

Koneellisesti tuulettuvan ryömintä- tilan olosuhteet ja kehittäminen

Roni Vuori

Opinnäytetyö

Marraskuu 2016

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

Rakennesuunnittelu

Tekijä Vuori, Roni	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 1.11.2016
	Sivumäärä 49	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Koneellisesti tuulettuvan ryömintätilan olosuhteet ja kehittäminen		
Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaajat Jussi Korpinen, Jukka Konttinen		
Toimeksiantaja(t) Senaatti-Kiinteistöt, Itä-Suomen alue		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyössä selvitettiin viiden eri kiinteistön ryömintätilaisten alapohjien korjausten jälkeistä toimivuutta tarkastelemalla ryömintätilojen olosuhteita. Tutkimuksen kohteina olivat Kuopion Niuvanniemen sairaalan kaksi rakennusta, Mikkelissä sijaitseva Sairilan koulukoti, Joensuussa sijaitseva virastotalo sekä Tohmajärvellä sijaitseva Niiralan tulli. Kohteissa on todettu aikaisemmin sisäilmaongelmia, jotka ovat vaihtelevasti liittyneet ryömintätilojen toimimattomuuteen. Jokainen kohteista on erilainen, joten tehdyt korjaustoimenpiteet eroavat toisistaan myös. Ryömintätilan olosuhteita tarkasteltiin ryömintätilojen lämpötila- ja kosteusmittauksilla, ryömintätilan ja sen yläpuolisen huonetilan välisillä paine-eromittauksilla sekä ryömintätilan tiiveyden laskennalla.</p> <p>Tutkimuksissa selvisi, että ryömintätilojen suhteellinen kosteus sekä lämpötilat oli saatu hyväksi, eikä mikrobikasvustolle otollista kasvualustaa pysty syntymään. Suhteellinen kosteus pysyi tutkittavissa kiinteistöissä alle 70 % ja pakkasjakson aikana ryömintätilan lämpötila pysyi riittävän korkealla. Paine-eromittausten tulokset vaihtelivat kohteittain. Tavoitteena oli, että ryömintätilat olisivat alipaineisia huonetilaan nähden, mutta tämä toteutui ainoastaan Niuvanniemen L-rakennuksessa. Sairilan koulukodin sekä Joensuun virastotalon paine-erot vaihtelivat mittauksien aikana suuresti.</p> <p>Tutkimuskohteissa tulisi panostaa automaation toimivuuteen ja luotettavuuteen sekä varmistaa, että laitteiden hälytysrajat toimivat ja tieto niistä siirtyy keskuksiin, jotta ongelmat saataisiin ratkaistua. Tärkeintä kuitenkin on, että käyttötilojen sisäilma on rakennuksen käyttäjien kannalta terveellistä. Onkin tärkeää varmistaa ryömintätilan alapohjan tiiveys, ryömintätilan ja sisätilan välinen painesuhde, ryömintätilaan tulevan kosteusmäärän minimointi sekä sisä- ja ryömintätilan ilmanvaihto.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Ryömintätila, suhteellinen kosteus, lämpötila, ilmanvaihto, paine-ero, koneellinen tuuletus, koneellinen kuivatus, ryömintätilan tiiveys		
Muut tiedot		

Author(s) Vuori, Roni	Type of publication Bachelor's thesis	Date 1.11.2016 Language of publication: Finnish
	Number of pages 49	Permission for web publication: x
Title of publication Conditions and development of mechanically ventilated crawl space		
Degree programme Civil Engineering		
Supervisors Korpinen Jussi, Konttinen Jukka		
Assigned by Senaatti-Kiinteistöt		
Abstract <p>The goal of this thesis was to find post-functionality of crawling spaces after base floor repairs by inspecting five different premises. The premises included were two buildings of Kuopio Niuvanniemi hospital, Sairila home school located in Mikkeli, an office block located in Joensuu and Tohmajärvi Niirala customs. In these premises found indoor air problems were caused by problems in the functionality of crawl spaces detected. Due to the differences of these buildings the repairs were also distinct. To study the conditions of crawling spaces, different measurements were conducted. These measurements included temperature and humidity, the pressure differential between crawl space and the space above it as well calculations of condensation in the crawling space.</p> <p>It was discovered that the combination of relative humidity and temperature of these crawl spaces did not give microflora propitious substrate to grow. In these subject buildings the moisture level stayed at under 70 % and the temperature level was mainly higher than the outdoor temperature. The pressure differential measurements in these buildings varied significantly. The goal was to keep the crawling spaces in negative pressure comparing to room spaces, however, this came true only in Niuvanniemi building L. The pressure in Sairila home school and Joensuu office block varied a great deal between measurements.</p> <p>For the buildings under research, there should be investment in functionality and reliability of automation. To solve these problems it should be ensured that the sensors and the alarm systems work properly so that the information is forwarded to control centers. The most important matter is for the indoor air to be healthy for the users in the premises. All in all, it is important to ensure the condensation of the base floor in the crawl space, pressure differential, minimizing the humidity when entering the crawl space and its proper ventilation.</p>		
Keywords/tags (subjects) Crawl space, relative humidity, temperature, ventilation, pressure differential, mechanical ventilation, mechanical drying		
Miscellaneous		

Sisältö

Käsitteet	4
1 Johdanto	6
2 Tutkimusaineisto ja käytetyt menetelmät	7
3 Määräyksiä ja yleisiä suunnitteluohjeita	8
3.1 Suomen rakentamismääräyskokoelma	9
3.1.1 C2 (1998) Kosteus, määräykset ja ohjeet	9
3.2 Ryömintätilan tuuletus	10
3.3 Koneellinen tuuletus	11
3.4 Koneellinen kuivatus	12
3.5 Painesuhteet.....	13
3.6 Rakennuksen tiiveys	14
4 Tutkimuksen kohteet	16
4.1 Niuvanniemen sairaalaosastot 1-2.....	16
4.2 Niuvanniemen sairaalan L-rakennus	17
4.3 Kauppakatu 40, virastotalo	19
4.4 Sairila	22
4.5 Niiralan Tulli.....	23
5 Tutkimustulokset ja tuloksien tarkastelu	25
5.1 Niuvanniemen sairaala os. 1-2	26
5.1.1 Aistinvaraiset havainnot	26
5.1.2 Suhteellinen kosteus ja lämpötila.....	26
5.2 Niuvanniemen sairaala L-rakennus	28
5.2.1 Aistinvaraiset havainnot	29
5.2.2 Poistopuhaltimen säätö, paine-ero sekä ryömintätilan lämpötila.....	29
5.2.3 Ryömintätilan tiiveyden määrittäminen	32
5.3 Sairila	35
5.3.1 Aistinvaraiset havainnot	35

5.3.2	Suhteellinen kosteus ja lämpötila.....	36
5.3.3	Paine-ero.....	37
5.4	Virastotalo	38
5.4.1	Aistinvaraiset havainnot	38
5.4.2	Alapohjan sekä ulkoilman lämpötilat	39
5.4.3	Alapohjan paine-ero	40
5.5	Niiralan tulli	42
5.5.1	Aistinvaraiset havainnot	42
5.5.2	Ryömintätilan ja ulkoilman lämpötilat	42
6	Tutkimustulosten vertailu	43
7	Johtopäätökset ja pohdinta	44
	Lähteet.....	46
	Liitteet	48

Kuviot

Kuvio 1. Niuvanniemen sairaalaosaston 1-2 ryömintätilan suhteellisen kosteuden keskiarvot.	27
Kuvio 2. Niuvanniemen sairaalaosaston 1-2 lämpötilojen keskiarvot.	28
Kuvio 3. Niuvanniemen sairaala L-rakennuksen ryömintätilan poistopuhaltimen arvot.	30
Kuvio 4. Niuvanniemen sairaala L-rakennuksen ryömintätilan paine-eromittaukset.	31
Kuvio 5. Niuvanniemen sairaalan L-rakennuksen ryömintätilan lämpötilamittaukset.	31
Kuvio 6. Sairilan koulukodin lämpötilamittaukset.	36
Kuvio 7. Sairilan koulukodin ryömintätilan suhteellinen kosteus.	37
Kuvio 8. Sairilan koulukodin ryömintätilan paine-ero.	37
Kuvio 9. Virastotalon ryömintätilan lämpötilamittaukset.	39
Kuvio 10. Virastotalon ulkolämpötilan mittaus.	40
Kuvio 11. Virastotalon ryömintätilan paine-ero mittaukset.	41
Kuvio 12. Niiralan tullin ryömintätilan sekä ulkolämpötilan lämpötilamittaukset.	43

Taulukot

Taulukko 1. Suomen rakentamismääräyskokoelman D5:ssä esitettyjä tyypillisiä rakennusten ilmanvuotolukuja.	15
--	----

Käsitteet

CFU/m³

(Colony forming Unit, pesäkkeen muodostama yksikkö/kuutio ilmaa)

Homevaurio

Kosteusvaurion tai liiallisen ja pitkäaikaisen kosteuden seurauksena syntynyt tilanne, jossa rakenteessa tai sen pinnassa on yleensä laaja home-esiintymä, joka aiheuttaa mahdollisesti ympäristölle terveydellisiä tai muita haittoja.

Ilmanvuotoluku N50

Rakennuksen ilmanvuotoluku 50 Pa:n paine-erolla, kertaa tunnissa, 1/h.

Ilmanvuotoluku Q50

Rakennusvaipan keskimääräinen vuotilmavirta tunnissa 50 Pa paine-erolla kokonais-sisämittojen mukaan laskettuna rakennusvaipan pinta-alaa kohden.

Kastepiste

Lämpötila, jossa kosteuden tiivistyminen alkaa, eli RH on 100 %.

Kosteusvaurio

Liiallisesta tai pitkäaikaisesta kosteudesta aiheutuvaa materiaalin tai rakenteen kosteussietokyvyn ylittymistä ja ominaisuuksien muuttumista siten, että rakenne tai rakenteenos tulee korjata tai vaihtaa.

Ryömintätila

Rakennuksen alapohjan, sokkelin ja perusmaan rajoittama tarkoituksellisesti järjestetty ilmatila.

Suhteellinen kosteus RH

Ilman vesihöyrypitoisuuden (g/m^3) suhde kyllästyskosteuteen (g/m^3). Suhteellisen kosteuden saavuttaessa arvon 100 % alkaa kosteuden tiivistyminen.

Salaojajärjestelmä

Salaojaputkien, salaojituskerrosten, salojakaivojen, tarkastusputkien, ja kokoojakaivojen muodostama sekä padotusventtiilillä tai pumppauksella varustettu järjestelmä rakennuksen pohjan tai vastaavan kuivattamiseksi.

1 Johdanto

Perustukset ovat rakennuksen osa, joka altistuu jatkuvalla kosteudelle eniten. Katto ottaa vastaan sateen ja sulavan lumen vaikutuksen ensimmäisenä, mutta se pääsee kuivumaan kuivalla säällä, toisin kuin tilanne maan sisällä, jossa lämpötila on jatkuvasti alhainen ja kosteuspitoisuus korkea. (Hemgren, 2007.)

Kiinteistön ryömintätilaisella eli tuulettuvalla alapohjalla tarkoitetaan alapohjarakennetta, joka rajoittuu rakennuksen alapohjaan, sokkeliin sekä perusmaahan järjestettyyn tarkoitukselliseen ulkoilmalla tuulettuvaan ilmatilaan. Ryömintätilainen perustus on toimiva ratkaisu oikein tehtynä ja varsin yleinen etenkin kylmän ilmaston maissa, joihin Suomi lukeutuu. Ryömintätilaisen perustuksen etuna on, että se sopii kaikille maapohjille niin kiinteisiin, tuettuihin kuin kelluviin perustuksiin. Ryömintätilaisella perustuksella voidaan käsitellä suurempia korkeuseroja ja rakennus pystytään mukauttamaan maaperän muotoon. Ryömintätilaisen perustuksen vähimmäiskorkeuden arvoksi on annettu 0,8 metriä, mutta huoltotöiden takia tulisi ryömintätilan olla vähintään 1,2 metriä. Ryömintätilan toimivuuteen vaikuttavat lähinnä lämpö- ja kosteustekninen toiminta, mutta myös painesuhteet ryömintätilan ja huonetilan välillä on huomioitava, jottei epäpuhtauksia pääse alapohjan mahdollisista epätiiviyistä kohdista huonetiloihin. Ryömintätilassa oleva riittävän suuri suhteellinen kosteus (RH >75 %) ja sopiva lämpötila mahdollistavat mikrobikasvuston, mikä voi vaikuttaa rakenteiden pitkäaikaiskestävyyteen sekä kiinteistössä olevaan sisäilmaan. Mikrobikasvuston olemassaolo mahdollistuu laajalla lämpötila-alueella, joten suhteellinen kosteus on aina määräävä tekijä.

Ilman suhteellinen kosteus vaihtelee ryömintätilassa eri vuodenaikoina ulkoilmassa vallitsevien lämpö- ja kosteusolosuhteiden vaikutuksesta. Ryömintätilan olosuhteet muodostuvat seuraavista tekijöistä: huonetiloja vasten olevan alapohjan lämmöneristävyys, ryömintätilan tuulettuvuus, kosteustuotto ulkoa, maapohjan kosteustuotto ja maan pintaosan sekä rakenteiden lämpötilanmuutosten nopeus (terminen

diffusiviteetti) ulkoilman lämpötilan muuttuessa. Ryömintätilojen olosuhteiden monen riippuvuuden vuoksi, on ryömintätilan kosteustekninen toimivuus arvioitava tapauskohtaisesti tutkimuksiin perustuen (Ympäristöopas 28, 2015).

Ryömintätilan ilman kulkeutumista tulee välttää rakenteiden hyvällä tiiveydellä ja oikeasuuntaisella paine-erolla ryömintätilan ja sisäilman välillä, jottei haju- ja terveysongelmia synny, sillä ryömintätilassa on selvästi suurempi pitoisuus mikrobeja kuin sisäilmassa. Sisäilmassa mikrobipitoisuudet ovat joitakin kymmeniä CFU/m³ yksikköä, kun taas ryömintätilassa mikrobipitoisuus voi olla luokkaa 2000 –10 000 CFU/m³ (Colony forming Unit, pesäkkeen muodostama yksikkö/kuutio ilmaa). Edellä mainitut lukemat ovat vallitsevia mikrobipitoisuuksien määriä ryömintätiloissa, eivätkä ne välttämättä ole merkki homevarurioista, mutta teknisin keinoin tulee kuitenkin ryömintätilan mikrobipitoisuuksia saada alennettua. Rakennuksen painesuhteilla pystytään vaikuttamaan merkittävästi ilmavirtauksiin, jotka kuljettavat kyseisiä epäpuhtauksia ryömintätiloista huonetiloihin (RIL 250-2011, 2011).

2 Tutkimusaineisto ja käytetyt menetelmät

Tutkimuksessa on käytetty hyväksi rakennusalan kirjallisuutta, verkkojulkaisuja sekä asiantuntijoiden lausuntoja. Senaatti-kiinteistöt tarjoavat opinnäytetyöhön mittausdataa tutkittavien kiinteistöjen ryömintätiloista, joihin luetaan mittaukset ryömintätilan suhteellisesta kosteudesta, paine-erosta sekä lämpötilasta.

Tutkittavista kohteista on vaihteleva määrä tietoa ryömintätilan olosuhteista ja mittausten aikaväli vaihtelee tutkittavissa kohteissa merkittävästi. Mittaustuloksia ennen saneerauksia ei ole olemassa, joten ei ole mahdollista vertailla tuloksia ennen ja jälkeen saneerauksien. Opinnäytetyö keskittyy siis saneerauksien jälkeisiin ryömintätilan olosuhteisiin.

Työssä selvitetään viiden eri Senaatti-kiinteistöjen saneeraaman kohteen koneellisesti tuuletettujen alapohjatiilojen olosuhteet ja niiden mahdolliset kehittämisehdotukset. Työn tilaajana on Senaatti-kiinteistöjen Itä-Suomen alue. Opinnäytetyö keskittyy ryömintätilaisen alapohjan toimivuuteen ja olosuhteisiin, kun ryömintätilaan on lisätty saneerauksien yhteydessä koneellinen tuuletus tai kuivatus.

Tavoitteena oli selvittää ilmanvaihdon ja ryömintätilan tiiveyden merkitystä alipaineisuuden ylläpitämiseksi koneellisesti tuuletettavissa alapohjatiloissa ja kuivaimen kykyä pitää olosuhteet hyvinä alapohjatilassa eri vuodenaikoina. Senaattikiinteistöt toimittivat opinnäytetyöhön mittausdataa kohteista, joita opinnäytetyössä analysoidaan ja analyysien perusteella annetaan lausunnot saneerauksien onnistumisesta kiinteistöissä.

Viidestä analysoitavista kiinteistöistä kaksi sijaitsevat Kuopiossa, kolmas Joensuussa, neljäs Tohmajärvellä ja viides Mikkelissä. Erot kiinteistöjen välillä syntyvät erilaisista ryömintätilan rakenteista, saneerauksessa käytetyistä menetelmistä sekä ympäristön olosuhteista. Niuvanniemen sairaalan osasto 1–2 ja L-rakennus ovat Kuopion tutkittavat kiinteistöt. Sairaalaosasto 1–2 on koneellisesti kuivattu ryömintätilainen alapohja sekä koneellinen poistoilman vaihtotuuletus ja L-rakennuksessa on ryömintätilassa koneellinen tuuletus. Joensuun kiinteistö on keskustan alueella sijaitseva virastotalo osoitteessa Kauppakatu 40, jonka alapohjatila on puhdistettu ja poistopuhaltimet lisätty. Mikkelissä sijaitseva kiinteistö on Sairilan koulukoti, johon on asennettu saneerauksien yhteydessä koneellinen tuuletus. Viimeinen tutkittava kiinteistö on Niiralan tulli, joka sijaitsee Tohmajärvellä Suomen ja Venäjän rajalla. Niiralan tullin käsittely opinnäytetyössä jäi vähäiseksi mittausdatan puutteen vuoksi.

3 Määräyksiä ja yleisiä suunnitteluohjeita

Ryömintätilainen perustus on yksi käytetyimmistä perustamistavoista Suomessa. Vuosien varrella lukuisia ryömintätilan korjauksia on jouduttu tekemään home- ja kosteusvaurioiden takia, jotka esiintyvät sisäilma- sekä hajuhaittoina huonetiloissa. Ratkaistaessa kosteusongelmia, ei saada toivottua lopputulosta ainoastaan muuttamalla tuuletusta, vaan myös rakenneratkaisut on otettava huomioon, jottei vettä pääse ryömintätilaan missään olomuodossa yli asetettujen arvojen (Kurnitski, 1999). Ryömintätilan olosuhteisiin vaikuttavat oleellisesti maaperän kosteustuotto, ryömintätilan lämpöolosuhteet sekä ilmanvaihto. Ryömintätilan ollessa merkittävästi kylmempi kuin ulkoilma, on ryömintätilan kosteus aina korkea vaikka maaperän kosteustuotto olisi rajoitettu ja ryömintätilassa olisi toimiva ilmanvaihto. Tämän takia

ryömintätilan lämpö- ja kosteusolosuhteita tulisi tarkastella kokonaisuutena (Kurnitski, Hyttinen, Pasanen, Asikainen & Matilainen 1999, 9). Ryömintätilan kosteusongelmia voidaan estää lämmöneristämällä ryömintätilan maaperä hyvin esimerkiksi 300 mm kevytsoraa ja pitämällä perusilmanvaihdon 0,5 1/h. Ryömintätilan pohjan lämmöneristäminen on tehokkaampi tapa kontrolloida ryömintätilan kosteutta kuin tuuletus (Airaksinen, 2011). Ryömintätilan käyttäytymistä seurataan säännöllisesti rakentamisen jälkeen kolmen vuoden ajan eri vuodenaikoina ja sen jälkeen vähintään kolmen vuoden välein (RIL 107–2012, 60).

3.1 Suomen rakentamismääräyskokoelma

Rakentamista koskevat säännökset ja ohjeet on koottu Suomen rakentamismääräyskokoelmaan. Asetuksena annetut ja Suomen rakentamismääräyskokoelmaan kootut rakentamista koskevat säännökset ovat velvoittavia. Ministeriön antamat ohjeet eivät ole velvoittavia, vaan muitakin kuin niissä esitettyjä ratkaisuja voidaan käyttää, jos ne täyttävät rakentamiselle asetetut vaatimukset.

Rakentamismääräyskokoelman määräykset koskevat uuden rakennuksen rakentamista. Rakennuksen korjaus- ja muutostöissä määräyksiä sovelletaan, jollei määräyksissä nimenomaisesti määrätä toisin, vain siltä osin kuin toimenpiteen laatu ja laajuus sekä rakennuksen tai sen osan mahdollisesti muutettava käyttötapa edellyttävät (Ympäristöministeriö).

3.1.1 C2 (1998) Kosteus, määräykset ja ohjeet

Suomen rakentamismääräyskokoelmassa C2 annetaan määräyksiä sekä ohjeita ryömintätilan toimivuuden kannalta kohdassa 3.2 Ryömintätilainen alapohja.

- *Alapohjan alapuolinen ryömintätila on suunniteltava ja rakennettava siten, ettei ryömintätilaan keräänny vettä ja että ryömintätila tuulettuu riittävästi, eikä ilmatilan kosteudesta ole haittaa rakenteiden toiminnalle ja kestävyydelle (**Määräys 3.2.1**).*
- *Sade- ja valumavesien pääsy rakennuksen ulkopuolelta ryömintätilaan ja jääminen sinne estetään sadevesien poistojärjestelmällä, maanpinnan muotoilulla ja tarvittaessa rakennuspohjan salaojituksella (**Ohjeistus 3.2.1.1**).*
- *Kosteuden kapillaarinen nousu maaperästä ja haihtuminen ryömintätilaan estetään esim. kapillaarisen nousun katkaisevalla*

- salaojituserroksella tai kosteudeneristyksellä. Kosteudeneristystä käytettäessä ryömintätilan pohja muotoillaan salaojiin tai alempana olevaan ympäröivään maanpintaan päin viettäväksi niin, ettei kosteudeneristyksen päälle voi muodostua lammikoita tai kosteudeneristys tehdään vettä läpäiseväksi (**Ohjeistus 3.2.1.2**).
- Kesäaikaista ryömintätilan korkeaa suhteellista kosteutta voidaan alentaa maapohjan lämmöneristyksellä (**Ohjeistus 3.2.1.3**).
 - Ryömintätila tuuletetaan yleensä sokkelin tuuletusaukkojen tai -putkien kautta ulkoilmaan. Ryömintätila voidaan tuulettaa myös koneellisesti tai painovoimaisesti esimerkiksi katolle vietävien tuuletusputkien kautta. Ryömintätilaan ei saa muodostua umpinaisia, väliseiniä tai palkkien erottamia tuulettumattomia tiloja (**Ohjeistus 3.2.1.4**).
 - Ryömintätilan tuuletusaukkojen yhteispinta-alan tulee olla ainakin 4 promillea ryömintätilan pinta-alasta. Tuuletusaukon pinta-alalla tarkoitetaan suojaavan ritilän tai säleikön vapaata pinta-alaa. Tuuletusaukot jaetaan tasaisesti ulkoseinälinjalle siten, että koko ryömintätila tuulettuu. Aukkojen alareunan on oltava vähintään 150 mm maanpinnan yläpuolella, mutta mahdollisuuksien mukaan tätä korkeammalla. Aukkojen vähimmäiskoon on oltava 150 cm² sekä enimmäisvälin 6 m. Ryömintätalassa oleviin väliseiniin ja tilaa osastoiviin palkkeihin tehdään vastaavat, mutta vähintään kaksi kertaa niin suuret tuuletusaukot kuin samalla virtausreitillä olevat ulkoilmaan avautuvat aukot (**Ohjeistus 3.2.1.5**).
 - Ryömintätilaan on järjestettävä tarkastusmahdollisuus ja pääsy kaikkialle tilaan (**Määräys 3.2.2**).
 - Ryömintätilan korkeuden tulisi olla vähintään 0,8 m (**Ohjeistus 3.2.2.1**).
 - Ryömintätalassa ei saa olla rakennusjätettä eikä lahoavaa orgaanista ainesta (**Määräys 3.2.3**).

3.2 Ryömintätilan tuuletus

Ryömintätilan toiminnan kannalta eräs tärkeimmistä seikoista on sen tuuletus. Tuuletuksen tulisi toimia ympäri vuoden, eikä pussimaisia tuulettumattomia kohtia saisi jäädä ryömintätilaan. Tuuletuksen oikea mitoitus on oleellisen tärkeää, sillä liika tuuletus vie kosteutta pois, mutta myös jäädyttää ryömintätilaa, joka voi johtaa kosteuden tiivistymiseen. Kesäisin ei käytännössä ole ylärajaa optimaaliselle ryömintätilan tuuletukselle, mutta talvisin liian suuri ryömintätilan tuuletus jäädyttää ryömintätilaa. Liian suuri alipaine ryömintätalassa saattaa aiheuttaa kosteuden virtaamisen maaperästä ryömintätilaan, jolloin korvausilma tulee hallitsemattomasti maaperästä (Kurnitski, 1999). Sopivasta tuuletuksen määrästä tai tuuletusaukkojen mitoituksesta ei ole insinööripiireissä täyttä yksimielisyyttä korostaa Ojala (2013, 166). Yleisemmin

tavoitteena pidetäänkin ilman vaihtumista kerran tunnissa tai kahdessa. Tuuletusaukkojen yhteispinta-alaksi suositellaan tuulelle alttiissa sijainnissa 0.5 ‰ ja tavanomaisella rakennuspaikalla 1.0 ‰ alapohjan pinta-alasta. Yhden tuuletusaukon tehollinen vähimmäiskoko on 150 cm², ja aukot saisivat olla enintään kuuden metrin päässä toisistaan. Suunnittelija voi kuitenkin poiketa ohjeellisesta tuuletusaukkomäärästä, jos maapohjasta tuleva kosteustuotto on estetty tehokkaasti (RIL 107–2012, 58).

Ryömintätilassa tuuletus tulisi järjestää siten, etteivät vallitsevan suunnan tuulet aiheuta ylipaineisuutta ryömintätilaan ja mikrobien pääsy sisäilmaan tulisi estää tiiviillä alapohjalla. Betonisen alapohjan ilmanpitävyys saadaan usein hyväksi, mutta puissa alapohjassa saattaa tulla eteen ongelmia, eikä sen tekeminen korjaamalla ilmatiiviiksi ole välttämättä edes mahdollista. Ryömintätilaa voidaan tuulettaa ja tarvittaessa alipaineistaa puhaltimella (RIL 250–2011, 150).

”Ryömintätilan tuuletuksella ei pääsääntöisesti voida korjata rakenneteknisiä virheitä esim. salaojituserroksen puuttumista ja sadeveden poiston puutteita, vaan tuuletuksen tehtävänä on kuljettaa ryömintätilan epäpuhtauksia ja kosteutta pois” (RIL 107–2012, 57).

3.3 Koneellinen tuuletus

Koneellisesti tuuletetun ryömintätilan toimivuus pystytään varmistamaan oikein tehdyillä rakenneratkaisuilla saneerauksien jälkeen. Sisäilmayhdistys Ry esittää seuraavia toimenpiteitä, jotta ryömintätila olisi toimiva tuuletuksen osalta.

Ryömintätilassa tuuletuksen on toimittava esteettömästi eikä umpinaisia väliseinien tai palkkien erottamia tuulettomia tiloja saisi syntyä. Sopiva ilmanvaihto ryömintätilassa lämmityskaudella on 0,5 m³/h m², jota voidaan käyttää betonirakenteisissa ryömintätiloissa myös ympärivuotisesti. Hyvin lämmöneristetyissä puualapohjissa ilmanvaihdon tulisi kesäaikaan olla 3-5 m³/h m², jotta ryömintätilan lämpötila saataisiin nostettua. Koneellinen ilmanvaihto voidaan varustaa ryömintätilaan asennettavalla termostaatilla, joka pystyy säätämään ryömintätilan ilmanvaihtoa lämpötilan mukaan. Poistokanavat viedään

pääsääntöisesti vesikatolle omana kanavana, mutta voidaan toteuttaa myös suoraan ulos raitisilmaputkella. Tällöin täytyy varmistaa, ettei likainen ilma joudu muiden korvausilmareittien vaikutusalueelle eikä poistoilman hajusta ole muuta haittaa käyttäjille. Poistokanavan puhaltimella tulee olla oma hälytys vikatapausten varalta. Pitämällä ryömintätilan alipaineisena ei huonetiloihin pääse epäpuhtauksia alapohjan epätiivelyskohdista. Ryömintätilassa tulisi olla asianmukaiset kulkureitit, hyvä valaistus sekä pistorasia. Ryömintätilan laitteet pyritään sijoittamaan tilan ulkopuolelle tai lähelle huoltoluukkuja.

Koneellisen tuuletuksen riskinä on laitteiden toiminnan varmistaminen sekä toimenpiteet laitteiden rikkoutuessa, jolloin ryömintätilan olosuhteet voivat muuttua radikaalisti.

3.4 Koneellinen kuivatus

Ryömintätilan kuivauksella tai lämmityksellä voidaan parantaa ryömintätilan lämpö- ja kosteusolosuhteita. Tiiviissä ryömintätilassa saadaan paras lopputulos kuivatuksen toiminnan kannalta (Kröger, 2007). Ilmankuivaaja asennetaan usein tekniseen tilaan tai kylmävarastoon, mutta se voidaan sijoittaa myös suoraan ryömintätilaan. Suositeltua on, että kuivauskone olisi teknisessä tilassa tai kylmävarastossa, jolloin sen huolto olisi helpompaa, kuten suodattimien vaihto tai muiden koneen toimintojen seuranta. Ilmankuivaimen suodattimen vaihto on tärkeää, sillä tukkeutunut suodatin ei kuivaa ilmaa riittävässä määrin ja lopulta ei välttämättä laisinkaan (Rytkönen). Varmistuksena voidaan käyttää hälytysjärjestelmää, joka ilmoittaa, jos kosteudenpoistolaite ei toimi tai kosteusolosuhteet ylittävät asetetut maksimiarvot (RIL 107–2012, 60). Koneellinen kuivatus takaa ryömintätilaan lämpimät olosuhteet myös talvisin, jolloin vältytään kylmiltä rakenteilta sekä putkien jäätymiseltä alapohjassa. Kuivauskoneiden valmistajan suosittelevat kanavointia eri lohkojen välille (Rytkönen).

Ilmankuivaaja imee ryömintätilasta kosteaa ilmaa ja kuljettaa sen kuivaajan läpi. Ilmassa oleva kosteus sitoutuu roottoriin ja kuivailma johdetaan kanavan kautta takaisin ryömintätilaan. Ilmankuivaajalle otetaan ulkoa pieni määrä niin sanottua elvytysilmaa, johon ryömintätilasta roottoriin sitoutunut kostea ilma siirretään, jonka jälkeen

kosteaa ilmassa puhalletaan ulos. Ryömintätilan kuivaus ei sinänsä tapa jo syntyneitä kasvustoa, vaan kasvusto jää lepotilaan eikä enää tuota hajoamistuotteita (Rytönen).

Ryömintätilan koneellisesta kuivatuksesta on olemassa niin puolestapuhujia kuin epäilijöitäkin, jotka eivät pidä koneellista kuivausta hyvänä vaihtoehtona. Ojalan mielestä erityisten kuivauslaitteiden rakentaminen ryömintätilaa varten on mahdollista, mutta koneellinen kuivaus vaatii koneiden toimintakunnon ja toteutuneiden kosteusolojen jatkuvaa varmistamista (Ojala, 2013). Mitoituksessa on tärkeää varmistaa koneen kapasiteetin riittävyys, varmistaa ettei lohkojen välillä ole suuria eroja kosteusolosuhteissa ja estää mahdollisesta jäätymisestä aiheutuvat ongelmat. Kuivaimen toiminta tulee varmistaa säännöllisellä tarkastustoiminnalla ja huollolla vähintään kaksi kertaa vuodessa tai kosteusolosuhteita on mitattava ja tulokset on tarkistettava vähintään kaksi kertaa vuodessa (RIL-107–2012, 60). Ruotsissa kuivauskoneita käytetään nykyään ryömintätiloissa paljon ja Suomessakin ne alkavat yleistyä uusissa sekä saneeratuissa kohteissa (Airaksinen, 2011).

3.5 Painesuhteet

Rakennuksen painesuhteisiin vaikuttaa kolme tekijää ja ne määräytyvät tuulen, savu-
piippuvaikutuksen (ilman lämpötilaerot) ja ilmanvaihdon yhteisvaikutuksesta. Painesuhteet vaihtelevat ja niiden arvot voivat muuttua hyvinkin nopeasti. Paine-ero huonetilojen tai rakennuksen kerrosten välillä aiheuttaa ilman virtauksen korkeammasta paineesta matalamman paineen suuntaan. Selvittämällä rakennuksen painesuhteita voidaan arvioida rakennuksessa tapahtuvien ilmavirtauksien suuruutta ja suuntaa. Ilmavirtauksien mukana siirtyy lämpöä, kosteutta sekä epäpuhtauksia, jotka vaikuttavat sisäilman laatuun (Ympäristöopas 28 2015, 25–26).

Rakennuksessa olevaan ryömintätilaan tehtävät korjaukset saattavat vaikuttaa ryömintätilan painesuhteisiin. Lisättäessä tuuletusaukkoja ryömintätilaan, muuttuu ryömintätila todennäköisesti alipaineiseksi huonetiloihin nähden, koska tuuli pääsee puhaltamaan ryömintätilaan. Toinen merkittävä tekijä, joka tulee ottaa huomioon kor-

jatessa ryömintätilaa, on ilmatiiveys. Parannettaessa ilmatiiveyttä tulee hallitun korvausilman saannin riittävyys varmistaa sekä säätää tulo- ja poistoilmamäärien suhde vastaamaan painesuhteita (Mts. 27).

3.6 Rakennuksen tiiveys

Rakennus tulee suunnitella mahdollisimman ilmatiiviiksi, jotta ilmavuodot saadaan minimoitua ja kosteuden kulkeutuminen rakenteisiin saadaan estettyä. Tuloilman tullessa rakenteiden läpi hallitsemattomasti, saattaa ilmavirtausten mukana kulkeutua rakenteissa mahdollisesti olevia epäpuhtauksia tai hometta sisäilmaan. Tutkittaessa ilmavuotoja, on aina varmistettava korvausilman hallittu tulo. Sisätilojen voimakas alipaineisuus vaikuttaa ilman kulkeutumiseen rakenteiden läpi, jos rakenteet eivät ole riittävän tiiviitä. Tiiveyteen täytyy kiinnittää huomiota varsinkin läpivientien kohdalla, jotka usein ovat heikoin kohta rakennuksen tiiveyden kannalta (RIL 250–2011, 74). Hiukkaset ja mikrobit ovat erittäin pieniä, joten ne kulkeutuvat jo pienistäkin liitoksien huonosti tiivistetyistä kohdista huoneilmaan (Airaksinen, 2011). Rakennusvai-pan alhainen ilmanvuotoluku ei takaa rakennuksen täydellistä toimintaa ilmatiiveyden osalta, koska vaipassa voi silti esiintyä paikallisesti merkittäviä ilmanvuotokohtia. Tämän vuoksi kaikkien liitosten ja reikien huolellinen tiivistäminen on tärkeää (D3 Suomen Rakentamismääräyskokoelma, 2012).

Epätodennäköistä on, että pelkällä tiivistämisellä saataisiin täysin läpäisemätön rakenne, joten rakennuksen painesuhteet ovat tärkeä tekijä epäpuhtauksien kulkeutumisessa. Tämä on otettava huomioon suunnittelussa, etteivät huonetilat ole liian alipaineisia ryömintätilaan nähden, jolloin estetään epäpuhtauksien kulku huonetilaan (Airaksinen, 2011).

Suomen Rakentamismääräyskokoelman D5 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystarpeen laskenta 2012 esitetään tyyppilliset rakennuksen ilmanvuotoluvut. Rakentamismääräyskokoelmassa annetaan siis ohjeita millä tasolla tiiveyden tulisi olla (Taulukko 1).

Taulukko 1. Suomen rakentamismääräyskokoelman D5:ssä esitettyjä tyypillisiä rakennusten ilmanvuotolukuja.

Taulukko 3.5. Tyypillisiä rakennuksen ilmanvuotolukuja (n_{50}) ja rakennusvaipan ilmanvuotolukuja (q_{50}) erilaisille rakennuksille riippuen rakentamis- ja toteutustavasta.

Tavoiteilmanpitävyys	Yksityiskohdat	Tyypilliset n_{50} -luvut, 1/h	Tyypilliset q_{50} -luvut, $m^3/(h m^2)$
Hyvä ilmanpitävyys	Saumojen ja liitosten ilmanpitävyyteen on kiinnitetty erityistä huomiota sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa (erillistarkastus)	Pientalo 1,0 – 3,0	Pientalot 1,0 – 3,0
		Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 0,5 – 1,5	Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 1,0 – 4,0
Keskimääräinen ilmanpitävyys	Ilmanpitävyys on huomioitu tavanomaisesti sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 3,0 – 5,0	Pientalot 3,0 – 5,0
		Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 1,5 – 3,0	Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 4,0 – 8,0
Heikko ilmanpitävyys	Ilmanpitävyyteen ei ole juurikaan kiinnitetty huomiota suunnittelussa eikä rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 5,0 – 10,0	Pientalot 5,0 – 10
		Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 3,0 – 7,0	Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 8,0 – 20,0

Rakennusvaipan ilmanvuotoluku q_{50} saa olla enintään $4 (m^3 / (h m^2))$. Ilmanvuotoluku voi ylittää arvon $4 (m^3 / (h m^2))$, jos rakennuksen käytön vaatimat rakenteelliset ratkaisut huonontavat merkittävästi ilmanpitävyyttä (D3 Suomen Rakentamismääräyskokoelma, 2012).

4 Tutkimuksen kohteet

Tutkimuksen kohteet sijaitsevat Kuopiossa, Joensuussa, Mikkelissä sekä Tohmajärvellä.

1. **Niuvanniemen sairaalaosasto 1-2 (Kuopio)**
2. **Niuvanniemen sairaalan L-rakennus (Kuopio)**
3. **Kauppakatu 40 (Joensuu)**
4. **Sairila (Mikkeli)**
5. **Niiralan tulli (Tohmajärvi)**

4.1 Niuvanniemen sairaalaosastot 1-2

Kohteen kuvaus

Niuvanniemen sairaala on Kuopion Niuvan kaupunginosassa sijaitseva psykiatrinen sairaala. Se on toinen valtion oikeuspsykiatrisista sairaaloista, jonka potilaista enemmistö on tahdosta riippumattomaan hoitoon määrättyjä oikeuspsykiatrisia potilaita. Sairaalaosastot 1-2 eli rakennus 4 (kuva 1) on yksi Niuvanniemen alueen vanhimpia rakennuksia, joka on valmistunut ja aloittanut toimintansa jo 1800-luvun lopussa. Nykyään rakennus toimii suljettuna miesten osastona (os. 1) ja kuntoutusosastona (os. 2).



Kuva 1. Niuvanniemen sairaala osastot 1-2.

Ryömintätilan saneeraus

Rakennuksen alapohjat olivat alun perin puurakenteisia, joita on peruskorjattu ajan kuluessa ja osa muutettu korjauksien yhteydessä betonirakenteisiksi. Alapohja ja ryömintätilan maaperä sisälsivät haitta-aineita kuten asbestia ja kreosoottia, jotka aiheutuivat puretuista putkieristeistä. Asbestia ei saatu kokonaan pois massanvaiholla, joten ryömintätilan pohja betonoitiin. Ryömintätilan saneerauksien yhteydessä alapohjat uusittiin ja eristepaksuutta lisättiin. Ryömintätilaan lisättiin kuivatuskone (kuva 2) ja erillinen poistopuhallin. Kivisokkelissa oleviin tuuletusaukkoihin asennettiin ilmavirran säätömahdollisuus, jolla ulkoilmanmäärää ja jakaantumista voidaan säätää.



Kuva 2. Kuivatuskone on sijoitettu ryömintätilaan. Ryömintätilassa on hyvin tilaa liikua sekä hyvä valaistus, joten koneen huoltotoimet eivät ole ongelmallisia.

4.2 Niuvanniemen sairaalan L-rakennus

Kohteen kuvaus

Niuvanniemen L-rakennus on alun perin rakennettu sairaalan lääkärin asuntolaksi, josta alkukirjain L juonta juurensa. L-rakennus on 80-luvulla rakennettu rivitalo, joka on nykyään potilaskäytössä (kuva 3).



Kuva 3. L-rakennuksen ryömintätilaan kuljetaan huoltoluukusta rakennuksen etupuolelta.

Ryömintätilan saneeraus

Ryömintätilan korkeutta oli lisätty jo aiemman korjauksen yhteydessä poistamalla maata ryömintätilasta. Samassa yhteydessä kaikki orgaaninen jäte sekä puutavara poistettiin ryömintätilasta ja pohja päällystettiin sepelikerroksella tasaiseksi. Viimeisimmän tilahankkeen yhteydessä ryömintätila osastoitettiin neljään osastoon, joihin sijoitettiin rakennuksen tiloja palvelevat ilmanvaihtokoneet, joiden ilmavirta säätyy kunkin osan lämpötilan ja kosteuden mukaan. Jokaiseen osastoon asennettiin poistopuhallin, joilla hallitaan alapohjan kosteusolosuhteita ja tilan alipaineisuutta ensimmäiseen kerroksen tiloihin nähden. Ryömintätilassa on hyvä valaistus ja korkeus, joten huoltotoimenpiteet on tehty helpoiksi (kuva 4).

Välipohjarakenne on betoni – Toja-levy – betoni. Organisella Toja-levyllä ilmavirran läpäisykyky on hyvä, joten on mahdollista, että epäpuhtaudet pääsevät huonetilaan ilman asianmukaista ryömintätilan alipaineisuutta.



Kuva 4. Kuvan perällä näkyy luukku, joka vie toiseen osastoon. Maanpinta on sepeiliä ja tasainen. Putket on eristetty.

4.3 Kauppakatu 40, virastotalo

Kohteen kuvaus

Joensuussa kauppakadulla sijaitseva valkotiilinen virastorakennus (kuva 5) on valmistunut vuonna 1990. Viime vuosina on virastotaloon tehty taloteknisten järjestelmien nykyaikaistamisia sekä käyttäjien toimintaa tukevia tilamuutoksia.



Kuva 5. Joensuun virastotalo.

Ryömintätilan saneeraus

Ryömintätilaan on saneerauksien yhteydessä lisätty koneellinen tuuletus, koska tila ei tuulettunut riittävästi. Tämän lisäksi maaperästä poistettiin orgaaninen aines. Ryömintätilassa on kuitenkin edelleen mahdollisuus tuulettumattomiin kohtiin, sillä ryömintätilan maanpinta on hyvin epätasainen ja korkeuserot vaihtelevat huomattavasti (kuva 6). Ryömintätilan pohjan pinta on paikoittain lähes kiinni alapohjassa, joka voi heikentää ryömintätilassa vallitsevaa tuuletusta. Ryömintätilaan pääsee autotallissa olevasta huoltoluukusta (kuva 7).



Kuva 6. Maanpinta nousee lähes alapohjan korkeuteen ja laskee toisella puolella alemmaksi. Ryömintätilassa pölysi voimakkaasti, joten salama valotti kuvaan pölyä, joka johti kuvan epätarkkuuteen.



Kuva 7. Ryömintätilassa on valaistus ja katkaisin sijaitsevat heti huoltoluukun vieressä.

4.4 Sairila

Kohteen kuvaus

Sairilan koulukoti sijaitsee Mikkelissä. Rakennus on perustettu rinteelle kallion päälle, joten ryömintätilan maaperä on epätasainen. Kallion päälle perustetuissa rakenteissa on riski, että vesi pääsee tunkeutumaan ryömintätilaan kallion halkeamien tai rakenteen vuotavien saumojen kautta.

Ryömintätilan saneeraus

Ryömintätilassa olevat tuuletusluukut olivat ennen saneerauksia väärin mitoitettuja, sillä toinen puoli rakennuksesta on hyvin tuulisella paikalla, joka johti ryömintätilan väärin painesuhteisiin. Saneerauksien yhteydessä tuuletusputket, joista korvausilma otettiin, mitoitettiin uudestaan sekä osa tulpattiin kiinni ja tuuletusputkien päihin asennettiin ilmavirran säätömahdollisuus. Ryömintätilan pohja puhdistettiin orgaanisesta materiaalista ja välipohjan tiiveyttä ja eristävyttä parannettiin. Ryömintätilan pohja päällystettiin kevytsoralla, tosin kallion pinta on korkealla ja edelleen havaittavissa eripuolilla ryömintätilaa (kuva 8). Ryömintätilassa olevat lämpötila-, kosteus – ja paineanturit keräävät mittausdataa olosuhteista.

Kohdekäynnin 7.3.2016 yhteydessä automaatiossa todettiin ongelma, joten mittaus tuloksia ei ollut luotettavasti saatavilla. Ryömintätilan alipainetta mitataan paine-ero-anturilla ryömintätilan ja ensimmäisen kerroksen väliltä.



Kuva 8. Ryömintätilaan pääsee normaalista ovesta. Ryömintätila on voimakkaasti vinoissa, mutta toisessa päässä ryömintätilaa on mahdollisuus kävellä lähes selkä suorana.

4.5 Niiralan Tulli

Kohteen kuvaus

Niiralan tulli sijaitsee Tohmajärvellä Suomen ja Venäjän rajalla. Nykyinen rajanylityspaikan päärakennus valmistui vuonna 1994 (kuva 9).



Kuva 9. Kohteessa tarkasteltava ryömintätila sijaitsee kahden katosrakennuksen välissä olevassa pitkittäisessä päärakennuksessa.

Ryömintätilan saneeraus

Niiralan tullissa todettu sisäilmaongelmia 2003 ja ryömintätilan kosteusolosuhteita oli parannettu muiden sisäilmakorjausten yhteydessä. Ryömintätilan maanpinnasta oli poistettu orgaanista maa-ainesta ja haihdutuseristeenä oli käytetty kevytsoraa. Ryömintätilassa on koneellinen poistoilmanvaihto. Korvausilma johdettiin ulkoa korvausilmaputkien välityksellä. Ryömintätilaan on asennettu koneellinen kuivatus. Kuivain oli sijoitettu yläpuoliseen lämpökeskukseen huollon helpottamiseksi. Kuivain ylläpiti maksimissaan 60 % suhteellista kosteutta ryömintätilassa. Kuivain oli ollut yhtäjaksoisesti toiminnassa vuodesta 2003 lähtien. Ryömintätilaan on tehty puusta kulkusillat liikkumisen helpottamiseksi (kuva 10) ja liikkuminen tapahtuukin ryömien kulkusiltaa pitkin.



Kuva 10. Ryömintätilassa on valaistus koko matkalla ja kulkusilta asetettu keskeisesti huoltojen kannalta.

5 Tutkimustulokset ja tuloksien tarkastelu

Seuraavissa kappaleissa on tarkasteltu tutkimuskohteista saatuja tuloksia ryömintätilan suhteellisen kosteuden-, lämpötilan- ja painesuhteiden osalta. Tuloksissa esitetään myös alapohjan tiiveyden toteutuminen sekä ulkoilman olosuhteet. Tulosten selkiyttämiseksi saadut mittauksien arvot ovat esitetty taulukoissa viivadiagrammeina. L-rakennuksesta on opinnäytetyöhön tehty tiiveyden toteamista auttava laskutoimitus.

Tarkasteltavissa kiinteistöissä on vaihteleva määrä antureita, jotka keräävät mittausdataa. Tutkimusten aikana selvisi, että joidenkin antureiden toimintakunnossa oli vikaa, joten vioittuneet anturit jätettiin pois opinnäytetyöstä ja keskityttiin vain luotettaviin tuloksiin. Senaatti-kiinteistöt toimittivat mittausdataa Excel-muodossa, joita selvennän kuvioilla.

Ryömintätilojen tarkastuskäynneillä käytin apuna kuntotutkimusopasta, jossa arvioidaan mm. ryömintätilan tuulettuvuutta, maapohjan kosteustasoa, rakenteiden pintojen kondenssia, mahdollisia mikrobiperäisiä hajuja, rakenteissa havaittavia homekasvustoja ja lahoa sekä orgaanisen aineen määrää ryömintätilassa. Lisäksi tutkimuksissa

tulee tarvittaessa arvioida mittauksen avulla alapohjan ilmatiiveyttä sekä ryömintätilan ja sisäilman välistä painesuhdetta (Ympäristöopas 28, 2015). Tulokset on saatu aistinvaraisesti sekä mittausdatalla.

5.1 Niuvanniemen sairaala os. 1-2

Niuvanniemen sairaalaosastot 1-2 sijaitsevat Kuopion Niuvanniemen alueella, joka toimii Itä-Suomen Yliopistollisen sairaalan oikeuspsykiatrian klinikkana. Tehdyt tutkimukset ovat saneerauksen jälkeen.

5.1.1 Aistinvaraiset havainnot

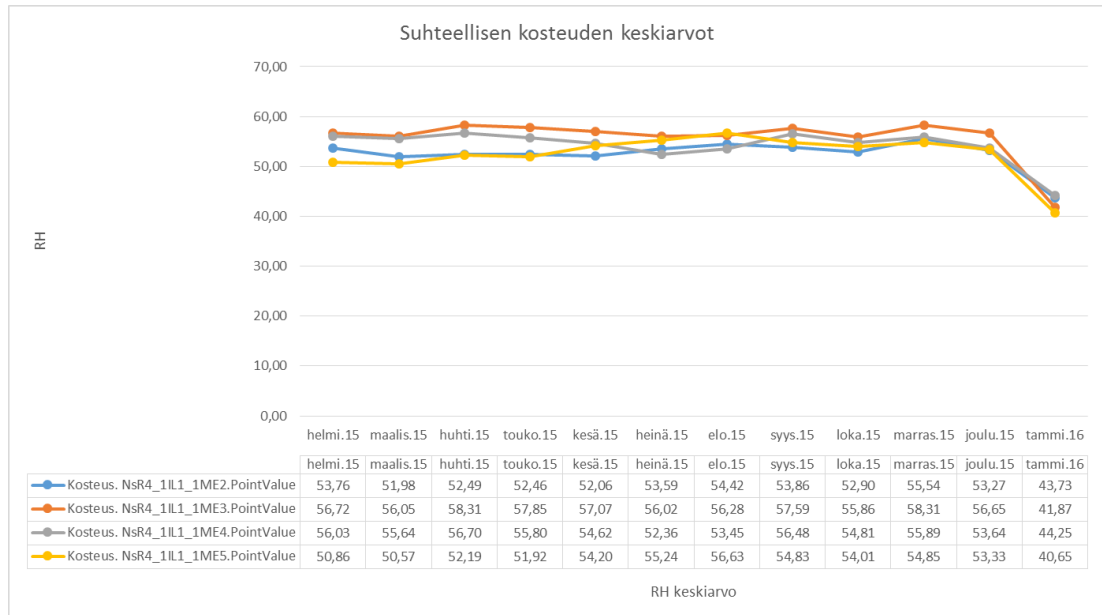
Kohdekäynnillä 10.3.2016 ryömintätilassa tein seuraavia aistinvaraisia havaintoja.

- ryömintätilaan pääsi helposti tarkastusluukun kautta,
- ryömintätilassa pystyi liikkumaan kaikkiin osiin,
- ryömintätilassa havaittiin tarkastushetkellä luonnonkivisokkelin läpi vuotanutta sadevettä,
- betonoitu maanpinta oli muilta osin kuiva,
- ryömintätilassa ei ollut rakennusjätettä eikä lahoavaa orgaanista ainesta,
- ryömintätilan maanpinta oli betonoitu,
- ryömintätilassa koneellinen poistopuhallin,
- ryömintätilassa koneellinen kuivatus,
- ryömintätilassa ei ollut umpinaisia tuulettumattomia tiloja,
- ryömintätilan korkeus yli 800 mm,
- ryömintätilan pohjan korkeus oli ympäröivää maanpintaa nähden alempana.

5.1.2 Suhteellinen kosteus ja lämpötila

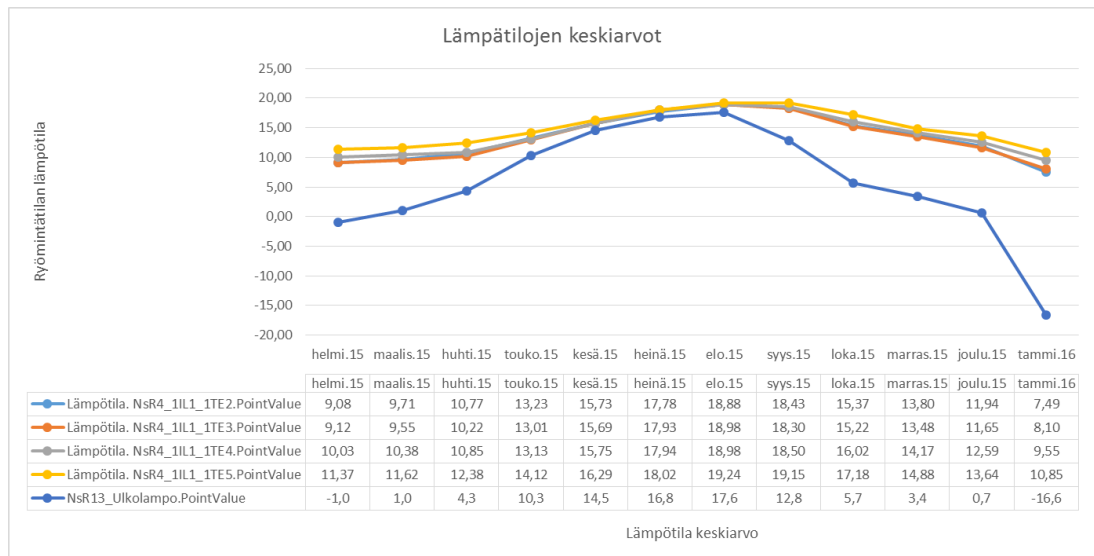
Kuviossa 1 on esitetty Niuvanniemen sairaala osaston 1-2 suhteellisen kosteuden kuukauden keskiarvot ja kuviossa 2 ryömintätilan lämpötilojen keskiarvot ajalta 1.2.2015–23.1.2016. Mittauksien arvot on otettu päivittäin kello 07:00. Suhteellista kosteutta mitattiin neljästä eri pisteestä ja suurin yksittäinen suhteellisen kosteuden arvo kaikkien näiden mittauspisteiden kohdalla oli 20.12.2015 mittauspisteessä ”Kosteus. NsR4_1IL1_1ME3. PointValue”, jolloin suhteellinen kosteus oli 59,47 %. Suhteellinen kosteus ei päässyt missään vaiheessa mittauksien aikana nousemaan yli sallitun rajan. Ryömintätilan lämpötilat pysyivät jokaisessa neljässä mittauspisteessä välillä, 4-20 °C. Arvot molemmissa mittauksissa pysyivät tasaisina eikä suuria vaihteluja

mittauksissa kuukausissa sisäisesti syntynyt, joten käytin näissä viivadiagrammeissa keskiarvoja tulosten selkeyttämiseksi ja yksinkertaistamiseksi.



Kuvio 1. Niuvanniemen sairaalaosaston 1-2 ryömintätilan suhteellisen kosteuden keskiarvot.

Kuviossa 1 vasemmalla puolella pystyakselia on RH-asteikko. Kuvaajan alapuolella on mittauspisteiden suhteellisen kosteuden keskiarvot kuukausittain sekä mittauspisteiden nimet ja värikoodit.



Kuvio 2. Niuvanniemen sairaalaosaston 1-2 lämpötilojen keskiarvot.

Kuviossa 2 vasemmalla puolella pystyakselia on ryömintätilan lämpötila-asteikko. Kuvaajan alapuolella on mittauspisteiden lämpötilojen keskiarvot kuukausittain sekä mittauspisteiden nimet ja värikoodit.

Tulosten tarkastelu

Ryömintätilan suhteellinen kosteus jokaisessa mittauspisteessä ja kuukautena vaihteli välillä 40–60%. Lämpötilojen vaihteluväli mittauksissa 16 °C. Ryömintätilan lämpötila pysyi korkeampana kuin ulkolämpötila. Alin yksittäinen ryömintätilan lämpötila 5 °C oli 23.1.2016, jolloin ulkolämpötila oli -16 °C. Mikrobikasvustolle otollista kasvuympäristöä, ei näiden tulosten mukaan olisi olemassa. Kastepistettä ei mittauksien missään vaiheessa päässyt syntymään ryömintätilaan.

5.2 Niuvanniemen sairaala L-rakennus

Niuvanniemen sairaalaosaston L-rakennus sijaitsee Kuopion Niuvanniemen alueella, joka toimii Itä-Suomen Yliopistollisen sairaalan oikeuspsykiatrian klinikkana. Tehdyt tutkimukset ovat saneerauksien jälkeen.

Alapohjasta ei saa olla ilmapuotoja 1. kerroksen käyttötiloihin, joten ryömintätila on pidettävä alipaineisena. Ilmavirtaa ei säädetä paineiden mukaan vaan ohjataan lämpötilalla, jotta ryömintätilan lämpötila ei laske liikaa, joten paineiden olosuhdearvot

saattavat nousta alapohjatilassa. Tavoitteena on pitää ryömintätila alipaineisena huonetilaan nähden noin arvolla 20 Pa. Alipaineen suuruutta on saatu kasvatettua kuristamalla alapohjatilaan johtavia ulkoilmareittejä säätöpeltien avulla.

Alipaineen suuruuteen vaikuttavat puhaltimen ilmavirta ja rakenteiden tiiveys. Rakenteiden tiiveyteen on rakentamisen aikana kiinnitetty erityistä huomiota tekemällä läpimenojen ja rakenneliitosten tiivistykset huolella. Poistopuhaltimen ilmavirran säädön minimi asetus on 35 %, jonka alle puhaltimen ilmamäärää ei pysty säätämään. Alapohjan lämpötilan alaraja on 15 °C.

5.2.1 Aistinvaraiset havainnot

Kohdekäynnillä 10.3.2016 ryömintätilassa tein seuraavia aistinvaraisia havaintoja

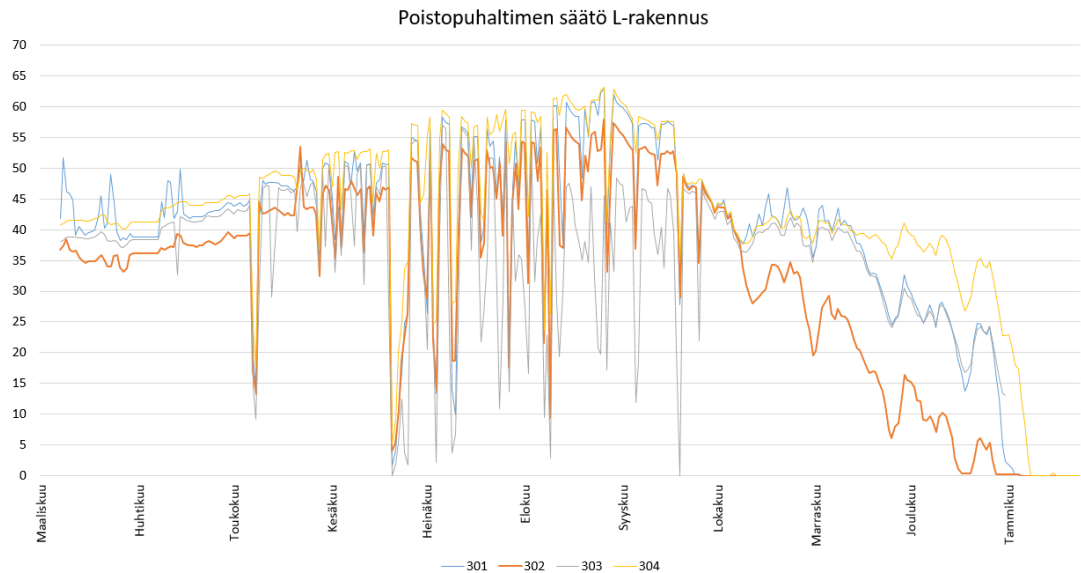
- ryömintätilaan pääsi helposti tarkastusluukun kautta,
- ryömintätilassa pystyi liikkumaan kaikkiin osiin,
- ryömintätila oli osastoitu neljään osastoon,
- ryömintätilassa ei ollut rakennusjätettä eikä lahoavaa orgaanista ainesta,
- ryömintätilan maanpinta oli sepeliä,
- ryömintätilassa oli koneellinen tuuletus,
- ryömintätilassa ei ollut umpinaisia tuulettumattomia tiloja,
- ryömintätilan korkeus yli 800 mm,
- ryömintätilan pohjan korkeus oli ympäröivää maanpintaa nähden alempana,
- tila oli aistinvaraisesti kuiva.

5.2.2 Poistopuhaltimen säätö, paine-ero sekä ryömintätilan lämpötila

Poistopuhaltimen säädöistä mittauksia tehtiin 1.3.2015–23.1.2016 ja paine-erosta mittauksia tehtiin 1.2.2015–23.1.2016. Alla olevista kuvaajista voidaan huomata, että poistopuhaltimin säätö (kuvio 3) on suoraan verrattavissa ryömintätilassa olevaan paineeseen (kuvio 4). Ryömintätila on koko mittauksien ajan voimakkaasti alipaineinen. Paine-eron arvon ollessa negatiivinen tarkoittaisi se, että ryömintätilan yläpuolella oleva huonetila olisi alipaineinen.

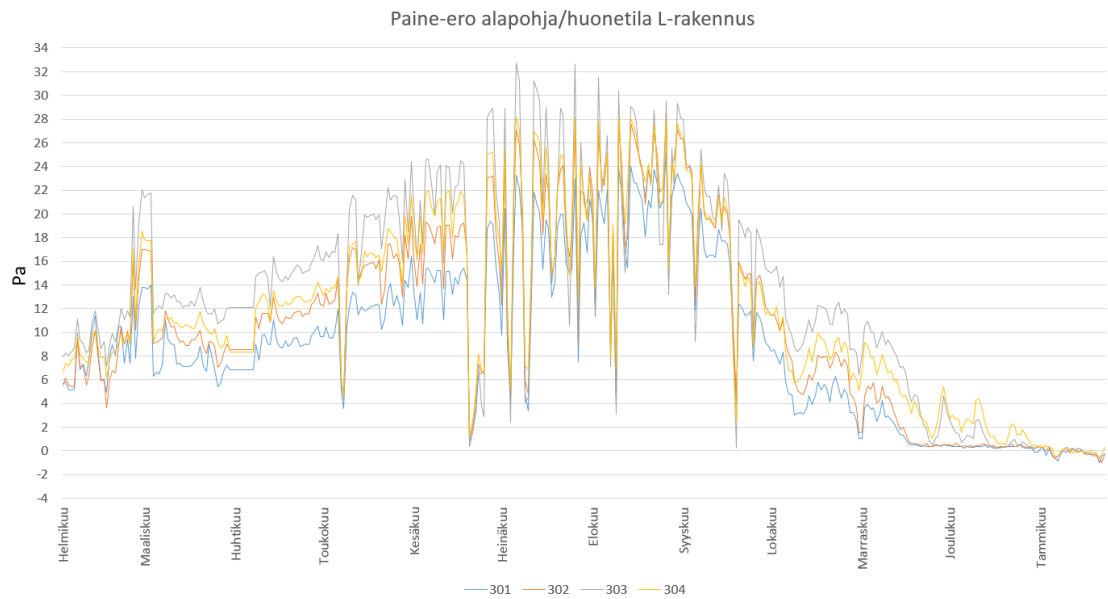
Ryömintätilan lämpötiloista sekä ulkolämpötiloista on mittausdataa ajalta 1.2.2015–1.1.2016 ja ulkoilman suhteellisesta kosteudesta ajalta 1.2.2015–1.1.2016. Ryömintätilan suhteellisesta kosteudesta ei ole olemassa mittausdataa. Kuviossa 5 on esitetty

Niuvanniemen L-rakennuksen ryömintätilan lämpötilat eri osastoissa sekä ulkolämpötilat kuukausittain. Mittauksien arvot on kerätty päivittäin klo 07:00.



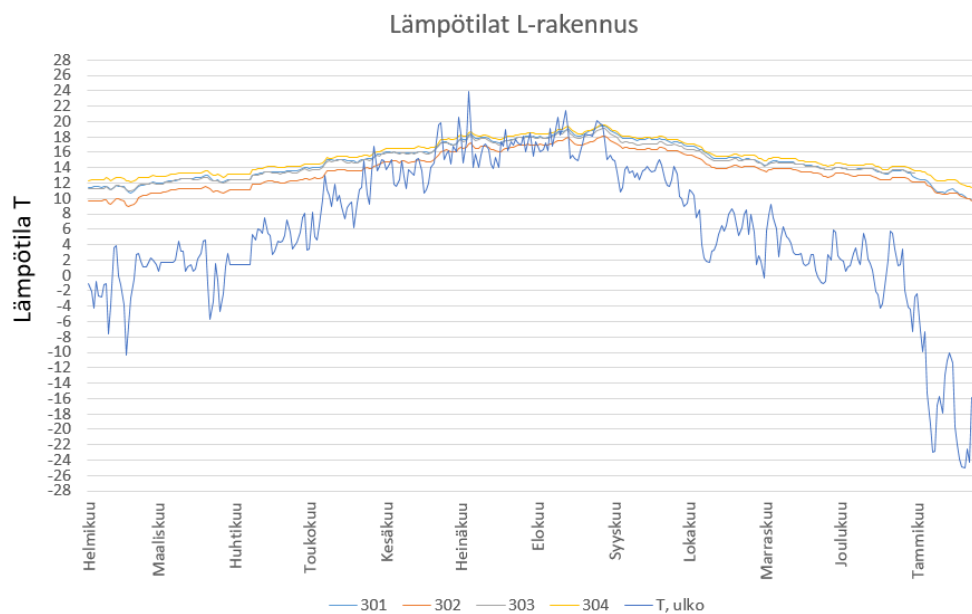
Kuvio 3. Niuvanniemen sairaala L-rakennuksen ryömintätilan poistopuhaltimen arvot.

Vasemmalla puolella pystyakselia on ilmamäärän luku l/s . Kuvaajan alapuolella on mittauspisteiden nimet ja värikoodit. 301, 302, 303 ja 304 tarkoittavan ryömintätilan eri osastoja. Ryömintätilan poistopuhaltimia ohjataan ryömintätilan lämpötilan mukaan. Kylmällä kelillä poistopuhallin on pienemmällä tai pysäytetty kokonaan.



Kuvio 4. Niuvanniemen sairaala L-rakennuksen ryömintätilan paine-eromittaukset.

Vasemmalla puolella pystyakselia on Pascal (Pa) asteikko. Kuvaajan alapuolella on mittauspisteiden nimet ja värikoodit. 301, 302, 303 ja 304 tarkoittavan ryömintätilan eri osastoja. Ryömintä tila on voimakkaasti alipaineinen helmikuusta marraskuuhun. Joulukuusta tammikuuhun on ryömintätila lähes tasapaineinen tai hiukan alipaineinen.



Kuvio 5. Niuvanniemen sairaalan L-rakennuksen ryömintätilan lämpötilamittaukset.

Vasemmalla puolella pystyakselia on lämpötila-asteikko. Kuvaajan alapuolella on mitauspisteiden nimet ja värikoodit. 301, 302, 303 ja 304 tarkoittavan ryömintätilan eri osastoja. T_{ulko} tarkoittaa ulkolämpötilaa.

5.2.3 Ryömintätilan tiiveyden määrittäminen

Ryömintätilan tiiveyden määrittämisestä tarvitaan esimerkiksi kun halutaan selvittää minkä kokoisen poistopuhaltimen ryömintätila vaatii, jotta sinne saadaan riittävä alipaine. Paine-eron aikaansaamaa vuotovirtausta rakennuksessa tai sen osassa kuten ryömintätilassa voidaan kuvata perinteisellä vuotoyhtälöllä $Q = k * \Delta P^n$.

Q = vuotovirta (m^3/h)

ΔP = paine-ero vaipan yli (Pa)

k = virtauskerroin

n = virtausekspONENTTI. Valittu 0,7 jolloin $1/n = 1,43$

$Q_{50 Pa}$ = vuotoluku 1/h

Opinnäytetyössä ratkaisin kaavan vuotoluvun $Q_{50 Pa}$ suhteen. $Q_{50 Pa}$ tarkoittaa, että tilaan asetetaan 50 Pa alipaine ja tämä aiheuttaa ilmanvaihdon 1 vaihtoa tunnissa (1/h). Kuukaudeksi valitsin heinäkuun vuodelta 2015 ja alla esitetyt arvot ovat kyseisen kuukauden mittauksien keskiarvot Niuvanniemen L-rakennuksen ryömintätilan osastosta 304 (Liite 3).

Näillä tiedoilla ratkaistaan ryömintätilan ilmanvaihtuvuus Q , jolloin ilmanvaihto m^3/h jaetaan ryömintätilan tilavuudella $m^3 \rightarrow 185.112 m^3/h : 224,145 m^3 = 0,826 1/h$.

Ratkaistaan vuotoluku seuraavasta kaavasta.

$$\Delta P = \left(\frac{Q}{Q_{50 Pa}} \right)^{1,43} * 50$$

Sijoitetaan kaavaan arvot.

$$-25,6 Pa = \left(\frac{0,826 1/h}{Q_{50 Pa}} \right)^{1,43} * 50$$

Ratkaistaan Q50 Pa.

$$-25,6 \text{ Pa} = \left(\frac{0,826 \text{ 1/h}}{Q50 \text{ Pa}} \right)^{1,43} * 50$$

$$\frac{-25,6 \text{ Pa}}{50} = \left(\frac{0,826 \text{ 1/h}}{Q50 \text{ Pa}} \right)^{1,43}$$

$$\sqrt[1,43]{0,5120} = \left(\frac{0,826 \text{ 1/h}}{Q50 \text{ Pa}} \right)$$

$$0,626 = \left(\frac{0,826 \text{ 1/h}}{Q50 \text{ Pa}} \right)$$

$$Q50 \text{ Pa} = \left(\frac{0,826 \text{ 1/h}}{0,626} \right)$$

$$\underline{Q50 \text{ Pa} = 1,319 \text{ 1/h}}$$

Seuraavaksi määritetään miten yksittäisen päivän arvo eroaa kuukauden keskiarvon tiiveysluvusta. Valitsin päivämääräksi 26.8.2015.

Poistopuhaltimen säätö: 63,22 L/s = 227,592 m³/h

Paine-ero alapohja/ulkoilma: -34,12 Pa

Ryömintätilan tilavuus 224,145 m³

Näillä tiedoilla ratkaistaan ryömintätilan ilmanvaihtuvuus Q, jolloin ilmanvaihto m³/h jaetaan ryömintätilan tilavuudella m³ → 227,592 m³/h : 224,145 m³ = 1,0154 1/h.

Ratkaistaan vuotoluku seuraavasta kaavasta.

$$\Delta P = \left(\frac{Q}{Q50 \text{ Pa}} \right)^{1,43} * 50$$

Sijoitetaan kaavaan arvot.

$$-34,12 \text{ Pa} = \left(\frac{1,0154 \text{ 1/h}}{Q50 \text{ Pa}} \right)^{1,43} * 50$$

Ratkaistaan Q50 Pa.

$$-34,12 \text{ Pa} = \left(\frac{1,0154 \text{ 1/h}}{Q50 \text{ Pa}} \right)^{1,43} * 50$$

$$\frac{-34,12 \text{ Pa}}{50} = \left(\frac{0,826 \text{ 1/h}}{Q50 \text{ Pa}} \right)^{1,43}$$

$$\sqrt[1,43]{0,6824} = \left(\frac{1,0154 \text{ 1/h}}{Q50 \text{ Pa}} \right)$$

$$0,7655 = \left(\frac{1,0154 \text{ 1/h}}{Q50 \text{ Pa}} \right)$$

$$Q50 \text{ Pa} = \left(\frac{1,0154 \text{ 1/h}}{0,7655} \right)$$

$$\underline{Q50 \text{ Pa} = 1,327 \text{ 1/h}}$$

Tulosten tarkastelu

Ryömintätilan poistoilmanvaihto pystyi alipaineistamaan ryömintätilan jokaisessa osastossa. Poistopuhaltimen arvojen laskiessa alkoi myös alipaine pienentyä lähes tyen arvoa 0. Poistopuhaltimen tehoon vaikuttaa ryömintätalassa vallitseva lämpötila. Poistopuhaltimen ollessa kiinni myös ryömintätalassa oleva paine muuttuu. Yleisesti ottaen ryömintätala on saatu poistopuhaltimella voimakkaasti alipaineiseksi, jolloin varmistetaan, ettei huonetilaan pääse tunkeutumaan epäpuhtauksia. Tammikuussa huonetila pääsi hetkellisesti alipaineistumaan. Kuitenkin maksimissaan -0.66 Pa. Paine-ero vaihteli mittauksien välillä -0.66 – 33 Pa. Mittauksien arvot ovat otettu päivittäin klo 07:00, joten epäselväksi jäi vielä, että vaikuttaako vuorokauden aika paineeroon.

Ryömintätilan lämpötilat vaihtelevat 8 ja 20 Celsiusasteen välillä. Ryömintätilan suhteellisesta kosteudesta ei ole mittausdataa. Ryömintätilan lämpötila pysyi pääsäästöisesti korkeampana kuin ulkolämpötila.

Ryömintätilan tiiveyden laskennassa heinäkuun 2015 keskiarvoja käyttäen saatiin laskusta tulokseksi vuotoluku 1,3 l/h. Elokuun yksittäisen mittauksen 26.8.2015 arvoksi saatiin vuotoluku 1,3 l/h. Tiiviissä rakennuksessa päästään vuotolukuun 1 l/h ja laitosrakennuksissa yleisesti vuotoluku on 2-3 l/h. Ryömintätilan suuri tiiveys johtuu hyvistä rakenteista sekä perustusten sijainnilla savimaassa. Tiivis savimaa läpäisee huonosti, joten se auttaa pitämään ryömintätilan tiiviinä eikä ilmapuotoa pääse tapahtumaan anturoiden alta.

Tiiveyslaskujen tulos on suuntaa-antava. Tiiveyslaskun mahdolliset virheet johtuvat seuraavista asioista. Ryömintätilan tilavuus on noin arvio, eikä todellista ryömintätilan tilavuutta pysty selvittämään käytettävissä olevilla tiedoilla (Liite1, Liite2). Laskennassa tulisi käyttää yöajan lukuja, jolloin tuuli ei anna virhettä mittaukseen. Opinnäytetyössä arvot ovat päivittäin klo 7.00 aamulla havaittuja. Savimaan ilmanläpäisevyyteen vaikuttaa voimakkaasti kosteus, joka voi vaikuttaa tuloksen luotettavuuteen.

5.3 Sairila

Sairilan koulukodin ryömintätilan mittauksissa toinen anturi oli viallinen koko mittauksien ajan ja antoi epäluotettavaa mittausdataa paine-eroista, lämpötilasta ja suhteellisesta kosteudesta ryömintätilassa. Näin ollen tuloksia tarkastellaan toimiston ja ryömintätilan välisistä mittausdataa ottavista antureista.

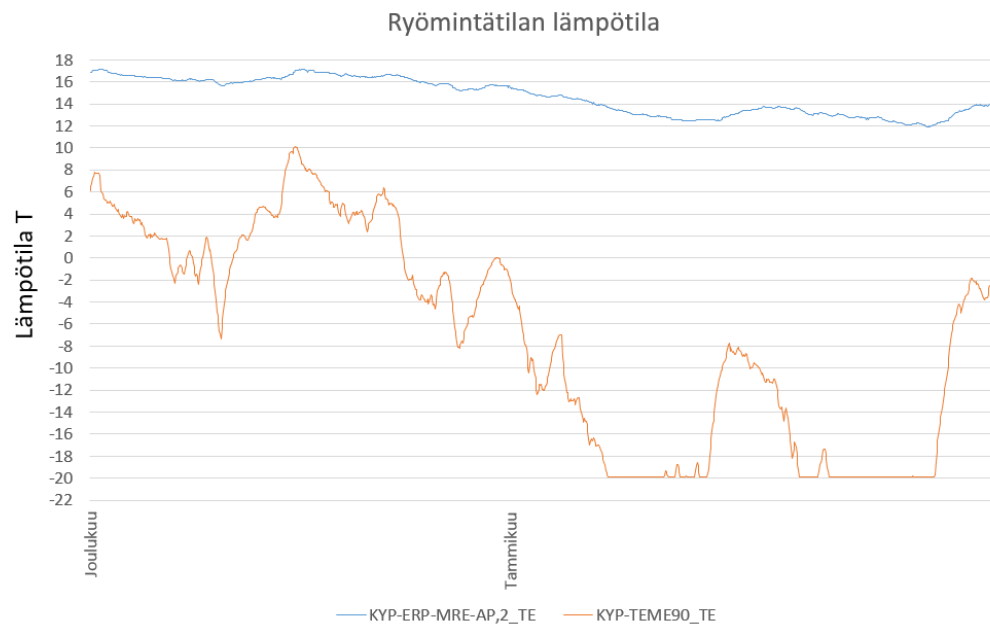
5.3.1 Aistinvaraiset havainnot

Kohdekäynnillä 7.3.2016 ryömintätilassa tein seuraavia aistinvaraisia havaintoja

- ryömintätilaan pääsi helposti tarkastusluukun kautta,
- ryömintätilassa pystyi liikkumaan kaikkiin osiin,
- ryömintätilan pohja oli epätasainen,
- ryömintätilassa ei ollut rakennusjätettä eikä lahoavaa orgaanista ainesta,
- ryömintätilan maaperä oli kalliota, joka oli päällystetty papusoralla,
- ryömintätilassa oli koneellinen tuuletus,
- ryömintätilassa ei ollut umpinaisia tuulettumattomia tiloja,
- ryömintätilan korkeus oli paikoin alle 800 mm,
- ryömintätilan pohjan korkeus oli ympäröivää maanpintaa nähden alempana,
- ryömintätila oli tarkastushetkellä kuiva.

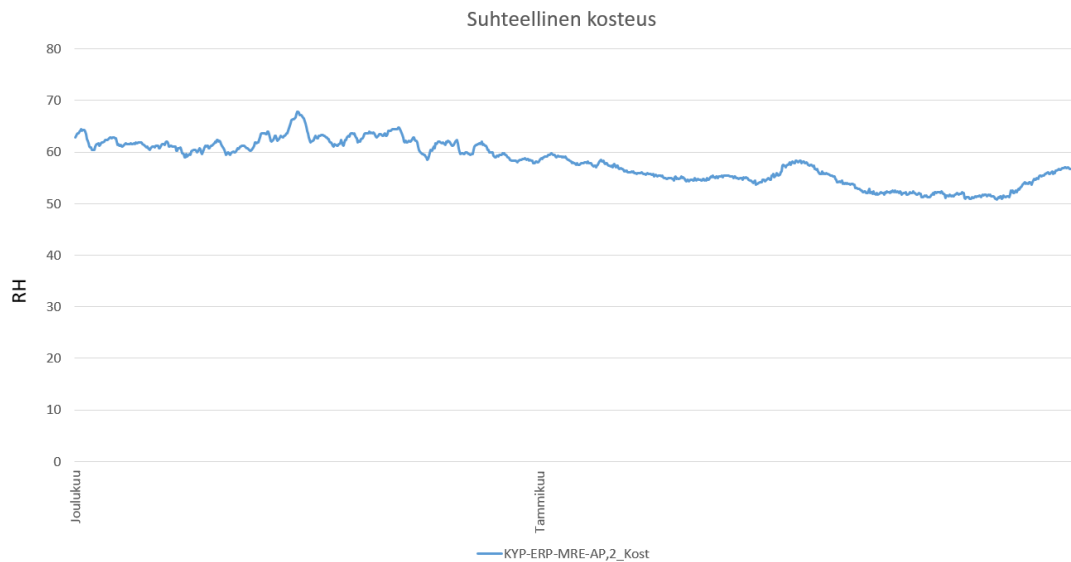
5.3.2 Suhteellinen kosteus ja lämpötila

Ryömintätilan suhteellisesta kosteudesta sekä lämpötilasta on mittausdataa ajalta 10.12.2015–25.1.2016. Kuviossa 6 on esitetty ryömintätilan sekä ulkoilman lämpötilat. Kuviossa 7 on esitetty ryömintätilan suhteellinen kosteus.



Kuvio 6. Sairilan koulukodin lämpötilamittaukset.

Kuviossa 6 vasemmalla puolella pystyakselia on lämpötila-asteikko. Kuvaajan alapuolella on mittauspisteiden nimet ja värikoodit. KYP-TEME90_TE tarkoittaa ulkolämpötilaa ja KYP-ERP-MRE-AP,2_TE tarkoittaa ryömintätilan lämpötilaa.

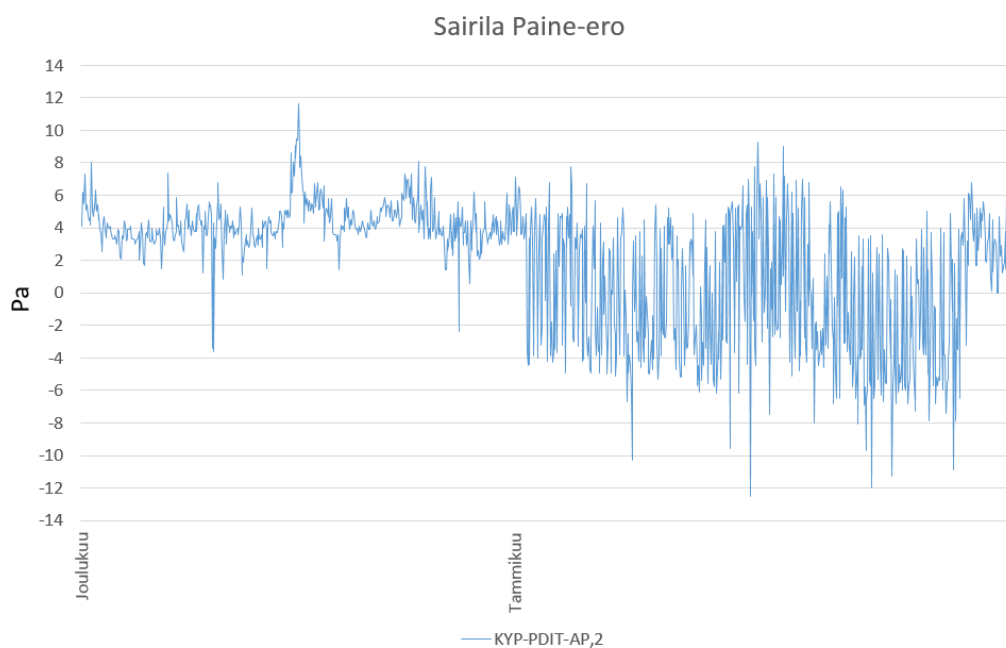


Kuvio 7. Sairilan koulukodin ryömintätilan suhteellinen kosteus.

Kuviossa 7 vasemmalla puolella pystyakselia on RH-asteikko. Kuvaajan alapuolella on mittauspisteen nimi sekä värikoodi.

5.3.3 Paine-ero

Ryömintätilan paine-erosta on mittausdataa ajalta 10.12.2015–25.1.2016. Kuviossa 8 on esitetty paine-ero toimiston ja ryömintätilan välillä. Kiinteistössä oli toinenkin paine-ero mittaus, mutta tuloksien paikkaansa pitävyyteen ei voinut luottaa.



Kuvio 8. Sairilan koulukodin ryömintätilan paine-ero.

Kuviossa 8 vasemmalla puolella pystyakselia on Pascal (Pa) asteikko. Kuvaajan alapuolella on mittauspisteen nimi ja värikoodi.

Tulosten tarkastelu

Ryömintätilan lämpötila oli mittauksien ajan, 12–18 °C. Ryömintätilan lämpötila pysyi mittausten aikana korkeampana kuin ulkolämpötila. Suhteellinen kosteus pysyi mittausten ajan alle 70 %. Mittausdataa on hyvin lyhyeltä ajalta, joten ryömintätilan saneerausten onnistumiseen ei käytännössä voi ottaa kantaa

Ryömintätila pysyi alipaineisena koko joulukuun, mutta tammikuun vaihteessa paineerot muuttuivat toisinpäin. Pelkkiä Excel-lukemia tarkastelemalla ei ole löytynyt vastausta tähän. Kyseessä voi olla, että joulukuussa kiinteistö on ollut vähemmällä käytöllä ja tammikuussa huonetilojen ilmanvaihtoa on tehostettu, jolloin ne ovat alipaineistuneet.

5.4 Virastotalo

Joensuun virastotalosta osoitteessa Kauppakatu 40, on olemassa mittausdataa ryömintätilan lämpötiloista ja paine-eroista. Tehdyt tutkimukset ovat saneerauksien jälkeen.

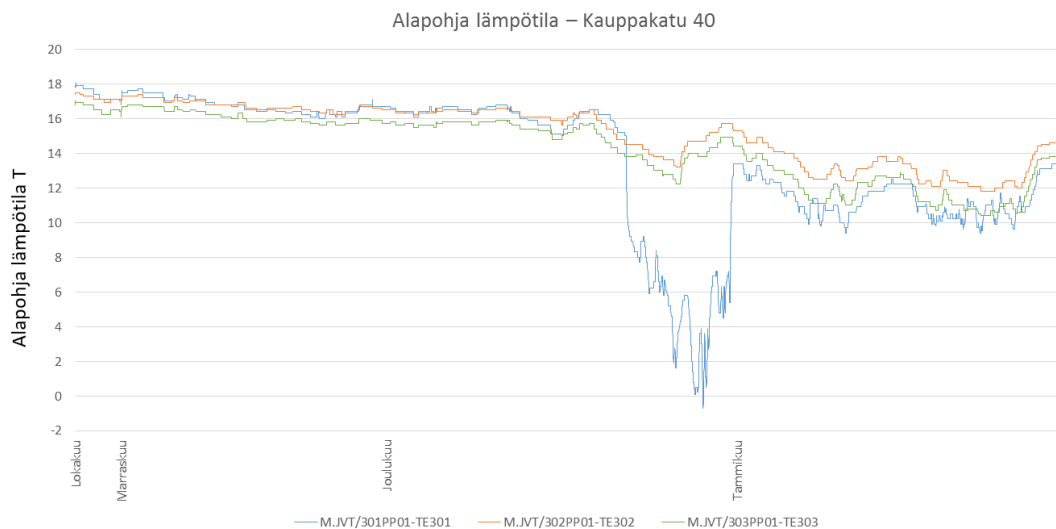
5.4.1 Aistinvaraiset havainnot

Kohdekäynnillä 8.3.2016 ryömintätilassa tein seuraavia aistinvaraisia havaintoja

- ryömintätilaan pääsi helposti tarkastusluukun kautta,
- ryömintätilassa pystyi liikkumaan kaikkiin osiin,
- ryömintätilan pohja oli epätasainen,
- ryömintätilassa ei ollut rakennusjätettä eikä lahoavaa orgaanista ainesta,
- ryömintätilan maaperä oli päällystetty papusoralla,
- ryömintätilassa oli koneellinen tuuletus,
- ryömintätilassa on mahdollisuus umpinaiisiin tuulettumattomiin tiloihin,
- ryömintätilan korkeus oli paikoin alle 800 mm,
- ryömintätilan pohjan korkeus oli ympäröivää maanpintaa nähden alempana,
- ryömintätilassa pölysi voimakkaasti,
- ryömintätila oli tarkastushetkellä kuiva.

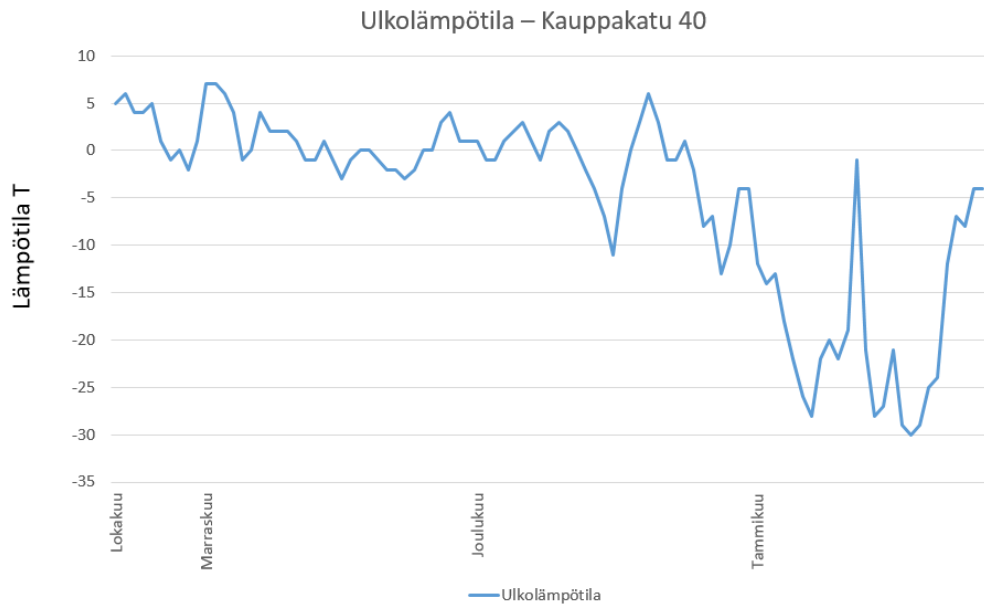
5.4.2 Alapohjan sekä ulkoilman lämpötilat

Alapohjan lämpötiloista on mittausdataa ajalta 29.10.2015–26.1.2016. Ryömintätilan lämpötila on pääsääntöisesti välillä 10–18 °C, mutta joulukuussa mittauspisteellä M.JVT/301PP01-TE301 ryömintätilan lämpötila tippui alle 0 °C, joka johtui luultavasti mittausvirheestä. Ulkolämpötiloista mittausdata on otettu Weather Underground sivujen tilastoista. Kuviossa 9 on esitetty ryömintätilan lämpötilat ja kuviossa 10 ulkolämpötilat.



Kuvio 9. Virastotalon ryömintätilan lämpötilamittaukset.

Kuviossa 9 vasemmalla puolella pystyakselissa on lämpötila-asteikko. Kuvaajan alapuolella on ryömintätilan mittauspisteiden nimet ja värikoodit.

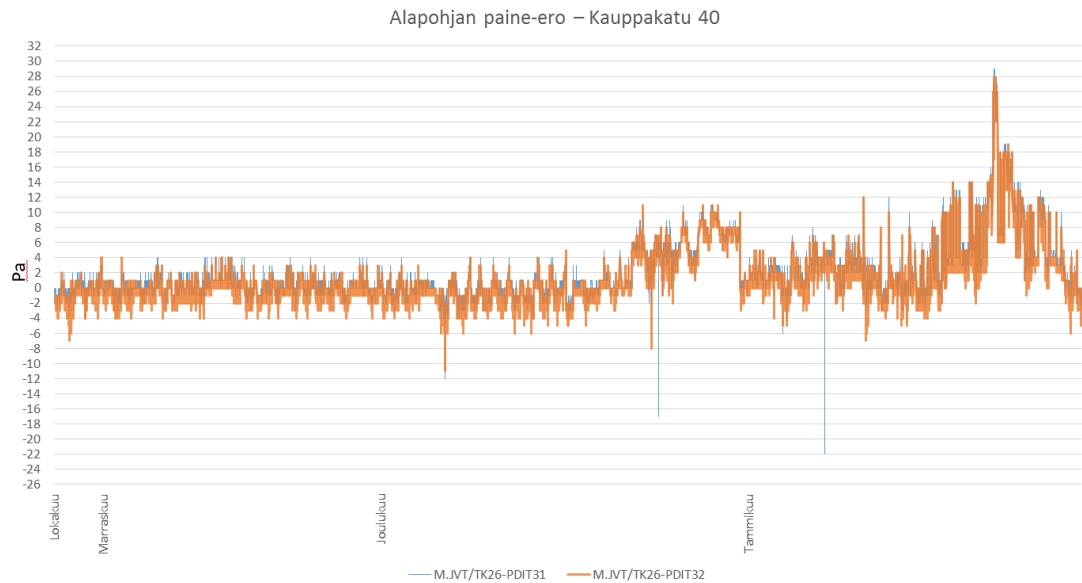


Kuvio 10. Virastotalon ulkolämpötilan mittaus.

Kuviossa 10 vasemmalla puolella pystyakselissa on lämpötila-asteikko ja vaaka-akselilla kuukausi.

5.4.3 Alapohjan paine-ero

Alapohjan paine-eroista on mittausdataa ajalta 29.10.2015–26.1.2016. Paine-eron vaihtelu väli on -22–28 Pa. Pääsääntöisesti ryömintätila on alipaineinen, mutta hetkellisesti ryömintätila on päässyt mittaustuloksien mukaan ylipaineiseksi. Paine-eron ollessa negatiivinen tarkoittaa se sitä, että yläpuolinen huonetila on alipaineinen ryömintätilaan nähden. Tavoitteena on pitää ryömintätila alipaineisena, jottei epäpuhauksia pääse huonetilaan ryömintätilasta. Kuviossa 11 on esitetty ryömintätilan paine-erot kahdesta mittauspisteestä.



Kuvio 11. Virastotalon ryömintätilan paine-ero mittaukset.

Vasemmalla puolella pystyakselia on Pascal (Pa) asteikko. Kuvaajan alapuolella on mittauspisteiden nimet ja värikoodit. Negatiivinen mittaustulos tarkoittaa, että huone-tila on alipaineinen ryömintätilaan verrattuna.

Tulosten tarkastelu

Ryömintätilan lämpötilan vaihteluväli mittausten aikana -1 – 18 °C. Ryömintätilan lämpötila pysyi korkeampana kuin ulkolämpötila. Ainoastaan yhdellä mittauspisteellä pääsi ryömintätilan lämpötila putoamaan radikaalisti. Kahdella muulla mittauspisteellä ryömintätilan lämpötila pysyi 9 – 18 °C välillä. Epäselväksi jäi, miksi lämpötila putosi yhdellä mittauspisteellä, eikä käyttäytynyt muiden mittauspisteiden mukaisesti.

Ryömintätilan paine-erojen mittaustulosten vaihteluväli on suurta ja paine-erot vaihtelevat nollan molemmin puolin. Keskimäärin ryömintätila on päivisin tasapaineinen tai ylipaineinen ja iltaisin sekä öisin alipaineinen. Tammikuun lopulla ryömintätila alipaineistui voimakkaasti, riippumatta vuorokauden ajasta. Tämä selittyy automaatioon tehdyillä muutoksilla, koska aikaisemmin ryömintätilan lämpötilan asetusarvot olivat virheelliset.

5.5 Niiralan tulli

Niiralan rajanylityspaikka aloitti toimintansa vuonna 1945 rautatieliikenteen rajanylityspaikkana. Maantieliikenne rajanylityspaikan kautta alkoi 1964 ja matkustajaliikenne vuonna 1988. Kansainvälisen rajanylityspaikan statuksen Niirala sai 1.12.1995.

Niiralan tullista ei ole muita mittaustuloksia kuin lämpötila, joten sen tarkastelu jää vähäiseksi.

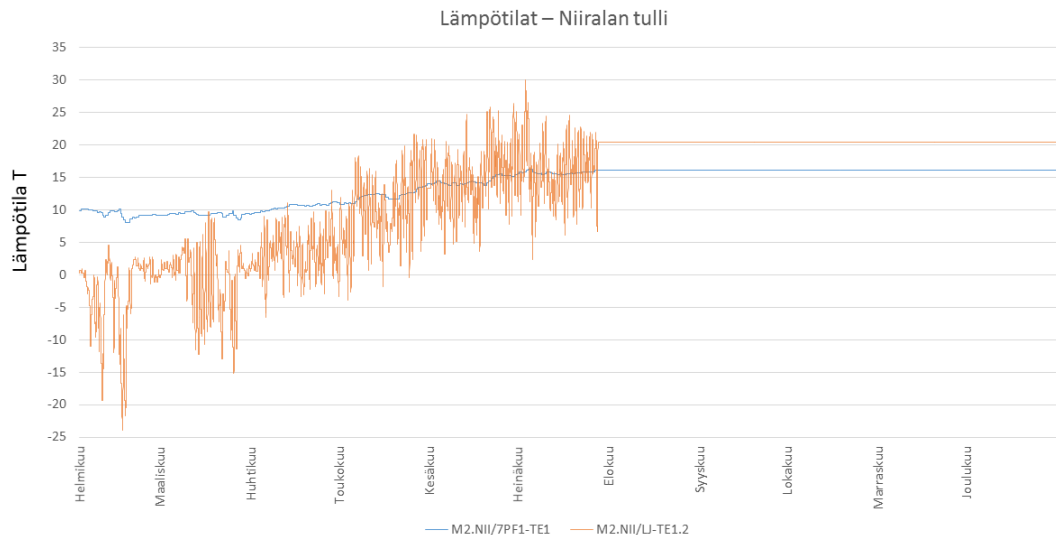
5.5.1 Aistinvaraiset havainnot

Kohdekäynnillä 8.3.2016 ryömintätilassa tein seuraavia aistinvaraisia havaintoja

- ryömintätilaan pääsi helposti tarkastusluukun kautta,
- ryömintätilassa pystyi liikkumaan kaikkiin osiin,
- ryömintätilan pohja oli tasainen,
- ryömintätilassa ei ollut rakennusjätettä eikä lahoavaa orgaanista ainesta,
- ryömintätilan kulkusilta painekäsiteltyä puuta,
- ryömintätilan maaperä oli päällystetty sepelillä,
- ryömintätilassa oli koneellinen poistoilmanvaihto,
- ryömintätilassa oli koneellinen kuivatus,
- ryömintätilassa ei mahdollisuutta umpinaiisiin tuulettumattomiin tiloihin,
- ryömintätilan korkeus yli 800 mm,
- ryömintätilan pohjan korkeus oli ympäröivää maanpintaa nähden alempana,
- ryömintätila oli tarkastushetkellä kuiva.

5.5.2 Ryömintätilan ja ulkoilman lämpötilat

Lämpötiloista on mittauksia ajalta 1.2.2015–31.12.2015. M2.NII/7PF1-TE1 mittauspiste tarkoittaa ryömintätilan lämpötilaa ja M2.NII/LJ-TE1.2 ulkolämpötilaa. Mittaukset on tehty 10 minuutin välein päivittäin. Kuviossa 12 on esitetty ryömintätilan ja ulkoilman lämpötilat.



Kuvio 12. Niiralan tullin ryömintätilan sekä ulkolämpötilan lämpötilamittaukset.

Vasemmalla puolella pystyakselissa on lämpötila-asteikko. Kuvaajan alapuolella on mittauspisteiden nimet ja värikoodit. Sininen viiva kuvaa ryömintätilan lämpötilaa ja oranssi ulkolämpötilaa elokuuhun asti.

Tulosten tarkastelu

Ryömintätilan lämpötilat on saatu pidettyä välillä 8-18 °C. Ryömintätilan ollessa merkittävästi kylmempi kuin ulkoilma, on ryömintätilan kosteus aina korkea vaikka maaperän kosteustuotto olisi rajoitettu ja ryömintätilassa olisi toimiva ilmanvaihto. Lopullista suhteellisen kosteuden määrää ei voi kuitenkaan selvittää, sillä mittauksia suhteellisesta kosteudesta ei ole. Elokuusta eteenpäin tulokset ovat virheelliset johdun automaation ongelmasta.

6 Tutkimustulosten vertailu

Kohteiden lämpö – ja kosteusteknisten olosuhteiden vertailu

Tutkittavissa kohteissa ryömintätilan lämpötila pysyi korkeampana kuin ulkolämpötila saatavalla olevan mittausdatan perusteella, pois lukien Niiralan tullia, jossa ryömintätilan lämpötila vaihteli välillä 7-16 °C ja ulkolämpötila oli yli puolet mittausjakson ajasta korkeampi kuin ryömintätilan lämpötila. Ryömintätilan ollessa merkittävästi kylmempi on riskinä, että ryömintätilan kosteus nousee korkeaksi. Mittausdataa

suhteellisesta kosteudesta ei Niiralan tullista ole, joten yksimieliseen johtopäätökseen ei päästä, onko olosuhteet saatu ryömintätilassa hallintaan. Ryömintätilassa on kuivain, joka lämmittää, jos on kosteudenpoistotarvetta. Ryömintätilassa oleva tuuletus on pientä, joten ryömintätilan lämpötila ei vaihtele yhtä nopeasti kuin ulkolämpötila.

Kaikista kohteista ei ole suhteellisen kosteuden mittausdataa, kuten Niuvanniemen L-rakennuksesta, Joensuun virastotalosta ja Niiralan tullista. Kohteissa, joissa mittausanturit ovat, on ryömintätilan suhteellinen kosteus saatu hallintaan, eikä suhteellinen kosteus nouse tutkimuskohteissa yli 70 %. Tämä tarkoittaa, ettei mikrobikasvustolle otollista kasvualustaa synny ryömintätiloissa.

Kohteiden paine-erojen vertailu

Kaikista kohteista ei ole mittausdataa paine-eroista, kuten Niuvanniemen sairaal-osastoista 1-2 ja Niiralan tullista. Sairilan kohdalla toinen paineenmittausanturi oli virallinen ja sen näyttämät lukemat olivat epärealistisia. Sairilassa on kuitenkin toinen anturi, joka on kerännyt mittausdataa paine-eroista. Niuvanniemen L-rakennuksessa ryömintätila on saatu voimakkaasti alipaineiseksi koko mittauksien ajan verrattuna Sairilan koulukotiin, jossa ryömintätila oli aluksi alipaineinen, mutta muuttui mittauksien aikana ylipaineiseksi. Joensuun virastotalon paine-ero vaihteli 0 Pa molemmin puolin, mutta oli pääsääntöisesti alipaineinen.

7 Johtopäätökset ja pohdinta

Tutkittavissa kiinteistöissä ryömintätilojen olosuhteiden eli lämpötilan, kosteuden ja paine-eron anturoinnin laajuus vaihteli ja osassa anturit eivät olleet toimintakuntoisia. Ryömintätilan olosuhteiden seuranta on tärkeää sisäilmaolosuhteiden kannalta ja anturoinnin laajuuteen ja toimintakuntoon tulisi kiinnittää enemmän huomiota. Ryömintätilan ilmanvaihdon, automaation ja anturoinnin suunnittelun ja toteutukseen olisi hyvä saada konsepti ja anturoinnin ylläpidolle erilliset tehtävät huoltokirjaan. Tutkimustulokset antavat kuitenkin hyvän yleiskuvan saneerauksien onnistumisesta niissä kohteissa, joissa mittausdata oli luotettavaa kuten Niuvanniemen rakennukset sekä Joensuun virastotalon mittaukset

osoittavat. Sairilan koulukodissa automaatiovirheet estävät luotettavan tuloksen tarkastelun etenkin paine-erojen osalta. Sairilan koulukodissa ryömintätilan lämpötila ja suhteellinen kosteus ovat kuitenkin tavoitelluissa rajoissa. Niiralan tullin tuloksia ei käytännössä voinut käsitellä opinnäytetyössä, sillä niitä ei ollut mittausantureiden ollessa pölyn peitossa, joka esti mittausdatan saannin.

Ryömintätilojen lämpö- ja kosteusolosuhteet kohteissa eivät olleet mikrobikasvustolle suotuisat tarkastellessa pelkästään ryömintätilan lämpötiloja ja suhteellista kosteutta. Aistinvaraisesti tarkasteltuna ryömintätilan olosuhteet olivat kunnossa eikä mikrobitoimintaa havaittu ryömintätilan pinnoilla. Kaikissa kohteissa tavoitteena oli, että ryömintätilat olisivat alipaineisia huonetilaan nähden. Niuvanniemen L-rakennuksessa tämä toteutui täysin, mutta Sairilan koulukodissa sekä Joensuun virastotalossa paine-erot vaihtelivat 0 Pa molemmin puolin. Pääsääntöisesti voidaan sanoa, että epäpuhtauksia ei pääse siirtymään huonetilaan, kun ryömintätila on alipaineinen.

Ryömintätilan tiiveyttä tarkasteltiin laskennallisesti Niuvanniemen L-rakennuksessa. Lähtötietoina oli, että ryömintätila on todella tiivis ja tämä tuli varmentaa vielä tiiveyslaskulla, jossa selvitettiin ryömintätilan vuotolukua. Tulokseksi saatiin noin 1,3 l/h, joka kertoo, että ryömintätila on tiivis ja kohtuullisella poistoilmalla voidaan helposti alipaineistaa.

Opinnäytetyössä jokainen tutkittu kiinteistö oli erilainen, kuten myös niistä saatavat olosuhteiden mittauksien arvot. Toisissa kiinteistöissä oli enemmän tietoa automaatiosta ja olosuhteista kuin toisissa. Senaatti-kiinteistöjen tulisikin vakioida jokaiseen kiinteistöön sama määrä mittausdataa kerääviä antureita. Kun tiedetään ryömintätilan lämpötila, suhteellinen kosteus ja paine-ero saadaan luotettavasti tietoa ryömintätilan olosuhteista ja mahdollisiin muutoksiin pystytään reagoimaan. Toki on varmistettava säännöllisin tarkastuksin, että ryömintätilassa olevat anturit toimivat oikein ja automaatio pelaa toivotulla tavalla. Automaation virheestä kertoo hyvin Sairilan koulukodin tulokset, jossa mittaukset olivat epäluotettavat, mutta hälytyksiä keskukselle näistä tiedoista ei ollut mennyt sekä Niiralan tullin pölyn peitossa olleet anturit, jotka eivät saaneet dataa kerättyä.

Lähteet

Airaksinen, M. Rakennustieto, Ryömintätilan kosteustekninen toimivuus. Lehti 2/2011. 27. Viitattu 26.9.2016.

<http://www.rakennustieto.fi/lehdet/ry/index/lehti/62E6Jvlqa.html>.

Asikainen, J., Hyttinen, M., Kurnitski, J., Matilainen, M. & Pasanen, P. 1999. Ryömintätilan kosteus ja mikrobit. Helsinki: Raportti B62. Viitattu 2.4.2016.

Hemgren, P. 2007. Pientalon perustukset. Helsinki: Rakennustieto. Viitattu 28.3.2016.

Kröger, T. 2007. TUULETTUVIEN ALAPOHJIEN KUNTOTUTKIMUKSET JA KORJAUSTEN ONNISTUMISEN SEURANTA. Tutkimuksia ja selvityksiä. Kuopion yliopisto. Koulutus- ja kehittämiskeskus. 13. Viitattu 6.4.2016.

Kurnitski, J. 1999. Crawl space air change, heat and moisture behaviour. Helsinki: Helsinki University of Technology, HVAC-Laboratory. Viitattu 2.4.2016.

Niiralan Tulli. Nd. Viitattu 3.3.2016

http://www.rajaliikenne.fi/fin/tietoa_rajaliikenteesta/rajanylityspaikat/niirala.html.

Niuvanniemen sairaala. Nd. Osastojen esittely. Viitattu 1.2.2016.

<http://www.niuva.fi/hoitotyö/esittelyt.html>.

Ojala, K. 2013. Talo ilman hometta. Into kustannus Oy. 166-167. Viitattu 3.3.2016.

Suomen Rakentamismääräyskokoelma, C2. Kosteus, määräykset ja ohjeet. Helsinki 1998. Viitattu 3.3.2016.

Suomen Rakentamismääräyskokoelma, D3. Rakennusten energiatehokkuus, määräykset ja ohjeet. Helsinki 2012. Viitattu 11.9.2016.

Suomen Rakentamismääräyskokoelma, D5. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystarpeen laskenta, ohjeet. Helsinki 2012. Viitattu 11.9.2016.

RIL 107-2012. 2012. Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien liitto Ry. 128. Viitattu 28.2.2016.

RIL 250-2011. 2011. Kosteuden hallinta ja homevaurioiden estäminen. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto Ry. 50, 74, 80, 86. Viitattu 1.2.2016.

Rytkönen, P. Nd. Tuulettuvat alapohjat ja lattiat. Drymon Oy. Viitattu 3.3.2016.

<http://www.drymon.fi/korjaaminen.html>.

Senaatti Senergia. Nd. Kauppakatu 40 virastotalo. Viitattu 12.3.2016.

<http://www.senergia.fi/sivu/fi/kohteet/301150/>.

Sisäilmayhdistys Ry, 2008. Viitattu 1.2.2016.

<http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Maanvastaiset-rakenteet/Ryomintatilojen-korjaukset>

Ympäristöopas 28. 2015. Kappale 5, Rakenteiden kosteustekninen käyttäytyminen.

Viitattu 1.2.2016. [http://www.ym.fi/fi-](http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Lausuntopyynnot_ja_lausuntoyhteenvedot/2015/Lausuntopyynto_luonnoksesta_rakennusten_(32552))

[FI/Ajankohtaista/Lausuntopyynnot ja lausuntoyhteenvedot/2015/Lausuntopyynto luonnoksesta rakennusten \(32552\)](http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Lausuntopyynnot_ja_lausuntoyhteenvedot/2015/Lausuntopyynto_luonnoksesta_rakennusten_(32552)).

Weather Underground. Joensuu ulkolämpötilat.

https://finnish.wunderground.com/history/airport/EFJO/2015/10/22/CustomHistory.html?dayend=26&monthend=1&yearend=2016&req_city=&req_state=&req_statename=&reqdb.zip=&reqdb.magic=&reqdb.wmo=&MR=1 Viitattu 2.4.1016.

