

pysty tarjoamaan kaikkia tutkimussuunnitelmassa esitettyjä tutkimuksia ja mittauksia itse, jolloin ne voidaan tilata muilta palveluntarjoajilta. Tutkimussuunnitelman mukaisessa tarjouksessa on eriteltävä, mitä kokonaisvaltaisen tutkimukseen osakokonaisuuksista tilataan ulkopuolisena palveluna. Ulkopuolisena palveluna voivat olla esimerkiksi ilmanvaihdon toiminnan tarkastus, merkkiainekokeet, rakennekosteusmittaukset tai lämpökamerakuvaukset. Kuntotutkijan tulee tehdä ja teettää vain sellaisia mittauksia, joiden tuloksia hän pystyy analysoimaan tai – jos tutkimus on teetetty kolmannella osapuolella – tulkitsemaan osana tutkimuskokonaisuutta.

Asuintilojen terveellisyyteen liittyviä tutkimuksia tehtäessä on suositeltavaa käyttää viranomaisten hyväksymiä menetelmiä ja toimintatapoja, jotka on esitetty *asumisterveysasetuksessa* (STMa 545/2015) ja *Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeessa* (Sosiaali- ja terveysalan valvontavirasto Valvira, 2016). Siltä osin kuin asetuksessa ja soveltamisohjeessa ei jostain tekijästä ole mainittu, voidaan soveltaa myös *Asumisterveysohjetta* (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2003) ja *Asumisterveysopasta* (Aurola, R. ja Välikylä, T., 2009). Lisäksi valmisteilla on laboratoriokäsikirja asumisterveysasetuksessa mainituille mittaus- ja näytteenottomenetelmille. Asetus ja ohjeet ovat velvoittavia terveydensuojeluviranomaisille ja viranomaisten käyttämille ulkopuolisille asiantuntijoille (ks. kappale 1.3).

Toimistotyyppisten tilojen arviointiin soveltuvia menetelmiä on esitetty mm. Työterveyslaitoksen julkaisuissa: *Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen* (Työterveyslaitos, 2016) ja *Kooste toimistoympäristöjen epäpuhtaus- ja olosuhdetasoista (rakennuksissa, joissa on koneellinen ilmanvaihto), joiden ylittyminen voi viitata sisäilmasto-ongelmiin* (Työterveyslaitos, 2016c).

2.6.1

Tutkimus- ja mittausmenetelmien valinnan perusteet

Fysikaalisten olosuhteiden ja sisäilman epäpuhtauksien mittausmenetelmien tai materiaalien emissio- tai haitta-ainetutkimusten menetelmien tulee olla validoituja ja/tai ko. tutkimustarkoitukseen yleisesti hyväksytyjä. Tutkimus- ja mittaus tulosten tulkinnan tueksi pitää olla saatavilla yleisesti hyväksytyt ohjeet ja/tai soveltuvat viitearvot. Mittauskohtien lukumäärä valitaan tapauskohtai-

sesti. Kustannussyistä mittausten laajuus on usein rajoitettu. Liian pienen mittaus- tai näytemäärän aiheuttama epävarmuus tuloksessa tulee tiedostaa.

Käytettävän mittauskaluston on oltava kunnossa ja asianmukaisesti kalibroitu. Tutkimussuunnitelmassa esitetään tarkoitukseen soveltuvat tutkimus- ja mittausmenetelmät seuraaville kokonaisuuksille:

- rakenne- ja kosteusteknisille tutkimuksille
- ilmanvaihtojärjestelmän tutkimuksille
- epäpuhtauslähteitä selvittäville tutkimuksille sekä sisäilman laadun mittauksille.

2.6.2

Tarkoitukseen soveltuvat mittaus- ja tutkimusmenetelmät

Tyypillisiä rakenne- ja kosteusteknisiä tutkimuksia ovat mm.:

- kaikkien tutkittavien tilojen aistinvarainen tarkastelu ja pintakosteuskartoitus, sisältäen myös käyttötilojen ulkopuoliset tilat
- rakennuksen ulkopuolinen tarkastus
- rakenteiden toteutuksen ja kunnan tarkastamien rakenneavauksista, sisältää myös tarvittavat rakennusmateriaalinäytteiden analyysit
- rakenteiden sisältä tehtävät mittaukset
- ilma- ja lämpövuotojen mittaukset
- tuuletetuista rakennusosista tehtävät mittaukset
- maaperän ominaisuuksien mittaukset
- salaojaverkoston ja sadevesijärjestelmän toiminnan varmistaminen
- muut erityiskohdat.

Alla olevissa kappaleissa on selvitetty tarkemmin tärkeimpien tutkimusmenetelmien käyttötilanteita. Tutkimusten toteutus ja menetelmät on kuvattu tarkemmin luvussa 3.

Aistinvarainen tarkastelu ja pintakosteuskartoitus

Kuntotutkimuksessa tehdään aina poikkeuksetta tilojen aistinvarainen tarkastelu, jonka apuvälineenä käytetään pintamittauksia ja tarpeen mukaan myös merkkisavua ja paine-eromittaria. Tarkastelussa kiinnitetään huomiota mm. seuraaviin seikkoihin:

- pintamateriaalit, niiden kunto ja ikä
- näkyvät kosteus- ja mikrobikasvustot, homevauriot, mahdolliset lahovauriot
- homeen haju ja muut hajut

- riskialttiit rakenneratkaisut
- ilmavuodot
- ilmanvaihtuvuus
- ilmanvaihtoventtiilien sijainti ja toiminta
- hormien, kuilujen, putkikanaalien, ontelo-tilojen jne. olemassaolo ja sijainti
- suunnitelmien muutokset
- väärät käyttötottumukset
- huollon ja kunnossapidon puutteet
- rakennusmateriaalien tai säilytettävän tavaran emissiot
- pintalämpötilat.

Pintakosteuskartoitus tehdään aina vähintään ulkovaipan riskialueille (mm. maanvaraiset alapohjat, ulkoseinien alaosat, perustuksiin ulottuvien väliseinien alaosat ja välipohjista ulkoseinien vierustat soveltuvien osin) ja vesipisteiden läheisyyteen.

Myös käyttötilojen ulkopuoliset osat rakennuksen sisällä, kuten yläpohjat, ryömintätilat, portaiden alustatilat sekä putkikanaalit ja -käytävät tulisi aina tarkistaa laajempaa kuntotutkimusta tehdessä.

Rakennuksen ulkopuoliset tarkastelut

Aistinvarainen tarkastelu on ensisijaisen tärkeää tehdä myös rakennuksen ulkopuolella. Vesikaton ja julkisivujen vesitiiveyspuutteet sekä puutteet sade- ja pintavesien ohjauksessa ovat tyypillisiä ongelmien aiheuttajia ja nämä tulee tunnistaa.

Salaojaverkoston toimintaa tutkimalla ja mahdollisilla tarkistusmittauksilla voidaan arvioida maasta perustusrakenteisiin kohdistuvaa kosteusrasitusta. Salaojaverkoston toimivuutta voidaan arvioida alkuperäisten suunnitelmien oikeellisuuden ja verkoston kunnan perusteella. Salaoja- ja sadevesijärjestelmän olemassaolo ja kunto on suositeltavaa tarkastaa vähintäänkin periaatetasolla. Jos alustavassa riskiarviossa tai kohteessa tehtävien havaintojen yhteydessä havaitaan merkittäviä puutteita, jotka voivat liittyä toimimattomaan salaoja- ja sadevesijärjestelmään, tulee järjestelmän kunto tarkastaa perusteellisesti esimerkiksi verkostojen kuvauksella.

Rakenneavaukset ja materiaalinäytteiden otto

Käytössä olevat menetelmät:

- rakenteen poraus, sahaus, piikkaus; levytysten, pellitysten ym. irrotus

- rakenteen sisäosien aistinvarainen tarkastelu, materiaalien tunnistus, rakennetyyppien ja detaljien dokumentointi
- tarpeen mukaan materiaalinäytteiden otto avatuista rakenteista
 - mikrobianalyysi
 - haitta-aineanalyysit: asbesti, PAH, PCB, öljyhiilivedyt, kloorifenolit, raskasmetallit
 - haihtuvien orgaanisten yhdisteiden eli VOC-yhdisteiden emissioiden määrittäminen materiaalista
 - muiden yhdisteiden emissioiden määrittäminen materiaalinäytteistä (mm. ammoniakki, formaldehydi)

Miksi ja milloin toteutetaan?

- Kun sisäpuolisessa tarkastuksessa havaitaan poikkeamia, jotka viittaavat rakenteen sisäisiin vaurioihin.
- Jos on epäily rakenteen virheellisestä toteutuksesta, riskirakenteista (esim. valesokkelit) tai tiedossa oleva vesivuoto.
- Etenkin vanhemmissa rakennuksissa kaikkien päärakennetyyppien suunnitelmien mukaisuus on suositeltavaa tarkastaa vähintään läpiporaamalla ja endoskoopilla tarkastellen.
- Materiaalin vaurioituneisuus voidaan usein todeta aistinvaraisesti, mutta epäselvissä tapauksissa laboratorioanalyysit ovat usein tarpeen.

Rakennekosteusmittaukset

Käytössä olevat menetelmät:

- porareikämittaus
- näytelepalamittaus
- viiltomittaus
- materiaalin kuivatus-punnitusmenetelmä
- lyhytkestoinen kosteusmittaus rakenteen sisältä, yleensä eristetilasta
- materiaalin kosteuspitoisuuden mittaus ns. piikkimittarilla

Miksi ja milloin toteutetaan?

- Kun on epäily että tiettyyn rakenneosaan saattaa kohdistua poikkeavaa kosteusrasitusta. Mitattavaksi valitaan riskialueet, joissa on mahdollisesti korkeita kosteus- pitoisuuksia, sekä vertailualueelle, jossa oletettavasti on normaalitilanne.

- Kun halutaan selvittää rakenteen kosteusteknistä toimintaa.
- Mittauspaikat valikoidaan aistinvaraisten tarkastelujen, pintakosteuskartoituksen sekä rakennetyyppien tarkastelujen perusteella.
- Kosteusmittaukset voidaan toteuttaa suunta-antavina silloin, kun menetelmän mittauserpä tarkkuus tiedostetaan ja se sallitaan.
- Pintakosteuskartoituksessa havaitut poikkeamat tarkastetaan rakennekosteusmittauksin.

Tiiveyden ja epäpuhtauksien kulkeutumisen tutkiminen

Käytössä olevat menetelmät:

- painesuhteiden mitta
- lämpökuvaus
- merkkiainetutkimukset
- merkki- ja puhdassavututkimukset
- vesitiiveyskokeet
- rakennusvaipan tiiveyden ja ilmapuotoluvun q50 määrittäminen

Miksi ja milloin toteutetaan?

- Kun epäillään, että rakenteiden sisällä olevia epäpuhtauksia kulkeutuu rakenteiden epätiivyyden ja/tai alipaineen takia sisäilmaan.
- Kun halutaan paikantaa ilmapuotojen ja kosteuskonvektion riskikohtia.
- Epäpuhtauksien kulkeutumisen arviointi edellyttää aina rakenteen yli vallitsevien painesuhteiden mittaamista, koska ne vaikuttavat ilmapuotomääriin. Pitkäaikaismittaus 1–2 vk ajanjaksolla on suositeltavaa.
- Koko rakennuksen ilmapuotoriskien arvioimiseksi paine-eroja tulee mitata ilmanvaihtojärjestelmän eri palvelualueilta sekä eri ilmansuunnista ja kerroksista, koska paineerojen suuruuteen vaikuttaa ilmanvaihdon lisäksi tuuli, lämpötilaerot sekä luonnollinen savupiippuvaikutus.
- Lämpökuvausta käytetään lämpö- ja ilmapuotojen havaitsemiseksi silloin, kun lämpötilaerot sisä- ja ulkotilan välillä ovat riittävän suuret sekä ulkoilman olosuhteet ovat mittaukselle suotuisat, yleensä talviaikaan. Erityisesti lämpökuvausta käytetään ennakoivassa tutkimuksessa, kun halutaan arvioida rakenteiden kunnossapitotarvetta tai parantaa talotekniikkaa. Kosteusvaurioita lämpökuvauksella voidaan havaita

vain erityisissä tilanteissa, joissa olosuhteet on sopivat.

- Lämpökameraa voidaan käyttää hyödyksi myös muiden tutkimusten yhteydessä, esimerkiksi lämmityskaapeleiden havaitsemiseksi sekä työmaa-aikaisena laadunvarmistuksena.
- Merkkiainetutkimuksia on tarkoituksenmukaista käyttää silloin, kun arvioidaan rakenteiden tarkkoja ilmapuotopaikkoja ja ilmapuotojen voimakkuutta. Lisäksi merkkiainetutkimuksia voidaan hyödyntää työmaa-aikaisena laadunvarmistusmenetelmänä.
- Merkkisavua käytetään tavanomaisesti aistinvaraisten havaintojen tukena ilmapuotokulkeutumisen suuntien ja voimakkuuksien arvioimiseksi.
- Puhdassavua voidaan käyttää suurten tilojen ilmatiiveyden tutkimiseen, esim. laskeamalla alapohjaan savua, ja tarkastelemalla havaitaanko vuotokohtia esimerkiksi rakenteen liittymistä. Myös tilan ilmanjaon toimivuutta ja ilman liikkeitä voidaan tutkia puhdassavun avulla.
- Vesitiiveyskokeita toteutetaan tyypillisesti vesitiiveyttä vaativien rakennusosien (uimaaltaat, vesikatot, terassit) tarkastelemiseksi.
- Ilmapuotoluvun eli q50-luvun määrittäminen tyypillisesti uudisrakennuksen energiatodistuksen laadintaa varten. Tiiveysmittauksien yhteydessä voidaan paikallistaa tarkempia ilmapuotokohtia esimerkiksi lämpökameralla.

Sisäilmanolosuhteiden ja sisäilman epäpuhtauksien mittaukset

Käytössä olevat menetelmät:

- suhteellisen kosteuden ja lämpötilan mitta
- hiilidioksidipitoisuuden mitta
- hiilimonoksidipitoisuuden mitta
- typen oksidien (NO₂) mitta
- hiukkaspitoisuuksien (kokonaisleijuma eli TSP, PM₁₀ ja PM_{2,5}) mitta
- sisäilman mikrobiinäytteet
- pölyjen ja kuitujen mitta
- haihtuvien orgaanisten yhdisteiden eli VOC-yhdisteiden määrittäminen sisäilmasta
- muiden kaasumaisten epäpuhtauksien määrittäminen sisäilmasta
 - ammoniakki, formaldehydi, radon
- haitta-aineiden määrittäminen sisäilmasta (tai pölystä)

- asbesti, PAH, PCB, öljyhiilivedyt, kloorifenolit, metallit

Miksi ja milloin toteutetaan?

- Sisäilman olosuhdemittaukset (lämpötila ja suhteellinen kosteus) ovat kuntotutkimuksen perusmittauksia, joita toteutetaan myös muiden mittauksen yhteydessä, esimerkiksi rakennekosteusmittauksien yhteydessä. Kattavammat olosuhdemittaukset edellyttävät pitkäaikaisia seurantamittauksia, joiden perusteella voidaan arvioida mm. sisätilojen kosteuslisän määrää, sisätilojen lämpöolosuhteita ja talotekniikan toimivuutta. Ennen seurantamittauksiin tai näytteenottoihin ryhtymistä on aina suositeltavaa tarkastaa ilman virtaus ilmanvaihdon pääte-elimillä karkeasti esimerkiksi merkkisavun avulla, sekä rakennuksen ulkovaipan yli vallitsevat painesuhteet lyhytkestoisella paine-eromittauksella.
- Hiilidioksidipitoisuutta mitataan tyypillisesti tilanteissa, joissa halutaan tarkastella tilan käytön aikaista ilmanvaihdon riittävyttä. Mittauksen määrää ja mittauskohtia valittaessa tulee huomioida mm. tilojen käyttö ja kuormitus sekä ilmanvaihdon kapasiteetti. Tilan käyttö on voinut esimerkiksi muuttua tilan alkuperäisestä käytöstä. Hiilidioksidipitoisuus kuvaa hyvin tilan tunkkaisuutta sekä muiden ihmisperäisten päästöjen määrää ja käyttäjien sisäilmaa tuottamaa kosteuslisää. Mittaukset on suositeltavaa toteuttaa vähintään useita vuorokausia kestäväenä pitkäaikaisseurantana.
- Hiilimonoksidia ja/tai typen oksideja mitataan kun epäillään polttoprosesseista (lämmitys, autot, muut polttomoottorikäyttöiset koneet) peräisin olevien palo- tai pakokaasujen pääsyä sisäilmaan. Hiilimonoksidia saattaa kertyä myös huonosti tuuletettujen puupelletivarastojen ilmaan ja kulkeutua rakenteiden kautta viereisiin tiloihin.
- Sisäilman hiukkaspitoisuuksien mittaus saattaa olla tarpeen kun:
 - tilassa epäillään olevan merkittäviä hiukkaslähteitä
 - tilaan epäillään kulkeutuvan merkittävästi hiukkasia ulkoa tuloilman riittämättömän suodatuksen takia tai muusta syystä.
- Sisäilman mikrobinäytteet eivät ole ensisijainen tutkimusmenetelmä ja niiden tarkoituksena on tukea muita tutkimusmenetelmiä. Näytteillä voidaan tietyin reunaehdoin arvioida näytteenottoajankohdan sisäilman mikrobiologista laatua. Mittauksen perusteella saadaan tietoa mahdollisesti poikkeavasta sisäilman laadusta ja se voi auttaa paikallistamaan mikrobilähteen tiettyyn rakennusosaan.
- Pöly- ja kuitumittauksia käytetään, kun:
 - rakenteissa tai ilmanvaihtojärjestelmässä epäillään poikkeavia pöly- ja kuitulähteitä käyttäjien oireilun perusteella
 - halutaan selvittää havaittujen pölyjen koostumusta ja alkuperää
 - halutaan määrittää, onko rakennuksen siivoustaso pölyyntymisnopeuteen nähden riittävä
 - halutaan määrittää, onko korjausten aikainen pölyhallinta ollut riittävää.
- Sisäilman VOC-yhdisteiden pitoisuuksia mitataan, jos esim. sisäilmassa havaitun poikkeavan hajun ja/tai koettujen oireiden perusteella on syytä epäillä määrältään tai laadultaan poikkeavien yhdisteiden haihtuvan tai kulkeutuvan rakennusmateriaaleista sisäilmaan. On huomiotava, että VOC-tutkimus ei kata kaikkia mahdollisia kaasumaisia epäpuhtauksia, eikä se yleensä ole yksinään riittävä tutkimusmenetelmä sisäilmahaitan tai vaurion todentamiseen.
- Muita kaasumaisia epäpuhtauksia mitataan tarpeen mukaan tyypillisesti vain silloin kun lähtötietojen perusteella on syytä epäillä niiden olemassaoloa. Esimerkiksi sisäilman radonpitoisuutta mitataan radonriskialueilla tai kun epäillään rakennusmateriaaleista peräisin olevaa radonlähdettä. Radonalueilla huoneilmassa todettu radon indikoi alapohjarakenteen epätiiveyttä, johon saattaa liittyä myös muiden maaperän epäpuhtauksien kulkeutumista sisäilmaan.
- Haitta-aineiden mittaukset sisäilmasta ja/tai pölystä saattavat olla tarpeen, kun:
 - rakentamisajankohdan tai muun lähtötiedon perusteella on syytä epäillä, että rakennusmateriaalit sisältävät haitalliseksi luokiteltavia aineita, joilla saattaa olla käytön aikaisia sisäilmavaikutuksia, esimerkiksi rikkoutuneet asbestia sisäl-