuttajan vastuulla. Terveen talon lähtökohtana on luoda rakennettavalle kohteelle Sisäilmaluokitus 2018 -ohjeen mukainen hyvä sisäilmasto. (RT 07-10832, 2004) Sisäilman laatuun vaikuttavat sisäilmastoluokka, materiaalien päästoluokitus sekä rakennustöiden ja ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokitus valitaan hankesuunnitteluvaiheessa rakennuttajan, tilaajan ja rakennuttajakonsultin toimesta (RT 07-11299, 2018). Tavoitteiden asettelun lisäksi myös tavoitteiden saavuttamisen todentamismenetelmät on määritettävä jo hankesuunnitteluvaiheessa. Todentaminen voidaan määritellä siten, että siinä otetaan kantaa todentamisen laajuuden, mittauspisteiden, tiedonkeruun ja tiedonkäsitteilyn, mahdollisten erillismittausten, mittaus tarkkuuden sekä vastaanotto/käyttövaiheen



laskentatyökalujen (simulointimallien) määrittämiseen tai vaihtoehtoisesti todentaminen voidaan toteuttaa sisäilmakyselyllä. (Kurnitski, 2008) Terveellisen sisäilman luominen varmistetaan esimerkiksi pölykertymä- ja kosteusmittauksin.

Hankesuunnitteluvaiheessa tarveselvityksessä ilmenneiden tarpeiden ja tavoitteiden asetellut tarkentuvat. Puhtaudenhallinnan käytännön toiminta konkretisoituu erilaisilla siivoustoimiin vaikuttavilla päätöksillä. Mikäli kyseessä on korjaushanke, otetaan rakennuksen purettavien rakenteiden ja materiaalien mahdollisesti sisältämät haitta-aineet ja niiden kartoitukseen kuluva aika huomioon jo hankesuunnitteluvaiheessa (Huttunen et al., 2011). Hankesuunnitteluvaiheessa asetetaan tarkemmat tavoitteet kohteen puhtaudenhallinnalle. Näitä tavoitteita asetetaan muun muassa käyttäjien ja kiinteistönpidon toimesta. Kohteen käyttötarkoituksen tai käyttäjien asettamat tavoitteet ja vaatimukset voivat edellyttää esimerkiksi taloteknistä suunnittelua, mikäli kohteen siivouksen kannalta on välttämätöntä asentaa erilaisia koneita tai laitteita, kuten esimerkiksi keskuspölynimuri. Kiinteistönpidon asettamat tavoitteet koskevat kohteen puhtausluokitusta, pintamateriaalien päästöluokitusta sekä mahdollisesti kestäväen kehityksen ennustetta. Kestäväen kehityksen ennusteella tarkoitetaan kestäväen kehityksen toteutumisen varmistamista. Myös jätehuoltoon otetaan kantaa hankesuunnitteluvaiheessa. (RT 91-10970, 2009)

Siivouksen käytännön toteutukseen vaikuttaa suuresti hankesuunnitteluvaiheessa laadittu tilaohjelma, jossa käsitellään siivousalueiden mitoitusperiaatteita, siivoustasoa, siivouksen toistumistiheyttä, siivous- ja jätetiloja sekä ulkotiloja (RT 91-10970, 2009). Siivousalueiden mitoituksella on vaikutusta muun muassa siihen, millaisia siivousmenetelmiä tiloissa voidaan käyttää. Mikäli tilat tai tiloihin johtavat käytävät ovat hyvin ahtaita, voi tilojen koneellinen siivous olla hankalaa tai jopa mahdotonta. Siivous- ja jätetilojen sijoittamisella ja mitoittamisella on suuri vaikutus siivouksen sujuvuuteen ja siten siivoukseen käytettävään aikaan. Hankalasti siivottavat tilat ja epäkäytännöllisesti sijoitetut siivous- ja jätetilat lisäävät siivoukseen kuluvaan aikaan ja siten siivoukustaluuksia. Ulkotilat ja erityisesti niistä sisätiloihin siirtyvä lika lisää siivouksen tarvetta. Lian kulkeutuminen ja sen estäminen otetaan huomioon ulkotiloja suunniteltaessa erilaisilla ulkotilojen pintarakenteilla ja sisäänkäyntien suunnittelulla (RT 91-10970, 2009).

### **2.6.3 Ehdotussuunnittelu**

Ehdotussuunnittelussa hankkeelle asetettuja tavoitteita tarkennetaan ja parhaita tila- ja rakenneratkaisuja hahmotellaan erilaisiin toteutusehdotuksiin. Arkkitehti laatii ehdotukset rakennuksen jakautumisesta kerroksiin, osastoihin, alueisiin ja tiloihin, joilla vaikutetaan muun muassa siivoustiloihin ja tilojen siivottavuuteen (RT 10-11109, 2013). Tässä

vaiheessa asetetaan kustannustavoitteet, täsmennetään kohteen erityisvaatimukset ja laaditaan ehdotukset rakennussuunnittelusta, joiden pohjalta laaditaan suunnitteluluonnokset. Kohteelle määritetyt erityisvaatimukset asettavat lisävaatimuksia eritoten suunnittelijoille. Tällöin hankkeessa voidaan tarvittaessa käyttää eri alojen asiantuntijoita ja heidän erityisosaamistaan suunnittelijoiden apuna. Erityisvaatimuksia voi kohteen käyttötarkoituksen lisäksi asettaa tilaaja tai käyttäjät. Ennen suunnitteluratkaisuiden ehdotuksia täsmennetäänkin vielä sekä tilaajan että käyttäjän tarpeita, jotta suunnitteluehdotukset vastaisivat mahdollisimman hyvin asetettuja tavoitteita ja tarpeita. (RT 91-10970, 2009)

Suunnitelmaehdotukset sisältävät vaihtoehtoisia ratkaisuja muun muassa sisääntuloille, tilasuunnittelulle, rakennusteknisille periaateratkaisuille sekä puhdistus- ja huoltotiloille. Suunnitelmaehdotusten pohjalta laaditaan luonnos, josta käyttäjät saavat antaa palautetta. Palautteen perusteella suunnitelmaa muutetaan tarvittaessa vastaamaan paremmin käyttäjien tarpeita. Kustannustavoitteiden asettamisessa on oleellista tietää kohteen ylläpitokustannukset. Ylläpitokustannusarvio laaditaan ehdotussuunnittelun yhteydessä. Arvioon vaikuttavat muun muassa tilojen määrä, siivoustiheys sekä käytetyt materiaalit. (RT 91-10970, 2009) Rakennuttajan tehtävänä on eri ratkaisuehdotusten kustannusten selvittäminen. Ratkaisuvaihtoehtojen sisäilmastoon liittyvien tekijöiden analyysit teetetään myös ehdotussuunnitteluvaiheessa. Ehdotussuunnitteluvaiheen tuloksena on ehdotuksen valintapäätös ja suunnitteluratkaisu jatkosuunnittelun perustaksi. (RT 10-11284, 2017)

## 2.6.4 Yleissuunnittelu

Terveen talon toteutuksen kriteerit -ohjeessa yleissuunnittelusta käytetään nimeä luonnossuunnittelu ja se on jaettu rakennus-, rakenne- ja talotekniseen suunnitteluun sekä muihin tehtäviin. Rakennussuunnittelun yleisvaiheessa huomiota kiinnitetään etenkin sisäilmaston lämpöoloihin suunnittelemalla ikkunoiden määrää, kokoa ja paikkaa, tuuletusikkunoiden sijoittamista, parkkipaikkojen sijoittamista ja taloteknisten laitteiden suunnittelua ja sijoittelua. Muihin yleissuunnitteluvaiheen tehtäviin kuuluu huoltokirjan koordinaatio ja kunkin suunnittelijan velvollisuuksien määrittäminen huoltokirjan tietojen toimittamiselle. (RT 07-10832, 2004) Yleissuunnittelu sisältää toteutussuunnitelmien laatimisen, pinta- ja täydentävien rakenteiden suunnittelun ja ratkaisut, joilla mahdollistetaan rakennusaikainen ja käytönaikainen huoltohenkilöiden pääsy ja työskentely kaikissa rakennuksen osissa. Lisäksi yleissuunnitteluun kuuluvat kiinteiden kalusteiden suunnittelu, sisustussuunnittelu, pintojen suojaamisen ja loppusiivouksen suunnittelu sekä täydentä-

viä tehtäviä, kuten alustavan käyttö- ja ylläpitosuunnitelman laatiminen. Puhtaudenhallinnan kannalta tärkeintä on puhdistus- ja huoltotilojen, puhdistus- ja huoltoluukkujen, kulkuväylien sekä työtasojen suunnittelu. Mikäli näiden tilojen ja rakenteiden huolelliseen suunnitteluun ei kiinnitetä huomiota, vaikeutetaan rakennuksen ylläpitoa ja käytönaikeista siivousta. Pahimmillaan voidaan aiheuttaa sekä ylläpidon että käytönaikeisen siivouksen laiminlyömistä. Siivousta helpottavien kalusteiden, kuten esimerkiksi telineiden ja kelkkojen, suunnittelu on myös otettava huomioon jo suunnittelun alkuvaiheessa (RT 91-10970, 2009).

Sisäilman hyvän laadun saavuttamisessa oleellista on autopaikkojen, jätekatosten ja muiden likaisten tilojen sijoittaminen, tilojen puhtaana pysyminen, taloteknisten järjestelmien korjaustoimenpiteiden suorittamisen mahdollistavien tilavarauksien varmistaminen, radonin sisäilmaan kulkeutumisen estäminen, ulkoilman laadun aiheuttamien erikoisratkaisujen tarve ja huonelämpötilojen hallitseminen. Tilojen suunnittelussa on otettava huomioon, että ulkoilmasta ei saa kulkeutua sisätiloihin raja-arvot ylittäviä määriä epäpuhtauksia, kuten pakokaasuja tai katupölyä. Myös esimerkiksi mattoteline ja tupakointipaikka on sijoitettava riittävän kauas tuloilma-aukoista sekä tuuletusikkunoista. Taloteknisessä suunnittelussa huomioidaan sisäilman laatuun vaikuttavien epäpuhtauslähteiden (esimerkiksi teollisuuslaitoksien tai poikkeuksellisen vilkkaan liikenteen) vaikutukset ilman sisäänoton ja puhdistuksen erikoisratkaisujen tarpeen arvioinnissa. Tilojen puhtaana pysymiseen vaikuttaa suuresti avoimet vaakapinnat, joille kerääntyy pölyä. Pölyn kerääntymistä vaakapinnoille voidaan ehkäistä kattoon ulottuvilla kaappien yläsokkeleilla sekä yläreunastaan viistotuilla jalkalistoilla. (RT 07-10832, 2004)

Radonin vaikutukset on otettava huomioon perustussuunnittelussa ja tarvittaessa myös LVI-suunnittelussa, mikäli rakennukseen on varattava tilaa radonimurin asentamiselle. Suunnitteluvaiheen alussa on myös selvitettävä, tarvitseeko rakennesuunnittelussa ryhtyä erityistoimenpiteisiin, joilla estetään maaperän radonin pääsy sisäilmaan. LVI-tekniillä sekä rakenteellisilla ratkaisuilla vaikutetaan lisäksi huonelämpötilojen hallintaan. Yleissuunnitteluvaiheessa huonelämpötilojen hallintaan vaikutetaan muun muassa päättämällä ikkunakoot, lasituksen tekniset ominaisuudet, aurinkosuojauksen toteutustapa ja LVI-tekniikan periaateratkaisut. (RT 07-10832, 2004)

Ehdotussuunnitelmien pohjalta arkkitehti tekee päätökset tilaohjelmaan kuuluvista tiloista ja toimintojen sijoittamisesta rakennukseen. Lisäksi tehdään päätökset rakennuksen jakautumisesta kerroksiin, osastoihin ja alueisiin. (RT 10-11109, 2013) Puhtaudenhallintaan liittyviä rakennesuunnittelijan tehtäviä ovat turvallisuusasiakirjan laatimiseen osallistuminen sekä rakennesuunnittelijan työturvallisuusohjeen laatiminen (RT 103087, 2019). Pääsuunnittelija huolehtii osaltaan, että työsuojelua koskevat säännökset on

otettu huomioon suunnitelmissa sekä rakennuttajan työturvallisuusasiakirjoissa (RT 10-11108, 2013). Rakennuttaja varmistaa suunnittelun ohjauksen keinoin, että suunnittelu-prosessi johtaa asetettuihin tavoitteisiin ja tuottaa toiminnalliset ja vaatimuksiltaan hyväksyttävät suunnitelmat (RT 10-11284, 2017). Yleissuunnitteluvaiheen suunnitelmissa huomioidaan ehdotussuunnitteluvaiheessa saatu käyttäjäpalaute. Palaute, aiemmat suunnitelmat ja asiakirjat huomioon ottaen laaditaan alustava suojaus- ja loppusiivous-, käyttö- ja ylläpitosuunnitelma. (RT 91-10970, 2009)

## 2.6.5 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnitteluvaiheessa yleissuunnitelmat päivitetään rakentamisen ja hankintojen edellyttämiksi suunnitelmiksi ja tuotemäärittelyiksi siten, että hankintoja varten laaditut asiakirjat ovat laajuudeltaan sellaiset, että niiden avulla voidaan määrittää sekä työn että tuotteiden määrä, laatutaso sekä käytettävät työtavat (RT 10-11284, 2017)(RT 10-11109, 2013). Etenkin laatutasojen sekä työtapojen määrittäminen on oleellista puhtaudenhallinnan kannalta. Toteutussuunnittelun ohjauksessa täsmennetään toteutussuunnitteluntavoitteet, toteutusmuodon asettamat vaatimukset ja suunnittelun lähtötiedot rakennuttajan ja tilaajan toimesta. Rakennuttajan tehtävänä on laatia ja päivittää kohteen riskikartoitus ja -analyysi sekä ohjata suunnittelijoiden riskien arviointia ja järjestää tarvittavat riskikartoituspalaverit. (RT 10-11284, 2017) Arkkitehti laatii sekä kiinteiden että muuntuvien tilaosien mitoitettut suunnitelmat tilaosien rakenteista, tyypeistä, teknisistä varusteista, tilaosien pinnoista sekä tilavarusteista, kalusteista, varusteista ja laitteista vähintään periaatetasolla, jolloin määritetään muun muassa siivoustilat ja tilojen siivottavuus (RT 10-11109, 2013). Rakennesuunnittelija täydentää ja antaa palautetta rakennuttajan työturvallisuusasiakirjaa rakennesuunnittelijan työturvallisuusohjeiden osalta (RT 103087, 2019). Pääsuunnittelijan vastuulla on huolehtia, että suunnitelmat ovat riittävän laajat ja laadukkaat, jotta suunnitelmilla voidaan osoittaa rakentamiselle asetettujen vaatimusten täytyminen. Pääsuunnittelija huolehtii osaltaan, että työturvallisuusasiakirjoissa ja suunnitelmissa on otettu huomioon työsuojelua koskevat säännökset osana suunnittelun yhteensovittamista. (RT 10-11108, 2013)

Rakennussuunnittelijan tehtävänä toteutussuunnitteluvaiheessa on valita pinta- ja sisustusmateriaalit pääsääntöisesti M1-luokitelluista tuotteista. Arkkitehti on rakennusselostuksessa määritellyt P1-tiloihin pölyä sitovat pintakäsittelyt. Pölyä sitovat pintakäsittelyt toteutetaan myös piiloon jääville pinnoille, kuten alakattojen yläpinnoille ja kaapistojen taakse jääville pinnoille. Ilmanvaihdon ja ilmanvaihtolaitteiden suunnittelussa on varmistettava, että tuloilman suodatus ja ilmanvaihdon puhtausluokka on määritelty Sisäilma- luokitus 2018 -ohjeen mukaisesti ja että P1-puhtausluokan tuloilmajärjestelmä on koottu

M1-luokan ilmanvaihtokanavista ja kanavaosista. Sisäilmasto- ja puhtausluokat sekä niiden keskeiset vaatimukset tulee suunnitelmien lisäksi kirjata LVI-selostukseen. LVI-selostuksessa esitetään lisäksi kanavistojen puhtauden tarkastava taho. Lämmityksen suunnittelussa on otettava huomioon lämmityspattereiden helppo puhdistaminen. (RT 07-10832, 2004)

## 2.6.6 Rakentamisen valmistelu

Rakentamisen valmisteluvaiheessa organisoidaan ja kilpailutetaan rakentaminen, käydään sopimusneuvottelut ja tehdään urakka- ja hankintasopimukset. Rakennuttaja määrittelee puhtaudenhallinnan osalta mahdolliset lisätoimenpiteet tiedonkulun ja kouluttamisen osalta. (RT 10-11284, 2017) Myös aikatauluja koskevat vaatimukset asetetaan rakennuttajan toimesta. Terveen talon toteutuksen kriteerit -työkalua käytettäessä aikataulussa esitetään lisäksi oleelliset terveen talon toteutukseen liittyvät ajankohdat, kuten P1-puhtaustason saavuttaminen lohkoittain. Lisäksi rakennuttaja määrittelee puhtaudenhallinnan vaatimukset ja laadunvarmistusmenetelmät, joiden pohjalta suunnittelijat ja asiantuntijat laativat työmaan pölyn- ja puhtaudenhallintaa koskevat ohjeet ja vaatimukset. Näitä ohjeita ja vaatimuksia kutsutaan pölyn- ja puhtaudenhallinta-asiakirjoiksi (YM 2019:18, 2019). Pölyn- ja puhtaudenhallinta-asiakirjojen pohjalta urakoitsijan on tarjousvaiheessa mahdollista ottaa puhtaudenhallinta huomioon tekemässään tarjouksessa ja varmistaa omat vastualueensa. Hankkeen osapuolten vastuita, tehtäviä sekä asiakirjoille ja työsuoritteille asetettuja vaatimuksia käsitellään tarkemmin rakentamisen valmisteluvaiheessa laadittavissa urakkaohjelmassa, urakkarajaliitteessä, tarjouspyyntöasiakirjoissa ja tarjouksissa. Alle on listattu puhtaudenhallintaan liittyviä asioita, joita kussakin asiakirjassa on esitettävä. (RT 07-10832, 2004)

Urakkaohjelmassa on esitettävä:

- Valitut sisäilmasto-, puhtaus-, suunnittelu- ym. luokat
- Laadunvarmistusjärjestelmät
- Aikatauluja koskevat vaatimukset
  - a. Milloin eri lohkot saavuttavat P1-luokan puhtausluokan
  - b. Toimintakokeiden, säätöjen ja IV-mittausten aikataulu
- P1-kohteissa puhtaudenhallintasuunnitelman laatimista koskevat vaatimukset
- Välitavoitteiden saavuttaminen
  - a. Esimerkiksi P1-luokan 1. vaiheen loppusiivoustason saavuttaminen

- Pääurakoitsijan siivousvelvollisuudet ja sanktiot
- Eri urakoitsijoiden velvollisuudet huoltokirjan suhteen

(RT 07-10832, 2004)

Urakkarajaliitteessä on esitettävä:

- Valituista tavoitetasoista aiheutuvat työmaajärjestelyt ja vastuut työmaatoteutukselle
  - a. Terveellisen rakentamisen oleelliset toimenpiteet, kuten P1-puhtaustason todentaminen
- Kenen tehtävänä on huolehtia aikataulukysymyksistä
- Mitä aikatauluvaatimuksia valitut sisäilmasto- ja puhtausluokat aiheuttavat
- P1-puhtausluokasta aiheutuvat työmaajärjestelyt
- Työmaan laatusuunnitelmat ja niille esitetyt vaatimukset
- Vastaanottomenettely ja vastaanottoaikataulu

(RT 07-10832, 2004)

Tarjouspyyntöasiakirjoissa ja tarjouksessa on esitettävä:

- Sisäilmaston laatuluokka sekä rakennus- ja ilmanvaihtotöiden puhtausluokat
- Rakennuttajan ilmoittamat vaatimukset laadunvalvontasuunnitelmalle
- Vaatimus laadunvarmistusmenettelyn esittämisestä
- Vaatimus siitä, että kalustuksen hankinnassa on huomioitava hyvän sisäilman edellyttämät emissiorajat ja puhdistettavuus

(RT 07-10832, 2004)

P1-puhtausluokkaa tavoiteltaessa on tärkeää, että urakkaneuvotteluissa käydään muiden siivoukseen liittyvien asioiden lisäksi lävitse korotettua siivoustasoa koskevat erityisvaatimukset. Korotetulla siivoustasolla tarkoitetaan luovutuksen jälkeisten viimeisten, hitaasti laskeutuvien epäpuhtauksien poistumisen varmistamista. Korotettuun siivoustasoon sisältyy normaalien viikkosiivouksien lisäksi kaksi tehostettua siivouskertaa kahden kuukauden aikana luovutuksen jälkeen. Tehostettu siivous sisältää vaikeasti puhdistettavien pölyjen ja yläpölyjen poistamisen. Pölyjen poistamisen valvonnalla suorittaa yleensä rakennushankkeessa mukana ollut puhtaudenhallintakoordinaattori. (Manninen, 2017) Pölyn- ja puhtaudenhallinta-asiakirjoihin pohjautuen Valtioneuvoston asetuksen 205/2009 pykälän 10 velvoittamana urakoitsija laatii yksityiskohtaisen työmaan pölyn- ja

puhtaudenhallintasuunnitelman ennen rakentamisvaiheen alkamista. Työn edetessä puhtaudenhallintasuunnitelmaa päivitetään vastaamaan kyseessä olevaa työvaihetta. Puhtaudenhallintasuunnitelmassa otetaan kantaa:

- Puhtaudenhallinnan organisointiin
- Työntekijöiden työnaikaisen epäpuhtauksille altistumisen vähentämiseen
- Pölynhallinnan toteuttamiseen
- Rakennusmateriaalien, tarvikkeiden ja laitteiden kuljetukseen, varastointiin ja suojaamiseen
- Työmaan jätehuoltoon
- Rakennustyönaikaiseen siivoukseen
- Pölyävien ja likaavien työvaiheiden loppuun viemiseen ennen lopullisten pintojen tekoa ja ilmanvaihtolaitteiden toimintakokeita ja säätöjä
- Ilmanvaihtokanavien ja niiden osien asentamiseen ja suojaamiseen pölyävien työvaiheiden välissä
- Loppusiivouksen toteuttamiseen ja todentamiseen
- P1-puhtaustason ylläpitämiseen vastaanottoon saakka
- Puhtaustason ylläpitämiseen käytön aikana

(YM 2019:18, 2019)

Korjauskohteissa puhtaudenhallintasuunnitelmassa otetaan edellä mainittujen seikkojen lisäksi huomioon jäljelle jäävien rakenteiden, rakennusosien ja pintojen suojaaminen sekä tilasta korjaustöiden ajaksi siirretyn irtaimiston puhdistaminen ennen niiden tuomista takaisin tilaan. Koska työmaan puhtaudenhallinta vaikuttaa sekä työturvallisuuteen että rakentamisen laatuun, lisätään puhtaudenhallintasuunnitelma niin työturvallisuutta kuin laadunvarmistusta koskeviin suunnitelmiin. Toteutussuunnitteluvaiheessa pääurakoitsija laatii omien ja aliurakoitsijoiden työsuoritusten laatusuunnitelman, mutta sivu-urakoitsijat laativat itse työsuoritteensa suunnitelman. Laatusuunnitelmien laatimisen lisäksi pääurakoitsija on vastuussa eri urakoitsijoiden töiden yhteensovittamisesta sekä laadunvarmistuksesta. Vaikka suunnitelmien laatiminen on pääurakoitsijan vastuulla, on kaikkien työmaalla toimivien urakoitsijoiden sitouduttava työskentelemään suunnitelmien mukaisesti, jotta rakentaminen olisi turvallista ja laadukasta. (RT 07-10832, 2004) Pölyntorjunnan merkitys kasvaa saneerauskohteissa, joissa mahdollisesti käsitellään haitta-aineita tai mikrobeja sisältäviä pölyjä.

Pölyntorjuntasuunnitelman ensisijainen tarkoitus on antaa tietoa pölyn syntymisestä, syntyneen pölyn sitomisesta ja pölyn leviämisen estämisestä. Tehokkaimpia pölyn leviämisen estäviä toimenpiteitä ovat pölyämättömien työmenetelmien käyttäminen, työstettävien tilojen osastointi ja alipaineistus, kohdepoistolla varustettujen työkoneiden käyttäminen ja pölyä sitovien tai pölyä ilmaan nostamattomien siivousmenetelmien käyttäminen. Pölyävissä töissä työntekijöiden on käytettävä silmä- ja hengityssuojaimia pölyhaittojen ehkäisemiseksi. Puhtaudenhallintasuunnitelman pölyntorjuntaa koskevan osan tulee sisältää vähintään seuraavat asiat:

- Pohjakartta työmaasta ja kulkuväylistä
- Pölyä muodostavien töiden kartoitus ja aikataulut
- Pölyntorjuntatoimenpiteiden listaus
- Pölyntorjuntavastaavan nimeäminen työmaalle
- Pölyntorjunnan perehdytyksen sisältö
- Työmaapäiväkirja, josta selviää pölyämisen tarkkailu ja tehdyt toimenpiteet

(SYKLI, 2014)

Valittujen puhtausluokkien ja puhtaudenhallintasuunnitelman sisältö on esitettävä työntekijöille ja heille on tarvittaessa järjestettävä perehdytystä puhtaudenhallintasuunnitelman mukaisista työmenetelmistä. Korjauskohteissa työntekijöiden lisäksi on tiedotettava kohteessa mahdollisesti asuvia tai työskenteleviä henkilöitä puhtaudenhallinnasta ja sen aiheuttamista pölyntorjuntatoimenpiteistä, muuttuneista kulkureiteistä, loppusiivouksesta sekä näihin liittyvistä aikatauluista. Jotta rakentaminen olisi puhtaustasoltaan halutunlaista, on puhtauden tasoa valvottava. Puhtaustasojen laadunvalvonnasta vastaa usein ulkopuolinen asiantuntija, jonka tehtävänä on huolehtia siitä, että laadunvalvonnan toteutus ja dokumentointi kirjataan työmaan pölyn- ja puhtaudenhallintasuunnitelmiin (YM 2019:18, 2019). Dokumentointia on tehtävä koko työmaavaiheen ajan.

### **2.6.7 Rakentaminen**

Rakentamisvaiheessa varmistetaan toteutuksen sopimuksenmukaisuus, tavoitteet täytävä lopputulos sekä tarvittavat käyttö- ja ylläpitovalmiudet (RT 10-11108, 2013). Rakentamisvaiheen aluksi järjestetään tarpeen mukaan koulutusta Terve talo -periaatteiden soveltamisesta käytännön rakentamiseen. Lisäksi varmistetaan, että aliurakoitsijat ja asentajat on koulutettu puhtaan ja toimivan ilmanvaihdon asentamiseen. Jotta urakoitsijat ja asentajat saadaan sitoutettua puhtaudenhallintaan, on koulutukseen osallistuminen



suositeltavaa määritellä pakolliseksi suoritukseksi urakkasopimuksiin. Rakentamisvaiheen suunnitelmiin kuuluvat muun muassa pääurakoitsijan laatimat urakkaohjelman ja -rajaliitteen vaatimuksia noudattava laadunvarmistussuunnitelma sekä rakennus- ja ilmanvaihtotöiden puhtaussuunnitelma. Laadunvarmistussuunnitelmat laaditaan erikseen jokaiselle työvaiheelle ja puhtaussuunnitelmia päivitetään työmaan edetessä. (RT 07-10832, 2004) Etenkin sisätyövaiheessa puhtaudenhallinnalla on oleellinen rooli rakentamisen ja lopputuloksen laatuun.

Ennen rakennustöiden aloittamista rakennuttaja laatii kirjalliset työturvallisuutta koskevat suunnitelmat, tarkastaa suunnitelmat olosuhteiden muuttuessa ja päivittää suunnitelmia tarvittaessa, jolloin suunnitelmat ovat koko ajan tasalla, vaikka puhtauden- ja pölynhallinnan olosuhteet muuttuisivatkin. Työturvallisuussuunnitelmien laatimiseen kuuluu pääurakoitsijan laatiman laadunvarmistussuunnitelman tarkastaminen ja hyväksyminen. Rakennustyön aikana rakennuttaja valvoo, tarkastaa ja todentaa rakennustyön ja toteaa rakennustuotteiden kelpoisuuden. Rakennuttaja myös varmistaa ylläpito- ja käyttöhenkilökunnan koulutuksen järjestämisen. Erillisestä tilauksesta rakennuttaja voi myös itse järjestää koulutustilaisuuden. Rakentamisen loppuvaiheessa rakennuttaja huolehtii, että käyttö- ja huolto-ohjeet luovutetaan ylläpito-organisaatiolle. (RT 10-11284, 2017)

Erilaisten suunnitelmien lisäksi työmaatoimintaa hallitaan aikataulun avulla. Työmaan aikataulun on oltava riittävän yksityiskohtainen ja siinä on otettava riittävän tarkasti huomioon työmaan kriittiset vaiheet. Aikataulussa huomioidaan työvaiheiden järjestys, kestot ja päällekkäisyydet, joiden määrittämisessä on otettava huomioon sekä puhtaudenhallinta- että kosteudenhallintasuunnitelmassa asetetut vaatimukset. Aikatauluun merkitään P1-puhtausluokan lohkot sekä työvaiheet ennen ja jälkeen puhtausvaatimusten saavuttamista siten, että ne ovat puhtaudenhallintasuunnitelman mukaisia. Oleellista on varata riittävästi aikaa ilmanvaihdon ja lämmityksen toimintakokeille ja säädöille. Ilmanvaihtotyöt esitetään aikataulussa joko kerros- tai palvelualuekohtaisesti. (RT 07-10832, 2004)

Rakentamisen aikana tarkastetaan materiaalien ja laitteiden logistiikka, jotta voidaan varmistaa oikeanlaiset suojaustavat ja varastointi. Etenkin IV-putkien varastoinnin aikana on tärkeää varmistaa, että putkien päissä olevat suojatulpat ovat paikallaan ja ne poistetaan vasta juuri ennen asentamista. Asentamisen jälkeen kanavien päätelaitteet ja muut kanavistoon johtavat aukot suojataan rakentamisen aikaiselta lialta ja pölyltä. Tarvittaessa ilmanvaihdon päätelaitteet puhdistetaan P1-puhtaustasoon viimeistään loppusiivouksen aikana. Ilmanvaihtokanavien lisäksi rakennusosat ja pinnat suojataan rakennusaikaiselta likaantumiselta. (RT 91-10970, 2009)

Korjauskohteissa rakentamisen aikainen siivous aloitetaan heti purkutöiden alettua ja uudiskohteissa runkovaiheen lopussa ennen sisätyövaihetta. P1-puhtausluokan kohteissa rakentamisen aikainen siivous kestää loppusiivouksen ensimmäisen vaiheen alkuun saakka. P1-loppusiivous on kaksivaiheinen ja ensimmäinen vaihe toteutetaan ennen ilmanvaihtokoneiden toimintakokeita. Loppusiivouksen toisella vaiheella varmistetaan kohteen käyttöönottopuhdistus ennen kohteen luovutusta tilaajalle. Loppusiivouksen vaiheiden välissä kohteen puhtaustasoa ylläpidetään tarkistusluonteisella siivouksella. (Andersson, 2004) Ennen tilojen käyttöönottoa tehdään käyttöönottosiivous, jolloin pinnat puhdistetaan ja tarvittaessa suojataan. Tällöin luodaan pohja tulevalle ylläpitosiivoukselle ja pintojen hoidolle (RT 91-10970, 2009). Puhtausluokituksen P1 tiloissa käytettävien puhdistus-, suojaus- ja hoitoaineiden on oltava hajuttomia ja pintojen puhdistamisessa on käytettävä valmistajien antamia ohjeita. Käytettävien puhdistus-, suojaus- ja hoitoaineiden ja lattiapintamateriaalien käyttöturvallisuustiedotteet sekä asiakirja lattiapintamateriaalien käyttöönottopuhdistuksesta on toimitettava rakennuttajalle. (Ratu 1214-S, 2005)

Mikäli puhtausluokaksi on asetettu luokka P1, on sisävaiheessa suoritettavalla siivouksella ja osastoinnilla suuri vaikutus vaatimusten saavuttamisessa. Puhtausluokan saavuttaneiden lohkojen puhtaustasojen on rakennustöiden aikana oltava vähintään imuripuhdaat ja lohkot on erotettava muista lohkoista siten, että lohkot on selvästi merkitty P1-lohkoiksi. P1-puhtausvaatimuksia on noudatettava rakennus- ja ilmanvaihtotöiden lisäksi myös kalustusvaiheessa. Mikäli P1-lohkoissa on tehtävä pölyäviä töitä, tulee töissä käytettävissä työkaluissa ja laitteissa käyttää kohdepoistoa. Terveen talon toteutuksen kriteereitä noudatettaessa loppusiivous on tehtävä laajennettuna ja suljettavien rakenteiden, kuten alakattojen, puhdistus on tehtävä ennen rakenteiden sulkemista. Loppusiivous sisältää vaakapintojen lisäksi muun muassa sähkökourujen, valaisimien kaikkien pintojen, lämmityspattereiden takaosien ja seinäpintojen puhdistamisen. (RT 07-10832, 2004)

Rakennustyötä ja työn laatua valvotaan ja valvonnasta laaditaan lakisääteinen tarkastusasiakirja. Ilmanvaihdon valvonta tulee suorittaa Puhtaan ilmanvaihdon asennusoppaan mukaisesti. Ennen ilmanvaihdon säätötöitä on varmistettava, että ilmanvaihto on valitun puhtausluokan mukainen. Mikäli näin ei ole, on ilmanvaihtokanavistot ja -laitteet puhdistettava ja puhtaustaso tarkastettava uudelleen. Ennen ilmanvaihtokoneiden toimintakokeita on varmistettava, että kaikki ilmanvaihtokoneiden palvelualueella olevat tilat ovat saavuttaneet valitun puhtaustason. (RT 07-10832, 2004) Suljettaviin rakenteisiin, kuten alakattoihin ja koteloihin, on suunniteltava luukut ilmanvaihdon tarkastusluukkujen

kohdille. Tarkastusluukuille on oltava esteetön pääsy ja riittävästi tilaa huolto- ja puhdistustöiden suorittamiseksi. (RT 07-10832, 2004)

## 2.6.8 Käyttöönotto ja ylläpito

Rakennuksen valmistumisen jälkeen suoritetaan vastaanottotarkastus, jossa kirjataan ja tarkistetaan pintarakenteiden ja laitteiden suunnitelmienmukaisuus sekä puhtaustaso (RT 91-10970, 2009). Hyväksytyin vastaanoton jälkeen rakennus otetaan käyttöön. Käyttöönotossa varmistetaan kaikkien järjestelmien toiminta sekä annetaan käyttäjille ja ylläpito-organisaatiolle opastusta kiinteistön käytöstä (RT 10-11109, 2013). Arkkitehti osoittaa valmiin rakennuksen tavoitteenmukaisuuden ja erillisestä tilauksesta myös tarkistaa ylläpitosuunnitelman, opastaa ylläpitoon ja käyttöön liittyvissä tehtävissä ja huolehtii, että suunnitelmat arkistoidaan käyttäjälle (RT 10-11109, 2013). Suunnittelijoiden pakollinen puhtaudenhallintaan liittyvä tehtävä on oman suunnittelualansa osuuden laatiminen käyttö- ja huolto-ohjeeseen. Tilaaja voi erikseen tilata rakennesuunnittelijalta erilliset rakennusosakohtaiset käyttö-, huolto- ja ylläpitosuunnitelmat ja ohjeistuksen rakennuksen käyttöön ja huoltoon liittyviin säännöllisiin tarkastuksiin (RT 103087, 2019).

Kiinteistön ylläpidon on perustuttava selkeään ja johdonmukaiseen ylläpito-organisaatioon, jonka kaikki osapuolet ovat tietoisia tehtävistään, vastuualueistaan ja rooleistaan. Jotta kiinteistön elinkaari olisi suunnitellun pituinen, on kiinteistön omistajan oltava jatkuvasti tietoinen kiinteistön kunnosta. Tärkeä yksittäinen tekijä kiinteistön ylläpidossa ja huollossa on kiinteistön huoltokirja, johon kerätään tiedot kaikista kiinteistöön asennetuista rakennusosista, materiaaleista ja laitteista hoito-, huolto- ja kunnossapito-ohjeineen sekä paikantamistietoineen. Huoltokirjaan on kirjattava käytön aikana seurattavat, tarkastettavat ja huollettavat rakenteet rakennusosa- ja tilakohtaisesti. Lisäksi huoltokirjassa esitetään ilmanvaihdon määräaikaistarkastukset ja puhdistussuunnitelma. Huoltokirjan lisäksi jokaiseen asuntoon tehdään asukaskansio, johon sisällytetään muun muassa laitteiden huolto-, pesu- ja käyttöohjeet sekä yleisiä asumiseen liittyviä käytännön tietoja. (RT 07-10832, 2004) Materiaalivalmistajilta saadaan tavara- tai tuoteseloste, käyttöohje sekä tuotteiden hoito- ja huolto-ohjeet. Ohjeista on löydettävä päästoluokan lisäksi tiedot esimerkiksi tuotteen käyttöön ja käyttökohteisiin liittyvistä rajoituksista, kuten lämpötila-, kosteus-, yhteensopivuustiedoista. Käyttö- ja huolto-ohjeissa käsitellään ilmanvaihtolaitteiden ja -kanavien osalta muun muassa seuraavia asioita:

- Ilmanvaihtolaitoksen suunnitellut käyntiajat
- Suodattimien vaihtovälit
- Kanavien puhdistus

(RT 07-11299, 2018)

Käyttöönottovaiheessa rakennuttajan puhtaudenhallintaan liittyviin velvollisuuksiin kuuluu muun muassa riskikartoituksen ja -analyysin laadinta ja päivittäminen, ylläpitohenkilökunnan ja käyttäjien koulutuksen varmistaminen sekä luovutusdokumenttien toimittaminen ylläpito-organisaatiolle. Tilaajan erikseen tilaamana toimeksiantona rakennuttaja voi lisäksi varmistaa muuton ja käyttäjien muutostöiden puhtaudenhallinnan ja järjestää käyttäjien koulutuksen ja opastuksen. (RT 10-11284, 2017) Kiinteistön käyttäjillä onkin ylläpito-organisaation ohella oleellinen rooli kiinteistön ylläpidossa. Opastuksella ja ohjeistuksella käyttäjien on mahdollista käyttää kiinteistöä kosteuden- ja puhtaudenhallintasuunnitelmien mukaisesti. Jotta käyttö olisi koko rakennuksen elinkaaren ajan suunnitelmien mukaista, on käyttöä valvottavat ja ohjattava. Vastuu valvonnasta ja ohjauksesta on ylläpito-organisaatiolla. (RIL 216-2013, 2013) Opastuksen järjestämisen lisäksi käyttöönoton yhteydessä on huomioitava uusien materiaalien normaalia suuremmat emissiopäästöt. Päästöjen poistamiseksi kiinteistön tuuletukseen ja ilmanvaihtoon on kiinnitettävä erityistä huomiota käyttöönottovaiheen alussa.

### 3. TUTKIMUSKOHTEET

Tutkimuskohteiksi valittiin kolme uudiskohdetta, joissa käytettiin A-Insinöörit Kosteusturva -palvelua kokonaisuudessaan eli kohteissa toteutettiin niin kosteuden- kuin puhtaudenhallinnankin osuudet. A-Insinöörit Kosteusturva -palvelun lisäksi sekä rakennuttaminen että valvonta toteutettiin kaikissa tutkimuskohteissa A-Insinöörit Rakennuttaminen Oy:n toimesta. Tapaustutkimuksen tarkoituksena oli tarkastella sitä, miten A-Insinöörit Kosteusturva -palvelua toteutetaan ja miten se toimii käytännössä. Tapaustutkimuksessa haastateltiin kohteiden urakoitsijoita, rakennuttajia, valvojia, kosteuden- ja puhtaudenhallintakoordinaattoreita sekä siivousurakoitsijaa. Kaikissa kohteissa materiaalien päästöluokaksi oli valittu luokka M1.

#### 3.1 Haastatteluiden toteuttaminen

Tapaustutkimus aloitettiin valitsemalla tutkimuskohteet ja haastateltavat hankeosapuolet. Kohteiden ja haastateltavien tahojen määrittämisen jälkeen kohteiden tilaajilta pyydettiin lupa kohteiden käyttämiseen osana tutkimusta. Kun tilaajat olivat hyväksyneet kohteiden käyttämisen tutkimuksessa, otettiin yhteyttä A-Insinöörit Suunnittelu Oy:n ulkopuolisiin haastateltaviin tahoihin joko sähköpostitse tai puhelimitse. Ensimmäisen yhteydenoton yhteydessä kaikki hankeosapuolet ilmaisivat mielenkiintonsa osallistua haastatteluun, mutta kevään 2020 poikkeusolosuhteista johtuen kohteen B pääurakoitsijan edustaja oli estynyt osallistumaan haastatteluun ja kohteen C pääurakoitsijan edustajan kanssa haastattelu toteutettiin tyypistetysti sähköpostitse. Haastattelut järjestettiin taulukossa 13 esitettyjen tahojen kanssa etäyhteyksin puolistrukturoituna haastatteluina. Kullekin taholle laadittiin tämän toimialan mukainen kysymyslista, jolloin varmistettiin haastateltavan riittävät lähtötiedot kysymyksiin vastaamiseksi. Koordinaattoreiden haastattelukysymykset valikoitiin muiden hankeosapuolien kysymyslistoista. Haastattelukysymykset on esitetty liitteissä A-E. Haastattelukysymysten ohessa keskusteltiin laajasti kosteuden- ja puhtaudenhallinnasta, niiden toteutuksesta ja roolista niin yleisesti kuin tutkimuskohdekohtaisestikin.

Taulukko 13. *Haastatteluihin osallistuneet hankeosapuolet kohteittain.*

Kohde A	Kohde B	Kohde C
Vastaava työnjohtaja	Projekti-insinööri	Työpäällikkö
Rakennustöiden valvoja	Rakennustöiden valvoja	Rakennustöiden valvoja
Kosteudenhallintakoordinaattori	Siivousurakoitsija	Siivousurakoitsija
Puhtaudenhallintakoordinaattori	Kosteudenhallintakoordinaattori	Kosteudenhallintakoordinaattori
	Puhtaudenhallintakoordinaattori	Puhtaudenhallintakoordinaattori

### 3.2 Tutkimuskohteiden yleistiedot

Tutkimuskohteiksi valituissa kohteissa oli paljon samankaltaisuuksia, mutta myös eroavaisuuksia. Kohteiden perustiedot on selkeyden ja vertailtavuuden vuoksi esitetty taulukossa 14. Lisäksi tässä alaluvussa esitetään joitakin muita kohteiden yleistietoja, esimerkiksi rakennuspaikkojen pohjaolosuhteet ja yleishuomioita rakennuspaikkojen kosteusteknisistä ominaisuuksista. Kohteiden tietoja käsitellään aakkosjärjestyksessä.

Taulukko 14. *Tutkimuskohteiden perustiedot.*

Kohde	Koko (brm <sup>2</sup> )	Kerroslukumäärä	Kohteen käyttötarkoitus	Sisäilmatoluokka	Puhtausluokka	Toteutusmuoto
A	670	1	Opetusrakennus	S1	P1	KVR-urakka
B	1100	1	Hoitoalan rakennus	S2	P1*	Jaettu urakka
C	3000	2	Opetusrakennus	S1	P1	KVR-urakka

\*P1-puhtausvaatimus otettiin käyttöön sisätyövaiheen alkaessa

Kohde A toteutettiin siten, ettei kohteessa käytetty lainkaan mineraalivillaa tai liimattavia lattiapinnoitteita. Rakennusalueen maaperä koostui pääasiassa savikerroksista, minkä vuoksi rakennuksen perustukset tehtiin paalujen varaan. Rakennuspaikan kosteustekniset olosuhteet olivat tavanomaiset, joten ne eivät aiheuttaneet haasteita kohteen kosteudenhallinnassa. Kokonaisvastuu- eli KVR-urakkaan sisältyivät myös takuuajan huoltotoimenpiteet. KVR-urakalla tarkoitetaan rakennusurakkaa, jossa urakoitsija huolehtii koko rakennushankkeen toteuttamisesta mukaan luettuna kokonaiskoordinaointi ja suunnittelu (Kiinteistöoikeus). Kohteen kaikkien suunnittelualojen suunnitelmat toteutettiin pääurakoitsijan organisaation ulkopuolisten suunnittelijoiden toimesta. Rakennesuunnitelmien lisäksi pääurakoitsijan tuli ennen työvaiheiden aloittamista esittää tilaajalle suunnittelijoiden laatusuunnitelma, työtä koskeva laadunvarmistusjärjestelmä sekä selvitys siitä, miten pääurakoitsija varmistaa oman sekä aliurakoitsijoidensa työsuorituksen laadun.

Kohde B toteutettiin siten, että puhtausluokkaan P1 siirryttiin vasta sisätyövaiheeseen siirryttäessä. Kohde toteutettiin käyttämällä useita erilaisia rakennetyyppejä, esimerkiksi erilaisia välipohjatyyppejä oli kuusi ja maanvastaisia seinätyyppejä kolme erilaista. Erilaiden rakennetyyppien runsaus aiheutui osin siitä, että kohteessa on allasosasto, joka asettaa rakenteiden kosteustekniselle toiminnalle tiukempia vaatimuksia kuin kuiville tiloille. Kohde rakennettiin alueelle, jonka olosuhteet olivat kosteusteknisesti haastavat ja jonka maaperä oli pilaantunut. Maaperä sisälsi puuta, tiiltä sekä metallia ja sen puhdistamismenetelmäksi valittiin massanvaihtomenetelmä. Maaperän heikon kantavuuden vuoksi kohde perustettiin paalujen varaan.

Kohteen C rakennuspaikan kosteustekniset olosuhteet olivat tavanomaiset, joten niistä ei aiheutunut haasteita kohteen kosteudenhallintaan. Kohde toteutettiin käyttämättä lainkaan mineraalivillaa tai liimattavia lattiapinnoitteita. Kohteen rakennuspaikan maaperä

oli kantavuudeltaan heikkoa, minkä vuoksi rakennusalueella suoritettiin massanvaihtoja. Ennen rakennustöiden aloittamista pidetyssä valvontapalaverissa kosteuden- ja puhtaudenhallintakoordinaattoreiden työmaakäynnit aikataulutettiin ensisijaisesti suoritettavaksi runkovaiheen valmistumisen jälkeen, vesikatto- ja julkisivuvaiheen puolivälissä, sisätyövaiheessa ennen lattioiden päällystämistä ja talotekniikan asiantuntijan IV-asennusten valmistuttua. Muista kohteista poiketen kohteessa C jouduttiin tekemään pölyä aiheuttavia töitä vielä puhtaustarkastuksien jälkeenkin. Tämä aiheutti sen, että kohteessa jouduttiin tekemään tavanomaisien 3-4 puhtaustarkastuksen lisäksi useita lisätarkastuksia.

### 3.3 Kosteudenhallinnan toteuttaminen tutkimuskohteissa

Kohteen A kosteudenhallinnassa sovellettiin A-Insinöörit Kosteusturva -palvelun lisäksi Kuivaketju10-toimintamallia. Kosteudenhallintaselvityksessä edellytettiin, että Kuivaketju10-toimintamalli sisällytetään osaksi suunnittelukokouskäytäntöä ja toimintamallin on oltava jokaisen työmaakokouksen asialistalla. Kohteen suunnitelmien rakennusfysiikkaalinen toiminta tarkastettiin osana Kosteusturva-palvelua ja suunnitelmissa havaituista puutteista ilmoitettiin tilaajan suunnitelmataarkastajalle, joka välitti tiedon urakoitsijan projektipäällikölle. Projektipäällikkö ilmoitti puutteet kyseisen suunnittelualueen suunnittelijalle. Näin toimittiin kaikkien suunnitelmahuomioiden kanssa, jolloin vältyttiin tiedonkulun katkoksilta. Vaikka suunnitelmat tarkastettiin myös kosteudenhallintakoordinaattorin toimesta, oli pääurakoitsija vastuussa siitä, että suunnitelmat täyttivät asetetut vaatimukset.

Kohteen A hankintaneuvotteluissa korostettiin tilaajan keskeisintä tavoitetta: kohteen sisäilmaston tulee olla puhdas ja terveellinen. Kosteudenhallinnan osalta tämän tavoitteen saavuttamiseksi edellytettiin korostettua rakennusaikaista kosteudenhallintaa sekä kattomuodon valintaa siten, että vesikatossa on räystäät. Hulevesien poisjohtaminen toteutettiin johtamalla hulevedet viivyttämättöminä tontin reunalla olevaan avo-ojaan. Rakennusaikaiselle kosteudenhallinnalle esitettiin vaatimus siitä, että KVR-urakoitsijan on toteutettava urakkasuorituksensa siten noudattamalla sääsuojauksessa Ratu S-1232 Rakennustyömaan sääsuojaus -ohjekortin periaatteita.

Kaikkien haastateltavien tahojen mukaan kohteen A kosteudenhallinta sujui mallikelpoisesti, eikä hankkeen aikana havaittu kosteudesta aiheutuneita ongelmia. Työmaalla suhtauduttiin kosteudenhallintaan asiaan kuuluvalla vakavuudella ja kosteudenhallinnasta vastuussa olevat tahot hoitivat vastuualueensa ammattitaitoisesti niin rakennustöiden valvojan kuin kosteudenhallintakoordinaattorinkin kommenttien perusteella. Kohteeseen suoritettiin sovitut työmaakäynnit kosteudenhallintakoordinaattorin toimesta, mutta ylimääräisille käynneille ei ollut tarvetta. Koska kohteen kosteudenhallinta sujui ongelmitta

ja työmaa hoiti vastuullaan olevat toimenpiteet moitteettomasti, jäi kosteudenhallinta-koordinaattorin rooli kohteessa A verrattain pieneksi. Kuvassa 9 on esitetty yleiskuvia kohteesta A.



**Kuva 9.** Yleiskuvia kohteesta A

Kohteen B kosteudenhallinnassa painotettiin erityisesti työmaavaiheen kosteudenhallinnan toteutusta. Kaikkien kosteudesta mahdollisesti vaurioituvien rakennusosien asennus- ja rakennustyöt oli suoritettava sääsuojan sisällä ja rakenteiden kuivumista seurattiin jatkuvatoimisilla rakenteisiin asennettavilla mittalaitteilla, jotka tallensivat mittaustulokset tunnin välein. Kohde rakennettiin olemassa olevan rakennuksen laajennusosaksi, joten liitoskohdan sääsuojauksella varmistettiin sekä kiinteistön uuden että vanhan osan rakenteiden kuivana säilyminen. Ulkoseinien sääsuojana toimivat julkisivuelementtien alusrappaukset ennen pintarappausta. Vesikattorakenteet tehtiin pohjahuopaan asti sääsuojan alla. Ennen vesikaton sääsuojauksen asentamista poistettiin yläpohjarakenteeseen asennettu työmaa-aikainen kaivo. Käytönaikaista kosteudenhallintaa tuettiin muun muassa käsittelemällä kosteudelle altistuvien kalustelevyjien kaikki, myös näkyttömässä olevat, pinnat ja reunat kosteudensuoja-aineella.

Kosteudenhallintaohjeeseen oli taulukoitu kohteen kosteusteknisesti poikkeuksellisen vaativat yksityiskohdat ja rakenteet. Kosteusteknisiä suunnittelupuutteita havaittiin kohteen B vesikattorakenteessa ja räystäissä, ryömintätilassa, joissakin ikkunarakenteissa



sekä alapohjalaatan pinnoitteen valinnassa. Kohteen kosteusteknisesti haasteellisen sijainnin vuoksi sekä alapohjarakenteen että vaipparakenteiden toteutuksen kosteusteknistä toimivuutta korostettiin. Allasosaston rakenteiden ja rakenneosien kosteusteknisestä toimivuudesta takaamiseksi suunnitelmien tarkastamiseen tuli kiinnittää erityistä huomiota ja joitakin suunnitelmaratkaisuja jouduttiinkin muuttamaan.

Rakennusaikana kohteessa tapahtui kolme pienimuotoista vesivahinkoa, joista yksi aiheutui huippuimurin rakenteiden epätiiveydestä ja toinen allasosaston vesipumpun rikkoutumisesta ja kolmas saunatiloissa rikkoutuneen sprinklerisuuttimen vesivuodosta. Kohteessa oli varauduttu mahdollisiin vesivahinkoihin vesi-imurein ja kuivaimin, joten vesivahinkoihin pystyttiin reagoimaan nopeasti. Vesivahingoista ei aiheutunut rakenteellisia vaurioita urakoitsijan nopean toiminnan ja asianmukaisen vesivahinkoihin varautumisen ansiosta. Vesivahingoista aiheutuneiden toimenpiteiden ohella kohteen B työmaa-aikainen kosteudenhallinta oli toteutettu hyvin. Materiaalien työmaa-aikaiset suojaukset olivat pääasiallisesti kunnossa, rakenteet kuivuivat pääasiassa odotusten mukaisesti ja kosteudenhallinta oli osa työmaan jokapäiväistä toimintaa ja se otettiin ammattitaitoisesti huomioon rakennusvaiheen kaikissa työvaiheissa. Tarvittaessa yksittäisten rakenteiden ja alueiden kuivaamisessa käytettiin levykuivaimia, kuten kuvasta 10 nähdään.



**Kuva 10.** Kohteessa B käytettiin levykuivaimia yksittäisten alueiden kuivaamiseen

Kohteessa C rakentamisvaiheen kosteudenhallinnan laadunvarmistamiseksi kosteudenhallintasuunnitelmaan kirjattiin muun muassa, että kosteudenhallinnassa noudatetaan

Kuivaketju10-periaatteita, ulkoseinä- tai vesikattorakenteita ei asenneta sateella, vesivahinkoihin varaudutaan vedenpoisto- ja kuivatuskalustolla, materiaalien varastointia työmaalla vältetään ja kuivumisolosuhteiden varmistamiseksi sisäilman lämpötilaa ja kosteutta seurataan päivittäin. Käytönaikaisia vesivahinkoja ehkäistiin yleisten käytäntöjen mukaisesti koeponnistamalla vesiputket ennen niiden peittämistä sekä sulkemalla työmaan käyttövesijohdot työpäivän päätteeksi ja viikonlopuiksi. Ennen toteutusvaiheen alkamista kosteudenhallintakoordinaattorin työmaakäynnit aikataulutettiin ja ne sijoituivat runkovaiheen valmistumiseen, vesikatto- ja julkisivuvaiheen puoliväliin, sisätyövaiheeseen ennen lattiapäällystettä ja ilmanvaihtoasennusten valmistumiseen.

Kohteen C suunnitelmien rakennusfysikaalinen toiminta tarkastettiin osana A-Insinöörit Kosteusturva -palvelua. Tarkastuksessa havaittiin joitakin puutteita tai tarkennusta vaativia kohtia. Esimerkiksi jossakin välipohjatyypissä ei ollut huomioitu lainkaan talotekniikan vaatimaa tilaa ja väestönsuojan yläpuolisen välipohjan tuuletuksen toiminnasta ei ollut varmuutta. Myös joidenkin detaljien osalta vaadittiin tarkkaa toteutuksen suunnittelua, jotta detaljien toimintavarmuus pystyttiin takaamaan.

Toteutuksen aikana havaittiin useita kosteusteknisiä ongelmia, minkä vuoksi etenkin yläpohjarakenteiden kosteuspitoisuuksia tarkkailtiin tiiviisti. Yläpohjarakenteen poikkeukselliset kosteusrasitukset aiheutuivat viivästyneestä vesikaton asentamisesta ja yläpohjarakenteen päällä olevan höyrynsulun paikoittaisesta rikkoontumisesta. Sade- ja sulamisvedet pääsivät rikkoutuneista kohdista höyrynsulun alle, mutta kosteus ei päässyt haihtumaan rakenteesta pois. Yläpohjarakenteen saumoista alempiin kerroksiin valunut vesi kasteli alla olevia rakenteita ja kerääntyi paikoitellen kerroksissa varastoitujen tuotteiden alle ja suojapakkauksien päälle. Kuvassa 11 nähdään kerrokseen valuneen veden aiheuttamia jälkiä. Ylä- ja välipohjarakenteiden kastumisen vuoksi kosteudenhallintakoordinaattori edellytti laajoja kuivaustoimenpiteitä rakenteiden kuivumisen edistämiseksi sekä eristeiden asentamisen ja rakenteiden pinnoittamisen mahdollistamiseksi. Välipohjarakenteiden kosteusrasitusta lisäsi timanttileikkauksissa käytetyn veden valuminen välipohjalaatalle.



**Kuva 11.** Kerroksiin valunut vesi kasteli rakenteita

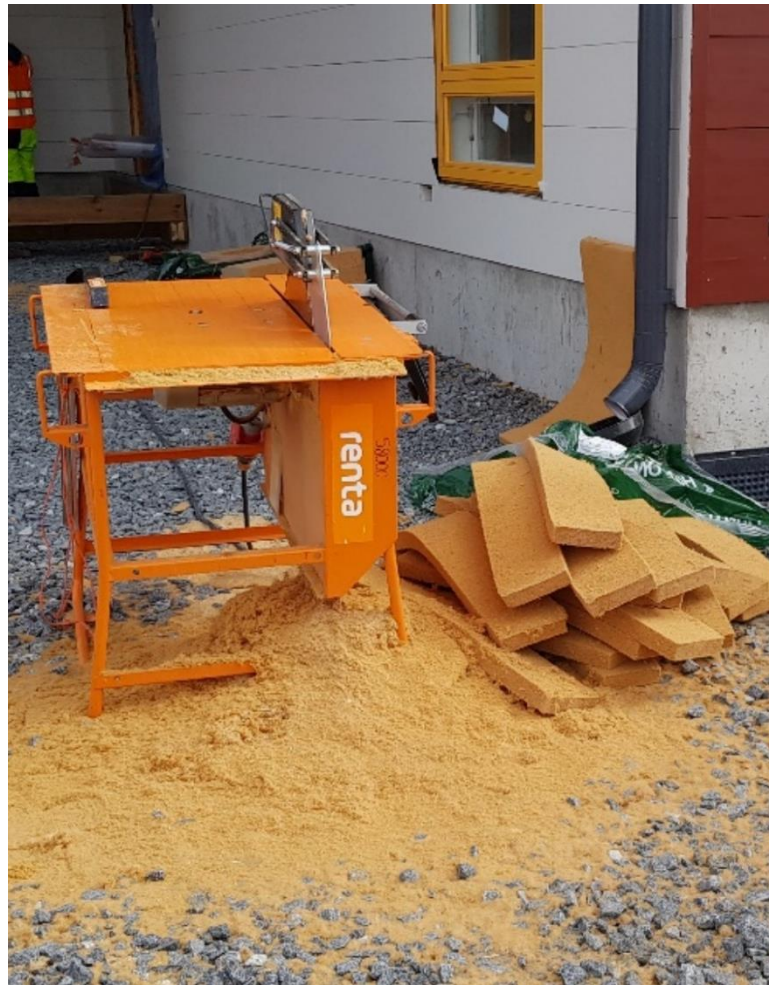
Ensimmäisen yläpohjarakenteen kosteustarkastuksen jälkeen yläpohjarakenteen ja höyrynsulun kunto tarkastettiin uudelleen kahden kuukauden päästä pistokokeenomaisesti. Tarkastuksen yhteydessä havaittiin, että yläpohjarakenteen päällä oli paikoitellen jopa irtovettä. Kosteudenhallintakoordinaattori ohjeisti työmaata aloittamaan yläpohjarakenteen kuivaamisen välittömästi ja järjestämään rakenteen seurantakosteusmittaukset kahden viikon välein. Saman tarkastuksen yhteydessä huomattiin ensimmäisen kerroksen betonirakenteisessa seinässä kosteuden aiheuttamia pinnoitevaurioita. Vaurioitunut seinä oli pinnoitettu molemmin puolin, minkä vuoksi kosteudenhallintakoordinaattori ohjeisti työmaan johtoa hiomaan seinän puhtaalle betonipinnalle kuivumisen edistämiseksi. Edellisessä tarkastuksessa annetun ohjeistuksen mukainen välipohjarakenteen kuivaaminen oli tuottanut tulosta, mutta kuivausta ohjeistettiin vielä jatkamaan. Aiemmin oli havaittu myös, että väestönsuojan ja ulkoseinärakenteen välisessä tilassa oli irtovettä ja työmaata oli ohjeistettu aloittamaan myös tämän tilan kuivaus, kuivaimet eivät kuitenkaan olleet käytössä, kun tila seuraavan kerran tarkastettiin. Kuivaimet olivat pois käytöstä myös kahden viikon kuluttua, kun kohteeseen suoritettiin seuraava tarkastus.

Kohteessa oli useita kosteusteknisiä haasteita, jotka johtuivat niin inhimillisistä virheistä, puutteellisesta suojauksesta kuin ohjeistuksien ja suunnitelmien noudattamisen laiminlyömisestäkin. Kuten muissakin kohteissa, myös kohteessa C havaittiin, kuinka tärkeässä roolissa urakoitsijoiden asennoituminen kosteuden- ja puhtaudenhallintaan kokonaisuuden kannalta on. Mikäli työmaalla ei noudateta kosteudenhallintakoordinaattorin kehoituksia ja ohjeita, tulisi koordinaattorin voida asettaa pääurakoitsijalle järeämpiä pakotteita, jotta kosteudenhallinta saataisiin takaisin oikeille urille.

### **3.4 Puhtaudenhallinnan toteuttaminen tutkimuskohteissa**

Kohteen A puhtaudenhallinta huomioitiin jo hankkeen tarjousten arvioinnissa, jossa pisteytettiin muun muassa siivottavuuden huomioiminen. Siivottavuutta korostettiin myös asettamalla kohteen sisäilmaston puhtaus ja terveellisyys hankintaneuvotteluissa keskeiseksi tavoitteeksi. Tavoitteen saavuttamiseksi puhtaudenhallinnan kannalta oleellista olikin suunnitella tilat helposti siivottaviksi. Toteutusvaiheen puhtaudenhallinnan laatu varmistettiin esimerkiksi asettamalla urakkaohjelmaan ehto ilmanvaihtokanavien puhdistamisesta. Ehtona oli: mikäli ilmanvaihtokanavistoa ei työn aikana suojata asianmukaisesti eikä KVR-urakoitsija suostu puhdistamaan kanavistoa, on tilaajan edustajalla oikeus puhdistuttaa kanavisto KVR-urakoitsijan kustannuksella.

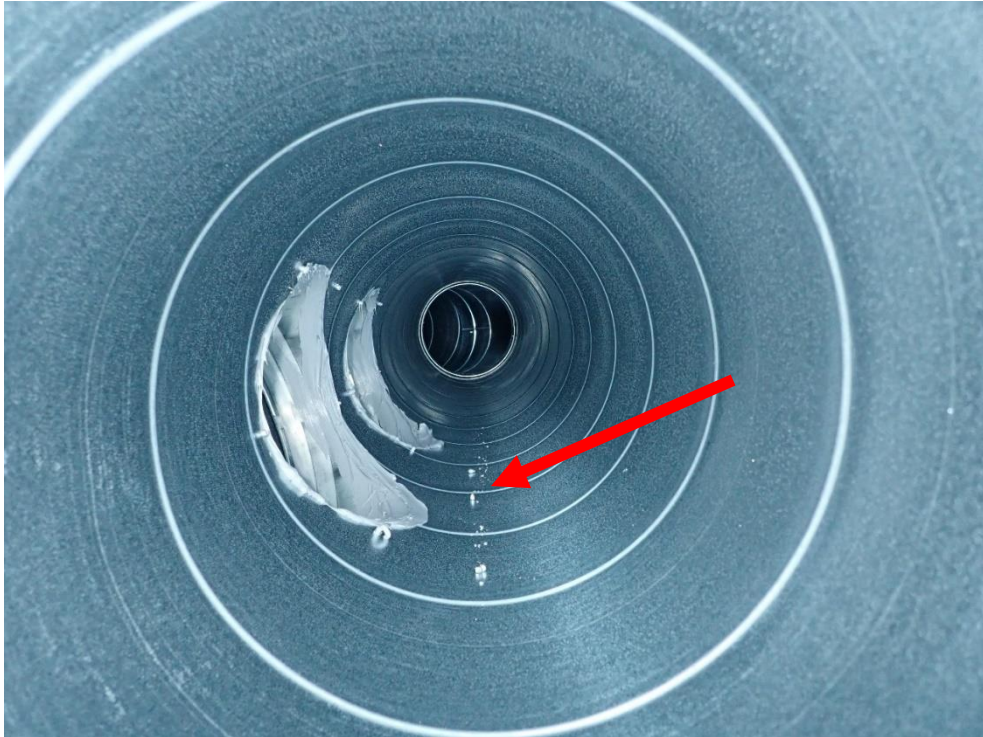
Yleisesti kohteen puhtaudenhallinta oli hyvällä tasolla. Työmaalla oli positiivinen asenne puhtaudenhallintaan, kohteen sahaukset ja laastisekoitukset tehtiin pääsääntöisesti ulkona tai vaihtoehtoisesti osastoiduissa, alipaineistetuissa sisätiloissa kohdepoistoja käyttämällä eikä tiloja käytetty varastointiin. Ulkona sijaitseva sahauspiste on esitetty kuvassa 12. Puhtaustarkastuksien yhteydessä havaittiin yksittäisiä siivoamattomia tiloja tai kohtia, joita ei ollut puhdistettu. Puhdistamattomista tiloista poistettiin pöly ja lika tarkastuksien yhteydessä. Joiltakin osin puhtaustarkastuksia jouduttiin tekemään uudestaan. Syynä oli ilmeisesti se, että puhtaustasovaatimukset eivät olleet selvät siivoajille.



***Kuva 12. Ulkona sijaitseva sahauspiste***

Ilmanvaihtokanavat todettiin pääosin pölyttömiksi, mutta joissakin kanavissa havaittiin kanavien porauksista aiheutunutta leikkausjätettä eli metallijäyستettä. KVR-urakoitsija ei pitänyt metallijäyستeden kanavista poistamista tarpeellisena, jolloin kanavien puhdistamista piti vaatia puhtaudenhallintakoordinaattorin ja LVI-valvojan toimesta. Kuvassa 13 nähdään ilmanvaihtokanavassa olevia metallijäyستeitä. Työmaan siivous toteutettiin yhden työmaasiivouksesta vastaavan henkilön toimesta ja loppusiivous tilattiin ulkopuoliselta urakoitsijalta. Kohteen yleisaikatauluun oli varattu pölyttömäksi siivoukselle aikaa noin viikko ja loppusiivoukselle noin 1,5 viikkoa.





**Kuva 13.** Ilmanvaihtokanavissa havaittiin metallijäysteitä

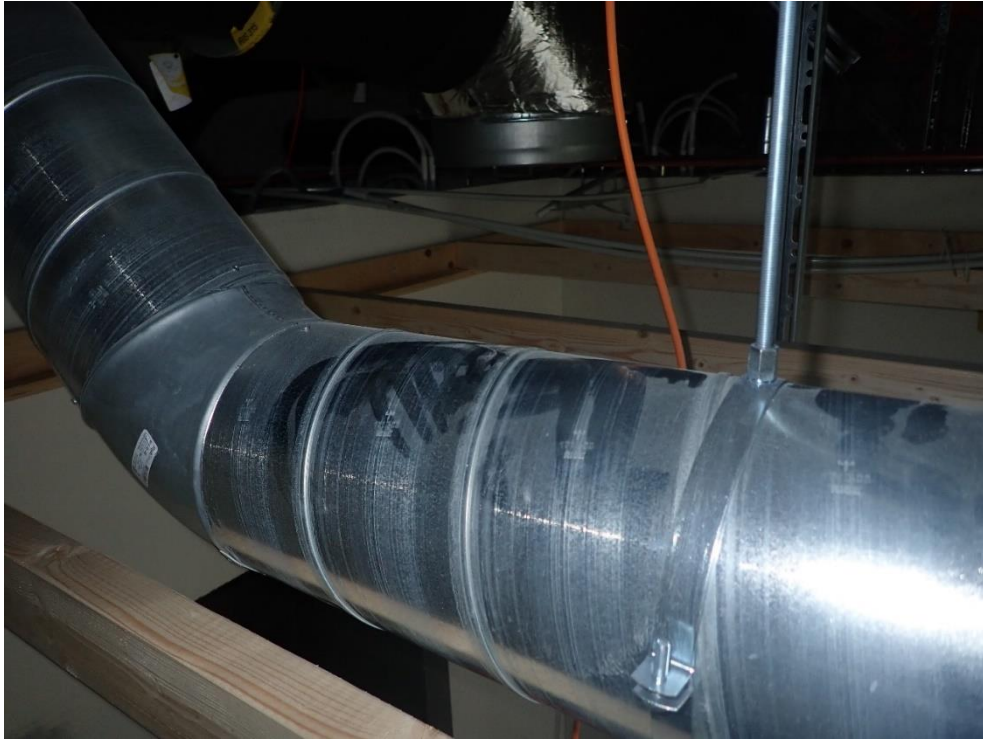
Kohteen B runkovaihe toteutettiin puhtausluokan P2 mukaan, mutta sisätyövaiheen alkaessa siirryttiin puhtausluokkaan P1. Muista kohteista poiketen kohteen loppusiivous tehtiin laajennettuna. Rakennusaikaista lattiapintojen puhtautta ylläpidettiin muun muassa peittämällä kaikki lattiapinnat kokonaan levy- tai kartonkisuojilla. Kuten kohteessa A, myös kohteessa B sahaus- ja laastinsekoitustyöt suoritettiin joko ulkona tai työhön tarkoitettussa osastoidussa ja alipaineistetussa sisätilassa kohdepoistoja käyttäen.

Puhtaudenhallinnan osalta haasteita aiheuttivat korkeat alakattotilat, joissa talotekniikka kulki useiden metrien korkeudessa. Alakattotilojen yläpuoliset tilat piti puhdistaa henkilönostinta käyttämällä ennen alakattojen sulkemista, koska alakattorakenteita ei niiden sulkemisen jälkeen voinut enää avata. Tästä syystä myös kaikki talotekniikan puhtaus-tarkastukset piti suorittaa ennen alakattojen sulkemista. Myös allasosaston ritilämallinen alakattotyyppi aiheutti ongelmia, koska puutteellisen suojauksen ja osastoinnin vuoksi allasosastoon pääsi pölyä, joka oli todella vaikea poistaa ritilätyyppisestä alakatosta. Allasosaston ilmanvaihtokanavassa havaittiin poikkeuksellisen paljon tehtaalla kanavaosiin jääneitä öljyjäämiä. Kuvassa 14 esitetään öljyinen ilmanvaihtokanava. Öljyä oli niin runsaasti, että kanavat jouduttiin puhdistamaan kahteen kertaan, jotta kanavista saatiin puhtaat. Muutoin ilmanvaihtokanavat oli pääasiallisesti puhtaat asianmukaisten kanavien päiden tulppausten ansiosta.



**Kuva 14.** Allasosaston ilmanvaihtokanavissa havaittiin öljyä

Allasosaston puutteellista osastointia lukuun ottamatta kohteen B puhtaudenhallinta toteutettiin todella hyvin ja puhtaudenhallinnan toimenpiteet sekä puhtaustarkastukset otettiin hyvin vastaan työmaalla. Mikäli työmaalla havaittiin haasteita puhtaudenhallinnassa, oli puhtaudenhallinnasta vastaava työnjohtaja aktiivisesti yhteydessä puhtaudenhallintakoordinaattoriin avun ja ohjeiden saamiseksi. Kohteen siivous toteutettiin ammattitaitoisesti ja satunnaiset epähuomiossa siivoamattomaksi jääneet kohdat puhdistettiin puhtaustarkastusten yhteydessä. Puku- ja pesutilojen ilmanvaihtokanavien päällä havaittiin runsaasti pölyä, jonka vuoksi kohteeseen tehtiin yksi ylimääräinen puhtaustarkastuskäynti. Kuvassa 15 havainnollistetaan ilmanvaihtokanavien yläpintojen pölyisyyttä.



**Kuva 15.** Puku- ja pesutilojen ilmanvaihtokanavien päällä havaittiin runsaasti pölyä

Kohteen C työmaavaiheen puhtaudenhallinnan laadunvarmistamiseksi pölynhallinta- ja kosteudenhallintasuunnitelmassa esitettiin, että sisäilman laatua ja pölyisyyttä seurataan ja valvotaan viikoittaisten TR-mittausten yhteydessä ja materiaalit pyritään tilaamaan määrämittäisinä, jotta työmaalla vältytään materiaalien käsittelyltä. LVI-järjestelmien puhtauden takaamiseksi asiakirjoihin kirjattiin ohje avoimien putkien ja kanavien päiden tulppaamisesta töiden keskeytyessä sekä lattiakaivojen peittämisestä kiinnitettävillä muovikansilla. Puhtaudenhallintaohjeessa pääurakoitsija vastuutettiin puhtausluokan P1 rakennustöiden koordinoinnista, työvaiheiden yhteensovittamisesta, aikataulun laadinnasta sekä toiminnan ohjauksesta ja valvonnasta siten, että puhtausluokan P1 rakennus- ja ilmanvaihtoasennustöille asetetut vaatimukset toteutuvat koko rakennushankkeen ajan. Pääurakoitsijan vastuulla oli myös puhtausluokan P1 rakennus- ja ilmavaihtoasennustyölle ja työmaaolosuhteille asetettujen vaatimusten ja velvollisuuksien tiedottaminen muille urakoitsijoille sekä käyttäjän edustajille. Puhtaudenhallintaohjeeseen oli kirjattu myös rakennuttajien oikeus siitä, että jos kohteessa käytetään puutteellisia tai vääriä siivousmenetelmiä, on rakennuttajilla oikeus keskeyttää siivoustyö. Ohjeessa myös korostettiin pääurakoitsijan vastuuta perehdyttää kohteen muut urakoitsijat P1-vaatimukseen.

P1-puhtausluokan vaatimukset tai kunkin puhtaustarkastuksen sisältö ei ollut täysin selkeä työmaan johdolle. Kohteessa suoritettiin pölyäviä töitä samoissa tiloissa, joissa oli tulppaamattomia ilmanvaihtokanavia ja joissa säilytettiin avattuja materiaalipakkauksia,



tulppaamattomia ilmanvaihtokanavan osia ja irtokalusteita. Lisäksi joidenkin rakenteilla olevien koteloiden sisällä oli runsaasti rakennusjätettä. Puhtaustarkastuksien sisällön epäselvyys työnjohdolle selvisi, kun useaan kertaan puhtaudenhallintakoordinaattori oli tilattu tekemään eri puhtaustarkastusta kuin työnjohto oli oikeasti tarkoittanut. Esimerkiksi puhtaudenhallintakoordinaattori oli tilattu tekemään loppusiivoukseen vaiheen kaksi puhtaustarkastusta, vaikka tarkoitus oli tehdä puhtaustarkastus ennen ilmanvaihtokoneiden käynnistämistä. Näiden kahden puhtaustarkastuksen vaatimukset poikkeavat suuresti toisistaan, minkä vuoksi tilat vaikuttivat hyvin pölyisiltä, kun tiloja tarkasteltiin luovutusvaiheen puhtausvaatimuksien mukaisesti.

Sisärakennusvaiheen alettua kohteen C tilojen osastoinnit oli toteutettu todella hyvin ja osastoinneissa käytettiin asianmukaisia alipaineistuksia. Osastointien seinien tiiveys oli varmistettu runkopuiden liittymiin asennettavilla solumuovikaistoilla eikä osastoiduilla alueilla varastoitu rakennusmateriaaleja tai -jätteitä. Myös ilmanvaihtokanavat olivat asianmukaisesti tulpattu osastoissa. Kuvassa 16 esitetään esimerkki tilojen osastoinnista. Kohteessa jouduttiin kuitenkin tekemään monin aluein purkutöitä, joiden aikana osastoinnit eivät enää olleet samalla tasolla. Purkutöiden ja puutteellisten suojausten vuoksi pölyä pääsi niin alakattojen yläpinnoille, ilmanvaihtokanaviin kuin kaikille tiloissa oleville pinnoillekin. Kuva 17 on otettu alakattojen yläpuolelta lattioiden pinnoitteiden purkutöiden ja uudelleen pinnoittamisen jälkeen. Lisäksi erään puhtaustarkastuksen aikana sisäilmassa leijaili runsaasti pölyä.



**Kuva 16.** Sisärakennusvaiheessa kohteen C osastoinnit oli toteutettu hyvin



**Kuva 17.** Lattioiden purku- ja uudelleenpinnoittamistöiden jälkeen alakattojen päällä oli runsaasti akryylimassalattioiden purkujätettä

Joidenkin puhtaustarkastuksien osalta riitti, että tarkastuksen yhteydessä puhdistettiin yksittäiset pölyiset kohdat, jotta työmaalla päästiin jatkamaan seuraavan työvaiheeseen, mutta esimerkiksi ilmanvaihtokanavien puhdistamisesta huolimatta kanavissa havaittiin rakennuspölyä ja kanavat puhdistutettiin uudelleen. Tiloja siivottiin ja tilojen puhtaustasot tarkastettiin useaan kertaan, kunnes puhtaustaso vastasi kaikilta osin vaadittua tasoa. Kohteen siivousurakoitsija oli erittäin ammattitaitoinen, mutta pölyä tuottavien töiden ja puutteellisten puhtaudenhallintakeinojen vuoksi tilojen puhtaus ei vastannut asetettuja vaatimuksia, mikä aiheutti ylimääräisiä puhtaustarkastuskäyntejä kohteessa. Varsinkin ilmanvaihtokanavien puhtauden suhteen oltiin erittäin tarkkoja, koska ilmanvaihtokanaville oli asetettu P1-puhtausluokasta poiketen vaatimus, jonka mukaan kanavissa ei saa olla lainkaan pölyä.

Kuten kosteudenhallinnan, myös puhtaudenhallinnan ongelmat kohteessa C aiheutuivat etenkin inhimillisistä virheistä, ohjeistuksien ja suunnitelmien noudattamisen laiminlyönnistä sekä pääurakoitsijan asenteesta puhtaudenhallintaa kohtaan. Lisäksi ongelmia puhtaudenhallinnassa aiheuttivat puutteelliset osastoinnit, kohdepoistojen puuttuminen, materiaalien varastointi tiloissa sekä ilmanvaihtokanavien puutteelliset tulppaukset. Kuten kosteudenhallintakoordinaattorille, myös puhtaudenhallintakoordinaattorille toivottiin usean tahon toimesta parempia mahdollisuuksia vaikuttaa urakoitsijoiden toimintaan ja asettaa heille pakotteita puhtaudenhallinnan laadun parantamiseksi. Haastattelussa ilmeni, että kohteen työnjohto piti kosteuden- ja puhtaudenhallintaa tärkeinä, mutta he kokivat tarkastuksien määrän varsin runsaana ja puhtaudenhallinnan liioiteltuna.

## 4. A-INSINÖÖRIT KOSTEUSTURVA -PALVELU

### 4.1 A-Insinöörit Kosteusturva -palvelun esittely

A-Insinöörit Kosteusturva -palvelu on Terve talo -kriteerien pohjalta kehitetty kosteuden- ja puhtaudenhallinnan suunnitteluun ja toteuttamiseen kehitetty palvelu, jonka ohjaavien ja tarkastavien toimenpiteiden päätavoitteena on luoda tilaajalle terveellinen, turvallinen ja toimiva kiinteistö koko rakennuksen elinkaaren ajaksi. Palvelun keskiössä ovat kosteuden- ja puhtaudenhallintakoordinaattorit, jotka luovat hankkeen osapuolille edellytykset onnistua omassa tehtävässään kosteuden- ja puhtaudenhallinta huomioiden (Sihvo et al., 2019). Tavoitteena on esittää terveellisen rakentamisen tarpeet ja vaatimukset heti hankkeen alussa, jotta mahdollistetaan laadukkaan, terveellisen ja turvallisen lopputuotteen valmistuminen. Kosteusturva-palvelulla ei korvata suunnittelu- tai valvontaorganisaatiota, vaan palvelu toimii näiden organisaatioiden tukena, varmistaen tarpeellisten puhtauden- ja kosteudenhallinnan toimenpiteiden toteuttamisen. Palvelun avulla tehostetaan tavanomaisesti käytettäviä, luvussa 2 esitettyjä, puhtauden- ja kosteudenhallinnan prosesseja, kuitenkin laajentamalla niitä. Kosteusturva-palvelulla myös täydennetään hankkeen osapuolien vastuualueiden välille jääviä alueita varmistaen, että kaikkien terveyshaittoihin ja rakennuksen vaurioitumiseen johtavat riskit minimoidaan. (Tarri et al., 2017) Kuvassa 18 esitetään Kosteusturva-palvelun sisältö ja vaiheistus.



**Kuva 18.** A-Insinöörit Kosteusturva -palvelun vaiheistus ja sisältö (Tarri et al., 2017)

Kosteusturva-palvelun prosessi sisältää tehtäviä rakennushankkeen hankesuunnittelusta takuuvaiheeseen. Hankesuunnitteluvaiheessa luodaan pohja toimivalle kosteudenhallinnalle varmistamalla hankeorganisaation osaaminen ja resurssit sekä sopimalla kosteudenhallinnan toimintatavasta (Sihvo et al., 2019). Hankesuunnitteluvaiheen oleellisempina osatehtävänä on varmistaa, että hankkeen kaikilla osapuolilla on käytössään samat kattavat lähtötiedot. Kaikille osapuolille kootaan 10-15 -sivuinen lähtötietoaineisto, johon on sisällytetty mahdollisimman tarkat tiedot kohteesta ja sen suunnittelun ja toteutuksen lähtökohdista. (Tarri et al., 2017) Toinen hankesuunnitteluvaiheen tärkeä toimenpide, on kosteudenhallintaselvityksen laatiminen. Kosteudenhallintaselvitys on ensimmäinen rakennusvalvonnan edellyttämä kosteudenhallinnan tehtävä, minkä vuoksi kosteudenhallintakoordinaattori kiinnitetään hankkeisiin usein vasta ennen rakennusluvan hakemista. Lisäksi kosteudenhallintakoordinaattori varmistaa, että kosteudenhallintaan liittyville suunnitelmille on varattu tarpeeksi aikaa hankkeen suunnitteluajatauluun. Kun suunnittelulle, toteutukselle ja kiinteistön käytölle asetetaan riittävän aikaisin konkreettiset vaatimukset, muodostetaan kosteudenhallinnalla selkeä kokonaisuus, jonka läpiviennistä vastaa kosteudenhallintakoordinaattori. (Sihvo et al., 2019)

Ehdotus-, yleis- ja toteutussuunnitteluvaiheen päätehtävänä on varmistaa, että asetetut vaatimukset, terveellisen rakentamisen edellytykset, kosteusriskit sekä kosteudenhallinta huomioidaan kohteen suunnitelmissa. Tämä toteutetaan käyttämällä itselle luovutus-periaatetta, jonka mukaisesti suunnittelijat käyvät itse laatimansa suunnitelmat läpi, heille annettua tarkastuslistaa apuna käyttäen, ennen suunnitelmien luovuttamista eteenpäin. Suunnittelijat laativat itselle luovutuksesta muistion, joka toimitetaan tilaajalle sekä hankkeeseen nimetyille A-Insinöörien kosteusturvakoordinaattorille. (Tarri et al., 2017) Suunnitelmissa tulee erityisesti kiinnittää huomiota epätavanomaisiin rakenteisiin, joiden suunnitteluun ei ole valmiita ratkaisuja (Sihvo et al., 2019) Ehdotussuunnittelun osatehtäviä ovat suunnitteluvaiheen kosteudenhallintasuunnitelman laatiminen, suunnittelun tarkastuslistojen toimittaminen sekä kustannuslaskenta-aineiston itselle luovutuksen tarkastaminen. Toteutussuunnittelun osatehtäviä ovat sekä kosteuden- että puhtaudenhallintaohjeen laatiminen, urakkalaskenta-aineiston itselle luovutuksen tarkastaminen sekä suunnitelmien detaljien tarkastaminen rakennusfysikaalisesti kriittisten osien osalta. Lähtötietoaineiston perusteella tiedetään rakenteiden rakennusfysikaaliset riskikohdat, jotka vaativat tarkempaa tarkastelua. Tarkastelu voidaan toteuttaa rakenne- tai detaljikohtaisesti tai vielä tarkemmin kolmiulotteisesta mallista. Vaatimuksena onkin, että rakennusfysikaalisesti haastavat rakenneosat tai detaljit huomioidaan jo suunnittelun alussa, jolloin vähennetään suunnitteluvaiheen aikataulullista painetta. (Tarri et al., 2017)

Sisäilmasuunnittelun toteutuksen valvontaa tukee yrityksen käyttöön laadittu Sisäilmasuunnittelun tehtäväluettelo -asiakirja, johon on koottu hankevaiheittain kaikkien suunnittelijoiden, työmaa toteuttajan, valvonnan sekä ylläpidon tehtävät. Asiakirjaan on raskittu kunkin tehtävän kohdalle, minkä osapuolen vastuulla tehtävän toteutus on. Tällöin tehtävän- ja vastuunjako on selkeää ja yksiselitteistä. Asiakirjassa on lisäksi esitetty tehtävään liittyviä tarkennuksia, viite tai liite sekä tehtävän lopputuotos. Näillä lisätiedoilla tarkennetaan tehtävän sisältöä ja esitetään lähde, josta löytyy vaihtoehtoisia suoritustapoja sekä lisätietoa tehtävän suorittamiseen. (A-Insinöörit Suunnittelu Oy, 2015) Ennen rakentamisen aloittamista pidetään kosteudenhallinnan aloituskokous, jossa kosteudenhallintakoordinaattori ja suunnittelijat perehdyttävät päätoteuttajan hankkeen ominaispiirteisiin ja kosteudenhallintaan. Ennen urakasopimuksen allekirjoittamista kosteudenhallintakoordinaattori hyväksyy päätoteuttajan laatiman kosteudenhallintasuunnitelman. Sopimusvaiheessa voidaan ennakoida kosteudenhallinnan toteuttamisessa mahdollisesti aiheutuvia näkemyseroja ja ristiriitoja sitomalla jokin maksuerä onnistuneeseen kosteudenhallintaan. Näin ehkäistään kosteudenhallintaan panostamisen heikkeneminen urakan edetessä. (Sihvo et al., 2019)

Rakentamisvaiheessa varmistetaan rakentamisen kosteudenhallinnan toteutus. Ennen rakentamisen aloittamista suoritetaan työmaan perehdytyksestä vastaavien henkilöiden kouluttaminen puhtaaseen ja kosteusriskejä ehkäisevään rakentamiseen ja kyseessä olevalle hankkeelle ominaisiin kosteus- ja puhtausriskeihin. Ennen rakentamisen aloittamista otetaan myös käyttöön Kosteusturva-indeksi. Kriittisissä työvaiheissa voi lisäksi olla perusteltua pitää kosteudenhallinnan aloituskokous ennen työvaiheen aloittamista, jotta varmistetaan töiden suunnitelmien mukaisuus sekä käydään läpi työvaiheeseen liittyvät riskit ja niiden hallinta (Sihvo et al., 2019). Rakentamisvaiheessa hankkeeseen osallistuu uusia osapuolia ja Kosteusturva-palvelulla pyritään varmistamaan, että asetettujen kosteuden- ja puhtaudenhallintaan liittyvien tavoitteiden sisältämä tieto välitetään uusillekin osapuolille. Koulutuksen tavoitteena on, että perehdytyksestä vastaavat henkilöt lisäävät perehdytysmateriaaleihinsa kosteuden- ja puhtaudenhallintaa käsittelevät osiot ja osaavat perehdyttää työmaalla toimivat osapuolet terveelliseen ja turvalliseen rakentamiseen. (Tarri et al., 2017)

Kosteusturva-palveluun kuulu lisäksi puhtaudenhallintasuunnitelman ja laajennetun työmaavaiheen kosteudenhallintasuunnitelman laatiminen. Kosteudenhallintasuunnitelmassa esitetään kuivumisaika-arviot rakennetyypeittäin sekä rakenteiden kuivumisen todentaminen anturityyppi- ja määrätietoisesti. Käyttövaiheessa tarvittavan mittaustiedon tarve otetaan huomioon anturiverkoston suunnittelussa, jolloin rakenteiden kuivumista

voidaan seurata käyttöönoton jälkeenkin. Laajennetussa kosteudenhallintasuunnitelmassa esitetään muun muassa vaatimukset ja raja-arvot työmaan olosuhteille ja olosuhteiden seurannalle rakentamisen eri vaiheissa, jotta voidaan varmistaa rakenteiden ideaaliset kuivumisolosuhteet. Puhtaudenhallintasuunnitelmassa esitetään eri tilojen ja vaiheiden puhtaudenhallintaan liittyvät vaatimukset sekä menetelmät vaatimuksien täyttämisen todentamiseksi. Kun kosteuden- ja puhtaudenhallintaa toteutetaan samanaikaisesti, voidaan toimenpiteet tarkoituksenmukaisesti suunnitella esimerkiksi ohjeellisen vaiheistuksen ja osastointien suhteen. (Tarri et al., 2017)

Rakentamisvaiheen edetessä auditoidaan työmaan kosteuden- ja puhtaudenhallintaa käyttäen apuna auditointien tarkastuslistaa ja raportoidaan auditoinneista työmaakokouksiin, joihin osallistutaan kutsuttaessa. Auditoinneissa arvioidaan ja kirjataan Kosteusturva-indeksin tasoa työmaapöytäkirjan merkintöjen perusteella sekä pistokoelun- toisilla mittauksilla. Auditoinneissa arvioidaan lisäksi kosteuden- ja puhtaudenhallinnan laatua. Auditointien määrä riippuu hankkeen laadusta ja kestosta. Tyypillisesti auditointeja tehdään 3-4 kertaa työmaavaiheen aikana. Auditointien ja Kosteusturva-indeksin käyttämisen tavoitteena on varmistaa hankkeen suunnitelmien mukainen toteuttaminen. Kosteusturva-indeksi on TR-mittausta vastaava työkalu, jonka avulla seurataan viikoittain kosteudenhallinnan tasoa käytännössä. Kosteusturva-indeksiä arvioidaan työmaa- henkilöstön toimesta samaan tapaan kuin TR-mittauksiakin. (Tarri et al., 2017).

A-Insinöörit kosteusturvakoordinaattorin tehtävänä on lisäksi suorittaa tarpeen ja sopimuksien mukaan 2-4 kertaa kuukaudessa kosteudenhallintasuunnitelmassa esitetyjä mittauksia. Lisäksi hän varmistaa, että kosteusmittausten ja olosuhdemittausten tulokset dokumentoidaan asiaankuuluvalla tavalla. Kosteusturvakoordinaattori ei toimi työmaan valvojana, vaan tuottaa valvojille lisäinformaatiota ja osallistuu tarvittaessa esimerkiksi pinnoitettavuuspäätösten tekemiseen ja puhtaustason riittävyuden arviointiin. (Tarri et al., 2017) Hankkeen aikana laaditaan koordinaattoripäiväkirja, joka luovutetaan rakentamisvaiheen lopulla ennen vastaanottoa. Vastaanottomenettelyn alussa tarkastettavia kosteudenhallintaa koskevia osa-alueita ovat talotekniikan toiminta, huoltokirja ja dokumentaatio. Lisäksi suoritetaan huoltokirjan auditointi ja perehdytetään huolto-organisaatio kohteen kosteustekniseen tarkastamiseen. Huolto-organisaation perehdytyksessä voidaan käyttää apuna yrityksen käyttöön laadittua kohdekäynnin kosteusteknistä tarkastuslistaa.

Käyttöönottovaiheessa Kosteusturva-palvelun toimenpiteet jakautuvat kahteen osaan. Ensimmäisessä osassa kerätään yhteen kosteuden- ja puhtaudenhallintaa koskevat dokumentit, arvioidaan niiden ja työmaalla havaittujen poikkeamien aiheuttamien toimenpi-

teiden kattavuutta sekä onnistumista. Toinen osa koostuu talotekniikasta ja siihen liittyvästä automaatiosta. Toisessa osassa pyritään varmistamaan, että talotekniset järjestelmät on toteutettu ja toteutuksen valvonta on suoritettu asianmukaisesti. Taloteknisten järjestelmien vastaanotto toimintakokeineen ja mittauksineen suoritetaan ennen käyttöönottoa, jolloin käyttöönottovaiheessa kohde on käyttövalmis käyttäjiä varten. Ennen käyttöönottoa LVI-tekniikkaan erikoistunut sisäilma-asiantuntija tekee ilmanvaihtojärjestelmiin kohdistuvan sisäilmatutkimuksiin verrattavissa olevan tarkastuksen, jolla pyritään varmistetamaan rakennuksen toimivuus talotekniikan näkökulmasta. (Tarri et al., 2017)

Kosteusturva-palveluun kuuluu kiinteistön käyttäjien ja huoltohenkilökunnan perehdyttäminen kiinteistön ominaisuuksiin ennen kiinteistön käyttöönottoa. Perehdytysaineisto jakaantuu neljään osaan: käyttäjien, rakennusteknisen huolto-organisaation, talotekniikan huolto-organisaation sekä siivousorganisaation perehdytysaineistoihin. Koska sisäilman laadun parhaina mittareina toimivat ihmiset, on tärkeää, että terveen talon rakentamisen arviointia ei lopeteta käyttöönottovaiheeseen. Koska uusien materiaalien mahdolliset emissiopäästöt ovat suurimmillaan heti rakennuksen valmistuttua, minkä lisäksi rakennusaikaisen kosteuden poistuminen kestää 6-12 kuukautta, tulee sisäilmaan liittyviä tekijöitä seurata erityisellä tarkkuudella vähintään kahden vuoden ajan kohteen valmistamisen jälkeen. Kahden vuoden jälkeen kosteudenhallinnan keinoilla keskitytään kosteusvaurioiden syntymisen ehkäisemiseen. (Tarri et al., 2017)

## 4.2 Nykyisen palvelun hyödyt tilaajalle

Palvelun avulla pyritään varmistamaan Terveen talon -kriteerien ja voimassa olevan Sisäilmastoluokituksen mukaisten vaatimustasojen asettaminen ja vaatimustasojen huomioiminen kohteen suunnitelmissa. Suunnitelmat ja detaljit, niiden rakennusfysikaalinen toimivuus ja kosteusteknisesti kriittiset kohdat tarkastetaan kosteudenhallintakoordinaattorin toimesta ennen kyseessä olevan rakenteen toteuttamista. Tarvittaessa suunnitelmia muutetaan toimivimmiksi kosteusteknisten ongelmien välttämiseksi. A-Insinöörit Kosteusturva -palvelussa ei ole kyse vain teknisestä suorittamisesta, vaan palvelussa otetaan huomioon myös inhimillinen tapa toimia. Palvelu antaa vastauksia esimerkiksi kysymyksiin: kuka toimenpiteet suorittaa, miksi hän suorittaa, milloin hän suorittaa, miten hän suorittaa ja miten suoritusta voidaan parantaa, jos suoritustapa poikkeaa terveellisen rakennuksen toteutustavasta. Näihin kysymyksiin vastataan esimerkiksi koordinaattoreiden pitämässä perehdyttämistilaisuudessa, joka pidetään hankkeen työmaatoteutuksesta ja siivouksesta vastaaville tahoille ennen rakentamisvaiheen alkamista. Perehdytyksen ideana on saada hankkeen eri osapuolet tietoisiksi hankkeelle asetetuista vaatimuksista ja tavoitteista sekä omasta roolistaan ja toimintansa seurauksista niin työn

lopputuloksen laadulle. Tarvittaessa perehdytyksessä käsitellään myös rakenteiden ja tilojen kosteuden- ja puhtaudenhallinnan kannalta oikeaoppisia työ-, toteutus- ja siivoustapoja.

A-Insinöörit Kosteusturva -palveluun sisältyy kosteudenhallintaselvityksen sekä kosteuden- ja puhtaudenhallintaohjeen laatimisen lisäksi puhtaudenhallintasuunnitelman ja laajennetun kosteudenhallintasuunnitelman laatiminen. Laajennetussa kosteudenhallintasuunnitelmassa esitetään muun muassa rakennusosien ja -materiaalien suojaus, rakennetyyppikohtaiset kuivumisaika-arviot, olosuhdehallinta sekä kosteusmittaukset ja muut laadunvarmistustoimenpiteet. Kosteusmittauksissa otetaan kantaa minkälaisella kalustolla ja millä laajuudella mittaukset tulee suorittaa. Kuivumisen mahdollistaville olosuhteille annetaan raja-arvot ja vaatimukset työmaan eri vaiheissa, minkä lisäksi esitetään olosuhteiden seurannan vaatimukset. Puhtaudenhallintasuunnitelmassa esitetään muun muassa rakennuksen eri tilojen ja vaiheiden puhtaudenhallinnan vaatimukset sekä menetelmät niiden toteamiseen. Sopimuksen ja tarpeen mukaan kosteudenhallintakoordinaattori seuraa noin 2-4 kertaa kuukaudessa kohteen kosteusmittauksia, jotta saadaan tietoja niin rakenteiden kuivumisolosuhteista kuin itse rakenteen kuivumisen etenemisestä. Tällöin pystytään päivittämään rakenteiden kuivumisennustetta ja tarpeen mukaan huomioimaan rakenteiden kuivumisen eteneminen hankkeen aikataulussa.

Käyttöönottovaiheessa kootaan yhteen kosteuden- ja puhtaudenhallintaa koskeva dokumentaatio, arvioidaan sen kattavuutta sekä kosteuden- ja puhtaudenhallinnan onnistumista hankkeen aikana. Kohteen valmistuttua pidetään tilojen käyttäjille sekä ylläpitoorganisaatiolle perehdyttämistilaisuus kiinteistön ominaisuuksiin sekä järjestelmien, laitteiden ja tilojen oikeaoppiseen käyttämiseen. Näin pyritään varmistamaan, että käytön-aikaiset toimintatavat eivät aiheuta tiloille liiallisia kosteus- tai puhtausteknisiä rasituksia.

Tiivistettynä A-Insinöörit Kosteusturva -palvelun hyödyt ovat:

- Kosteus- ja sisäilmaongelmien väheneminen
- Sisäilman laatuvaatimusten vastuuttaminen hankkeen eri osapuolille ja laatuvaatimusten toteuttamisen valvominen
- Takuukorjauksien väheneminen
- Käytönaikaisten puhtauden- ja kosteudenhallinnan häiriöiden väheneminen
- Rakennushankkeen toiminnan tehokkuuden kasvaminen
- Elinkaarikustannusten pieneminen



### 4.3 Nykyisen palvelun laadunvarmistuskeinot

A-Insinöörit Kosteusturva -palvelu sisältää monia eri laadunvarmistuskeinoja suunnittelusta rakennuksen käyttöön saakka. Laadunvarmistuskeinoja on niin kirjallisia kuin toiminnallisiakin. Rakennushankkeen alkuvaiheessa laadunvarmistuksen painotus on kirjallisissa laadunvarmistuskeinoissa, joita toiminnalliset keinot tukevat. Suunnitelmien tarkastamisessa voidaan käyttää apuna tarkastuslistoja ja urakkasopimukseen kirjataan hankkeelle asetetut vaatimukset kosteuden- ja puhtaudenhallinnan osalta. Allekirjoittamalla urakkasopimuksen urakoitsija sitoutuu noudattamaan asetettuja vaatimuksia. Suunnitteluvaiheessa laaditaan oma riskikartoitus, jota voidaan käyttää pohjana rakentamisvaiheen riskilistaa laadittaessa. Hankkeen alussa valitaan myös työmaa-aikaiset kosteuden- ja puhtaudenhallinnasta vastaavat henkilöt urakoitsijan henkilöstöstä. Myös kosteuden- ja puhtaudenhallintaa koskevat selvitykset, suunnitelmat ja ohjeet laaditaan ennen rakennusvaiheen alkamista, mutta niitä päivitetään tarvittaessa hankkeen edetessä.

Rakennusvaiheeseen siirryttäessä painottuvat laadunvarmistuskeinot toiminnallisiin keinoihin. Ennen rakennustöiden aloittamista pidetään työmaahenkilöstölle perehdyttämistilaisuus, jossa käsitellään muun muassa kohteen kosteus- ja puhtausteknisiä riskejä, oikeita työ- ja siivoustopoja sekä henkilöstön roolia kosteuden- ja puhtaudenhallinnan laadukkaassa toteuttamisessa. Rakennusvaiheessa voidaan työmaalla ottaa käyttöön A-Insinöörit Suunnittelu Oy:ssä kehitetty kosteuden- ja puhtaudenhallinnan tasoa mittaava Kosteusturva-indeksi, joka tukee urakoitsijan omaa työmaavalvontaa. Rakennusvaiheen edetessä koordinaattorit tekevät työmaalle tarkastuskäyntejä, joiden yhteydessä muun muassa pyritään varmistamaan tuotteiden ja materiaalien valmistajien ohjeiden mukainen varastointi, rakenteiden ja materiaalien suojausten riittävyys, hyväksytyjen työ- ja siivoustopojen ja välineiden käyttäminen sekä osastointien, alipaineistuksien ja kohdepoistojen riittävyys sekä tarkastetaan silmämääräisesti työmaan kosteuden- ja puhtaudenhallinnan toimivuus. Tarvittaessa kosteudenhallintakoordinaattori voi myös valvoa pora- ja näytepalamittauksen toteutusta ja varmistaa, että mittausolosuhteet ovat asianmukaiset. Kosteusmittauksien lisäksi kohteessa suoritetaan olosuhdemittauksia ja puhtaustarkastuksia. Puhtaustarkastusten yhteydessä suoritetaan pölykertymämittauksia pinnoille ja ilmanvaihtokanaville. Pintojen pölykertymää tutkitaan sormipyyhkäisyin ja geeliteippimenetelmällä. Ilmanvaihtokanavien puhtautta tutkitaan silmämääräisesti tai suodatin- tai geeliteippimenetelmällä. Olosuhdemittauksilla tarkoitetaan sisäilman suhteellisen kosteuden, lämpötilan ja kohteesta riippuen myös ilman sisältämän pölymäärän mittauksia.

Työmaakäyntien ja tarkastusten lisäksi kohteessa suoritettavia töitä valvovat myös kohteeseen nimetyt valvojat. Hankkeen lopputuloksen kannalta on suositeltavaa, että valvojat ja koordinaattorit tekisivät yhteistyötä siten, että mikäli valvoja huomaa tarkastuskäynneillään epäkohtia puhtauden- tai kosteudenhallinnassa, hän ilmoittaa siitä koordinaattoreille. Näin tarkastuksiin saadaan uutta näkökulmaa ja tarkastusvälit pysyvät lyhyinä. Rakennustöiden valmistuttua koordinaattorit tarkastavat ja hyväksyvät kohteen huoltokirjan ja suorittavat kosteuden- ja puhtaudenhallinnan onnistumisen arvioinnin. Lisäksi he perehdyttävät käyttäjät ja ylläpito-organisaation kohteen ominaisuuksiin, järjestelmiin ja käyttämiseen. Kohdekohtaisesti koordinaattorit voivat niin sovittaessa suorittaa myös kohteen käytönaikaista seurantaan kahden, viiden tai kymmenen vuoden jaksoissa asiakkaan tarpeen mukaan.

## **5. TUTKIMUSTULOKSET**

### **5.1 Kirjallisuustutkimuksen tulokset**

Kirjallisuustutkimuksen tuloksien analysoinnin jälkeen oleellisin tulos oli se, että A-Insinöörit Kosteusturva -palvelun avulla vastataan kaikkiin lakien, asetusten ja ohjeiden asettamiin vaatimuksiin rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta ja puhtaudenhallinnan varmistamisesta. Kirjallisuustutkimuksessa havaittiin, että puhtaudenhallinnasta on saatavilla paljon vähemmän laadukasta informaatiota kuin kosteudenhallinnasta. Lisäksi lähteissä, joissa käsitellään sekä kosteuden- että puhtaudenhallintaa, nostettiin kosteudenhallinnan roolia korostetusti esiin. Jotta puhtaudenhallinnan merkitystä rakennusten terveellisyydessä saadaan tuotua paremmin esiin, on entistä tärkeämpää korostaa puhtaudenhallintaa ja sen vaikutuksia A-Insinöörit Kosteusturva -palvelun toteutuksessa.

Aiemmassa A-Insinöörit Kosteusturva -palvelun kehitystyössä pääpainona on ollut palvelun kirjallisten osien kehittämisen. Esimerkiksi erilaisia tehtävä- ja tarkastuslistoja sekä asiakirjapohjia on kehitetty palvelun toteutuksen ohessa. Myös uusien lakien, asetusten ja ohjeiden asettamat vaatimukset ja kehotukset on huomioitu nopeasti niiden julkaisun jälkeen palveluun sisällytetyissä asiakirjoissa. Kirjallisuustutkimuksen tuloksia analysoidessa ei havaittu puutteita A-Insinöörit Kosteusturva -palvelun sisällössä, mutta tutkimuksen ohessa saatiin ideoita osa-alueiden vaihtoehtoisista toteutusmenetelmistä.

### **5.2 Tapaustutkimuksen tulokset**

#### **5.2.1 Rakennustöiden valvojen ja projekti-insinöörin haastattelut**

Etenkin A-Insinöörit Kosteusturva -palvelun yhteydessä luotavat asiakirjat saivat valvovalta taholta kiitosta. Varsinkin kosteudenhallintaohjeen kuivumisaika-arvioita ja suunnitelmien rakennusfysikaalista tarkastamista pidettiin hyvin hyödyllisenä. Lisäksi koordinaattoreiden laatimien muistioiden ja raporttien laadukkuutta ja informatiivisuutta arvostettiin. Kyseisten dokumenttien koettiin luovan lisäarvoa A-Insinöörit Kosteusturva -palvelulle ja palvelun avulla saavutetulle hyödyille. Muistioissa ja raporteissa käydään kattavasti läpi muun muassa kyseessä olevan työmaakäynnin tarkoitus, työmaalla tehdyt havainnot ja huomiot sekä työmaan toimintaa koskevia parannusehdotuksia. Muistioiden ja raporttien tekstisisältöä havainnollistetaan kuvin sekä rakenneleikkauksiin ja pohjaku-

viin tehdyin merkinnöin, mikä lisäsi asiakirjojen informatiivisuutta. Lisäyksenä raporteihin kaivattiin kuitenkin tiivistelmää tai yhteenvetoa, jossa nostettaisiin esiin raportin pääkohdat.

Kohteen B projekti-insinööri nosti haastattelussaan esiin joitakin kaipaamiaan laajennuksia A-Insinöörit Kosteusturva -palvelun sisältämiin toimenpiteisiin. Kohteessa B oli erinäisiä ongelmia suunnitelmien yksityiskohtien, kuten lattiakaatojen ja materiaalivalintojen, kanssa. Vaikka edellä mainitut suunnitelmaratkaisut kuuluvat rakennusfysikaalisen suunnittelijan vastuualueeseen, toivottiin koordinaattoreiden nostavan ongelmallisiksi todettuja suunnitelmaratkaisuja esiin suunnittelijoille ja tarvittaessa auttavan näiden ongelmien ratkaisemisessa. Myös laadunvarmistusmenetelmiin, kuten lämpökamerakuvausten ja merkkiainekokeiden tekemiseen sekä sääsuojausmenetelmiin toivottiin koordinaattoreilta kattavammin kommentteja. Näiden kehitysideoiden lisäksi kohteen B projekti-insinööri nosti esiin palvelun tarjousasiakirjat, jotka eivät nykyisessä muodossaan ole kovin selkeitä. Tarjousasiakirjapohjat olisi suositeltavaa päivittää, jotta tilaajalle on selkeämpää, mitä toimintoja palvelu lähtökohtaisesti sisältää ja mitä töitä tilaaja voi ostaa lisätöinä.

Kaikkien kolmen tutkimuskohteen valvontatyöt suoritettiin A-Insinöörit Rakennuttaminen Oy:n toimesta. Haastatteluiden lomassa käytiin keskustelua siitä, miten rakennuttamisen toimialalla koetaan ajatus Kosteusturva-palvelun käyttöönotosta A-Insinöörit Rakennuttaminen Oy:ssä. Ehdotus herätti positiivista mielenkiintoa ja ideointia palvelun sisällön ja toteutuksen kehittämistä. Olennaisin ero A-Insinöörit Suunnittelu Oy:n ja A-Insinöörit Rakennuttaminen Oy:n kosteudenhallintakoordinaattorin toimen toteuttamisessa on se, että rakennuttamisen toimialalla ei ole yhtä vahvaa rakennusfysikaalista osaamista kuin suunnittelun toimialalla, jolloin heidän kosteudenhallintakoordinoointinsa painottuu enemmän käytännön suunnitelmiin ja toteutukseen. Rakennuttamisen toimialalla ei myöskään ole puhtaudenhallintakoordinaattoreita, vaan A-Insinöörit Suunnittelu Oy:n vastuulla on kohteiden puhtaudenhallinnan koordinointi. Koska rakennuttamisen toimialalla on paljon toteutusvaiheen kosteudenhallinnan osaamista, eräs vaihtoehto A-Insinöörit Kosteusturva -palvelun toteuttamiseksi voisi olla se, että hankkeissa, joissa on mukana sekä rakennuttamisen että suunnittelun toimialat, rakennuttamisen toimiala toteuttaisi palvelun työmaatoteutusta koskevat osa-alueet ja suunnittelun toimiala palvelun muut osa-alueet. Tällöin palvelun kustannukset laskisivat, koska kosteudenhallintakoordinaattorin työmaakäynnit saataisiin yhdistettyä valvojan työmaakäynteihin.

Edellä mainittua toteutustapaa käytettiin pienemmässä mittakaavassa kaikissa kolmessa tutkimuskohteessa. Koordinaattoreiden työmaakäyntien lisäksi valvojat toimivat

kustannussyistä tutkimuskohteissa osittain koordinaattoreiden silminä. Valvojat tarkkailivat työmaakäyntiensä yhteydessä työmaan kosteuden- ja puhtaudenhallinnan toivuutta ja mahdollisia puutteita ja raportoivat huomioistaan koordinaattoreille. Tällöin yhdellä työmaakäynnillä saatiin valvottua työmaata kokonaisuutena ja Kosteusturva-palvelun kustannukset saatiin pysymään alhaisempina. Haasteiden ilmetessä koordinaattoreilta olisi kuitenkin toivottu aktiivisempaa yhteydenpitoa ja tiheennettyä työmaavalvontaa koordinaattoreiden toimesta, jolloin oikeiden työtapojen ja muiden ongelmienratkaisutapojen käyttöönottoa työmaalla olisi pystytty valvomaan tehokkaammin.

Tällä hetkellä vakiintuneita ja selkeitä toimialuejakokäytänteitä ei vielä käytännössä ole, on joiltakin osin havaittavissa epäselvyyttä valvojien ja koordinaattoreiden toimialueiden jaon välillä. Koska A-Insinöörit Kosteusturva -palvelua käytetään myös kohteissa, joissa valvonta tulee A-Insinöörit konsernin ulkopuolelta, on koordinaattoreiden ja valvojien vastualueet määriteltävä tarkasti. Koska toimintatavat voivat poiketa suurestikin toisistaan, ei yhteistyö ulkopuolisen valvontaorganisaation välillä ole välttämättä aina yhtä joustavaa ja saumatonta kuin samaan konserniin kuuluvan yrityksen kanssa. Tällöin selvä vastuunjako ehkäisee sekaannusten syntymistä ja sujuvoittaa hankkeen etenemistä.

Rakennustöiden valvojien että projekti-insinöörin haastatteluissa kävi ilmi, että he toivoisivat etenkin rakentamisvaiheessa kosteuden- ja puhtaudenhallintakoordinaattoreilta aktiivisempaa osallistumista työmaan toimintaan sekä yhteydenpitoa valvojiin ja tilaajiin. Tarve korostui etenkin työvaiheissa, joiden toteutuksessa havaittiin ongelmia tai poikkeuksellisia kosteusriskejä. Haastatteluissa kävi kuitenkin ilmi, että työmaakäyntien tarve on riippuvaista kohteen haastavuudesta sekä urakoitsijan panoksesta ja asenteesta puhtauden- ja kosteudenhallintaa kohtaan. Ongelmitta sujuneissa kohteissa työmaakäyntien määrää pidettiin sopivana, mutta kohteissa, joissa havaittiin haasteita, toivottiin, että koordinaattorit olisivat olleet enemmän läsnä työmaalla.

Vaikka tutkimuskohteiden valvonta suoritettiin A-Insinöörit Rakennuttaminen Oy:n toimesta, oli A-Insinöörit Kosteusturva -palvelu tilattu A-Insinöörit Suunnittelu Oy:stä. Yritykset ovat samaa konsernia, mutta silti erillisiä yrityksiä, jolloin vastuu kosteuden- ja puhtaudenhallintaan liittyvien asioiden raportoinnista ja asiakassuhteen ylläpitämisestä on A-Insinöörit Suunnittelu Oy:llä. Rakennustöiden valvojien ja projekti-insinöörin haastatteluissa kävi ilmi, että tässä olisi mahdollisesti kehittävää. Samojen tahojen haastatteluissa mainittiin myös mahdollinen resurssipula kosteuden- ja puhtaudenhallinnan koordinoinnissa, joka omalta osaltaan vaikuttaa työmaihin käytettävissä olevan ajan määrään. Tarvittaessa kosteuden- ja puhtaudenhallinnan koordinointiin olisi koulutettava lisää henkilöstöä.

A-Insinöörit Rakennuttaminen Oy:n edustajien haastatteluissa yhtenä kehitettävänä osa-alueena mainittiin toimivamman viestintäalustan käyttöönotto. Rakennustöiden valvojen ja projekti-insinöörin mielestä hankkeen eri osapuolien välillä voisi olla enemmän yhteydenpitoa, mutta sähköpostin välityksellä tapahtuva viestintä koettiin hankalaksi. Sähköposti koettiin raskaana viestintäalustana, jossa kymmenien päivässä tulevien viestien ja tapahtumakutsujen sekaan hukkuu helposti viestejä. Sähköpostin rinnalle toivottiinkin kevyempää viestintä alustaa, jossa keskustelua voitaisiin käydä jokapäiväisistä aiheista tarvittaessa koko hankeorganisaation kanssa.

### **5.2.2 Siivousurakoitsijan haastattelu**

Kahdessa tutkimuskohteessa siivousurakoitsijana toiminut urakoitsija toivoi, että puhtaudenhallintakoordinaattori korostaisi työmaahenkilöstön toteuttamien puhtaudenhallintatoimenpiteiden tärkeyttä puhtaudenhallinnan kokonaisuudessa, jolloin puhtaudenhallinnan painopiste olisi rakennustöitä suorittavilla tahoilla eikä siivousurakoitsijoilla. Tilojen osastoinnilla, alipaineistuksilla ja riittävän tehokkailla kohdepoistoilla on huomattavasti suurempi vaikutus pölyn syntyyn ja leviämiseen, verrattuna siihen, kuinka paljon siivoustoimilla voidaan vaikuttaa tilojen pölyisyyteen. Siivousurakoitsija ei esimerkiksi ole keinoja poistaa ilmassa leijuvaa pölyä, toisin kuin pölyävän työn suorittajalla. Ilman pölyisyyden tarkkailuun siivousurakoitsija ehdottikin ilman pölymäärän säännöllistä mittaamista.

Siivousurakoitsijan toimilla ei ole vaikutusta myöskään rakenteiden, kuten levyväliseiniä tai kiinteiden hormikoteloiden, sisään jäävän pölyn määrään, mikäli urakoitsijat sulkevat rakenteet ennen siivousurakoitsijan paikalle saapumista. Puhtaudenhallinnan toteuttaminen pitäisi huomioida paremmin jo suunnitteluvaiheessa, koska suunnitteluvaiheessa tehtävillä päätöksillä rajataan toteutusvaiheessa käytettävissä olevia työtapoja. Työtapojen tulisi olla mahdollisimman vähän pölyä aiheuttavia, joten suunnitteluvaiheessa tulisi mahdollisuuksien mukaan tehdä päätöksiä, joilla mahdollistetaan pölyttömiä työtapojen käyttäminen. Suunnitteluvaiheessa voitaisiin pohtia esimerkiksi sitä, että voisiko betonielementtiseiniin kiinnitettävät jalkalistat olla liimattavat, jolloin listojen kiinnittämisestä ei syntyisi lainkaan pölyä, toisin kuin silloin, jos listat kiinnitetään seiniin mekaanisesti. Edellä mainittujen seikkojen lisäksi siivousurakoitsija korosti erityisesti sitä, ettei puhtaudenhallinnan tule olla ainoastaan puhtaudenhallintakoordinaattorin ja siivousurakoitsijan vastuulla.

### 5.2.3 Pääurakoitsijoiden edustajien haastattelut

Kohteen A pääurakoitsijan haastattelussa nousi esiin halukkuus lisätöiden tilaamiselle myös urakoitsijan toimesta. Lisätyöoptio on sisällytetty nykyisiin palvelun tilaajalle välitettyihin tarjousasiakirjoihin, mutta urakoitsijoille tätä optiota ei ole esitetty. Mikäli Kosteusturva-palvelua halutaan laajentaa siten, että sillä tuetaan enemmän myös urakoitsijoiden toimintaa, voisi palvelun lisätyöoptiota tarjota erillisenä palveluna urakoitsijoille. Lisätyöoptiolla varmistettaisiin, että urakoitsija saa tarvitsemansa avun ja ohjeistuksen, minkä lisäksi tuotaisiin osaltaan esiin koordinaattoreiden ammattitaitoa ja halukkuutta toimia rakennushankekokonaisuuden tukena, jotta hankkeen lopputulos vastaa parhaalla mahdollisella tavalla tilaajan tarpeisiin ja vaatimuksiin. Kohteen A pääurakoitsijan edustaja esitti myös pyynnön, että geeliteippimenetelmässä käytetyn BM Dustdetectorin kalibrointitodistus liitettäisiin osaksi palvelun asiakirjoja.

Rakennustöiden valvojan ja projekti-insinöörin lisäksi kohteiden urakoitsijoiden haastatteluissa kävi ilmi, että etenkin rakentamisvaiheessa sekä kosteuden- että puhtaudenhallintakoordinaattoreilta toivotaan aktiivisempaa osallistumista työmaan toimintaan. Tarve korostui etenkin työvaiheissa, joiden toteutuksessa havaittiin poikkeuksellisia kosteusriskejä tai ongelmia puhtauden ja/tai kosteudenhallinnassa. Urakoitsijat olivat kuitenkin sitä mieltä, että työmaakäyntien määrä on riippuvaista muun muassa kohteen haastavuudesta ja ominaisuuksista sekä työmaahenkilöstön panoksesta ja asenteesta puhtauden- ja kosteudenhallintaa kohtaan. Kohteissa, jossa työmaahenkilöstö asennoitui sekä kosteuden- että puhtaudenhallintaan riittävällä vakavuudella eikä kohteen ominaisuudet muodostaneet suuria haasteita työmaakäyntien määrää pidettiin sopivana, mutta kohteissa, joissa havaittiin haasteita, toivottiin, että koordinaattorit olisivat olleet enemmän läsnä työmaalla. Kohteissa, joissa ei havaittu haasteita kosteuden- tai puhtaudenhallinnassa, pääurakoitsijoiden edustajat olivat tyytyväisiä koordinaattoreiden toimintaan ja he kokivat asioimisen koordinaattoreiden kanssa helpoksi. Koordinaattorit olivat hyvin tavoitettavissa ja heiltä sai tarvittaessa apua muulloinkin kuin työmaakäyntien yhteydessä.

### 5.2.4 Kosteuden- ja puhtaudenhallintakoordinaattorin haastattelut

A-Insinöörit Kosteusturva -palveluun kuuluu työkalu nimeltä Kosteusturvaindeksi, jolla mitataan työmaan kosteudenhallinnan toimivuutta. Kosteusturvaindeksissä käsitellään hieman myös puhtaudenhallintaa, mutta puhtaudenhallintakoordinaattori toivoisin, että palveluun laaditaan oma puhtaudenhallintaa mittaava indeksi. Tällaisen työkalun avulla työmaan olisi helppo seurata kohteen puhtaudenhallintaa ja indeksin avulla nähtäisiin heti, mitä asioita puhtaudenhallinnassa olisi vielä parannettava.

Kaikkien hankeosapuolien haastatteluissa esiin nousi erilaisia tarpeita palveluun kuuluvien asiakirjojen kehittämiseen liittyen. Koordinaattoreiden haastatteluissa ilmennyt tarve asiakirjojen kehittämisessä liittyi nyt jo tehokkaan työskentelyn tehostamiseksi. Asiakirjojen kehittämisellä ja työtehon parantamisella tarkoitetaan tässä asiakirjojen muokkaamista siten, että asiakirjat sisältävät selkeän otsikoinnin ja tarpeelliset mallitekstit, jolloin kirjoittajalle on selkeää, mitä asiakirjan tulee sisältää ja millä laajuudella. Työtehoa nostamalla saadaan laskettua palvelun kustannuksia, jolloin palvelua on myös helpompi markkinoida tilaajille.

Koordinaattoreiden haastattelujen ohessa keskusteltiin sitä, miten rakennushankkeen edetessä työmaalla saattaa tulla vastaan sekä kosteuden- että puhtaudenhallintaa koskevia tilanteita, joita ei osata urakoitsijoiden toimesta ratkaista. Tällaisia tilanteita varten A-Insinöörit Kosteusturva -palvelun kosteuden- ja puhtaudenhallintaohjeiden tulisi sisältää toimintaohjeet yleisimpien ongelmatilanteiden varalta. Kosteudenhallinta on monilla työmailla hyvin hallussa, mutta puhtaudenhallinnassa työmaat tarvitsevat usein tukea. Tämän vuoksi ohjeiden tulisi sisältää selkeät toimintaohjeet myös urakoitsijan oman työn valvontaan. Yksiselitteisten toimintaohjeiden lisäksi tulisi tarvittaessa painokkaammin nostaa esiin pääurakoitsijan vastuuta aliorakoitsijoidensa työn valvonnassa, jotta vastuu kosteuden- ja puhtaudenhallinnasta todella jakaantuu kaikille hankkeen parissa työskenteleville.

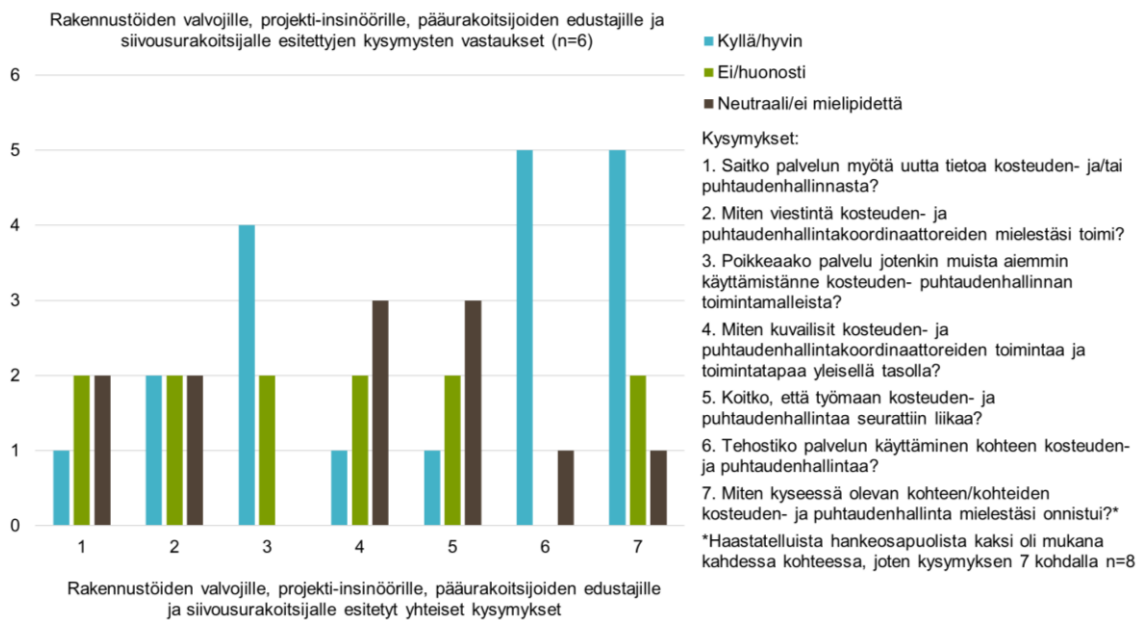
Puhtaudenhallintakoordinaattorin haastattelussa nousi esiin, että joillakin työmailla haasteeksi nousivat kielteiset asenteet eritoten puhtaudenhallintaa kohtaan. Tämä tulisi raporttien ja työohjeiden lisäksi huomioida kohteen perehdyttämistilaisuuksissa. Perehdyttämistilaisuuksissa tulisi tuoda selkeästi ja havainnollisesti esiin puhtaudenhallinnan hyötyjä ja sen laiminlyönnin aiheuttamia haittoja. Puhtaudenhallinnan vaikutuksia työmaalla toimivien terveyteen tulisi tarvittaessa korostaa, koska tällöin puhtaudenhallinnan oikeaoppisten toimenpiteiden toteuttamisesta tulee jokaisen henkilökohtainen etu, eikä niitä mielletä vain tilaajan ja käyttäjien eduksi. Hyötyjen ja haittojen lisäksi perehdyttämisissä voitaisiin käydä läpi tärkeimpien pölyntorjuntamenetelmien toimintaa ja tarkoitusta, jotta kenellekään ei jää epäselväksi miksi mitään pölyntorjuntamenetelmää käytetään.

### **5.2.5 Haastatteluissa yleisesti esiin nousseita teemoja**

Tapaustutkimuksessa monet tutkimuskohteiden hankeosapuolet pitivät palvelua toimivana ja sen sisältöä pääosin riittävän laajana. Palvelun koettiin pääsääntöisesti tehostavan kohteiden kosteuden- ja puhtaudenhallintaa asettamalla urakoitsijoille tietyt raamit, joiden puitteissa kosteuden- ja puhtaudenhallintaa toteutettiin. Kosteusturva-palvelun avulla saatiin lisättyä urakoitsijoiden paneutumista kosteuden- ja puhtaudenhallintaan,



minkä lisäksi niin osa urakoitsijoista kuin valvojistakin huomasi oppineensa jotain uutta sekä kosteuden- että puhtaudenhallinnasta. Sekä valvojat, pääurakoitsijoiden edustajat että siivousurakoitsijakin oli sitä mieltä, että A-Insinöörit Kosteusturva -palvelu on myös hyvä tapa saada näkyvyyttä tilaajien keskuudessa. Koska palveluun sisältyy sekä kosteuden- että puhtaudenhallinnan koordinointi, koettiin palvelun tuovan hyvin esiin puhtaudenhallintaa ja sen tärkeyttä, jota ei vielä kaikilla tahoilla tiedosteta. Rakennustöiden valvojille, projekti-insinööreille, pääurakoitsijoiden edustajille ja siivousurakoitsijalle esitettyjen yhteisten kysymysten vastaukset on esitetty kuvassa 19.



**Kuva 19.** Rakennustöiden valvojille, projekti-insinööreille, pääurakoitsijoiden edustajille ja siivousurakoitsijalle haastatteluissa esitettyjen yhteisten kysymysten vastaukset

Lähes kaikissa haastatteluissa esiin nousseita kehitettävissä olevia asioita oli havaittu työmaatoteutuksessa, palvelun sisältämissä asiakirjoissa sekä palvelun laajuudessa. Keskeisinä kehityskohtina esiin nousivat hankeosapuolien roolien sekä tarkastusten ajankohtien ja sisällön tarkentaminen, yhteydenpito hankeosapuolien välillä sekä koordinaattoreiden tarvitsemat resurssit. Muita kehitettävissä olevia osa-alueita olivat työmaalla havaittujen ongelmatilanteiden ratkaiseminen, asiakirjat sekä mallipohjat, tarjoukset ja kustannusperusteet. Näitä osa-alueita tulisi kehittää siten, että niissä huomioidaan aiempaa paremmin erilaisten kohteiden tarpeet, asiakirjojen vaatimustasojen yhtenäistämisen, ohjeistuksien tarkentaminen sekä tarpeellisten toimintojen lisääminen palvelun sisältöön.

Tärkeinä kehityskohtina esiin nousivat myös hankkeen osapuolien, etenkin koordinaattoreiden ja valvojien, roolien sekä puhtaustarkastusten sisällön tarkentaminen. Palvelun

toteutusprosessin selkiyttämisen ja tarkentamisen ohella myös palvelun sisältämiä asiakirjoja ja mallipohjia tulisi päivittää uusitun prosessikuvauksen mukaiseksi. Palvelun sisältämissä dokumenteissa tulisi nykyistä selkeämmin tuoda esiin kunkin hankeosapuolen toimenkuva ja vastuualue niin kosteuden- kuin puhtaudenhallinnankin osalta. Tarkennuksia kaivattiin erityisesti puhtaustarkastuksien oikeisiin toteutusajankohtiin ja siihen, miten ja millä laajuudella tarkastukset suoritetaan. Lisäksi toivottiin tarkennusta siihen, mitä P1-puhtausluokka käytännössä tarkoittaa ja mitä toimenpiteitä se edellyttää työmaalta. Pääurakoitsija on vastuussa puhtaustarkastusten tilaamisesta, joten jo hankkeen alussa on olennaista, että pääurakoitsijalle kerrotaan, mihin työvaiheisiin tarkastukset sijoittuvat ja milloin tilaus on tehtävä, jotta tarkastukset saadaan sovittua oikea-aikaisesti, eikä niistä aiheudu viivästyksiä aikatauluun.

Tutkimuskohteisiin osallistuneiden osapuolien rooleista epäselvimpänä koettiin puhtaudenhallintakoordinaattorin rooli. Mitä kaikkea kuuluu puhtaudenhallintakoordinaattorin vastuualueeseen, mihin asioihin hän ottaa kantaa ja koska hän käy työmaalla? Ongelmana on, että puhtaudenhallintakoordinaattorin hankesuunnittelussa asettamat vaatimukset koetaan suorittavien tahojen osalta epäselviksi, eikä rakennus- tai siivoustöitä osata tehdä siten, että ne täyttävät asetetut vaatimukset. Vaatimukset on esitettävä nykyistä selkeämmin ja yksiselitteisemmin, koska puhtaudenhallinnan laadunvarmistus perustuu suurelta osin juuri puhtaudenhallintakoordinaattorin toimintaan ja tarkastuksiin. Epätietoisuus saattaa aiheuttaa turhaa sekaannusta ja mahdollisesti ylimääräistä ajankäyttöä, koska epäselvien vaatimusten vuoksi tilojen tai ilmanvaihtokanavien puhtaus-taso ei vastaa vaadittua tasoa. Tällöin pinnat on puhdistettava ja tarkastettava uudelleen.

Rakentamisvaiheessa havaittuihin kosteuden- ja puhtaudenhallinnan laiminlyönteihin toivottiin monien hankeosapuolien toimesta vahvempia seuraamuksia. Jos kohteessa havaitaan, että kosteuden- ja puhtaudenhallintaan ei urakoitsijoiden toimesta asennoiduta asiaan kuuluvalla tavalla, tulee koordinaattoreiden puuttua toimintaan selkeillä ja tarvittavan suorasanaisilla ohjeilla. Mikäli työmaalla ei ryhdytä koordinaattoreiden suosittelemiin toimenpiteisiin, tulisi useiden osapuolien mielestä koordinaattoreilla olla suurempi vaikutusvalta asettaa pakotteita, jotta työmaalla otetaan käyttöön oikeaoppiset toimintatavat ongelmien ratkaisemisessa. Näin työmaa saadaan kosteuden- ja puhtaudenhallinnan osalta nopeasti takaisin oikeille raiteille ja vältetään muun muassa toistuvien siivousten ja puhtaustarkastusten sekä suunniteltua hitaammin kuivuvien rakenteiden aiheuttamat aikatauluviivästyksset.

Haastattelujen tulosten yhteenvetona voidaankin todeta, että toimenkuvien ja asiakirjojen kehittämisessä olisi huomioitava:

- Toimenkuvien sisällön esittävän kuvauksen laatiminen
- P1-puhtausluokituksen sisällön ja vaatimusten selkeämpi esittäminen
- Tarkempi esitys siitä, mihin työvaiheisiin puhtaustarkastukset sijoittuvat ja siitä, mitä toimenpiteitä puhtaustarkastuksiin liittyy ja millä laajuudella niitä tehdään
- Työmaan ohjeistaminen puhtaustarkastusten oikea-aikaisesta tilaamisesta
- Tarkemman prosessikuvauksen laatiminen siten, että palvelun eri osa-alueet erotellaan toisistaan selkeästi
- Esitetään hankevaiheittain laadittavat dokumentit → mikäli hankkeen eri vaiheissa koordinaattorina toimiva taho vaihtuu, on seuraavan vaiheen toteuttajalla aina samat kattavat lähtötiedot käytössään
- Asiakirjapohjien ja malliasiakirjojen päivittäminen siten, että niiden avulla saadaan parannettua työtehoa
- Tarjousasiakirjojen päivittäminen selkeämmiksi siten, että kiinteään hintaan kuuluvat toiminnot ja mahdollisina lisätöinä suoritettavat toiminnot eritellään selkeästi
- Asiakirjojen päivittäminen voimassaolevien lakien, asetusten ja säädösten mukaiseksi heti niiden voimaantulon jälkeen erikseen nimetyn henkilön toimesta

Lisäksi kosteuden- ja puhtaudenhallinnan toteutuksen kehittämisessä tulisi huomioida:

- Urakoitsijan vastuun korostaminen puhtaudenhallinnan työmaatoteutuksessa, jolloin puhtaudenhallinnan laadunvarmistuksen painopiste siirtyy siivousurakoitsijalta pölyävää työtä suorittavalle taholle
- Puhtaudenhallinnan ja oikeaoppisten työtapojen korostaminen suunnittelussa
- Resurssien riittävyys kosteuden- ja puhtaudenhallinnan koordinoinnissa, jotta koordinaattoreilla on aikaa niin kohteiden aktiiviseen hoitamiseen, yhteydenpitoon kuin asiakassuhteiden ylläpitämiseen
- Uuden kevyemmän viestintäalustan käyttöönottoaminen
- Toimintaohjeiden laatiminen ongelmatilanteisiin ja urakoitsijoiden oman työn valvontaan
- Pääurakoitsijan vastuun korostaminen aliurakoitsijoidensa toiminnassa

- Koordinaattoreiden valtuuksien lisääminen töiden keskeyttämiseen tai rakenteiden purattamiseen tilanteissa, joissa huomautuksista huolimatta työmaalla laiminlyödään kosteuden- tai puhtaudenhallintaa
- Yksittäiset lisäykset palvelun sisältöön
  - a. BM Dustdetectorin kalibrintitodistus osaksi asiakirjoja
  - b. Laadunvarmistusmenetelmien ehdottaminen
  - c. Sääsuojaus laajempi kommentointi
  - d. Suunnitelmissa havaittujen puutteiden painokkaampi esiin nosto
  - e. Ilman pölymäärän mittaukset
  - f. Kosteusturvaindeksiä vastaavan työkalun luominen puhtaudenhallintaan
  - g. Tiivistelmän tai yhteenvedon lisääminen raporteihin
- Puhtaudenhallinnan tärkeyden painottaminen perehdyttämistilaisuuksissa
- Puhtausluokitusten ristiriidattomuuden varmistaminen eri asiakirjojen välillä

Tutkimuksen tulos vastaa melko hyvin oletettuja tuloksia. A-Insinöörit Kosteusturva -palvelu on vielä verrattain vähän käytetty palvelu, joten oli oletettavaa, että palvelussa on vielä kehitettävää. Mikäli tutkimuskohteita olisi ollut enemmän, olisivat kehitysideoita luultavasti saatu vielä laajemmalla kirjolla, mutta jo tämän tutkimuksen tutkimuskohdemäärällä huomattiin, että lähes samat asiat nousivat esiin jokaisessa haastattelussa. Tutkimustuloksia voidaankin pitää luotettavina, juuri siksi, että samat asiat nousivat esiin monissa haastatteluissa. Odotettavaa oli myös se, että kirjallistutkimuksessa kosteudenhallinnasta ja sen vaikutuksista löydetään paljon enemmän tietoa kuin puhtaudenhallinnasta, mikä johtuu osaksi siitä, että kosteudenhallinnan tärkeyttä korostetaan yleisesti enemmän kuin puhtaudenhallinnan.

## 6. TUTKIMUSTULOSTEN POHDINTA

Koska ihmiset viettävät nykyään lähes kaiken aikansa sisätiloissa, on rakennusten terveellisyys varmistettava kohdekohtaisesti. Terveellisyyden varmistaminen aloitetaan jo materiaalin valmistuksesta ja sitä jatketaan aina rakennuksen elinkaaren loppuun saakka. Tärkeimpiä terveellisyyden varmistamisen keinoja ovat, muiden sisäilmastoon vaikuttavien tekijöiden laadun varmistamisen lisäksi, rakennuksen koko elinkaaren ajan toteutettavat kosteuden- ja puhtaudenhallinnan toimenpiteet. Tärkeimpiä kosteuden- ja puhtaudenhallinnalla saavutettavia hyötyjä ovat muun muassa käyttäjien sisäilmaoireilun ja rakennustyöntekijöiden pölylle altistumisen väheneminen, rakenteiden vaurioitumisen ehkäiseminen sekä korjauskustannusten aleneminen. Yhtenä kokonaisuutena toteutettavat rakennushankkeen kosteuden- ja puhtaudenhallinnan toimenpiteet tukevat toisiaan varmistaen lopputuloksen parhaan mahdollisen laadun.

Kirjallisuustutkimuksessa havaittiin, että puhtaudenhallinnasta, sen hyödyistä ja laiminlyönnin haitoista oli löydettävissä paljon vähemmän laadukasta ja ajantasaista tietoa kuin kosteudenhallinnasta. Lisäksi tieto oli esitetty hajanaisesti eri lähteissä, kun taas kosteudenhallinnasta löytyy esimerkiksi kokonaisia oppaita, joissa käsitellään kosteudenhallintaa ja kaikkia sen sisältämiä toimenpiteitä. Puhtaudenhallinnan hyödyistä ja laiminlyönnin haittavaikutuksista on tehty tutkimuksia niin Suomessa kuin ulkomaillakin ja näiden tutkimusten tuloksien perusteella voidaan todeta, että puhtaudenhallintaan ja sen oikeaoppisiin toteutustapoihin on koko rakennusalaalla kiinnitettävä aiempaa enemmän huomiota. Puhtaudenhallinnan tärkeyttä ei edelleenkään tunnusteta tai tunnusteta kaikkien rakennusalan ammattilaisten toimesta, mikä lisää tarvetta korostaa puhtaudenhallinnan asemaa terveellisessä rakentamisessa.

Puhtaudenhallinnan nykyisen aseman vuoksi sen periaatteet sekä oikeat työ- ja siivoustavat ovat monelle rakennusalaalla toimivalle vielä tuntemattomia, mikä havaittiin myös tapaustutkimuksen yhteydessä. Tutkimuskohteissa ymmärrettiin puhtaudenhallinnan hyödyt tilaajalle, mutta sen vaikutuksista työmaahenkilöstön hyvinvoinnille ei kaikissa kohteissa ollut tietoa. Koska puhtaudenhallintakoordinaattorin roolia sekä puhtaustarkastuksien sisältöä, vaatimuksia ja toteutusajankohtia pidettiin joissakin kohteissa epäselvinä, nähtiin näissä kohteissa puhtaudenhallinta ja siihen kuuluvat toimet jossain määrin kielteisessä valossa. Joissakin tutkimuskohteissa puhtaustarkastuksia jouduttiin tekemään uudestaan, koska tilojen tai ilmanvaihtokanavien puhtaustasot olivat puutteelliset. Puutteelliset puhtaustasot aiheutuivat osaksi epäselvistä vaatimustasoista, mutta

myös puhtaudenhallintaohjeessa esitettyjen puhtaudenhallintatoimenpiteiden laiminlyömisestä.

Puhtausluokkavaatimuksia asetettaessa lähtökohtana on se, että puhtausluokkavaatimuksia käsittelevien asiakirjojen tulee olla sisällöltään yhtenäisiä, jolloin vältetään puhtausvaatimusten ristiriitaisuuden aiheuttamilta sekaannuksilta. Tämä edellyttää sitä, että urakkaohjelman laatimisen jälkeen hankkeeseen nimitettävän puhtaudenhallintakoordinaattorin on varmistettava kohteelle asetetut puhtausvaatimukset ja täydennettävä laatimansa puhtaudenhallintaohje näillä ristiriidattomilla tiedoilla. Jotta voidaan varmistaa, että määritellyt puhtausluokitukset ovat kaikkien tiedossa ja kaikki ovat ymmärtäneet luokituksien asettamat vaatimukset, tulisi puhtausluokkavaatimukset käydä vielä kertaalleen läpi perehdyttämistilaisuuksissa. Tällaisella menettelyllä olisi vältetty esimerkiksi eräässä tutkimuskohteessa ilmi tullut väärinkäsitys, joka aiheutui siitä, että ilmanvaihtokanavien puhtausvaatimus oli pääurakoitsijalle epäselvä. Tilanne aiheutti puhtaustarkastusten suorittamisen kyseenalaistamista, koska pääurakoitsija luuli virheellisesti, että ilmanvaihtokanavissa havaittu pölymäärä olisi ollut hyväksyttävää.

Epäselvinä koettujen puhtausvaatimusten ohella puhtaudenhallinnan toimia pidettiin joissain kohteissa aikataulua hidastavina, jolloin aikataulullisten ongelmien ilmetessä saatettiin tinkiä puhtaudenhallintatoimien laadusta. Edellä mainittuihin havaintoihin perustuen tulisi A-Insinöörit Kosteusturva -palvelussa esittää selkeämmin mitä puhtaudenhallintakoordinaattorin vastuualueeseen kuuluu, miten, koska ja millä vaatimuksilla puhtaustarkastukset tehdään ja milloin pääurakoitsijan on tehtävä tilaus puhtaustarkastuksesta, jotta se voidaan toteuttaa oikea-aikaisesti. Tarvittaessa on korostettava, että kohteen puhtausvaatimukset ja siten myös puhtaustarkastuksien vaatimukset on asetettu tilaajan, ei puhtaudenhallintakoordinaattorin toimesta, koska puhtaustarkastuksien tarkkuustaso koettiin joissakin tutkimuskohteissa liian perinpohjaiseksi.

Kohteissa, jossa puhtaudenhallinnan asemaa laadunvarmistuskeinona ei tunnistettu, koettiin, että puhtaudenhallinnan toteuttaminen oli pääasiassa siivousurakoitsijan ja puhtaudenhallintakoordinaattorin vastuulla. Tällaista tilannetta ei saisi syntyä, vaan puhtaudenhallinnan pitäisi olla jokaisen työmaalla toimivan vastuulla. Puhtaudenhallintakoordinaattorin pitämän perehdyttämistilaisuuden lisäksi urakoitsijan, jonka vastuulla työmaa on, tulee varmistaa, että pölyviä töitä tekevät tahot ovat tietoisia työmaalla käytettävistä pölyntorjuntamenetelmistä ja osaavat käyttää niitä. Lisäksi työmaasta vastaavan urakoitsijan on valvottava vastuullaan olevien urakoitsijoiden työsuorituksia ja puututtava puutteellisiin pölyntorjuntamenetelmiin. Mikäli näin ei toimita, tulisi haastattelututkimuksessa

esiin nousseiden mielipiteiden perusteella koordinaattoreilla olla aiempaa suurempi vaikutusvalta asettaa pakotteita urakoitsijoille, jotka eivät noudata puhtaudenhallintaohjeessa esitettyjä toimintatapoja.

Koska kaikkien tutkimuskohteiden valvonta toteutettiin A-Insinöörit Rakennuttaminen Oy:n toimesta ja valvojat toimivat osittain koordinaattoreiden silminä työmailla, ilmeni muidenkin hankeosapuolien kosteuden- ja puhtaudenhallintaan liittyvien roolien ja vastualueiden selkeyttämiseksi haastatteluissa tarvetta. A-Insinöörit Kosteusturva -palvelun asiakirjoihin voisi tarvittaessa lisätä esimerkiksi yksinkertaisen taulukkomallisen kuvauksen oikeaoppisen kosteuden- ja puhtaudenhallinnan toimenpiteistä ja kunkin toimenpiteen vastuutahosta. Täsmällisellä vastuunjaolla tuetaan kunkin osapuolen vastuulla olevien osa-alueiden tehokkaan toteuttamisen lisäksi palvelun vaihtoehtoisia toteutusmuotoja. Eräs vaihtoehtoinen palvelun toteutustapa voisi olla seuraavanlainen: A-Insinöörien suunnittelutoimiala toteuttaisi työmaavaihetta lukuun ottamatta kaikki Kosteusturva-palvelun sisältämät toimenpiteet, ja A-Insinöörien rakennuttamisen toimiala toteuttaisi työmaavaiheeseen sisältyvät toimenpiteet.

Tämä työnjako olisi haastatteluissa ilmi tulleiden tietojen perusteella toimiva, koska rakennuttamisen toimialalla ei ole yhtä vahvaa rakennusfysikaalista osaamista kuin suunnittelun toimialalla, mutta rakennuttajien työmaavaiheen kosteudenhallinnan osaaminen on yhtä hyvä kuin suunnittelun toimialalla. Jotta A-Insinöörit Kosteusturva -palvelu voitaisiin ottaa käyttöön edellä mainitulla tavalla, tulisi palvelun sisältämien asiakirjapohjien sisältöä muokata myös rakennuttajien tarpeita vastaaviksi. Edellä mainittujen seikkojen lisäksi asiakirjojen päivitystarvetta luovat uudet sekä päivittyneet kosteuden- ja puhtaudenhallintaa koskevat lait, asetukset ja säädökset. Jotta nämä uudet ja päivitettyt asetukset saataisiin nopeasti niiden voimaantulon jälkeen huomioitua asiakirjapohjissa ja malliasiakirjoissa, voisi olla järkevää näiltä osin vastuuttaa asiakirjojen päivitys jollekin tietyllä henkilöllä. Tämä osaltaan selkeyttäisi vastuunjakoja ja takaisi, että asiakirjat ovat aina ajantasaisten vaatimusten mukaiset. Edellä esitetyn toteutusmuodon lisäksi selkeä prosessi- ja vastuualuekuvaus tehostaisi myös toimintaa ulkopuolisen valvojatahon kanssa tai erilaisissa poikkeustilanteissa. Jos esimerkiksi sairastumisen vuoksi kohteen koordinaattori ei voi hoitaa tehtäviään, hänen tehtävänsä voitaisiin siirtää ongelmitta sijaiselle.

Puhtaudenhallinnan lisäksi joissakin kohteissa oli haasteita myös kosteudenhallinnan kanssa. Sekä puhtauden- että kosteudenhallinnassa ilmenneiden ongelmatilanteiden ratkomisessa monet hankeosapuolet olisivat toivoneet enemmän työmaakäyntejä koordinaattorin toimesta. Toisaalta A-Insinöörit Kosteusturva -palvelun kustannukset halu-

taan pysyvän maltillisina, jolloin muodostuu ristiriita, jonka ratkaisemisessa tulee huomioida sekä tilaajalle, että yritykselle muodostuvat kustannukset. Mikäli kohde sijaitsee kaukana palveluntuottajan toimistosta, muodostuu pelkistä matkakuluista suuri kustannuserä. Tätä kustannuserää ei voida poistaa, mutta sitä voidaan mahdollisesti pienentää, mikäli Kosteusturva -palvelu otetaan käyttöön valtakunnallisesti ja kohdetta lähimpänä olevan toimipisteen henkilöstö suorittaa kohteen työmaakäynnit. Matkakuluja ei voida kuitenkaan kokonaan poistaa, joten on mietittävä millä muilla keinoin palvelun kustannuksia olisi mahdollista pienentää. Esimerkiksi ongelmien ratkomista helpottaisi valmiiksi laaditut toimintaohjeet, jotka voitaisiin laatia esimerkiksi Potentiaalisten ongelmien analyysi -periaatteita noudattaen. Muiden asiakirjojen laatimisen tehostamiseksi tulisi nykyisiä asiakirjapohjia päivittää tarkemmiksi ja kattavimmiksi. Haastatteluissa ilmeni myös, että nykyistä tarjousasiakirjaa pidetään epäselvänä, joten koordinaattoreiden työmaakäyntien määrää ja kustannuskysymyksiä mietittäessä tulisi lisäksi pohtia tarjousasiakirjan päivittämistarvetta.

Eräs tutkimuksen tavoitteista oli kehittää A-Insinöörit Kosteusturva -palvelua siten, että palvelu olisi mahdollista ottaa valtakunnallisesti käyttöön A-Insinöörien kosteuden- ja puhtaudenhallintapalveluita tarjoavissa toimipisteissä. Palvelun valtakunnallinen käyttöönotto mahdollistaisi palvelun monipuolisempien toteutustapojen käyttämisen. Palvelu voitaisiin toteuttaa samalla periaatteella kuin aiemmin esitetty toteutusmuoto eli toisen paikkakunnan toimipisteellä voitaisiin esimerkiksi tarkastaa kohteen suunnitelmien rakennusfysikaalinen toimivuus ja palvelun muut osa-alueet voitaisiin toteuttaa toisen toimipisteen toimesta. Tällaista toteutustapaa voitaisiin hyödyntää esimerkiksi tilauskannan muutoksista riippuvaisen resurssitarpeen tasaamisessa. Mikäli jossain toimipisteessä on töitä enemmän kuin tekijöitä, voitaisiin osa palvelun toteuttamisesta siirtää toimipisteelle, jolla on käytössään ylimääräisiä henkilöresursseja. Tämä edellyttäisi kuitenkin, että sekä hankkeesta että sen aiemmista hankevaiheista on laadittu kattavat asiakirjat, joiden pohjalta seuraavan hankevaiheen toteuttajalla on mahdollisuudet vaiheen laadukkaaseen toteuttamiseen. Eri tahojen toteuttaessa palvelun eri osa-alueita olisi suositeltavaa laatia myös asiakirjaluettelo, jossa esitetään kussakin hankevaiheessa laadittavat asiakirjat ja hankeosapuoli, jonka vastuulla kyseisen asiakirjan laatiminen on. A-Insinöörit Kosteusturva -palvelun asiakirjoja toimivuus tulisikin siis varmistaa myös näistä näkökulmista.

Koska A-Insinöörit Kosteusturva -palvelu on vielä verrattain uusi palvelu, tulee puhtaudenhallintapalveluiden käyttöaste tulevaisuudessa varmasti kasvamaan. Käyttöasteen kasvamiseen vaikuttavat taatusti myös puhtaudenhallintaa koskevien uusien ohjeiden määrään ja puhtaudenhallinnan merkityksen tiedostamisen lisääntyminen. Puhtaudenhal-



lintapalveluiden kasvavan kysynnän vuoksi on varmistettava, että A-Insinöörit Kosteus-  
turva-palvelun toteuttamiseen on saatavilla riittävät henkilöresurssit. Kannattavin tapa  
henkilöresurssien lisäämiseksi on kouluttaa yrityksen nykyistä henkilöstöä, jolle yrityksen  
toimintatavat ja järjestelmät ovat ennestään tuttuja, jolloin koulutuksessa voidaan keskit-  
tyä ainoastaan koordinaattoreiden vastuualueiden oikeaoppiseen täyttämiseen.

## 7. JOHTOPÄÄTÖKSET

Kuten todettu, A-Insinöörit Kosteusturva -palvelun haasteet eivät johdu ainoastaan palvelun sisällöstä, toteuttajista ja rakennushankkeen urakoitsijoista. Kohteen kosteuden- ja puhtaudenhallinta eivät kohdistu ainoastaan kohteen rakennusvaiheeseen, vaan jatkuvat aina tarveselvityksestä rakennuksen elinkaaren loppuun saakka. Rakennuksen kosteus- ja puhtausteknisen toimivuuden varmistaminen edellyttävätkin myönteistä asennetta ja halua edesauttaa rakennuksen terveellisyyttä kaikilta rakennuksen valmistamiseen ja käyttöön osallistuvilta osapuolilta koko rakennuksen elinkaaren ajan. Kosteudenhallinnan osalta tämä on jo melko yleinen käytäntö, mutta puhtaudenhallinnan asemaa rakentamisen terveellisyyden varmistamisessa kosteudenhallinnan rinnalla ei edelleenkään tunnusteta tai tiedosteta kaikilla tahoilla.

Edellä mainittu ongelma nousee joidenkin kohteiden osalta esiin etenkin työmaavaiheessa. Mikäli työmaasta vastuussa oleva urakoitsija ei tiedosta puhtaudenhallinnan roolia, aletaan työmaalla herkästi tinkimään puhtaudenhallinnan toteutuksen laadusta. Tähän ilmiöön törmätään usein varsinkin, jos rakennusvaiheen aikatauluun tulee viivästyksiä, jolloin ylimääräisiksi mielletyistä työvaiheista aletaan karsimaan ajan säästämiseksi. Tällainen ajattelutapa työmaalla lisää sekä puhtaudenhallintakoordinaattorin että siivousurakoitsijan työmäärää, koska työmaan toimintaan joudutaan puuttumaan enemmän ja todennäköisesti puhtaustarkastuksia ja niitä edeltäviä siivoustoimia joudutaan suorittamaan enemmän puutteellisista pölyntorjuntakeinoista ja puhtaustasoista johtuen. Puhtaudenhallintaan kohdistuvia asenteita tulisi saada muutettua valtakunnallisesti, jotta rakennusten terveellisyyden varmistaminen olisi kaikkien rakennustyömaalla toimivien vastuulla, ei ainoastaan puhtaudenhallintakoordinaattorin ja siivousurakoitsijan.

Tässä tutkimuksessa korostuivat erityisesti puhtaudenhallinnassa havaitut haasteet, mutta myös kosteudenhallinnan toteuttamisessa havaittiin haasteita. Kosteudenhallinnan haasteet ilmenivät varsinkin tilanteissa, joissa kohteen aikatauluun oli tullut viivästyksiä ja aikataulua yritettiin kirä kiinni tinkimällä kastuneiden rakenteiden kuivattamisesta. Tällaisissa tilanteissa monien hankeosapuolien mielestä koordinaattoreilla tulisi olla käytössään vaikutusvaltaisempia pakotteita, joilla urakoitsijoiden puutteellisiin työtapoihin voitaisiin puuttua. Erilaisista kosteuden- ja puhtaudenhallinnan laiminlyömisestä aiheutuneista sanktioista tulisi sopia jo tilaajan kanssa, jolloin sanktiot voidaan liittää osaksi urakkasopimuksia.

Tapaustutkimuksessa havaittiin, että hankeosapuolien eri toimialueista ja vastuista riippumatta osapuolet nostivat esiin samoja palvelun toimivia ja kehittämistä vaativia osa-alueita. Jokaisella haastateltavalla oli kuitenkin myös omiin tarpeisiin perustuvia painoituksia palvelun kehittämiskohtia pohdittaessa. Palvelun jatkokehittämistä ajatellen voisi olla hyödyllistä tutkia laajemmin kohteiden, joissa A-Insinöörit Kosteusturva -palvelua on käytetty, tarpeita palvelun suhteen. Myös tämän tutkimuksen kehitysideoiden pohjalta tehdyn palvelun kehittämisen jälkeen olisi hyödyllistä tehdä uusi tapaustutkimus, jossa tutkitaan, miten palvelun uusi versio toimii käytännössä ja onko siinä vielä joitain kehittämistä vaativia osa-alueita.

Sekä kirjallisuus- että tapaustutkimuksen tulokset kertovat, että A-Insinöörit Kosteusturva -palvelu on periaatteiltaan toimiva ja sen avulla täytetään lakien, asetusten ja ohjeiden asettamat vaatimukset. Palvelun toteuttajataho tiedostaa palvelun kehitystarpeen ja on motivoitunut työstämään palvelua toimivammaksi kokonaisuudeksi. A-Insinöörit konserniin kuuluu niin rakennusalan eri toimialojen kuin talousalankin asiantuntijoita, joiden ammattitaitoa hyödyntämällä palvelua pystytään tarkkailemaan sekä rakennusteknisestä että taloudellisesta näkökulmasta, jolloin kehitystyössä on mahdollista huomioida palvelu ja sen kehityskohdat kokonaisvaltaisesti. Nämä lähtökohdat takaavat, että A-Insinöörit Kosteusturva -palvelun kehitystyöllä palvelusta saadaan kaikkia A-Insinöörien toimipisteitä palveleva konsepti, jossa huomioidaan entistä paremmin niin tilaajien kuin urakoitsijoidenkin erilaiset tarpeet.

# LÄHTEET

Ahonen, G., Alenius, H., Holopainen, R., Lappalainen, S., Palomäki, E., Reijula, K. & Reiman, M. (2012). Eduskunnan tarkastusvaliokunnan julkaisu 1/2012. Rakennusten kosteus- ja homeongelmat. Eduskunta. s. 13.

A-Insinöörit Suunnittelu Oy. (2015). Sisäilmasuunnittelun tehtäväluettelo. Dokumentti yrityksen sisäiseen käyttöön.

Allergia.fi. (2020). Allergia > Allerginen nuha ja silmäoireet > Pölyallergia ja pölypunkit. Allergia-, Iho- ja Astmaliitto ry. Saatavissa: <https://www.allergia.fi/allergia/allerginen-nuha-ja-silmaoireet/polyallergia-ja-polypunkit/>.

Andersson, T. (2004). Rakennussiivous: Työn aikainen siivous ja loppusiivous osana rakentamisen puhtauden hallintaan. Siivoussektori Oy. s. 7-11, 16.

Björkholtz, D. (1997). Lämpö ja kosteus – rakennusfysiikka. Rakennustieto Oy. s. 51, 64, 80, 82.

Eskola, J. (2016). Viheliäiset sisäilmaongelmat ratkeavat tutkitulla tiedolla ja nykyistä paremmalla yhteistyöllä -artikkeli. Terveystieteiden tutkimuskeskus. Saatavissa: <https://blogi.thl.fi/viheliaiset-sisailmaongelmat-ratkeavat-tutkitulla-tiedolla-ja-nykyista-paremmalla-yhteistyolla/>.

FISE. Kosteudenhallintakoordinaattori. FISE > pätevyyspalvelu > Hae pätevyyttä > valvojat ja koordinaattorit > Kosteudenhallintakoordinaattori. Saatavissa: <https://fise.fi/patevyyspalvelu/hae-patevyytta/valvojat/kosteudenhallintakoordinaattori/>.

Haahtela, T., Nordman, H. & Talikka, M. (1993). Sisäilma ja terveys. Allergialiitto. s. 11.

Haapaniemi, M. (2014). Vuotovahinkoselvitys 2012-2013. Finanssialan Keskusliitto. Saatavissa: [https://www.finanssiala.fi/vahingontorjunta/dokumentit/vuotovahinkoselvitys\\_2013.pdf](https://www.finanssiala.fi/vahingontorjunta/dokumentit/vuotovahinkoselvitys_2013.pdf). s. 12-14.

Hengitys-lehti -extra. (2017). Mistä puhumme, kun puhumme sisäilmasta sairastumisesta? Lastentautien erikoislääkäri Tiina Tuomelan haastattelu. Saatavissa: <https://www.hengitysliitto.fi/fi/hengityssairaudet/lehti-julkaisut-oppaat/hengitys-lehti/hengitys-lehti-extra>. s. 1.

Holmijoki, O. (2017) SIY Raportti 35:Arviointimalli sisäilman terveyshaittojen talousvaikutuksista. Sisäilmayhdistys ry. s. 35-36.

Huttunen, J., Komulainen, J. & Sänntti, J. (2011). Rakentajain kalenteri 2011 – Haitalliset aineet rakennuksissa ja niiden hallinta. Rakennustieto Oy. s. 98-106.

Ilmatieteiden laitos – Lämpötila- ja sadetilastoja vuodesta 1961, Jyväskylä, Sodankylä, Vantaa 2011. Etusivu > Ilmasto > Tilastoja vuodesta 1961 > Jyväskylä, Sodankylä, Vantaa > Tammi-kuu-joulukuu 2011. Saatavissa: <https://www.ilmatieteidenlaitos.fi/tilastoja-vuodesta-1961>.

Kiinteistöoikeus, Internet-sivu. Etusivu > Rakentaminen > Urakkamuodot. Saatavissa: <https://kiinteistooikeus.fi/palvelumme/rakentaminen/urakkamuodot/>.

Kiiras, J. (2001). Rakentajain kalenteri 2001 – Toteutusmuodon valinta ”Tehtävätarjotin ja toteutusmuotokorit”. s. 765-766.

Korkeakangas, S. & Olenius, A. (2005). Ratu 1214-S Työmaan aputyöt ja huolto. Rakennusteollisuus RT ry ja Rakennustietosäätiö RTS. S. 21.

Koski, H., Linnainmaa, M. & Pasanen, P. (2013). Ohjeita korjausrakentamisen pölynhallintaan – Putusa-tutkimushanke. Saatavissa: [http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2013/Putusa\\_ohje\\_laaja\\_130415.pdf](http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2013/Putusa_ohje_laaja_130415.pdf). s. 2-3, 7.

Kosteudenhallinta.fi. Etusivu > Toimet > Mittaus > Kuivumisolosuhteiden mittaaminen. Saatavissa: <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimet/mittaus/kuivumisolosuhteiden-mittaaminen>.

Kosteudenhallinta.fi. Toimet > Riskit > Kosteusriskiluokat. Saatavissa: <http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimet/riskit/kosteusriskiluokat>.

Kuivaketju.fi. Etusivu. Rakentamisen Laatu RALA ry. Saatavissa: <http://kuivaketju10.fi/>.

Kuivaketju10. (2018). Kosteudenhallintakoordinaattorin ohjekortti. Saatavissa: [http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Kosteudenhallintakoordinaattori\\_150313.pdf](http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Kosteudenhallintakoordinaattori_150313.pdf). s. 2-7.

Kuivaketju10. (2018). Käyttönoton ohjekortti. Saatavissa: [http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Ka%CC%88ytto%CC%88o%CC%88notto\\_150313.pdf](http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Ka%CC%88ytto%CC%88o%CC%88notto_150313.pdf). s. 1-3.

Kuivaketju10. (2018). Käytön ohjekortti. Saatavissa: [http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Ka%CC%88ytto%CC%88\\_150313.pdf](http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Ka%CC%88ytto%CC%88_150313.pdf). s. 1-3.

Kuivaketju10. (2018). Rakennusvalvonnan ohje – isot kohteet. Saatavissa: [http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Rakennusvalvonta\\_isot-kohdet\\_150313.pdf](http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Rakennusvalvonta_isot-kohdet_150313.pdf). s. 1-3.

Kuivaketju10. (2018). Suunnittelun ohjekortti. Saatavissa: [http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Suunnittelu\\_150313.pdf](http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Suunnittelu_150313.pdf). s. 1-3.

Kuivaketju10. (2018). Tilaaminen ohjekortti. Saatavissa: [http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Tilaaminen\\_150313.pdf](http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Tilaaminen_150313.pdf). s. 1-3.

Kuivaketju10. (2018). Työmaatoteutuksen ohjekortti. Saatavissa: [http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/04/Kuivaketju10-Tyo%CC%88maatoteutus\\_150313.pdf](http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/04/Kuivaketju10-Tyo%CC%88maatoteutus_150313.pdf). s. 1-3.

Kurnitski, J. (2008) Rakentajain kalenteri 2008 – Sisäilmasto- ja energiatehokkuustavoitteiden asettaminen ja valvonta elinkaarihankkeissa. s. 488, 492.

Manninen, T. (2017). SIY Raportti 35: Loppusiivouksen laadunvarmistus on tärkeä osa rakennushankkeen pöly- ja puhtaudenhallintaa -artikkeli. Sisäilmayhdistys ry. s. 133-134.

Merikallio, T. (2005). Rakentajain kalenteri 2005 - Rakennustyömaan kosteudenhallinta. s. 500-504.

Merikallio, T. (2002) Rakentajain kalenteri 2002 - Rakennustyömaan kosteudenhallinta ja sen suunnittelu. s. 547-548, 550-553.

Merikari, A. (2018). Sisäilmastoluokitus 2018 julkaistu Sisäilmayhdistyksen julkaisuna. Sisäilmautiset.fi. Saatavissa: <https://www.sisailmautiset.fi/rakentaminen-2/sisailmastoluokitus-2018-julkaistu-sisailmayhdistyksen-julkaisuna/>.

Narvanne, J., Majanen, A., Eskola, L., Kukkonen E., Holopainen, R. & Tuomainen M. (2011). Sisäilmayhdistys, julkaisu 18: Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden tarkastusohje. Sisäilmayhdistys Oy. Liite 1 & Liite 2.

- Palomäki, E. (1993). Rakennusmateriaali ja terveys. Työterveyslaitos. s. 23, 76.
- Rakennustieto Oy. (2009). KiinteistöRYL. Rakennustietosäätiö RTS. Luku 5.7 Siivottavuus.
- Rakennustieto Oy. (1999). RT 05-10710 Kosteus rakennuksissa. Rakennustietosäätiö RTS. s. 3.
- Rakennustieto Oy. (2003). RT 07-10805 Terveen talon toteutuksen kriteerit – Kriteeri ja ohjeet toimitilarakentamiselle. Rakennustietosäätiö RTS. s. 1, 3.
- Rakennustieto Oy. (2004). RT 07-10832 Terveen talon toteutuksen kriteerit – Kriteerit ja ohjeet asuntorakentamiselle. Rakennustietosäätiö RTS. s. 1, 3-11.
- Rakennustieto Oy. (2018). RT 07-11299 Sisäilmastoluokitus 2018. Rakennustietosäätiö RTS. s. 5, 10-13, 17, 19-21.
- Rakennustieto Oy. (2013). RT 10-11108 Pääsuunnittelun tehtäväluettelo PS12. Asunto-, toimitila-, toimitila- ja rakennuttajaliitto RAKLI ry ja Rakennustietosäätiö RTS. s. 3, 7-8, 10.
- Rakennustieto Oy. (2013). RT 10-11109 Arkkitehtisuunnittelun tehtäväluettelo ARK12. Asunto- toimitila- ja rakennuttajaliitto RAKLI ry ja Rakennustietosäätiö RTS. s. 2, 8, 14, 18.
- Rakennustieto Oy. (2017). RT 10-11255 Talonrakennushankkeen kulku – Riskien- ja laadunhallinta. Rakennustietosäätiö RTS. s. 1, 3.
- Rakennustieto Oy. (2017). RT 10-11284 Hankkeen johtamisen ja rakennuttamisen tehtäväluettelo HJR18. RAKLI ry ja Rakennustietosäätiö RTS. s. 5-6, 15-16, 25, 26, 28-29.
- Rakennustieto Oy. (2019). RT 103087 Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo RAK18. Rakennustietosäätiö RTS. s. 3, 6-8, 10, 16, 18.
- Rakennustieto Oy. (2016). RT 80-11202 Rakennuksen suojaellisyys. Rakennustietosäätiö RTS. s. 1.
- Rakennustieto Oy. (2009). RT 91-10970 Puhtaudenhallinnan huomioonottaminen rakennussuunnittelussa. Rakennustietosäätiö RTS. s. 2-4.
- Rakentamisen kosteudenhallinta, Internet-sivu. Päivitetty 2020. <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/>.
- RIL 107-2012 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. (2012). Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. s. 61-62.
- RIL 216-2013 Rakenteiden ja rakennusten elinkaaren hallinta. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. s. 177.
- RIL 250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. (2011). Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. s. 10, 15, 17, 20-21, 28-29, 70, 72, 97-107, 102, 105, 108-121. Tätä diplomityötä tehdessä uutta RIL 250-2019 -käsikirjaa ei ollut vielä julkaistu.
- RIL 255-1-2014 Rakennusfysiikka I – Rakennusfysiikallinen suunnittelu ja tutkimukset. (2014). Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. s. 71, 92, 122, 402, 406, 412, 430, 438, 440.
- Sahlstedt, S., Mittaviiva Oy. (2009). Ratu S-1225 Pölyntorjunta rakennustyössä. Talonrakennusteollisuus ry & Rakennustietosäätiö RTS. s. 10.
- Sahlstedt, S., Mittaviiva Oy. (2013). Ratu S-1232 Rakennustyömaan sääsuojaus. Talonrakennusteollisuus ry & Rakennustietosäätiö RTS. s. 1-2, 5-6, 9.

Sahlstedt, S. & Kivimäki, C., Mittaviiva Oy. (2017). Ratu S-1234 Olosuhteiden vaikutus rakentamisessa. Talonrakennusteollisuus ry & Rakennustietosäätiö RTS. s. 2, 9, 11-12.

Schönberg, K. (15.1.2016). Artikkelin. Sisäilmaongelmien kustannukset mitataan miljardeissa – seuraava virhe on ehkä jo tehty. Yle, Internet-uutiset. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-8594561>.

Seppälä, P. (2013). Rakentamisprosessin kosteudenhallinta. Saatavissa: <http://www.res-caoulu.fi/wp-content/uploads/Rakentamisprosessin-kosteudenhallinta-Pekka-Sepp%C3%A4l%C3%A4-11.11.2013.pdf>. s. 10-11, 14-16, 28.

Seppänen, o., Säteri, J., Lehtinen, T. & Nevalainen, A. (1997). SIY Raportti 9 – Tavoitteena terve talo. Sisäilmayhdistys ry, Teknologian kehittämiskeskus Tekes. s. 7-11, 13, 15, 29.

Sihvo, J., Musakka, S., Kehiakehi, V., Souto, A., Niskanen, K. & Tarri, M. (2019). Kosteudenhallinnan toimivat käytännöt kosteudenhallintakoordinaattorin näkökulmasta-artikkeli. Rakennusfysiikka 2019. s. 15-19.

Sisäilmayhdistys ry, Internet-sivu. (2008). Etusivu > Terveelliset tilat > Kosteusvauriot > Kosteustekninen toiminta > Kosteuden siirtyminen. Saatavissa: <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Kosteuden-siirtyminen>.

Sisäilmayhdistys ry, Internet-sivu. (2008). Etusivu > Terveelliset tilat > Kosteusvauriot > Kosteusvaurioituminen > Kosteusvaurioitumisen yleisperiaate. Saatavissa: <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteusvaurioituminen/Kosteusvaurioitumisen-yleisperiaate>.

Sisäilmayhdistys ry, Internet-sivu. (2008). Etusivu > Terveelliset tilat > Sisäilmasto > Sisäilman tekijät. Saatavissa: <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Sisailman-tekijat>.

Sisäilmayhdistys ry, Internet-sivu. (2008). Etusivu > Terveelliset tilat > Terveysvaikutukset > Mikrobin terveyshaitat. Saatavissa: <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Terveysvaikutukset/Mikrobin-terveyshaitat>.

Sisäilmayhdistys ry, Internet-sivu. (2008). Perustietoa > Määritelmiä. Saatavissa: <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Perustietoa>.

Sosiaali- ja terveysministeriö. (2016). Laki eräistä asbestipurkutyötä koskevista vaatimuksista. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150684>. 2 §.

Sosiaali- ja terveysministeriö. (2018). Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja 9/2018: HTP-ARVOT 2018. Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet. Saatavissa: [http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160967/STM\\_09\\_2018\\_HTParvot\\_2018\\_web.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160967/STM_09_2018_HTParvot_2018_web.pdf?sequence=1&isAllowed=y). s. 20, 30, 32, 35, 42, 45-47, 49.

Sosiaali- ja terveysministeriö. (1995). Terveysturvallisuuslaki 763/1994. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajan-tasa/1994/19940763?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=terveydensuojelulaki>. 1, 26, 27 §.

Sosiaali- ja terveysministeriö. (2003). Työturvallisuuslaki 738/2002. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajan-tasa/2002/20020738?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=ty%C3%B6turvallisuuslaki>. 1, 32, 37-40 §.

Sosiaali- ja terveysministeriä. (2016). Valtioneuvoston asetus asbestityön turvallisuudesta 798/2015. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2015/20150798>. 7 §.

Sosiaali- ja terveysministeriö. (2009). Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009). Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205#Pidp446718272>. 10 §.

Sosiaali- ja terveysministeriö. (2019). Valtioneuvoston asetus työhön liittyvän syöpävaaran torjunnasta 1267/2019. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2019/20191267#Pidp446432048>. 1, 3, 7, 8, 13, 14 & 16 §.

Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin asettama työryhmä. (2016) Kosteus- ja homevaurioista oireileva potilas. Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Saatavissa: <https://www.kaypa-hoito.fi/hoi50111>. s. 3-8.

Suomen ympäristöopisto SYKLI. (2014). Rakennustyömaan kestävät käytännöt -opas. Saatavissa: <https://sykli.fi/wp-content/uploads/2018/05/raksa-opas-final.pdf>. s. 21-22.

Taiarol, D., Salo, J., Mikkola, R., Castagnoli, E. & Salonen, H. (2016). SIY Raportti 34: Rakennuksen painesuhteiden ja ilmanvaihdon vaikutukset sisäilman epäpuhtauksien esiintymiseen sekä epäpuhtauslähteiden paikallistamiseen -artikkeli. Sisäilmayhdistys ry. s. 383.

Tarri, M., Kuosku, A., Sihvo J., Nutikka, I. & Mäkinen, T. (2017). A-Insinöörit Kosteusturva: ennakoiva kosteuden- ja puhtaudenhallintapalvelu hankesuunnittelusta käyttövaiheeseen -artikkeli. Rakennusfysiikka 2017, Osa 1. s. 45-50.

Tuomisto, J., Tuomisto, J. T. & Vartiainen, T. (2011). Dioksiinit ja PCB-yhdisteet: synopsis. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. Saatavissa: <https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/79884/ab0100ce-2e1f-4cac-9ac3-84eaf5b05b63.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. s. 35.

Työelämätieto, Internet-sivusto. (2019). Etusivu > Aihepiirit > Työhyvinvointi > Vahvistetut ammattitaudit 2011-2015. Työterveyslaitos. Saatavissa: <https://tyoelamatieto.fi/#/fi/dashboards/occupational-diseases>.

Työministeriö. (1992). Valtioneuvoston päätösasbestin ja asbestipitoisen tuotteen valmistuksen, maahantuonnin, myymisen ja käyttöön ottamisen kieltämisestä 852/1992. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1992/19920852>. 3 §.

Työterveyslaitos, Internet-sivu. Etusivu > Työkykyinen työntekijä > Ammattitaudit. Saatavissa: <https://www.ttl.fi/tyontekija/ammattitaudit/>.

Työterveyslaitos. (2016). PAH-yhdisteiden tavoitetasoperustelumuiotio. Saatavissa: <https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/12/pah-yhdisteet-tavoitetaso.pdf>. s. 15-16.

Valtioneuvoston periaatepäätös toimenpiteistä rakennusten kosteusvaurioiden ja niiden aiheuttamien terveyshaittojen vähentämiseksi. (2009). Valtioneuvosto. Saatavissa: [https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ ja\\_rakentaminen/Ohjelmat\\_ ja\\_strategiat/Paattyneet\\_hankkeet/Kosteus\\_ ja\\_hometalkoot\(12650\)](https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ ja_rakentaminen/Ohjelmat_ ja_strategiat/Paattyneet_hankkeet/Kosteus_ ja_hometalkoot(12650)). s. 4-5.

Vinha, J. (2019). RAK-33500 Rakennusfysiikka – Suure- ja kaavaluettelo. Tampereen yliopisto. s. 1, 20.

Vänskä, S. (2017). SIY Raportti 35: Puhdistettava talotekniikka – siivouksen ja talotekniikan yhteisvaikutus koulurakennusten sisäilmastoon -artikkeli. s. 178, 181.

Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä 216/2015. (2015). Ympäristöministeriö. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150216>. 1, 14-16 §.



Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017. (2017). Ympäristöministeriö. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170782>. 1, 3, 6-29 §.

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017. (2017). Ympäristöministeriö. Saatavissa: [https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ ja\\_ rakentaminen/Lainsaadanto\\_ ja\\_ ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Terveellisyys](https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ ja_ rakentaminen/Lainsaadanto_ ja_ ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Terveellisyys). 1, 3-27 §.

Ympäristöministeriön asetuksen 1010/2017 ja Valtioneuvoston asetuksen 788/2017 taustamateriaali – säätiedot Jyväskylä Sodankylä ja Vantaa, Excel-tiedostot. (2011). Etusivu > Maankäyttö ja rakentaminen > Rakennusmääräyskokoelma > Energiatehokkuus. Saatavissa: [https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ ja\\_ rakentaminen/Lainsaadanto\\_ ja\\_ ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Energiatehokkuus](https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ ja_ rakentaminen/Lainsaadanto_ ja_ ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Energiatehokkuus).

Ympäristöministeriö. (2000). Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=maank%3%A4ytt%C3%B6%20ja%20rakennuslaki>. 1, 117 c §.

Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:18. (2019). Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus. Ympäristöministeriö. Saatavissa: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161855/YM\\_2019\\_18\\_211019.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161855/YM_2019_18_211019.pdf?sequence=4&isAllowed=y). s. 29-30, 67, 72.

Ympäristösanakirja EnDic, Internet-sivu. Kapillaarisuus. Suomen ympäristökeskus ja Ilmatieteenlaitos. Saatavissa: <https://mot.kielikone.fi/mot/indic/netmot.exe?UI=fied&height=165>.

## LIITE A: HAASTATTELUKYSYMYKSET: RAKENNUSTÖIDEN VALVOJA

- Onko rakennuttajilla jokin oma toimintamalli kosteuden- ja puhtaudenhallinnan valvontaan? Millainen?
- Oletko aiemmin tutustunut A-Insinöörit Kosteusturva -palveluun?
- Valvojat toimivat osittain koordinaattoreiden silminä työmailla. Miten tämä mielestäsi toimi käytännössä?
- A-Insinöörit Kosteusturva -palveluun sisältyy rakennustyömaan ohjaus ja valvonnan ohjeistaminen. Minkälaista ohjaus oli ja koitteko sen toimivaksi/hyödylliseksi?
- Eräs A-Insinöörit Kosteusturva -palvelun tavoite on tuottaa valvojalle lisäinformaatiota. Kuinka tässä onnistuttiin mielestäsi? Oliko tuotettu informaatio selkeää/jäsenneltyä/tarpeellista?
- Saitko A-Insinöörit Kosteusturva -palvelun myötä uutta tietoa kosteuden- ja/tai puhtaudenhallinnasta?
- A-Insinöörit Kosteusturva -palvelu tuo hankkeeseen uusia osapuolia (erilliset kosteuden- ja puhtaudenhallintakoordinaattorit). Onko tällä ollut mielestäsi vaikutusta työmaan toimintaan? Jos on, niin millaista?
- Miten viestintä kosteuden- ja puhtaudenhallintakoordinaattoreihin mielestäsi toimi? Miten voisimme parantaa viestintää?
- Oliko A-Insinöörit Kosteusturva -palvelulla vaikutusta hankkeen aikatauluun? Jos oli, millaista?
- Hankkeen eri osapuolille on asetettu erilaisia vaatimuksia ja vastualueita kosteuden- ja puhtaudenhallintaan liittyen. Ovatko nämä vaatimukset ja vastualueet esitetty selkeästi ja onko A-Insinöörit Kosteusturva -palvelu vaikuttanut vastualueiden jakamiseen?
- Poikkeaaako A-Insinöörit Kosteusturva -palvelu jotenkin muista aiemmin käyttämistänne kosteuden- ja puhtaudenhallinnan toimintamalleista? Miten?
- Miten kuvailisit kosteuden- ja puhtaudenhallintakoordinaattoreiden toimintaa ja toimintatapaa yleisellä tasolla?

- Osa kosteuden- ja puhtaudenhallinnan toimenpiteistä saattaa joskus jäädä niin sanotusti ei-kenenkään-maalle, jolloin vastuualueet eivät ole selvät, eikä toimenpiteitä tule välttämättä suoritettua vaaditulla tavalla. Oletko havainnut tällaista kyseessä olevalla työmaalla? Jos olette, autoiko A-Insinöörit Kosteusturva -palvelu asian ratkaisemisessa?
- Koitko, että työmaan kosteuden- ja puhtaudenhallintaa seurattiin liikaa tai liian vähän?
- Tehostiko A-Insinöörit Kosteusturva -palvelun käyttäminen kohteen kosteuden- ja puhtaudenhallintaa?
- Miten kyseessä olevan kohteen/kohteiden kosteuden- ja puhtaudenhallinta mielestäsi onnistui?
- Tuleeko mieleesi vielä jotain, mitä haluat kommentoida Kosteusturva-palvelun toteutuksesta tai toiminnasta?

## LIITE B: HAASTATTELUKYSYMYKSET: PROJEKTI-INSINÖÖRI

- Onko rakennuttajilla jokin oma toimintamalli kosteuden- ja puhtaudenhallinnan valvontaan? Millainen?
- Oletko aiemmin tutustunut A-Insinöörit Kosteusturva -palveluun?
- Valvojat toimivat osittain koordinaattoreiden silminä työmailla. Miten tämä mielestäsi toimi käytännössä?
- A-Insinöörit Kosteusturva -palveluun sisältyy rakennustyömaan ohjaus ja valvonnan ohjeistaminen. Minkälaista ohjaus oli ja koitteko sen toimivaksi/hyödylliseksi?
- Eräs A-Insinöörit Kosteusturva -palvelun tavoite on tuottaa valvojalle lisäinformaatiota. Kuinka tässä onnistuttiin mielestäsi? Oliko tuotettu informaatio selkeää/jäsenneltyä/tarpeellista?
- Saitko A-Insinöörit Kosteusturva -palvelun myötä uutta tietoa kosteuden- ja/tai puhtaudenhallinnasta?
- A-Insinöörit Kosteusturva -palvelu tuo hankkeeseen uusia osapuolia (erilliset kosteuden- ja puhtaudenhallintakoordinaattorit). Onko tällä ollut mielestäsi vaikutusta työmaan toimintaan? Jos on, niin millaista?
- Miten viestintä kosteuden- ja puhtaudenhallintakoordinaattoreihin mielestäsi toimi? Miten voisimme parantaa viestintää?
- Oliko A-Insinöörit Kosteusturva -palvelulla vaikutusta hankkeen aikatauluun? Jos oli, millaista?
- Hankkeen eri osapuolille on asetettu erilaisia vaatimuksia ja vastualueita kosteuden- ja puhtaudenhallintaan liittyen. Ovatko nämä vaatimukset ja vastuualueet esitetty selkeästi ja onko A-Insinöörit Kosteusturva -palvelu vaikuttanut vastualueiden jakamiseen?
- Poikkeaaako A-Insinöörit Kosteusturva -palvelu jotenkin muista aiemmin käyttämistänne kosteuden- ja puhtaudenhallinnan toimintamalleista? Miten?
- Miten kuvailisit kosteuden- ja puhtaudenhallintakoordinaattoreiden toimintaa ja toimintatapaa yleisellä tasolla?

- Osa kosteuden- ja puhtaudenhallinnan toimenpiteistä saattaa joskus jäädä niin sanotusti ei-kenenkään-maalle, jolloin vastualueet eivät ole selvät, eikä toimenpiteitä tule välttämättä suoritettua vaaditulla tavalla. Oletko havainnut tällaista kyseessä olevalla työmaalla? Jos olette, autoiko A-Insinöörit Kosteusturva -palvelu asian ratkaisemisessa?
- Koitko, että työmaan kosteuden- ja puhtaudenhallintaa seurattiin liikaa tai liian vähän?
- Tehostiko A-Insinöörit Kosteusturva -palvelun käyttäminen kohteen kosteuden- ja puhtaudenhallintaa?
- Miten kyseessä olevan kohteen/kohteiden kosteuden- ja puhtaudenhallinta mielestäsi onnistui?
- Tuleeko mieleesi vielä jotain, mitä haluat kommentoida Kosteusturva-palvelun toteutuksesta tai toiminnasta?

## LIITE C: HAASTATTELUKYSYMYKSET: SIIVOUSURAKOITSIJA

- Mitä ajatuksia puhtaudenhallinta herättää sinussa? Miten tärkeänä itse pidät sitä?
- Saitko A-Insinöörit Kosteusturva -palvelun myötä uutta tietoa puhtaudenhallinnasta?
- Onnistuttiinko perehdyttämistilaisuuksissa tuomaan riittävästi esiin puhtaudenhallinnan tärkeyttä ja mahdollisesti vahvistamaan eri osapuolien välistä yhteistyötä puhtaudenhallinnan osalta? Millaiseksi koit työmaan ilmapiirin puhtaudenhallintaan liittyen?
- Sekä Punkalaitumen koulun että PSHP Pitkäniemen Terapiatalo rakennushankkeissa järjestettiin erillinen tiedotustilaisuus rakennussiivouksesta sekä puhtaudenhallinnan ja P1-puhtausluokan vaatimuksista. Osallistuitteko kyseisiin tiedotustilaisuuksiin? Jos osallistuitte, koitteko tilaisuudet hyödyllisiksi ja opitteko tilaisuuksissa jotain uutta puhtaudenhallinnasta?
- Miten työmaalla otettiin vastaan P1-puhtausluokan mukaiset siivoustoimet ja niiden laajuus?
- Asetettiinkö käytetyille puhdistusaineille joitain rajoituksia (M1-päästöluokka)?
- Mitkä olivat mielestäsi kohteiden haasteet puhtaudenhallinnan kannalta? Autoiko A-Insinöörit Kosteusturva -palvelu tai puhtaudenhallintakoordinaattorin toiminta näiden haasteiden ratkaisemisessa?
- Miten kuvailisit puhtaudenhallintakoordinaattorin toimintaa ja toimintatapaa yleisellä tasolla?
- Miten viestintä teidän ja A-Insinöörien välillä mielestäsi toimi? Miten voisimme parantaa viestintää?
- Poikkesiko A-Insinöörit Kosteusturva -palvelu jotenkin muista puhtaudenhallinnan toimintamalleista, joihin olette aiemmin tutustuneet? Miten?
- Osa puhtaudenhallinnan toimenpiteistä saattaa joskus jäädä niin sanotusti ei-kenenkään-maalle, jolloin vastualueet eivät ole selvät, eikä toimenpiteitä tule välttämättä suoritettua vaaditulla tavalla. Havaitsitteko tällaista työmailla? Jos havaititte, autoiko A-Insinöörit Kosteusturva -palvelu asian ratkaisemisessa?
- Koitko, että työmaan puhtaudenhallintaa seurattiin liikaa tai liian vähän?

- Tehostiko A-Insinöörit Kosteusturva -palvelun käyttäminen kohteen puhtaudenhallintaa?
- Miten kyseessä olevan kohteen/kohteiden puhtaudenhallinta mielestäsi onnistui?
- Tuleeko mieleesi vielä jotain, mitä haluat kommentoida Kosteusturva-palvelun toteutuksesta tai toiminnasta?

## LIITE D: HAASTATTELUKYSYMYKSET: PÄÄURAKOITSIJAT

- Mitä ajatuksia kosteuden- ja puhtaudenhallinta herättävät? Miten tärkeänä pidät niitä?
- Saitko A-Insinöörit Kosteusturva -palvelun myötä uutta tietoa kosteuden- ja puhtaudenhallinnasta?
- A-Insinöörit Kosteusturva -palvelu tuo hankkeeseen uusia osapuolia (kosteuden- ja puhtaudenhallintakoordinaattorit). Onko tällä ollut mielestäsi vaikutusta työmaan toimintaan? Jos on, niin millaista?
- Hankkeen eri osapuolille on asetettu erilaisia vaatimuksia ja vastuualueita kosteuden- ja puhtaudenhallintaan liittyen. Ovatko nämä vaatimukset ja vastuualueet esitetty selkeästi ja onko A-Insinöörit Kosteusturva -palvelu vaikuttanut vastuualueiden jakamiseen?
- Erityisesti puhtaudenhallintaan liittyy erilaisia luokituksia, esimerkiksi rakennus- ja IV-töiden puhtausluokitus. Ovatko nämä luokitukset, niiden sisältö ja niiden asettamat vaatimukset esitetty selvästi ennen töiden aloittamista esimerkiksi puhtaudenhallintakoordinaattorin pitämässä perehdyttämistilaisuudessa?
- Miten A-Insinöörit Kosteusturva -palvelu on vastannut työmaan kosteuden- ja puhtaudenhallinnan tarpeisiin? Onko se helpottanut/vaikeuttanut työmaan toimintaa?
- Onko A-Insinöörit Kosteusturva -palvelu vaikuttanut hankkeessa suoritettavien työtehtävien jne. dokumentointiin ja siten esimerkiksi huoltokirjan laatimiseen?
- Oliko A-Insinöörit Kosteusturva -palvelulla vaikutusta hankkeen aikatauluun? Jos oli, millaista?
- Miten viestintä kosteuden- ja puhtaudenhallintakoordinaattorin sekä työmaan välillä mielestäsi toimi? Miten voisimme parantaa viestintää?
- Poikkeaaako A-Insinöörit Kosteusturva -palvelu jotenkin muista aiemmin käyttämistänne kosteuden- ja puhtaudenhallinnan toimintamalleista? Miten?
- Annettiinko kuivumisolosuhteille valmiit raja-arvot lämpötilalle ja ilman suhteelliselle kosteudelle vai seurattiinko olosuhteita ja tarpeen mukaan niitä muutettiin vastaamaan kuivumiselle ideaalisia kuivumisolosuhteita?



- Koitko, että työmaan kosteuden- ja puhtaudenhallintaa seurattiin liikaa tai liian vähän?
- A-Insinöörit Kosteusturva -palveluun sisältyy kosteudenhallintatoimenpiteiden käyttöä ja toimivuutta mittaava Kosteusindeksi. Oliko se käytössä työmaallanne? Jos oli, oliko Kosteusindeksin käyttö helppoa ja koitteko sen hyödylliseksi?
- Tehostiko A-Insinöörit Kosteusturva -palvelun käyttö kohteen kosteuden- ja puhtaudenhallintaa?
- Miten kyseessä olevan kohteen kosteuden- ja puhtaudenhallinta mielestäsi onnistui?
- Mitkä kosteuden- ja puhtaudenhallinnan toimenpiteet osoittautuivat haastavimmiksi? Esimerkiksi purkutöiden tekeminen mahdollisimman pölyttömästi, materiaalien suojaaminen kosteudelta tms.
- Oliko kohteessa joitain ominaisuuksia (rakennuspaikka, toteutustapa tms.), joka hankaloitti kosteuden- ja/tai puhtaudenhallintaa? Miten A-Insinöörien kosteuden- ja puhtaudenhallintakoordinaattorit olivat apuna näiden haasteiden ratkaisemisessa?
- Miten kuvailisit kosteuden- ja puhtaudenhallintakoordinaattoreiden toimintaa ja toimintatapoja yleisellä tasolla?
- Tuleeko mieleesi vielä jotain, mitä haluat kommentoida Kosteusturva-palvelun toteutuksesta tai toiminnasta?

## LIITE E: HAASTATTELUKYSYMYKSET: KOORDINAATTORIT

- Hankkeen eri osapuolille on asetettu erilaisia vaatimuksia ja vastuualueita kosteuden- ja puhtaudenhallintaan liittyen. Ovatko nämä vaatimukset ja vastuualueet selkeitä työmaalla?
- Oliko A-Insinöörit Kosteusturva -palvelulla vaikutusta hankkeen aikatauluun? Jos oli, millaista?
- Miten viestintä kosteuden- ja puhtaudenhallintakoordinaattorin, valvojan sekä työmaan välillä mielestäsi toimi?
- A-Insinöörit Kosteusturva -palveluun sisältyy kosteudenhallintatoimenpiteiden käyttöä ja toimivuutta mittaava Kosteusindeksi. Oliko se käytössä työmaallanne? Jos oli, oliko Kosteusindeksin käyttö helppoa ja koitteko sen hyödylliseksi?
- Miten kyseessä olevan kohteen kosteuden- ja puhtaudenhallinta mielestäsi onnistui?
- Mitkä kosteuden- ja puhtaudenhallinnan toimenpiteet osoittautuivat haastavimmiksi? Esimerkiksi purkutöiden tekeminen mahdollisimman pölyttömästi, materiaalien suojaaminen kosteudelta tai muuta sellaista.
- Oliko kohteessa joitain ominaisuuksia (rakennuspaikka, toteutustapa tms.), joka hankaloitti kosteuden- ja/tai puhtaudenhallintaa? Miten A-Insinöörien kosteuden- ja puhtaudenhallintakoordinaattorit olivat apuna näiden haasteiden ratkaisemisessa?
- Miten työmaalla otettiin vastaan P1-puhtausluokan mukaiset siivoustoimet ja niiden laajuus?
- Valvojat toimivat osittain koordinaattoreiden silminä työmailla. Miten tämä mielestäsi toimi käytännössä?