

Opinnäytetyö (AMK)

Tekniikka

Lvi-tekniikka

2017

Tomi Kultala

ILMANVAIHDON TOIMINTA JA  
SISÄILMAN LAATU  
KONEELLISELLA  
YHTEISKANAVAPOISTOLLA  
VARUSTETUISSA  
KERROSTALOISSA

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Tekniikka I Lvi-tekniikka

2017 | 37 sivua + 3 liitettä

Ohjaajat: Juha Leimu, TUAMK ; Simo A. Nurmi

Tomi Kultala

# ILMANVAIHDON TOIMINTA JA SISÄILMAN LAATU KONEELLISELLA YHTEISKANAVAPOISTOLLA VARUSTETUISSA KERROSTALOISSA

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää ilmanvaihdon toimintaa ja sisäilman laatua sekä suoritettujen saneerausten vaikutusta ilmanvaihdon toimintaan ja sisäilman laatuun koneellisella yhteiskanavapoistolla varustetuissa kerrostaloissa.

Suomessa saneerataan lähivuosina esimerkiksi 1960- ja 1970-luvulla rakennettuja kerrostaloja, joiden ilmanvaihtojärjestelmänä on yleensä koneellinen yhteiskanavapoistojärjestelmä. Yleinen saneeraustoimenpide koneellisella yhteiskanavapoistojärjestelmissä varustetuissa kerrostaloissa on ilmanvaihtokanavien nuohous ja perussäätö. Saneerauksissa on lähdetty toteuttamaan energiansäästöön pyrkiviä toimenpiteitä, joilla poistoilmasta otetaan talteen lämpöä hyödynnettäväksi edelleen esimerkiksi kiinteistön lämmitystä vaativissa järjestelmissä. Opinnäytetyössä vertaillaan koneellisella yhteiskanavapoistojärjestelmällä varustettujen rakennusten asunnoista saatuja mittaustuloksia lämmityskausilta ennen ja jälkeen suoritettua saneerausta. Vertailun tarkoituksena on selvittää suoritettujen saneerausten vaikutusta ilmanvaihdon toimintaan ja sisäilman tilaan. Saatujen mittaustulosten perusteella tarkastellaan myös koneellisella yhteiskanavapoistojärjestelmällä varustettujen rakennusten asuntojen ilmanvaihdon toimintaa ja sisäilman laatua vertailtaessa saatuja mittaustuloksia rakentamisen suunnitellua ohjaaviin viranomaisohjeisiin ja -määräyksiin sekä terveysperusteisiin arvoihin.

Suoritettujen mittausten perusteella asuntojen lämpöolot ja suhteellisen kosteuden arvot paranivat pääosin saneerauksen jälkeen. Hiilidioksidipitoisuudet asunnoissa paranivat osittain saneerauksen jälkeen. Ilmanvaihtokertoimet kohosivat tai pysyivät vähintään samalla tasolla asunnoissa saneerauksen jälkeen. Opinnäytetyö osoitti,

että paloturvallisuusohje savukaasujen leviämisen estämiseksi ei täytynyt suuressa osassa asunnoista.

#### ASIASANAT:

Ilmanvaihto, sisäilma, yhteiskanavapoisto, linjasaneeraus, ilmanvaihtolaitteiston paloturvallisuus

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Engineering in heating, ventilation and air conditioning

2017 | 37 pages + 3 appendices

Instructors: mr. Juha Leimu, TUAS, mr. Simo A. Nurmi

Tomi Kultala

## THE CONDITION OF VENTILATION AND INDOOR AIR QUALITY IN THE BUILDINGS EQUIPPED WITH CENTRAL EXHAUST VENTILATION SYSTEM

The purpose of this bachelor's thesis is to find out the function of the ventilation and indoor air quality in buildings equipped with central exhaust ventilation system. This bachelor's thesis shows also the impact of a renovation of the ventilation system and its influence to indoor air quality in the buildings with central exhaust ventilation system.

In Finland the buildings built in the 1960's and 1970's are going to be renovated in the near future. These buildings are usually equipped with central exhaust ventilation system. The most common way to renovate the central exhaust ventilation system is to sweep the ventilation shafts and adjust the air volumes in the apartments. They have also started to pay attention to systems which save energy, for example by collecting energy from building's exhaust air and reuse the energy on the building's heating system. In this bachelor's thesis has been compared the data collected before and after the renovation in the buildings equipped with central exhaust ventilation system.

The purpose of the comparison was to find out whether the renovation of the ventilation system improved the indoor air quality or not. The collected data from the buildings with central exhaust ventilation systems was also the base for the conclusion whether the indoor air quality is in a level which the Finnish building and health regulations require.

According to the collected data the quality of indoor air has improved at most of the measurements in the apartments after the renovation was made. Only in one of the smaller apartments the level of carbon dioxide was slightly higher than before the renovation. The function of the central exhaust ventilation system improved after the renovation was made because the system exhausted more or at least the same amount of air in a timeline of one hour. The bachelor's thesis results also showed that the guideline for the ventilation system's fire safety wasn't fulfilled in most of the apartments.

**KEYWORDS:**

Ventilation, indoor air, central exhaust ventilation systems, pipeline renovation, fire safety of the ventilation system

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>1</b>
1.1 Työn tausta ja tavoitteet	3
1.2 Työn rajaukset	4
<b>2 RAKENNUSTEN ILMANVAIHTO JA SISÄILMASTO</b>	<b>5</b>
2.1 Ilmanvaihtojärjestelmien rakentamista ohjaavat viranomaismääräykset ja -ohjeet	5
2.1.1 Lämpöolojen suunnitteluarvot sekä suhteellisen kosteuden suositusarvot	6
2.1.2 Hiilidioksidipitoisuuden tavoitearvot	7
2.1.3 Ilmanvaihtokertoimen suunnitteluarvot	7
2.1.4 Ohje tilakohtaisesta kuristusvaatimuksesta savukaasujen leviämisen estämiseksi	8
2.2 Hyvän sisäilmaston merkitys ihmisen terveydelle	8
2.3 Koneellisen yhteiskanavapoiston toimintaperiaate	10
<b>3 OPINNÄYTETYÖN SISÄILMASELVITYKSET</b>	<b>12</b>
3.1 Opinnäytetyön mittaukset	12
3.2 Sisäilmaselvitys as oy Kaksoskari	13
3.3 sisäilmaselvitys as oy Sofiankatu 8	14
3.4 sisäilmaselvitys as oy Kaskenkatu 8	14
<b>4 SISÄILMASELVITYKSIEN TULOKSET</b>	<b>16</b>
4.1 Lämpöolot ja suhteellinen kosteus ennen ja jälkeen saneerauksen	16
4.2 Hiilidioksidipitoisuudet ennen ja jälkeen saneerauksen	19
4.3 Ilmanvaihtokertoimet ennen ja jälkeen saneerauksen	20
4.4 Tilakohtaisen kuristusvaatimuksen täyttyminen asunnoissa savukaasujen leviämisen estämiseksi	21
<b>5 SELVITYKSEN JOHTOPÄÄTÖKSET</b>	<b>23</b>
<b>6 YHTEISKANAVAPOISTOLLA VARUSTETUN KERROSTALON ILMANVAIHDON SANEERAUSTAVOISTA</b>	<b>25</b>
6.1 Koneellisen yhteiskanavapoiston korjaustavat ja korjauksessa huomioitavat seikat	25
6.2 Opinnäytetyön myötä ilmenneitä koneellisen yhteiskanavapoiston toimintaa heikentäviä tekijöitä ja suunnittelussa huomioitavia seikkoja	26

6.3 Maankäyttö- ja rakennuslain uudistuksen vaikutukset saneerauskohteiden ilmanvaihdon korjaamiseksi	31
<b>7 LOPUKSI</b>	<b>33</b>
<b>8 LÄHDELUETTELO</b>	<b>35</b>

## **LIITTEET**

- Liite 1. Ilmamäärien säätöpöytäkirja, As Oy Kaksoskari  
Liite 2. Ilmamäärien säätöpöytäkirja, As Oy Sofiankatu 8  
Liite 3. Ilmamäärien säätöpöytäkirja, As Oy Kaskenkatu 8

## **KAAVAT**

Kaava 1, mittausvirheiden arviointi	13
Kaava 2, ilmanvaihtokertoimen määrittäminen	20
Kaava 3, tilavuusilmavirran määrittäminen venttiilissä	22

## **KUVAT**

Kuva 1, Sisäilman aiheuttama tautikuorma Suomessa vuonna 2010.....	9
Kuva 2, Ilman epäpuhtauksia ja ilmansuodattimien tyypilliset vähimmäiserotusasteet eri suodatinluokissa.....	9
Kuva 3, Esimerkki koneellisen yhteiskanavapoiston toteutustavasta.....	11
Kuva 4, Korvausilmaventtiili ja ulkoseinässä olevat reiät.....	27
Kuva 5, Karkeasuodatin.....	27
Kuva 6, Esimerkki porraskäytävän korvausilmaventtiilistä.....	28
Kuva 7, Kylpyhuoneen kynnys ja ovirako.....	29

## **KUVIOT**

Kuvio 1, pienten asuntojen lämpötilat ennen ja jälkeen saneerauksen	16
Kuvio 2, Isojen asuntojen lämpötilat ennen ja jälkeen saneerauksen	17
Kuvio 3, pienten asuntojen suhteellinen kosteus ennen ja jälkeen saneerauksen	18
Kuvio 4, isojen asuntojen suhteellinen kosteus ennen ja jälkeen saneerauksen	19
Kuvio 5, asuntojen hiilidioksidipitoisuudet ennen ja jälkeen saneerauksen	20
Kuvio 6, asuntojen ilmanvaihtokertoimet ennen ja jälkeen saneerauksen	21



# 1 JOHDANTO

Sisäilmaongelmat ovat nykyisin usein toistuva uutinen mediassa. Esimerkiksi useat koulut ja sairaalat kärsivät sisäilmaongelmista, jotka ilmenevät ja tulevat esiin huonoista sisäilmaolosuhteista oireilevien ihmisten kautta. Sisäilmahaittoja voivat olla liian lämmin ja kuiva sisäilma sekä sisäilman sisältämät epäpuhtaudet. (Sisäilmayhdistys ry., yleisimmät sisäilmaongelmat). Rakennusliikkeet ovat todenneet muovimaton käytön sisätiloissa olevan sisäilmaongelmien yksi aiheuttaja. (Heikkonen,2017).

Rakennus- ja talotekniikan parissa työskenteleville sisäilmaongelmat asettavat oman haasteensa. Rakennusten sisäilmaongelmien, sisäilmaolosuhteiden ja ilmanvaihdon tutkiminen ovat tärkeitä tutkimuskohteita ja tutkimustulokset ovat erittäin tärkeitä tiedon lähteitä. Rakennusten tutkiminen antaa hyödyllistä tietoa korjausrakentamista ja peruskorjauksia koskevien päätösten ja suunnitelmien tueksi. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos,2016). Lisäksi tutkimukset antavat hyvän kokonaiskuvan rakennuksen kunnosta ja toimintatehosta, ja tutkimustuloksilla voidaan mahdollisesti täydentää energiaselvitysten ja -todistusten tietoja. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos,2016).

Korjausrakentamisessa volyymit ovat vuosi toisensa jälkeen pysyneet vähintään samoina ja jopa kasvaneet. Tilastokeskuksen mukaan asunnon omistajat ja asunto-osakeyhtiöt korjasivat asuntojaan ja asuinrakennuksiaan 5,8 miljardilla eurolla vuonna 2014. (Tilastokeskus,2015).

Rakennus korjausten aikana on mahdollista parantaa säilytettävän ilmanvaihtojärjestelmän toimintaa tai uusia järjestelmä kokonaan. Isossa osassa saneerattavista kerrostoista ilmanvaihtojärjestelmänä on yhteiskanavapoistojärjestelmä. (Palonen, asuntoilmanvaihto).

Koneellisella yhteiskanavapoistolla varustettujen rakennusten ongelmana on usein korvausilman saanti, väärät epäpuhtauksia kuljettavat paine-erot ja ilmanvaihdon väärä jakauma huoneiden välillä. (Palonen, asuntoilmanvaihto).

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, Tampereen teknillinen yliopisto sekä Kaunasin teknillinen yliopisto tutkivat viisivuotisessa (2010-2015) hankkeessa energiakorjausten vaikutuksia lukuisissa rakennuksissa Suomessa ja Liettuassa. INSULAtE-hankkeen tavoit-



teena oli selvittää asuinrakennusten energiatehokkuuden parantamisen vaikutuksia rakennukseen, sisäilman laatuun ja asukkaiden terveyteen sekä kehittää kokonaisvaltainen malli näiden vaikutusten arviointiin. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos,2016.)

INSULAtE-hankkeessa mukana olleista rakennuksista suurin osa oli vuosina 1960-1980 rakennettuja asuinkerrostaloja, joissa tehtiin energiatehokkuutta parantavia korjauksia. Hankkeessa käytettiin tutkimusmenetelminä erilaisia mittauksia ja asukaskyselyitä, jotka suoritettiin remontointia ennen ja sen jälkeen. Hankkeen arviointimallia testattiin muutamissa rakennuksissa myös Virossa, Latviassa ja Isossa-Britanniassa. Hankkeessa tutkittiin myös verrokkitaloja, joita ei remontoitu hankkeen aikana. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos,2016.)

Suomessa hankkeessa tutkittiin 46 kerrostaloa ja 241 asuntoa. Tutkituista taloista 39 remontoitiin hankkeen aikana ja talot sijaitsivat pääasiassa Tampereen ja Kuopion seudulla. Tutkituissa taloissa noin 90 prosentissa oli käytössä koneellinen poistoilmanvaihto. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos,2016.)

Hankkeessa käytettiin tutkimusmenetelminä objektiivisia mittauksia, mittaustulosten vertaamista ohjearvoihin ja suosituksiin sekä tarkastelemalla mahdollisia eroja ensimmäisen ja toisen mittauksen tuloksissa. Tutkimukset ennen ja jälkeen korjausten tehtiin jokaisessa rakennuksessa mahdollisuuksien mukaan samana vuodenaikana. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, 2016.)

Hankkeen tulokset esiteltiin sisäilmastoseminaarissa Helsingissä vuonna 2016. Tutkimusraportin mukaan hyvinkin yksinkertaisin toimenpitein energiaa voidaan säästää merkittävästi ja myös sisäympäristön laatua parantaa. Tutkimuksen johtopäätöksissä mainitaan, että energiatehokkuuden parantamisen vaikutukset sisäympäristön laatuun ja terveellisyyteen ovat korjauksia ennen ja niiden jälkeen tehtyjen objektiivisten mittausten ja subjektiivisten arvioiden perusteella pääsääntöisesti positiivisia. Asukkaiden tyytyväisyys asunnon lämpötilaan parani merkittävästi, mutta ilmanvaihto saattoi joissakin tapauksissa heikentyä. Sisäilman laatu parani erityisesti hankkeessa mukana olleissa rakennuksissa, joissa oli koneellinen ilmanvaihto. Seuraukset olivat päinvastaisia rakennuksissa, joissa oli painovoimainen ilmanvaihto. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos,2016.)

## 1.1 Työn tausta ja tavoitteet

Olen työskennellyt viime vuodet linjasaneeraushankkeissa Turun seudulla. Olen kiinnittänyt huomiota niissä linjasaneeraushankkeissa, joissa olen työskennellyt siihen, että taloyhtiöissä tehdyt päätökset linjasaneerausten yhteydessä ilmanvaihtojärjestelmään tehtävästä huollosta tai korjauksesta, eivät välttämättä ole asuntojen sisäilmaolosuhteita parantavia. Kerrostaloissa, jotka ovat rakennetut esimerkiksi 1960- ja 1970-luvulla, linjasaneeraus tarjoaisi mahdollisuuden parantaa asuntojen sisäilman tilaa ilmanvaihtojärjestelmän perusteellisella saneerauksella.

Järjestelmiin tehdään linjasaneerauksen yhteydessä vähintään perushuolto, joka tarkoittaa ilmanvaihtokanavien nuohousta, uusia poistoilmaventtiilejä sekä perussäätöä. Energian säästö on taloyhtiöissäkin kasvattanut merkitystään ja esimerkiksi koneellisella yhteiskanavapoistolla varustettuihin taloihin on asennettu poistoilmasta lämmön talteenottavia järjestelmiä. Opinnäytetyön selvityksessä mukana olleista kolmesta taloyhtiöstä yhteen asennettiin koneelliseen poistoilmanvaihtoon siitä lämmön talteenottava järjestelmä.

Työn tarkoituksena on selvittää koneellisella yhteiskanavapoistojärjestelmällä varustettujen kerrostalojen sisäilman laatua ja ilmanvaihdon toimivuutta sekä tuoda järjestelmän toimintaa heikentäviä kohtia esiin. Työhön liittyen on tehty teknisiä mittauksia kolmessa Turussa sijaitsevassa kerrostalossa, joissa tehtiin linjasaneeraus. Työn on tarkoitus selvittää kyseisten kerrostalojen ilmanvaihtoon tehdyn huollon tai korjauksen vaikutuksia ilmanvaihdon toimivuuteen ja sisäilman laatuun vertailemalla lämmityskauden tuloksia ennen ja jälkeen saneerausta. Työn on myös tarkoitus selvittää täyttyvätkö keskusilmanvaihtolaitteistoa koskeva paloturvallisuusohje savukaasujen leviämisen estämiseksi asunnoissa saneerauksen jälkeen.

Työn on tarkoitus auttaa linjasaneerausta suunnittelevia taloyhtiöitä päätöksenteossa siinä, mitä korjaustoimenpiteitä linjasaneerauksen yhteydessä koneelliseen yhteiskanavapoistojärjestelmään on mahdollista tehdä esimerkiksi järjestelmän toimivuuden parantamiseksi. Toivon, että työni avulla linjasaneerauksia suunnittelevat talo- ja rakennustekniikan ammattilaiset saavat käsityksen koneellisella yhteiskanavapoistojärjestelmällä varustettujen rakennusten saneerausmenetelmistä sekä vanhan järjestelmän toimintaa ylläpitävistä ja parantavista ratkaisuista.

## 1.2 Työn rajaukset

Työssä keskitytään ilmanvaihdon suunnittelua ohjaaviin Suomen rakennusmääräyskoelmien osiin D2 ja E7, sisäilmastoluokitus 2008:n sekä sosiaali- ja terveysministeriön asetukseen 545/2015. Selvityksessä saatuja mittaustuloksia verrataan edellä mainituista säädöksistä löytyviin määräyksiin, ohjeisiin ja arvoihin.

Selvitettäviä suureita mittauksissa ovat asuntokohtaiset ilmanvaihtokertoimet, lämpöolot, suhteellinen kosteus ja hiilidioksidipitoisuus.

Johtopäätöksiä selvityksen tuloksista voi tehdä vain selvityksessä mukana olleita yhtiöitä koskien. Selvitys voi kuitenkin antaa karkean yleiskuvan koneellisen yhteiskanavapoisjärjestelmän toimivuudesta ilmanvaihtoa ja sisäilman laatua ajatellen.

## 2 RAKENNUSTEN ILMANVAIHTO JA SISÄILMASTO

Suomessa uuden rakennuksen ilmanvaihtolaitteiston rakentamisen suunnittelua ohjaavat pääasiallisesti Suomen rakentamismääräyskokoelman osat D2, E1 sekä E1:n määräyksiä täsmentävä ohje E7. Edellä mainittuja määräyksiä täydentää muun muassa sisäilmastoluokitus 2008.

### 2.1 Ilmanvaihtojärjestelmien rakentamista ohjaavat viranomaismääräykset ja -ohjeet

Suomen rakentamismääräyskokoelman D2 soveltamisalan mukaan se koskee uuden rakennuksen sisäilmastoa ja ilmanvaihtoa. (Ympäristöministeriö, 2012).

Sisäilma on sisätiloissa hengitettävä ilma, jossa ilman perusosien lisäksi saattaa olla eri lähteistä peräisin olevia kaasumaisia ja hiukkasmaisia epäpuhtauksia. (Sisäilmayhdistys ry., sisäilmasto.)

Ilmanvaihdon tehtävänä on tuoda puhdasta ilmaa hengitykseen ja poistaa rakennuksessa syntyvät epäpuhtaudet. (Sisäilmayhdistys ry., ilmanvaihdon perusteet.)

Maankäyttö- ja rakennuslain 13 § 3. momentin mukaan rakennuksen korjaus- ja muutostyössä Suomen rakentamismääräyskokoelman määräyksiä sovelletaan, jollei määräyksissä nimenomaan määrätä toisin, vain siltä osin kuin toimenpiteen laatu ja laajuus sekä rakennuksen tai sen osan mahdollisesti muutettava käyttötapa edellyttävät. (Maankäyttö- ja rakennuslaki, 1999.)

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa E1 koskee uuden rakennuksen paloturvallisuutta, jota täydentää Suomen rakennusmääräyskokoelman osa E7; se käsittelee ilmanvaihtolaitteiston paloturvallisuutta. Ilmanvaihtolaitteiston paloturvallisuutta käsittelevä ohje koskee vähintään kahta palo-osastoa palvelevaa ilmanvaihtolaitteistoa (keskusilmanvaihtolaitteisto) sekä soveltuvin osin myös yhtä palo-osastoa palvelevaa ilmanvaihtolaitteistoa. (Ympäristöministeriö, 2004). Ympäristöministeriö on julkaissut oppaan Ilmanvaihtolaitteistojen paloturvallisuus (2012) E7:n sisältämien ohjeiden tulkitsemiseen.

Sisäilmastoluokitus 2008 on tarkoitettu käytettäväksi rakennus- ja taloteknisen suunnittelun ja urakoinnin sekä rakennustarviketeollisuuden apuna. Sisäilmastoluokitus 2008:a voidaan käyttää uudisrakentamisen lisäksi soveltuvin osin myös korjausrakentamisessa.

Luokitus antaa sisäilmaston tavoite- ja suunnitteluarvot. Luokitus täydentää useita rakentamisen suunnittelua ohjaavia asiakirjoja, mm. Suomen rakentamismääräyksiä sekä rakennustöiden yleisiä laatuvaatimuksia. Luokitus ei kuitenkaan kumoa viranomaissäännöksiä ja niistä julkaistuja tulkintoja. (Sisäilmayhdistys ry.,2008.)

Sisäilmastoluokitus 2008 luokittelee tavoite- ja suunnitteluarvojen perusteella sisäilma- luokat kolmeen luokkaan: S1, S2 ja S3. Näistä kolmesta luokasta S1 on parhaisiin sisäilmaolosuhteisiin pyrkivä luokka ja luokka S3 on Suomen rakentamismääräyskokoelman D2 arvoja vastaava. (Sisäilmayhdistys ry.,2008.)

Sosiaali- ja terveysministeriön asetusta 545/2015 (jäljempänä asumisterveysasetus) asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista sovelletaan terveydensuojelulain (763/1994) nojalla tehtävään asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisten olosuhteiden valvontaan. Asetuksen fysikaalisia, kemiallisia ja biologisia altistumistekijöitä koskevia vaatimuksia ja niiden toimenpiderajoja sovelletaan tehtäessä terveydensuojelulain 27 tai 51 §:ssä tarkoitettuja päätöksiä ja määräyksiä. (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2015.)

#### 2.1.1 Lämpöolojen suunnitteluarvot sekä suhteellisen kosteuden suositusarvot

Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että oleskeluvyöhykkeen viihtyisä lämpötila voidaan ylläpitää käyttöaikana niin, ettei energiaa käytetä tarpeettomasti. (Ympäristöministeriö,2012.)

Oleskeluvyöhykkeen huonelämpötilan lämmityskauden suunnitteluarvona käytetään yleensä lämpötilaa +21 ° C, sallittu poikkeama +/- 1 ° C. Kesäkauden suunnitteluarvona käytetään yleensä arvoa +23 ° C, jonka arvon voi ulkolämpötilan viiden tunnin enimmäisjakson keskiarvon ollessa korkeampi kuin +20 °C ylittää korkeintaan 5 °C:lla. (Ympäristöministeriö, 2012.)

Kylpy-/pesuhuoneen huonelämpötilan ohjearvo on +22 °C lämmityskaudella. (Ympäristöministeriö,2012.)

Hyvä sisälämpötila on + 21 ° C, tyydyttävä taso on vielä + 18 °C. Sisäilman lämpötila ei saisi olla yli +26 ° C muulloin kuin silloin, kun se johtuu ulkoilman lämpötilasta. Lämmityskaudella sisälämpötila ei saisi olla yli +23-24 °C. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos,2016.)

Ohjearvo sisäilman suhteelliselle kosteudelle on 20-60 prosenttia. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos,2016.)

Ilman suhteellisen kosteuden tavoitearvo on yli 25 % luokassa S1. Luokissa S2 ja S3 ilman suhteelliselle kosteudelle ei ole asetettu vaatimuksia. Luokassa S1 ilman suhteellinen kosteus voi lyhytaikaisesti pakkashuippujen aikana laskea alle tavoitearvon. (Sisäilmayhdistys ry.,2008.)

#### 2.1.2 Hiilidioksidipitoisuuden tavoitearvot

Sisäilman hiilidioksidin pitoisuus tavanomaisissa sääoloissa ja huonetilan käyttöaikana on yleensä enintään 2160 mg/m<sup>3</sup> (1200 ppm). (Ympäristöministeriö,2012.)

Sisäilmastoluokitus 2008:n hiilidioksidi-pitoisuuden tavoitearvot eri sisäilmastoluokille ovat: S1, pienempi kuin 750 ppm; S2, pienempi kuin 900 ppm; S3, pienempi kuin 1.200 ppm. (Sisäilmayhdistys ry, 2008.)

Asumisterveysasetuksen ohjearvo on 1.150 ppm suurempi kuin ulkoilma. Hiilidioksidipitoisuuden ylittäessä arvon 1.500 ppm, ilmanvaihto ei ole terveydensuojelulain edellyttämällä tasolla. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, 2016.)

#### 2.1.3 Ilmanvaihtokertoimen suunnitteluarvot

Ilmanvaihtokertoimella tarkoitetaan tunnin kuluessa huonetilaan tai tilasta virrannutta ulkoilmavirtaa huonetilan ilmatilavuutta kohti. (Ympäristöministeriö,2012.)

Asuntojen ilmanvaihto mitoitetaan poistoilmavirtojen perusteella siten, että asuntojen ilmanvaihtokerroin on vähintään 0,5 1/h ja ulkoilmavirtojen riittävyys varmistetaan vähintään ohjearvojen mukaisiksi. Pienten asuntojen poistoilmavirrat mitoitetaan yleensä ohjearvoja pienemmiksi siten, että huoneiston käyttöajan ilmanvaihto on enintään 0,7 1/h. Edellä mainittu koskee tilannetta, jossa pienten asuntojen poistoilmavirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti. Koska yhteiskanavapoistojärjestelmällä varustettujen rakennusten poistoilmavirtojen tehostusta voidaan ohjata vain rakennuskohtaisesti, voidaan pienten asuntojen poistoilmavirrat mitoittaa ohjearvoja suuremmiksi siten,

että ilmanvaihtokerroin on vähintään 1,0 1/h. Suurten asuntojen poistoilmavirrat mitoitetaan yleensä ohjearvoja suuremmiksi siten, että ilmanvaihtokerroin olisi vähintään 0,5 1/h. (Ympäristöministeriö, 2012.)

Käyttöajan ulkopuolinen ilmanvaihto mitoitetaan yleensä 60 prosenttia pienemmäksi sisäilmaluokissa S1 ja S2. Luokassa S3 käyttöajan ulkopuolinen ilmanvaihto mitoitetaan 70 prosenttia pienemmäksi. (Sisäilmayhdistys ry., 2008.)

Tehostuksella ilmavirtojen pitäisi olla 30 prosenttia suuremmat käyttöajan tilanteeseen verrattuna sisäilmastoluokissa S1 ja S2. (Sisäilmayhdistys ry., 2008.)

#### 2.1.4 Ohje tilakohtaisesta kuristusvaatimuksesta savukaasujen leviämisen estämiseksi

Suomen rakentamismääräyskokoelman E7 ohjeet koskevat useita palo-osastoja palvelevaa ilmanvaihtolaitteistoa (keskusilmanvaihtolaitteisto) sekä soveltuvin osin myös yhtä palo-osastoa palvelevaa ilmanvaihtolaitteistoa. (Ympäristöministeriö, 2004)

Suomen rakentamismääräyskokoelman E7 kohdassa 6.1 on annettu ohjeet tilakohtaisen kuristusvaatimuksen täyttämiseksi savukaasujen leviämisen estämiseksi.

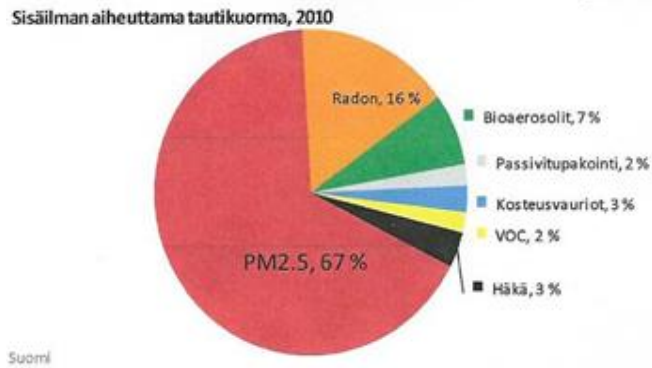
Palon alkuvaiheessa savukaasujen leviämistä ilmanvaihtolaitteiston kautta voidaan rajoittaa käyttämällä mm. seuraavia laitteita, laitteistoja tai rakennusosia: - kuristinta, jolla tarkoitetaan savukaasujen leviämistä tehokkaasti rajoittavaa poisto- tai tuloilmalaitetta tai muuta riittävän virtausvastuksen omaavaa laitetta. Kuristimen tai kuristimien läpi kulkeva suurin sallittu tilakohtainen ilmavirta on 42 dm<sup>3</sup>/s paine-erolla 100 Pa. (Ympäristöministeriö, 2004)

#### 2.2 Hyvän sisäilmaston merkitys ihmisen terveydelle

Hyvä sisäilman laatu ja toimiva ilmanvaihto ovat merkittäviä terveyteen ja työkykyyn vaikuttavia tekijöitä, koska ihminen viettää suurimman osan päivästä sisätiloissa: päiväkodissa tai koulussa, töissä tai kotona.

Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen (THL) arviot osoittavat, että ilmanvaihto ilman muita toimenpiteitä ei poista sisäilmanlaatuun liittyviä terveysriskejä, vaan lisäksi tarvitaan sekä ilmansuodatusta että sisälähteiden rajoittamista. Koko Euroopassa sisäilman aiheuttamaksi tautikuormaksi arvioitiin n. 2 miljoonaa menetettyä tervettä elinvuotta

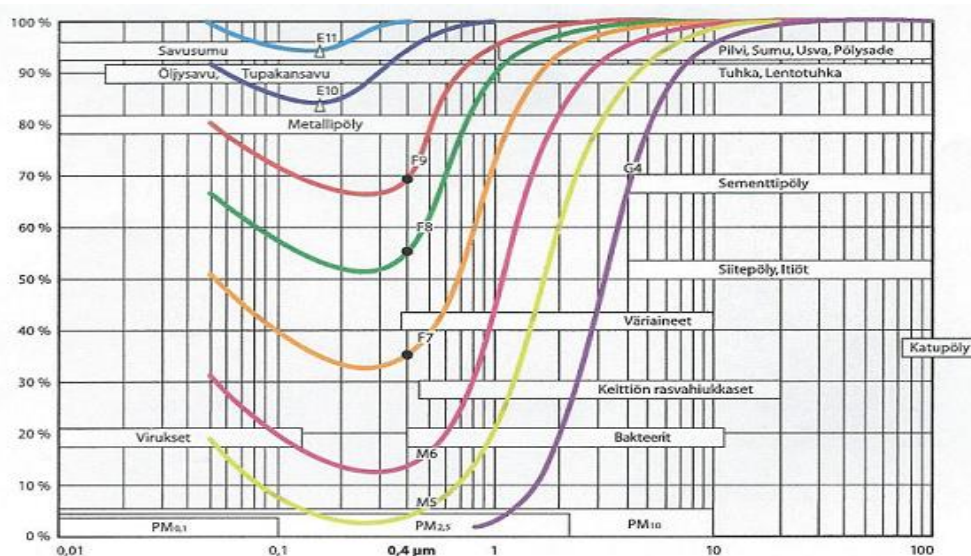
(DALY) ja Suomessa 13 000. Tästä kuormasta ilmanvaihdon terveystieteiden ohjeiden avulla voidaan poistaa 15-50 prosenttia. (Hännikäinen Otto ja Asikainen Arja,2014.)



Kuva 1, Sisäilman aiheuttama tautikuorma Suomessa vuonna 2010. (Hännikäinen Otto ja Asikainen Arja, 2014.)

Kuvan 1 perusteella suurimmat yksittäiset sisäilman aiheuttamat tautikuormat Suomessa johtuvat radonista (16 %) ja PM<sub>2,5</sub>-hiukkasista (67%).

Kuvan 2 mukaisesti PM<sub>2,5</sub>-hiukkasten tehokas suodattaminen ulkoilmasta edellyttäisi vähintään F7-tason suodattimen käyttöä.



Kuva 2, Ilman epäpuhtauksia ja ilmansuodattimien tyyppilliset vähimmäiserotusasteet eri suodatinluokissa. (Rakennustieto,2012.)



Sisäilmayhdistys ry:n mukaan ihminen reagoi huonoon sisäilmaan oireiden kautta, joita ovat iho-, ärsytys- ja väsymysoireet. (Sisäilmayhdistys ry, terveysvaikutukset)

Iho-oireita voivat aiheuttaa sisäilmayhdistys ry:n mukaan liian korkea lämpötila, liian alhainen suhteellinen kosteus, ilmassa olevat hiukkasmaiset epäpuhtaudet tai orgaaniset kaasut. (Sisäilmayhdistys ry, terveysvaikutukset)

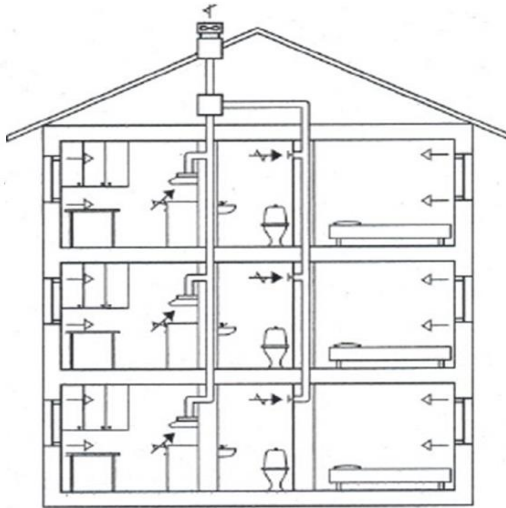
Ärsytysoireita; silmät, hengitystiet ja limakalvot; voivat aiheuttaa sisäilmayhdistys ry:n mukaan liian korkea lämpötila, alhainen suhteellinen kosteus, orgaaniset kaasut, hiukkasmaiset epäpuhtaudet tai bioaerosolit. (Sisäilmayhdistys ry, terveysvaikutukset)

Väsymysoireita voivat sisäilmayhdistys ry:n mukaan aiheuttaa liian korkea lämpötila, korkea hiilidioksidipitoisuus, orgaaniset kaasut tai huonot valaistusolosuhteet. Väsymysoireiksi sisäilmayhdistys ry mainitsee päänsäryn, huimauksen, väsymyksen ja pahoinvoinnin. (Sisäilmayhdistys ry, terveysvaikutukset)

Sisäilmayhdistys ry:n listaamissa ja huonosta sisäilmasta aiheutuviissa oireissa on kaikissa mainittu liian korkea lämpötila. Liian korkea lämpötila lisää oireiden esiintymisen mahdollisuutta ja lämmityskaudella liian lämmin huonelämpötila tarkoittaa usein sitä, että suhteellinen kosteus on myös alhainen. (Sisäilmayhdistys ry., terveysvaikutukset). Hyvien lämpöolojen merkitys hyvän sisäilman yksittäisenä tekijänä on tärkein.

### 2.3 Koneellisen yhteiskanavapoiston toimintaperiaate

Koneellinen yhteiskanavapoistojärjestelmä on kerrostaloissa järjestetty esimerkiksi siten, että päällekkäin olevista asunnoista on johdettu poistokanavat ullakolle, jossa ne ovat yhdistetty samaan poistoilmapuhaltimeen (kuva 3). Keittiöiden poistokanavat ovat omana erilliskanavana. Yhteiskanavapoistojärjestelmällä varustetuissa taloissa ilmavirtojen ohjaus on tyypillisesti järjestetty kello-ohjatusti ja ajat ovat lyhytkestoisia. (Palonen, asuntoilmanvaihto). 1960-luvulta lähtien rakennetuissa taloissa, joissa on koneellinen yhteiskanavapoisto, on kaksi vyöhykettä pystysuunnassa, rakenneaineiset poistoilman kanavat tai -hormit sekä puhallinkammiot. (Palonen, asuntoilmanvaihto).



Kuva 3, esimerkki koneellisen yhteiskanavapoiston toteutustavasta. (Lamminaho,2012.)

### 3 OPINNÄYTETYÖN SISÄILMASELVITYKSET

Tämän selvityksen tulokset pohjautuvat kolmessa Turun seudulla sijaitsevassa taloyhtiössä tehdyistä mittauksista. Kaikissa yhtiöissä on ilmanvaihtojärjestelmänä koneellinen yhteiskanavapoistojärjestelmä.

#### 3.1 Opinnäytetyön mittaukset

Selvitys toteutettiin tekemällä yhtiöissä mittaukset ennen ja jälkeen saneerausta lämmityskausilla. Mitattavia asuntoja tässä selvityksessä oli 12. Jokaisessa talossa mitattiin 4 asuntoa. Mittausvälineinä käytettiin Trotec BZ30-dataloggeria, Dostmann THP32-dataloggeria sekä airflow PVM 620-mikromanometriä. Mittausvälineet otettiin käyttöön uusina. Saneerauksen jälkeiseen arviointiin käytettiin lisäksi perussäätötyön mittauspöytäkirjoja (liitteet 1-3).

Trotec BZ30- dataloggeri sijoitettiin asuntojen makuuhuoneisiin oleskeluvyöhykkeelle. Trotec BZ30 mittaa automaattisesti tilasta, johon se on sijoitettuna, hiilidioksidipitoisuuden, lämpötilan sekä ilman suhteellisen kosteuden viiden minuutin välein.

Mitattujen huoneistojen kylpyhuoneisiin ja keittiöön sijoitettiin Dostmann THP 32-dataloggerit. Loggerit mittaavat automaattisesti tilasta, johon ne ovat sijoitettuna, ilman suhteellisen kosteuden, lämpötilan ja ilmanpaineen viiden minuutin välein.

Poistoilmakanavan ja sitä ympäröivän huonetilan välisen paine-eron mittaukseen käytettiin Airflow PVM 620-mikromanometriä. Venttiileistä mitattiin myös niiden avausasetus mittatulkilla.

Selvityksessä huomioitiin tehtyjä mittauksia vastaavat ulkolämpötilat ja suhteellinen kosteus tulosten analysoinnissa. Mittauspäivien ulkolämpötiloista ja suhteellisesta kosteudesta määritettiin keskiarvot. Säätietojen keskiarvon määrittämiseen käytettiin freemeteo.fi-palvelua. Selvityksen mittauksissa ainoa poikkeava ulkolämpötila ja suhteellinen kosteus ennen ja jälkeen saneerausta tehdyissä tulosten vertailussa koski kahta huoneistoa. Tämä poikkeavuus on huomioitu tulosten analysoinnissa.

Tässä selvityksessä tehtyjen mittauksien kokonaisvirheen arviointi on määritetty kaavalla 1.

Kaava huomioi satunnaisvirheiden ja pienten vaikutussuunnaltaan tuntemattomien, systemaattisten virheiden vaikutuksen. (Fläkt woods Oy, 2015)

$$m = \pm \sqrt{c_1^2 m_1^2 + c_2^2 m_2^2 + c_3^2 m_3^2 + \dots + c_n^2 m_n^2}$$

Kaava 1, mittausvirheiden arviointi. (Fläkt woods Oy, 2015)

### 3.2 Sisäilmaselvitys as oy Kaksoskari

As Oy Kaksoskari on kahdesta kerrostalosta koostuva yhtiö Turussa, Suikkilan kaupunginosassa. Talot ovat rakennetut vuonna 1968. Yhtiössä on yhteensä 70 asuntoa sekä molemmissa taloissa yleiset tilat. Asuinkerroksia kummassakin talossa on seitsemän.

Yhtiössä toteutettiin vuosina 2015-2016 linjasaneeraus. Talojen ilmanvaihtojärjestelmään asennettiin linjasaneerauksen yhteydessä uudet poistoilmapuhaltimet, joissa on nestekiertoinen lämmön talteenotto-patteri, asuntojen kanavistot nuohottiin ja ilmamäärät säädettiin uusiin KSO-poistoilmaventtiileihin.

Yhtiössä oli poistoilmakanavat nuohottu edellisen kerran vuonna 2004.

Mitattaviksi asunnoiksi valittiin samassa linjassa olevat neliöt ja samassa linjassa olevat yksiöt. Molemmista asuntokokoluokista mitattaviksi kohteiksi valittiin toiseksi ylin ja toiseksi alin asuinkerros eli mitattavat kohteet sijaitsivat talon kolmannessa ja seitsemännessä asuinkerroksessa.

Yhtiön ilmanvaihtojärjestelmä on kello-ohjattu ja sen päivittäiset tehostuskäyntiajat ovat: kello 08-09.00, 12.-13.00, 16.-17.00 sekä 21.-22.00.

Selvityksessä mukana olleissa asunnoissa korvausilmaventtiilit olivat neliöissä ikkunoiden yläkarmissa ja yksiöissä keittiön ulkoseinässä sekä huoneen ikkunan yläkarmissa.

As Oy Kaksoskarin saneerauksen jälkeisen perussäätötyön mittauspöytäkirja on liitteenä yksi.

### 3.3 sisäilmaselvitys as oy Sofiankatu 8

As Oy Sofiankatu 8 on yhdestä kerrostalosta koostuva yhtiö Turun Port Arthurin- kaupunginosassa. Talo on rakennettu vuonna 1971. Yhtiössä on yhteensä 38 asuntoa sekä kellarikerroksessa sijaitsevat yleiset tilat. Asuinkerroksia yhtiössä on kuusi.

Yhtiössä toteutettiin vuonna 2016 linjasaneeraus. Yhtiön ilmanvaihtojärjestelmänä toimivan koneellisen yhteiskanavapoistojärjestelmän kanavat nuohottiin saneerauksen valmistuttua ja ilmamäärät säädettiin uusiin KSO- poistoilmaventtiileihin. Puhallin on uusittu yhtiössä vuonna 2009.

Yhtiössä toteutettiin mittaukset koskien neljää asuntoa. Mitattaviksi asunnoiksi valittiin samasta linjasta kolmio ja neliö sekä yksiöt. Yksiöissä ja isommissa asunnoissa mitattaviksi asunnoiksi valittiin toiseksi ylin ja toiseksi alin asuinkerros eli mitattavat kohteet sijaitsivat talon toisessa ja viidennessä asuinkerroksessa.

Yhtiön poistoilmakanavat on nuohottu edellisen kerran vuonna 2004.

Yhtiön ilmanvaihtojärjestelmä on kello-ohjattu ja sen päivittäiset tehostuskäyntiajat ovat: kello 06.30-09.30, 16.-18.00 ja 20.-21.00. Muina kuin edellä mainittuina aikoina puhallin on puolella teholla.

Selvityksessä mukana olleissa asunnoissa ei ollut korvausilmaventtiileitä tai ulkoseinässä olevia korvausilma-aukkoja. Asuntojen ikkunoissa on tuuletusikkunat.

As Oy Sofiankatu 8:n saneerauksen jälkeisen perussäätötyön mittauspöytäkirja on liitteenä kaksi.

### 3.4 sisäilmaselvitys as oy Kaskenkatu 8

As Oy Kaskenkatu 8 on yhdestä kerrostalosta koostuva yhtiö Turun keskustassa, Kaskenmäessä. Talo on rakennettu vuonna 1963. Yhtiössä on yhteensä 52 asuntoa, kellarikerroksessa sijaitsevat yleiset tilat ja erillinen liiketilana toimiva siipi. Asuinkerroksia yhtiössä on kahdeksan.

Yhtiössä toteutettiin vuonna 2016 linjasaneeraus. Yhtiön ilmanvaihtojärjestelmänä toimivan koneellisen yhteiskanavapoistojärjestelmän kanavat nuohottiin saneerauksen valmistuttua ja ilmamäärät säädettiin KSO-poistoilmaventtiileihin. Yhtiön poistoilmapuhaltimet ovat alkuperäiset, mutta ne ovat huollettu vuonna 2013, jolloin myös kanavisto on nuohottu.

Yhtiössä toteutettiin mittaukset koskien neljää asuntoa. Mitattaviksi asunnoiksi valittiin samassa linjassa olevat neliö ja kaksio eri porraskäytävistä. Molemmista porraskäytävistä mitattaviksi kohteiksi valittiin toiseksi ylin ja toiseksi alin asuinkerros eli mitattavat kohteet sijaitsivat talon toisessa ja seitsemännessä asuinkerroksessa.

Yhtiön ilmanvaihtojärjestelmä on kello-ohjattu ja sen päivittäiset tehostuskäyntiajat ovat aamulla ja iltapäivällä.

Selvityksessä mukana olleissa asunnoissa oli ikkunan yläkarmeissa korvausilmaventtiilit kaikissa muissa ikkunoissa paitsi keittiössä. Ikkunat olivat vaihdetut yhtiössä vuonna 2013.

As Oy Kaskenkatu 8:n saneerauksen jälkeisen perussäätyön mittauspöytäkirja on liitteenä kolme.

## 4 SISÄILMASELVITYKSIEN TULOKSET

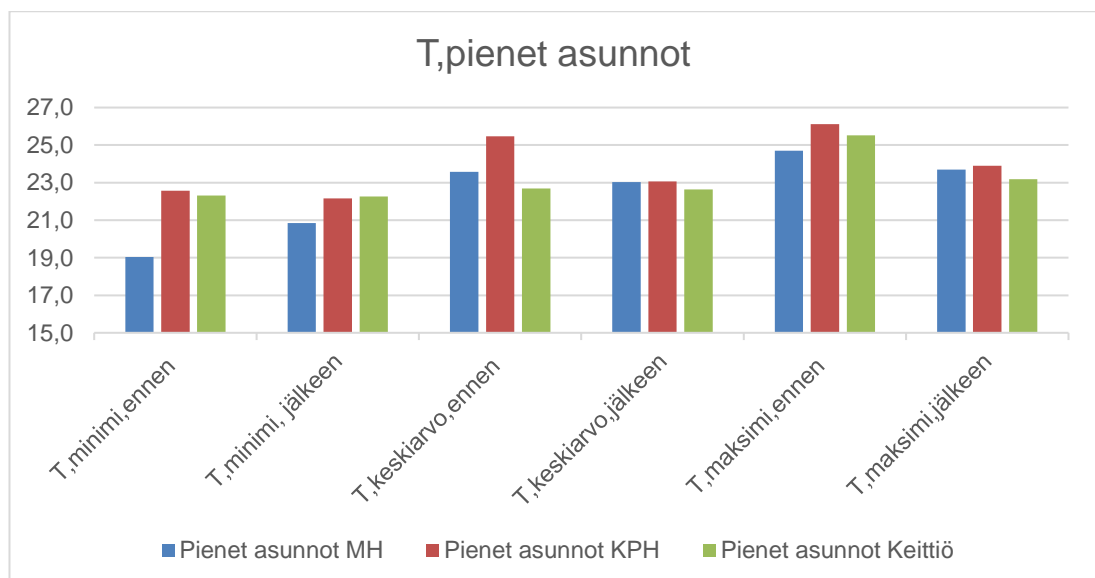
Selvityksessä vertailtavia suureita ovat lämpötila, suhteellinen kosteus ja hiilidioksidipitoisuudet asunnoissa. Edellä mainittuja ja mitattuja arvoja on vertailtu lämmityskausilla ennen ja jälkeen saneerauksen. Vertailtavina arvoina ovat Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2, sisäilmastoluokitus 2008:n ja asumisterveysasetuksen mukaiset suositusarvot edellä mainittujen ja asunnoissa mitattujen suureiden osalta.

Selvityksessä on vertailtu ilmanvaihtokertoimien arvoja lämmityskausilta ennen ja jälkeen saneerauksen.

Selvityksessä on tarkasteltu mitattujen asuntojen sekä mukana olleiden yhtiöiden kaikkien asuntojen tilakohtaisen ja E7:n ohjeiden mukaisen kuristusvaatimuksen täyttymistä savukaasujen leviämisen estämiseksi saneerauksen jälkeisten ilmamäärien säätöpöytäkirjojen (liitteet 1-3) perusteella.

### 4.1 Lämpöolot ja suhteellinen kosteus ennen ja jälkeen saneerauksen

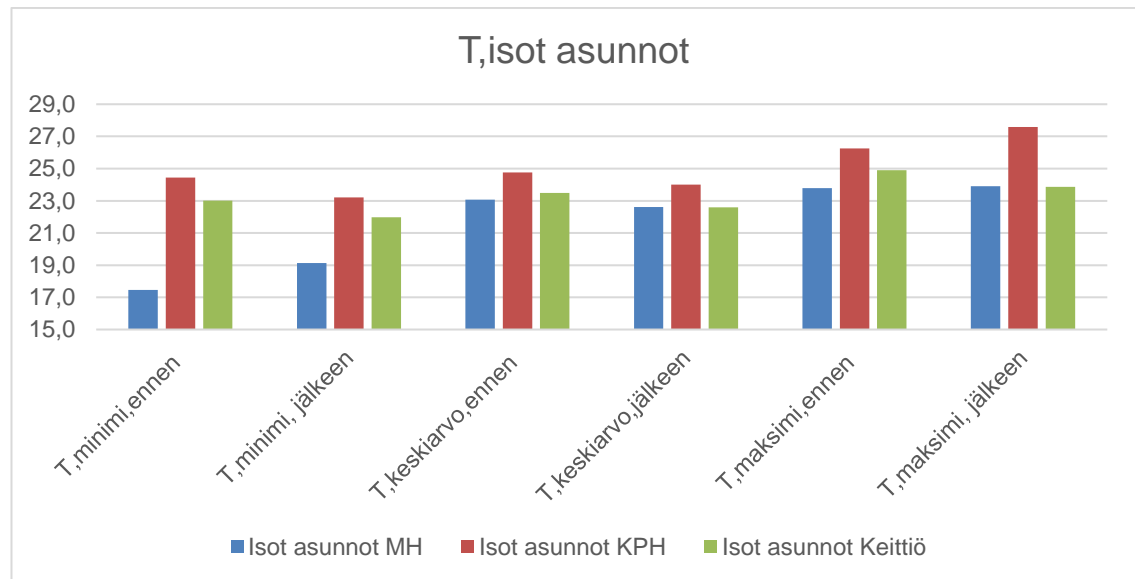
Selvityksessä mukana olleiden pienten asuntojen (yksiöt ja kaksiot) lämpöoloja kuvaava kuvio 1. on alla. Kokonaisvirhe on kuviossa  $\pm 3,2$  %.



Kuvio 1, pienten asuntojen lämpötilat ennen ja jälkeen saneerauksen

Kuvion 1 perusteella on saneerauksen jälkeen laskenut keskiarvolämpötila kaikissa tiloissa. Kaikkien tilojen minimilämpötila on myös selkeästi yli +20 ° C saneerauksen jälkeen. Maksimilämpötilat ovat myös laskeneet kaikissa tiloissa suoritettua saneerauksen jälkeen. Minkään tilan maksimilämpötila ei ole yli +24 °C saneerauksen jälkeen.

Selvityksessä mukana olleiden isojen asuntojen (kolmiot ja neliot) lämpöoloja kuvaava kuvio 2. on alla. Kokonaisvirhe on kuviossa  $\pm 3,2\%$ .

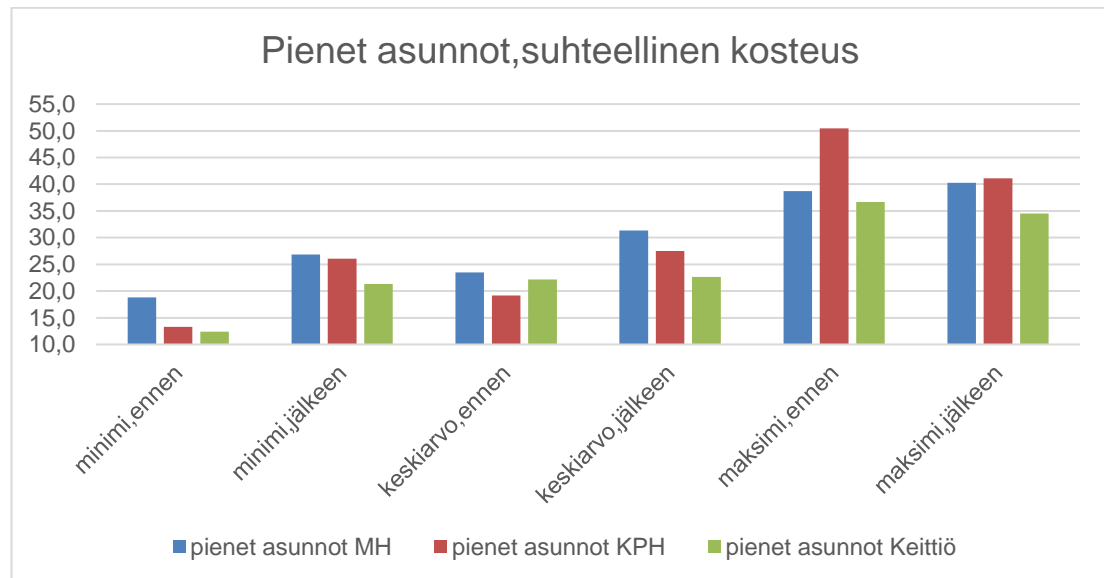


Kuvio 2, Isojen asuntojen lämpötilat ennen ja jälkeen saneerauksen

Kuvion 2 perusteella on saneerauksen jälkeen laskenut keskiarvolämpötila kaikissa tiloissa. Makuuhuoneen minimilämpötila on noussut selkeästi lähemmäksi + 20 °C:sta saneerauksen jälkeen. Ainoastaan kylpyhuoneen maksimilämpötila on saneerauksen jälkeen kohonnut ja se on lähes + 28 ° C. Kylpyhuoneen minimi- ja keskiarvolämpötilatkin ovat korkeat verrattaessa niitä Suomen rakentamismääräyskokoelman D2:n kylpyhuoneen lämmityskauden ohjelämpötilaan + 22 °C:n.



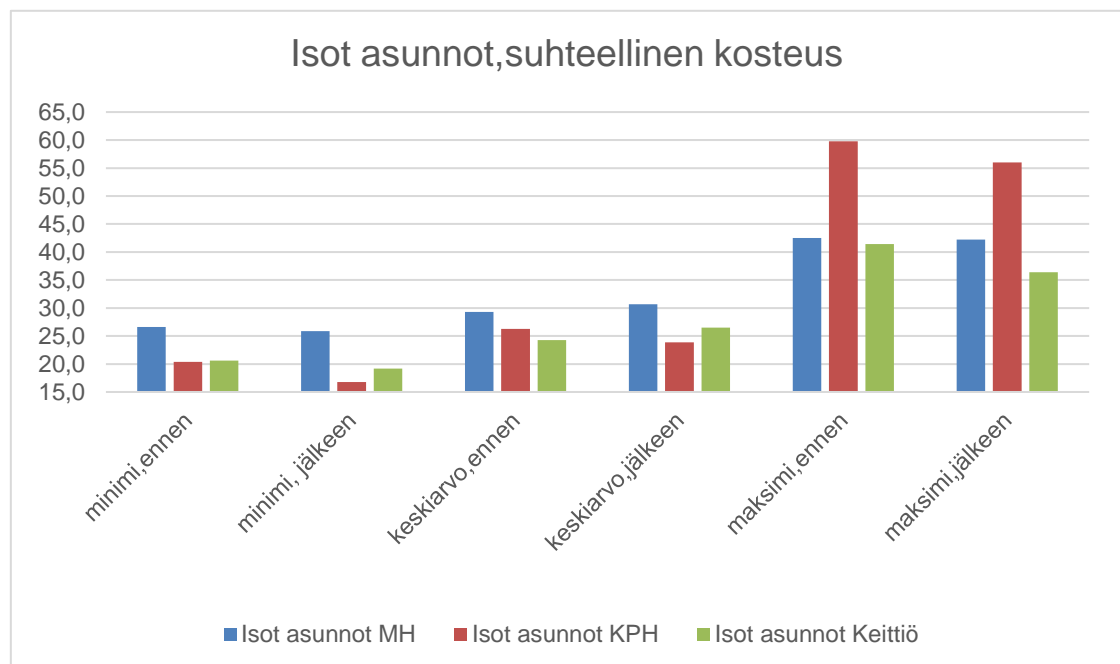
Selvityksessä mukana olleiden pienten asuntojen (yksiöt ja kaksiot) suhteellista kosteutta kuvaava kuvio 3. on alla. Kokonaisvirhe on kuviossa  $\pm 3,2\%$ .



Kuvio 3, pienten asuntojen suhteellinen kosteus ennen ja jälkeen saneerauksen

Kuviosta 3 perusteella on minimi suhteellinen kosteus asunnoissa kohonnut yli asumisterveysasetuksen alarajan ,20 prosentin, saneerauksen jälkeen. Kaikkien tilojen suhteellisen kosteuden keskiarvo on myös kohonnut suoritettua saneerauksen jälkeen. Kylpyhuoneen suhteellisen kosteuden maksimiarvo on laskenut saneerauksen jälkeen.

Selvityksessä mukana olleiden isojen asuntojen (kolmiot ja neliöt) suhteellista kosteutta kuvaava kuvio 4 on alla. Kokonaisvirhe on kuviossa  $\pm 3,2\%$ .



Kuvio 4, isojen asuntojen suhteellinen kosteus ennen ja jälkeen saneerauksen

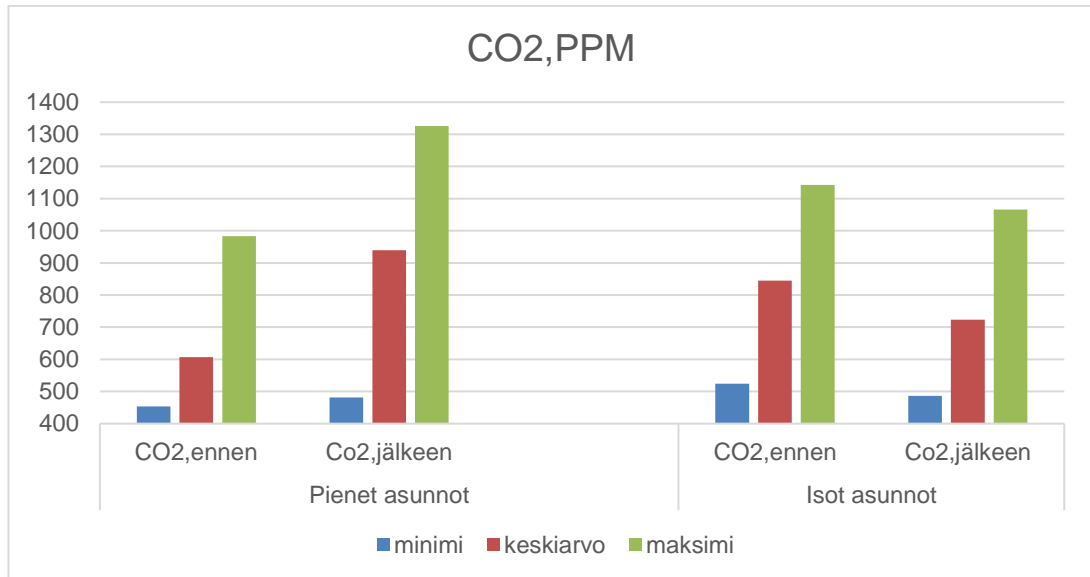
Isojen asuntojen kylpyhuoneiden suhteellinen kosteus on laskenut suoritetun saneerauksen jälkeen.

Keittiöiden ja makuuhuoneiden osalta suhteellisen kosteuden keskiarvo on saneerauksen jälkeen hieman kohonnut. Maksimiarvo suhteellisen kosteuden osalta keittiössä on puolestaan laskenut saneerauksen jälkeen.

Kylpyhuoneen ja keittiön minimi suhteellinen kosteus on alle asumisterveysasetuksen alarajan, 20 prosentin, saneerauksen jälkeen.

#### 4.2 Hiilidioksidipitoisuudet ennen ja jälkeen saneerauksen

Alla olevaan kuvioon 5 on koottu pienten asuntojen (yksiöt ja kaksiöt) sekä isojen asuntojen (kolmiot ja neliöt) hiilidioksidipitoisuudet ennen ja jälkeen suoritetun remontin. Kokonaisvirhe on kuviossa  $\pm 4,33\%$ .



Kuvio 5, asuntojen hiilidioksidipitoisuudet ennen ja jälkeen saneerauksen

Isojen asuntojen hiilidioksidipitoisuudet ovat laskeneet saneerauksen jälkeen.

Pienten asuntojen arvot ovat puolestaan osittain kohonneet saneerauksen jälkeen. Pienten asuntojen kaikki arvot laskivat kuitenkin kahden selvityksessä mukana olleen yhtiön osalta, mutta yhden yhtiön yksin poikkeuksellisen korkeat arvot kohottavat kaikkien selvityksessä mukana olleiden asuntojen keskiarvot korkeammiksi saneerauksen jälkeen.

Kummankin asuntokokoluokan hiilidioksidin keskiarvopitoisuus on saneerauksen jälkeen Suomen rakentamismääräyskokoelman D2:n, sisäilmaluokka S3:n ja asumisterveysasetuksen ohjearvojen mukaiset.

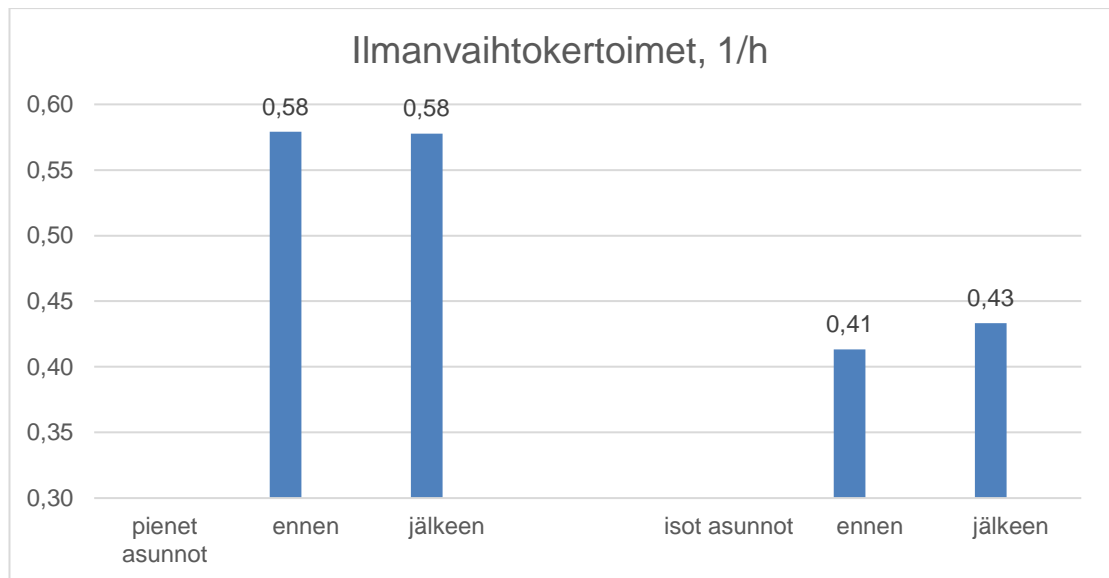
#### 4.3 Ilmanvaihtokertoimet ennen ja jälkeen saneerauksen

Asuntojen ilmanvaihtokertoimet ovat määritetyt kaavalla 2.

$$1/h = m^3/h * 1/m^3$$

Kaava 2, ilmanvaihtokertoimen määrittäminen

Selvityksessä mukana olleiden asuntojen ilmanvaihtokertoimien arvoja ennen ja jälkeen saneerauksen on kuvattu kuviossa 6. Kokonaisvirhe on kuviossa  $\pm 2,72\%$ .



Kuvio 6, asuntojen ilmanvaihtokertoimet ennen ja jälkeen saneerauksen

Kuvion 6 perusteella isojen asuntojen ilmanvaihtokertoimen arvo on kohonnut saneerauksen jälkeen. Pienten asuntojen ilmanvaihtokerroin on puolestaan pysynyt saneerauksen jälkeen samalla tasolla. Suomen rakentamismääräyskokoelman D2:n käyttöajan mukaisiin tavoitearvoihin ilmanvaihtokertoimen osalta ei päästä kummassakaan asuntokokoluokassa. Kaikkien selvityksessä mukana olleiden yhtiöiden asuntojen ilmanvaihtokertoimet toteutuvat kello-ohjattuina tehostusaikoina.

#### 4.4 Tilakohtaisen kuristusvaatimuksen täyttyminen asunnoissa savukaasujen leviämisen estämiseksi

Selvityksessä mukana olleissa asunnoissa saneerauksen jälkeen poistoilmaventtiilit olivat mallia KSO, joka on hyväksytty savukaasujen leviämistä tehokkaasti estäväksi kuristimeksi. Kerrostaloissa kukin asunto muodostaa oman palo-osastonsa, joten asuntokohtaisen kuristimen tai kuristimien; venttiilien; tulisi täyttää tilakohtainen kuristusvaatimus savukaasujen leviämisen estämiseksi.

Venttiilin ilmavirta määritetään kaavalla 3.

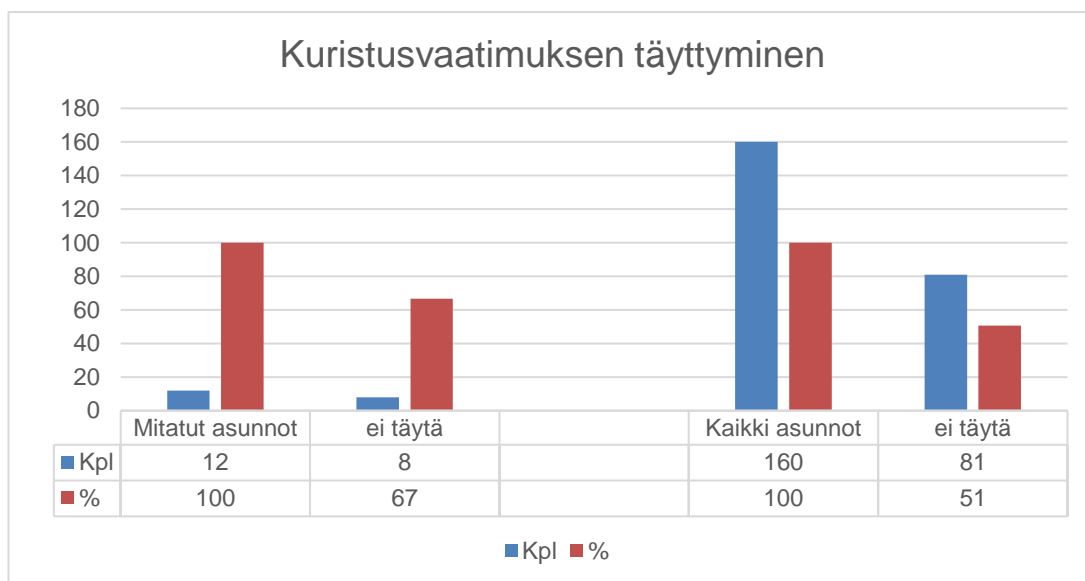
$$qv = k \cdot \sqrt{dp}$$

Kaava 3, tilavuusilmavirran määrittäminen venttiilissä

Kuristusehdon arvoja käyttämällä voidaan laskea tilakohtainen maksimi k-arvojen summalle seuraavasti:

$k = qv / \sqrt{dp}$  eli  $k = 42 / \sqrt{100}$ , josta saadaan 4,2. Tilakohtainen k-arvojen summa ei saa ylittää arvoa 4,2.

Selvityksessä mukana olleiden asuntojen ja kaikkien kolmen yhtiön asuntojen tilakohtaisen kuristusvaatimuksen täyttymistä on tarkasteltu kuviossa 7. Kuvion 7 tulokset pohjautuvat saneerauksen jälkeisen perussäätötyön mittauspöytäkirjoihin (liitteet 1-3).



Kuvio 7, tilakohtaisen kuristusvaatimuksen täytyminen asunnoissa

Selvityksessä mukana olleista 12 asunnosta kahdeksassa asunnossa tilakohtainen kuristusvaatimus ei täyty. Kaikkien kolmen yhtiön 160 asunnosta 81 asunnossa tilakohtainen kuristusvaatimus ei täyty savukaasujen leviämisen estämiseksi.

## 5 SELVITYKSEN JOHTOPÄÄTÖKSET

Tavoitteeni oli selvittää koneellisella yhteiskanavapoistojärjestelmillä varustettujen kerrostalojen asuntojen ilmanvaihdon toimintaa ja sisäilman laatua sekä tuoda esiin ratkaisuja, joita käytetään, sekä ratkaisuja, joita tekemällä järjestelmän toimintaa voisi tehostaa. Lisäksi tavoitteeni oli selvittää linjasaneerauksen yhteydessä suoritettujen ilmanvaihdon korjauksen tai huollon vaikutusta ilmanvaihdon toimivuuteen ja sisäilman laatuun vertaamalla asunnoista saatuja mittaustuloksia lämmityskausilta ennen ja jälkeen saneerauksen. Tavoitteeni oli myös selvittää tilakohtaisen kuristusvaatimuksen täyttymistä savukaasujen leviämisen estämiseksi asunnoissa saneerauksen jälkeen.

Selvityksen perusteella koneellisella yhteiskanavapoistolla varustettujen rakennusten ilmanvaihdon toimintaa ja sisäilman tilaa voidaan parantaa jo kanavien nuohouksella ja perussäädöllä rakennuksen saneerauksen yhteydessä. Kaikissa selvityksissä mukana olleissa yhtiöissä saneerauksen yhteydessä toteutettiin vähintään tämä ilmanvaihdon korjaustapa.

Selvityksen perusteella lämmityskausien lämpöolot asunnoissa olivat paremmat suoritettujen saneerauksen jälkeen. Minimilämpötilat kohosivat molempien asuntokokoluokkien kaikissa tiloissa vähintään asumisterveysasetuksen kansallisen minimiohjeen, + 18 °C, yli saneerauksen jälkeen. Keskiarvolämpötilat laskivat puolestaan molempien asuntokokoluokkien kaikissa tiloissa saneerauksen jälkeen. Pienissä asunnoissa maksimilämpötilat laskivat kaikissa tiloissa saneerauksen jälkeen. Isoissa asunnoissa maksimilämpötilat laskivat makuuhuoneissa ja keittiössä saneerauksen jälkeen, mutta kylpyhuoneiden maksimilämpötila kohosi saneerauksen jälkeen. Isojen asuntojen kylpyhuoneiden maksimilämpötila on saneerauksen jälkeen kohonnut yli asumisterveysasetuksen maksimi suositusohjeen + 24 °C:n. Molempien asuntokokoluokkien tiloista kylpyhuoneen lämpötila on joko asumisterveysasetuksen maksimi suositusrajan +24 °C:n lähellä tai sen yläpuolella. Suomen rakentamismääräyskokoelman D2:n mukaiseen kylpyhuoneen ohjelämpötilaan, +22 °C lämmityskaudella, verrattaessa on kylpyhuoneen lämpötila korkea.

Selvityksen perusteella lämmityskausien suhteellisen kosteuden arvot laskivat pääsääntöisesti suoritettujen saneerauksen jälkeen. Pienissä asunnoissa suhteellisen kosteuden minimiarvo kohosi kaikissa tiloissa yli asumisterveysasetuksen minimiohjeen, 20 prosentin, saneerauksen jälkeen. Pienten asuntojen kaikkien tilojen suhteellisen kosteuden

arvot ovat asumisterveysasetuksen suositusarvojen mukaiset saneerauksen jälkeen. Isojen asuntojen kylpyhuoneen ja keittiön suhteellinen kosteus on laskenut kaikkien arvojen osalta saneerauksen jälkeen. Isojen asuntojen makuuhuoneen keskiarvo suhteellinen kosteus on kohonnut saneerauksen jälkeen. Isojen asuntojen osalta suhteellisen kosteuden arvot eivät kaikilta osin ole asumisterveysasetuksen suositusarvojen mukaiset.

Saneerauksen jälkeen ilmanvaihtokerroin kohosi isoissa asunnoissa ja pysyi samalla tasolla pienissä asunnoissa. Ilmanvaihtokertoimet eivät kummassakaan asuntokokoluokassa ole käyttöajan tavoitearvossa verrattaessa sitä Suomen rakentamismääräyskokoelman D2:n ohjearvoon. Mitattujen asuntojen ilmanvaihtokertoimet ovat voimassa kello-ohjattuina tehostusaikoina.

Saneerauksen jälkeen hiilidioksidipitoisuudet laskivat isoissa asunnoissa, mutta kohosivat pienissä asunnoissa. Pienten asuntojen osalta tulokset kuitenkin laskivat kahden selvityksessä mukana olleen yhtiön asuntojen osalta. Keskiarvopitoisuus hiilidioksidin osalta on molemmissa asuntokokoluokissa saneerauksen jälkeen alle Suomen rakentamismääräyskokoelma D2:n enimmäisohjearvon 1.200 ppm:in.

Selvityksessä mukana olleiden asuntojen ja kolmen yhtiön kaikkien asuntojen osalta tilakohtaisen kuristusvaatimuksen täyttyminen savukaasujen leviämisen estämiseksi oli vajaata. Selvityksessä mitattujen asuntojen ja kaikkien kolmen yhtiön asuntojen osalta tilakohtainen kuristusvaatimus ei täytynyt noin puolessa asunnoista. Selvityksen perusteella tehdyt johtopäätökset muuttuisivat todennäköisesti, mikäli selvityksessä mitatut asunnot täyttäisivät tilakohtaisen kuristusvaatimuksen savukaasujen leviämisen estämiseksi.

## **6 YHTEISKANAVAPOISTOLLA VARUSTETUN KERROSTALON ILMANVAIHDON SANEERAUSTAVOISTA**

### 6.1 Koneellisen yhteiskanavapoiston korjaustavat ja korjauksessa huomioitavat seikat

Selvityksessä mukana olleiden asuntojen ja yhtiöiden ilmanvaihdossa olivat havaittavissa koneellisella poistoilmanvaihdolla varustetun asuinrakennuksen ilmanvaihdon yleiset ongelmat.

Asuinrakennuksen ilmanvaihdon yleisiä ongelmia ovat:

- Ilmanvaihto ei vastaa asumisen tarpeita sen määräytyessä pääasiassa poistopisteiden, ei kuormitusten mukaan.
- Ilmanvaihto ei ole tehostettavissa tarpeen mukaan.
- Ilmavirtoja ei ole perussäädetty
- Ilmanvaihto aiheuttaa melua ja vetoa, jolloin sitä ei käytetä riittävästi.
- Asuinkerrostaloissa porrashuone toimii hajujen ja muiden epäpuhtauksien levittäjänä
- Korvausilman suodatus on järjestämättä tai puutteellista.
- Poistoilmalaitteet ja kanavat likaantuvat eikä niitä puhdisteta.
- Asuntojen sisäisiä siirtoilmareittejä ei ole mitoitettu tarpeeksi.  
(Palonen, asuntoilmanvaihto.)

Suomen Ivi-liitto ry. on laatinut julkaisun 11, asuntoilmanvaihdon korjauskonseptit. Julkaisu on tarkoitettu erityisesti 1960-, 1970- ja 1980-luvuilla rakennettuihin yhteiskanavapoistolla varustettuihin asuinkerrostaloihin. (Kurnitski, Palonen, Jokiranta, Seppänen, 2001.)

Suurin osa 1960-luvun alun jälkeen rakennetuista kerrostaloista on varustettu yhteiskanavapoistolla. Suomessa on lähes 800.000 asuntoa, joissa on käytössä yhteiskanavapoistojärjestelmä. (Palonen, asuntoilmanvaihto.)



Asuntoilmanvaihdon korjauskonseptit julkaisussa esitetään 30 teknistä konseptia ilmanvaihdon parantamiseksi. Julkaisu on käyttökelpoinen suunniteltaessa yhteiskanavapoistolla varustettujen rakennusten ilmanvaihdon parantamista. (Kurnitski, Palonen, Jokiranta, Seppänen, 2001.)

Koneellisella yhteiskanavapoistolla varustettujen rakennusten ilmanvaihdon korjaaminen sisäilmastoluokitus 2008:n mukaisen tavoitetason S3 alle edellyttäisi seuraavia toimenpiteitä: puhdistus ja perussäättö, ilmanvaihtohormien kunnostaminen ja poistoilmanvaihdon kunnostaminen. Sisäilmastoluokituksen 2008 mukaisen tavoitetason S3 saavut-taisi korvausilman parantamisella ja keittiön ilmanvaihdon kunnostamisella. (Kurnitski, Palonen, Jokiranta, Seppänen, 2001.)

Koneellisella yhteiskanavapoistolla varustettujen taloyhtiöiden ilmanvaihtojärjestelmän ominaisuuksiksi asuntoilmanvaihdon korjauskonseptit julkaisussa mainitaan muun muassa seuraavat asiat:

- rakenneaineiset poistoilmakanavat/-hormit
- ei liesikupuja, ei korvausilmaventtiileitä
- 1950-60-lukujen taloissa reiät ns. kylmäkomeron kohdalla ulkoseinässä.

(Kurnitski, Palonen, Jokiranta, Seppänen, 2001.)

Rakenneaineisten poistoilmakanavien kunnostaminen on teknisesti vaikeaa ja onnistuminen ei ole täysin varmaa. (Kurnitski, Palonen, Jokiranta, Seppänen, 2001.) Kanaviston kunnostaminen on kuitenkin välttämätön toimenpide. (Palonen, asuntoilmanvaihto).

## 6.2 Opinnäytetyön myötä ilmenneitä koneellisen yhteiskanavapoiston toimintaa heikentäviä tekijöitä ja suunnittelussa huomioitavia seikkoja

Asuntoilmanvaihdon korjauskonseptit julkaisun mainitsemat ominaisuudet olivat kaikki havaittavissa selvityksessä mukana olleissa yhtiöissä. Kaikissa yhtiöissä oli rakenneaineiset hormit. Selvityksessä mukana olleissa huoneistoissa oli kuitenkin pääsääntöisesti liesituulettimet. Yhdessä selvityksessä mukana olleessa yhtiössä oli reiät ulkoseinässä ja kahteen kohteeseen oli asennettu ikkunan yläkarmeihin korvausilmaventtiilit (kuva 4). Yhdessä yhtiössä korvausilmaventtiilejä ei ollut asunnoissa; asunnoissa oli ainoastaan tuuletusikkunat.



Kuva 4, korvausilmaventtiili ja ulkoseinässä olevat reiät.

Selvityksessä mukana olleissa yhtiöissä ei yhdessäkään kunnostettu poistoilmakanavia. Kunnostamisen tärkeyttä kuvaa se, että rakenneaineinen hormi saattaa sisältää useita vuotokohtia, jolloin esimerkiksi uuden energiatehokkaan puhaltimen asentaminen taloon ei välttämättä tuokaan säästöä puhaltimen sähkön kulutuksessa. Edellä mainittu puhaltimen sähkönkulutuksessa tavoiteltu säästö ei toteudukaan, jos puhaltimen toimintapiste ei olekaan suunniteltu, koska vuotavien ja sitä kautta merkittäviä painehäviöitä aiheuttavien kanavien takia puhaltimen toimintapiste muuttuu.

Koneellisella yhteiskanavapoistolla varustettujen rakennusten ilmanvaihdon kunnostamisessa pitäisi huomioida riittävä opastus asukkaille korvausilmaventtiilien käytöstä ja niiden suodattimien vaihtamisesta tai huoltamisesta. Korvausilmaventtiileissä yleisesti käytössä olevan karkeasuodattimen (kuva 5) voi huoltaa pesemällä. Korvausilmaventtiilien auki pitäminen myös talvella on tärkeää. Asuntojen poistoilmaventtiilien huoltaminen ja avausasetuksien säilyttäminen ovat myös tärkeitä asioita, jotka asukkaiden on syytä tietää.



Kuva 5, karkeasuodatin. (suodatinkeskus.com)

Asuinrakennusten ilmanvaihdon yleisissä ongelmissa on mainittu porraskäytävä hajujen ja epäpuhtauksien levittäjänä. (Palonen, asuntonilmanvaihto). Koneellisella yhteiskanavapoistojärjestelmällä varustetuissa kerrostaloissa porraskäytävän korvausilma tuodaan

rappukäytävään yleisesti ulko-oven yläpuolella olevasta ritilästä tai oven pielissä olevista venttiileistä (kuva 6).



Kuva 6, esimerkki porraskäytävän korvausilmaventtiilistä.

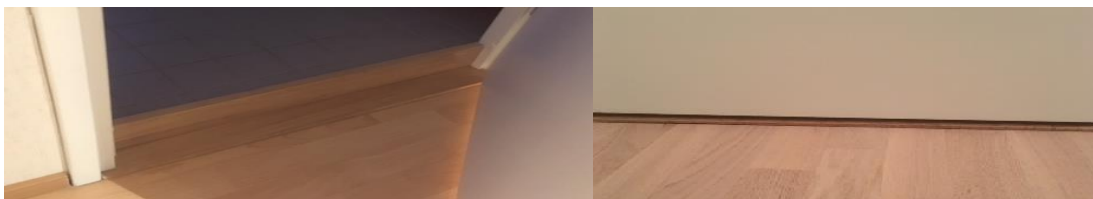
Kuvan 6 kaltaisissa ratkaisuissa porraskäytävän korvausilma on täysin suodattamatonta tai suodatus on puutteellista. Korvausilman puutteellinen suodatus aiheuttaa sen, että ulkoilman sisältämät epäpuhtaudet pääsevät rappukäytävään ja siten myös asuntoihin.

Koneellisella yhteiskanavapoistolla varustettujen rakennusten korvausilman suodatus ei ole tasolla, jolla suurimman yksittäisen syyn sisäilman aiheuttamaan tautikuormaan, PM<sub>2,5</sub>-hiukkasten, pääsy estetään asuntoihin. Saneerausten yhteydessä on pyrittävä korvausilman tehokkaampaan suodatukseen niin asunnoissa kuin porraskäytävässä.

Ennen saneerausta olisi suositeltavaa selvittää radon- pitoisuus Säteilyturvakeskuksen ohjeiden mukaisesti, jotta saneerauksen yhteydessä voidaan suorittaa tarvittavat toimenpiteet mahdollisen radon- pitoisuuden alentamiseksi. Toimenpide pitoisuuden alentamiseksi voi olla esimerkiksi alapohjan tuuletuksen rakentaminen.

Saneerattaessa koneellisella yhteiskanavapoistojärjestelmällä varustettuja rakennuksia siirtoilmareittien riittävyys on varmistettava. Esimerkiksi kylpyhuoneen lämpötiloja ja suhteellista kosteutta riittävä siirtoilmareitti laskisi. Linjasaneerauksissa toteutettu rakennetekninen ratkaisu kylpyhuoneen kynnyksen osalta on riittämätön siirtoilmareitiksi (kuva 7). Selvityksessä mitattujen asuntojen kylpyhuoneet olivat tiloja, joissa lämpötilat olivat korkeita verrattaessa niitä suositusohjearvoihin. Siirtoilmareitin riittämättömyys kohotti myös suhteellisen kosteuden arvoja kylpyhuoneissa. Korvausilmaventtiileillä varuste-

tuista tiloista ilman siirtymisen mahdollistaminen riittäväillä siirtoilmareiteillä poistoilmaventtiileillä varustettuihin tiloihin on myös tärkeä huomioitava saneerauksia suunniteltaessa.



Kuva 7, kylpyhuoneen kynnyks ja ovirako.

Keskusilmanvaihtolaitteistolla varustettujen rakennusten ilmanvaihdon perusparannusta suunniteltaessa asuntojen ilmanvaihdon osalta tulisi kiinnittää huomiota tilakohtaisen kuristusvaatimuksen täyttymiseen savukaasujen leviämisen estämiseksi. Poistoilmaventtiiliä malliltaan KSO on kokoluokassa 100 helpointa hallita tilakohtaisen kuristusvaatimuksen täyttymisen osalta. Selvityksessä mukana olleessa yhtiössä, jossa poistoilmaventtiilit olivat mallia KSO-100, tilakohtaisen kuristusvaatimuksen täyttämättömiä asuinhuoneistoja oli vain noin 17 prosenttia koko asuntomäärästä. Selvityksessä mukana olleissa yhtiöissä, joissa poistoilmaventtiilit olivat isompia, tilakohtaisen kuristusvaatimuksen täyttämättömiä asuinhuoneistoja oli noin 65 prosenttia koko asuntomäärästä.

Linjasaneerausta koskevassa rakennusluvassa paikallisen lupaviranomaisen tulisi selkeästi mainita se, edellytetäänkö keskusilmanvaihtolaitteistolta tilakohtaisen kuristusvaatimuksen täyttämistä. Keskusilmanvaihtolaitteistolla varustetun rakennuksen saneerausta suunniteltaessa tulisi määrittää tilakohtaiset k-arvot venttiileille ja ne tulisi mainita suunnitelmissa. Linjasaneerauskohteen perussäätötyön suorittajan tulisi merkitä säätöpöytäkirjaan säätötyössä käytetyt venttiilien k-arvot, jotta tilakohtaisen kuristusvaatimuksen täyttymistä voi kontrolloida.

Selvityksessä mukana olleissa yhtiöissä kylpyhuoneiden poistoilmaventtiili sijoitettiin rakenneaineiseen hormiin seinälle alas lasketun katon rajaan. Selvityksessä mukana olleissa asunnoissa oli kuitenkin selviä viitteitä ennen saneerausta siitä, että kattosijoitteinen poistoilmaventtiili toimii seinäasenteista venttiiliä tehokkaammin. Venttiilin sijoituspaikalla on siis merkitystä: lähelle kosteuden lähdettä, suihkua, sijoitettu venttiili parantaa ilmanvaihdon toimivuutta yhdessä riittävän siirtoilmareitin ja lattialämmityksen kanssa.

Koneellisella yhteiskanavapoistojärjestelmillä varustettujen rakennusten ilmanvaihdon toimintaa voi parantaa saneerausten yhteydessä yksinkertaisilla toimenpiteillä vanha järjestelmä säilytettäessä toiminnassa. Vanhaa järjestelmää ei pidäkään saada vastamaan D2:n ohjeita sekä arvoja, mikäli paikallinen lupaviranomainen ei edellytä saneerausta koskevassa luvassaan D2:n määräysten noudattamista. Korjausrakentamisessa tehdyillä ratkaisuilla ei voi kuitenkaan heikentää henkilöturvallisuutta, esimerkiksi paloturvallisuuden laiminlyönnillä. Linjasaneerausten yhteydessä tehtävä ilmanvaihdon korjaus; vanha järjestelmä säilytettäessä toiminnassa; vastaa asuntojen osalta harvoin maankäyttö- ja rakennuslain tarkoittamaa tilan käyttötarkoituksen muutosta. Tärkeintä onkin kiinnittää huomiota siihen, että vanhan ja säilytettävän järjestelmän toiminnasta tehdään mahdollisimman tehokasta.

Suosittelavat toimenpiteet ovat selvityksen perusteella koneellisella yhteiskanavapoistojärjestelmällä varustetun rakennuksen saneerausta suunniteltaessa:

1. Kanaviston kunnan ja tiiveyden tutkiminen sekä kunnostus tarvittaessa.
2. Radon-pitoisuuksien selvittäminen ja tarvittavat toimenpiteet pitoisuuksien alentamiseksi.
3. Korvausilmaventtiilien asennus saneerauksen yhteydessä ja asukkaille annettava riittävä opastus niiden käytöstä sekä huollosta. Asukkaille annettava myös riittävä opastus asuntojen poistoilmaventtiilien huollosta ja puhdistuksesta. Saneerauksen yhteydessä on pyrittävä parantamaan korvausilman suodatuksen tasoa.
4. Asuntojen ilmamäärät suunnitellaan tilakohtaisen kuristusvaatimuksen täyttäväksi ja venttiilit ovat kokoa 100. Tilakohtaiset k-arvot merkitään suunnitelmiin ja säätöpöytäkirjaan.
5. Asuntojen sisäiset siirtoilmareitit mitoitetaan riittäviksi.
6. Huolehditaan siitä, että keittiöissä on liesituulettimet.
7. Kylpyhuoneen riittävä siirtoilmareitti varmistetaan tarvittaessa siirtoilmasäleiköllä. Kylpyhuoneen poistoilmaventtiili sijoitetaan alakaton yläpuolisen tilan salliessa lähelle suihkua kattoasenteisena.
8. Saneerauksen jälkeen on yhtiön vastuulla huolehtia kanavien nuohouksesta riittävän usein.

### 6.3 Maankäyttö- ja rakennuslain uudistuksen vaikutukset saneerauskohteiden ilmanvaihdon korjaamiseksi

Voimassa oleva Suomen rakentamismääräyskokoelma D2 ohjeistaa johtamaan jäteilmän vesikatolle (Ympäristöministeriö,2012). Nykyinen ohjeistus tekee käytännössä mahdottomaksi suunnitella huoneistokohtaista ilmanvaihtojärjestelmää keskusilmanvaihtolaitteistolla varustettuihin rakennuksiin. Tämän aiheuttaa se, että jokaisesta asunnosta pitäisi johtaa oma erillinen jäteilmakanava vesikatolle. Huoneistojen jäteilmakanavien vaatima tila olisi esimerkiksi selvityksessä mukana olleissa yhtiöissä ollut merkittävä; olihan samassa linjassa päällekkäin useampi asunto.

Ympäristöministeriössä on valmisteilla laaja maankäyttö- ja rakennuslain uudistus. Suomen rakentamismääräyskokoelman E7:n soveltamisalaksi on uudistuksessa esitetty myös luvanvaraisia korjaus- ja muutostöitä. (Sulvi Ry., 2015). Edellä mainittu uudistus selkiyttäisi saneerauskohteidenkin osalta esimerkiksi tilakohtaisen kuristusvaatimuksen täyttämisen vaatimusta savukaasujen leviämisen estämiseksi.

Uudistuksessa on valmisteltu jäteilmän seinäpuhalluksen sallimista tietyin ehdoin. (Sulvi RY.,2015) Edellä mainittu ja valmisteilla oleva Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 uudistus mahdollistaisi huoneistokohtaisen ilmanvaihtojärjestelmän rakentamisen koneellisella yhteiskanavapoistolla varustettuihin kerrostaloihin.

Huoneistokohtainen ilmanvaihtojärjestelmä valitsemalla saadaan vedoton, lämmitetty ja tehokkaasti suodatettu vakiotuloilmavirta huoneisiin sekä lisäksi lämmön talteenotto poistoilmasta. Kustannusarviotaso asuntokohtaisen järjestelmän rakentamiseksi on 4.200-6.700 euroa asuntoa kohden. (Kurnitski, Palonen, Jokiranta, Seppänen, 2001.)

Lainsäätäjän lisäksi myös tuotevalmistajat ovat lähteneet etsimään tuotteissaan ratkaisuja huoneistokohtaisen ilmanvaihdon parantamiseen. Saksalainen Lunos Lüftungstechnik GmbH on esimerkiksi kehittänyt ulkoseiniin asennettavan ja lämmöntalteenotolla varustetun venttiilin. Venttiili vaihtaa ilmanpuhalluksen suuntaa 70 sekunnin välein ja hyödyntää näin sisäilman lämpöä ulkoilman lämmitykseen. (Talotekniikka,2017).

Määräysten muutokset ja tuotekehitykset asuntojen ilmanvaihdon parantamiseen keskusilmanvaihtolaitteistoilla varustetuissa rakennuksissa ovat osa mahdollista parannusta. Taloyhtiöiden saneerauksista päättävien henkilöiden tietoisuutta ilmanvaihtojär-

jestelmän uudistamismahdollisuuksista on lisättävä tulevaisuudessa. Koneellisen yhteiskanavapoiston toiminnasta ja sen epäkohdista sekä asuntojen sisäilman laatua parantavista ratkaisuista pitäisi saada jo hankesuunnitteluvaiheessa tietoa lvi-suunnittelijoilta ja konsulteilta taloyhtiöiden hallituksille ja yhtiökokouksiin.

On mahdollista, että taloyhtiöiden asukkaiden ikärakenteella on ollut ja tulee olemaan merkitystä ilmanvaihdon saneerauksen laajuutta pohdittaessa. Vanhemmat ikäluokat eivät edes välttämättä haluaisi mitään remontteja tehtäväksi tai tehdään vain se, mitä täytyy, jotta vältytään huoltotoimenpiteiden aiheuttamilta kustannuksilta. On ymmärrettävää, että kalliin putkiremontin yhteydessä kustannukset pyritään pitämään kurissa. Tässä yhtälössä suurempaa ilmanvaihtoremonttia yhtiöissä harvemmin lähdetään toteuttamaan.

Valmisteilla olevien määräysten muutosten tultua voimaan voidaan tarkastella niiden vaikutusta ja taloyhtiöiden halua asuntojen sisäilman laadun parantamiseen. Määräysten muutokset luovat kuitenkin tulevaisuudessa tosiasiallisen mahdollisuuden yhteiskanavapoistolla varustetun rakennuksen ilmanvaihdon korjaamiseen sekä sisäilman laadun parantamiseen.

## 7 LOPUKSI

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää koneellisella yhteiskanavapoistojärjestelmällä varustettujen rakennusten ilmanvaihdon toimintaa ja sisäilman tilaa sekä selvittää edellä mainittujen järjestelmien toimintaa parantavat sekä heikentävät ratkaisut. Tavoite oli myös selvittää koneelliseen yhteiskanavapoistojärjestelmään tehdyn korjaustoimenpiteen vaikutusta asuntojen ilmanvaihdon toimivuuteen ja sisäilman tilaan vertaamalla selvityksessä saatuja mittaustuloksia lämmityskausilta ennen ja jälkeen saneerauksen.

Suoritettu selvitys antoi tietoa sekä koneellisen yhteiskanavajärjestelmän toiminnasta että sen epäkohdista. Selvityksen tekemistä helpotti se, että kaikissa mukana olleissa yhtiöissä oli saman aikaisesti käynnissä linjasaneeraus. Yhtiöiden ollessa jo valmiiksi työmailta, oli helppo toteuttaa selvityksen mittaukset. Saneerauksen jälkeisissä mittauksissa selvityksessä mukana olleiden asuntojen asukkaissa oli havaittavissa jo tietynlaista ”turnausväsymystä”. Linjasaneeraus on pääsääntöisesti pitkäkestoinen projekti, jossa rakennusten asukkaiden kärsivällisyys on koetuksella. Vaikka oman asunnon remontti kestäisi vain noin kaksi kuukautta, saattaa rakennuksessa olla viisikin linjaa, minkä takia remontin kokonaiskesto on yleensä yhden vuoden. Asukkaiden suhtautuminen mittauksiin oli kuitenkin koko selvityksen ajan positiivinen.

Mittausten tekeminen onnistui suunnitelmien mukaan. Mittauksien toteutustapaan saatiin tietoa muun muassa Ilmanvaihdon korjauskonseptit-julkaisusta. Mittauksia häiritsi osaltaan rakenteissa piilossa olleet venttiilit, joita ei voinut mitata, sekä ennen saneerausta käytössä olleet vanhat venttiilit. Selvityksessä havaittiin myös, että asukkaat muuttavat venttiilien avausasetuksia. Asuinkäytössä olevien asuntojen mittaustulosten saamista vaikeutti myös se, että asunnot olivat osittain tyhjiä mittausten aikaan. Edellä mainittu toteutui esimerkiksi saneerauksen jälkeisissä mittauksissa, vaikka mittaukset tehtiin aikaan, jolloin saneerauksen valmistumisesta oli kulunut aikaa.

Mittausajat olisivat voineet olla pidemmät ja mitattavia asuntoja olisi voinut olla enemmän. Näin selvitykseen olisi saatu kattavampi materiaali käytettäväksi. Huolimatta edellä mainituista epäkohdista selvityksessä saavutettiin sille asetetut tavoitteet. Selvityksen perusteella jo yksinkertaiset korjauskeinot parantavat asuntojen sisäilman laatua ja ilmanvaihdon toimivuutta, mutta järjestelmän toimintaa heikentäviä ratkaisujakin saneerauksissa toteutettiin.



Selvitys toi esiin epäkohdat koneellisella yhteiskanavapoistojärjestelmillä varustetuissa kerrostaloissa, näistä tärkeimmät ovat tilakohtaisen kuristusvaatimuksen täyttymisen huomioiminen, siirtoilmareittien riittävyyden varmistaminen, korvausilmaventtiilien jatkuvan käytön ja suodattimien huollon sekä korvausilman suodatustason parantamisen.

Nyt tehdyn selvityksen perusteella koneellisen yhteiskanavapoistojärjestelmän toimintaa on mahdollista tutkia lisää. Korvausilmaventtiilien asianmukaisen käytön, suodattimien riittävän tiheän vaihto-/huoltovälin vaikutus sekä korvausilman suodatustason parantamisen vaikutus sisäilman laatuun ja ilmanvaihdon toimivuuteen ovat selvittämisen arvoisia asioita. Poistoilmakanaviston kunnostamisen vaikutus ilmanvaihdon toimintaan ja puhaltimen toimintapisteeseen ovat selvittämättä. Uuden poistoilmapuhaltimen toiminta kunnostamattomassa ja kunnostetussa kanavistossa ovat selvitettäviä asioita. Koneellisen yhteiskanavajärjestelmän korvaaminen asuntokohtaisella tai hajautetulla järjestelmällä sekä siitä mahdollisesti seurannut asumistyytyväisyyden lisääntyminen olisi myös mielenkiintoinen selvitettävä asia.

Haluan esittää nöyrimmät kiitokseni selvityksessä mukana olleille taloyhtiöille. Kiitokseni esitän myös työelämäohjaajalleni Simo A. Nurmelle sekä opettajaohjaajalleni Juha Leimulle neuvoista ja opastuksesta.

## 8 LÄHDELUETTELO

**Fläkt woods Oy.2015.** Ilmavirtojen mittaus- ja säätöopas.

**Hänninen, Otto ja Asikainen, Arja. 2014.** Terveysperusteiset ilmanvaihdon ohjeavrot Euroopalle ja vaikutukset sisäilman terveysriskeihin Suomessa.

Viitattu 28.03.2017.

<https://www.julkari.fi/handle/10024/127162>.

**Heikkonen, Heikki. 2017.** Parempaa sisäilmaa, kiitos. Talotekniikka-lehti, 2/2017, Talotekniikka-Julkaisut Oy,Helsinki.

**Kurnitski, Palonen,Jokiranta,Seppänen. 2001.** Asuntoilmanvaihdon korjauskonseptit. Suomen Lvi-liitto, Sulvi ry, julkaisu 11.

**Lamminaho, Heikki.2012.** Teknillinen korkeakoulu, lvi-tekniikan laboratorio, Rakenne ja rakennustuotantotekniikan perusteet luento,05.11.2012.

Viitattu 20.03.2017.

<http://slideplayer.fi/slide/1933869/> .

**Rakennustieto,2012.** Hiukkassuodatuksen peruskäsitteet. LVI 31-10507-kortti.

**Maankäyttö- ja rakennuslaki,1999.**

Viitattu 28.03.2017

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=maank%3%A4ytt%C3%B6-%20ja%20rakennuslaki#a21.12.2012-958>.

**Palonen,Jari.** Asuntoilmanvaihto.

Viitattu 04.03.2017

<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK040402.pdf>.

**Sisäilmayhdistys ry., ilmanvaihdon perusteet.**

Viitattu 28.03.2017

<http://www.sisailmayhdistys.fi/Perustietoa-sisailmasta/Ilmanvaihdon-perusteet>.

**Sisäilmayhdistys ry., terveysvaikutukset.**

Viitattu 28.03.2017

<http://www.sisailmayhdistys.fi/Perustietoa-sisailmasta/Terveysvaikutukset>.

**Sisäilmayhdistys ry.,2008.** Sisäilmastoluokitus 2008, 1.painos.

**Sisäilmayhdistys ry., sisäilmasto.**

Viitattu 28.03.2017

<http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto>.

**Sisäilmayhdistys ry., sisäilmaongelmista.**

Viitattu 28.03.2017

<http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Yleisimmat-sisailmaongelmat>.

**Sosiaali- ja terveysministeriö.2015.** Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksesta.

Viitattu 04.03.2017

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150545#Pidp3766848>.

**Sulvi Ry,2015.** E7-ohjeistuksen uusiminen.

Viitattu 28.03.2017

<http://www.ym.fi/download/noname/%7B92F03151-F73B-4083-A7FF-67EBBE9947E7%7D/109091>.

**Suodatinkeskus.com.**

Viitattu 20.03.2017

<https://www.suodatinkeskus.com/ikkunasuodattimet>.

**Talotekniikka,2017.** Talotekniikka-lehti 2/2017, Talotekniikka-Julkaisut Oy,Helsinki

**Tilastokeskus,2015.** Asunnon omistajat ja asunto-osakeyhtiöt korjasivat lähes kuudella miljardilla eurolla vuonna 2014.

Viitattu 28.03.2017

[http://tilastokeskus.fi/til/kora/2014/02/kora\\_2014\\_02\\_2015-11-11\\_tie\\_002\\_fi.html](http://tilastokeskus.fi/til/kora/2014/02/kora_2014_02_2015-11-11_tie_002_fi.html).

**Terveyden ja hyvinvoinnin laitos.2016.** INSULAtE-projektin tutkimusraportin tiivistelmä.

Viitattu 28.03.2017

<https://www.julkari.fi/handle/10024/130821>.

**Ympäristöministeriö.2012.** D2, rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto.

Viitattu 28.03.2017

[http://www.finlex.fi/data/normit/37187/D2-2012\\_Suomi.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/37187/D2-2012_Suomi.pdf).

**Ympäristöministeriö.2004.** E7, ilmanvaihtolaitteiston paloturvallisuus, ohjeet.

Viitattu 28.03.2017

<http://www.finlex.fi/data/normit/17076/E7s.pdf>.

## Topi Riivari Oy

<b>Kohde:</b>	As Oy Kaksoskari	<b>Mittaaja:</b>	Tero Lähteenmäki
<b>Osoite:</b>	Talinkorventie 10	<b>Mittari:</b>	SWEMA 3000
	Turk	<b>Aika:</b>	21.3.2016
		<b>Allekirjoitus:</b>	

<b>Tuuli:</b>	6 m/s
<b>Lämpötila</b>	0 c
<b>Porras:</b>	A

Huoneisto	Tila	Tyyppi	Koko	Suunniteltu	Mitattu	Rako	Huom
1	keittiö	kgeb	1	20	21	0	
	kh	kso	100	15	15	-7	
2	keittiö	kso	100	20	19	10	
	kh	kso	100	15	16	-7	
3	keittiö	kso	100	12	11	5	
	kh	kso	125	15	15	-3	
4	keittiö	kso	100	20	20	7	
	kh	kso	125	15	15	0	
	wc	kso	100	10	10	0	
5	keittiö	kgeb	12	20	5	0	
	kh	kso	100	15	15	-5	
6	keittiö	kgeb	1	20	18	1	
	kh	kso	125	15	14	-5	
7	keittiö	kso	100	20	18	10	
	kh	kso	125	15		-7	
8	keittiö	kso	100	12	12	3	
	kh	kso	125	15	15	-5	
9	keittiö	kso	100	20	20	5	
	kh	kso	125	15	15	-3	
	wc	kso	100	10	10	0	
10	keittiö	kgeb	1	20	20	0	
	kh	kso	125	15	15	-7	
11	keittiö	kso	100	20	19	3	
	kh	kso	125	15	16	-7	
12	keittiö	kso	125	20	19	0	
	kh	kso	125	15	16	-7	
13	keittiö	kso	100	12	11	5	
	kh	kso	125	15	15	-3	
14	keittiö	kso	100	20	21	7	
	kh	kso	125	15	15	-3	
	wc	kso	100	10	10	0	
15	sauna	kso-s	100	6	5	-10	
	keittiö	kso	100	20	18	10	
	kh	kso	125	15	14	-5	

Kuusiston kirkkotie 31  
21620 Kuusisto

Puhelin 0400538281

Y:0858845-1  
tilaajavastuu.fi

*Topi Riivari Oy*

2

Kohde:	As Oy Kaksoskari	Mittaaja:	Tero Lähteenmäki
Osoite:	Talinkorventie 10	Mittari:	SWEMA 3000
	Turku	Aika:	21.3.2016
		Allekirjoitus:	

Tuuli:	6 m/s
Lämpötila:	0 c
Porras:	A

Huoneisto	Tila	Tyyppi	Koko	Suunniteltu	Mitattu	Rako	Huom
16	keittiö	kgeb	1	20	21	0	
	kh	kso	125	15	17	-7	
17	keittiö	kso	125	20	18	0	
	kh	kso	125	15	16	-7	
18	keittiö	kso	100	12	11	5	
	kh	kso	125	15	15	-3	
19	keittiö	kso	125	20	20	-3	
	kh	kso	125	15	16	-3	
	wc	kso	100	10	10	-3	
20	keittiö	kso	100	20	18	10	
	kh	kso	125	15	15	-5	
21	keittiö	kso	100	20	20	3	
	kh	kso	100	15	17	-7	
22	keittiö	kgeb	1	20	18	1	
	kh	kso	100	15	16	-8	
23	keittiö	kso	100	12	11	3	
	kh	kso	125	15	15	-5	
24	keittiö	kso	100	20	20	7	
	kh	kso	125	15	15	-3	
	wc	kso	100	10	10	0	
	sauna	kso	100	6	5	-10	
25	keittiö	kso	100	20	20	5	
	kh	kso	125	15	16	-8	
26	keittiö	kso	125	20	21	-3	
	kh	kso	125	15	16	-7	
27	keittiö	kso	100	20	20	10	
	kh	kso	125	15	16	-7	
28	keittiö	kso	100	12	11	3	
	kh	kso	125	15	16	-5	
29	keittiö	kso	100	20	20	7	
	kh	kso	125	15	15	-3	
	wc	kso	100	10	10	0	
30	keittiö	kso	125	20	20	-3	
	kh	kso	125	15	16	-8	

*Topi Riivari Oy*

3

Kohde:	As Oy Kaksoskari	Mittaja:	Tero Lähteenmäki
Osoite:	Talinkorventie 10	Mittari:	SWEMA 3000
	Turku	Aika:	21.3.2016
		Allekirjoitus:	

Tuuli:	6 m/s
Lämpötila:	0 c
Porras:	A

Huoneisto	Tila	Tyyppi	Koko	Suunniteltu	Mitattu	Rako	Huom
31	keittiö	kso	100	20	20	5	
	kh	kso	125	15	16	-8	
32	keittiö	kso	100	20	18	7	
	kh	kso	125	15	16	-7	
33	keittiö	kso	100	12	11	3	
	kh	kso	125	15	16	-5	
34	keittiö	kso	100	20	20	5	
	kh	kso	125	15	16	-5	
	wc	kso	100	10	11	-5	
35	keittiö	kso	100	20	20	5	
	kh	kso	125	15	15	-9	
	porrask	kgeb	12		40	-12\12	
	lj-huone	kgeb	1	22	23	1	
	kellari varast	kgeb	1	40	28	5	
	ulkiluv.v	kgeb	1	15	16	-6	
	vaunusuoja	kgeb	1	10	10	-12	
	spth	kso	100	8	8	0	
	kompr.h	kso	125	20	14	5	
	wc-tila	kso	125	20	19	3	
	siivousk	kso	100	10	11	-3	
	kuivaush	kso	125	22	22	3	
	pesutupa	kso	125	25	25	5	
	mankelih	kso	100	17	17	5	
	vss-tila			50			
	talousk	kso	125		9	-10	

## Topi Riivari Oy

4

Kohde:	As Oy Kaksoskari	Mittaaja:	Raino Vuorinen
Osoite:	Talinkorventie 10	Mittari:	SWEMA 3000
	Turk	Aika:	21.9.2016
		Allekirjoitus:	

Tuuli:	6 m/s
Lämpötila:	0 c
Porras:	B

Huoneisto	Tila	Tyyppi	Koko	Suunniteltu	Mitattu	Rako	Huom
36	keittiö	kso	100	20	20	8	
	kh	kso	125	15	15	-3	
37	keittiö	kso	100	20	14	10	
	kh	kso	125	15	15	-2	
38	keittiö	kso	100	12	12	5	
	kh	kso	125	15	15	-2	
39	keittiö	kso	100	20	20	10	
	kh	kso	125	15	15	-2	
	s	kso	100	6	6	-10	
	wc	kso	100	10	10	0	
40	keittiö	kso	100	20	19	6	
	kh	kso	125	15	15	-4	
41	keittiö	kso	100	20	19	5	
	kh	kso	125	15	15	-5	
42	keittiö	kso	100	20	18	10	
	kh	kso	125	15	15	-5	
43	keittiö	kso	100	12	13	3	
	kh	kso	125	15	15	-3	
44	keittiö	kso	100	20	20	10	
	kh	kso	125	15	14	-3	
	wc	kso	100	10	10	0	
45	keittiö	kso	100	20	19	5	
	kh	kso	125	15	15	-3	
46	keittiö	kso	100	20	19	10	
	kh	kso	125	15	15	-4	
47	keittiö	kso	125	20	20	0	
	kh	kso	125	15	15	-5	
48	keittiö	kso	125	12	12	-3	
	kh	kso	125	15	15	-3	
49	keittiö	kk	125	20	20	-2	
	kh	kso	125	15	15	-4	
	wc	kso	100	10	10	-4	
	sauna	kso	125	6	10	-10	
50	keittiö	kso	125	20	20	0	
	kh	kso	125	15	15	0	

## Topi Riivari Oy

5

<b>Kohde:</b>	As Oy Kaksoskari	<b>Mittaja:</b>	Raino Vuorinen
<b>Osoite:</b>	Talinkorventie 10	<b>Mittari:</b>	SWEMA 3000
	Turk	<b>Aika:</b>	21.9.2016
		<b>Allekirjoitus:</b>	

<b>Tuuli:</b>	6 m/s
<b>Lämpötila:</b>	0 c
<b>Porras:</b>	B

Huoneisto	Tila	Tyyppi	Koko	Suunniteltu	Mitattu	Rako	Huom
51	keittiö	kso	125	20	21	10	
	kh	kso	125	15	15	-4	
52	keittiö	kso	125	20	19	10	
	kh	kso	125	15	15	-5	
53	keittiö	kso	100	12	12	2	
	kh	kso	125	15	15	-4	
54	keittiö	kso	125	20	20	7	
	kh	kso	125	15	14	-4	
	wc	kso	100	10	10	-2	
55	keittiö	kso	100	20	19	10	
	kh	kso	125	15	15	3	
56	keittiö	kso	100	20	20	10	
	kh	kso	100	15	15	-3	
57	keittiö	kgeb	1	20	18	10	
	kh	kso	100	15	15	-3	
58	keittiö	kso	100	12	12	3	
	kh	kso	125	15	15	-5	
59	keittiö	kso	125	20	20	3	
	kh	kso	125	15	15	-3	
	wc	kso	100	10	10	-4	
60	keittiö	kso	100	20	20	7	
	kh	kso	125	15	15	-3	
61	keittiö	kso	125	20	20	6	
	kh	kso	125	15	15	-7	
62	keittiö	kso	100	20	19	10	
	kh	kso	125	15	15	-5	
63	keittiö	kso	100	12	13	2	
	kh	kso	125	15	15	-5	
64	keittiö	kso	125	20	20	2	
	kh	kso	125	15	15	-4	
	wc	kso	100	10	10	-4	
65	s	kso	100	6	6	-10	
	keittiö	kso	125	20	19	7	
	kh	kso	125	15	15	-3	



## Topi Riivari Oy

6

Kohde:	As Oy Kaksoskari	Mittaaja:	Raino Vuorinen
Osoite:	Talinkorventie 10	Mittari:	SWEMA 3000
	Turk	Aika:	21.9.2016
		Allekirjoitus:	

Tuuli:	6 m/s
Lämpötila:	0 c
Porras:	B

Huoneisto	Tila	Tyyppi	Koko	Suunniteltu	Mitattu	Rako	Paine-ero
66	keittiö	kso	100	20	20	6	
	kh	kso	125	15	15	-7	
67	keittiö	kso	100	20	21	1	
	kh	kso	125	15	15	-6	
68	keittiö	kso	100	12	13	0	
	kh	kso	125	15	15	-6	
69	keittiö	kso	100	20	20	5	
	kh	kso	125	15	15	-6	
	wc	kso	100	10	10	-5	
	s	kso	125	6	7	-10	
70	keittiö	kso	100	20	20	4	
	kh	kso	125	15	15	-5	
	WC til	kso	125	20	18	6	
	UVV	kgb	100	15	14	-3	
	Vaunusuoja	kgeb	100	10	9	-8	
	Siiv	kso	100	10	10	3	
	Löylyh	kso	125	20	18	5	
	Pesuh	kso	100	28	27	6	
	Pesuh	kso	100	32	28	10	
	Pukuh	kso	125	20	20	3	
	Pukuh	kso	100	28	27	6	2 kpl
	Talousk	kso	125	5	7	-5	
	SPTH	kso	100	8	8	-6	
	Kellari/varas	kso	125	44	41	10	
	Kompressor	kso	125	20	19	3	

## Topi Riivari Oy

Kohde:	As Oy Sofiankatu 8	Mittaja:	Pekka Toivanen
Osoite:	Sofiankatu 8	Mittari:	SWEMA 3000
	Turku	Aika:	12. ja 13.12.2016
		Allekirjoitus:	

Tuuli:	
Lämpötila:	
Porras:	A

Huoneisto	Tila	Tyyppi	Koko	Suunniteltu m <sup>2</sup>	Mittattu m <sup>2</sup>	Rako	Paine-ero
1	keittiö	KSO	125	80	40	2	
	kh	KSO	160	70	35	0	
	Vh	KSO	100	30	15	5	
2	Keittiö	KSO	100	40	19	9	
	Kh	KSO	100	40	17	10	
	Vh	KSO	100	30	15	6	
3	Keittiö	KSO	125	110	55	7	
	Kh	KSO	125	100	49	10	
	kh	KSO	160	80	41	12	
4	keittiö	KSO	100	80	36	-8	
	kh	KSO	160	70	36	-8	
	Vh	KSO	100	30	15	-8	
5	Keittiö	KSO	100	40	19	10	
	Kh	KSO	100	40	16	10	
	Vh	KSO	100	30	11	10	
6	Keittiö	KSO	125	110	54	8	
	Kh	KSO	125	100	50	8	
	Kh	KSO	160	100	49	-4	
7	Keittiö	KSO	160	100	44	-4	
	Kh	KSO	160	90	44	-4	
	Vh	KSO	100	30	15	-6	
	Vh	KSO	100	30	16	-8	
8	Keittiö	KSO	125	100	47	10	
	Kh	KSO	125	90	45	9	
	WC	KSO	100	50	26	0	
	VH	KSO	100	30	15	-9	
9	Keittiö	KSO	125	100	50	8	
	Kh	KSO	160	90	44	3	
	Vh	KSO	100	30	15	-6	
	Vh	KSO	100	30	14	-4	
10	Keittiö	KSO	160	100	50	0	
	Kh	KSO	125	90	44	4	
	WC	KSO	100	50	25	-3	
	Vh	KSO	100	30	16	-10	

2

**Topi Riivari Oy**

<b>Kohde:</b>	As Oy Sofiankatu 8	<b>Mittaaja:</b>	Pekka Toivanen
<b>Osoite:</b>	Sofiankatu 8	<b>Mittari:</b>	SWEMA 3000
	Turku	<b>Aika:</b>	12. ja 13.12.2016
		<b>Allekirjoitus:</b>	

<b>Tuuli:</b>	
<b>Lämpötila:</b>	
<b>Porras:</b>	A

Huoneisto	Tila	Tyyppi	Koko	Suunniteltu m <sup>3</sup> /t	Mitattu m <sup>3</sup> /t	Rako	Paine-ero
11	Keittiö	KSO	125	100	42	10	
	Kh	KSO	160	90	40	5	
	Vh	KSO	100	30	15	-3	
	Vh	URH	100	30	14	-1	
12	Keittiö	KSO	125	100	50	6	
	Kh	KSO	125	90	45	3	
	WC	KSO	100	50	25	-4	
	Vh	KSO	100	30	14	-11	
13	Keittiö	KSO	125	100	50	9	
	Kh	KSO	125	90	41	5	
	Vh	KSO	125	30	15	-13	
	Vh	KSO	100	30	15	3	
14	Keittiö	KSO	100	100	39	10	
	Kh	KSO	125	90	44	-3	
	WC	KSO	100	50	20	10	
	Vh	KSO	100	30	15	5	

3

**Topi Riivari Oy**

<b>Kohde:</b>	As Oy Sofiankatu 8	<b>Mittaja:</b>	Pekka Toivanen
<b>Osoite:</b>	Sofiankatu 8	<b>Mittari:</b>	SVEMA 3000
	Turku	<b>Aika:</b>	12. ja 13.12.2016
		<b>Allekirjoitus:</b>	

<b>Tuuli:</b>	
<b>Lämpötila:</b>	
<b>Porras:</b>	B

Huoneisto	Tila	Tyyppi	Koko	Suunniteltu m <sup>3</sup> /t	Mitattu m <sup>3</sup> /t	Rako	Paine-ero
18	Keittiö	KSO	100	80	40	2	
	Kh	KSO	125	70	36	-7	
16	Keittiö	KSO	125	50	24	7	
	Kh	KSO	100	40	20	4	
17	Keittiö	KSO	100	50	20	4	
	Kh	KSO	100	40	25	-4	
15	Keittiö	KSO	100	70	35	10	
	Kh	KSO	100	60	31	10	
	Vh	KSO	100	30	15	-12	
22	Keittiö	KSO	125	80	40	0	
	Kh	KSO	100	70	34	-8	
20	Keittiö	KSO	100	50	25	-1	
	Kh	KSO	100	40	20	-4	
21	Keittiö	KSO	100	50	25	-5	
	Kh	KSO	100	40	21	-8	
19	Keittiö	KSO	100	70	25	6	
	Kh	KSO	100	60	29	1	
	Vh	KSO	100	30	15	-13	
26	Keittiö	KSO	125	80	40	1	
	Kh	KSO	100	70	34	-8	
24	Keittiö	KSO	100	50	26	0	
	Kh	KSO	100	40	20	-3	
25	Keittiö	KSO	100	50	26	-6	
	Kh	KSO	100	40	19	-10	
23	Keittiö	KSO	100	70	32	10	
	Kh	KSO	100	60	32	10	
	Vh	KSO	100	30	16	-12	
30	Keittiö	KSO	100	80	40	8	
	Kh	KSO	125	70	34	-8	
28	Keittiö	KSO	100	50	26	7	
	Kh	KSO	100	40	20	-4	
29	Keittiö	KSO	100	50	25	-7	
	Kh	KSO	100	40	20	-9	
27	Keittiö	KSO	100	70	36	10	
	Kh	KSO	100	60	30	3	
	Vh	KSO	100	30	15	-13	

**Topi Riivari Oy**

4

<b>Kohde:</b>	As Oy Sofiankatu 8	<b>Mittaja:</b>	Pekka Toivanen
<b>Osoite:</b>	Sofiankatu 8	<b>Mittari:</b>	SWEMA 3000
	Turku	<b>Aika:</b>	12. ja 13.12.2016
		<b>Allekirjoitus:</b>	

<b>Tuuli:</b>	
<b>Lämpötila:</b>	
<b>Porras:</b>	B

Huoneisto	Tila	Tyyppi	Koko	Suunniteltu m <sup>3</sup> /t	Mitattu m <sup>3</sup> /t	Rako	Paine-ero
34	Keittiö	KSO	100	80	40	5	
	Kh	KSO	125	70	35	-7	
32	Keittiö	KSO	100	50	18	10	
	Kh	KSO	100	40	18	10	
33	Keittiö	KSO	100	50	25	-4	
	Kh	KSO	100	40	22	-6	
31	Keittiö	KSO	100	70	34	9	
	Kh	KSO	100	60	30	5	
	Vh	KSO	100	30	15	-13	
38	Keittiö	KSO	125	80	18-33	-8-3	
	Kh	KSO	125	70	35	-5	
36	Keittiö	KSO	100	50	25	9	
	Kh	KSO	100	40	21	3	
37	Keittiö	KSO	100	50	27	-6	
	Kh	KSO	100	40	20	-10	
35	Keittiö	KSO	100	70	35	8	
	Kh	KSO	100	60	30	3	
	Vh	KSO	100	30	17	-12	
Kellari	Irtain var	KSO	100	70	36	-4	
	UVV	KSO	100	40	21	-8	
	Komp h	KSO	100	40	20	-8	
	Pesutupa	KSO	160	80	40	-10	

## Topi Riivari Oy

5

Kohde:	As Oy Sofiankatu 8	Mittaaja:	Pekka Toivanen
Osoite:	Sofiankatu 8	Mittari:	SWEMA 3000
	Turku	Aika:	12. ja 13.12.2016
		Allekirjoitus:	

Tuuli:	
Lämpötila:	
Porras:	

Huoneisto	Tila	Tyyppi	Koko	Suunniteltu m <sup>3</sup> /t	Mitattu m <sup>3</sup> /t	Rako	Paine-ero
auna osas:	WC	KSO	100	40	40	-10	
	Pukuh 1	KSO	160	80	78	-10	
	Pesuh 1	KSO	160	80	81	-8	
	Pukuh 2	KSO	125	80	79	-6	
	Pesuh 2	URH	160	80	85	-4	
	Löylyh	KSO-S	100	80	79	4	
	Allash	KSO	200	600	605	11,11 3 kpl.	
	Allas WC	URH	125	50	47	10	
	Veden puhd	KSO	160	100	95	15	

## Topi Riivari Oy

Kohde:	As Oy Kaskenkatu 8	Mittaja:	Tero Lähteenmäki
Osoite:	Kaskenkatu 8	Mittari:	SWEMA 3000
	Turku	Aika:	21-22.12.2016
		Allekirjoitus:	

Tuuli:	5 m/s
Lämpötila:	0 c
Porras:	A

Huoneisto	Tila	Tyyppi	Koko	Suunniteltu	Mitattu	Rako	Paine-ero
1	keittiö	kso	100	15	8	-3	23
	kh	kso	100	15	7	3	11
2	keittiö	kso	100	12	7	-3	19
	kh	kso	100	12	7	-3	22
3	keittiö	kso	100	12	6	-3	15
	kh	kso	100	12	7	-3	20
4	keittiö	kso	125	20	11	-3	22
	kh	kso	100	15	8	0	18
5	keittiö	kso	100	15	7	0	16
	kh	kso	100	15	4	3	3
6	keittiö	kso	100	12	7	-3	22
	kh	kso	100	12	7	-5	26
7	keittiö	kso	100	12	6	-3	16
	kh	kso	100	12	7	-3	21
8	keittiö	kso	100	20	10	5	19
	kh	kso	100	15	8	0	17
9	keittiö	kso	100	15	8	-3	28
	kh	kso	100	15	7	0	15
10	keittiö	kso	100	12	7	-6	33
	kh	kso	100	12	7	-6	33
11	keittiö	kso	100	12	6	-5	18
	kh	kso	100	12	6	-5	20
12	keittiö	kso	100	20	10	5	21
	kh	kso	100	15	8	-2	20
13	keittiö	kso	100	15	8	-3	28
	kh	kso	100	15	7	0	13
14	keittiö	kso	100	12	7	-8	36
	kh	kso	100	12	7	-8	38
15	keittiö	kso	100	12	6	0	9
	kh	kso	100	12	6	-3	14
16	keittiö	kso	100	20	10	5	19
	kh	kso	100	15	8	0	17

2

*Topi Riivari Oy*

Kohde:	As Oy Kaskenkatu 8	Mittaja:	Tero Lähteenmäki
Osoite:	Kaskenkatu 8	Mittari:	SWEMA 3000
	Turku	Aika:	21-22.12.2016
		Allekirjoitus:	

Tuuli:	5 m/s
Lämpötila:	0 c
Porras:	A

Huoneisto	Tila	Tyyppi	Koko	Suunniteltu	Mitattu	Rako	Paine-ero
17	keittiö	kso	100	20	11	0	38
	kh	kso	100	15	8	-2	22
18	keittiö	kso	100	20	10	5	21
	kh	kso	100	15	8	-2	21
19	keittiö	kso	100	20	11	0	36
	kh	kso	100	15	8	-2	22
20	keittiö	kso	100	20	10	5	19
	kh	kso	100	15	8	0	18
21	keittiö	kso	100	20	11	0	38
	kh	kso	100	15	8	-2	22
22	keittiö	kso	100	20	20	5	21
	kh	kso	100	15	8	0	21
23	keittiö	kso	100	20	11	-1	38
	kh	kso	100	15	8	-1	22
24	keittiö	kso	100	20	10	7	15
	kh	kso	100	15	8	0	18
	vh	kso	100	6	5	-15\15	26
	porrask	kso	100	30	13	-5\1-5	8



**Topi Riivari Oy**

3

Kohde:	As Oy Kaskenkatu 8	Mittaja:	Tero Lähteenmäki
Osoite:	Kaskenkatu 8	Mittari:	SWEMA 3000
	Turku	Aika:	21-22.12.2016
		Alekirjoitus:	

Tuuli:	5 m/s
Lämpötila:	0 c
Porras:	B

Huoneisto	Tila	Tyyppi	Koko	Suunniteltu	Mitattu	Rako	Paine-ero
25	keittiö	kso	100	20	10	10	13
	kh	kso	100	15	7	3	11
26	keittiö			12			
	kh	kso	100	12	6	-3	14
27	keittiö	kso	100	12	7	-5	24
	kh	kso	100	12	7	-5	23
28	keittiö	kso	100	15	8	-5	35
	kh	kso	100	15	7	-3	18
29	keittiö	kso	100	20	8	10	9
	kh	kso	100	15	6	5	7
30	keittiö	kso	100	12	6	0	10
	kh	kso	100	12	6	0	10
31	keittiö	kso	100	12	6	-3	17
	kh	kso	100	12	6	-3	16
32	keittiö	kso	100	15	8	-3	28
	kh	kso	100	15	7	3	11
33	keittiö	kso	100	20	9	10	11
	kh	kso	100	15	7	5	9
34	keittiö	kso	100	12	6	-3	14
	kh	kso	100	12	6	-3	14
35	keittiö	kso	100	12	6	-5	22
	kh	kso	100	12	6	-5	20
36	keittiö	kso	100	15	8	-5	33
	kh	kso	100	15	8	0	19
37	keittiö	kso	100	20	7	10	6
	kh	kso	100	15	5	5	5
38	keittiö	kso	100	12	5	3	5
	kh	kso	100	12	5	3	5
39	keittiö	kso	100	12	6	-5	20
	kh	kso	100	12	6	-5	19
40	keittiö	kso	100	15	8	-3	28
	kh	kso	100	15	7	0	15

*Topi Riivari Oy*

4

Kohde:	As Oy Kaskenkatu 8	Mittaaja:	Tero Lähteenmäki
Osoite:	Kaskenkatu 3	Mittari:	SWEMA 3000
	Turku	Aika:	21-22.12.2016
		Allekirjoitus:	

Tuuli:	5 m/s
Lämpötila:	0 c
Porras:	

Huoneisto	Tila	Tyyppi	Koko	Suunniteltu	Mitattu	Rako	Paine-ero
41	keittiö	kso	100	20	8	10	8
	kh	kso	100	15	6	5	7
42	keittiö	kso	100	12	6	-5	21
	kh	kso	100	12	6	-5	18
43	keittiö	kso	100	15	8	-3	30
	kh	kso	100	15	8	0	18
44	keittiö	kso	100	20	8	10	8
	kh	kso	100	15	6	5	8
45	keittiö	kso	100	12	6	-5	21
	kh	kso	100	12	6	-5	18
46	keittiö	kso	100	15	8	-3	26
	kh	kso	100	15	8	0	18
47	keittiö	kso	100	20	8	10	8
	kh	kso	100	15	7	5	10
48	keittiö	kso	100	12	6	-5	23
	kh	kso	100	12	6	-5	21
49	keittiö	kso	100	15	8	-3	28
	kh	kso	100	15	8	0	18
50	keittiö	kso	100	20	8	10	8
	kh	kso	100	15	7	5	9
51	keittiö	kso	100	12	6	-5	22
	kh	kso	100	12	6	-5	20
52	keittiö	kso	100	15	8	-3	25
	kh	kso	100	15	8	-1	22
	porrask	kso	100	30	16	10/-10/-1	31

## Topi Riivari Oy

5

Kohde:	As Oy Kaskenkatu 8	Mittaaja:	Tero Lähteenmäki
Osoite:	Kaskenkatu 8	Mittari:	SWEMA 3000
	Turku	Aika:	21-22.12.2016
		Allekirjoitus:	

Tuuli:	5 m/s
Lämpötila:	0 c
Porras:	

Huoneisto	Tila	Tyyppi	Koko	Suunniteltu	Mitattu	Rako	Paine-ero
yleiset tilat:							
	sauna	kso	100	15	8	-8	43
	pesuhuone	kso	100	20	11	-3	50
	pesuhuone			20			
	pukuhuone	kso	100	15	7	-8	43
	pukuhuone	kso	100	15	8	-8	45
	varasto	kso	100	10	6	-10	41
	wc	kso	100	10	6	-10	41
	varasto	kso	100	40	20	0/0	28
	sähköp.k			15			
	ulkoiöuv.v	kso	100	20	11	0	38
	varasto	kso	100	40	22	0/0	38
	mankelih.	kso	100	15	8	3	14
	kuivaush	kso	100	50	24	5/5	11
	pesutupa	kso	100	40	21	5/5	9
	wc	kso	100	15	7	5	10