

Hirsitalojen ilmanvaihto

Tanja Rusila

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2019
Tekniikan ja liikenteen ala
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Rusila, Tanja	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Huhtikuu 2019
	Sivumäärä 71	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: 4/2019
Työn nimi Hirsitalojen ilmanvaihto		
Tutkinto-ohjelma Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Korpinen Jussi, Viinikainen Marko		
Toimeksiantaja(t) Kontiotuote Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Vuoden 2018 alusta voimaan tullut Ympäristöministeriön asetus (1009/2017) uuden rakennuksen sisäilmasta ja ilmavaihdosta sai aikaan muutoksia ilmanvaihdon suunnittelussa ja toteutuksessa. Asetus on velvoittava suunniteltaessa uuden rakennuksen ilmanvaihtoa. Uudistuksen myötä vertailukohteiksi tutkimukseen valittiin painovoimainen ja koneellinen ilmanvaihto. Tavoitteena oli tutkia näiden kahden menetelmän soveltuvuutta hirsitaloon. Työ on tarkoitettu osaltaan nykytilanteen selvittämiseen ja ihmisten tietoisuuden lisäämiseen.</p> <p>Käsiteltävänä ovat hirsirakentamisen historia, toimintaperiaate ja nykytilanne. Ilmanvaihtomenetelmistä tuodaan vastaavasti esille historiaan, kehitykseen, nykymääräyksiin ja toteutettavuuteen liittyviä asioita. Osaksi työn tietoperustaa otettiin myös automaatio, jonka käyttö ilmanvaihdon yhteydessä on jatkuvassa kasvussa.</p> <p>Työn toimeksiantaja on tunnettu suomalainen hirsitalovalmistaja Kontiotuote Oy. Toteutus aloitettiin perehtymällä hirsirakentamiseen ja ilmanvaihtomenetelmiin eri tietolähteiden avulla. Nykytilanteen selvittämiseksi laadittiin kaksi kyselytutkimusta. Kyselyihin saatiin vastauksia ympäri Suomea, ikähaitariltaan 18-60 vuotialta henkilöiltä. Ensimmäinen kysely keräsi 200 vastausta ja toinen 90. Kyselyiden perimmäinen tarkoitus oli kartoittaa ihmisten tiedon tasoa, käsitystä hirsitalojen terveellisyydestä sekä kiinnostusta painovoimaiseen ilmanvaihtoon. Vastausten perusteella kävi ilmi, että painovoimainen ilmanvaihto kiinnostaa hirsitalojen rakentajia ja valmistajia edelleen.</p> <p>Asiantuntijalausuntoja saatiin seitsemältä hirsitalovalmistajalta sekä kahdelta LVI-alan asiantuntijalta. Asiantuntijalausuntojen pohjalta saatiin tieto, että molemmat vaihtoehdot ovat toteutettavissa nykymääräysten mukaisesti. Johtopäätöksenä voitiin todeta, että valinta näiden kahden vaihtoehdon välillä tapahtuu asiakkaan toiveiden mukaisesti, mutta siihen vaikuttaa kuitenkin ratkaisevasti rakennuspaikan sijainti, arkkitehtuuri, rakennusvalvonnan määräykset, ympäristön pölyisyys sekä käyttäjän aktiivisuus ja tarpeet.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Hirsitalo, lamellihirsi, ilmanvaihto, ilmanvaihtojärjestelmät, sisäilma,		
Muut tiedot		

Author(s) Rusila, Tanja	Type of publication Bachelor's thesis	Date April 2019 Language of publication: Finnish
	Number of pages 71	Permission for web publication: 4/2019
Title of publication Ventilation for log houses		
Degree programme Building and Urban Engineering, Civil Engineering		
Supervisor(s) Korpinen Jussi, Viinikainen Marko		
Assigned by Kontiotuote Oy		
<p>Abstract</p> <p>The Decree of the Ministry of the Environment (1009/2017), which entered into force from the beginning of 2018, brought about changes in the design and implementation of in the indoor air and air exchange of the new buildings. The regulation is mandatory when designing the ventilation of a new building. With the reform, gravity ventilation and mechanical ventilation were chosen as benchmarks for the study. The aim was to examine the suitability of these two methods in a log house. The purpose of the study is to help clarify the current situation and raise people's awareness.</p> <p>In this study, the history, operating principle and the current situation of log construction are reviewed. The review focuses on the methods of ventilation, history, development, current rules and feasibility. Automation is included into the information base of the review, because the use of automated air ventilation increases constantly.</p> <p>The review was assigned by a well-known Finnish log house manufacturer, Kontiotuote Oy. The implementation of this study began with familiarization with log construction and ventilation techniques by using various data sources. Two surveys were conducted to investigate the current situation. The answers were received from all over Finland, aged between 18-60 years. The first survey gathered 200 responses and the second one 90 responses. The ultimate purpose of the surveys was to map the level of knowledge, the perception of the health of log houses and the interest in gravity ventilation. Based on the answers, it turned out that gravity ventilation is still of interest to log house builders and manufacturers.</p> <p>An expert opinion was received from seven log house manufacturers and two HVAC experts. Based on the expert opinions, it was found that both ventilation options are feasible in accordance with current regulations. The conclusion was that the choice between these two options will be based on the customer's wishes, however, it will also be determined by the location of the site, architecture, regulations of building control, dustiness in the environment and both activity and needs of the ventilation users.</p>		
Keywords/tags (subjects) Log house, multi-laminated logs, ventilation, climate control, indoor air		
Miscellaneous		

Sisältö

1	Työn toimeksiantaja	5
2	Johdanto.....	5
3	Opinnäytetyön toteutus.....	6
	3.1 Tavoite	6
	3.2 Tutkimusongelma.....	7
	3.3 Tutkimusmenetelmät	8
4	Ilmanvaihdon nykymääräykset	10
5	Hirsi rakennusaineena	14
	5.1 Hirsityypit	14
	5.2 Lamellihirsien liima.....	16
	5.3 Hirren elinkaari.....	17
	5.4 Nykytilanne ja energiatehokkuus.....	20
	5.5 Hirsitalon tiivistäminen	22
	5.6 Tiiviysmittaustulosten tulkitseminen	23
6	Painovoimainen ilmanvaihto.....	26
	6.1 Käyttäjän vaikutukset	28
	6.2 Ongelmakohdat.....	28
	6.3 Nykyaika	29
7	Koneellinen ilmanvaihto.....	32
8	Automaatio.....	37
	8.1 Ilmanvaihdon automaatio	39
9	Asiantuntijalausunnot	42
	9.1 Hirsitalovalmistajat.....	42
	9.2 LVI-asiantuntijat	46
	9.3 Yhteenveto	51
10	Kuluttajakyselyt	52
	10.1 Ensimmäinen kyselytutkimus.....	52
	10.2 Toinen kyselytutkimus.....	55

11 Tulokset	56
11.1 Ilmanvaihtomenetelmän valintaan vaikuttavat tekijät.....	57
11.2 Luotettavuuden arviointi.....	57
12 Pohdinta ja johtopäätökset	58
Lähteet.....	60
Liitteet	63
Liite 1. Ensimmäinen kysely	63
Liite 2. Toinen kysely	69
Liite 3. Hirsitalovalmistajille esityt kysymykset	70
Liite 4. LVI-asiantuntijoille esitetyt kysymykset	70
Liite 5. Tietokartta	71

Kuviot

Kuva 1. Lamellihirren tuotannon prosessikaavio. Kontiotuote Oy	18
Kuva 2. Puun rakenne.....	19
Kuva 3. E-luvun raja-arvot	21
Kuva 4. Saumanauha	23
Kuva 5. Salvoseriste	23
Kuva 6. Normaalipaine vs. 50 Pascalin alipaine (Kontiotuote Oy)	24
Kuva 7. Ilmavuotoluvun vaikutus energiansäästöön	24
Kuva 8. Ilmatiiveys uusissa pientaloissa 2014-2018 (Vertia Oy 2018.).....	25
Kuva 9. Pientalojen yleisimmät vuotokohdat (Vertia Oy 2018.).....	25
Kuva 10. Painovoimainen ilmanvaihto (Ilmanvaihtojärjestelmät 2019.).....	27
Kuva 11 TurboWent vedonparantaja	30
Kuva 12 Hormex aurinkokenno -TurboWent	31
Kuva 13 OPTIVENT® ULTRA - ULDA (eristetty)	32
Kuva 14. Koneellinen poistoilmanvaihto (Ilmanvaihtojärjestelmät 2019.)	33
Kuva 15. Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto (Ilmanvaihtojärjestelmät 2019.)	36
Kuva 16. Kysymys 4.	52
Kuva 17. Kysymys 5.	52
Kuva 18. Kysymys 6.	53
Kuva 19. Kysymys 7.	53
Kuva 20. Kysymys 8.	54
Kuva 21. Kysymys 9.	54
Kuva 22. Kysymys 10.	55

Taulukot

TAULUKKO 1. Koneellinen ilmanvaihto.....	51
TAULUKKO 2. Painovoimainen ilmanvaihto.....	51

Opinnäytetyössä käytettäviä käsitteitä ja määritelmiä

Ilmanvaihtojärjestelmä: järjestelmä, jolla hallitaan sisäilman laatuavoitteet. Ilmanvaihtoa voidaan hallita tarpeen mukaan.

Ilmastointijärjestelmä: edellisen lisäksi, hallitaan myös sisäilman lämpöolotavoitteet, sekä huoneilman suhteellinen kosteus.

Sisäilman laatu: määräytyy kosteuden, lämpötilan, kemiallisten pitoisuuksien, ilman liikkeen ja käyttäjän toimintojen perusteella.

Korvausilma: rakennukseen hallitusti johdettua ulkoilmaa.

Ulkoilma: ilmanvaihdon kautta ulkoa sisätiloihin hallitusti johdettua ilmaa.

Tuloilma: ilma, joka johdetaan huonetilaan.

Rakennuksen vaippa: tarkoitetaan niitä rakennusosia, jotka erottavat lämpimän, puolilämpimän, erityisen lämpimän tai jäähdytettävän kylmän tilan ulkoilmasta, maaperästä tai lämmittämättömästä tilasta.

Ilmanpitävyys/ ilmatiiveys: tarkoitetaan rakenteen kykyä estää haitallinen ilmanvaihtuvuus rakenteen eri kerrosten läpi.

E-luku: laskennallinen energiatehokkuuden vertailuluku, jonka yksikkönä käytetään [kWh/ (m²-vuosi)], on energiamuotojen kertoimilla painotettu rakennuksen laskennallinen ostoenergiankulutus rakennuksen lämmitettyä nettoalaa kohden vuodessa.

Massiivipuurakennus: tarkoitetaan rakennusta, jossa ulkoseinien pääasiallinen rakennusmateriaali on massiivipuurakenne, jonka keskimääräinen rakennekaksuus on vähintään 180 mm.

Ilmanvuotoluku n50, yksikkö [1/ h] : kuinka monta kertaa rakennuksen ilmatilavuus vaihtuu tunnissa rakennusvaipan vuotoreittien kautta, 50 Pascalin alipaineessa. (ilmanvuotolukua n50 on aiemmin käytetty q50-luvun sijaan.)

Ilmanvuotoluku (laskennassa käytetty arvo) q50, yksikkö [m³/ (h m²)] : kuinka monta kuutiota ilmaa (m³) vuotaa yhden ulkovaipan neliön (m²) läpi tunnissa (h), kun paine-ero on 50 Pascalia.

Rakennuksen kokonaislämpöhäviö: rakennuksen vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon yhteenlaskettu lämpöhäviö.

1 Työn toimeksiantaja

Työn toimeksiantajana toimi maailman suurin ja johtava hirsirakennusten valmistaja Kontiotuote Oy. Kontio on 45 vuoden aikana tuottanut alusta loppuun yli 50 000 hirsirakennusta. Pohjoissuomalaiseen PRT-Forest -konserniin kuuluva Kontio työllistää reilut kaksisataa työntekijää ja yrityksen liikevaihto vuonna 2017 oli 57,4 miljoonaa euroa. PRT-Forest jalostaa puhdasta suomalaista puuta laadukkaan rakentamisen ja viihtyisän asumisen tarpeisiin. Konsernin toimintaa ohjaavat vahvasti asiakaslähtöisyys ja tinkimätön laatuajattelu. Kontio on maailmanlaajuisesti ainut hirsitalotuottaja, joka tuottaa ja jalostaa puutuotteet itse tukista valmiiksi tuotteeksi asti.

Opinnäytetyön kohdassa 11.1 listattujen asioiden pohjalta opinnäytetyön lopputuotoksena on tehty tietokartta, jonka tarkoitus on auttaa painovoimaisesta ilmanvaihdosta kiinnostuneita kuluttajia etenemään prosessin kanssa. Tietokartta esitetään työn liitteenä.

2 Johdanto

Rakennusten sisäilmaa ja ilmanvaihtoa koskevat määräykset päivittyvät ja tiukentuvat jatkuvasti. Tämä puolestaan saattaa aiheuttaa tiettyjen ilmanvaihtomenetelmien poistumisen markkinoilta. Vuoden 2018 alusta voimaan tullut ympäristöministeriön asetus uudiskohteiden ilmanvaihdosta ja sisäilmastosta toi muutoksia ja haasteita mukanaan. Tässä työssä vertailukohteiksi valikoitui koneellinen ja painovoimainen ilmanvaihto hirsitaloissa. Määräykset energiatehokkuudesta ovat tiukentuneet ja esimerkiksi kokonaislämpöhäviölaskelman tekeminen painovoimaisen ilmanvaihdon yhteydessä voi olla haastavaa. Työhön otettiin vertailukohteeksi painovoimainen ilmanvaihto, koska toistuvasti hirsitalojen rakentamisen yhteydessä tämä menetelmä nousi esille. Työssä haluttiin selvittää, mikä on tilanne painovoimaisen ilmanvaihdon toteutettavuuden kohdalla.

Määräysten tiukentuminen johtaa yleensä jonkinasteisiin muutoksiin, mutta niistä seuraavat ongelmat näkyvät usein vasta viiveellä. Kasvavien sisäilman laatuun liittyvien ongelmien myötä aletaan pohtia vaihtoehtoja ilmanvaihdon toteuttamiseen, jotta voitaisiin toteuttaa sisäilmaltaan ja rakenteiltaan terveitä rakennuksia.

Hankalaksi tilanteen kuitenkin tekee se, että painovoimaisen ilmanvaihdon kohdalla toteutus ei kaikkialla onnistu ja toiseksi määräysten täyttäminen on haasteellisempaa kuin koneellisella ilmanvaihdolla. Vaihtoehdot ovat siis vähissä.

Erilaisia ongelmia on selvitetty tavallisten pientalojen kohdalla paljonkin, joten työn kohteeksi valikoitui hirsitalot. Hirsi on ollut toimiva rakenneratkaisu monien satojen vuosien ajan, mutta kiristyvät vaatimukset mm. energiatehokkuuden ja tiiviiden kohdalla ajavat myös hirsitalovalmistajat kehittämään uusia ratkaisuja, jotta tämä perinteinen rakennustapa saadaan säilytettyä. Ajavatko kiristyvät vaatimukset hirsitalotkin ongelmien pariin, jää nähtäväksi.

3 Opinnäytetyön toteutus

3.1 Tavoite

Opinnäytetyön aiheen valintaan vaikuttivat suuresti mm. yleistyvät sisäilman laadulliset ongelmat ja kiinnostus LVI-tekniikkaan ja hirsirakentamiseen. Tarkoituksena on lisätä ihmisten tietoisuutta aiheesta sekä selvittää painovoimaisen ilmanvaihdon toteutusmahdollisuudet nykyaikaisissa hirsitaloissa. Työhön valittiin koneellinen ja painovoimainen ilmanvaihto, koska nämä ovat kaksi usein esillä olevaa ilmanvaihtomenetelmää. Näiden kahden vertailun toivotaan tuovan ihmisten tietoisuuteen paljon sellaisia asioita, joiden etsinnän moni taloa rakentava voisi kokea hankalana ja työläänä. Tämän seurauksena valinta herkästi tehdään sen pohjalta mitä suositellaan tällä hetkellä.

Tärkeä osa opinnäytetyön tavoitetta sekä rakennusinsinöörien uraa on ohjata ihmisiä rakentamaan taloja, jotka kestävät aikaa. Lisäksi ohjata ihmisiä tekemään valintoja, joiden vaikutuksen he itse ymmärtäisivät. Rehellisyys eri vaihtoehtojen mahdollisista ongelmista tulisi olla kaikkien tiedossa. Tämä edesauttaisi riitatilanteiden ja väärinkäsitysten vähentymistä, kun tiedostettaisiin mahdolliset riskit. Aihe on rakennusalalla ajankohtainen ja tärkeä, sillä tarkoitushan on tuottaa ja rakentaa terveitä ja turvallisia asuntoja kaikille, ottaen huomioon myös nykyisten määräysten täyttäminen.

Työn tavoitteena on tuoda esille kahden eri ilmanvaihtomenetelmän hyvät ja huonot puolet sekä selvittää minkä verran ihmiset tällä hetkellä tietävät aiheesta ja siitä miten oma aktiivisuus ja tiedon määrä vaikuttavat asumismukavuuteen. Tarkoituksena on siis lisätä ihmisten tietoisuutta, jotta voitaisiin ehkäistä tiedonpuutteesta johtuvat käyttövirheet ja sitä kautta mahdolliset ongelmat, joita voisi esiintyä. Jokaisen hirsitalossa asuvan on tärkeä edes jollain tasolla ymmärtää perusasiat ilmanvaihdosta ja hirren toimivuudesta rakennusmateriaalina, jotta rakennuksen omistaja saisi mahdollisimman pitkäikäisen ja korjausvapaan talon. Hirsirakentamisen ymmärtämiseksi työssä on käsitelty myös hirren toimintaa ja hirsirakennusten tiiveyttä.

Koneellinen ilmanvaihto ei suinkaan ole aina se vaihtoehto, joka omaan taloon haluttaisiin mutta miten edetä, jos valinta olisikin painovoimainen ilmanvaihto? Työllä halutaan apua tähän ongelmaan. Jokaisella on oikeus tietää vaihtoehdot taloa suunniteltaessa ja nähtävä konkreettisesti mitä omista valinnoista seuraa, hyvässä ja pahassa. Tutkimusta tehdessä heräsi kysymys; voiko ihmisen tietämättömyys pahimmillaan pilata luonnostaan hyvin toimivan ja terveellisen rakennuksen?

Työssä tuodaan karkealla tasolla esille ilmanvaihdon hankinta- ja elinkaarikustannuksia, joissa on muutamia eroja koneellisen ja painovoimaisen välillä. Kyseessä on tietysti vain yksi osa koko rakennuksen kustannuksista, mutta lähtökohtaisesti hirsirakennus on pitkäikäinen ja kestää sukupolvelta toisella. Tavoiteltaessa rakennuksen pitkäikäisyyttä, tulisi kiinnittää huomiota elinkaarikustannuksiin, hankintakustannusten jäädessä toiselle sijalle.

3.2 Tutkimusongelma

Opinnäytetyön tutkimuskysymys on; mikä ilmanvaihtotapa olisi parhaiten hirsitaloon sopiva? Tutkimusongelma käsittelee ihmisten tiedon puutetta sekä painovoimaisen ilmanvaihdon tarjonnan puutetta ja sen toteutettavuuden tilannetta. Monimuotoisuutta lisää kiristyneet määräykset rakennuksen ilmanvaihtoa, energiatehokkuutta ja tiiveyttä koskien. Nämä vaikeuttavat varsinkin painovoimaisen ilmanvaihdon toteutettavuutta. Varmin vaihtoehto on tehdä rakennukseen koneellinen ilmanvaihto, jolla määräykset täyttyvät helpoiten.

Yleisesti koneellinen ilmanvaihto on se, mitä suositellaan ja tällöin ostaja kokee helposti, ettei muita vaihtoehtoja ole. Tämä saa aikaan kehän, josta pois pääsevät vain ne, jotka tietävät ja osaavat etsiä vaihtoehtoja ja mahdollistavat omalla osaamisellaan sellaisten toteutettavuuden.

Onko ihmisten tiedonpuutteen syynä hankalasti etsittävä paikkansa pitävä tieto, mielenkiinnon puute vai välinpitämättömyys? Jatkuvasti muuttuvat määräykset ja menetelmät voivat aiheuttaa päänvaivaa taloa ostettaessa ja tukahduttaa mielenkiinnon tiedon hankkimiseen. Voiko talon ostaja vaatia kotiinsa erilaista ilmanvaihtotapaa, jos ei talotoimittaja suosittele sitä? Hankaloittaako ihmisten tiedon lisääminen talojen myyntimarkkinoita? On myös mahdollista, että mielenkiinto herää, kun asumismukavuus huononee merkittävästi, ongelmia ilmenee ja korjauskustannukset nousevat huomattavasti.

Toinen suuri ongelma on tarjonnan puute. Mikäli ostaja haluaisi erilaisen ilmanvaihtomenetelmän, mutta kukaan ei lähde toteuttamaan tai auttamaan ostajaa niin kyseinen vaihtoehto joudutaan automaattisesti sulkemaan pois. Toisaalta tuottajien olisi vastattava eri vaihtoehtojen kysyntään, vaikka sitä olisi suhteessa vähemmän kuin käytetyimmällä vaihtoehdolla. Tarjonnan puuttumisen suurin syy lienevät nykyääräykset, jotka vaikeuttavat toteutusta. Ovatko vaihtoehdot tämän myötä vähenemässä vai kenties lisääntymässä?

3.3 Tutkimusmenetelmät

Onnistunut tutkimus ja tutkimustulosten hyödynnettävyys riippuu siitä, miten laadukkaasti tutkimus on tehty. Tähän ei vaikuta se mitä tutkimusmenetelmää on käytetty vaan laatu on täysin riippuvainen tutkijan taidoista. Tutkimusmenetelmää ei valita työn tekijän tahdon mukaan, vaan itse tutkimusongelma, tutkimuskysymykset ja tietointressi vaikuttavat menetelmän valintaan. Myös työn toimeksiantajan odotukset ohjaavat useasti tutkimusmenetelmän valintaa. Tutkimusmenetelmät ovat ainoastaan välineitä tutkimuksen toteuttamiseksi. (Vilkkä 2005, 51-52.)

Tutkimustyyppi

Opinnäytetyössä tutkimustyyppiä valikoitui tapaustutkimus. Tavoitteena on kartoittaa tietoa siitä, mitä ilmanvaihtoa ihmiset tänä päivänä haluaisivat käyttää ja kuinka paljon he itse valitusta menetelmästä tietäisivät. Iso osa työtä on selvittää myös, mihin suuntaan suomalaiset hirsitaloalvalmistajat ohjaavat ihmisiä ja ylipäättään koota tietoa siitä, vieläkö koneelliselle ilmanvaihdolle voidaan taloalvalmistajien puolesta antaa vaihtoehtoja. Osaksi työtä haluttiin myös LVI-alan asiantuntijoiden mielipiteitä, koska yleensä ilmanvaihdon suunnittelee ja toteuttaa alan ammattilainen.

Kvantitatiivinen ja kvalitatiivinen tutkimus

Kvalitatiivisten menetelmien avulla saadaan syvällistä mutta heikosti yleistettävää tietoa ja kvantitatiivisella menetelmällä saadaan pinnallista, mutta luotettavaa tietoa. Parhaaseen tulokseen päästään käyttämällä molempia tutkimusmenetelmiä. Tämän vuoksi kvalitatiiviset menetelmät ovat hyödyllisiä tehtäessä esiselvityksiä. Tämä tieto voidaan sitten todentaa kvantitatiivisilla menetelmillä, jolloin saadaan parhaiten yleistettäviä tutkimustuloksia. (Alasuutari 2011, 231.)

Tässä opinnäytetyössä käytetään molempia tutkimusotteita. Työssä tehdyt kyselyt ihmisten tietoisuuden ja nykytilanteen selvittämiseksi tuovat työhön kvantitatiivista eli määrällistä tutkimusta ja vastaavasti asiantuntijoiden haastattelut ja lausunnot ovat kvalitatiivista eli laadullista tutkimusta. Näitä kahta tutkimusotetta käytettäessä pyritään saamaan aikaiseksi mahdollisimman monipuolinen ja laadukas työ.

Tutkimusaineiston kerääminen

Kvalitatiivisen tutkimuksen aineistonkeruumenetelmistä yleisimmät ovat kysely, haastattelu, havainnointi ja dokumentteihin perustuva tieto. (Tuomi & Sarajärvi 2013, 71.)

Työn aineistoa kerättiin tutkimalla aiheista löytyvää kirjallisuutta ja ympäristöministeriön asetuksia. Kuluttajien kiinnostuksen ja tietämyksen selvittämiseksi laadittiin kaksi erillistä kyselyä. Molemmat kyselyistä toteutettiin sosiaalista mediaa hyödyntämällä. Kyselyihin saatiin yhteensä lähes 300 vastausta, ympäri Suomea. Kyselyistä lisää työn kohdassa *10 Kuluttajakyselyt*. Työn teorian vertailukohdaksi haastateltiin seitsemää hirsitaloalvalmistajaa ja kahta lvi-alan asiantuntijaa. Haastattelujen vastaukset löytyvä kohdasta *9 Asiantuntijalausunnnot*.

4 Ilmanvaihdon nykymääräykset

Aikaisemmin käytössä ollut rakentamismääräyskokoelman (RakMK) osa D2 ”Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto” on korvattu vuoden 2018 alusta alkaen ympäristöministeriön asetuksella ”Uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta” 1009/2017. Asetuksen päämäärä on ylläpitää hyvä sisäilmasto sekä antaa suunniteluun joustavuutta ja pieniä vapauksia. Verrattuna aikaisemmin käytössä olleeseen RakMK D2:seen, nykyinen asetus sisältää vähemmän numeerisesti määritettyjä arvoja eikä siinä ole viittauksia muihin lakeihin, asetuksiin tai standardeihin. Syynä tähän on lainsäätäjien halu pidentää asetuksen voimassaoloa. Ristiriitojen välttämiseksi uudistuksen myötä on korjattu myös joitain aikaisemmin ilmenneitä päällekkäisyyksiä. Tehdyt muutokset korostavat suunnittelijoiden vastuuta ja osaamista. Vastuun kasvaessa on suunnittelijan oltava valmis myöskin perustelemaan omat ratkaisunsa rakennusvalvonnalle sekä tilaajalle.

Asetuksen mukaisesti jokaisen uuden rakennuksen on soveltamisalan puitteissa täytettävä nämä ehdot. Sisällöstä saadaan lähtökohta, jonka pohjalta jokainen alan ammattilainen suunnittelee, toteuttaa ja valvoo työtään. Rakennusten ilmanvaihdon toteutuksesta on asetuksessa kerrottu seuraavaa;

”8 §

Ilmanvaihto

Ilmanvaihdon on toteutettava terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilman laatu oleskelutiloissa. Ilmanvaihtojärjestelmän on tuotava rakennukseen riittävä ulkoilmavirta ja poistettava sisäilmasta terveydelle haitallisia aineita, liiallista kosteutta, viihtyisyyttä haittaavia hajuja sekä ihmisistä, rakennustuotteista ja toiminnasta sisäilmaan aiheutuvia epäpuhtauksia.

Ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltava siten, että:

- 1) valitun ilmanvaihtojärjestelmän toiminnan kannalta keskeisiä toimintoja voidaan mitata, ohjata ja seurata;*
- 2) oikein käytettynä, huollettuna ja kunnossapidettynä järjestelmä kestää toimintakuntoisena suunnitellun käyttöiän;*
- 3) järjestelmän toiminta voidaan kokonaisuudessaan pysäyttää. Koneellisessa järjestelmässä on oltava selvästi merkitty pysäytyskytkin, jonka on oltava helposti saavutettavassa paikassa. Painovoimaisessa järjestelmässä ilmanvaihtoventtiilien on oltava helposti suljettavissa.”*

Sekä lisäksi ilmavirtauksista ja niiden ohjauksesta;

”9 §

Ulkoilmavirrat

Eryyissuunnittelijan on mitoitettava ilmanvaihtojärjestelmä siten, että oleskelutiloihin voidaan johtaa terveellisen, turvallisen ja viihtyisän sisäilman laadun edellyttämä ulkoilmavirta. Oleskelutilojen ulkoilmavirraksi on mitoitettava vähintään 6 dm³/s henkilöä kohti suunniteltuna käyttöaikana, jos tilan käyttötarkoituksesta ei aiheudu lisäilmavirran tarvetta. Koko rakennuksen ulkoilmavirraksi on mitoitettava kuitenkin vähintään 0,35 (dm³/s) /m² lattian pinta-alaa kohden suunniteltuna käyttöaikana, jos rakennuksen tilan käyttötarkoituksen erityisluonteesta ei aiheudu lisäilmavirran tarvetta. Asuinhuoneiston ulkoilmavirraksi on mitoitettava kuitenkin vähintään 18 dm³/s.”

" 10 §

Ilmavirtojen ohjaus

Ilmavirtoja on voitava ohjata kuormituksen tai ilman laadun mukaan käyttötilannetta vastaavasti.

Asuinhuoneiston ilmavirtojen ohjaus on suunniteltava niin, että tulo- ja poistoilmavirtoja voi ohjata joko rakennus- tai asuntokohtaisesti siten, että niitä voidaan tehostaa vähintään 30 prosenttia suuremmaksi kuin suunnitellun käyttöajan ilmavirrat. Jos ilmanvaihtoa voi ohjata asunto-kohtaisesti, asuinhuoneiston tulo- ja poistoilmavirtoja voidaan pienentää enintään 60 prosenttia suunnitellun käyttöajan ilmavirroista."

Asetuksesta käy ilmi myös seuraavat asiat;

"20 §

Ilmanvaihtojärjestelmän tiiviys- ja lujuusvaatimus

Rakennuksen painovoimaisen tai koneellisen ilmanvaihtojärjestelmän on oltava luja ja tiiviydeltään vähintään tiiviysluokkaa B. Jos poistoilmassa on merkittävästi muita kuin ihmisperäisiä epäpuhtauksia, on tiiviysluokan oltava vähintään C."

"20 §

Ilmanvaihtojärjestelmän tiiviys- ja lujuusvaatimus

Painovoimaisessa ja koneellisessa ilmanvaihtojärjestelmässä ilmakanavien jäykistys ja kannatus on suunniteltava siten, että kanavat pysyvät tukevasti paikallaan ja kestävät ilmanvaihtojärjestelmässä esiintyvät painevaihtelut, puhdistuksen ja muut rasitukset."

" 21 §

Ilmavirroista aiheutuvat paineet ja rakenteiden ilmanpitävyys

Eriyissuunnittelijan on suunniteltava rakennuksen ulko- ja ulospuhallussilmavirrat siten, ettei rakenteisiin aiheudu ylipaineen vuoksi rakenteita vaurioittavaa pitkäaikaista kosteusrasitusta eikä alipaineen vuoksi epäpuhtauksien siirtymistä sisäilmaan.

Pääsuunnittelijan, erityissuunnittelijan ja rakennussuunnittelijan on tehtäviensä mukaisesti suunniteltava rakennuksen vaipan ja sisärankenteiden ilmanpitävyys ja hormivaikutuksen hallinta siten, että edellytykset ilmanvaihdon toiminnalle voidaan varmistaa ja vältetään rakenteissa olevien epäpuhtauksien, maaperässä olevien epäpuhtauksien ja radonin siirtymistä sisäilmaan ja vältetään kosteuden siirtymistä rakenteisiin.”

Myöskin rakennuksen sisäilmaa koskevia säädöksiä löytyy;

” 5 §

Sisäilman laatu

Sisäilmassa ei saa esiintyä terveydelle haitallisessa määrin hiukkasmaisia epäpuhtauksia, fysikaalisia, kemiallisia tai mikrobiologisia tekijöitä eikä viihtyisyyttä jatkuvasti heikentäviä hajuja.

Sisäilman hiilidioksidin hetkellisen pitoisuuden suunnitteluarvo huonetilan suunniteltuna käyttöaikana voi olla enintään 1450 mg/m³ (800 ppm) suurempi kuin ulkoilman pitoisuus.”

”6 §

Sisäilman kosteus

Sisäilman kosteuden on pysyttävä tilojen suunnitellun käyttötarkoituksen mukaisissa arvoissa sisäilman kosteudesta aiheutuvia kosteusvaurioita, mikrobien kasvua tai terveydellistä haittaa välttäen.”

(1009/2017 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmasta ja ilmanvaihdosta 2018.)

5 Hirsi rakennusaineena

Historia

Teollinen hirsirakentaminen on aloitettu Suomessa 1950-luvulla keskittyen pääosin vapaa-ajan asuntoihin. Vanhin Laatokan läheltä löydetty hirsikehikko on kuitenkin noin 1200-vuotta vanha. Kyseessä on siis todella vanha ja nykypäivänäkin suosittu rakennusmateriaali, jonka toiminta perustuu puun lämmönjohtokykyyn, ominaislämpökapasiteettiin sekä hengittävyys. Vuoden 2003 alusta alkaen rakennuksen seinien lämmöneristävyys on ilmoitettu U-arvona, joka ei ole hirsiseinällä yhtä korkea kuin perinteisellä puurunkoisella, ulkopuolelta paneloidulla tai muuratulla seinällä. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että hirsi olisi huono ja epäedullinen vaihtoehto energiatehokkuutta ajatellen. Hirsiseinän lämmönjohtokyky on heikko ja vastaavasti sen ominaislämpö suhteellisen korkea, tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että hirsiseinä lämpenee hitaasti mutta se myös luovuttaa lämpöä hitaasti pois. Tästä johtuen lämpö vapautuu tasaisesti ja seinän pintalämpötila on muihin verrattuna hieman korkeampi. (Lauharo 2002, 17-18.)

5.1 Hirsityypit

Lamellihirsi

Puuaineiden ominaisuudet ovat luonnostaan sijoittuneet niin, että puu kestäisi sään ja ympäristön aiheuttamat kuormitukset mahdollisimman hyvin. Lamellihirsi mahdollistaa puun ominaisuuksien muokkaamisen vaatimuksia vastaavaksi. Tärkeimmässä asemassa näitä ominaisuuksia muokatessa on lamellien asento ja liimaussauman suunta. Näillä tekijöillä voidaan vähentää hirren halkeilua, minimoida hirren painuminen sekä lisätä hirren kestävyttä. (Lauharo 2002, 90.)

Lamellihirsi on tällä hetkellä selvästi suosituin hirsityyppi, jonka seurauksena yksipuinen massiivihirsi on jäämässä teollisuudessa vähemmälle tuotannolle. Suosioon on vaikuttanut hirren vähentynyt eläminen ja mahdollisuus visuaalisuuden muokkaukseen sekä raaka-aineen helpompi saatavuus verrattuna massiivihirteen.

Lamellien liimaussuunnalla voidaan vaikuttaa hirren kantavuuteen, halkeiluun ja painumaan. Tuotannossa pystytään vaikuttamaan myös materiaalin visuaaliseen laatuun, jolla saadaan varmistettua mm. seinäpintojen virheettömyys ja tasalaatuisuus. Lamellihirsillä ei ole tutkitusti todistettuja huonoja ominaisuuksia, jollei talon ostajaa lähtökohtaisesti häiritse esimerkiksi tuotannossa käytetty liima. Teollisesti valmistettu lamellihirsi mahdollistaa liki 300 mm paksun hirsiseinän valmistuksen ja on massiivisen rakenteensa ansiosta kantavuudeltaan ja eristävyydeltään erittäin hyvä rakennusmateriaali. (Kontiotuote Oy 2019.)

Pyöröhirsi

Pyöröhirsi on Suomessa myöskin teollisesti valmistettava hirsilaatu. Moni mieltää hirsitaloista puhuttaessa, että kyseessä olisi juurikin pyöröhirsistä rakennettu talo. Näitä perinteitä kunnioittavia hirsiiä voidaan valmistaa kahdella eri tapaa, yksinkertaisesti valitaan suorita tukkeja, joista tehdään tasapaksuisia sorvaamalla tai vastaavasti sahaamalla tukeista parruja, joista tehdään pyöreitä sorvaamalla tai höyläämällä. Pyöröhirsi on lujuusluokitukseltaan suhteellisen kestävä, yleisesti C30. Tämä luokitus perustuu ensimmäisenä mainitsemaani valmistustapaan, jossa puun ydin sijaitsee hirren keskellä ja puun sytyt jatkuvat katkeamatta hirren päästä päähän. Toisen tavan ongelmia ovat mm. puun syiden katkeaminen, lujuuden aleneminen, kieroutuminen sekä kuivumiskutistumisesta aiheutuva halkeilu. (Lauharo 2002, 111.)

Höylähirsi

Höylähirret valmistetaan yhdestä sydänkeskeisestä sahatavarakappaleesta. Höylähirsi on aihion kokonsa takia vaikeampi kuivata lopullista käyttökosteustilaa vastaavaan kosteustilaan ja tämä on osasy siihen, miksi hirsi kutistuu enemmän verrattuna esimerkiksi lamellihirsiin. Kutistumisesta aiheutuvia halkeamia voidaan tavallisessa höylähirressä vähentää urituksilla, joka tehdään hirren varaukseen. Näistä urista huolimatta höylähirressä esiintyy aina hiushalkeamia, eikä niitä voida poistaa tai estää syntymästä. Lamellihirteen verrattuna höylähirren etuja ovat helppo valmistettavuus sekä luonnollinen ulkonäkö.

Tälläkin hirsityypillä on kuitenkin haittapuolensa, joista merkittävimmät ovat; suurempi kutistuminen, josta seuraa suuremmat painumat rakenteessa, hirren kokoon suhteutettuna heikommat lujuusominaisuudet sekä raaka-aineesta riippuen kierous ja kestävyys. Lujuusluokkana höylähirsi on yleisesti C24 eli heikompaa kuin esimerkiksi pyöröhirsi. (Lauharo 2002, 112.)

Höylähirren lujuusluokkaa voidaan kuitenkin materiaalin lujuuslajittelulla hieman korottaa. Tämän lajittelun tarkoitus on poistaa tuotantoa haittaavia muotovikoja, kuten oksia, jotka heikentävät rakennetta. Näitä lujuuteen vaikuttavia tekijöitä tulisi tarkastella varsinkin silloin, kun hirreltä vaaditaan erityistä rakenteellista lujuutta, kuten harja- eli kurkihirressä. (Lauharo 2002, 112.)

5.2 Lamellihirsien liima

Kontiotuote Oy käyttää lamellihirsien liimaukseen polyuretaaniliimaa PURBOND® HB 110. Purbond -liima on kansainvälisesti sertifioitu. Purbond -liimojen käyttö puutuotteissa on hyväksytty DIN 1052- ja Eurocode 5 -standardien nojalla. Liiman valmistaja pyrkii tuotannossaan ekoystävälliseen tuotantoon ja terveellisiin elinympäristöihin.

Liimauksessa tapahtuvan kemiallisen reaktion seurauksena liiman reaktiiviset ja terveydelle haitalliset isosyanaattiyhdisteet muuttuvat täysin vaarattomiksi polyuretaani- ja polyureamuoveiksi. Liimasaumoissa oleva kovettunut liima on siis edellä mainittua muovia. Tämän muovin ainesosia tai itse muovia käytetään miljoonia tonneja vuodessa mm. huonekalujen vaahtomuoveissa, eristysaineena ja autoteollisuuden muoveina. Käytön laaja-alaisuus nimenomaan asumisen yhteydessä kertoo osaltaan kyseisen muovin, samoin kuin kovettuneen liiman toksikologisesta harmittomuudesta. Tämän todistamiseksi liimalla ja sillä liimatuilla kappaleilla tehtiin erilaisia kokeita saksalaisissa tutkimuslaitoksissa. Kokeet keskittyivät selvittämään, syntyykö liimauksesta ilmaan isosyanaatti- tai formaldehydipäästöjä. Tehdyissä kokeissa saatiin tuloksia liiman harmittomuudesta. Siitä ei syntynyt ilmaan mitattavissa olevia isosyanaattipäästöjä eikä siitä myöskään voi syntyä formaldehydipäästöjä.

Myöhemmin tehty tutkimus osoittaa myös, että polyuretaaniliimalla valmistettuja liimapuita voidaan päästöjen osalta verrata täysin luonnonmukaisessa tilassa olevaan täyspuuhun. (Kontiotuote Oy 2019)

Kontiotuote Oy:n lamellihirret valmistetaan tehtaalla tiukan laadunvalvonnan ja testauksen alaisena. Laadun takeeksi tehtaalle on myönnetty eurooppalainen tekninen hyväksyntä (ETA-05/0119) ja CE-merkin käyttöoikeus koko hirsirakennuksen suunnittelu- ja valmistusprosessin osalle. Lamellihirsien jokaisesta liimauserästä otetaan koekappaleet tehtaalla tehtävään delaminointi testiin. Testissä lamellihirren kappale kostutetaan ensin vesihöyryllä erittäin märeksi ja laitetaan sen jälkeen uuniin nopeaan kuivatukseen, jolloin puun eläminen on erittäin voimakasta ja liimasauma joutuu siten myös äärimmäiseen rasitukseen. Luonnollisen massiivipuun ja polyuretaaniliimalla käsitellyn puun vertailtavuuden on todistanut Tampereen tekninen yliopisto 2010 tekemässään tutkimuksessa (TRT/1863/2010). Tutkimuksessa käytetty verkko-maisen pinnan muodostava Purbond liimasauma ”jarruttaa” vesihöyryn kulkua tutkitusti yhtä paljon kuin 25 mm paksuinen lauta. Tämä auttaa säilyttämään puun luonnolliset ominaisuudet hirsiseinän hengittävyyden suhteen myös lamellihirsiä käytettäessä. Kokemus polyuretaanimateriaaleista eri käyttöalueilla on osoittanut, että sitten kun liima on kuivunut, siitä tulee täysin reagoimaton, eivätkä ympäristön aineet vaikuta siihen mitenkään. (Kontiotuote Oy)

Kontion lamellihirren valmistukselle on myönnetty sertifikaatti, jota valvoo Finotrol Oy, joka on Suomen suurin puutuotteiden sertifioija. (Kontiotuote Oy) Finotrol Oy:n internetsivuilta on löydettävissä kaikki myönnetyt sertifikaatit. (Myönnetyt sertifikaatit 2019.) Käytettävien liimojen käyttöturvallisuutta valvoo Suomessa Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes. (Käyttöturvallisuustiedote 2019.)

5.3 Hirren elinkaari

Pohjoisiin ilmasto-olosuhteisiin täydellisesti mukautuva hirsi on rakennusmateriaalina luonnonmukainen, kestävä ja sisäilman laatua parantava. Rakennusalalla hirrestä onkin tullut osa kestävästä kehitystä.

Hirsitalojen tuotantoprosessi alkaa hyvin hoidetuista suomalaisista metsistä, joissa suoritetaan puunkaato ja -korjuu. Sieltä tukit kuljetetaan sahalaitekselle, jossa ne kuoritaan ja tarpeen mukaan sahataan sekä kuivataan. Tämän jälkeen puut kuljeteaan hirsitalotehtaalle, jossa itse valmistus aloitetaan. (Hirsitaloteknologia 2019.)

Opinnäytetyössä käsitellään toimeksiantaja Kontiotuote Oy:n tuotantoa. Lamelli-hirsien tuotanto on suhteellisen yksinkertainen prosessi. Ensimmäisenä tehtaalle saapumisen jälkeen on edessä puiden mittaus ja sen jälkeen siirto sahalle. Sahauksen jälkeen suoritetaan kuivaus ja sormijatkosten tekeminen. Sormijatkosten ansiosta hirret voivat olla jopa 12 metriä pitkiä. Seuraavaksi tehdään lamellien liimaus ja hirsien höyläminen. Kontiotuote Oy:n tuotannossa käytetään polyuretaaniliimaa, josta ei tutkimustulosten mukaan muodostu sisäilman terveyttä haittaavia päästöjä. Liimauksen jälkeen hirsiiin tehdään salvoslinjat eli mahdolliset nurkkaliitokset, jonka jälkeen hirret pakataan lähetystä ja kuljetusta varten. Tämän luvun lopussa on tuotanto esitettyä kaavion kautta. Kontio jalostaa 100% kaatamastaan puusta ja tämän takia tehtaalta lähtee hirsien lisäksi monia muitakin puutavaroita talotoimituksen matkaan. Työssä keskityttiin vain hirsien tuotantoon. Tuotannossa käytetystä liimasta enemmän opinnäytetyön luvussa 4.4. (Kontiotuote Oy 2019.)

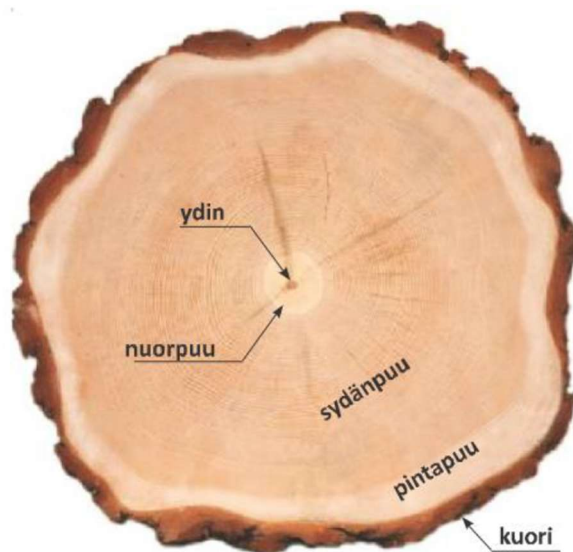
LAMELLIHIRREN TUOTANNON PROSESSIKAAVIO:



Kuva 1. Lamelli-hirsien tuotannon prosessikaavio. Kontiotuote Oy

Moni asia vaikuttaa siihen, kuinka nopeasti hirsi saadaan metsästä ostajan rakennustyömaalle. Kontiotuote Oy pyrkii ostamaan sertifioituja tukkeja vain tarpeeseen ja tähän perustuen tuotantoketjun pituus metsästä valmiiksi tuotteeksi on noin 2-3 kuukautta. Joskus toki tämän prosessin läpivieminen saattaa kestää vain muutamia viikkoja, mutta ei ole realistista ajatella, että tuotanto pyörisi vastaavalla tahdilla koko ajan. Nopea tuotanto on saumattoman yhteistyön ja monen hyvin sujuneen vaiheen summa.

Käytetyt puut ovat nykyisin vain ja ainoastaan suomalaista arktista mäntyä, hankinta-alueen painottuessa Kainuun pohjoisosien ja keskilapin väliselle alueelle. Arktisen männyn käyttö perustuu sen ominaisuuksiin, jotka ovat lyhyen kasvukauden ja ankarien sääolosuhteiden aikaansaamia. Parhaimpana tätä puulajia pidetään sen tiuk-
kasyisyyden ja suuren sydänpuun ansiosta (kuva 6). Puulle ominaisessa halkeilussa, painumisessa ja lahonkestävyydessä arktinen mänty on täysin ylivoimainen verrattuna muihin puulajeihin. (Kontiotuote Oy 2019.)



Kuva 2. Puun rakenne

Hirren elinkaaren pituutta miettiessä, ei tule vastaan yhtä ja tiettyä vastausta. Moni kuvailee hirsitalon säilyvän sukupolvelta toiselle ja tämä onkin varmasti paras tapa kuvailla elinkaaren pituutta. Mikäli hirren maksimaalista elinkaarta arvioidaan liimatun hirren kestävyiden perusteella, ei siihen liene varmaa vastausta kellään.

Yleinen käsitys on, ettei se poikkea millään tavoin yksipuolisesta hirrestä. Olennaista elinkaaren kannalta on hirsirakennuksen suojaaminen pitkään viipyvältä märkyydeltä, josta seurauksena on lahoaminen. Ulkopinnat toki voivat kastua sateesta, mutta ne myös kuivuvat kohtuullisessa ajassa.

Hyvin säilyneitä hirsirakennuksia tunnetaan satojen vuosien takaa, vaikka sen aikainen perustusten tekniikka ei välttämättä ole suojannut hirsii kovin hyvin maastanousevalta kosteudelta eikä myöskään vesikattorakenteet ole vastanneet nykypäivää. Hirsirakentamisen pitkä elinkaari on nähtävillä vielä tänäkin päivänä, sillä esimerkiksi Tervolan vanha hirsikirkko on rakennettu vuonna 1687 ja se palvelee tervolalaisia yhä tänäkin päivänä. (Kontiotuote Oy 2019.)

5.4 Nykytilanne ja energiatehokkuus

Hirsirakentaminen on muuttunut vuosien saatossa käsin veistetyistä hirrestä teollisesti valmistettavaan lamellihirteen. Tätäkin rakentamistapaa ja sen kehityksen suuntaa ohjaa Suomen maankäyttö- ja rakennuslaki. Tammikuussa 2018 voimaan astunut ympäristöministeriön asetus ”uuden rakennuksen energiatehokkuudesta” 1010/2017, ohjaa valmistajia kehittämään uusia ratkaisuja hirsitalojen tiivistämiseen ja energiatehokkuuteen. E-luvun laskeminen uudiskohteille on pakollista lain nojalla. Energiatodistuksesta enemmän tietoa ympäristöministeriön asetuksessa 1048/2017.

Laskentaan vaikuttaa oleellisesti rakennuksen ilmanvaihto, lämmitysjärjestelmä, rakenteiden lämmönläpäisykertoimet mukaan lukien ovet ja ikkunat sekä ilmatiiveys ja kokonaislämpöhäviö. Hirsitalojen valmistajat ovat joutuneet kehittämään menetelmiä hirsiseiniä ilmatiiveyden parantamiseksi, jotta energialaskennan tulos saataisiin pysymään raja-arvoissa. E-luvun raja-arvot on asetuksessa esitetty seuraavasti;

” 4 §

Laskennallisen energiatehokkuuden vertailuluvun vaatimustasot käyttötarkoitukseluokittain

Laskennallinen energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku), jonka yksikkönä käytetään kWhE/(m² a), on energiamuotojen kertoimilla painotettu rakennuksen laskennallinen ostoenergiankulutus rakennuksen lämmitettyä nettoalaa kohden vuodessa. Rakennuksen käyttötarkoitukseluokan mukaisesti laskettu E-luku ei saa ylittää seuraavia raja-arvoja:” (kuva 3.)

Käyttötarkoitukseluokka	E-luvun raja-arvo kWh _E /(m ² a)
Luokka 1) Pienet asuinrakennukset:	
a) Erillinen pientalo ja ketjutalon osana oleva rakennus, joiden lämmitetty nettoala (A_{netto}) on 50–150 m ²	200–0,6 A_{netto}
b) Erillinen pientalo ja ketjutalon osana oleva rakennus, joiden lämmitetty nettoala (A_{netto}) on enemmän kuin 150 m ² kuitenkin enintään 600 m ²	116–0,04 A_{netto}
c) Erillinen pientalo ja ketjutalon osana oleva rakennus, joiden lämmitetty nettoala (A_{netto}) on enemmän kuin 600 m ²	92
d) Rivitalo ja asuinkerrostalo, jossa on asuinkerroksia enintään kahdessa kerroksessa	105

Kuva 3. E-luvun raja-arvot

Asetuksessa sanotaan rakennuksen ilmanpitävyydestä seuraavaa;

” 27 §

Rakennuksen ilmanpitävyys

Rakennuksen vaipan ilmanvuotoluku (q_{50}) voi olla enintään 4,0 m³/ (h m²). Ilmanvuotoluku voi ylittää arvon 4,0 m³/ (h m²), jos rakennuksen käytön vaatimat rakenteelliset ratkaisut sitä edellyttävät.”

Uuden rakennuksen ilmatiiveysmittaus on suoritettava, mikäli energiatehokkuuden laskelmissa halutaan käyttää pienempää arvoa kuin $q_{50} = 4,0 \text{ m}^3 / (\text{h m}^2)$. Mittaus suoritetaan tilapäisesti asennettavalla painelaitteistolla, jonka avulla rakennus ali- tai ylipaineistetaan. Paineen ja lämpökameran tai merkkisavun avulla nähdään rakennuksen vaipassa olevat ilmavuodot. Mittauksen lopputuloksena rakennukselle saadaan ilmavuotoluku (q_{ps}). Rakennuksen ilmatiiveys vaikuttaa rakennuksen energiakulutukseen ja asumismukavuuteen. (Ilmatiiveysmittaus 2019)

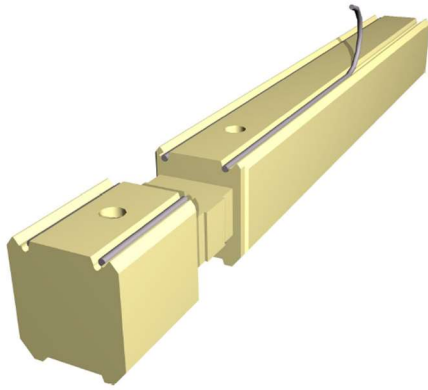
5.5 Hirsitalon tiivistäminen

Opinnäytetyössä käsitellään toimeksiantajan tiivistysohjeita. Hirsitalon toimitukseen sisältyy tiivistyspaketti, joka sisältää tuotteita hirsitalon ilmanpitävyyden parantamiseksi. Mukana tulevat myös tarkat ohjeet tiivistämisen toteutukseen sekä erillinen tarkistusasiakirja rakennusprojektin valvojalle, jonka avulla varmistetaan kaikkien työvaiheiden huolellinen suoritus ja hyväksytään työn laatu.

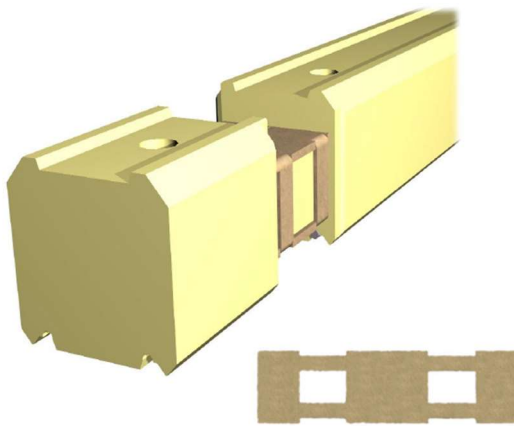
Ennen pintamateriaalien asennusta kohteessa suoritetaan tiiviysmittaus, olosuhteiden salliessa lämpökuvauksen avulla. Mittaus suoritetaan Kontiotuote Oy:n toimesta. Mittaukseen valmistaudutaan erillisen ohjeen mukaan.

Kontion rakentamistapaohjeet sisältävät ohjeistuksen hirsitalon tiivistämiseen. Ohjeissa käydään läpi mm. seuraavat asiat;

- sokkelikaistan asennus
- hirsikehikon ja perustusten väliin jäävien rakojen tiivistäminen
- sauma- ja salvoseristeen asentaminen (kuvat 4. & 5.)
- karalankun tiivistäminen
- Ikkunan ja oven pielieristeiden asentaminen
- Ikkunan ja oven sisäpuolen teippaaminen (tiivistysteippi)
- ikkunan ja oven painumavaran teippaaminen ulkopuolelta
- rossilattian ilmansulkumuovin tiivistäminen hirsiseiniin ja läpimeneviin putkiin
- maanvaraisen lattian lämmöneristeen tiivistäminen
- maanvaraisen lattian laatan tiivistäminen seiniin ja läpimeneviin putkiin
- katon ilmansulkumuovin tiiviiden varmistaminen
- yläpohjan läpivientien tiivistäminen ilmansulkumuoviin
- yläpohjan tiivistäminen ilmansulkulevyllä
- yläpohjan läpivientien tiivistäminen ilmansulkulevyyn
- kehäristikkoisen talon yläkerran ilmansulun rakentaminen
- ilmansulun tiiviiden huomioiminen pintaverhosten ja asennusten yhteydessä
- lopuksi suoritetaan vielä tiiviysmittaus ja tulosten tulkinta. (Kontiotuote Oy)



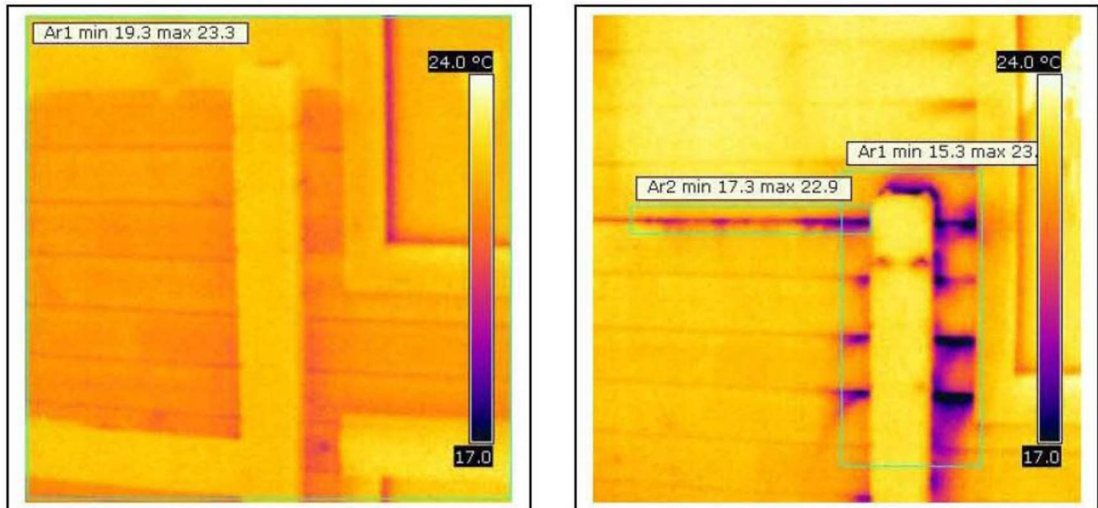
Kuva 4. Saumanauha



Kuva 5. Salvoseriste

5.6 Tiiviysmittaustulosten tulkitseminen

Rakennuksen vaippa ei ole koskaan täysin tiivis, joten pienet ilmavuodot tulee hyväksyä. Huomiota pitäisi kiinnittää siihen, kuinka tasaisesti vuotokohdat jakautuvat rakennukseen. Yksittäiset ja suuret vuotokohdat aiheuttavat vedon tunnetta ja huonontavat asumismukavuutta. Rakennuksen vaipan tiiviysmittaus on yleisesti hyväksytty tehtäväksi 50 Pascalin paine-erolla. Paineen avulla saadaan liioiteltua rakennuksen ilmavuotojen kohdat, jotka havaitaan lämpökuvauksessa. Kuvaus suoritetaan normaalitilanteessa sekä paineistettuna, jotta vuotokohdat havaitaan selvästi. 50 Pascalin alipaineessa tehty kuvaus on vahvasti liioiteltu, eikä siitä tule tehdä suurempia johtopäätöksiä rakennustyön laadusta. Alla kuvat havainnollistamaan tilannetta. (Kontiotuote Oy)



Kuva 6. Normaalipaine vs. 50 Pascalin alipaine (Kontiotuote Oy)

Mittaustuloksena saatu ilmanvuotoluku q_{50} kertoo sen, kuinka monta kuutiota ilmaa vuotaa yhden ulkovaipan neliön läpi tunnissa rakennuksen ollessa 50 Pascalin alipaineessa. Asumistilanteessa tällaista alipainetta ei pääse syntymään. Normaalisti rakennus on noin 0-10 Pascalin verran alipaineinen. Aikaisemmin esitetyn energiatehokkuusasetuksen mukaisesti ilmanvuotolukuna laskennassa tulee käyttää $q_{50} = 4,0 \text{ m}^3 / (\text{h m}^2)$, mikäli mittausta ei ole tehty. Kontiotuotteen hirsirakennuksilla tiiviysluvut asettuvat välille 0,2-2,0, joka on varsin hyvä. Energialuokka riippuu monesta tekijästä, mutta heillä hirsitalojen energialuokat liikkuvat välillä B-D. (Kontiotuote Oy)

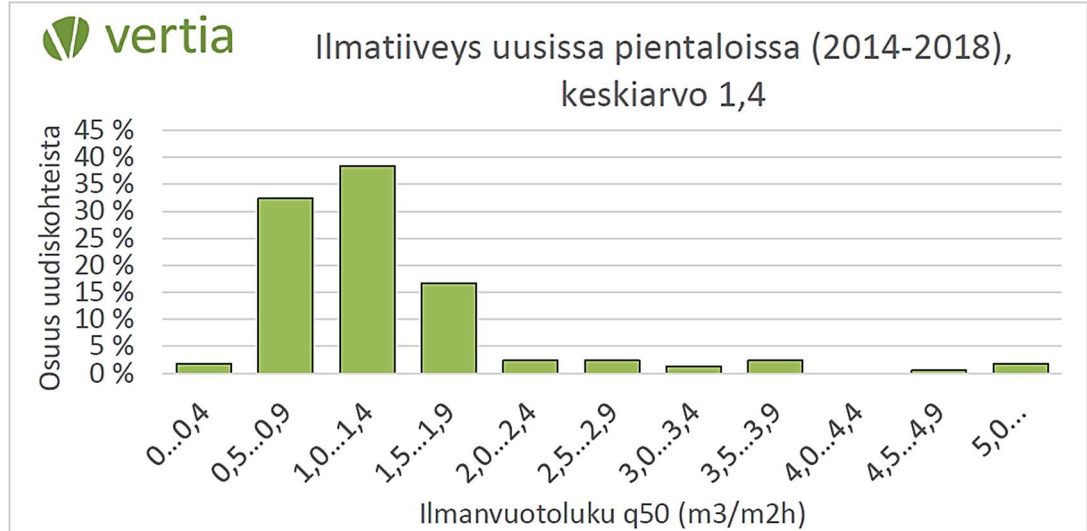
Alla olevassa taulukossa on esitetty rakennuksen ilmatiiviyyden vaikutus energiankulutukseen;

Ilmanvuotoluvun vaikutus tilojen lämmitysenergiantarpeeseen		
Tiiveys	Sanallinen arviointi	Energ.säästö
< 0,6	Oulun kaupungin tavoite	> 10 %
< 1,0	erittäin hyvä	7-10 %
1 - 2	hyvä	0...7 %
2	rak.määr. vertailutaso	0 %
2 - 3	tydyttävä	-0...-7 %
3 - 4	huono	-7...-14 %
4	erittäin huono	> -14 %

Kuva 7. Ilmanvuotoluvun vaikutus energiansäästöön

(Rakennusvalvonta, Oulu: tiiviyskortti)

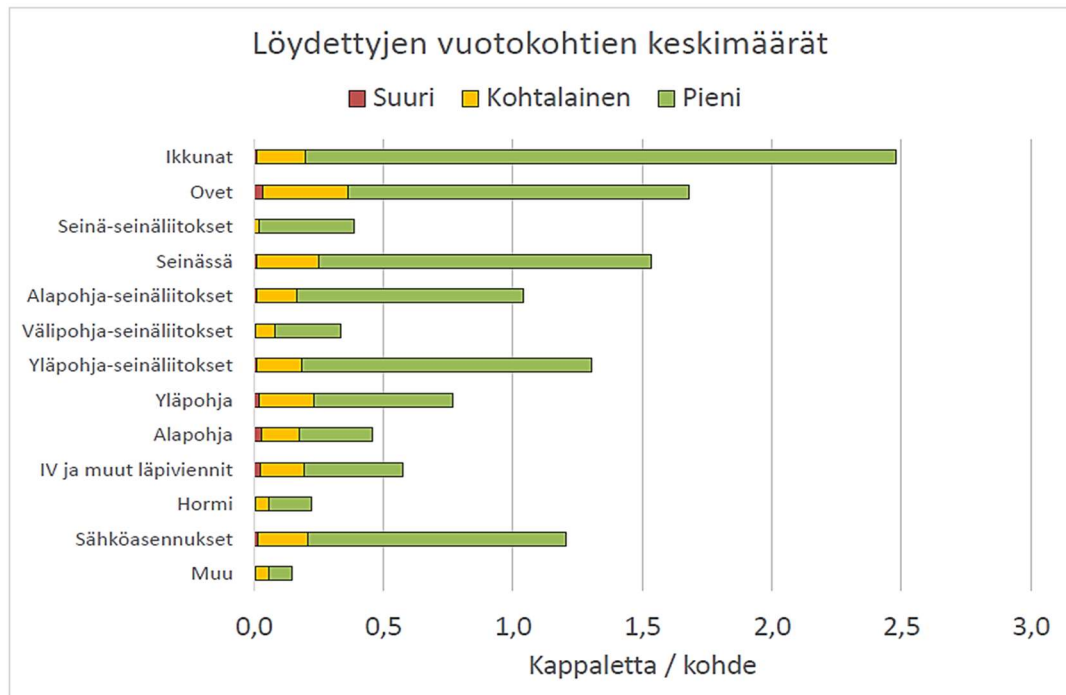
Vertailun vuoksi otan esille Vertia:n tekemästä tutkimuksesta pientalojen mitatut ilmapuotoluvut vuosilta 2014- 2018;



Otos 167 uutta pientaloa
Keskiarvo (q50) 1,40 (m3/h*m2)

Kuva 8. Ilmatiiveys uusissa pientaloissa 2014-2018 (Vertia Oy 2018.)

Yleisimmät vuotokohtat pientalojen rakenteissa



Otos 3937 kpl

Kuva 9. Pientalojen yleisimmät vuotokohtat (Vertia Oy 2018.)

Yllä oleva taulukko on Vertia:n tekemästä tutkimuksesta ”*Ilmatiiveys ja vuotokohtat uusissa rakennuksissa 1/2018*”. Taulukossa käsitellään pientalojen yleisimpiä ilmanvuotokohtia. Taulukko antaa viitteitä siitä, mihin kohtiin pientalojen tiivistämisessä pitää kiinnittää huomiota. Ilmavuodot huonontavat tiiviysmittauksesta saatua tulosta ja vaikuttavat sitä kautta rakennuksen energiatehokkuuteen.

6 Painovoimainen ilmanvaihto

Painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä on ollut aktiivisesti käytössä 1970-luvulle saakka. Järjestelmää kutsutaan toisella nimellä myös luonnolliseksi ilmanvaihdoksi. Nimi tulee järjestelmän toimintaperiaatteesta, jossa ilman siirtyminen sisältä ulos perustuu painovoimaan. Painovoiman aiheuttaa sisä- ja ulkoilman tiheyserot sekä ilmareitin korkeuserot. (Sandberg & Ripatti 2014, 114.)

Historia

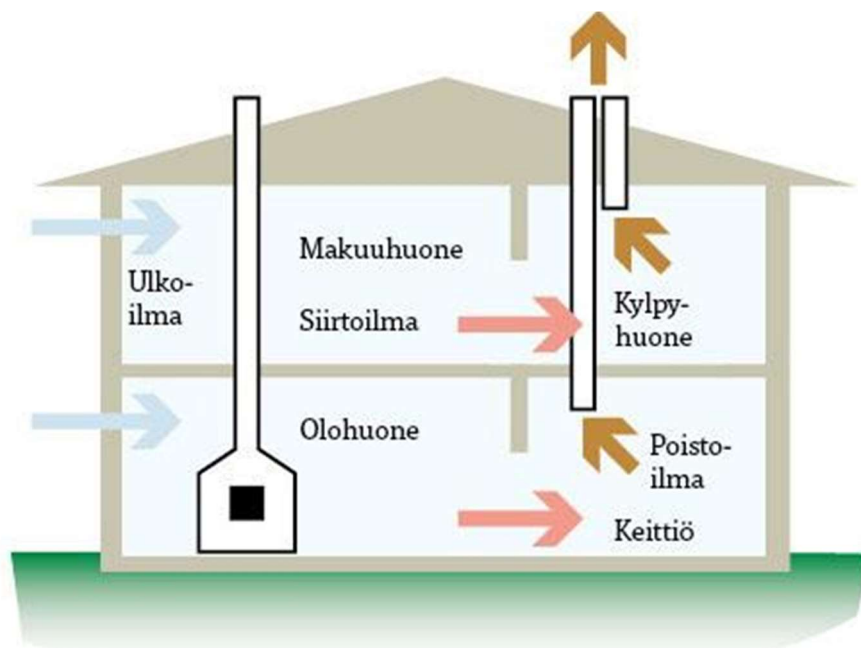
Painovoimainen ilmanvaihto on perinteisin hallittu ilmanvaihtomenetelmä. Alkujaan rakennuksissa ei varsinaisesti ollut ilmanvaihtoa, vaan ilma vaihtui lämmitettäessä ja satunnaisista rakennuksen aukoista. 1800-luvulla asuntoihin lisättiin uuneja, joita voitiin hyödyntää poistoilmanvaihdossa. Samaan aikaan aloitettiin varsinaisten poistohormien rakentaminen. Korvausilma saatiin rakennuksiin ikkunoiden ja ovien väliltä. Myöhemmin korvausilma otettiin ulkoseinissä olevien kanavien kautta. Korvausilmakanava ulkoseinän läpi muistutti Z-kirjainta, ollen ulkopuolelta alempana kuin sisäpuolelta ja seinän sisällä lähes pystysuora. Ulkopuolelle asennettiin verkkoja ja säleikköjä ja sisäpuolella oli luukut, joilla ulkoilmavirtaa voitiin säädellä. 1900-luvulla rakennuksiin tehtiin huonekohtaiset poistoilmahormit. 1940-luvun lopulta lähtien poistoilmakanavat sijoitettiin pääosin vain keittiöön, kylpyhuoneeseen ja WC:hen, ajatuksena tilan säästäminen. Ulkoilma tuli muiden huoneiden kautta esimerkiksi keittiön yleispoistoon, jolloin epäpuhtaudet kulkeutuivat ulos ilman mukana. 40- ja 50-luvuilla rakennuksessa oli mm. avattavat ikkunat, jotka mahdollistivat tehostetun ilmanvaihdon. Vielä nykyäänkin ikkunoiden avaaminen tuulettomana päivänä kesähelteellä voi olla ainut keino saavuttaa ilman vaihtuvuus. (Ketola 2014, 8-9.)

Perustietoa järjestelmästä

Painovoimainen ilmanvaihto tulisi LVI-suunnittelussa perustaa keskimääräiseen ulkoilämpötilaan ja tuulen nopeuteen vuoden lämpimimmän kuukauden aikana, jotta voitaisiin taata riittävä ilmanvaihto kesäkuukausina tiiviimmissä nykytaloissa. Mitoituskalkelmat tulisi toteuttaa myös samalla periaatteella vuoden kylmimmän kuukauden keskilämpötilalla ja tuulen nopeudella, jotta voitaisiin välttää liiallinen ilmanvaihto. Liian suurin ilmavirtoihin tulisi silti varautua ja suunnitelmissa nämä varautumiskeinot on esitettävä. (Korkala 2016, 184.)

Järjestelmässä oleellista on paine-eron muuttuminen vuodenaikojen vaihdella. Ilman lämpötila vaikuttaa myös tiheyteen, joka taas puolestaan vaikuttaa paineeroihin. Talvisin paine-ero on suurimmillaan kovilla pakkasilla.

Vastaavasti kesällä paine-ero voi olla jopa negatiivinen. Tuuli vaikuttaa myös oleellisesti järjestelmän toimintaan. Yleensä painovoimaista ilmanvaihtoa käytettäessä keittiö, pesuhuone, WC, pukuhuone ja sauna varustetaan poistoilmaventtiileillä, jonka kautta poistettava ilma saadaan kuljetettua hormia tai kanavaa pitkin vesikatolle. (Sandberg & Ripatti 2014, 114.)



Kuva 10. Painovoimainen ilmanvaihto (Ilmanvaihtojärjestelmät 2019.)

6.1 Käyttäjän vaikutukset

Rakennuksen käyttäjä voi vaikuttaa ilmanvaihdon toimivuuteen eniten ikkunatuuletuksella, jonka aikana ulkoilmanvaihto on moninkertainen verrattuna perustilanteeseen. Päällimmäinen syy tuuletustarpeeseen tulee ihmisen kokemasta tunkkaisesta ilmasta ja liian korkeasta lämpötilasta, jota esiintyy uusissa rakennuksissa yleensä makuuhuoneissa. Kuitenkaan ilmanvaihtoa ei voida mitoittaa niin, että oletetaan asukkaan tuulettavan aina tietyllä tapaa. Tarve on yksilöllinen ja perustuu kokemuspohjaan. Tuuletustarvetta vähentää yleensä henkilöiden pysyminen kotona päiväsaikaan, sade ja sään äkillinen muutos kylmempään. Tuuletusluukkuihin on nähty järkevänä laittaa haan säätömahdollisuus, jos tätä pidetään auki jatkuvasti. (Sandberg & Ripatti 2014, 115.)

Painovoimaiseen ilmanvaihtoon voi myös vaikuttaa muilla tavoin käyttäjän toimesta. Erilaisia vaikutuksia saadaan aikaiseksi ilmanvaihtoventtiilien aukaisulla ja sulkemisella, venttiilien ja kanavien puhdistuksella, lämpötilan säädöillä eri huoneissa, lisälämmittimen käytöllä, poissaolon aikaisella lämpötilan laskemisella, väliovien aukipidolla, liesituulettimen käytöllä, pyykinkuivaus tavoilla, lämpöä luovuttavien kodinkoneiden käytöllä, kuuman veden käytöllä suihkussa ja asukkaiden tekemillä rakenteellisilla muutoksilla. Tällainen muutos voisi olla, vaikka ikkunoiden uusiminen. (Korkala 2016, 185-186.) Painovoimainen ilmanvaihto vaatii käyttäjältään aktiivisuutta, jotta saataisiin asuintiloihin aikaiseksi mahdollisimman hyvä ilmanvaihto ja viihtyvyys. (Sandberg & Ripatti 2014, 115.)

6.2 Ongelmakohdat

Painovoimaisen ilmanvaihdossa yksi suurin ongelma on ihmisten asumistottumukset, jotka olivat ennen huomattavasti erilaisemmat kuin nykyään. Nykyaikana kosteutta on rakennuksissa paljon enemmän. Kosteusrasitusta lisäävät suihkun käyttö useita kertoja päivässä, saunojen sijoittaminen keskelle asuntoa ja pyykkien kuivaaminen sisätiloissa. Ennen nämä asiat olivat toisin. Kosteuden lisäksi ongelmaa aiheuttaa talvisin jopa liian hyvin toimiva ilmanvaihto. Tuloilma-aukkoja täytyy näissä tilanteissa pienentää ja poistoventtiiliä säätää, jottei vedon tunne kasva häiritsevän suureksi.

Nykyisillään esimerkiksi kaupunkiolosuhteissa ongelmaa aiheuttaa pöly ja melu, jotka vaativat äänenvaimentimia ja suodattimia. Nämä vaikeuttavat ilman kulkemista ja heikentävät ilmanvaihdon toimivuutta. Mikäli suodattimia asennetaan, on niiden puhtaanapito ja huolto ensiarvoisen tärkeää ilmanvaihdon toimivuuden kannalta. Joskus tietämättään aiheutetaan ongelmia asentamalla tuloilma-aukkoihin liian tiheä hyttysverkko tai suojasäleikkö. Lisäasennukset eivät saa pienentää aukon kokoa ja suodattimien lailla nämäkin on pidettävä puhtaana ja huollettava toiminnan varmistamiseksi. Järjestelmän ajattelematon väärinkäyttö on edelleen yksi ongelma ja voi omalta osaltaan lisätä riskiä home- ja kosteusongelmiin. (Ketola 2014, 17-21.)

6.3 Nykyaika

Painovoimaiseen ilmanvaihtojärjestelmään voidaan lisätä myös puhallintehostus. Tällaista järjestelmää kutsutaan hybridi-ilmanvaihtojärjestelmäksi. Puhaltimia lisättessä korvausilman saannin merkitys korostuu. Korvausilman hallitsematon kulkeutuminen rakennukseen on huono asia, koska vääristä paikoista kulkeutuessa ilma tuo mukanaan epäpuhtauksia esimerkiksi alapohjan kautta. Hallittu korvausilman saanti on siis ensiarvoisen tärkeää ja sen saaminen rakennukseen on aina varmistettava. Venttiilien mallista riippumatta tärkeintä tämän järjestelmän toiminnan kannalta on ilman kulkeutuminen venttiilin läpi mahdollisimman vaivattomasti. Venttiilit eivät saa aiheuttaa merkittäviä painehäviöitä. Korvausilmaventtiilien sopivuus painovoimaiseen ilmanvaihtojärjestelmään on aina varmistettava. Kaupunkiolosuhteissa näihin venttiileihin on asennettava suodattimia ilman puhtauden takaamiseksi. Suodattimista aiheutuvaa painehäviötä on pyritty minimoimaan esimerkiksi varustamalla korvausilmaventtiili pienellä puhaltimella. Tällaisilla ratkaisuilla on saatu ratkaistua korvausilman suodatukseen liittyviä ongelmia. (Ketola 2014, 24-28.)

Lämmön talteenottoa suositellaan poikkeuksetta koneellisen ilmanvaihdon yhteydessä ja sen käyttö huomioidaan E-luvun laskennassa. Laskennan kautta tämä vaikuttaa rakennuksen energiatehokkuuteen. Uusi asetus toi lämmön talteenoton laskentaan helpotuksen painovoimaisen ilmanvaihdon kohdalle. Vertailulukku on 0%, joka osaltaan parantaa painovoimaisen ilmanvaihdon toteutusmahdollisuutta energiatehokkuuden osalta.

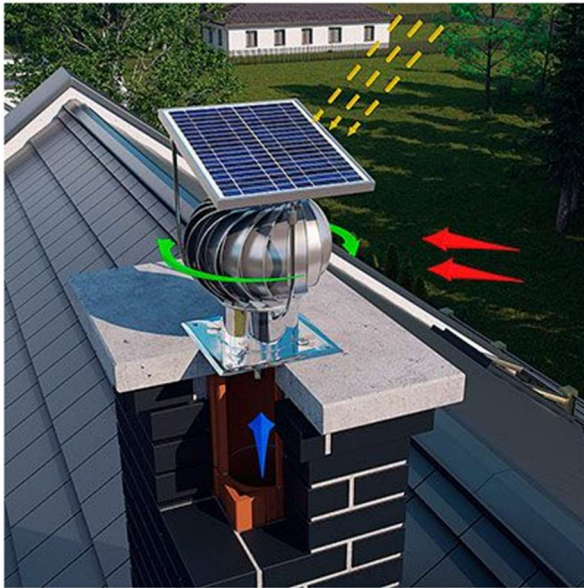
Lämmön talteenoton toteutus painovoimaisella ilmanvaihdolla varustettuun taloon nostaisi kustannuksia, sillä sen tekeminen aiheuttaisi suuret painehäviöt. Joitain toimivia, puhallinavusteisia ratkaisuja on Saksassa kuitenkin tehty. Energialaskentaan painovoimaisen ilmanvaihdon kohdalla eniten vaikuttaa kuitenkin rakennusosien U-arvot, rakennuksen tiiveys ja seinän paksuus, joka olisi hyvä olla yli 240 mm. (LVI Kalske Oy, Jari Ketola)

Painovoimaista ilmanvaihtoa voidaan avustaa esimerkiksi kuvan (11) mukaisilla vedonparantajilla. Vedonparantaja nimensä mukaisesti parantaa vetoa poistohormeissa, jolloin ilmanvaihto on tehokkaampaa.

Turbiini pyörii aina samansuuntaisesti, oli tuulen puhallussuunta mikä tahansa. Tuotteen on todettu parantavan savu- ja ilmahormien veto-ongelmia, sekä painovoimaisen ilmanvaihdon toteutuksessa ajoittain ongelmaksi muodostunutta hormien toiminnan kääntymistä väärinpäin. Poistohormeja voi olla kytkettynä vedonparantajan yhteyteen useampia kuin yksi, jolloin ratkaisu on kustannustehokkaampi. TurboWent-vedonparantajia pidetään huoltovapaina ja pitkäikäisinä. Käyttöikää luvataan jopa 30 vuotta. Tuotteesta on kehitetty myös versio, jossa tuulen nopeuden heikentymistä kompensoidaan avustamalla turbiinin toimintaa aurinkosähköllä, joka saadaan hormin päälle sijoitettavasta aurinkokennosta. (TurboWent Vedonparantaja 2019.)



Kuva 11 TurboWent vedonparantaja



Kuva 12 Hormex aurinkokenno -TurboWent

Painovoimaisen ilmanvaihdon yhteydessä ei voida hyödyntää automatiikkaa yhtä laajasti kuin koneellisessa ilmanvaihdossa. On olemassa kuitenkin valmistajia, joiden tuotteilla saadaan erilaisia mittauksia ja säätöjä tehtyä myös painovoimaisen ilmanvaihdon yhteydessä. Tästä on apua erityisesti kylminä vuodenaikoina, jolloin ilmanvaihto voi olla liiankin tehokas. Yleisesti automaatiota hyödynnetään poistohormeissa vakioilmavirtapeltien säädöissä. Näin voidaan toteuttaa myös toimiva ilmanvaihdon tehostus, mikäli kanavisto antaa siihen mahdollisuuden. Ohessa esiteltynä yksi esimerkkituote, jota voidaan hyödyntää painovoimaisessa ilmanvaihdossa.

Optivent Ultra- Ulda (*kuva 13.*) on lämpötilan ja ilmavirran mittaustekniikalla varustettu paineesta riippumaton tulo- ja poistoilman IMS-säädin. Laite hyödyntää ultraäänitekniikkaa ilmamäärän mittauksessa. Laitteessa olevan säätimen ohjaus tapahtuu Modbus-väylän kautta tai analogisella signaalilla. Säädintä voidaan myös pakko-ohjata sulkeutuvien koskettimien välityksellä, es. ajastin tai läsnäolotunnistin.

(FläktGroup Finland Oy, Optivent ultra – Ulda, 2019.)



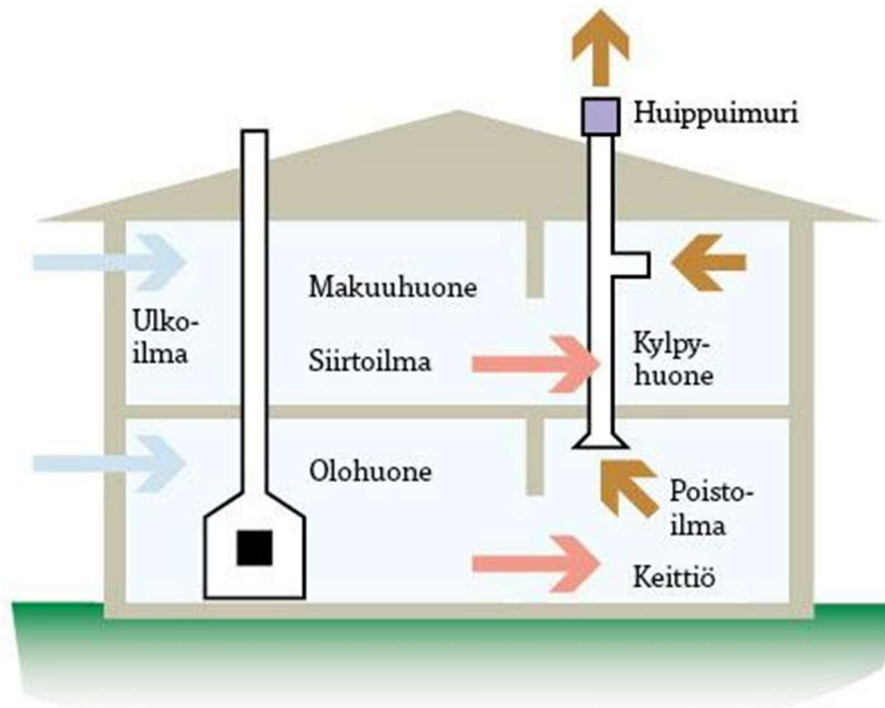
Kuva 13 OPTIVENT® ULTRA - ULDA (eristetty)

7 Koneellinen ilmanvaihto

Tässä luvussa selvitetään koneellisen ilmanvaihdon kehitystä, toimintaperiaatteita ja tuodaan esille muutoksia, joita on tehty. Ilmoitetut vuosiluvut ovat viitteellisiä ja siirtyminen on voinut tapahtua vähitellen.

Poistoilmanvaihtojärjestelmä (1960)

Koneellisen ilmanvaihdon aikakausi on saanut alkunsa poistoilmanvaihtojärjestelmän suunnittelulla, 1960-luvulla ja kyseisen järjestelmän asennusta on jatkettu vuosisadan vaihteeseen asti. Toteutuksessa keittiö, pesuhuone, WC-tila, vaatehuone ja sauna varusteltiin poistoilmaventtiileillä. Näiden venttiilien avulla poistettava ilma johdettiin vesikatolle asennetulle tarpeen mukaisesti ohjattavissa olevalle huippumurille. Huippumurin ohjaus tapahtui yleensä keittiön liesikuvulta. Tällöin poistoilmaventtiilit olivat niin sanotusti yhteiskanavaventtiileitä, jonka ansiosta ilmavirtaukset oli helppo säätää oikeanlaisiksi. Oleellisena osana järjestelmää toimivat huoneistojen oviraot, joiden kautta poistettava ilma pääsi kulkeutumaan poistoilmaventtiileille. (Sandberg & Ripatti 2014, 115-116.)



Kuva 14. Koneellinen poistoilmanvaihto (Ilmanvaihtojärjestelmät 2019.)

Järjestelmässä oleellista on ilman kulkeutuminen poistoilmaventtiileihin ja tämä ilman kulkeutuminen on viisainta varmistaa todellisen käytön yhteydessä esimerkiksi merkisavulla. (Korkala 2016, 167.) Poistoilman avulla rakennukseen luotiin alipaine, jonka ansiosta rakennukseen saatiin korvausilmaa epätiivisiin rakennuksen vaipan läpi. Korvausilman saaminen rakennukseen on siis toteutustavaltaan täysin sama kuin painovoimaisessa ilmanvaihdossa. Korvausilmaventtiileitä saatettiin asentaa makuuhuoneisiin, olohuoneeseen ja keittiöön tarpeen vaatiessa. Näissä venttiileissä saattoi olla myös jonkinlainen suodatin. (Sandberg & Ripatti 2014, 115-116.)

Suurin ongelma poistoilmanvaihtojärjestelmässä on ihmisten kokemaa vedon tunne, jonka syntymistä ei voida estää. Järjestelmässä korvausilma tulee täysin lämmittämättä venttiilien läpi rakennukseen, myös talvella. Mukavuutta voitiin hakea lähinnä valitsemalla auki pidettävä korvausilmaventtiili huoneesta, jossa ei sillä hetkellä oleskellut ihmisiä. Myöhemmin näiden järjestelmien vedon määrää on yritetty pienentää käyttämällä ulkoilmaikkunoita, joissa ulkoa tuleva ilma kulkee ikkunavälin kautta ja lämpiää hieman ennen sisälle tuloa. Toinen negatiiviseksi koettu asia oli huippuimurin olematon äänenvaimennus, joka aiheutti häiritsevääkin melua asuinrakennuksiin. (Sandberg & Ripatti 2014, 115-116.)

Ilmalämmitysjärjestelmä (1975-1980)

Järjestelmien kehityksessä oli myös väliaihe, jolloin haettiin mallia Pohjois-Amerikasta. Sieltä saatiin järjestelmä, jonka etuina oli mahdollisuus rakennuksen jäähdytykseen suuren kierrätysilmamäärän avulla. Tämän järjestelmän aikakausi kesti muutaman vuoden vuosikymmenten vaihteessa. (Sandberg & Ripatti 2014, 116-118.) Ilmalämmitysjärjestelmä on toimintaperiaatteeltaan hyvin lähellä nykyisestikin käytössä olevaa koneellista tulo- ja poistoilmanvaihtoa. Tämä järjestelmä sisälsi vain yhden sähkö- tai nestelämmityspatterin, joka lämmitti ulkoa tulevaa ilmaa. Laite puhalsi lämmitetyn ulkoilman kanavistoa pitkin huoneisiin. Ilman puhallus huoneisiin tapahtui ikkunoiden eteen, lattialle asennettujen säleikköjen kautta. Järjestelmän toiminta perustui huoneilman kierrättämiseen 2-3 kertaa tunnissa lämpötilaerojen tasaamiseksi. Tämän jälkeen kierrätetty ilma puhallettiin ulos. (Salonen 2016, 4-5.) Ongelmaksi osoittautui asentajien tietämättömyys, huonot toteutukset ja koulutuksen jääminen junasta verrattuna järjestelmäkehitykseen. Ilmalämmitysjärjestelmässä myös äänenvaimennuksesta tingittiin liikaa. Näiden epäonnisten tapahtumien takia teknisesti hyvä järjestelmä menetti paikkansa markkinoilla. Ilmalämmitysjärjestelmästä jätettiin siinä oleva lämmitysosa kokonaan pois, jonka jälkeen alkoi lämmön talteenottolaitteella varustettujen tulo- ja poistoilmanvaihtokoneiden aikakausi. (Sandberg & Ripatti 2014, 116-118.)

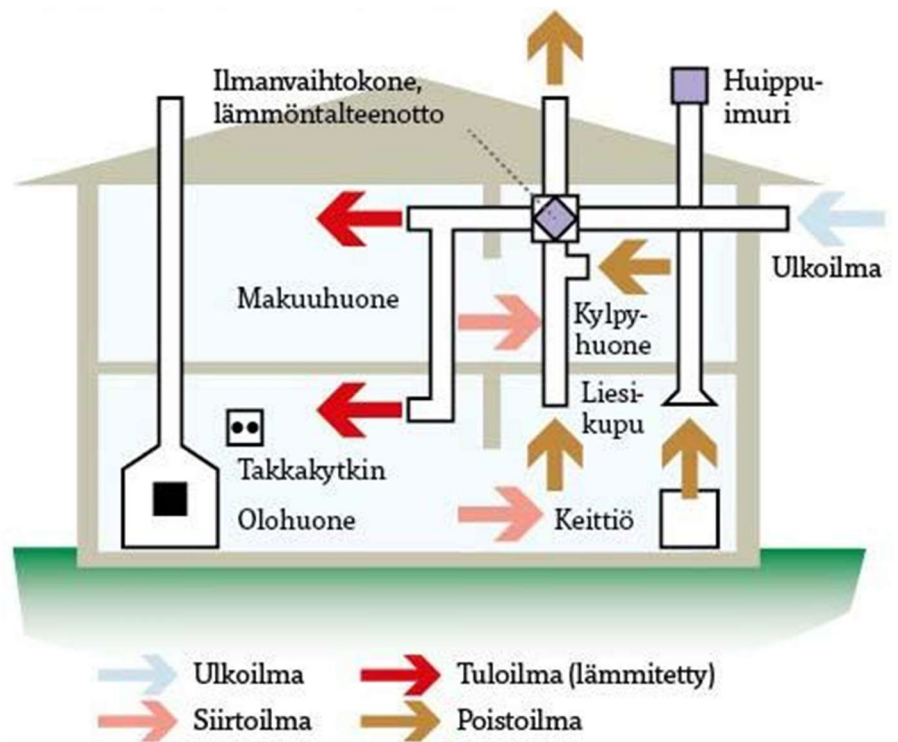
2010-luvulla oltiin siinä tilanteessa, että joitain erillisiä ilmalämmitysjärjestelmiä on toteutettu, koska rakennuksen lämmitystarve on pienentynyt ja sitä kautta pienelläkin ilmavirralla on saavutettu riittävä lämmitys. Tämän lisäksi järjestelmällä on pystytty kuitenkin jäähdyttämään asuintiloja kesäisin. (Sandberg & Ripatti 2014, 116-118.)

Tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä (1970-nykyaika)

Öljykriisin aikaan 1970-luvulla energian hinta nousi voimakkaasti, joka johti rakennusten eristyksen parantamiseen. Eristyspaksuus kasvoi 100 mm:stä noin 150 mm:n ja ikkunoissa siirryttiin käyttämään kolmelasisia, kaksilasisen sijaan.

Samaan aikaan rakennuksiin alettiin kehittämään järjestelmiä, joissa on lämmön talteenottolaite. Tämä oli vuosikymmenen suurin kehitysaskel kohti nykyäänkin käytössä olevia järjestelmiä. Tästä kehityksestä seurasi myös huomattavat taloudelliset säästöt, koska tuloilman lämmitys oli lämmön talteenotolla edullisempaa kuin erillisellä lämmityspatterilla. Lämmöntalteenottolaitteiden tehtävänä on pienentää yleistä lämmönkulutusta hyödyntäen poistoilmassa olevaa lämpöenergiaa siten, että otetaan poistoilmasta lämpöä ja siirretään se ulkoa otettavaan tuloilmaan. Asumismukavuuteenkin tämä keksintö vaikutti merkittävästi, sillä nyt korvausilmaa saatiin lämmitettyä ennen sen tuomista sisälle. Näin saatiin asunnoista ylimääräinen vedon tunne hävitettyä. Tuloilma pystyttiin myös varustamaan suodattimilla, jolla taas vastaavasti saatiin parannettua ilmanlaatua puhtauden osalta. (Sandberg & Ripatti 2014, 116.)

Aikaisemmin mainitusta ilmalämmitysjärjestelmästä otetaan erilleen pelkkä ilmanvaihto-osa, saadaan esille eniten käytetty järjestelmä pien- ja rivitaloissa. Tämä järjestelmä tunnetaan tulo- ja poistoilmavaihtojärjestelmänä. Järjestelmässä käytettävien koneisiin on mahdollisuus lisätä erillistä ilman kierrätystä, mutta tätä toimintoa harvoin otetaan käyttöön melutason nousun takia. Nykyisin myöskään keittiön liesikupua ei liitetä enää ilmanvaihtokoneeseen vaan yleisesti asennetaan joko huippuimuri tai liesituuletin, jolla poistetaan ilmaa ruuanlaiton yhteydessä. Yleisin valinta lienee huippuimuri tämän hiljaisuuden takia. Liesituuletin pitää huippuimuriin verrattuna kovempaa ääntä, joka taas koetaan negatiivisena asiana käyttäjien keskuudessa. On myöskin virheellistä tietoa, että huippuimuri olisi tehottomampi verrattuna liesituulettimeen, koska näiden ilmavirta on yhtä suuri. Melutasoa on huippuimurissa pienennetty erillisellä äänenvaimentimella. Tämän järjestelmän laitteet ovat kehittyneet ajan saatossa paljonkin. Kehityspiirteitä ovat mm; puhallinmoottorien hyötysuhteiden parantuminen, poistopuolen huurteen sulatusmenetelmän kehittyminen, suodattimien merkittävä parantuminen, äänenvaimennuksen tehokkuuden lisäys, laitteiden puhdistus- ja huoltoystävällisyyden huomioiminen ja lisäksi laitteisiin liitettävä jäähdytys. (Sandberg & Ripatti 2014, 118-119.)



Kuva 15. Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto (Ilmanvaihtojärjestelmät 2019.)

Energiatehokkuusvaatimusten takia rakennuksien tiiveyden on keskitytty aina vain enemmän ja tämä on aiheuttanut osaltaan myös ilmanvaihdon mitoittamiseen tarkasti huomioitavia kohtia. Tiiveys vaikuttaa rakennuksessa vallitseviin paineisiin, liiallista alipaineisuutta ja ylipaineisuutta tulisi välttää ja takan, liesikuvun ja keskusimurin käytön ajaksi ilmavirrat tulisi säätää niin, ettei liiallista alipaineisuutta pääse syntymään. (Sandberg & Ripatti 2014, 118-119.)

Monet edellä mainituista asioista vaikuttavat asuinmukavuuteen eri vuodenaikoina eri tavalla, mutta näistä varmasti keskeisin asia on äänenvaimennuksen kehitys. Laitteiden kehittäjien on ollut välttämätöntä aikaansaada niin tehokas vaimennus, jotta ihmiset eivät käyttäisi ilmanvaihtoa liian pienellä ilmavirralla vain sen käytöstä aiheutuvan melun takia. Järjestelmän kehityksen suuntana on tarkasti säädetty ja automatisoitu ilmanvaihto.

8 Automaatio

Automaatiosta yleisesti

Käyttäjän ennalta määrättyä ja toisaalta itsestään tapahtuvaa toimintaa kutsutaan automaatioksi, joka on tullut jäädäkseen oikeastaan kaikkeen arkipäiväiseen toimintaan. Jo 1960-luvulta asti automaatio on ollut osa talotekniikkaa ja sen kehitys ja määrä on kasvanut jatkuvasti. Talotekniikassa automaatiolla tarkoitetaan kiinteistön teknisten toimintojen ohjausta niin, että se ei vaadi ihmisen jatkuvaa läsnäoloa. Automaatio ohjaa ja valvoo kiinteistön toimintoja siten, että pyritään saavuttamaan hyvä sisäilmasto vähäisellä energiankulutuksella. Olennaisin osa automaatiota lienee ymmärrys siitä, kuinka jokainen pienikin osa vaikuttaa kokonaisuuteen ja se, että hyvää sisäilmaa ei saavuteta ilman kompromisseja ja tasapainottelua erilaisten säätöjen ja ohjausten kanssa. (Suomäki & Vepsäläinen 2013, 9-11.)

Automaatio on yksinkertaisimmillaan koneen tekemää työtä, joka on siihen ennalta ohjelmoitu. Tästä esimerkkinä käsky ”jos ulkona on lämmin, lopeta lämmitys”, tällöin on ensin määritelty mikä on ”lämmin” ja ulkona oleva anturi kertoo järjestelmälle ulkolämpötilan ja tämän mukaan kone ohjaa lämmitysventtiiliä. Automaatio ei mieti tai ajattele itse, se toimii ennalta asetettujen ohjeiden mukaisesti. Jos ulkoilman lämpöanturi rikkoutuu keskellä tammikuun kovia pakkasia ja järjestelmä luulee, että ulkona on helle, niin myös lämmitysventtiili on tällöin kiinni ja lämmittäminen loppuu siihen. (Suomäki & Vepsäläinen 2013, 14-17.)

Automaatiossa on otettava huomioon myös se, että yhden osan vioittuminen vaikuttaa oleellisesti kokonaisuuden toimintaan. Automaation ohjaus ja säätäminen on tästä syystä tarkkaa ja siinä on otettava huomioon tehtyjen ohjauksien vaikutus kokonaisuuteen. Usein järjestelmän ongelmien takana ei ole väärin tai huonosti toimiva automaatio vaan mahdollisesti vioittunut laite tai käyttäjien toiminta, joiden vaikutus näkyy kokonaisuudessa. (Suomäki & Vepsäläinen 2013, 14-17.)

Eräs tärkeä ja usein unohdettu asia on talon lämmitys, joka ei tapahdu ilmanvaihdolla vaan lämmitysjärjestelmällä. Usein eteen tulee tilanne, että talon kylmentyessä lähdetään nostamaan ilmanvaihdon lämpötilaa. Vaikutus voi olla toivottu, mutta sen saavuttaminen on huomattavasti kalliimpaa kuin lämmitys, joka tapahtuu talon käytössä olevalla lämmitysjärjestelmällä. Tässä yhteydessä olisi myös hyvä muistaa perinteiset fysiikan lait, lämmin ilma siirtyy ylös ja kylmä laskeutuu alas ja lämpö siirtyy lämpimästä kylmään. Myöskään talon lämmityksen ja jäähtymisen ei tulisi tapahtua samaan aikaan, joka on lähes itsestäänselvyys. Valitettavan usein tällaisia ristiriitaitilanteita aiheuttavat jälkikäteen asennetut ilmastointi- ja jäähtymisjärjestelmät, joita ei ole kytketty perusilmanvaihtoon ja sen ohjaukseen. (Suomäki & Vepsäläinen 2013, 14-17.)

Automaatio oikein ohjattuna ja säädettynä tukee rakennuksen sisäilmaston pysymistä mahdollisimman hyvänä ja estää näin liiallisen kosteuden pääsyn rakenteisiin. Kosteus ei aina ole näkyvää vaan merkittäviä vahinkoja voi syntyä jo ilmankosteudesta. Tiedossa on tekijät, jotka vaikuttavat rakenteisiin ja ihmisiin sisäilman kautta ja näitä tekijöitä voidaan tarkkailla ja ohjata automaation avulla. Tässäkin täytyy silti muistaa, että automaatio tekee vain sen mitä on pyydetty. Pyyntö ohjaaminen järjestelmään tarvitsee aina ihmisen. (Suomäki & Vepsäläinen 2013, 14-17.)

Automaatiossa kaikki mittaus tapahtuu erilaisilla antureilla, jotka välittävät tietoa sähköisessä muodossa. Näillä antureilla voidaan mitata lämpötilaa, painetta, kosteutta, ilman- ja nesteen virtausta, valoisuutta, hiilidioksidin ja savukaasujen määrää, sähköjännitettä, -virtaa ja -jännitettä, liikettä infrapunalla sekä äänen voimakkuutta eli desibelejä. Kaikki mittauksesta saadut arvot ovat hetkellisiä ja niihin sisältyy aina mahdollisuus mittausvirheeseen. Pienet poikkeamat voidaan hyväksyä, mikäli kohteet eivät vaadi äärimmäistä tarkkuutta. Mittausvirheiden suuruuden poikeksessa merkittävästi, suoritetaan kalibrointi. (Suomäki & Vepsäläinen 2013, 25-26.)

8.1 Ilmanvaihdon automaatio

On olemassa kolme perustyyppiä ilmanvaihtojärjestelmistä, joita voidaan ohjata automaatiolla. Nämä ovat koneellinen poistoilmanvaihto, koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto sekä koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto lämmön talteenotolla. Edellä mainittujen kolmen perustyyppin lisäksi on tietenkin olemassa näiden järjestelmien yhdistelmiä, joiden ohjausjärjestelmät ovat huomattavasti monimutkaisempia. (Suomäki & Vepsäläinen 2013, 77.)

Koneellinen poistoilmanvaihto

Tämä järjestelmä vaatii toteutukseen yksinkertaisuudessaan vain poistoilmapuhaltimen ja tarvittavat kanavistot. Järjestelmän ohjaus automatiikalla on myös hyvin yksinkertaista. Poistoilmapuhaltimelle on ohjelmoitu käsky toimia joko puoliteholla tai täydellä teholla tarpeen ja ajastinkellon ohjaamana. Ohjelmointi on toteutettu niin, että ruuanlaiton ja suihkussa käynnin aikana käytössä on suurin nopeus ja muulloin vain puoliteho. Puoliteho on käytössä myös ulkoilman lämpötilan laskiessa alle -15 °C:een. Kyseessä olevassa ilmanvaihtojärjestelmässä ei yleensä ole erillisiä antureita, jotka mittaisivat kanavistossa kulkevan ilman lämpötilaa tai virtaamaa. Tämän järjestelmän tuloilma otetaan ”vuotoilmana” rakenteissa olevien aukkojen kautta tai erillisten tuloilmaventtiilien kautta. (Suomäki & Vepsäläinen 2013, 78-79.)

Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto

Edelliseen järjestelmään verrattuna koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä eroaa nimensä mukaisesti siltä osin, että myös rakennukseen puhallettavan ilman lämpötilaa ja ilman määrää voidaan ohjata. Ohjauksen mahdollistaa tuloilmalle tehdyt omat kanavat ja lämmityspatterit. Automatiikalta tämä järjestelmä vaatii hieman enemmän verrattuna edelliseen. Tämän järjestelmän ohjaus onnistuu myös aikaisemmin mainitulla päällä/pois- ohjauksella, mutta monipuolisemmissä järjestelmissä ohjataan lisäksi puhallustehoa valmiiden kierrosnopeuksien tai portaattomasti taajuusmuuttajan avulla. Järjestelmän ajastuksen periaatteet ovat kuitenkin samat kuin pelkässä poistoilmanvaihdossa. (Suomäki & Vepsäläinen 2013, 79.)

Lämmön talteenotolla varustettu ilmanvaihto- tai ilmastointijärjestelmä

Lämmön talteenotto on erillinen osa, joka voidaan liittää erilaisiin ilmanvaihtojärjestelmiin. Perinteisesti talteenotto toimii niin, että ulkoa tuleva ilma kulkeutuu lämmön talteenottolaitteen (LTO) läpi tuloilmapuhaltimeen ja sieltä tuloilmana rakennukseen. Vastaavasti rakennuksesta poistettava ilma kulkee taas lämmön talteenottolaitteen läpi poistoilmapuhaltimelle ja viimeiseksi jäteilmana takaisin ulos. Lämmön talteenottojärjestelmässä on yksi- tai kaksinopeuspuhaltimia, joita ohjataan automatiikalla. Uusissa kohteissa nämä ovat pääasiassa taajuusmuuttajalla ohjattuja puhaltimia, jonka nopeutta voidaan säätää portaattomasti. Näissä puhaltimissa ohjausyksikön näytössä näkyy prosenttiluku nollan ja sadan prosentin väliltä, joka kertoo kierrosnopeuden, esimerkiksi 55 % täydestä nopeudesta (100 %). Puhaltimien ohjaus on kuitenkin lukittu niin, että tuloilmapuhaltimen käydessä myös poistoilmapuhallin käy ja sama toisinpäin. Lukitus on toteutettavissa sekä sähköisesti sähkökeskuksessa tai ohjelmallisesti automatiikalla. Tämän lukituksen ansiosta koneen käyntiaikojen ohjelmointi on helpompaa, ei tarvitse ohjelmoida kuin tuloilmakoneelle ja lukitus huolehtii siitä, että myös poistoilmakone toimii samanaikaisesti. Automatiikka ohjaa lisäksi mm. ulkoilmapeltien sulkeutumista ja avautumista. Näiden peltien tarkoitus on estää ilman kulkeutuminen kanavistoon ja sisätiloihin silloin, kun ilmanvaihtokone ei ole käytössä. Peltien tarkoitus on avautua aina koneen käydessä ja muutoin olevan kiinni. (Suomäki & Vepsäläinen 2013, 80-81.)

Ilmanvaihtojärjestelmissä suodattimet ovat myös tärkeä osa, jonka toimintaa voidaan yhtä lailla valvoa automatiikan avulla. Suodattimen molemmin puolin asennettu paine-eroanturi mittaa ilmapainetta ennen ja jälkeen suodattimen ja hälyttää, jos ilman kulkeutuminen olisi liian vähäistä. Tässä tilanteessa suodatin olisi tukkeutunut. Suodattimien pääasiallinen tarkoitus on epäpuhtauksien pääsyn estäminen ilmanvaihtojärjestelmään ja sitä kautta sisäilmaan. Suodatinluokkia on erilaisia ja olisikin muistettava, että luokkaa vaihdettaessa on myös painehälytysraja muutettava suodatinta vastaavaksi. (Suomäki & Vepsäläinen 2013, 82-84.)

Edellä mainittua tarkkailujärjestelmää käytetään myös lämmön talteenottolaitteiden yhteydessä. Lämmön talteenottokennon toiminta voi häiriintyä likaantumisen takia tai se voi huurtua umpeen lämpimän ja kylmän ilman vaikutuksesta. Suurin tarve lämmön talteenotolle on talvisin ja tästä syystä myös lämmön talteenottokennon toimintaa pitää voida säätää niin, että kylmillä ilmoilla se olisi tehokkaimmillaan ja lämpimillä ilmoilla sen voisi ohittaa. Tämä on toteutettu erillisellä kennon viereen rakennetulla ohituskanavalla, jonka toimintaa säädellään ohituspelleillä niin, että kanavaan ja kennoon menevän ilman suhdetta muutetaan automatiikalla. Ohituskanavaan ohjataan ulkoilma vain silloin kun lämmittämistä ei tarvita. (Suomäki & Vepsäläinen 2013, 82-84.)

Lämmön talteenottolaitteet ovat nykyään varsin tehokkaita, mutta kovilla pakkasilla esiintyy silti tarvetta ilman lämmitykseen, jonka hoitaa erillinen jälkilämmityspatteri. Jälkilämmityspatteri voi toimia joko sähköllä tai vesikierrolla. Näistä vaihtoehdoista vesikiertoinen lämmityspatteri on monimutkaisempi ja sisältää useita erilaisia toisiinsa vaikuttavia säätö- ja hälytystoimenpiteitä. (Suomäki & Vepsäläinen 2013, 82-84.)

Toimiva ilmanvaihtojärjestelmä vaatii lisäksi useita lämpötilamittauksia. Säätöjen kannalta lämpötilojen mittaustiedot kertovat eniten laitteiston toimivuudesta ja ovat näin ollen erittäin tärkeä osa järjestelmää. Mikäli tätä järjestelmää haluttaisiin monipuolistaa, olisi se mahdollista lisäämällä järjestelmään ilmaa jäähdyttävä jäähdytyspatteri ja järjestelmän automatiikkaan sitä ohjaavat toiminnot. Ilmanvaihtojärjestelmän ohjaus toteutetaan monesti lämpötilojen mukaan, mutta tarpeen mukaan voitaisiin ensisijaiseksi ohjausmenetelmäksi ottaa myös ilmankosteus, ilmamäärä (kanavapaineet) tai kaikkien näiden yhdistelmä. (Suomäki & Vepsäläinen 2013, 82-84.)

Energiatehokkuuden mukana on tullut ilmanvaihdon ohjaukseen hiilidioksidipitoisuuden säätö eli CO²-säätö. Tämän tavoitteena on säätää ilmanvaihdon määrää rakennuksen sisällä olevan toiminnan mukaisesti, eli ilmanvaihdon määrä ja nopeus muuttuu ihmisten aiheuttamien epäpuhtauksien mukaan. Menetelmä on hyvä ja optimaalinen tiloissa olevien ihmisten kannalta, silloin kuin säätö on toteutettu oikein.

Kuitenkin tämän toteutuksessa on ollut hieman hankaluuksia, jotka ovat aiheutuneet mm. antureiden väärästä sijainnista tai niiden riittämättömästä määrästä. Seurauksena on riittämätön ilmanvaihto. Toinen ongelma kohdattiin hiilidioksidipitoisuuksien määrittelyssä eli siinä, missä suhteessa ilmanvaihdon tulisi kasvaa CO²-pitoisuuteen verrattuna. Lisäksi on muistettava, että ilmanvaihdon ohjaus, joka perustuu vain hiilidioksidipitoisuuteen ei ota huomioon tiloissa olevan lämpö- ja kosteuskuorman vaikutusta. (Suomäki & Vepsäläinen 2013, 87.)

9 Asiantuntijalausunnot

Lausunnoista käy ilmi kuinka suomalaiset hirsitaloalvalmistajat toimivat samalla linjalla, mutta mielipiteet kuitenkin eroavat toisistaan. Suosituksella tarkoitetaan tässä työssä yrityksen ensisijaisesti tarjoamaa vaihtoehtoa ilmanvaihdon toteutukseen. Painotetaan, että kyseessä on mielipide, joka voi vaihtoehtoisesti pohjautua henkilön työkokemukseen, omiin näkemyksiin, nykymääräyksiin tai oikeastaan mihin tahansa. Asiantuntijoilta on lupa julkaista nimellistä tietoa.

9.1 Hirsitaloalvalmistajat

Kontiotuote Oy

Kannanoton antoi tekninen johtaja Mikko Löf. He suosittelevat asiakkailleen koneellista ilmanvaihtoa mahdollisimman hyvällä lämmön talteenotolla energiatehokkuusasetusten mukaisesti. Usein lämmön talteenotto tarvitaan lisäksi kokonaislämpöhäviölaskennan täyttämiseksi. LVI-suunnittelu on heillä toteutettu alihankintana ja mahdollisten painovoimaisten ilmanvaihtojen kohdalla asiakas ohjataan hankkimaan suunnittelu ulkopuoliselta ilmanvaihdon asiantuntijalta. Löf kuitenkin kertoo, ettei kyselyitä painovoimaisen ilmanvaihdon suhteen ole tullut merkittäviä määriä. Mielipiteen suhteen Löf oli avoimin mielin ja totesi molempien vaihtoehtojen soveltuvan hirsitaloon mainiosti. Kuitenkin painovoimaisen toteuttaminen on hieman haasteellinen johtuen energiatehokkuus- ja ääniasetuksista. Hirsitalon seinärakenteen ansiosta sisäilma pysyy hyvällä kosteustasolla ilman koneellista ilmanvaihtoa. Lopuksi Löf toteaa, että nykyasetusten mukaan painovoimaisen ilmanvaihdon toteutus on kuitenkin haastavaa. (Kontiotuote Oy, Mikko Löf)

Vehasen Talot Oy

Vastauksen antoi toimitusjohtaja Matti Lehtola. Heillä hirsitaloihin suositellaan koneellista ilmanvaihtoa energiavaatimusten täyttymisen takia. Saunarakennuksiin ja loma-asuntoihin hän ehdottaisi painovoimaista ilmanvaihtoa. Mikäli asiakas haluaisi omakotitaloonsa painovoimaisen ilmanvaihdon, Lehtola ohjaisi hänet keskustelemaan ulkopuolisen LVI-suunnittelijan kanssa. Harvoin asiakkaat nostavat itse esiin painovoimaisen ilmanvaihdon vaan he ovat yleisesti kiinnostuneempia esimerkiksi siitä, käytetäänkö talon rakennusprosessissa muovia. Lehtola kertoi, kuinka siirtymisen painovoimaisesta koneelliseen ilmanvaihtoon on tapahtunut ns. kantapäähän kautta ja se on kehittynyt nykyiseen muotoonsa monien havaittujen ongelmien myötä. Voisi siis sanoa, että koneellistuminen syrjäyttää luonnollisen ilmanvaihdon pois pikkuhiljaa ja tällä hetkellä ollaan matkalla kohti nykypäivän tarkasti säädettyä ja automatisoitua ilmanvaihtoa. (Vehasen Talot Oy, Matti Lehtola)

Energiatehokkuuden korostaminen rakentamisessa on aiheuttanut paljon ongelmia rakentamisessa viime vuosien aikana. Luotto koneisiin on ollut suurta, käyttäjän vaikutus hyvään sisäilmaan on liian suuri eikä rakennuksen fysiikka toimi nykypäivänä ilman koneita. Tämä aiheuttaa hänen mielestään paljon riskejä, koska käyttäjän pitäisi tuntea järjestelmä erittäin hyvin ja osata säätää laitteet tilanteen mukaan oikein. Lopuksi Lehtola toteaa, että perinteinen painovoimainen ilmanvaihto on helpompi käyttää ja riskejä on vähemmän. (Vehasen Talot Oy, Matti Lehtola)

Kuusamo Hirsitalot Oy

Yhteydenottooni vastasi suunnittelupäällikkö Anssi Rieki. Ilmanvaihtomenetelmän valinnassa heillä painottuu asiakaslähtöisyys. Ilmanvaihtomenetelmän taloonsa valitsee asiakas itse, pääsuunnittelijan konsultoidessa tarpeen mukaan. Ilmanvaihdon suunnittelu on erikoissuunnittelua. Työn suorittaa ko. asioihin perehtynyt ja koulutautunut ammattilainen, joka osaa ottaa huomioon kaikki rakennuksen ja rakennusmateriaalien asettamat haasteet. Lopuksi hän toteaa, etteivät he ota kantaa asiakkaan valintaan. (Kuusamo Hirsitalot Oy, Anssi Rieki)

Finnlamelli Oy

Yhteydenottoon vastasi kehitysjohtaja Pentti Pajala. Suosituksen suhteen Pajalan kanta oli koneellisen ilmanvaihdon puolella, varsinkin omakotitaloissa, koska rakennusmääräykset käytännössä sen vaativat. Ilmanvaihto voidaan toteuttaa painovoimaisena, mutta laskennallinen energiankulutus nousee usein liian suureksi, joka taas tekee vaihtoehdon mahdottomaksi. Mökkeihin hän suosittelisi koneellista poistoa keittiöön ja pesutiloihin. Näissä tapauksissa rakennuksen ollessa tyhjillään ilmanvaihto on painovoimainen. Hän ei osaa sanoa kumpi olisi parempi vaihtoehto, mutta toi esille muutamia näkökantoja. Painovoimaisen kohdalla hän mietti mm. energiataloudellisuutta, korvausilman saantia tiiveysvaatimusten ohella, kuivaustehon riittämistä kosteissa tiloissa ja sitä, leviääkö ruuanlaitto käry koko taloon. Hyvänä puolena painovoimaisesta ilmanvaihdosta hän kuitenkin mainitsi ilman hitaan liikkumisen, minkä moni kokee miellyttävänä. Koneellisesta ilmanvaihdoin ongelmia Pajalan mukaan ovat ilman liike, joka koetaan usein vedon tunteena sekä sisäilman liian alhainen suhteellinen kosteus vuoden kylminä kuukausina. (Finnlamelli Oy, Pentti Pajala)

Vaaran Aihkitalot Oy

Yhteydenottoon vastasi yrityksen toimitusjohtaja Matti Vaara. Hän kertoo suositteliansa koneellista ilmanvaihtoa lämmön talteenotolla. Perusteluina viranomaismääräysten täytyminen sekä se, että kosteat tilat vaatisivat kuitenkin ko. vaihtoehdon. Vastausta hän täydentää vielä sillä, ettei hirsitalossa olevaa koneellista ilmanvaihtoa tarvitsisi pitää päällä jatkuvasti ja sitä voisi säätää tarpeen mukaan. Hän itse kokee ns. hybridivaihtoehdon parhaimpana. Kosteat tilat vaatisivat koneellisen poiston, mutta vastaavasti muualla hän kokee painovoimaisen hyvin toimivana vaihtoehtona. Hirren ilman kosteutta tasaavaa ominaisuutta hän pitää erittäin hyvänä ja toteaakin etenkin talviaikana kosteuden pysyvän asumismukavuutta parantavissa lukemissa. Lopuksi hän painottaa vielä sitä, että yksi vaihtoehto tuskin sopii koskaan kaikille ja tähän vedoten jokaisella tulisi olla vapaus valita ilmanvaihtotapa taloonsa itse. (Vaaran Aihkitalot Oy, Matti Vaara)

Kero Hirsitalot Oy

Vastaukset antoi tuotantojohtaja Jarno Mursu. Suositusta hän ei suoriltaan antanut vaan painotti asiakaslähtöisyyttä. Tarkoitus on ensin kuunnella asiakkaan toiveet ja tarpeet, jonka perusteella suositellaan parhaiten näihin kriteereihin sopivaa ilmanvaihtotapaa. Mieli pide sen sijaan oli selkeä, hirsitaloon sopii painovoimainen ilmanvaihto. Perusteluna mielipiteelle oli hirsitalon hengittävyys, varsinkin heillä koska heidän yrityksensä keskittyy tuottamaan täysin muovittomia rakenteita. (Kero Hirsitalot Oy, Jarno Mursu)

Honkarakenne Oyj

Vastaukset antoi rakentamispalvelupäällikkö Jyri Vänilä. Vänilä painottaa, että kyseessä on hänen oma mielipiteensä, joka perustuu hänelle kerääntyneisiin kokemuksiin. Honkarakenteella ilmanvaihtomenetelmä valitaan rakentamismääräysten, LVI-suunnittelijan suunnitelmien sekä asiakkaan toiveiden summana. Kesämökkien ilmanvaihto toteutetaan yleensä asiakkaiden omien mieltymysten mukaisesti. Omakotitalojen kohdalla rakennusvalvonta voi ns. tehdä valinnan muiden osapuolten puolesta, jolloin vaihtoehtoja ei jää. Honkarakenne haluaa toteuttaa asiakkaan toiveet, mutta määräykset on täytettävä myös siinä tilanteessa. Vänilä on vastauksessaan sitä mieltä, että molemmat ilmanvaihtomenetelmät soveltuvat hirsitaloon, mutta kohteen käyttötarkoitus voi ohjata valintaa. Painovoimaisen ilmanvaihdon toteutusta vaikeuttavat suunnitelmien ja laskelmien luotettava esittäminen sekä toimivuuden osoittaminen. Lisäksi asukkaiden asumistottumukset voivat puoltaa valintaa, jolloin on huomioitava ilmanvaihtomäärien säädettävyyden. Lopuksi Vänilä toteaa, että kesämökeistä valtaosa on tänäkin päivänä painovoimaisen ilmanvaihdon varassa. (Honkarakenne Oyj, Jyri Vänilä)

9.2 LVI-asiantuntijat

LVI Kalske Oy

Jari Ketola toi esille muutaman asian, joihin olisi syytä kiinnittää huomiota painovoimaista ilmanvaihtoa miettiessä. Ensimmäinen asia on rakennuksen sijainti meluisella alueella, joka voi aiheuttaa erillisten rakenneosien äänieristävyyden parantamista, mikäli rakennuksen vaipassa on painovoimaisen ilmanvaihdon vaatimia reikiä. Toinen huomioon otettava asia on rakennuspaikan ympäristön pölyisyys. Pölyn takia myös painovoimainen ilmanvaihto voi vaatia suodattimia, jotka aiheuttavat painehäviötä, joka vastaavasti johtaa reikien koon suurentamiseen tai määrän lisäämiseen. Hän painottaa myös, ettei tuuliolosuhteita tulisi unohtaa, sillä ne vaikuttavat painovoimaisen ilmanvaihdon mitoitukseen. Painovoimaisen ilmanvaihdon kannalta rakennuspaikan sijainti on siis ratkaisevassa asemassa toteutuksen mahdollisuuksia mietittäessä. (LVI Kalske Oy, Jari Ketola)

Ongelmaksi Ketola nostaisi liian ”suuren” ilmanvaihdon, joka johtuu nykymääräysten suurista ilmamääristä ja siitä, että ilmanvaihdon tulisi toimia huonoimmassa mahdollisessa tilanteessa eli heinäkuussa keskilämmöllä ja ilman tuulta. Tämän mitoituksen seurauksena on lähes aina jopa liian hyvin toimiva ilmanvaihto, jota pitää monesti säätää pienemmälle. On totta, että painovoimainen ilmanvaihto vaatii käyttäjältä aluksia hieman opettelua. Opeteltavien asioiden määrää voi kuitenkin vähentää käyttämällä poistohormeissa automatisoituja säätöpeltejä tai muuten moottoriohjattua säätöä. (LVI Kalske Oy, Jari Ketola)

Nykyaikainen arkkitehtuuri ns. lasitaloista aiheuttaa hieman ongelmia. Kaunista se kyllä on, mutta miten hoidetaan kesäaikana suurista, etelään suunnatuista ikkunoista aiheutuva ylikuumeneminen? Suuren lämpökuorman minimoimiseksi suurien ikkunoiden edessä pitäisi olla vähintäänkin varjostusta. Toisena ihmetyksen aiheena hän pitää ihmisten lähes pakonomaista tarvetta saada taloon lattialämmitys. Suurten ikkunoiden ansiosta talon kylmyys voi vaivata talvella, ilmanvaihtomenetelmästä riippumatta. Kylmyyteen liittyen Ketola painottaa, että patterit (=radiaattorit) tuovat lämpöä juuri siihen kohtaan, mihin sitä tarvitaan eli ikkunoiden eteen.

Patterit myös helpottavat painovoimaisen ilmanvaihdon mitoittamista ja luovat varmemmin viihtyisän ja vedottoman tunteen asuinrakennukseen verrattuna lattialämmitykseen. Ikkunoiden edessä olevan patterin lisäksi tästä yhteydestä löytyy yleensä myös tuloilma-aukko. Patterin ansiosta lämmin nouseva ilmavirta estää ikkunasta tulevan kylmän ilmavirran ajautumisen lattianrajaan. Nousevan lämmön mukana kulkeutuu asuntoon myöskin raikasta tuloilmaa. (LVI Kalske Oy, Jari Ketola)

Ketola tuo esille sen, ettei nykymääräykset estä painovoimaisen ilmanvaihdon toteutusta. Joskus kuitenkin saattaa tulla eteen tilanne, jossa energialaskennassa tulee ongelmia. Nämä ongelmat aiheutuvat yleensä seinän ohuudesta, joka vaatii kompensatiota eli kalliiden ikkunoiden lisäämistä tai lisää eristettä ylä-/ alapohjaan. Suomessa tämä kompensatio-ongelma korjataan yleensä ulkopuolisella lautavuorauksella. Tiiviiden vuoksi uusia hirsirakennuksia ei vuorata vaan se tehdään juurikin aikaisemmin esille tulleen kompensatian lisäämisen vuoksi. Yleensä noin 270 mm paksulla hirrellä tätä ongelmaa ei tule. (LVI Kalske Oy, Jari Ketola)

Ympäristöministeriö on laatinut erillisen ohjeen arkkitehdeille ja talotehtaille, koskien painovoimaista ilmanvaihtoa ja sen toteutusta. Ketola korostaa arkkitehtuurin osuutta tämän ilmanvaihtotavan toteutuksessa. Arkkitehtuuriltaan hyvään rakennukseen on helpompi toteuttaa painovoimainen ilmanvaihto. Helpoin toteutuskohde on 1-kerroksinen pientalo, jossa on ns. käyttöullakko ja harjakatto. Haastavimmaksi hän mieltää 1,5-kerroksisen pientalon, jossa on pulpettikatto, avoportaikko sekä parvi. Tällaisessa kohteessa yläkerran toteutus painovoimaisella ilmanvaihdolla on tuollaisenaan lähes mahdoton.

Pohjaratkaisussa oleellisia asioita, jotka vaikeuttavat ilmanvaihdon toteutusta ovat märkätilojen sijainti yläkerrassa, avoportaikat kerrosten välillä sekä parvit, jotka ovat myös ääniteknisesti hyvin hankalia. Vastaavasti talosta taas olisi hyvä löytyä keittiöstä lieden luota huuva sekä huippuimuri. Lisäksi tulisijan luota tulisi löytyä korvausilmakanava ja yleisesti koko talosta avattavat ikkunat tai tuuletusluukut. Mikäli rakennuksen painovoimaisen ilmanvaihdon suunnittelu on hankalaa voidaan sitä tehostetaan esimerkiksi hormi-imurilla, perinteisillä tavoilla tai uudemmilla tuulenvoimalla toimivilla hyrrillä. (LVI Kalske Oy, Jari Ketola)

Ketola kokee kuitenkin, että varsinkin hirsitaloja rakentavat ihmiset ovat painovoimaisesta ilmanvaihtomenetelmästä kiinnostuneita. Ajankohtaan nähden suosittu ilmanvaihtomenetelmä kaipaisi hänen mielestään lisää markkinointia ja panostusta juurikin hirsitalovalmistajilta. Ketola sanoi, että hänen asiakkaansa ovat hirsitalomyyjien kautta saaneet tiedon, ettei painovoimaista ilmanvaihtoa saisi enää tehdä ollenkaan. Syy tällaisen tiedon leviämiseen on toistaiseksi tuntematon. (LVI Kalske Oy, Jari Ketola)

Opinnäytetyön keskittyessä vertailemaan koneellista ja painovoimaista ilmanvaihtoa, pyydettiin myös LVI Kalske Oy:ltä mielipidettä painovoimaisen ilmanvaihdon hyvistä ja huonoista puolista. Ketola listasi eduiksi mm. energian säästön, kierrätettävyyden, huoltovapauden, äänettömyyden, halvan ja yksinkertaisen toteutuksen sekä sen, että toiminnan ymmärtää pienellä vaivannäöllä kuka tahansa. Vastaavasti haittana hän kokee jo aikaisemmin esille nostetun liian suuren ilmanvaihdon, jos sitä ei viitsitä yhtään säätää, jolloin olettaen myös energiankulutus kasvaa. (LVI Kalske Oy, Jari Ketola)

Sisäilman laadullisiin ongelmiin liittyen Ketola toi esille sen, ettei ilmanvaihto yleensä aiheuta näitä ongelmia, mutta sen väärä toiminta voi edesauttaa niiden syntymistä. Toisaalta hän uskoo, että huonon sisäilman syy voi olla esimerkiksi tuloilma-aukkojen puute, jolloin kone vetää ilmaa rakenteiden läpi aiheuttaen erinäisiä ongelmia. Vastaavasti taas painovoimaisen ilmanvaihdon teho ei yleensä ole niin voimakas, että ilma alkaisi kulkeutua rakennukseen seinien tai lattian raoista, vaikka rakennuksen tuloilma-aukot olisi tukittu. Vastauksissaan hän vielä painottaa sitä, että tutkimustuloksiin pohjaten asumismukavuus on painovoimaisella ilmanvaihdolla varustetuissa taloissa parempi kuin koneellisella ilmanvaihdolla varustetuissa taloissa. (LVI Kalske Oy, Jari Ketola)

Huolellisella suunnittelulla kummatkin ovat hyviä vaihtoehtoja, mutta itse hän pitää painovoimaista ilmanvaihtoa parempana vaihtoehtona. Paremmuutta hän perustelee ekologisuudella ja huoltovapaudella sekä mainitsee, että virheen mahdollisuus koneellisessa on suurempi, joten tälläkin perusteella rakennuksen turvallisuutta ajatellen painovoimainen ilmanvaihto on parempi.

Lisäksi hän painottaa sitä, että ihmiset vielä tänäkin päivänä ymmärtävät paremmin ko. ilmanvaihdon toiminnan ja tämä osaltaan vähentää käytössä tapahtuvia virheitä. Monesti nykypäivänä painovoimaisen ilmanvaihdon haluava ihminen on myös oikeasti kiinnostunut menetelmästä ja he ovat valmiita huolehtimaan sen toimivuudesta, joka luo lisäarvoa tälle vaihtoehdolle. Lopuksi hän lisää listaan vielä pienet käyttökustannukset ja pienen hiilijalanjäljen. (LVI Kalske Oy, Jari Ketola)

Scanoffice Oy

Vastaukset antoi tuotepäällikkö Timo Lindholm. Lindholm lisäisi ilmanvaihtokoneen rinnalle, rakennuksen ulkovaippaan laadukkaalla suodatuksella varustetun tuloilmalaitteen (esimerkiksi Mobair 2030S) pistepoistojen eli tulipesien, keskuspölynimurin ja liesikuvun tuloilmamäärien, sekä liiallisen ilmanvaihtokoneen paine-eron kasvun ehkäisemiseksi hallitusti. Näin vuotoilmavirtauksia rakenteen yli ei pääse syntymään missään olosuhteissa. Lisäksi uusien rakennusmääräysten myötä myös puhtaasti painovoimainen ilmanvaihto on mahdollinen. Myös avustuspuhaltimella varustettu painovoimainen ilmanvaihto on varteenotettava ja kokonaisedullinen vaihtoehto sekä perustamis-, että elinkaarikustannuksiltaan. Lopuksi Lindholm toteaa, että avustuspuhaltimella varustetun painovoimaisen ilmanvaihdon etuja on kustannustehokkuuden lisäksi sen toimintavarmuus. (Scanoffice Oy, Timo Lindholm)

Lindholm ei itse asettaisi vertailussa olevia vaihtoehtoja paremmuusjärjestykseen. Koneellinen poisto tai koneellinen tulo- ja poisto ovat hyviä kuten avustuspuhaltimella varustettu painovoimainen ilmanvaihtokin, kunhan ilmaa vaihtuu tarpeenmukaisesti. Tärkeimpänä hän pitää vuotoilmavirtausten eliminointia. Erityisesti koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon yhteydessä esiintyville vuotoilmavirtauksille on oltava riittävä primäärireitti talon ulkovaipassa (eli niin sanottu sulake, josta talo vuotaa hallitusti). Pelkän poistoilmanvaihdon, koneellisen tai painovoimaisen yhteydessä on välttämätöntä varmistua, että mitoitetut tuloilmalaitteet tuottavat tuloilmamäärän riittävän vedottomasti ja pystyvät palvelemaan myös aikaisemmin mainittuja pistepoistoja autonomisesti, ilman että käyttäjän tarvitsee operoida niitä esimerkiksi tulipesän polton ajaksi.

Viimeisenä huomiona hän lisää, että vetoinen tuloilma lisää väistämättä lämmitysenergian kulutusta, kun lämmönlähteellä kompensoidaan oleskeluvyöhykkeen vedontunnetta. (Scanoffice Oy, Timo Lindholm)

Ilmanvaihdon kustannusten muodostuminen

Tarkoituksena oli vertailla painovoimaisen ja koneellisen ilmanvaihdon hankinta- ja ylläpitokustannuksia karkealla tasolla. Sain LVI Kalske Oy:ltä viitteitä siitä, mistä hintaero näiden kahden välillä koostuu.

Painovoimaisen ilmanvaihdon hankintakustannuksia ajatellessa, ne riippuvat paljolti ihmisten tekemistä valinnoista. Tiilihormi maksaa paljon ja vastaavasti hinnaltaan edullisin hormi on tavallinen kierresaumakanava. Hienoimmat venttiilit maksavat satoja euroja kappaleelta ja edullisimmillaan päätelaitteet ovat samanhintaisia koneellisen kanssa. Ilmastointikanavaa menee vähemmän, mutta vastaavasti venttiileitä tarvitaan enemmän. Laitteiston hankintahinta on koneelliseen verrattuna, ilmastointikoneen verran halvempi, mikäli painovoimaiseen ei oteta automatiikkaa. Kustannusetuina kuitenkin on se, että rakentaa voisi perustiedoilla itse ja eristeitä menee vähemmän, verrattuna koneelliseen. (LVI Kalske Oy, Jari Ketola)

Käyttökustannuksia ajatellessa Ketola toteaa, että painovoimaisen ilmanvaihdon kustannukset ovat lähellä nollaa ja tutkimusten mukaan energian kulutus voi olla hieman pienempi virtaa vievien laitteiden jäädessä pois. Energiankulutusta on tutkittu ja vertailtu myös isännöitsijöiden toimesta suuremmissa kohteissa. Suodattimien osalta käyttökustannukset voivat olla samoissa lukemissa kuin koneellisessa, mutta riippuen rakennuspaikasta ne voivat olla myös lähellä nollaa. Elinkaarta ajatellen tämä vaihtoehto on lähes 100 %:sti kierrätettävissä ja hiilijalanjäljeltään painovoimainen ilmanvaihto on huomattavasti parempi vaihtoehto. (LVI Kalske Oy, Jari Ketola)

9.3 Yhteenveto

Tässä kappaleessa on tarkoitus tuoda esille eri ilmanvaihtomenetelmien hyviä ja huonoja puolia, pohjaten opinnäytetyössä olevaan tekstiin, asiantuntijoiden kokemuksiin ja mielipiteisiin.

TAULUKKO 1. Koneellinen ilmanvaihto

Hyvät puolet
määräysten täyttyminen on helpompaa
mahdollisuus jäähdytykseen
lämmön talteenotto (LTO)
ilman hienosuodatus (parempi allergisille)
hyvä säädettävyys
ilmanvaihtokoneen ohjaus kosteuden tai lämpötilan avulla
ei vaadi käyttäjältä samanlaista aktiivisuutta kuin painovoimainen ilmanvaihto
Huonot puolet
väärin säädettynä voi aikaansaada merkittäviäkin vahinkoja
korkeampi melutaso (vrt. painovoimaiseen ilmanvaihtoon)
ilman liiallinen kuivuminen
kalliimmat huolto- ja ylläpitokustannukset
investointina kalliimpi (vrt. painovoimaiseen ilmanvaihtoon)
vaikeampi oppia käyttämään ja huoltamaan laitteistoa
laitteiden käyttöhäiriöt / rikkoutumiset
Korkeampi energiankulutus

TAULUKKO 2. Painovoimainen ilmanvaihto

Hyvät puolet
laitteiden poisjäännistä saatu energian säästö
kierrätettävyys
huoltovapaa
asennus ei ole mahdotonta ilman ammattilaista
helppo ymmärtää kuinka toimii / helppo käyttää
halpa toteutus (vrt. koneelliseen)
ääneton
pienet huolto- ja ylläpitokustannukset
pieni hiilijalanjälki
vähemmän käyttäjän aiheuttamia riskejä
Huonot puolet
huonosti säädettynä johtaa energiankulutuksen kasvuun
vaatii hieman aktiivisuutta ja opettelua käyttäjältä
vaatii tarkempaa suunnittelua toteutuksen suhteen
rajaa mahdollisuuksia pohjaratkaisun suhteen
mahdolliset ongelmat energiatehokkuuslaskelmissa

10 Kuluttajakyselyt

Osaksi opinnäytetyötä laadittiin kyselytutkimus (Liite 1), jonka tarkoituksena oli kartoittaa kuluttajien tietoisuuden tilannetta koskien hirsitalojen terveellisyyttä ja ilmanvaihtoa. Pienempi kysely (Liite 2) tehtiin puolestaan kartoittamaan tarjonnan laajuutta ja kuluttajien mielenkiintoa painovoimaista ilmanvaihtoa kohtaan. Kyselyissä esitetyt kysymykset on listattu liitteissä 1 & 2. Tässä on esitetty yhteenveto.

10.1 Ensimmäinen kyselytutkimus

Tähän kyselyyn saatiin 194 vastausta ympäri Suomen. Otanta on kuitenkin riittävä työn laajuuteen nähden. Kyselyssä esitettiin muutama yleinen kysymys liittyen vastaajien taustoihin. Kysely on esitetty kokonaisuudessaan liitteessä 1. Työhön otetaan kysymykset, jotka ovat tämän työn kannalta merkittävimpiä.

Kyselytutkimuksen neljäs ja viides kysymys käsittelivät hirsitalojen rakenteellista riskialttiutta sekä turvallisuutta sisäilman terveellisyyden kannalta. Suurin osa vastaajista pitää hirsitaloja rakenteeltaan turvallisena ja sisäilmaltaan terveellisenä.

Kuinka riskialttiina pidät hirsirakenteisia taloja?

TURVALLINEN ▾	EI EROA MUISTA RAKENNETYYPEISTÄ ▾	RISKIALTTIIMPI KUIN ESIMERKIKSI KIVITALO ▾	YHTEENSÄ ▾
83,42% 161	13,99% 27	2,59% 5	193

Kuva 16. Kysymys 4.

Pidätkö hirsirakenteisia taloja turvallisena vaihtoehtona sisäilman terveellisyyttä ajatellen?

VASTAUSVAIHTOEHDOT ▾	VASTAUKSET ▾
▾ Kyllä	94,33% 183
▾ En	1,03% 2
▾ Yhtä turvallinen kuin muutkin	6,19% 12
Vastaajat yhteensä: 194	

Kuva 17. Kysymys 5.

Seuraavat kolme kysymystä käsittelevät ilmanvaihtoa. Kysymyksessä nro. 7, ilmanvaihdon säätämällä tarkoitetaan laitteen ohjauspaneelin kautta tehtäviä säätöjä tai vastaavasti painovoimaisessa ilmanvaihdossa venttiilien, tuuletusluukkujen ja poistohormin peltien säätämistä. Kysymys ei koske ilmanvaihdon mitoitusäättöjen asettamista, se on aina ammattilaisen tehtävä. Kysymys nro. 6:n tarkoitus oli kartoittaa, onko painovoimainen menetelmä ihmisille tuttu. Työn kannalta oli oleellista tietää, kuinka hyvin menetelmä entuudestaan tunnetaan. Kysymys nro. 8 puolestaan toi esiin sen, että rakennusten ilmanvaihdon tärkeys on lähes kaikille entuudestaan tuttu.

Tiedätkö mikä tai millainen on painovoimainen ilmanvaihto?

VASTAUSVAIHTOEHDOT	VASTAUKSET	
▼ Kyllä	88,14%	171
▼ En	3,09%	6
▼ Olen joskus kuullut	8,25%	16
▼ Kuulostaa vanhanaikaiselta menetelmältä	1,03%	2
Vastaajat yhteensä: 194		

Kuva 18. Kysymys 6.

Onko/ Olisiko sinulla tietoa ja taitoa säätää kotisi ilmanvaihtoa vallitsevien sääolosuhteiden mukaisesti? (Jos et asu omakotitalossa, kuvittele tilanne)

VASTAUSVAIHTOEHDOT	VASTAUKSET	
▼ Kyllä	53,09%	103
▼ Ei	20,62%	40
▼ Sitä varten on ammattilaiset	7,73%	15
▼ Pitääkö sitä säätää?	4,12%	8
▼ Kodissani on automatisoitu ilmanvaihto	14,43%	28
YHTEENSÄ		194

Kuva 19. Kysymys 7.

Kuinka tärkeänä pidät ilmanvaihtoa ja sen toimivuutta kun ajatellaan rakennuksen säilymistä käyttökelpoisena mahdollisimman pitkään?

EI MERKITYSTÄ	EN OSAA SANOA/ EN TIEDÄ MIKSI SE OLISI TÄRKEÄÄ	TODELLA TÄRKEÄ OSA, TIEDÄN MYÖS MIKSI	YHTEENSÄ
1,04% 2	3,11% 6	95,85% 185	193

Kuva 20. Kysymys 8.

Työn yksi olennainen osa on se, mitä ilmanvaihtomenetelmää ihmisille yleensä suositellaan ja mitä he oikeasti haluaisivat. Kysymyksen nro. 9 tarkoitus oli selventää sitä, haluavatko ihmiset tietää, mikäli heillä on vaihtoehtoja vai luottavatko he esimerkiksi myyjän asiantuntemukseen. Tilanne oli tarkoituksella kuvitteellinen, koska haluttiin tarkastella ihmisten mielipidettä, vaikka hän ei olisi taloa aikaisemmin ostanut.

Kuvitellaan tilanne, olet ostamassa talopakettia ja myyjä suosittelee sinulle tietynlaista ilmanvaihtojärjestelmää kotiisi. Hyväksytkö myyjän ehdotuksen luottaen hänen ammattitaitoonsa vai haluaisitko tietää onko sinulla vaihtoehtoja ilmanvaihdon toteutuksen suhteen?

VASTAUSVAIHTOEHDOT	VASTAUKSET
Luotan myyjäään	5,67% 11
Haluan tietää vaihtoehdot	65,46% 127
Osaan itse määrittellä millaisen ilmanvaihdon kotiini haluan	32,99% 64
Ei ole väliä, kunhan ilma jotenkin vaihtuu	0,52% 1
Vastaajat yhteensä: 194	

Kuva 21. Kysymys 9.

Viimeinen esitetty kysymys koski sisäilmaongelmia. Kysymys jättää hieman liikaa tulkinnanvaraisuutta, mutta antaa osviittaa kuluttajien omista kokemuksista. Puhuttaessa sisäilmaongelmista olisi aina tärkeä muistaa kuinka tulenarka puheenaihe se on. Sisäilmaongelmat voivat aiheutua monesta tekijästä ja mikäli kysely toteutettaisiin uudestaan, olisi siinä avattu paremmin se, mitä tässä yhteydessä sisäilmaongelmilla tarkoitetaan. Kysymyksen vastausten perusteella tilanne on kuitenkin huolestuttavalla tasolla ja se kaipaisi varmasti lisätoimia tilanteen kartoittamiseksi. Työhöni tämä kysymys liittyy ilmanvaihdon sekä hirsirakentamisen osalta. Ilmanvaihto on yksi merkittävä osa sisäilman laatuun vaikuttavista tekijöistä ja hirsirakennukset taas ovat tutkitusti sisäilmaltaan terveitä ja monesti vaihtoehto tällaisten ongelmien jälkeen.

Onko lähipiirissäsi joku, joka kärsii tai on kärsinyt sisäilmaongelmista aiheutuneista sairauksista ja/tai oireista?

VASTAUSVAIHTOEHDOT	VASTAUKSET	
▼ Kyllä	66,32%	128
▼ Ei	24,87%	48
▼ Minä itse	20,21%	39
Vastaajat yhteensä: 193		

Kuva 22. Kysymys 10.

10.2 Toinen kyselytutkimus

Toinen kysely oli esillä vain muutaman päivän ja se toteutettiin sosiaalisesta medias- ta löytyneessä lähes 5000 hirsirakentajan ryhmässä. Tässä ryhmässä keskustelu vaihtoehdoista kävi kiivaana. Vanha ilmanvaihtomenetelmä kiinnostaa tätä ryhmää edelleen. Toteuttajia etsitään tai lähestulkoon metsästetään. Painovoimaisen ilmanvaihdon hyödyistä ja haitoista kiistellään oman tietoperustan pohjalta, lähes riitelyyn asti. Moni uskoo vanhanaikaisen tavan olevan huono ja puutteellinen tai muutoin toteuttamattomissa oleva, kun taas osa haluaa sen omaan taloonsa hinnalla millä hyvänsä ja riskeistä huolimatta. Kiinnostuksen takana tuntuu olevan luottamus vanhaan menetelmään, aikaisemmat ongelmat koneellisen ilmanvaihdon kanssa tai yksinkertaisesti kunnioitus perinteitä kohtaan. Mutta miksi tähän päivään asti rakennuksissa toimiva ilmanvaihtomenetelmä, olisi yhtäkkiä menettänyt toimintakykynsä?

Kyselyssä haluttiin selvittää, olisiko kuluttajat saaneet hirsitalon toimitukseen sisällytettyä painovoimaista ilmanvaihtoa. 87:stä vastaajasta vain kolme oli saanut taloonsa painovoimaisen ilmanvaihdon talo toimittajan kautta. Kiinnostavinta vastauksissa oli se, että 13 vastaajaa olisi halunnut taloonsa painovoimaisen ilmanvaihdon, mutta toteuttajaa ei ole löytynyt tai vastaavasti kohteessa oli ilmennyt muita toteutukseen liittyviä ongelmia. Kysely oli pienimuotoinen, mutta se osoittaa silti, että kiinnostusta on edelleen. Ryhmässä käydyn keskustelun pohjalta ongelmaksi osoittautui tarjonnan tai tietämyksen puute. Tarjonnan puute selittynee nykyisillä energiatehokkuusvaatimuksilla, jotka tuovat ongelmia painovoimaisen ilmanvaihdon toteutukseen. Tiedon puute voisi selittyä pelkästään nykyaikaisuudella, ko. vaihtoehto ei vedä suunnittelijoita puoleensa yhtä vahvasti kuin koneellinen ilmanvaihto.

Talotoimittajat voisivat olla kiinnostuneita antamaan kuluttajille vaihtoehtoja, mutta onko vaihtoehtojen määrä heidän päätettävissä? Pystyvätkö hekään vastaamaan asiakkaiden toiveisiin luonnollisemmasta asuinympäristöstä kiristyvien määräyksien ohella?

11 Tulokset

Opinnäytetyön yksi tavoite oli lisätä ihmisten tietoisuutta hirsitalojen ilmanvaihdosta. Tehty työ antaa hyvät perustiedot vertailluista ilmanvaihtomenetelmistä ja osaltaan lisää tiedon käytettävyyttä. Työhön kerätyt tiedot voivat auttaa kuluttajia saamaan tietoa ilmanvaihtomenetelmän valinnasta sekä niiden perustiedoista. Tiedon lisäämisellä voitaisiin ehkäistä käyttäjävirheistä aiheutuneita riskejä ja niiden tuomia ongelmia. Työn tuloksena voidaan pitää myös sitä saavutettua tietoa, että kuluttajat ovat edelleen kiinnostuneita painovoimaisesta ilmanvaihdosta ja sen toteutusmahdollisuuksista.

Työhön saaduista tiedoista kävi ilmi, etteivät kaikki tuottajatkaan tiedä mikä olisi paras vaihtoehto. Useasti omakotitalokohteisiin suositellaan koneellista ilmanvaihtoa vedoten nykymääräysten toteutumiseen sekä säätömahdollisuuksiin, joilla rakennuksen kosteusrasitusta voidaan pienentää. Suosituksista huolimatta monet hirsitalovalmistajat tiedostavat mihin kohteisiin painovoimainen ilmanvaihto on hyvä ratkaisu. Asiantuntijat toivat esiin myös tärkeitä näkökulmia, jotka kaikki vaikuttavat menetelmän valintaan. Suurin vaikutusvalta on kuitenkin rakennusvalvonnalla ja nykymääräyksillä, näitä kahta ei voida ohittaa eikä kiertää. Mikäli suunnittelee painovoimaisen ilmanvaihdon toteuttamista, on hyvä varmistaa ensin kaupungin rakennusvalvonnasta, että sellaisen saa varmasti tehdä. Lupien suhteen on kaupunkikohtaisia eroja ja sen takia työtä tehtiin yleisellä tasolla. Työstä on tietoisesti rajattu pois eri rakennusvalvojen kannanotot.

Tutkimuksen perusteella on päädytty siihen, että molemmat ilmanvaihtotavat ovat edelleen toteutettavissa hirsitaloihin. Käsiteltävien vaihtoehtojen toteutusta ei kirjoittamishetkellä estä mikään viranomaistaho. Ilmanvaihtomenetelmän valintaan vaikuttavia tekijöitä on listattu seuraavassa luvussa.

11.1 Ilmanvaihtomenetelmän valintaan vaikuttavat tekijät

Opinnäytetyössä käsiteltyyn teoriaan ja asiantuntijalausuntoihin pohjaten voidaan listata asioita, jotka vaikuttavat oleellisesti ilmanvaihtomenetelmän valintaan. Asiat eivät ole tärkeysjärjestyksessä.

- *Energiatehokkuus;*
rakennuksen tiiveys ja sitä kautta energiatehokkuusvaatimusten täyttyminen
- *Rakennuspaikan sijainti;*
pölyisyys, melutasot, tuuli, rakennusvalvonta ja mahdolliset kaavamääräykset
- *Rakennuksen arkkitehtuuri;*
vaikutus toteutuksen mahdollisuuksiin pohjaratkaisun ja ikkunoiden kautta
- *Kustannukset;*
painovoimainen ilmanvaihto vaatii hirren paksuudeksi 240-260mm, hyvät U-arvot oviin ja ikkunoihin ja lisäksi tulevat suunnittelusta aiheutuvat kustannukset (joudu-
taan monesti toteuttamaan ulkopuolisella suunnittelijalla)
- *Rakennuksen käyttötarkoitus;*
onko rakennus käytössä jatkuvasti vai esimerkiksi vain kesäisin
- *Asumistottumukset;*
Aukkaiden asumistottumukset voivat nostaa rakennuksen kosteusrasitusta, jonka poistaminen painovoimaisella ilmanvaihdolla vaatii aktiivisuutta
- *Käyttäjän aktiivisuus;*
onko asukas tarpeeksi motivoitunut huolehtimaan ilmanvaihdon toimivuudesta
- *Käyttäjän toiveet ja tarpeet;*
päättöstä ohjaa monesti oma vaatimustaso, millaista halutaan ja tarvitaan

11.2 Luotettavuuden arviointi

Tutkimustyöhön liittyy paljon eettisiä vaatimuksia, jotka tutkijan on otettava huomioon. Tiedon hankintaan ja julkistamiseen liittyvät periaatteet tutkimuseettisessä näkökulmassa ovat yleisesti hyväksytyjä. Periaatteiden tunteminen ja näiden noudattaminen on jokaisen tutkijan ja opinnäytetyön tekijän vastuulla. Tutkimushankkeiden ohjaukseen ja valvontaan on perustettu Suomessa erillisiä julkisia toimielimiä, jotka valvovat tutkimusten eettisyyttä ja asianmukaisuutta. (Hirsjärvi ym. 2013, 23.)

Lähdekritiikkinä pitää arvioida lähteiden luotettavuutta ja mistä näkökulmasta lähteiden tarjoamaa tietoa tarkastellaan. Aineistoa voidaan tarkastella joko indikaattoreina tai todistuksina. Indikaattorilla tarkoitetaan aineistoa, joka on olemassa, vaikka tutkimusta ei tehtäisikään. Todistus puolestaan on lähde, jota saadaan esimerkiksi haastattelun tuloksena. Se on rehellinen tai vähemmän rehellinen tiedonanto siitä aiheesta mitä tutkija yrittää selvittää.

Lähdekritiikki ei ole mekaaninen operaatio, vaan se edellyttää aina järjen käyttöä. Pitää punnita tiedon luotettavuutta. Mikäli lähdekritiikki antaa aihetta epäillä annetun tiedon todenperäisyyttä, tieto pitää pyrkiä tarkastamaan. Usein varsinkin henkilöhaastatteluiden kohdalla tarkastaminen voi osoittautua mahdottomaksi. (Alasuutari 2011, 95-102.)

Opinnäytetyöstä iso osa on henkilökohtaisiin tiedonantoihin pohjautuvaa tietoa ja niitä tulkittaessa on muistettava tiedon lähdekriittisyys. Kyseessä ei välttämättä ole luotettavaan lähteeseen pohjautuva vastaus vaan se voi olla esimerkiksi vain ko. henkilön työkokemukseen pohjautuvaa kokemuseräistä tietoa, joka halutaan tuoda työssä esille. Nämä mielipiteet ja lausunnot ovat yksi merkittävä osa sitä, mihin valintaan ihmiset päätyvät ja siitä syystä nämä saadut vastaukset ovat mielenkiintoinen osa työtä. Suurin osa näistä on koottu kohtaan 9. *Asiantuntijalausunnnot*.

12 Pohdinta ja johtopäätökset

Tutkimuksesta selvisi, ettei voida sanoa yksiselitteisesti mikä olisi paras ilmanvaihtomenetelmä hirsitaloon, mutta saatiin aikaan näkökulmia, jotka vaikuttavat valintaan. Valintaan vaikuttaa mm. se, mihin aiotaan rakentaa. Maaseudulla painovoimainen ilmanvaihto on huomattavasti parempi vaihtoehto kuin kaupungissa. Kaupungin pölyisen ilman suodattaminen ja melun hallinta aiheuttavat haasteita painovoimaisen ilmanvaihdon toteutukseen ja määräysten täyttäminen voi olla hankalampaa. Lähtökohtaisesti joidenkin kaupunkien rakennusvalvonta voi määrätä koneellisen ilmanvaihdon tehtäväksi uudiskohteisiin. Maaseudullakin on realistista ajatella tai edes ottaa huomioon kosteiden tilojen nopea kuivuminen, tehdään se sitten koneellisella poistolla tai takkaa lämmittämällä ja tuulettamalla. Kosteus on kuitenkin aina riski rakenteille, mikäli se viipyy liian pitkään. On myös otettava huomioon se, etteivät omakotitalojen väliseinät yleensä enää ole täyshirrestä vaan ne ovat normaalisti puurunkoon toteutettu, eristetty ja levytetty tai paneloitu. Tämä osaltaan vähentää hirren osuutta kosteustasapainon säätelyssä.

Molemmat työssä käsitellyt vaihtoehdot siis toimivat hirsitalossa yhtä hyvin. Tärkeintä ilmanvaihdon kannalta on tehdä suunnitelmat huolella, toteuttaa suunnitelmien mukaisesti, huoltaa ja käyttää laitteistoa oikein sekä muistaa miten oma toiminta ja muut tekijät vaikuttavat rakenteisiin ja sisäilman laatuun. Ongelmiin on osattava puuttua, mikäli niitä havaitaan. Monesti ongelman syynä ei ole ns. huono ilmastointi vaan kyseessä voi olla viallinen osa järjestelmässä, väärin säädetty laite, inhimillinen erehdys esimerkiksi mitoituksessa, toteutusvirhe tai se, ettei ole ymmärretty oikein sitä, kuinka talon ilmanvaihtoa tulisi säätää. Muistutuksena vielä muut elämisestä aiheutuvat sisäilman laatuun vaikuttavat tekijät kuten ruuanlaitto, kemikaalit, vaatepöly, lämpötila yms. Nämä tekijät vaikuttavat kaikki asumismukavuuteen ja sisäilman laatuun, mutta syy ei ole ilmanvaihdon.

Johtopäätöksenä voisi todeta, että hirsitaloon sopivin ilmanvaihtomenetelmä löydetään käymällä läpi luvussa 10.1 esitettyjä valintaan vaikuttavia tekijöitä. Ei siis ole väärin ehdottaa pääkaupunkiseudulle koneellista, automatisoitua ilmanvaihtoa lämmön talteenotolla, vaikka asiakas kuinka haluaisi painovoimaisen ilmanvaihdon. On kuitenkin osattava kertoa riittävän kattavasti, miksi juuri tätä suositellaan. Vastaavasti maaseudulla tai haja-asutusalueella voidaan päätyä painovoimaiseen ilmanvaihtoon, mutta asentaa silti koneellinen poisto kosteisiin tiloihin varmistamaan kuivatus. Vaikka asiakas ei osaisi vaatia mitään tiettyä ilmanvaihtomenetelmää niin tällaisessa tilanteessa voitaisiin kuitenkin antaa hänelle vaihtoehdot, jos niitä on saatavilla.

Perusteluna johtopäätökselle voitaisiin mainita se, ettei kohdalle osunut missään vaiheessa tutkimustietoa siitä, että jompikumpi vaihtoehdoista olisi aiheuttanut sisäilman laatuun liittyviä ongelmia tai rakenneaurioita hirsitaloissa. Nähtäväksi kuitenkin jää, muuttuuko hirsitalojen tilanne vuosien saatossa.

Lähteet

A 1009/2017. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. Viitattu 12.2.2019.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171009>.

A 1010/2017. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. Viitattu 22.3.2019.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171010>.

A 1048/2017. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta. Viitattu 22.3.2019.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171048>.

Alasuutari, P. 2011. Laadullinen tutkimus 2.0. Tampere: Osuuskunta Vastapaino.

Eskola, J. & Suoranta, J. 2001. Johdatus laadulliseen tutkimukseen. Tampere: Osuuskunta Vastapaino.

FläktGroup Finland Oy, 2019. Optivent Ultra – Ulda. Viitattu 12.4.2019.

<https://www.flaktgroup.com/fi/products/air-management--atds/air-volume-dampers/variable-air-volume-dampers/ulda/>.

Hirsitaloteknologia. 2019. Viitattu 12.2.2019.

<http://makron.com/fi/teollisuusalat/rakennusteollisuus/hirsitaloteknologia>. N.d.

Ilmanvaihtojärjestelmät. Hengitysliitto. 2019. Viitattu 24.3.2019.

<https://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/ilmanvaihto/ilmanvaihtojarjestelmat>.

Ilmatiiveys ja vuotokohdat uusissa rakennuksissa. 2018. Viitattu 4.4.2019.

<https://vertia.fi/wp-content/uploads/2018/06/Ilmatiiveys-ja-vuotokohdat-uusissa-rakennuksissa-2018-1.pdf>.

Ilmatiiveysmittaus. 2019. Viitattu 23.3.2019.

<http://www.hankienergiatodistus.fi/ilmatiiveysmittaus>.

Hirsjärvi, S.; Remes, P. & Sajavaara, P. 2013. Tutki ja kirjoita. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Ketola, J. 2019. Insinööri YAMK talotekniikka, insinööri LVI-tekniikka, KM, Tohtoriopiskelija. LVI Kalske Oy. Haastattelu. 7.3.2019.

Kontiotuote Oy. 2019. Haastattelu. 10.3.2019.

Korkala, T. 2016. Ilmastointi. Hoito ja huolto. Helsinki: Tapio Korkala ja kiinteistöalan kustannus Oy.

Käyttöturvallisuustiedote. 2019. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). Viitattu 5.3.2019. <https://tukes.fi/kemikaalit/reach/kayttoturvallisuustiedote>.

- Lapinkangas, R. 2019. Tuotantopäällikkö. Honkamajat Oy. Haastattelu. 29.1.2019.
- Lauharo, K. 2002. Hirsi rakennusaineena ja teollinen hirsitalo. Kuopio: Oy UNIpress Ab.
- Lehtola, M. 2019. Toimitusjohtaja. Vehasen Talot Oy. Haastattelu. 21.1.2019.
- Lindholm, T. 2019. Tuotepäällikkö. Scanoffice Oy. Haastattelu. 11.3.2019.
- Löf, M. 2019. Tekninen johtaja. Kontiotuote oy. Haastattelu. 13.3.2019.
- Metodin valinta ja aineistonkeruu: virikkeitä aloittelevalle tutkijalle. Jyväskylä: PS-kustannus, 109-120.
- Metsämuuronen, J. 2008. Laadullisen tutkimuksen perusteet. metodologia-sarja 4. Helsinki: Methelp International Ky.
- Mursu, J. 2019. Tuotantopäällikkö. Kero Hirsitalot Oy. Haastattelu. 11.3.2019.
- Myönnetyt sertifikaatit. Finotrol Oy. Viitattu 5.3.2019.
<http://www.finotrol.fi/certificates.php>.
- Painovoimaisen ilmanvaihdon käyttö ja huolto. 2014. Ketola, J. Viitattu 24.3.2019.
[https://www.neuvoo.fi/wordpress/wp-content/uploads/2014/03/Painovoimaisen ilmanvaihdon kaytto ja huolto Vanhan rakennuksen kunnostusopas Nro2 Ketola www.pdf](https://www.neuvoo.fi/wordpress/wp-content/uploads/2014/03/Painovoimaisen_ilmanvaihdon_kaytto_ja_huolto_Vanhan_rakennuksen_kunnostusopas_Nro2_Ketola_www.pdf).
- Pajala, P. 2019. Kehitysjohtaja. Finnlamelli Oy. Haastattelu. 11.3.2019.
- Rieki, A. 2019. Suunnittelupäällikkö. Kuusamo Hirsitalot Oy. Haastattelu. 11.3.2019.
- Salonen, T. 2016. Omakotitalon ilmalämmitysjärjestelmän toiminnan tarkastelu. Opinnäytetyö, AMK. Mikkelin ammattikorkeakoulu, talotekniikan koulutusohjelma. Viitattu 4.4.2019. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201604084072>.
- Sandberg, E. 2014. Ilmastointikoneet ja -konehuoneet. Teoksessa Sandberg, Esa (toim.) Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. Perustietoa ilmastointitekniikasta rakentamisen ja rakennusten käytön asiantuntijoille. Helsinki: Talotekniikka-Julkaisut Oy, 155-212.
- Sandberg, E. & Ripatti, H. 2014. Ilmanvaihtojärjestelmät. Teoksessa Sandberg, Esa (toim.) Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. Perustietoa ilmastointitekniikasta rakentamisen ja rakennusten käytön asiantuntijoille. Helsinki: Talotekniikka-Julkaisut Oy, 113-128.
- Suomäki, J. & Vepäsäläinen, S. 2013. Talotekniikan automaatio. Käyttäjän opas. Helsinki: Kiinteistöalan kustannus Oy ja kirjailijat.

Tiiviyskortti. Oulun Rakennusvalvonta. 2019. Viitattu 23.3.2019.

<https://www.ouka.fi/documents/486338/2c940889-b59d-4e4c-8c99-663eff21847d>.

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2013. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

TurboWent Vedonparantaja. 2019. Viitattu 12.4.2019.

<https://www.hlpinta.fi/turbowent-vedonparantaja/>.

Vaara, M. 2019. Toimitusjohtaja. Vaaran Aihkitalot Oy. Haastattelu. 10.3.2019.

Valli, R. & Perkkilä, P. 2015. Nettikyselyt ja sosiaalinen media aineistonkeruussa. Teoksessa Valli, Raine & Aaltola, Juhani (toim.) Ikkunoita tutkimusmetodeihin 1.

Vilkka, H. 2005. Tutki ja kehitä. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

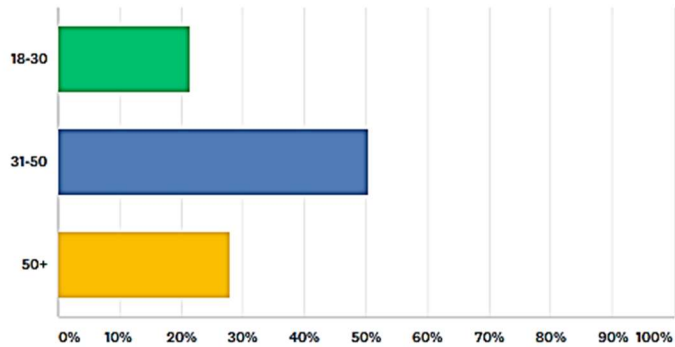
Välilä, Jyri. 2019. Insinööri AMK, Rakennusala. Honkarakenne Oyj, rakentamispalvelupäällikkö. Haastattelu. 22.3.2019.

Liitteet

Liite 1. Ensimmäinen kysely

Q1 Ikä

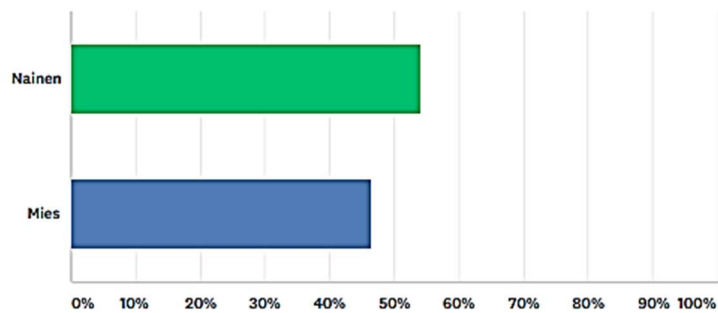
Answered: 194 Skipped: 0



VASTAUSVAIHTOEHDOT	VASTAUKSET	
18-30	21,65%	42
31-50	50,52%	98
50+	27,84%	54
Vastaajat yhteensä: 194		

Q2 Sukupuoli

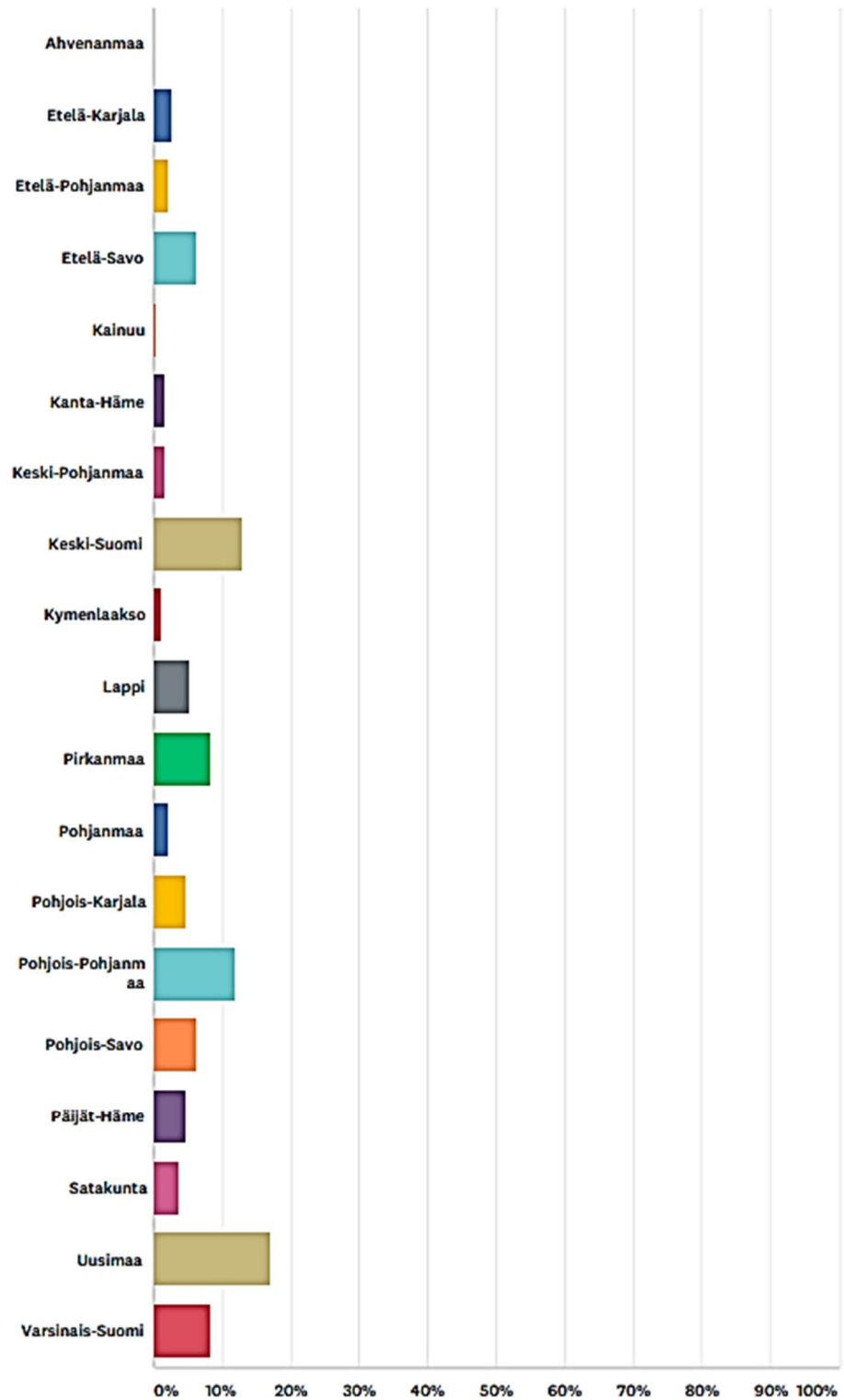
Answered: 194 Skipped: 0



VASTAUSVAIHTOEHDOT	VASTAUKSET	
Nainen	54,12%	105
Mies	46,39%	90
Vastaajat yhteensä: 194		

Q3 Maakunta

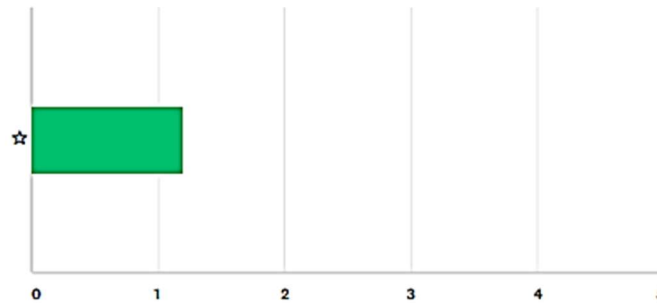
Answered: 194 Skipped: 0



VASTAUSVAIHTOEHDOT	VASTAUKSET	
Ahvenanmaa	0,00%	0
Etelä-Karjala	2,58%	5
Etelä-Pohjanmaa	2,06%	4
Etelä-Savo	6,19%	12
Kainuu	0,52%	1
Kanta-Häme	1,55%	3
Keski-Pohjanmaa	1,55%	3
Keski-Suomi	12,89%	25
Kymenlaakso	1,03%	2
Lappi	5,15%	10
Pirkanmaa	8,25%	16
Pohjanmaa	2,06%	4
Pohjois-Karjala	4,64%	9
Pohjois-Pohjanmaa	11,86%	23
Pohjois-Savo	6,19%	12
Päijät-Häme	4,64%	9
Salakunta	3,61%	7
Uusimaa	17,01%	33
Varsinais-Suomi	8,25%	16
Vastaajat yhteensä: 194		

Q4 Kuinka riskialttiina pidät hirsirakenteisia taloja?

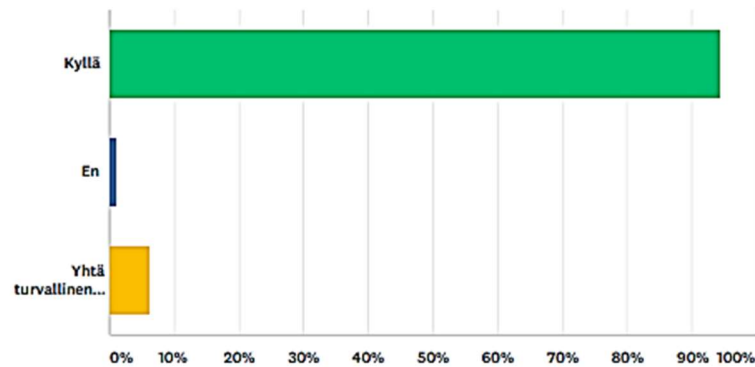
Answered: 193 Skipped: 1



	TURVALLINEN	EI EROA MUISTA RAKENNETYYPEISTÄ	RISKIALTTIIMPI KUIN ESIMERKIKSI KIVITALO	YHTEENSÄ	PAINOTETTU KESKIVARVO
☆	83,42%	13,99%	2,59%	193	1,19
	161	27	5		

Q5 Pidätkö hirsirakenteisia taloja turvallisenä vaihtoehtona sisäilman terveellisyyttä ajatellen?

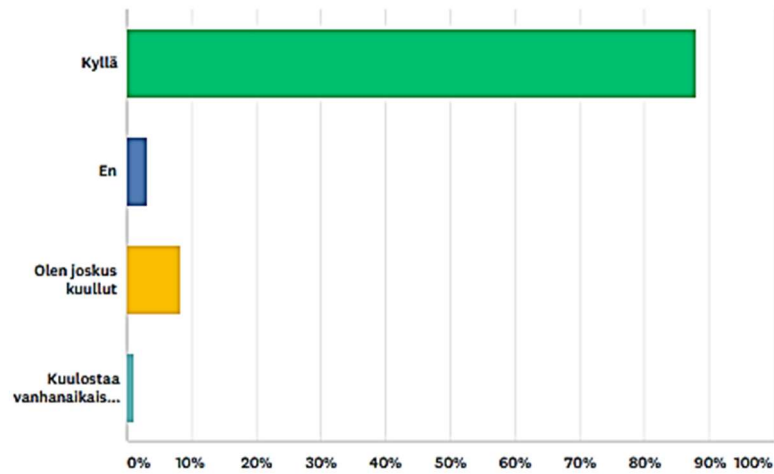
Answered: 194 Skipped: 0



VASTAUSVAIHTOEHDOT	VASTAUKSET	
Kyllä	94,33%	183
En	1,03%	2
Yhtä turvallinen kuin muutkin	6,19%	12
Vastaajat yhteensä: 194		

Q6 Tiedätkö mikä tai millainen on painovoimainen ilmanvaihto?

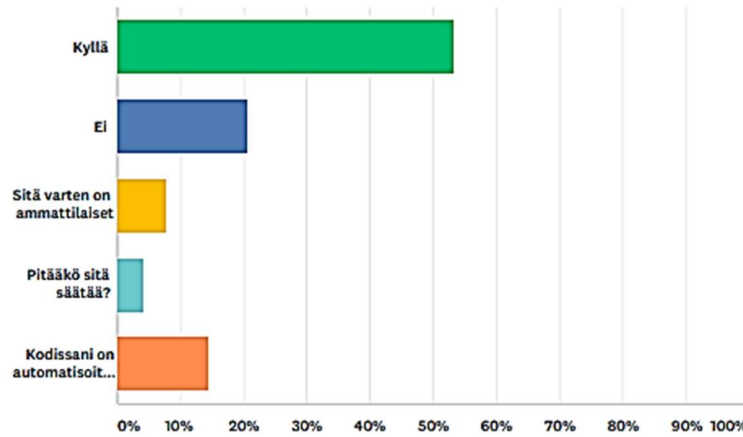
Answered: 194 Skipped: 0



VASTAUSVAIHTOEHDOT	VASTAUKSET	
Kyllä	88,14%	171
En	3,09%	6
Olen joskus kuullut	8,25%	16
Kuulostaa vanhanaikaiselta menetelmältä	1,03%	2
Vastaajat yhteensä: 194		

Q7 Onko/ Olisiko sinulla tietoa ja taitoa säätää kotisi ilmanvaihtoa vallitsevien sääolosuhteiden mukaisesti? (Jos et asu omakotitalossa, kuvittele tilanne)

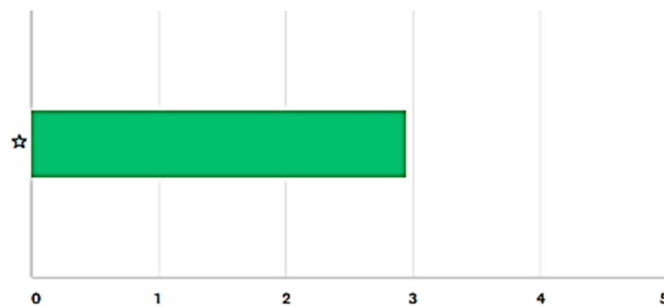
Answered: 194 Skipped: 0



VASTAUSVAIHTOEHDOT	VASTAUKSET	
Kyllä	53,09%	103
Ei	20,62%	40
Sitä varten on ammattilaiset	7,73%	15
Pitääkö sitä säätää?	4,12%	8
Kodissani on automatisoitu ilmanvaihto	14,43%	28
YHTEENSÄ		194

Q8 Kuinka tärkeänä pidät ilmanvaihtoa ja sen toimivuutta kun ajatellaan rakennuksen säilymistä käyttökelpoisena mahdollisimman pitkään?

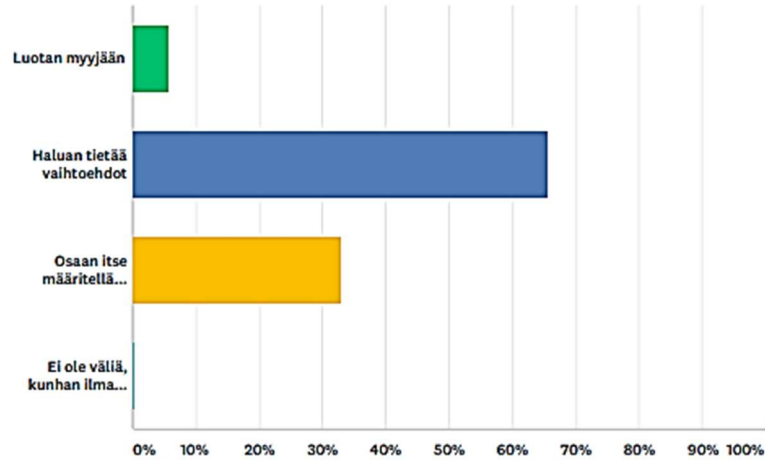
Answered: 193 Skipped: 1



	EI MERKITYSTÄ	EN OSAA SANOA/ EN TIEDÄ MIKSI SE OLISI TÄRKEÄÄ	TODELLA TÄRKEÄ OSA, TIEDÄN MYÖS MIKSI	YHTEENSÄ	PAINOTETTU KESKIARVO
☆	1,04%	3,11%	95,85%	193	2,95
	2	6	185		

Q9 Kuvitellaan tilanne, olet ostamassa talopakettia ja myyjä suosittelee sinulle tietynlaista ilmanvaihtojärjestelmää kotiisi. Hyväksytkö myyjän ehdotuksen luottaen hänen ammattitaitoonsa vai haluaisitko tietää onko sinulla vaihtoehtoja ilmanvaihdon toteutuksen suhteen?

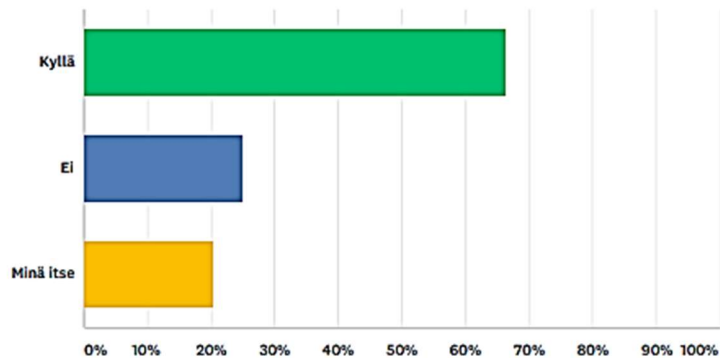
Answered: 194 Skipped: 0



VASTAUSVAIHTOEHDOT	VASTAUKSET	
Luotan myyjään	5,67%	11
Haluan tietää vaihtoehdot	65,46%	127
Osaan itse määrittellä millaisen ilmanvaihdon kotini haluan	32,99%	64
Ei ole väliä, kunhan ilma jotenkin vaihtuu	0,52%	1
Vastaaajat yhteensä: 194		

Q10 Onko lähipiirissäsi joku, joka kärsii tai on kärsinyt sisäilmaongelmista aiheutuneista sairauksista ja/tai oireista?

Answered: 193 Skipped: 1



VASTAUSVAIHTOEHDOT	VASTAUKSET	
Kyllä	66,32%	128
Ei	24,87%	48
Minä itse	20,21%	39
Vastaaajat yhteensä: 193		

Liite 2. Toinen kysely

Kysely toteutettiin Facebookissa, Hirsitalojen rakentajat- ryhmässä. Jäseniä tässä ryhmässä on noin 4500. Vastauksia saatiin 87. Kysely oli esillä vain muutaman päivän. Tämän tarkoituksena oli kartoittaa sitä, kuinka paljon kiinnostusta painovoimaisen ilmanvaihdon toteutukseen on ja vastaavasti tarjonnan ja onnistumisen määrää.

Esitetty kysymys;

Onko kukaan saanut sisällytettyä talotoimitukseen painovoimaista ilmanvaihtoa koneellisen sijaan?

(Tällä tarkoitettiin sitä, että valmistajan toimitukseen sisältyisi painovoimaisen ilmanvaihdon toteutus ja tarvittavat suunnitelmat, laskelmat ym tarpeellinen).

Vastausvaihtoehdot;

- 1. Olisin halunnut painovoimaisen ilmanvaihdon, toteuttajaa ei löytynyt tai oli muita ongelmia.*
- 2. Kyllä, on onnistunut.*
- 3. Kysytty on, mutta ei onnistunut talotoimittajan kautta.*
- 4. Kysytty on, ohjattu ulkopuoliselle LVI-suunnittelijalle.*

Vastaukset;

1. 12kpl
2. 3kpl
3. 1kpl
4. 0kpl

Jokainen kyselyyn osallistunut ei ole valinnut näistä vaihtoehdoista mitään, jolloin he ovat ns. ohittaneet kysymyksen. He ovat kuitenkin osa kyselyä, näin vastausmääräksi on saatu 87, joista 16 henkilöä on valinnut jonkin neljästä vastausvaihtoehdosta. Kysely otti kantaa vain painovoimaiseen ilmanvaihtoon, joten oli odotettavissakin etteivät kaikki pysty valitsemaan neljästä vaihtoehdosta vaikka he osallistuvatkin kyselyyn.

Liite 3. Hirsitalovalmistajille esityt kysymykset

Käsittelen työssäni asiantuntijoilta saamiani lausuntoja. Näiden lausuntojen pohjaksi heille on esitetty kaksi kysymystä. Haastattelupyyntöjä lähetin kahdellekymmenelle suomalaiselle hirsitalovalmistajalle, heistä 7 vastasi kysymyksiini. Yksi vastaajista on työn toimeksiantaja Kontiotuote Oy. Lausuntoja käsitellään työn luvussa 8.1.

Esitetyt kysymykset;

1. Mitä ilmanvaihtomenetelmää suosittelisitte hirsitaloihin? Miksi?
2. Mieliipidekysymys, kumpi käsiteltävistä menetelmistä on parempi hirsitaloon ja mihin valinta perustuu?

Näihin kahteen kysymykseen saatiin vastaukset kaikilta haastatteluun osallistuneista hirsitalovalmistajista.

Liite 4. LVI-asiantuntijoille esitetyt kysymykset

Työhön haettiin myös ilmanvaihdon asiantuntijoilta näkökulmaa valinnan perusteeksi. Haastattelupyyntö esitettiin kuudelle LVI- alan yritykselle mutta näistä vain kaksi vastasi esitettyihin kysymyksiin.

Esitetyt kysymykset ovat samat kuin hirsitalovalmistajille. Vastausprosentti 100.

Näiden kysymysten lisäksi LVI-Kalske Oy on antanut oman työkokemuksensa pohjalta työni kannalta paljon arvokasta tietoa painovoimaisesta ilmanvaihdosta. Näitä tietoja on tuotu esille useammassa luvussa.

Liite 5. Tietokartta

TIETOKARTTA PAINOVOIMAISESTA ILMANVAIHDOSTA**1. Rakennuspaikan sijainnin valinta**

Otettava huomioon alueen melutaso, pölyisyys sekä tuuliolosuhteet.

→ Pölyisen ympäristön takia ilmanvaihto vaatisi suodattimia, jotka aiheuttavat painehäviöitä. Vastaavasti meluinen ympäristö asettaa ääniteknisii vaatimuksia. Äänenvaimentimet aiheuttavat suodattimien lailla painehäviöitä.

→ Kahteen edelliseen verrattuna tuuli olisi kuitenkin toivottu asia, sillä se edesauttaa painovoimaisen ilmanvaihdon toimimista.

2. Rakennusvalvonta (RAVA)

→ Kaavamääräykset rakennuspaikalla, velvoitetaanko tekemään koneellinen ilmanvaihto?

→ Jos ei velvoita niin, onko muita määräyksiä rakennuksen ilmanvaihtoa koskien?

3. Asumistottumukset

→ Nykyaikaiset asumistottumukset voivat aiheuttaa jatkuvaa kosteusrasitusta rakenteille, jonka poistaminen täysin painovoimaisella ilmanvaihdolla voi olla työlästä. (katso. Kohdasta 5, Kosteiden tilojen sijoitus)

4. Aktiivisuus

→ Mikäli vaatimustaso aktiivisuuden osalta on nolla, voi kyseinen ilmanvaihtomenetelmä osoittautua raskaaksi käytön osalta.

→ Täysin painovoimainen ilmanvaihto vaatii käyttäjältään aktiivisuutta ja tietoa ilmanvaihdon toiminnasta. Kesämökille tämä on oiva valinta, mutta ympärivuotisessa asuinkäytössä olevassa talossa on varauduttava ilmanvaihdon toiminnan tuomiin vaatimuksiin.

5. Kohteen ja pohjapiirustuksen suunnittelu

Arkkitehtuurilla on suuri vaikutus siihen, voidaanko kohteeseen toteuttaa painovoimainen ilmanvaihto.

Pohjaratkaisua ja talon julkisivuja mietittäessä olisi hyvä miettiä ainekin seuraavia asioita:

→ Ikkunoiden määrä ja koko (pv-iv takia ikkunoiden U-arvo tulee olla erittäin hyvä, joten ikkunat maksavat hieman enemmän. Tämän lisäksi suurista ikkunoista sisään tuleva lämmön määrä voi aiheuttaa ongelmia.)

→ Ovien U-arvot (kustannustekijä, vrt. ikkunoihin.)

→ Kerrosluvun valinta (toteutus on vaikeampi 1,5 krs. taloihin.)

→ Onko kohteessa parvi (mikäli on, se on ääniteknisesti hankala ja toteutuksen kannalta verrattavissa 1,5 krs. taloon.)

→ Mahdollisten portaiden sijoitus ja portaikkojen toteutus (avoporaot hankaloittavat toteutusta ja joskus ainoa mahdollisuus onkin toteuttaa erillinen "porashuone", jotta ilmanvaihto olisi riittävä ylemmässäkin kerroksessa.)

→ Kosteiden tilojen sijoitus (kosteiden tilojen sijoittaminen keskelle pohjaratkaisua hankaloittaa toteutusta. Helpoin ratkaisu kuivumisen turvaamiseksi on tarvittaessa päälle kytkettävän koneellisen poiston toteuttaminen kosteisiin tiloihin tai joissain tilanteissa sauna ja pesutilojen sijoittaminen erilliseen rakennukseen. On hyvä muistaa, että rakenteissa pitkään viipyvää kosteus on aina haitallista myös "hengittävössä" hirsitaloissa!)

6. LVI-suunnittelija

Painovoimaisen ilmanvaihdon toteutuksen tunteva, osaava LVI-asiantuntija on avainasemassa pv-iv suunnittelussa ja toteutuksessa.

→ Selvitetään toteutustavat kohteeseen ja tehdään korjauksia ja muutoksia pohjapiirustukseen jos on tarvetta.

→ Suunnittelija voi myös antaa mahdollisen kustannusarvion toteutuksesta.

7. Energiatohokkuusvaatimukset

→ Energiatohokkuus asettaa omat vaatimuksensa, joiden täyttymiseen vaikuttaa myös rakennuksen tiiveys.

Rakennuksen tiivistämiseen on siis kiinnitettävä huomiota jo rakennusaikana!

→ E-luvulle on lain määrittämät raja-arvot, jotka uudiskohteiden on täytettävä.

8. Kustannukset

→ Painovoimaisen ilmanvaihdon toteutus vaatii yleensä ulkopuolisen LVI-suunnittelijan, hyvät U-arvot rakenteille ja yleensä noin 240 mm paksun hirren.

→ Halutaanko helpottaa ilmanvaihdon käyttöä, investoidaanko automatiikkaan?

→ Käyttö- ja huoltokustannukset tämän ilmanvaihtomenetelmän kohdalla kompensoivat investointikuluja.