

SISÄLLYS

Esipuhe	3
I Sisäilmaongelman rakennuksen kuntotutkimuksesta onnistuneisiin korjauksiin	8
1.1 Lainsäädäntö.....	8
1.2 Kuntotutkimuksen tilaaminen.....	9
1.3 Kuntotutkimuksen tekijän pätevyysvaatimukset.....	12
1.4 Sisäilman laatua heikentävät tekijät.....	14
1.5 Kuntotutkimuksesta onnistuneisiin korjauksiin.....	16
2 Tutkimussuunnitelma	20
2.1 Yleistä.....	20
2.2 Kuntotutkimuksen vaiheet.....	21
2.3 Lähtötiedot.....	22
2.3.1 Asiakirjat.....	22
2.3.2 Asukas- ja käyttäjäkyselyt.....	23
2.3.3 Rakentajien ja suunnittelijoiden haastattelut.....	23
2.4 Alustava riskiarvio.....	24
2.4.1 Asiakirjatarkastelu.....	24
2.4.2 Kohdekäynti tutkimussuunnitelman laadintaa varten.....	25
2.5 Tutkimussuunnitelman laadinta erilaisissa lähtötilanteissa.....	25
2.5.1 Ennakoiva selvitys.....	25
2.5.2 Tunnettu äkillinen kosteusrasitus.....	26
2.5.3 Tiedossa oleva kosteus- tai mikrobivaurio.....	27
2.5.4 Sisäilmatutkimuksella havaittu poikkeava tilanne, yleinen epäily, haju tai tilan käyttäjien oireilu.....	27
2.5.5 Kemikaalivahingot.....	28
2.5.6 Tuleva peruskorjaus.....	29
2.6 Tutkimusmenetelmien valinta.....	29
2.6.1 Tutkimus- ja mittausmenetelmien valinnan perusteet.....	30
2.6.2 Tarkoitukseen soveltuvat mittaus- ja tutkimusmenetelmät.....	30
2.6.3 Mittausten ajankohta ja kesto.....	34
2.7 Mittalaitteiden valinta ja luotettavuus.....	37
3 Tutkimuksen toteutus	39
3.1 Rakenteiden toteutuksen tarkastus.....	39
3.1.1 Rakennetyyppien tarkastus ja kirjaus.....	39
3.1.2 Materiaalien tunnistaminen.....	39
3.1.3 Materiaaliominaisuuksien tunnistaminen.....	40
3.2 Rakenteiden kunnan arviointi.....	40
3.2.1 Rakennusosakohtaiset tarkistuslistat.....	40
3.2.2 Rakenneavaukset.....	45
3.2.3 Materiaalinäytteiden mikrobianalyysi.....	48
3.3 Pintakosteuskartoitus.....	53
3.4 Kosteusmittaukset.....	53
3.4.1 Tarkat rakenteen suhteellisen kosteuden mittaukset.....	54
3.4.2 Suuntaa antavat rakenteen suhteellisen kosteuden mittaukset.....	56
3.4.3 Tarkat materiaalin kosteuspitoisuuden mittaukset.....	57
3.4.4 Suuntaa antavat materiaalin kosteuspitoisuuden mittaukset.....	57
3.4.5 Kosteusmittausten dokumentointi ja tulosten luotettavuuden arviointi.....	57

3.5	Rakenteiden tiiveyden ja epäpuhtauksien kulkeutumisen tutkiminen	58
3.5.1	Rakennuksen painesuhteiden mittaus	58
3.5.2	Lämpökuvaus	58
3.5.3	Merkkiainetutkimukset	59
3.5.4	Merkki- ja puhdassavututkimukset	60
3.5.5	Vesitiiveyskokeet	61
3.5.6	Rakennusvaipan tiiveyden ja ilmanvuotoluvun q50 määrittäminen	61
3.6	Sisäilmaolosuhteiden ja sisäilman epäpuhtauksien mittaukset	61
3.6.1	Sisäilman suhteellinen kosteus ja lämpötila	61
3.6.2	Sisäilman hiilidioksidipitoisuus	62
3.6.3	Sisäilman mikrobit	63
3.6.4	Hiukkaset, pölyt ja kuidut	65
3.7	Kemiallisten epäpuhtauksien tutkimukset	67
3.7.1	Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC)	67
3.7.2	Muut kaasumaiset epäpuhtaudet	74
3.7.3	Haitta-aineet	76
3.7.4	Haitta-ainetutkimus osana kuntotutkimusta	78
3.8	Ilmanvaihtojärjestelmän tarkastus	82
3.8.1	Ilmanvaihtojärjestelmän toimivuuden tarkastaminen	83
3.8.2	Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden tarkastaminen	83
3.8.3	Ilmamäärien mittaaminen	85
3.8.4	Painesuhteiden mittaaminen	86
3.9	Tutkijan työturvallisuus	88
4	Tutkimusselostus	91
4.1	Tutkimusselostuksen sisältö	91
4.2	Tutkimustulosten esittäminen, analysointi ja riskianalyysi	95
4.2.1	Tutkimustulosten esittäminen	95
4.2.2	Tutkimustulosten analysointi ja riskianalyysi	95
4.3	Korjaussuunnittelun käynnistäminen	99
4.4	Kuntotutkimuksen tulosten merkitys rakennuksen käyttötavan ja elinkaaren hallinnassa	100
5	Rakenteiden kosteustekninen käyttäytyminen	101
5.1	Veden olomuodot	101
5.2	Kosteus ilmassa	102
5.3	Veden sitoutuminen rakennusaineisiin	103
5.3.1	Hygroskooppinen tasapainokosteus	104
5.3.2	Kapillaarinen kosteustasapaino	105
5.3.3	Vesiaktiivisuus	106
5.4	Yleisimmät kosteuden lähteet	106
5.5	Kosteuden siirtyminen rakenteissa	111
5.5.1	Veden kapillaarinen ja painovoimainen siirtyminen	111
5.5.2	Kosteuden siirtyminen diffuusiolla	113
5.5.3	Kosteuden siirtyminen konvektiolla	115
5.5.4	Lämmönsiirtymisen vaikutus rakenteiden kosteustekniseen käyttäytymiseen	117
5.6	Rakennuksen painesuhteet ja ilmatiiveys	118
5.6.1	Rakennuksen painesuhteiden ja ilmatiiveyden merkitys rakenteiden toimintaan ja sisäilman laatuun	118
5.6.2	Tuuli	119
5.6.3	Savupiippuvaikutus	120
5.6.4	Ilmanvaihto	121
5.6.5	Tuulen, savupiippuvaikutuksen ja ilmanvaihdon yhteisvaikutus painesuhteisiin	122

5.7	Mikroilmasto	123
5.7.1	Mikroilmaston vaikutus rakenteiden toimintaan	123
5.7.2	Tuuli.....	123
5.7.3	Auringon säteily	124
6	Mikrobikasvu ja -vauriot rakenteissa	127
6.1	Rakennusten mikrobiologiaa	127
6.1.1	Rakennusten mikrobilajisto ja mikrobikasvu	127
6.2	Mikrobien kasvuvaatimukset	130
6.2.1	Kosteus ja lämpötila	130
6.2.2	Materiaalin merkitys	133
6.2.3	Mikrobikasvun kehittymisen arviointi ja mallinnus.....	137
6.3	Mikrobikasvun ja -vaurion tunnusmerkkejä	138
6.3.1	Näkyvä mikrobikasvusto sisäpinoilla tai rakenteissa	138
6.3.2	Sisäilman poikkeava mikrobipitoisuus ja -lajisto, homeenhaju, maakellarimainen, tunkkainen haju	139
6.3.3	Tilassa oleskelevien henkilöiden oireilu	140
6.4	Mikrobikasvun ja -vaurion toteaminen	141
6.5	Mikrobiperäisten epäpuhtauksien kulkeutuminen sisäilmaan	141
6.6	Mikrobikasvuston haitallisuuteen vaikuttavia tekijöitä	142
6.7	Mikroilöydösten raportointi	145
6.7.1	Materiaalinäytteet	145
6.7.2	Sisäilmanäytteet	145
7	Rakenteiden lämpö- ja kosteustekninen toimivuus ja vaurioitumisriskin arviointi	147
7.1	Rakenteiden kosteustasot	148
7.2	Rakenteiden vaurioituminen	152
7.2.1	Yleisimmät kosteusvauriot rakennuksissa.....	152
7.2.2	Rakennusmateriaalien vanheneminen.....	152
7.2.3	Sisäpinnat	154
7.2.4	Ulkoseinät.....	155
7.2.5	Vesikatto ja yläpohja	176
7.2.6	Maanvastaiset seinät, perustukset ja alapohja	183
7.2.7	Välipohjat.....	198
7.2.8	Väliseinät	202
Liitteet	203	
Liite 1.	Kyselylomakkeet	203
Liite 2.	Materiaalien tunnistaminen	206
Liite 3.	Tutkimussuunnitelman malli	217
Liite 4.	Raporttimalli ja esimerkkejä kuntotutkimuksista.....	220
Liite 5.	Termien selitykset	226
Viitteet	228	
Kuvailulehti	232	
Presentationsblad	233	
Documentation page	234	