



Karelia-ammattikorkeakoulu
Talotekniikan insinööri (AMK)

Älykkään ilmanvaihtojärjestelmän kannattavuuden selvitys

Tuukka Halonen

Opinnäytetyö, Toukokuu 2024

www.karelia.fi



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2024
Talotekniikan koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600 (vaihde)

Tekijä
Tuukka Halonen

Nimeke
Älykkään ilmanvaihtojärjestelmän kannattavuuden selvitys

Toimeksiantaja
Opiskelija-asunnot Oy Joensuun Elli

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, onko Climecon Oy:n MyAir-ilmanvaihtojärjestelmä toiminut toimeksiantajan kohteissa halutulla tavalla. MyAir-järjestelmä on otettu käyttöön opinnäytetyössä tutkittavassa kohteessa vuonna 2019 ja se lupaa käyttäjälleen säästöjä energiankulutuksissa ja huoltotoimenpiteiden vähentymistä. Järjestelmän toimintaa ei ole kuitenkaan seurattu tarkasti käyttöönoton jälkeen, jolloin toimeksiantajalla ei ole ollut tarkkaa tietoa järjestelmän toimivuudesta.

Opinnäytetyössä perehdyttiin järjestelmän toimintaan aistinvaraisesti tutkittavassa kohteessa ja tarkasteltiin kohteen kaukolämmön ja -sähkön kulutuslukemia ennen ja jälkeen järjestelmän käyttöönottoa. Eri vuosien kaukolämmön kulutuslukemat normeerattiin lämmitystarvelukujen avulla, jolloin lukemat olivat keskenään vertailukelpoisia.

Ilmenneet tulokset ja ongelmat osoittavat, että järjestelmä ei tällä hetkellä tuota toimeksiantajalle haluttuja tuloksia. Järjestelmän yhteysongelma estää kohteen etävalvonnan ja laitevalmistaja Climecon Oy:n tiedottaminen on hidasta ja puutteellista. Olemassa olevien energiankulutuslukemien mukaan on vaikea arvioida järjestelmän tuomia säästöjä.

Kieli
suomi

Sivuja 42
Liitteet 8
Liitesivumäärä 8

Asiasanat
ilmanvaihto, ilmanvaihtojärjestelmät, energiankulutus



THESIS
May 2024
Degree Programme in Building Services Engineering

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Author
Tuukka Halonen

Title
Investigation of the Profitability of an Intelligent Ventilation System.

Commissioned by
Opiskelija-asunnot Oy Joensuun Elli

Abstract

The purpose of this thesis was to determine whether the MyAir ventilation system of Climecon Oy has performed as desired in the client's building. The MyAir system was implemented in 2019 in the target location studied in the thesis and promises the user savings in energy consumption and reduced maintenance actions. However, the system's performance has not been monitored since its implementation, leaving its effectiveness unclear.

The thesis examined the system's functionality through sensory evaluation at the target site and reviewed district heating and electricity consumption data before and after the system's implementation. The district heating consumption data from different years was weather normalized using heating degree days, allowing for comparison between the data sets.

The observed results and issues indicate that the system is not currently providing the wanted outcomes for the client. Connection problems with the system hinder remote monitoring of the studied site and the manufacturer's (Climecon Oy) communication is slow and lacking in detail. Given the existing energy consumption data, it is challenging to assess the savings by the system.

Language
Finnish

Pages 42
Appendices 8
Pages of Appendices 8

Keywords
ventilation, ventilation systems, energy consumption

Sisältö

1	Johdanto	5
2	Opinnäytetyön tietoperusta	6
2.1	Ilmanvaihto	6
2.2	Yleisesti käytetyt ilmanvaihtojärjestelmät.....	7
2.3	Ilmanvaihdon mitoitus ja ohjaus	10
2.4	Ilmanvaihtojärjestelmän huolto ja kunnossapito.....	12
3	Asumisviihtyvyys ja asumisterveys	13
3.1	Asumisviihtyvyys.....	13
3.2	Sisäilma ja sisäilmasto.....	14
3.3	Sisäilmaongelmat	15
3.4	Sisäilmastoluokitus	17
4	Kulutuksen normeeraus ja rakennuksen energiankulutus.....	18
5	Climecon MyAir.....	20
5.1	Järjestelmän fyysinen laitteisto	22
5.2	MyAir-YourView-käyttöliittymä	24
5.3	LoRaWAN.....	25
5.4	MyAir-Energiansäästölaskuri	26
6	Tutkittava kohde	27
7	Toiminnallinen osuus	28
7.1	Kohteen aistinvaraiset tutkimukset	28
7.2	Järjestelmän yhteysongelmat	33
7.3	Energiankulutuksien tarkastelu ja analysointi	33
8	Pohdinta.....	39
	Lähteet.....	41

Liitteet

Liite 1 Kohteen sähkönkulutus vertailuvuosina

Liite 2 Kohteen kaukolämmönkulutus MyAir-järjestelmää edeltäviltä ja jälkeisiltä vuosilta

Liite 3 Normaalikauden- ja vuosien toteutuneet lämmitystarveluvut

Liite 4 Kohteen potentiaalinen energiansäästö

Liite 5 MyAir-YourView-etävalvontapalvelun kohdetiedot

Liite 6 Tutkittavan kohteen sähkönkulutus kuukausittain ennen MyAir-järjestelmän käyttöönottoa

Liite 7 Tutkittavan kohteen kuukausittainen sähkönkulutus MyAir-järjestelmän käyttöönoton jälkeen

Liite 8 Kaukolämmön kulutuslukemien laskemiseen käytetyt kaavat

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan vuonna 2019 käyttöön otetun Climecon Oy:n MyAir-järjestelmän toimintaa ja selvitetään, onko järjestelmä toiminut toimeksiantajan toivomalla tavalla. Climecon Oy:n MyAir on älykäs ilmanvaihtojärjestelmä, joka on tarkoitettu keskitetyn poistoilmanvaihdon lisäksi tarjoamaan käyttäjälle asumisen rytmin mukaisen ilmanvaihdon säädön. Järjestelmä lupaa myös potentiaalisia energiansäästömahdollisuuksia, poistoilmanvaihdossa havaittujen liiallisten paine-erojen vähentymistä sekä helposti ohjattavan ja tasapainoisen ilmanvaihdon ympäri vuoden. (Climecon Oy 2022.)

Toimeksiantaja opinnäytetyössä on Opiskelija-Asunnot Oy Joensuun Elli, joka on ottanut järjestelmän käyttöön eri kohteissa. Älykkään ilmanvaihtojärjestelmän käyttöönottoon ovat vaikuttaneet muun muassa seuraavat ominaisuudet; automaattinen tasapainotus ja säätö ilman henkilövoimaa, mittavat energiansäästömahdollisuudet ja terveellinen sisäilma. Järjestelmän toimintaa ei ole seurattu tarkasti käyttöönoton jälkeen, jonka seurauksena ei ole tarkkaa tietoa siitä, että onko järjestelmä toiminut toivotulla tavalla.

Opinnäytetyössä tutkinnan kohteena on vuonna 1974 rakennettu kerrostalo, joka on peruskorjattu vuonna 2003. Kohteessa on 35 asuinhuoneistoa, joista suurin osa on soluhuoneistoja. Tutkittavan kohteen ilmanvaihto on toteutettu koneellisella poistoilmanvaihdolla. Kohteessa on otettu vuonna 2019 käyttöön älykäs MyAir-järjestelmä, jota ei ole liitetty rakennusautomaatioon. Opinnäytetyössä tutkittiin Kohteen MyAir-järjestelmän laitteistoa aistinvaraisesti ja venttiilin ilmoittamia mittaustietoja pyrittiin vertaamaan alkuperäisiin suunnitelmiin. Lisäksi tarkasteltiin myös rakennuksen vuosittaisia energiankulutuksia, joiden avulla selvitettiin ovatko järjestelmän lupaamat säästöt toteutuneet. Tuloksien avulla pohditaan, onko järjestelmän käyttöönotto ollut kannattavaa ja tulisiko harkita laajempaa käyttöönottoa.

2 Opinnäytetyön tietoperusta

2.1 Ilmanvaihto

Asuinrakennuksissa ilmanvaihdon päätehtävä on tuoda puhdasta ilmaa asuntoon ja poistaa asuintiloista ilma, johon on sekoittunut epäpuhtauksia. Yleisiä asuinrakennuksen epäpuhtauksia ovat muun muassa aineenvaihdunnasta johtuvat epäpuhtaudet, rakennus- ja sisustusmateriaaleista sekä ulkoilmasta ja joskus myös maaperän radonista peräisin olevat epäpuhtaudet. Ilmanvaihdon tärkeys korostuu silloin, kun käyttäjät ovat paikalla, muutoin ilmanvaihto on suunniteltava siten, että ilman laatu rakennuksen sisällä on laadullisesti hyvä käyttäjien saapuessa tiloihin. Tuloilma johdetaan puhtaisiin tiloihin, missä käyttäjät viettävät suurimman osan ajastaan, eli asunnoissa oleskelutiloihin, kuten makuuhuoneisiin ja olohuoneisiin, joista ne siirtyvät siirtoilmana muihin tiloihin, kuten keittiötiloihin ja kylpyhuoneisiin. (Sisäilmayhdistys ry 2024a.)

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta määrittelee seuraavanlaisesti:

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 (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017, 8 §.)

Mikäli ilmanvaihto toimii puutteellisesti voi tilojen käyttäjä kärsiä erilaisista terveysongelmista, joita ovat muun muassa päänsärkyä, väsymystä, nuhaa tai yskää. Yleisesti esiintyviä merkkejä puutteellisesta ilmanvaihdosta ovat kosteiden tilojen kuivumattomuus, tunkkainen sisäilma ja lämpötilaongelmat. (Raksystems 2021.)

Asumisterveysasetus määrittää ilmanvaihdon suunnittelusta seuraavanlaisesti:

Ilmanvaihdon ulkoilmavirran tulee olla rakennuksen käytön mukaisesti riittävä ja sen laadun tulee olla riittävän puhdasta. Ilmanvaihto tulee järjestää siten, että sisäilma vaihtuu koko oleskeluvyöhykkeellä. Riittämätön ilmanvaihto ei saa aiheuttaa 5 §:ssä tarkoitettua mikrobikasvun riskiä.

Asuinrakennuksen tai muun oleskelutilan korjauksen aikana ilman vaihtuvuus saa olla 9 ja 10 §:ssä säädettyä pienempi, jos ilmanvaihtoa voidaan tarvittaessa lisätä.

Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden toimenpideraja ylittyy, jos pitoisuus on 2 100 mg/m³ (1 150 ppm) suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus.

Rakennuksen käyttöajan ulkopuolella ilmanvaihdon tulee olla sellainen, ettei rakennus- ja sisustusmateriaaleista tai muista lähteistä vapautuvien ja kulkeutuvien epäpuhtauksien kertyminen sisäilmaan aiheuta käyttöaikana tiloissa oleskeleville terveyshaittaa. (Asumisterveysasetus 545/2015, 8 §.)

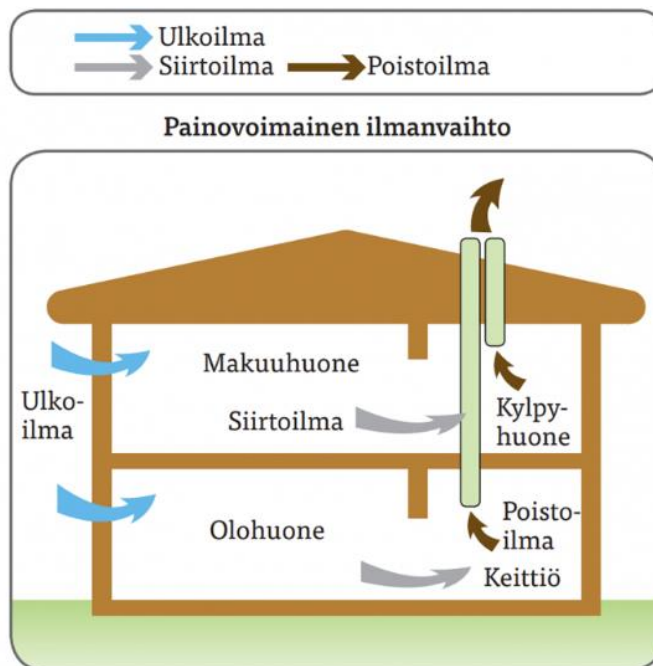
Asunnon ilmanvaihdon ulkoilmavirran tulee olla käytön aikana vähintään 0,35 dm³/s neliometriä kohden kaikissa asuinhuoneissa. Asunnon ulkoilmavirta saa olla 1 momentissa säädettyä pienempi, jos varmistutaan siitä, etteivät sisäilman epäpuhtauspitoisuudet tai lämpötila nouse niin suuriksi, että ne aiheuttavat terveyshaittaa taikka kosteus nouse niin suureksi, että se voisi aiheuttaa 5 §:ssä tarkoitettua mikrobikasvun riskiä. (Asumisterveysasetus 545/2015, 9 §.)

2.2 Yleisesti käytetyt ilmanvaihtojärjestelmät

Yleisimmät käytetyt ilmanvaihtojärjestelmää ovat painovoimainen ilmanvaihto, koneellinen poistoilmanvaihto sekä koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Yleisesti painovoimainen ilmanvaihto on käytössä vanhemmassa ennen 1960-lukua rakennetuissa rakennuksissa, 1960–1980 luvuilla rakennetuissa asunnoissa ilmanvaihto on yleisesti toteutettu koneellisella poistoilmanvaihdolla ja 1990-luvulta eteenpäin on käytetty koneellista tulo- ja poistoilmanvaihtoa. (Hengitysliitto ry 2024a; Raksystems Oy 2021.)

Painovoimaisen ilmanvaihdon toimivuus perustuu rakennuksen sisä- ja ulkoilman lämpötilaeroista syntyvään hormivaikutukseen. Koska painovoimainen järjestelmä on riippuvainen sisä- ja ulkoilman lämpötilaeroista ja tuulesta, vaihtelee

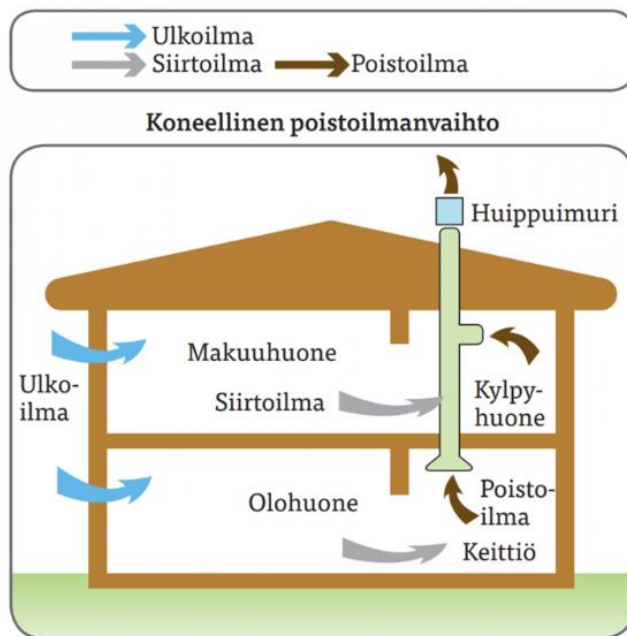
ilmavirta sisätiloissa jatkuvasti. (Kuuluvainen ym. 2018, 1.) Ilmavirtojen jatkuva vaihtelu on ongelmallista, sillä sen seurauksena ilmanvaihto voi olla ajoittain olematonta tai virrata jopa väärään suuntaan aiheuttaen haju- ja pölyhaittoja. Kohteissa, joissa on painovoimainen ilmanvaihto, voivat kärsiä myös suuremmista energiankulutuksista, joka johtuu siitä, että poistoilman lämpöenergiaa ei saada hyödynnettyä takaisin tuloilmaan, vaan se poistuu ulos. Painovoimaisen ilmanvaihdon toimintaperiaatetta voidaan tarkastella havainnollistavasta kuvasta 1. (Hengitysliitto 2024.)



Kuva 1. Painovoimaisen ilmanvaihdon toimintaperiaate (Hengitysliitto 2024a).

Koneellisessa poistoilmanvaihtojärjestelmässä rakennuksen ilmanvaihto on tehostettu koneellisesti yleisesti huippuimurilla. Vesikatolle sijoitetaan yksi tai useampi huippuimuri tai vaihtoehtoisesti ullakon konehuoneeseen yksi tai useampi puhallin. (RT 56-10831, 2004, 3). Ilmanvaihtokanavat ovat kaikissa sisätiloissa alipaineisia ja poistoilma johdetaan useissa tapauksissa vesikaton yläpuolelle. Tuloilma saapuu oleskeluvyöhykkeille korvausilmaventtiileiden kautta, josta se siirtyy siirtoilmana likaisiin tiloihin. Likainen ilma poistuu poistoilmaventtiileiden kautta huippuimurilla varustettuun poistohormiin, josta ilma siirtyy pois rakennuksesta. Poistoilmaventtiileitä tarvitaan tiloissa, joissa syntyy epäpuhtauksia ja kosteutta, näitä likaisia tiloja ovat muun muassa keittiö, märkätilat, vaatehuoneet ja kylpyhuoneet. (RT 56-10831, 2004, 3). Koneellisessa

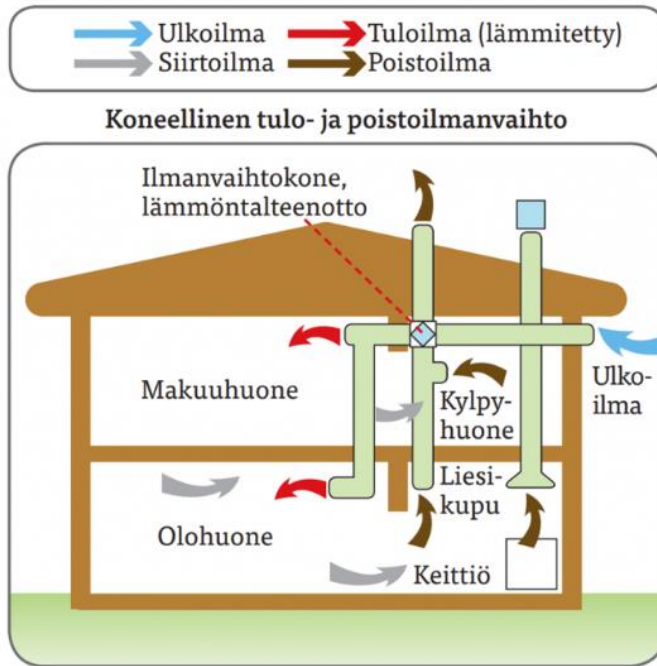
poistoilmanvaihdossa tärkeää on hyvin toteutettu korvausilman sisäänotto, yleisesti esimerkiksi ulkoilmaventtiileiden avulla. Mikäli korvausilmaventtiileiden määrä on puutteellinen tai tuloilma on estynyt virtaamasta venttiileiden läpi, tulee koneellinen poistoilmanvaihto imemään korvausilman rakenteiden ja niiden liitosten kautta, jolloin korvausilma ei ole puhdasta. Esimerkki koneellisen poistoilmanvaihtojärjestelmän toimintaperiaate on esitetty kuvassa 2. (Hengitysliitto 2024a; Sisäilmayhdistys 2024a.)



Kuva 2. Koneellisen poistoilmanvaihdon toimintaperiaate (Hengitysliitto 2024a).

Mikäli ilma tuodaan ja poistetaan koneellisesti, on tällöin kyseessä tulo- ja poistoilmanvaihto. Nykypäivänä rakennusmääräysten kiristyessä lähes kaikki uudet asunnot varustetaan koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmällä. Järjestelmän keskeisimpiä etuja ovat ilmavirtojen tarkka säätö, joilla taataan tasainen ilmanvaihtuvuus, sisään tulevan ilman lämmitys ennen sisään puhallusta lämmöntalteenottokeinojen avulla, järjestelmän energiatehokkuus ja sisään tulevan ulkoilman suodatus, jolla estetään allergikoille ja hengityssairaille henkilöille haitallisia katu- ja siitepölyjen sisäänpääsyä. (Hengitysliitto 2024a.) Toimintaan asianmukaisesti, koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän tulee olla oikein säädetty ja huoneistojen poisto- ja tuloilmaventtiilien lautasiensa asentoa ei saa säädön jälkeen muuttaa tai tukkia, sillä se sekoittaa koko

ilmanvaihtojärjestelmän toiminnan. (Motiva Oy 2023a.) Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän toimintaperiaate esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon toimintaperiaate (Hengitysliitto 2024a).

2.3 Ilmanvaihdon mitoitus ja ohjaus

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta ohjeistaa mitoituksessa ilmanvaihdon suunnittelijaa seuraavanlaisesti:

E erityissuunnittelijan 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 (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017, 9 §.)

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta ohjeistaa ilmanvaihdon suunnittelijaa ilmavirtojen ohjausta seuraavanlaisesti:

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 asuntokohtaisesti, asuinhuoneiston tulo- ja poistoilmavirtoja voidaan pienentää enintään 60 prosenttia suunnitellun käyttöajan ilmavirroista.

Muun kuin asuinrakennuksen ulkoilmavirran on oltava vähintään 0,15 (dm³/s) /m² lattian pinta-alaa kohden suunnitellun käyttöajan ulkopuolella ja ilman on vaihduttava kaikissa huonetiloissa.

Pykälä ei koske sellaista rakennuksen laajennusta eikä kerrosalaan laskettavan tilan lisäämistä, missä ilmanvaihdon järjestämisessä voi käyttää olemassa olevaa ilmanvaihtojärjestelmää, eikä sisäilman laatu heikkene rakennuksessa (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017, 9 §.)

Asunnon tilojen normaalien käyttötilanteen vähimmäisilmavirroista on esitetty taulukossa 1.

Huonetila	Ulkoilma- virta dm ³ /s	Poistoilma- virta dm ³ /s	Huomautus
Suurin tai ainoa makuuhuone tai yli 11 m ² makuuhuone	12		
Muut makuuhuoneet	8		
Muut asuinhuoneet kuten olohuone alle 22 m ² , ei kuitenkaan keittiö	8		Ulkoilma voidaan osittain korvata siirtoilmalla makuuhuoneesta.
Muut asuinhuoneet kuten olohuone yli 22 m ² , ei kuitenkaan keittiö	0,35 dm ³ /s,m ²		Ulkoilma voidaan osittain korvata siirtoilmalla makuuhuoneesta.
Keittiötila, keittiö, keittokomero, saarekeittiö (KT)		8 (25)	Liesikuvun/keittiötilan ilmavirran tulee tehostustilanteessa olla vähintään 25 dm ³ /s. Ulkoilman saannista tehostuksen aikana on huolehdittava. Ulkoilma voidaan korvata siirtoilmalla asuinhuoneesta
Kylpyhuone WC:llä tai ilman (KPH)		10	Ulkoilma voidaan korvata siirtoilmalla asuinhuoneesta.
Erillinen WC (WC)		7	Ulkoilma voidaan korvata siirtoilmalla asuinhuoneesta.
Vaatehuone (VH)		6	Ulkoilma voidaan korvata siirtoilmalla asuinhuoneesta.
Varasto		6	Ulkoilma voidaan korvata siirtoilmalla asuinhuoneesta.
Huoneistosauna (S)	6	6	
Kylpyhuoneesta erillään oleva kodinhoitohuone		8	Ulkoilma voidaan korvata siirtoilmalla asuinhuoneesta.
Tekninen tila		3	Mitoitetaan lämpökuorman mukaan, vähintään 3 dm ³ /s.

Taulukko 1. Asunnon tilojen normaalin käyttötilanteen vähimmäisilmavirrat (FIN-VAC ry 2019).

2.4 Ilmanvaihtojärjestelmän huolto ja kunnossapito

Ilmanvaihtojärjestelmien ylläpidosta huolehtiminen on erittäin tärkeää terveellisen sisäilman saavuttamiseksi. Epäpuhtaudet järjestelmässä voivat heikentää ilman virtausta, pahentaa astmaattikojen oireita tai pahimmassa tapauksessa aiheuttaa asumisterveyshaitan. (Raksystems Oy 2021.)

Ilmanvaihtoa voidaan huoltaa muun muassa ilmanvaihtoventtiilien ja kanaviston säännöllisellä puhdistamisella, ilmansuodattimien vaihdolla ja puhdistamisella sekä ilmanvaihdon säätämällä. Asuntojen sisäpuolella olevien ilmanvaihdon venttiileiden puhdistus kuuluu pääsääntöisesti asukkaalle, mutta esimerkiksi

ilmanvaihtokoneen huolto ja ilmanvaihtokanavien puhdistus ja ilmamäärien säätö on syytä jättää ilmanvaihtoyrityksille ja nuohoojille. (Hengityслиitto ry 2024b.)

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta määrittää ilmanvaihtojärjestelmien puhdistettavuuteen ja huollettavuuteen seuraavanlaisesti:

Erityissuunnittelijan on suunniteltava ilmanvaihtojärjestelmä ja sen huoltoväylät siten, että ilmanvaihtojärjestelmän osat voidaan helposti ja turvallisesti puhdistaa, huoltaa, korjata ja vaihtaa. Ilmanvaihtokoneiden huoltoa ja korjausta varten on varattava vähintään huollettavien laitteiden mittainen tila huoltosuunnassa (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017, 24 §.)

3 Asumisviihtyvyys ja asumisterveys

3.1 Asumisviihtyvyys

Ihmisten asumisviihtyvyys rakennuksissa on kovin yksilöllistä, tärkeimmäksi koetut tekijät ovat kuitenkin vedon tunne ja lämpötila. Lämpöviihtyvyydessä voi olla suuriakin eroja, mutta tyytyväisten asukkaiden osuus on suurin, kun lämpötila on 21–22°C välillä. (Sisäilmayhdistys ry 2008d.)

Rakennuksen alhaisten pintojen lämpötilat voivat aiheuttaa vedon tunnetta, jolloin ihminen kokee lämmön siirtymistä iholta. Lämmön siirtymiseen vaikuttaa ilman nopeus, vähäinen vaatetus ja lämpösäteily. Vetoa asunnossa voivat luoda muun muassa heikkolaatuiset tai epätiivit ikkunat ja rakenteet, ilmanvaihto ja isot ja kylmät pinnat. Veto suomalaisissa rakennuksissa esiintyessään ei aiheuta sairauksia, mutta voi alhaisissa lämpötiloissa voimistaa kylmän vaikutusta, sekä aiheuttaa palelua ja toimintakyvyn alenemista. Taulukossa 2 on esitetty lämpötilojen ja ilman virtausnopeuden toimenpiderajoja. (Sisäilmayhdistys ry 2008d.)

	<i>Lämpötilojen toimenpiderajat</i>
<i>Asunnossa</i>	
Huoneilman lämpötila lämmityskaudella	+ 18 °C – + 26 °C
Huoneilman lämpötila lämmityskauden ulkopuolella	+ 18 °C – + 32 °C
Seinäpinnan alin keskiarvolämpötila	+ 16 °C
Lattiapinnan alin keskiarvolämpötila	+ 18 °C
Alin pistemäinen pintalämpötila	+ 11 °C
<i>Palvelutaloissa, vanhainkodeissa, lasten päivähoitopaikoissa, oppilaitoksissa ja vastaavissa tiloissa</i>	
Huoneilman lämpötila lämmityskaudella	+ 20 °C – + 26 °C
Huoneilman lämpötila lämmityskauden ulkopuolella lasten päivähoitopaikat, oppilaitokset ja muut vastaavat tilat	+ 20 °C – + 32 °C
Huoneilman lämpötila lämmityskauden ulkopuolella, palvelutalot, vanhainkodit ja muut vastaavat tilat	+ 20 °C – + 30 °C
Seinäpinnan alin keskiarvolämpötila	+ 16 °C
Lattiapinnan alin keskiarvolämpötila	+ 19 °C
Alin pistemäinen pintalämpötila	+ 11 °C

Taulukko 2. Lämpötilojen ja ilman virtausnopeuden toimenpiderajat. (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 545/2015, liite 1).

3.2 Sisäilma ja sisäilmasto

Sisäilma on hengitettävä ilma sisätiloissa, jossa ilman perusosien lisäksi voi olla eri lähteistä peräisin olevia hiukkasmaisia tai kaasumaisia epäpuhtauksia. Sisäilma tässä yhteydessä tarkoittaa rakenteiden rajaamaa ilmaa tiloissa, joissa ei ole tuotannollisista tai muista poikkeavista syistä johtuvia epäpuhtauden lähteitä. (Sisäilmayhdistys ry 2008a.)

Laadullisesti hyvä sisäilma on erityisen tärkeää ihmisen hyvinvoinnille, sillä ihminen viettää jopa 90–95 % ajastaan sisätiloissa ja hengittää ilmaa, josta valtaosa on sisäilmaa. Epäpuhtaudet sisäilmassa voivat aiheuttaa tai pahentaa

allergiaoireita ja keuhkosairauksia. Sisäilma on hyvää, mikäli suurin osa rakennuksen käyttäjistä ovat tyytyväisiä sisäilman laatuun ja sisäilman haittatekijät eivät aiheuta käyttäjille terveydellisiä haittoja (Sisäilmayhdistys ry 2008a.) Hyvän sisäilman laatuun vaikuttavat muun muassa ilmanvaihtoratkaisut, ilmanvaihtojärjestelmän toimivuus, rakennuksen sijainti, rakennustapa ja rakennusmateriaalit. (Sisäilmayhdistys ry 2008b).

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta mainitsee seuraavalla tavalla:

Sisäilmassa ei saa esiintyä terveydelle haitallisessa määrin hiukkasmaisia epäpuhtauksia, fysikaalisia, kemiallisia tai mikrobiologisia tekijöitä eikä viihtyisyyttä jatkuvasti heikentäviä hajuja. Sisäilman hiilidioksidin hetkellisen pitoisuuden suunnitteluarvo huone-tilan suunniteltuna käyttöaikana voi olla enintään 1 450 mg/m³ (800 ppm) suurempi kuin ulkoilman pitoisuus. (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017, 5 §).

Sisäilmasto koostuu sisäilmasta ja siihen vaikuttavista fysikaalisista tekijöistä, joita ovat muun muassa sisäilman kaasumaiset yhdisteet, sisäilman hiukkasmaiset epäpuhtaudet, lämpötila, kosteus ja ilman liike. (Sisäilmayhdistys ry 2008b). Laadullisesti hyvään sisäilmastoon vaikuttavat muun muassa lämmitys-, ilmanvaihto- ja ilmastointilaitteet, rakennustekniikka, rakennustöiden suoritus-tavat, käytetyt materiaalit sekä rakennuksen käyttö ja huolto. Edellä esitetyt asiat tulee ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa, mikäli pyrkimyksenä on tavoitella hyvää sisäilmastoa. Hyvä sisäilmasto parantaa työtehoa ja viihtyvyyttä sekä vähentää sairauksien määrää rakennuksen käyttäjien keskuudessa. (Sisäilmastoluokitus 2018, 2.)

3.3 Sisäilmaongelmat

Sisäilmaongelmat, niiden tutkiminen ja syiden selvittäminen edellyttävät erikoistuneen asiantuntijan tietämystä rakennustekniikasta ja -fysiikasta sekä sisäilman olosuhteista ja niiden terveysvaikutuksista. Työkentästä haastavan tekevät

monet eri tekijät, mutta erityisesti kosteus- ja mikrobivauriot, yleisesti tunnettuina homeongelmina, ovat keskeisimmät huomion kohteet. (Saukko 2022.)

Hyvän sisäilmaston laatukriteerinä pidetään, ettei käyttäjä koe ympäristössä oleskellessaan oireita. Vaikkakin sisäilmaongelma liitetään useasti kosteus- ja homevaurioon, voi sisäilmaongelman syyksi paljastua muukin tekijä. Sisäilmaongelman aiheuttamia tyypillisiä oireita ovat muun muassa allerginen oireilu, yleinen nenän ja hengitysteiden tukkoisuus, päänsärky ja pahoinvointi, väsymys ja silmien, nenän, kurkun tai nieluteiden ärsytysoireilu. Mikäli rakennuksessa todetaan sisäilmaongelma, mutta rakennuksessa ei ole havaittavissa näkyviä mikrobivaurioita, kosteusvaurion aiheuttamaa tyypillistä homeen hajua eikä näkyvää kosteusvariota, tulee harkita sisäilmaston kuntotutkimuksen teettämistä. Rakennuksessa koettuihin oireisiin on määritelty jo 1970-luvun loppupuolella ilmiö nimeltään ”sairas rakennus – oireyhtymä”, joka tarkoittaa erilaisia samassa rakennuksessa koettuja oireita, jotka kehittyvät vähitellen rakennuksessa oleskelun jälkeen, mutta häviävät tai vähentyvät muualla oleskeltaessa. (Sisäilmayhdistys ry 2008c; Tairiol Oy 2024.)

Useissa tapauksissa sisäilmaongelmat ovat tekemisissä puutteellisen ilmanvaihdon kanssa, mutta sisäilmaongelmat voivat liittyä myös rakennus- ja sisustusmateriaalien pöly- ja kemikaalipäästöihin, puutteelliseen siivoustasoon, rakenteiden kosteus- ja mikrobivaurioihin ja epämiellyttäviin lämpöoloihin (Hengitysliitto ry 2024c).

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista määrittelee, että mahdollinen terveyshaitta on arvioitava kokonaisuutena siten, että altisteen toimenpiderajaa sovellettaessa otetaan huomioon muun muassa altistumisen todennäköisyys, toistuvuus, kesto ja mahdollisuudet välttyä altistumiselta. (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 545/2015, 3§.)

3.4 Sisäilmastoluokitus

Sisäilmayhdistyksen laatima Sisäilmastoluokitus ilmestyi ensimmäisen kerran vuonna 1995. Vuosien saatossa sitä on korvattu tuoreemmilla teoksilla, joista tuorein on Sisäilmastoluokitus 2018, joka julkaistiin vuonna 2018. Sisäilmastoluokitusta käytetään laajasti rakennus- ja taloteknisen suunnittelun apuna, kun tavoitteena on rakentaa terveellisempiä ja viihtyisämpiä rakennuskokonaisuuksia. Sisäilmastoluokitusta voidaan soveltaa uudisrakentamisen lisäksi myös korjausrakentamiseen. (Sisäilmayhdistys ry 2024b.)

Sisäilmastoluokitus on kolmitasoinen, se jaetaan laatuluokkiin S1, S2 ja S3. Luokalla S1 päästään kaikista todennäköisimmin suureen prosentuaaliseen käyttäjätyytyväisyyteen, sillä tässä luokassa sisäilman laatu on erittäin hyvää eikä tiloissa ole hajuhaittoja. Sisäilmaan yhteyksissä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole lainkaan ilman laatua heikentäviä epäpuhtauden lähteitä tai vaurioita. Lämpöolot ovat käyttäjälle viihtyisät, eikä yllämpenemistä tai vetoa esiinny. Tilan käyttäjä kykenee hallitsemaan lämpöoloja ja tiloissa on käyttötarkoituksen mukaiset erinomaiset ääniolosuhteet. (Sisäilmastoluokitus 2018, 5.) S1 luokan saavuttaminen vaatii käytännössä kohteessa koneellista jäähdytystä ja käyttäjällä on oltava mahdollisuus säätää huonekohtaista lämpötilaa. (Sisäilmastoluokitus 2018, 3). Luokassa S2 sisäilman laatu on hyvä, eikä tiloissa ole häiritseviä hajuhaittoja. Lämpöolot ovat hyvät ja vetoa ei yleensä ole havaittavissa, mutta kuumina kesäpäivinä yllämpeneminen on mahdollista jäähdytyksen puuttumisen takia. Luokassa S3 tilan sisäilman laatu ja lämpöolot täyttävät maankäyttö- ja rakennuslain nojalla määrätyt säädökset ja terveydensuojelulain perusteella annetut vähimmäisvaatimukset. (Sisäilmastoluokitus 2018, 5.)

4 Kulutuksen normeeraus ja rakennuksen energiankulutus

Energian hinnan nouseminen ennätysellisen korkealle on kehottanut kiinteistöjen omistajia etsimään energiatehokkaita ratkaisuja leikatakseen kustannuksia. Tehokkaalla ilmanvaihdon suunnittelulla, käytöllä ja ylläpidolla energiaa ei kulu turhaan ja rakennuksessa saavutetaan hyvät sisäilmaolosuhteet, muun muassa ilmanvaihtojärjestelmän kuntotutkimus voi osoittautua hyödylliseksi, kun tarvitaan tietoa järjestelmän toiminnasta ja mitä toimintaa voidaan vielä tehostaa. Kiinteistön omistaja voi vaikuttaa energiankulutukseen käyttämällä lämmityslaitteita oikein, ennakoimalla huoltotoimenpiteitä, korjaamalla vikoja ja seuraamalla energiankulutusta säännöllisesti. (Motiva Oy 2024a; LVI 19-10399, 2006, 2.)

Varsinkin kiinteistöjen kulutuksen seuranta luo edellytykset tehokkaalle energiankäytön hallitsemiselle. Kulutusta seuraamalla voidaan saada tietoja energiankulutuksen tasosta, kiinteistön energiankulutuksen ongelmakohtista ja tietoa energiankäytön tehostustoimenpiteiden vaikutuksista kulutukseen. Kulutusseurannan yksi apuväline on lämmitysenergian kulutuksen normeeraus, normitettu kulutus on vertailukelpoinen riippumatta vuodenajasta ja rakennuksen sijainnista. (Motiva Oy 2024b.) Lämmitystarveluvun avulla normeerattuja toteutuneita lämmitysenergian kulutuksia voidaan verrata saman rakennuksen eri kuukausien ja vuosien lämmitysenergiankulutuksiin. Saman rakennuksen energiankulutusta voidaan vertailla eri ajankohtina kaavan 1 avulla. (Motiva Oy 2023b.)

$$Q_{norm} = \frac{S_{N\ vpkunta}}{S_{toteutunut\ vpkunta}} \times Q_{toteutunut} + Q_{\text{lämmin käyttövesi}} \quad (1)$$

Kaavan selitteet;

Q_{norm} on rakennuksen normitettu lämmitysenergiankulutus (MWh)

$Q_{toteutunut}$ (MWh) on rakennuksen tilojen lämmittämiseen kuluva energia =
 Q_{kok} (MWh) – $Q_{lämmön käyttövesi}$ (m³)

Q_{kok} on Rakennuksen kokonaislämmitysenergiankulutus (MWh)

$Q_{lämmön käyttövesi}$ on käyttöveden lämmittämisen vaatima energia (MWh)

$S_{Nvpkunta}$ on normaalivuoden tai -kuukauden (1991–2020) lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla

$S_{toteutunut vpkunta}$ on toteutunut lämmitystarveluku vuosi- tai kuukausitasolla

Käyttäen kaavaa 2 saatiin selville normeerattu kaukolämmönkulutus pelkän asuntojen lämmitykseen käytetyn energian osalta.

$$Q_{norm} = \frac{S_{Nvpkunta}}{S_{toteutunut vpkunta}} \times Q_{toteutunut} \quad (2)$$

Kaavan selitteet;

Q_{norm} on rakennuksen normitettu lämmitysenergiankulutus (MWh)

$Q_{toteutunut}$ (MWh) on rakennuksen tilojen lämmittämiseen kuluva energia =
 Q_{kok} (MWh) – $Q_{lämmön käyttövesi}$ (m³)

$S_{Nvpkunta}$ on normaalivuoden tai -kuukauden (1991–2020) lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla

$S_{toteutunut vpkunta}$ on toteutunut lämmitystarveluku vuosi- tai kuukausitasolla

Kaavan 3 avulla lasketaan lämpimän käyttöveden lämmitykseen kulunut energia, jota tarvitaan normeeratun kaukolämmönkulutuksen laskemista varten.

$$Q_{\text{lämminkäyttövesi}} \text{ on } 58 \times V_{\text{lämminkäyttövesi}} \quad (3)$$

Kaavan selitteet;

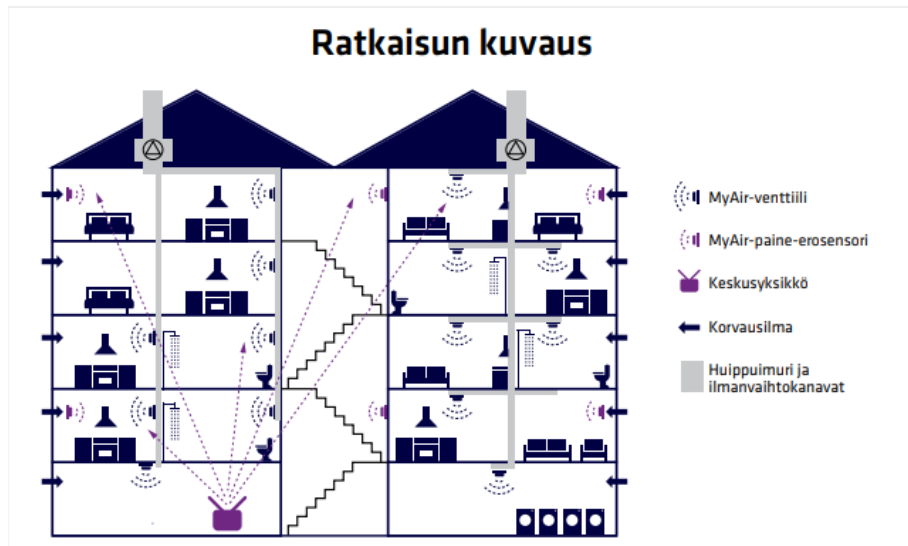
$V_{\text{lämmin käyttövesi}}$ on Kulutettu lämpimän käyttöveden määrä (m^3/kk)

Luku 58 on veden lämmittämiseen (lämpötilan muutos 50°C) tarvittava energiamäärä vesikuutiota kohden, kWh/m^3

5 Climecon MyAir

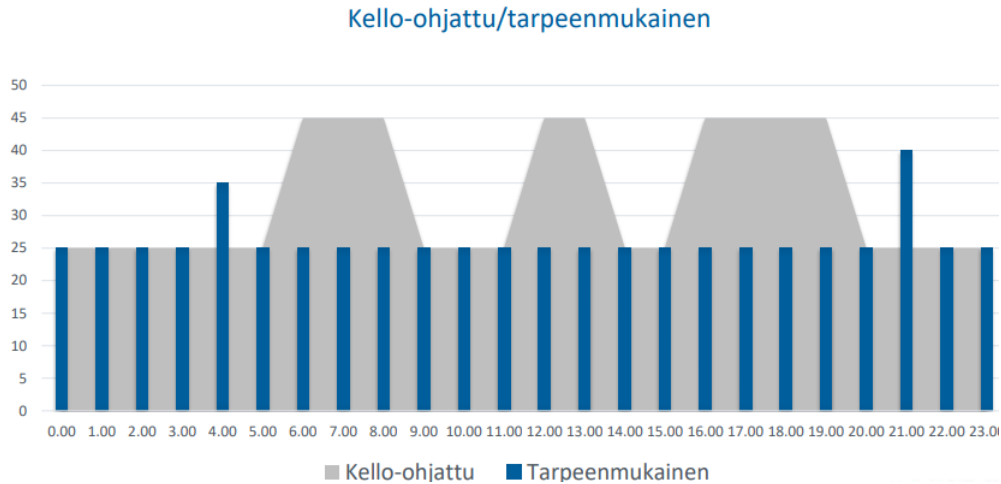
Climecon Oy:n MyAir-järjestelmä on älykäs ilmanvaihtojärjestelmä, joka helpottaa ilmanvaihdon hallintaa, valvontaa ja takaa rakennuksen keskitettyyn poistoilmanvaihtoon tarpeenmukaisen käytön. MyAir-järjestelmä lupaa säästöjä energiankulutuksessa, vähentää havaittuja liiallisia paine-eroja poistoilmanvaihdossa ja niiden aiheuttamia haittoja, kuten hajujen leviämistä asunnosta toiseen. Järjestelmä myös lupaa käyttäjälleen helposti ohjattavan ja tasapainoisen ilmanvaihdon ympäri vuoden. (Climecon Oy 2022.)

Mittaustietojen avulla järjestelmä kykenee tasapainottamaan ilmanvaihdon automaattisesti tavoiteilmavirtojen mukaisesti. MyAir-järjestelmä tasapainottaa kerrostalon ilmanvaihdon niin, että kaikkiin MyAir-venttileihin asetetaan sama suhteellinen virhe ilmamäärien suhteen ja tämän jälkeen ilmavirrat saadaan oikeanlaisiksi säätämällä kierrosnopeutta. Järjestelmän tasapainotus tapahtuu automaattisesti ilman urakoitsijaa. Esimerkkiratkaisu MyAir-järjestelmästä kerrostalossa on esitetty kuvassa 4. (Climecon Oy 2022.)



Kuva 4. MyAir-järjestelmän esimerkkiratkaisun kuvaus (Climecon Oy 2022).

MyAir-järjestelmän tuoma säästö perustuu siihen, että MyAiria edeltävästä järjestelmästä tulee tarpeenmukainen, kosteus poistuu venttiilikohtaisesti silloin, kun sitä esiintyy. Kellonaikoihin perustuva kaikkia venttiileitä tehostava tehostuksen käyttö jätetään pois, jolloin sisätiloihin tulee vähemmän lämmitettävää ilmaa. Olemassa olevan puhaltimen tilalle asennetaan vakiopainesäätöinen puhallin tai puhaltimen ohjaus, joka mahdollistaa täten yksittäisten venttiileiden tehostukset ja estää kiinteistön kokonaisilmavirran kasvua kylmällä. MyAir säättää venttiilikohtaisesti oikeat ilmamäärät, eli varmistaa suunnitelmien mukaisen ilmanjaon olosuhteiden muuttuessa ja myös kompensoi ulkolämpötilan vaikutuksen venttiilien, ja samalla korvausilmaventtiilien ilmamääriin. Rakennuksen lämpötilat ovat jatkuvasti seurannassa, eikä asuntoja tarvitse enää lämmittää tarpeettomaan lämpimiksi vedon tunteen poistamiseksi, koska ilmavirtaukset ovat hallinnan alla. Kello-ohjatun ja tarpeenmukaisen ilmanvaihdon ero on esitelty kuvalla 5. (Climecon Oy 2019.)



Kuva 5. Kello-ohjatun ja tarpeenmukaisen ilmanvaihdon ero. (Climecon Oy 2019).

Säästöä saadaan aikaan myös huoltokäyntien suhteen, sillä ilmanvaihtoon liittyvät vikakäynnit loppuvat, veto, hajuhaitat ja tunkkaisuus ovat poissa, sekä epäselvissä tilanteissa huoneistoissa ei tarvitse tehdä aikaa vieviä tarkistusmittauksia, vaan mittatiedot ovat saatavilla pilvestä. (Climecon Oy 2019).

5.1 Järjestelmän fyysinen laitteisto

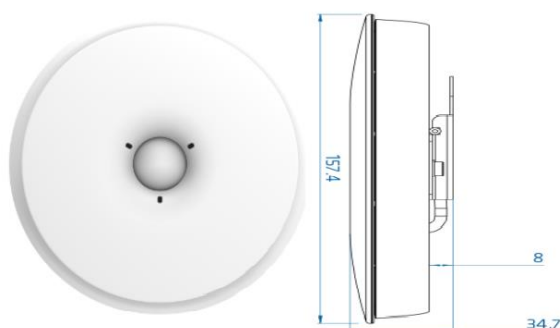
Järjestelmä koostuu keskusyksiköstä ja automaattisesti paristoilla toimivista MyAir-venttiileistä ja paine-erosensoreista. Venttiilit ja paine-erosensorit ovat jatkuvasti yhteydessä keskusyksikön kanssa, jotta reaaliaikainen tiedonsiirto toteutuu. (Climecon Oy 2022.)

MyAir-venttiili on paristolla toimiva älykäs poistoilmaventtiili, joka mittaa ilmasta paine-eroa venttiilin yli, ilmamääriä, huoneilman lämpötilaa, huoneilman kosteutta ja absoluuttista kosteutta. MyAir-venttiilit ovat olosuhteisiin reagoivia, joka tarkoittaa sitä, että esimerkiksi havaittuaan kosteutta venttiilit tehostavat poistoilmanvaihtoa. MyAir-venttiili hyödyntää langatonta tiedonsiirtoa ja mittaustiedot ovat saatavilla pilvipalvelusta. MyAir-venttiili on esitetty kuvassa 6. (Climecon Oy 2024a.)



Kuva 6. MyAir-venttiili (Climecon Oy 2024a).

MyAir-paine-erosensorit suorittavat mittauksia rakennusvaipan ylitse. Paine-erosensorin avulla kiinteistön painesuhteet ovat vaivattomasti seurattavissa ympäri vuoden pilvipalvelusta käsin. MyAir-paine-erosensorit voidaan asentaa ilman MyAir-venttiilejä, jos tavoitteena on mitata pelkkää paine-eroa. MyAir-paine-erosensoreiden ominaisuuksiin kuuluvat; paine-erojen mittaus, huoneilman lämpötilan mittaus, huoneilman kosteuden mittaus sekä absoluuttisen kosteuden mittaus. MyAir-paine-erosensorit mahdollistavat pitkän ajan mittaustiedon, jonka avulla asiakas saa laajan kuvan kiinteistön sisäilmaston tilanteesta ja rakennusterveyteen viittaavasta painesuhteiden yleistilasta. Paine-ero-sensorin avulla voidaan saada selville muun muassa mahdolliset kanaviston vuodot, puhaltimen toiminnan taso, hetkelliset paine-erojen vaihtelut sekä ilmanvaihdon epätasapaino. MyAir-paine-erosensori on esitetty kuvassa 7. (Climecon Oy 2024b.)



Kuva 7. MyAir-paine-erosensori (Climecon Oy 2024b).

Järjestelmän keskusyksikkö sijoitetaan rakennukseen mahdollisimman keskelle suhteessa järjestelmän venttiileihin, alueelle, johon asukkailla ei ole pääsyä normaalitilanteessa. Keskusyksikkö asennetaan tavanomaisesti tekniseen tilaan,

telekaappiin tai tilaan, jossa on muita taloteknisiä järjestelmiä. Keskusyksikkö vaatii aina 230V sähkönsyötön ja mahdollisesti langallisen internetyhteyden, joka ei kuitenkaan ole pakollinen, sillä langaton lähetys läpäisee hyvin rakenteet. (Climecon Oy 2022.)

Järjestelmän muiden laitteiden lisäksi on saatavilla myös MyAir-säädin. MyAir-säädin on langaton ohjausyksikkö MyAir-ilmanvaihtojärjestelmään kuuluvan asunnon ilmanvaihdon hallitsemiseen ja tarjoaa käyttäjälle mahdollisuuden säätää ilmanvaihtoa asuntokohtaisesti. Säädin lisää jo järjestelmän tuomia energia- tehokkuutta parantavia ominaisuuksia ja tarjoaa käyttäjälleen mahdollisuuden muuttaa ilmanvaihtoa oman elämänrytmin mukaiseksi. Säädin toimii yhteistyössä MyAir-järjestelmän kanssa LoRaWAN-radiotekniikan välityksellä. (Climecon Oy 2024c.)

MyAir-säätimen avulla käyttäjä voi käyttää neljää eri tilaa, jotka ovat; poissa-tila, jolloin ilmanvaihdon toiminta-aste säätyy pienemmälle esimerkiksi poistuttaessa kotoa, jonka seurauksena ilmanvaihto kuluttaa vähemmän energiaa. Kotona-tila, jolloin ilmanvaihdon toiminta-aste muuttuu normaalitasolle suunniteltujen ilmamäärien mukaisesti. Ruoanlaitto-tila, jolloin keittiön poistoilmanvaihto tehostuu ruokaa laitettaessa, ruoanlaitosta aiheutuneet käryt, rasva ja vesihöyry poistuvat tehokkaammin tilasta. Tehostus-tila, jolloin kaikkien huoneiston venttiilit tehostuvat tunnin ajaksi. Tällöin saavutetaan raikkaampi sisäilmasto, kun huoneistossa on esimerkiksi paljon käyttäjiä. (Climecon Oy 2024c.)

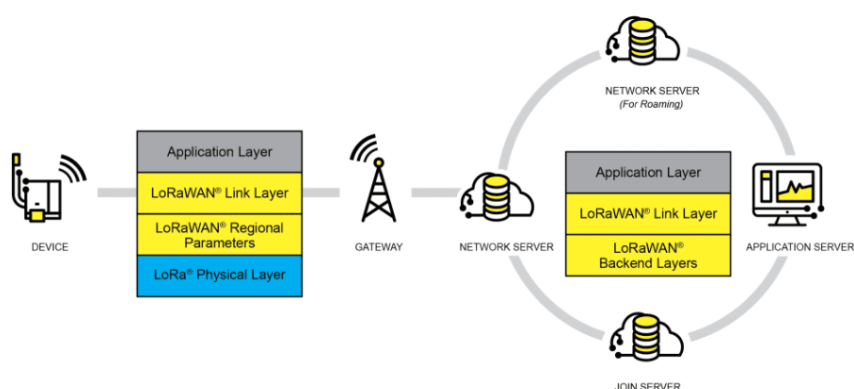
5.2 MyAir-YourView-käyttöliittymä

Järjestelmä tarjoaa myös mahdollisuuden etävalvontaan MyAir-YourView-käyttöliittymällään, josta asiakas voi tarkastella paine-eroja venttiilin yli (Pa), venttiilien ilmamääriä (l/s), huoneilman lämpötilaa (°C), huoneilman kosteutta (RH%) ja absoluuttista kosteutta (g H₂O/ kg kj). Etävalvontatyökalun näkymä on esitetty liitteessä 5. (Climecon Oy 2022.)

MyAir-YourView-käyttöliittymän avulla asiakas voi tilata kiinteistön olosuhderaportin haluamalleen ajanjaksolle ja tarkastella MyAir-järjestelmän ilmoittamia hälytyksiä. Olosuhderaportti sisältää lukuisia tietoja, joita ovat; absoluuttinen kosteus, lämpötila, paine-ero, kosteus, kastepiste, kokonaisilmavirtaus, raportoitavan ajanjakson kosteimmat-, kuivimmat, kylmimmät ja kuumimmat tilat. Asiakas ei voi kuitenkaan muokata etävalvontatyökalun tietoja, vaan kaikki tietojen muokkaukset tapahtumat Climecon Oy:n kautta. Climecon Oy ilmoitti, että etäkäyttöön tarkoitettu käyttöliittymä tulee päivittymään kevään 2024 aikana nykyaikaisempaan versioon. Uusi käyttöliittymä antaa muun muassa käyttäjälle mahdollisuuden tilata järjestelmän viimeisimmästä tasapainotuksesta raportin, joka pitää sisällään ilmamäärät ja niiden poikkeamat suunniteltuihin arvoihin. Tässä opinnäytetyössä ei valitettavasti keritty perehtyä uuteen käyttöliittymään.

5.3 LoRaWAN

Climecon Oy:n MyAir-järjestelmä käyttää LoRaWAN:ia, joka on langaton radiotekniikka. LoRaWAN (Long Range Wide-Area Network) on tiedonsiirtoverkko, joka on suunniteltu nopeaan ja langattomaan mutta vähätehoiseen tiedonsiirtoon. LoRaWAN-verkko sopii etenkin pienten datamäärien lähettämiseen ja vastaanottamiseen, sen tärkeimpiä ominaispiirteitä ovat helppo käyttöönotto, kaksisuuntainen tiedonsiirto, liikuteltavuus ja paikannuspalvelut. LoRaWAN-verkkoa hyödynnetään erilaisissa ratkaisuissa, joissa tarvitaan kustannustehokasta ja varmatoimista tiedonsiirtoa. LoRaWAN-verkon rakenne esitetty kuvassa 8. (LoRa Alliance 2024.)



Kuva 8. LoRaWAN-verkon rakenne (LoRa Alliance 2024).

LoRaWAN:in avulla järjestelmä ohjaa venttiilit järjestelmään alkuperäisten syötettyjen arvojen mukaisesti. Järjestelmä käyttää yksityistä LoRaWAN-verkkoa ja järjestelmän Lora radiotaajuus on 868 MHz. Järjestelmän keskusyksikkö sijoitetaan rakennukseen mahdollisimman keskelle suhteessa järjestelmän venttiileihin, alueelle, johon asukkailla ei ole pääsyä normaalitilanteessa. Keskusyksikkö asennetaan tavanomaisesti tekniseen tilaan, telekaappiin tai tilaan, jossa on muita taloteknisiä järjestelmiä. Keskusyksikkö vaatii aina 230V sähkönsyötön ja mahdollisesti langallisen internetyhteyden, joka ei kuitenkaan ole pakollinen, sillä langaton lähetys läpäisee hyvin rakenteet. (Climecon Oy 2022.)

5.4 MyAir-Energiansäästö-laskuri

Climecon Oy tarjoaa verkkosivuillaan mahdollisuuden käyttää ilmaista energiansäästö-laskuria. Energiansäästö-laskurin avulla laskurin käyttäjä voi vertailla koneellisella poistoilmanvaihtojärjestelmällä varustetun kerrostalorakennuksen kuluista MyAir-järjestelmällä varustettuun rakennukseen. (Climecon Oy 2022).

Käyttäjän tulee asettaa laskuriin paikkakunta, kerroksen pinta-ala, kerroksien lukumäärä ja käytössä olevan tehostusajan vuorokaudessa. Laskurissa on valmiina tilastokeskuksen ilmoittama keskiarvo kaukolämmön energian hinnalle ja keskiarvo kaukolämmön CO₂-päästöille.

6 Tutkittava kohde

Tutkittava kohde on Joensuussa sijaitseva viisi kerroksinen 1974 valmistunut ja vuonna 2003 peruskorjattu kerrostalo. Kerrostalo koostuu 35 asuinhuoneistosta, joista suurin osa on soluhuoneistoja. Ennen MyAir-järjestelmän käyttöönottoa kohteen ilmanvaihto oli toteutettu koneellisella poistoilmanvaihtojärjestelmällä. Peruskorjauksen yhteydessä vuonna 2003 kaikki poistoilmaventtiilit on uusittu ja kaikkien asuntojen keittiöihin on asennettu liesikuvut, entinen asuntojen ja yhteisien tilojen huippuimuri on uusittu ja saunaosastolle on rakennettu uusi huippuimuri, joka on haaroitettu vesikatolla jo olemassa olevasta kokoajakammista. Puhaltimet on varustettu taajuusmuuttajakäyttöön soveltuvilla moottoreilla.

Kaikissa soluhuoneistoissa on tällä hetkellä käytössä vuonna 2019 asennetut MyAir-poistoilmaventtiilit, jotka sijaitsevat asunnoissa kylpyhuoneissa ja WC-tiloissa. MyAir-poistoilmaventtiileille suoritettiin aistinvarainen katselmointi, niiden mittaamia ilmamääriä tutkittiin ja rakennuksen energiankulutuksia tarkasteltiin. Aistinvaraisen tutkinnan alle otetut soluhuoneistot ovat valittu satunnaisesti ja etävalvontatyökalun tarjoamien mittaustuloksien avulla pyrittiin arvioimaan, että alun perin suunnitellut ilmamäärät toteutuisivat.

7 Toiminnallinen osuus

7.1 Kohteen aistinvaraiset tutkimukset

Työ aloitettiin perehtymällä MyAir-järjestelmän toimintaan suunnitteluoppaiden, tuotekorttien ja Climecon Oy:n yhteyshenkilön avulla. Työn alkuvaiheessa kävi ilmi, että MyAir-järjestelmän etävalvontatyökalu ei toiminut odotetulla tavalla, yhteys oli katkennut ja venttiilien mittaamia lukemia ei voitu tarkastella. Toimeksiantaja ei ollut huomannut yhteysongelmaa, sillä etävalvontatyökalua ei ollut käytetty kovinkaan aktiivisesti ja järjestelmä ei ollut tuottanut minkäänlaista hälytystä ongelmasta.

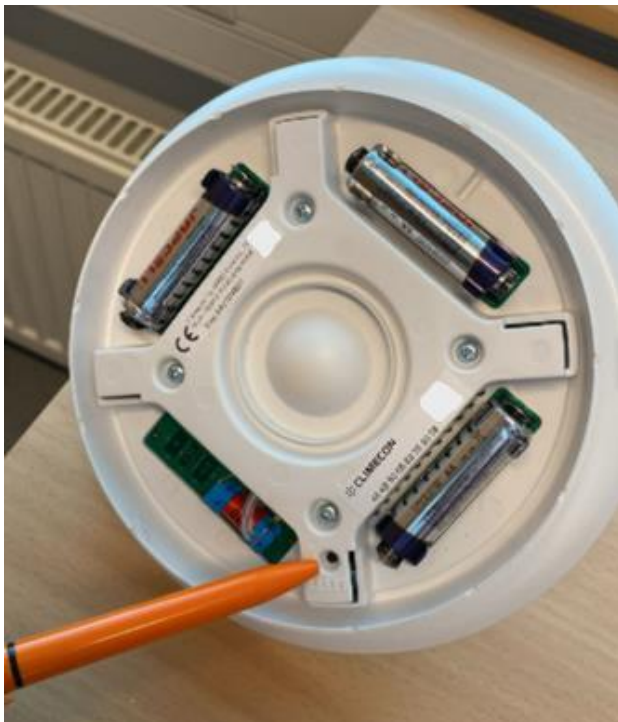
Koska etävalvontatyökalu ei toiminut odotetulla tavalla, todettiin aiheelliseksi suorittaa aistinvarainen tarkastuskäynti kohteessa, jotta järjestelmän toimivuus pystyttäisiin varmistamaan. Tämän jälkeen valittiin satunnaiset huoneistot venttiilien aistinvaraista tutkimista varten. Tarkastuskäynneillä venttiilejä resetoitiin, jonka jälkeen venttiilit kävivät ääriarvoissaan ja asettivat itsensä viimeiseen järjestelmän tasapainoittamaan arvoon. Venttiilin resetointi tapahtui avaamalla poistoilmanvaihtovenntiilin kansi ja painamalla resetointipainiketta. Tämän seurauksena kyettiin toteamaan, että venttiileiden toimivuudessa ei ollut ongelmaa ja yhteys venttiilien ja keskusyksikön välillä oli säilynyt, vaikka etävalvontatyökalu ei toiminutkaan odotetulla tavalla. Kuvissa 9,10 ja 11 esitetty venttiilin resetointiperiaate ja sen asennot ennen ja jälkeen resetoinnin.



Kuva 9. Venttiili ennen resetointia.



Kuva 10. Venttiili resetoinnin jälkeen.



Kuva 11. Venttiilin resetointipainike.

Kohdekäynnillä huomattiin myös, että asukkailla oli mahdollisuus irrottaa paristot MyAir-venttiileistä, jolloin venttiili ei ohjaudu enää eri asentoihin tarpeen mukaisesti. Paristot poistettaessa, venttiili jää järjestelmän viimeisempään tasapainottamaan arvoon. Venttiili, jonka paristot oli poistettu, on esitetty kuvassa 12.



Kuva 12. Venttiili, jonka paristot on poistettu.

Järjestelmän käyttämän LoRAWAN-radiotekniikan avulla keskusyksikkö on voitu sijoittaa tutkittavan kohteen viereisen kerrostalon teknisiin tiloihin, josta sama keskusyksikkö ohjaa myös viereisen kerrostalon MyAir-järjestelmää. Climecon Oy toimitti toimeksiantajalle uuden, ulkoistetun modeemin huhtikuussa 2024 yhteysongelman seurauksena. Uudella ulkoistetulla modeemilla korjattiin yhteysongelma pilvipalveluiden ja venttiilin kanssa keskustelevan vanhan keskusyksikön välillä. Venttiilien kanssa keskusteleva keskusyksikkö on esitetty kuvalla 13.



Kuva 13. Venttiilien kanssa keskusteleva keskusyksikkö.

Huhtikuussa lisätty ulkoinen modeemi, jonka kautta viestintä kulkee pilvipalveluun, on esitetty kuvalla 14.



Kuva 14. Pilvipalvelun kanssa keskusteleva ulkoistettu modeemi.

7.2 Järjestelmän yhteysongelmat

MyAir-järjestelmän yhteysongelma teki järjestelmään perehtymisestä haasteellista. Mittausarvoja ei kyetty tarkastelemaan etävalvontatyökalun avulla, olosuhderaportin tekeminen etävalvontatyökalun avulla ei onnistunut, mahdollisia hälytyksiä ei voitu tarkastella ja viimeisimmästä järjestelmän tasapainotuksesta ei ollut tarkkaa tietoa. Yhteysongelma oli Climecon Oy:n mukaan vain keskusyksikön ja pilvipalveluiden välillä, venttileiden ja paine-erosensoreiden toiminta pysyi ennallaan ja tämä todettiin myös kohdekäynnillä.

Yhteysongelmasta luotiin laitevalmistaja Climecon Oy:lle selvityspyyntö, jonka seurauksena Climecon Oy alkoi tutkia vikaa. Selvisi, että yhteysongelma johtui keskusyksiköstä, joka ei kyennyt viestimään pilvipalvelun kanssa. Climecon Oy toimitti toimeksiantajalle uuden modeemin huhtikuussa, joka keskustelee pilvipalvelun kanssa. Uuden ulkoistetun modeemin lisääminen korjasi yhteysongelman satunnaisista toimeksiantajan MyAir-kohteista, mutta opinnäytetyössä tutkittavan kohteen yhteysongelmaa ei saatu korjattua opinnäytetyön tekemisen aikana ja näin ollen etävalvontatyökalua ei voitu käyttää hyväksi opinnäytetyössä tutkittavan kohteen osalta. Climecon Oy jatkaa vian tutkimista ja pyrkii saamaan yhteysongelman korjattua kevään 2024 aikana.

7.3 Energiankulutuksien tarkastelu ja analysointi

Kaukolämmön- ja sähkönkulutuksien tarkastelua varten aikajaksoksi valikoituivat vuodet 2017–2018 (ennen asennusta) ja 2020–2021 (jälkeen asennuksen). Kaukolämmön osalta koettiin olennaiseksi tarkkailla vain lämmityskauden kulutuslukemia. Kaukolämmön kulutuslukemat saatiin kaukolämpötoimittajalta, luekat normeerattiin, jonka jälkeen asennuksen jälkeisten vuosien kulutuslukemia verrattiin asennusta edeltäviin vuosiin. Veden kulutuslukemat saatiin Joensuun vedeltä, sähkönkulutuslukemat saatiin PKS extra-energiatietopalvelusta ja lämmitystarvelukuja tarvittiin normeeratun kaukolämmönkulutuksen laskemiseen ja

nämä luvut saatiin ilmatieteenlaitokselta. Lämmitystarveluvut esitetty liitteessä 3.

Asettamalla tutkittavan kohteen tiedot MyAir-energiansäästöläskuriin eli paikkakunta, kerroksen pinta-ala, kerroksien lukumäärä ja aiemmin käytössä ollut tehostusaika vuorokaudessa läskuriin saatiin potentiaaliseksi säästöksi 19 mWh/vuosi, mikäli käytössä on pelkkä MyAir-järjestelmä. Jos MyAir-järjestelmän lisäksi käytössä olisi myös asuntokohtaiset MyAir-säätimet, säästöä kertyisi läskurin mukaan 66 MWh/vuosi. MyAir-energiansäästöläskurin tulokset ovat suuntaa antavia. Läskurin näkymä ja asetetut arvot ovat esitetty kuvassa 15. MyAir-energiansäästöläskurin raportti on esitetty liitteessä 4.

PAIKKAKUNTA *

Joensuu

Valitse kohdettasi lähinnä oleva paikkakunta. Syötetty paikkakunta vaikuttaa kohteen lämmityksen tarpeen arviointiin.

KERROKSEN PINTA-ALA, m² *

427

Täytä keskimääräinen arvio yhden kerroksen pinta-alasta.

KERROKSET *

5

Täytä montako kerrosta kohteessa on.

TEHOSTUSAIKA VUOROKAUDESSA, h *

5

Syötä kerrostalon kellonajan perusteella tehostettu ilmanvaihto tuntien tarkkuudella.

ENERGIAN HINTA €/MWh *

133,00 €

Tilastokeskuksen keskiarvo kaukolämmön energian hinnalle €/MWh

ENERGIAYHTIÖN PÄÄSTÖT kg CO₂/MWh *

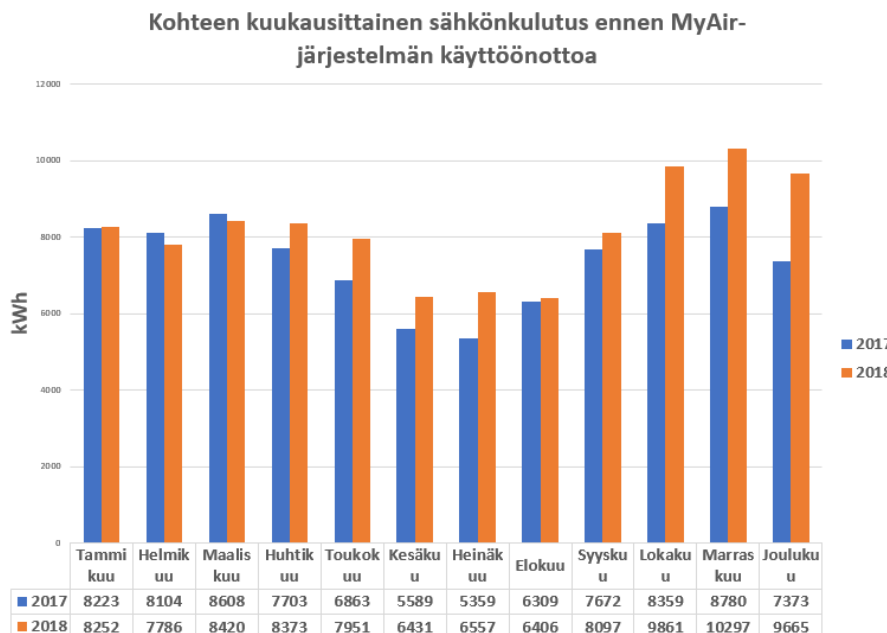
177

Tilastokeskuksen keskiarvo kaukolämmön CO₂ päästöille 2018-2022 oli 177 kg/MWh.

LASKE

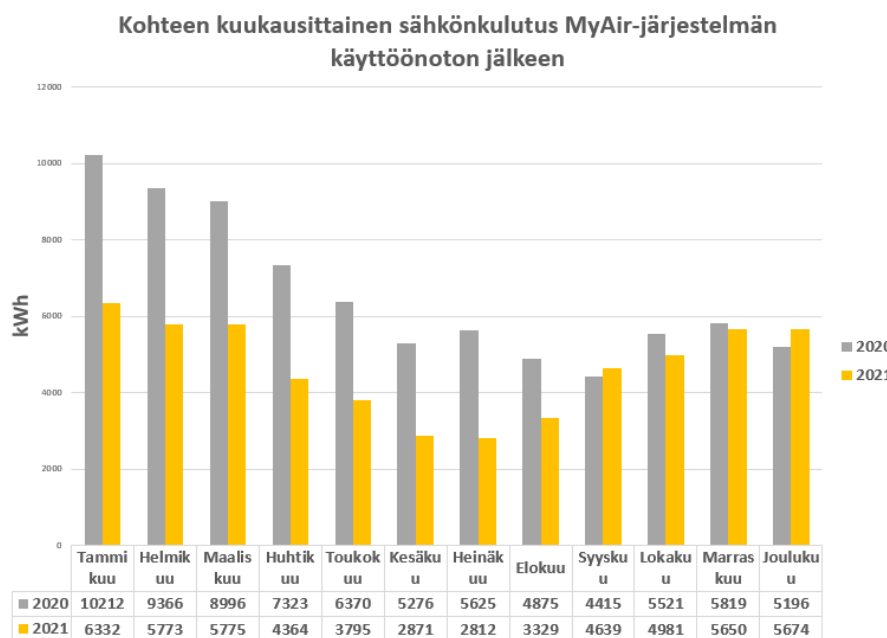
Kuva 15. MyAir-energiansäästöläskuri (Climecon Oy 2022).

Kohteen sähkönkulutusta tarkasteltaessa huomattiin, että sähkönkulutus oli ensin noussut MyAir-järjestelmän asennusta edeltävinä vuosina (2017-2018) 88,94 megawattitunnista 98,10 megawattituntiin. MyAir-järjestelmän käyttöönottoa edeltävien vuosien sähkönkulutus esitelty kuvassa 16 ja liitteessä 6.



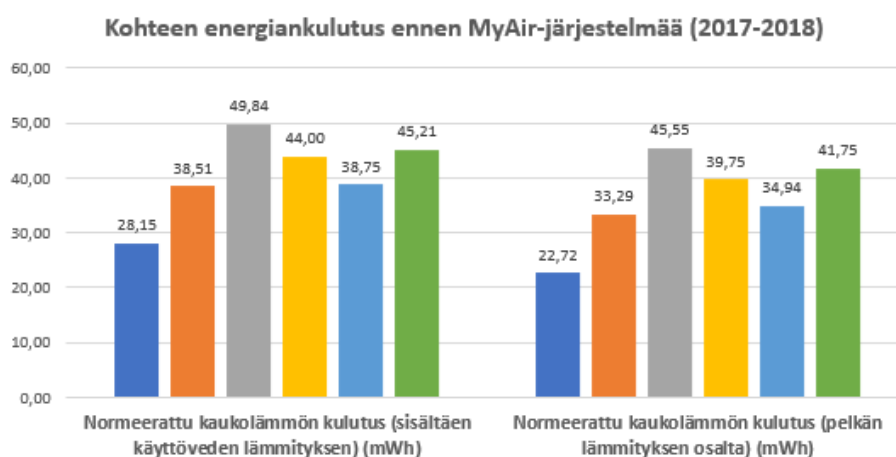
Kuva 16. Tutkittavan kohteen sähkönkulutus ennen MyAir-järjestelmän käyttöönottoa.

Kohteen vuosittainen sähkönkulutus MyAir-järjestelmän käyttöönoton jälkeen laski ensin asennusta edeltävän vuoden 2018 98,10 megawattitunnin kulutuksesta asennuksen jälkeisenä vuonna 2020 78,99 megawattituntiin, jonka jälkeen se laski vielä 56 megawattituntiin vuonna 2021. Kohteen kuukausittainen sähkönkulutus MyAir-järjestelmän käyttöönoton jälkeen esitely kuvassa 17 ja liitteessä 7.



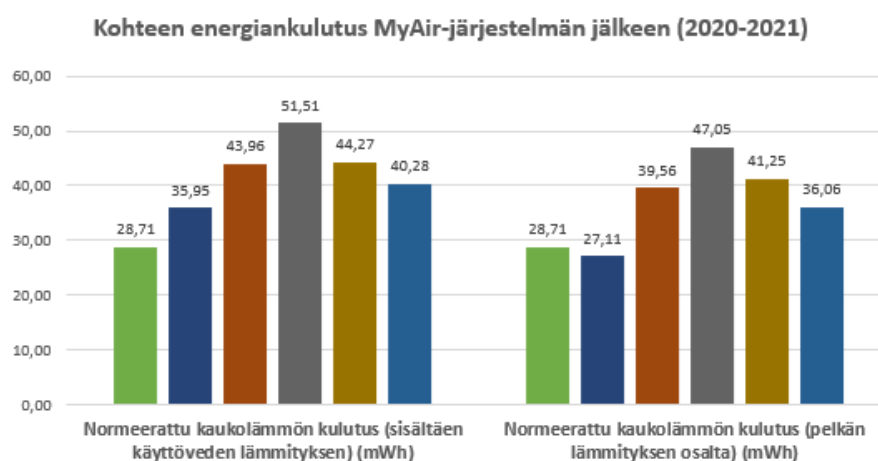
Kuva 17. Tutkittavan kohteen sähkönkulutus MyAir-järjestelmän käyttöönoton jälkeen.

Kaukolämmön lukemia tarkasteltiin ajalta 1.10.2017 – 31.03.2018 (ennen käyttöönottoa) ja 1.10.2020 – 31.03.2021 (käyttöönoton jälkeen). Kulutuslukemia tulkitsemalla selviää, että kulutus on pysynyt tasaisena, mutta kuitenkin noussut 0,25 megawattituntia normeeratun kaukolämmön kulutuksen (sisältäen käyttöveden lämmityksen) osalta ja 1,75 megawattituntia normeeratun kaukolämmön kulutuksen (pelkän lämmityksen osalta). Kohteen kaukolämmön kulutus ennen MyAir-järjestelmää on esitetty kuvalla 18. Normeeratut kaukolämmön kulutuslukeamat ovat laskettu liitteen 8 mukaisesti.



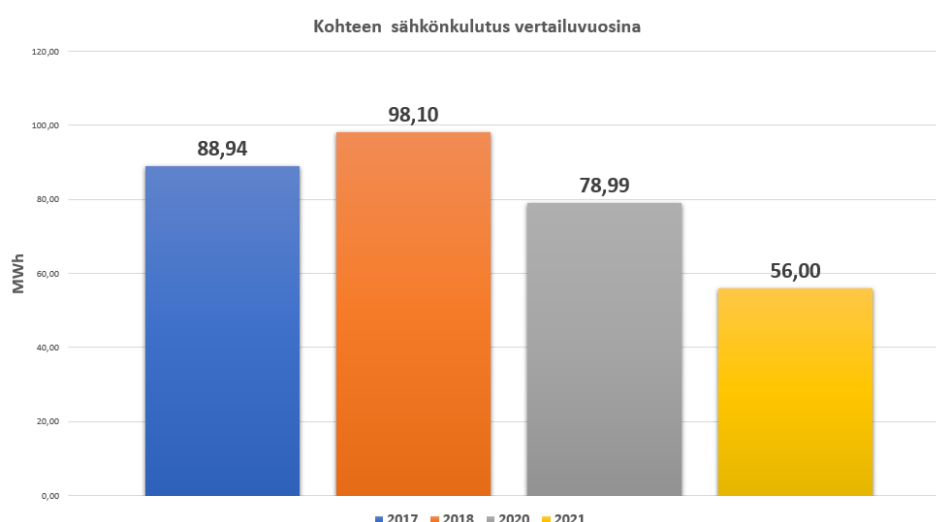
Kuva 18. Kohteen energiankulutus ennen MyAir-järjestelmää.

Kohteen energiankulutus MyAir-järjestelmän käyttöönoton jälkeen (kuva 19).



Kuva 19. Kohteen energiankulutus MyAir-järjestelmän jälkeen.

Kun aikajakson 1.1.2017-31.12.2018 sähkön kulutuslukemia verrattiin, huomattiin että rakennuksen sähkönkulutus oli noussut vuoden 2017 mitatusta 88,94 megawattitunnista 98,10 megawattituntiin, eli kulutus oli noussut 9,1 %. Vertaillessa vuonna 2018 mitattua 98,10 megawattitunnin kulutusta MyAir-järjestelmän asennuksen jälkeiseen vuoteen 2020 kulutus oli tippunut 19,11 megawattituntia (19,48 %). Verratessa vuotta 2020 vuoteen 2021 oli kulutus edelleen laskenut 22,99 megawattituntia (29,10 %), jolloin kauden 2021 sähkönkulutus oli 56 megawattituntia. Kohteen sähkönkulutus vertailuvuosina esitetty kuvassa 20 ja liitteellä 1.



Kuva 20. Kohteen sähkönkulutus vertailuvuosina.

Vertailtaessa lämmityskauden 2017–2018 normeerattuja kulutuslukemia lämmityskauden 2020–2021 normeerattuihin kulutuslukemiin, oli normeeratun kaukolämmön kulutus noussut 0,25 megawattituntia ja normeerattu kaukolämmönkulutus pelkän lämmityksen osalta oli noussut 1,75 megawattituntia. MyAir-järjestelmän asennuksen jälkeen kulutus on noussut prosentuaalisesti 0,102 % normeeratun kaukolämmön kulutuksen osalta ja 0,803 % normeeratun kaukolämmön vain lämmitykseen kuluneen energian osalta. Tuloksia analysoidessa huomattiin, että tutkittavan kohteen sähkönkulutus on vähentynyt, mutta kaukolämmön kulutus on noussut. Kohteen kaukolämmönkulutus MyAir-järjestelmää edeltäviltä ja jälkeisiltä vuosilta on esitelty liitteellä 2.

MyAir-järjestelmän asennusta edeltävien vuosien yhteinen sähkönkulutus tutkitavassa kohteessa oli 187,04 megawattituntia ja asennuksen jälkeisten vuosien sähkönkulutus oli 134,99 megawattia, jolloin sähkönkulutus oli vähentynyt 52,05 megawattituntia. Kun sähkönkulutuksen väheneminen havaittiin, koettiin aiheelliseksi tarkastella myös muita toimeksiantajan kohteita, joissa on käytössä MyAir-järjestelmä. Kuitenkin muita kohteita tarkasteltaessa huomattiin, että merkittävä sähkönkulutuksen aleneminen oli tapahtunut vain opinnäytetyössä tutkitavassa kohteessa.

Tutkittavaan kohteeseen suoritettuja energiansäästötoimenpiteitä selvitettiin ja huomattiin, että kohteeseen on otettu vuonna 2018 käyttöön sääennustukseen pohjautuva ennakoiva lämmitysjärjestelmä ja vuonna 2019 kohteeseen on lisätty MyAir-järjestelmä. Energian hinnan nousun takia toimeksiantaja on myös suorittanut lukuisia pienempiä energiansäästötoimenpiteitä, muun muassa valaisimien vaihtoa ja yhteisien tilojen saunan lämmitysarvojen laskemista. Toimeksiantajan energiansäästötoimenpiteillä ei voi todistettavasti olla niin suurta vaikutusta, että sähkönkulutus olisi vähentynyt asennusta edeltävien ja asennuksien jälkeisten vuosien yhteenlaskettujen kulutuksien jälkeen 52,05 megawattituntia, joten tämän selvittämiseksi pitäisi kulutuksen vähenemiseen perehtyä tarkemmin.

MyAir-järjestelmän todellista toteuttamaa säästöä kohteessa ei kyetty arvioidaan tarkasti olemassa olevilla energiankulutuksen seurantapalveluilla ja laskukaavoilla, sillä MyAir-järjestelmä on vain yksi osa rakennuksen energiankulutukseen vaikuttavista tekijöistä.

8 Pohdinta

Opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä MyAir-järjestelmän toimintaan ja selvittää onko järjestelmä toiminut toimeksiantajan tarpeita myötäilevällä tavalla. Alkuperäinen syy järjestelmän hankinnalle on henkilökunnan vaihtumisen takia jäänyt osittain epäselväksi, mutta oletettavasti järjestelmän tarjoamat energiansäästömahdollisuudet ja huoltotoimenpiteiden vähentyminen ovat olleet syitä hankinnalle.

Päätös valita paristokäyttöinen versio MyAir-poistoilmaventtiilistä ei ole ollut toimeksiantajalle kannattava vaihtoehto. Selvisi, että paristojen vaihtoväli voi vaihdella venttiilien tarpeenmukaisen käytön mukaisesti ja paristojen vaihdosta ei ollut suunniteltu säännöllistä vaihtokierrosta, eli on siis mahdollista, että joidenkin asuntojen MyAir-poistoilmaventtiileiden paristot ovat kuluneet loppuun. Paristojen vaihtoon tulisi kehittää säännöllinen vaihtokierros. Paristokäyttöisessä versiossa asukkaalla on myös mahdollisuus irrottaa paristot poistoilmaventtiilistä, jonka jälkeen MyAir-järjestelmä ei toimi suunnitellulla tavalla.

Yhteys MyAir-järjestelmän keskusyksikön ja pilvipalvelun välillä oli katkennut koko opinnäytetyön tekemisen ajan, jolloin etävalvontatyökalu ei ollut käytettävissä. Climecon Oy pyrki ratkaisemaan yhteysongelman kevään 2024 aikana, mutta yhteyttä ei ole onnistuttu palauttamaan. Työn teon aikana Climecon Oy:n tiedottaminen yhteysongelmasta oli puutteellista ja hidasta, toimeksiantaja toivoo, että Climecon Oy parantaa tiedottamisen tasoa ja nopeuttaa viestintää mahdollisien uusien yhteysongelmien kanssa. Järjestelmän yhteysongelma vaikeutti järjestelmään perehtymistä ja muun muassa toimeksiantajan kohteiden mittaustietoja ei kyetty tarkastelemaan, viimeisimmästä tasapainotuksesta ei ollut tietoa ja paristojen tasoa ei voitu tarkastella. Opinnäytetyön aloittamista edeltävä aikana toimeksiantajalla oli käsitys, että etävalvontatyökalu olisi toiminut odotetulla tavalla, yhteysongelma huomattiin vasta opinnäytetyön teon aikana. Yhteysongelman takia voidaan todeta, että MyAir-järjestelmä ei ole palvellut

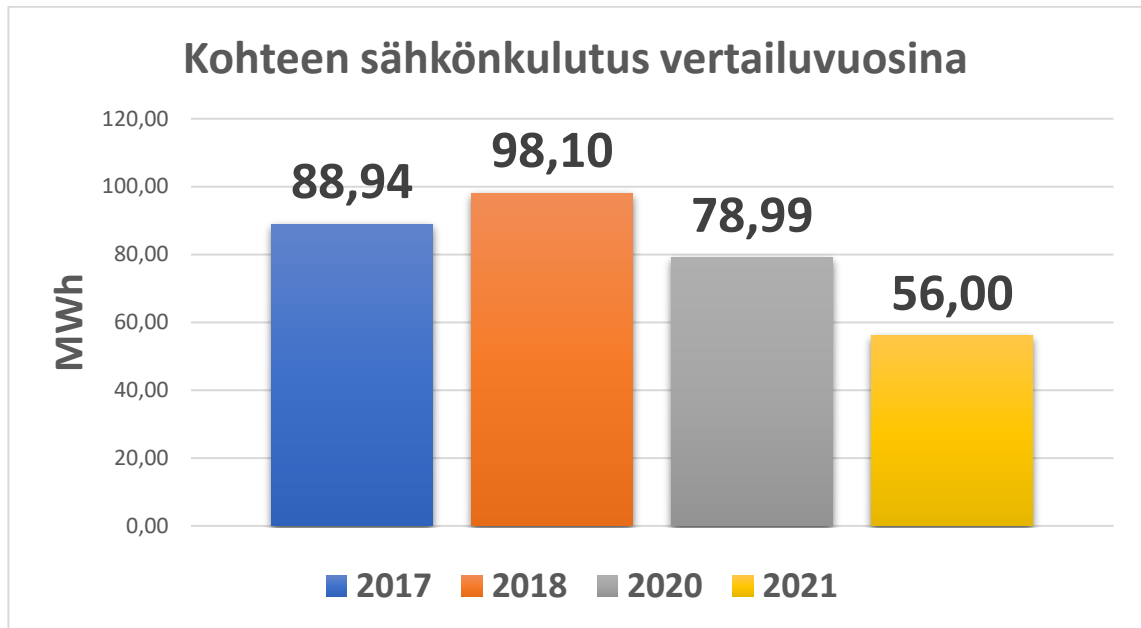
toimeksiantajan tarpeita riittävän hyvin, sillä etävalvontatyökalu on tärkeä osa järjestelmän kokonaisuutta ja sen ylläpidosta on maksettu jatkuvasti liittymä-maksua.

Jotta MyAir-järjestelmän todellisia aiheuttamia energiansäästöjä voitaisiin arvioida, tulisi toimeksiantajalla olla keino erotella kokonaisenergiankulutuksesta ilmanvaihtojärjestelmän osuus. Tutkittavan kohteen sähkönkulutuksen laskeminen ilmeni työn teon aikana ja tulisi sen taustalla olevia syitä tutkia tarkemmin. Olemassa olevien tuloksien ja yhteysongelman seurauksena järjestelmän laajempaa käyttöönottoa ei voida pitää toimeksiantajalle kannattavana investointina ilman merkittäviä parannuksia yhteysongelmien ja tiedottamisen suhteen.

Lähteet

- Climecon Oy. 2019. Tämä on sisäilmastonmuutos. Tutustumisesite sisäiseen käyttöön. 30.03.2024.
- Climecon Oy. 2022. Climecon MyAir-järjestelmän suunnitteluohje. https://climeconair.com/wp-content/uploads/2023/03/MyAir_Suunnitteluohje_042023.pdf. 20.1.2024.
- Climecon Oy. 2022. MyAir-energiansäästö-laskuri. <https://climeconair.com/fi-fi/myair-energiansaastolaskuri/>. 12.04.2024.
- Climecon Oy. 2024a. MyAir-venttiili. <https://climeconair.com/fi-fi/tuote/myair-venttiili/>. 19.03.2024.
- Climecon Oy. 2024b. MyAir-paine-erosensori. <https://climeconair.com/fi-fi/tuote/myair-paine-erosensori/>. 19.03.2024.
- Climecon Oy. 2024c. MyAir-säädin. <https://climeconair.com/fi-fi/tuote/myair-saadin/?pid=13330>. 12.04.2024.
- FINVAC ry. 2019. Opas asuinrakennusten ilmanvaihdon mitoitukseen. https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Opas-asuinrakennusten-ilmanvaihdon-mitoitukseen_2019-C28A5C3D_0A1B_4504_98BB_14D9C1820FE9-144725.pdf/338c293d-f4b5-514b-d6d9-1ddc0dc225f0/Opas-asuinrakennusten-ilmanvaihdon-mitoitukseen_2019-C28A5C3D_0A1B_4504_98BB_14D9C1820FE9-144725.pdf?t=1603260100069. 26.02.2024.
- Hengitysliitto ry. 2024a. Ilmanvaihtojärjestelmät. <https://www.hengitysliitto.fi/kodin-sisailma-ja-kunnossapito/ilmanvaihto/ilmanvaihtojarjestelmat/>. 16.02.2024.
- Hengitysliitto ry. 2024b. Ilmanvaihdon huolto. <https://www.hengitysliitto.fi/kodin-sisailma-ja-kunnossapito/ilmanvaihto/ilmanvaihdon-huolto/>. 19.02.2024.
- Hengitysliitto ry. 2024c. Sisäilmaongelmien selvittäminen. <https://www.hengitysliitto.fi/kodin-sisailma-ja-kunnossapito/sisailmaongelmien-selvittaminen/>. 21.02.2024.
- Kuuluvainen, L., Lindberg, B., Lylykangas, K., Mikkola, J. & Sainio, J. 2018. Painovoimaisen ilmanvaihdon opas. 16.02.2024.
- LoRa Alliance. 2024. About LoRaWAN. <https://lora-alliance.org/about-lorawan/>. 23.04.2024.
- LVI 19-10399. 2006. LÄMMITÄ OIKEIN Vesikeskuslämmitysjärjestelmän käyttäjän ohje. Rakennustieto. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/LVI%2019-10399>. 19.03.2024.
- Motiva Oy. 2023a. Ilmanvaihdon eri toteutustavat. https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/energiatehokas_taloyhtio/ilmanvaihto/ilmanvaihdon_eri_toteutustavat#:~:text=Koneellisessa%20tulo%2D%20ja%20poistoilmanvaihdossa%20ilmaa,%2C%20kodinhuone%2C%20keitti%C3%B6%20ja%20pesuhuone.. 19.02.2024.
- Motiva Oy. 2023b. Kulutuksen normitus Laskentakaavat ja ohjeet. 19.03.2024.

- Motiva Oy. 2024a. Ilmastointijärjestelmät. https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energian kaytto/ilmastointijarjestelmat. 19.03.2024.
- Motiva Oy. 2024b. Kulutuksen normitus. https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energian kaytto/kulutuksen_normitus. 19.03.2024.
- Motiva Oy. 2024c. Laskukaavat: Lämmin käyttövesi. https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energian kaytto/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammin_kaytovesi. 30.03.2024.
- Raksystems Oy. 2021. Hyvin toimiva ilmanvaihto on yksi tärkeimpiä asioita kodin asukkaiden hyvinvoinnille ja talon rakenteiden säilymiselle. <https://rakersystems.fi/ajankohtaista/hyvin-toimiva-ilmanvaihto/> 16.02.2024.
- RT 56-10831. 2004. Asuinrakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän peruskorjaus ja -parannus. Rakennustieto. https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2056-10831?external_system=Juha&page=1&navref=Search. 24.1.2024
- Saukko, E. 2022. Sisäilmaongelmia aiheuttavat monet muutkin tekijät kuin vain home. 11.02.2022. <https://rakersystems.fi/ajankohtaista/sisailmaongelmien-moninaiset-syyt/>. 21.02.2024.
- Sisäilmastoluokitus. 2018. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. 21.02.2024.
- Sisäilmayhdistys ry. 2008a. Sisäilmasto. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Perustietoa>. 21.02.2024
- Sisäilmayhdistys ry. 2008b. Sisäilman tekijät. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Sisailman-tekijat>. 21.02.2024
- Sisäilmayhdistys ry. 2008c. Sisäilmaoireet. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Terveysvaikutukset/Sisailmaoireet>. 21.02.2024.
- Sisäilmayhdistys ry. 2008d. Fysikaaliset tekijät. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Fysikaaliset-tekijat>. 07.03.2024.
- Sisäilmayhdistys ry. 2024a. Ilmanvaihdon perusteet. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Perustietoa-sisailmasta/Ilmanvaihdon-perusteet>. 24.1.2024.
- Sisäilmayhdistys ry. 2024b. Sisäilmastoluokitus. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Julkaisut/Sisailmastoluokitus>. 26.02.2024.
- Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 545/2015. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150545>. 21.02.2024.
- Taiarol Oy. 2024. Sisäilma ja sen ongelmat. <https://taiarol.fi/sisailma/sisailma-ja-sen-ongelmat/>. 21.02.2024.
- Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017. Ympäristöministeriö. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171009>. 21.02.2024.

Kohteen sähkönkulutus vertailuvuosina

Kohteen kaukolämmönkulutus MyAir-järjestelmää edeltäviltä ja jälkeisiltä vuosilta

Kohteen energiankulutukset ennen MyAir-järjestelmää(2017-2018) Normeerattu kaukolämmön kulutus (sisältaen käyttöveden lämmityksen) (MWh) (Qnorm)	Lokakuu (ennen)	Marraskuu (ennen)	Joulukuu (ennen)	Tammikuu (ennen)	Helmikuu (ennen)	Maaliskuu (ennen)	Yhteensä
	28,15	38,51	45,21	49,84	44,00	38,75	244,44
Normeerattu kaukolämmön kulutus (pelkan lämmityksen osalta) (MWh) (Qtoteutunut)	22,72	33,29	41,75	45,55	39,75	34,94	218,00
Käyttöveden lämmittämiseen kulunut energia(MWh) (Qlämmin käyttövesi)	5,43	5,22	3,46	4,29	4,25	3,80	26,45
Normaaliuukauden lämmitystarveluku (1991-2020)	416	557	698	793	724	651	3839
Kuukauden toteutunut lämmitystarveluku	417	512	579	691	792	783	3774
Kohteen energiankulutukset MyAir-järjestelmän käyttöönoton jälkeen (2020-2021)	Lokakuu (jälkeen)	Marraskuu (jälkeen)	Joulukuu (jälkeen)	Tammikuu (jälkeen)	Helmikuu (jälkeen)	Maaliskuu (jälkeen)	Yhteensä
Normeerattu kaukolämmön kulutus (sisältaen käyttöveden lämmityksen) (MWh) (Qnorm)	28,71	35,95	43,96	51,51	44,27	40,28	244,69
Normeerattu kaukolämmön kulutus (pelkan lämmityksen osalta) (MWh) (Qtoteutunut)	28,71	27,11	39,56	47,05	41,25	36,06	219,75
Käyttöveden lämmittämiseen kulunut energia(MWh) (Qlämmin käyttövesi)	*	8,84	4,41	4,45	3,02	4,22	24,94
Normaaliuukauden lämmitystarveluku (1991-2020)	416	557	698	793	724	651	3839
Vuoden toteutunut lämmitystarveluku	337	457	600	792	836	652	3674
Vertailu	(MWh)	(%) ero					
Normeerattu kaukolämmön kulutus (MWh)	Kulutus nousi 0,25 mWh	0,102					
Normeerattu kaukolämmön kulutus lämmityksen osalta(MWh) [* Joensuun Veden kulutuslukumat puutteellisia]	Kulutus nousi 1,75 MWh	0,803					

Normaaliikauden- ja vuosien toteutuneet lämmitystarveluvut

Joensuu	Tammikuu	Helmikuu	Maaliskuu	Huhtikuu	Toukokuu	Kesäkuu	Heinäkuu	Elokuu	Syyskuu	Lokakuu	Marraskuu	Joulukuu	Yhteensä
Normaaliikauden lämmitystarveluvut (1991-2020)	793	724	651	446	206	34	10	32	188	416	557	698	4755
Toteutuneet lämmitystarveluvut (2017)	721	671	578	518	315	63	26	35	218	417	512	579	4653
Toteutuneet lämmitystarveluvut (2018)	691	792	783	437	91	57	0	0	126	393	485	705	4560
Toteutuneet lämmitystarveluvut (2020)	582	582	555	482	246	0	0	22	149	337	437	600	4012
Toteutuneet lämmitystarveluvut (2021)	792	836	652	432	223	0	0	44	284	340	538	830	4971

Kohteen potentiaalinen energiansäästö



MyAir-Energiansäästölaskuri

12.4.2024

Kohteen tiedot

PAIKKAKUNTA Joensuu	KERROKSEN PINTA-ALA, m² 427
KERROKSET 5	TEHOSTUSAIKA VUOROKAUDESSA, h 5
ENERGIAN HINTA €/MWh 133,00 €	ENERGIAYHTIÖN PÄÄSTÖT kg CO₂/MWh 177

Energiankulutus ja -kustannukset vuositasolla

Koneellisella poistoilmanvaihtojärjestelmällä ilman MyAiria

140 MWh / vuosi 18 620 € / vuosi

MyAir-järjestelmällä

121 MWh / vuosi 16 093 € / vuosi

MyAir-järjestelmällä + MyAir-säätimellä

93 MWh / vuosi 12 386 € / vuosi

Säästöt vuositasolla

MyAir-järjestelmällä

19 MWh / vuosi 2 527 € / vuosi


3 363 kg CO₂ / vuosi

MyAir-järjestelmällä + MyAir-painikkeella

66 MWh / vuosi 8 778 € / vuosi

11 682 kg CO₂ / vuosi


MyAir-YourView-etävalvontapalvelun kohdetiedot



← Joensuun

	Min	Max	Unit
<input checked="" type="radio"/> Ilmavirtaus	1.52	9.28	l/s
<input type="radio"/> Lämpötila	0	29.7	°C
<input type="radio"/> Kosteus	0	96.6	RH%
<input type="radio"/> Absoluuttinen kosteus	0	2713	g/m ³
<input type="radio"/> Kastepiste	-4.5	28	°C

Ilmavirtaus (l/s)



0 g/m³
Absoluuttinen kosteus

0 °C
Lämpötila

0 Pa
Paine-ero

0 °C
Kastepiste

0 l/s
Kokonaisilmavirtaus

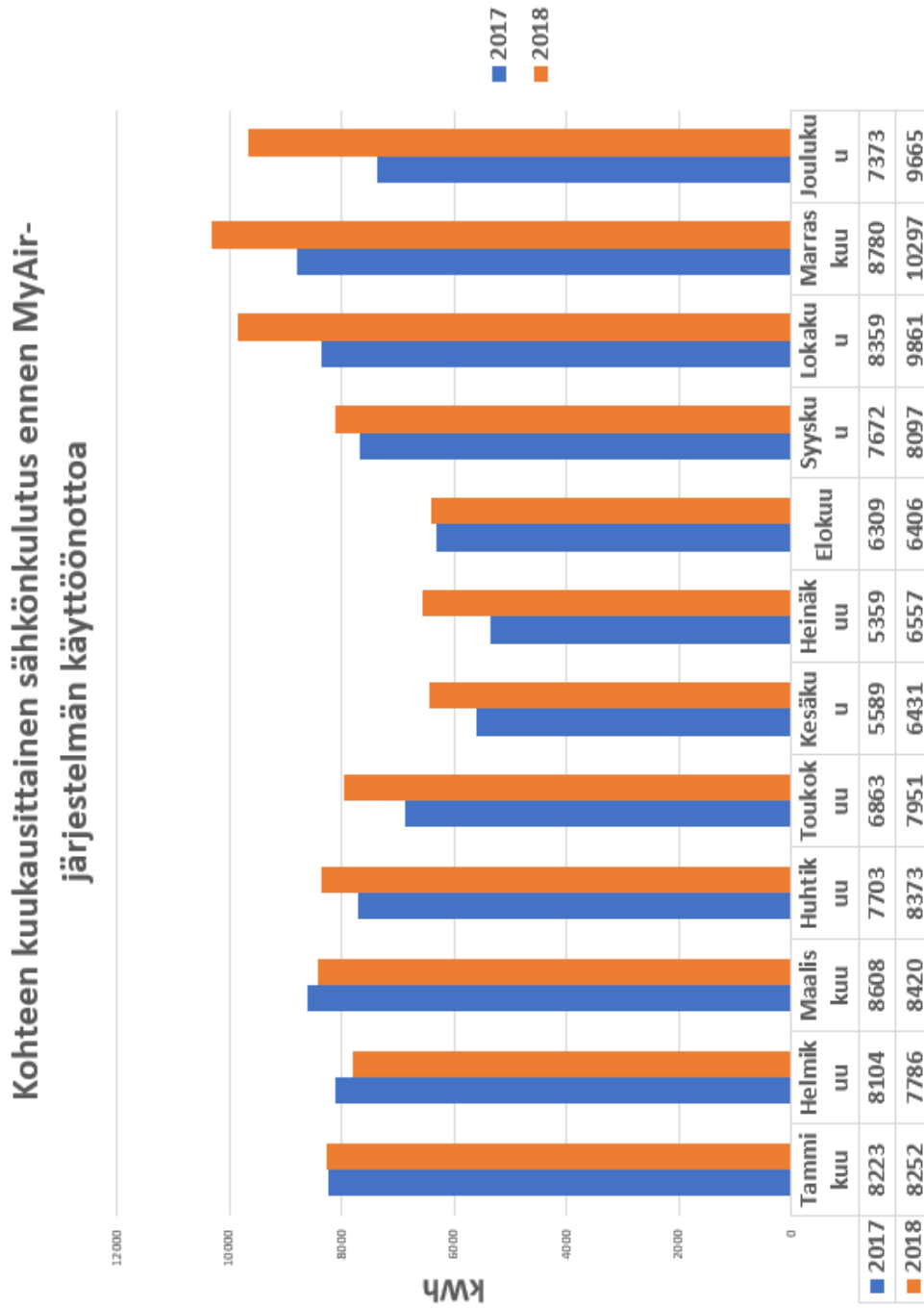
→ **Kliinteiston mittaukset**

Kliinteiston tiedot

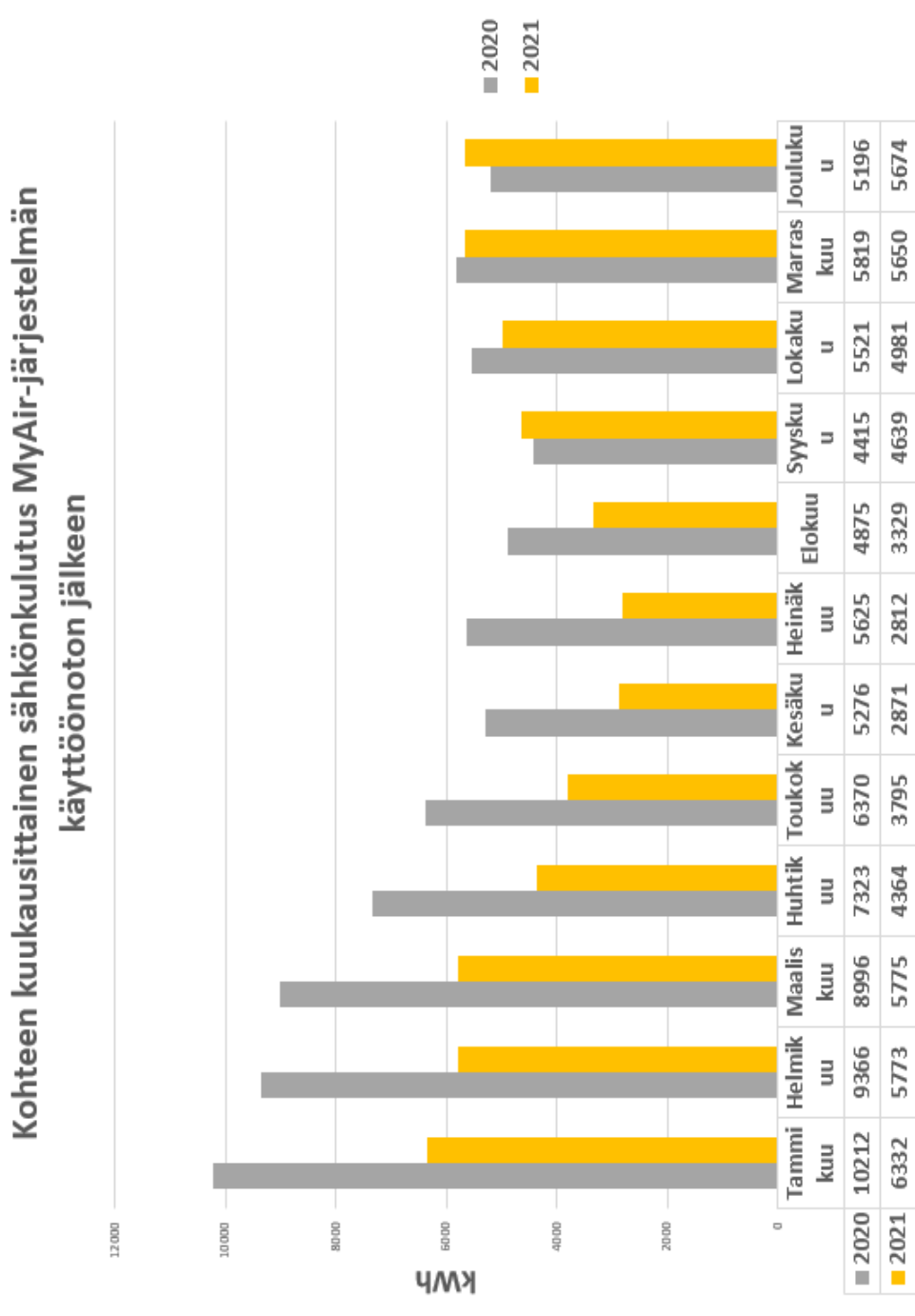
Olosuhteraportti

Kohde	MUJ	KPH	WC	MUJ	KPH	WC	MUJ	KPH	WC			
6	19A9	6.73	6.61	3.54	19A10	7.96	6.47	0	19B20	3.62	7.42	6.97
5	19A7	6.34	6.16	4.16	19A8	3.18	6.38	7.01	19B17	6.96	3.52	6.84
4	19A5	8.24	6.92	3.41	19A6	3.08	5.22	4.06	19B15	5.07	3.12	6.16
3	19A3	3.08	7.49	6.22	19A4	6.9	3.43	6.52	19B13	718	3.76	6.19
2	19S10VSKOMERO	8.06	8.31		19WC	0	8.46		19B14	6.32	4.05	5.02
1	19C21	7.31			19A1				19B11	8.62		
0	19KERHOTILA	4.71			19KIVELÄRI	WC	6.46		19A2			
					19S10VSKOMERO	WC	6.46		19B12	718		
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B16	3.08	6.86	3.95
					19S10VSKOMERO	MUJ	5.2		19B18	5.11	3.19	3.58
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B19	9.65	7.75	
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B20	3.62	7.42	6.97
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B21			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B22			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B23			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B24			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B25			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B26			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B27			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B28			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B29			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B30			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B31			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B32			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B33			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B34			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B35			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B36			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B37			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B38			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B39			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B40			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B41			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B42			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B43			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B44			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B45			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B46			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B47			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B48			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B49			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B50			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B51			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B52			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B53			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B54			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B55			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B56			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B57			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B58			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B59			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B60			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B61			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B62			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B63			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B64			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B65			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B66			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B67			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B68			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B69			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B70			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B71			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B72			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B73			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B74			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B75			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B76			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B77			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B78			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B79			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B80			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B81			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B82			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B83			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B84			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B85			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B86			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B87			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B88			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B89			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B90			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B91			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B92			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B93			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B94			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B95			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B96			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B97			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B98			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B99			
					19S10VSKOMERO	MUJ	4.91		19B100			

Tutkittavan kohteen sähkönkulutus kuukausittain ennen MyAir-järjestelmän käyttöönottoa



Tutkittavan kohteen kuukausittainen sähkönkulutus MyAir-järjestelmän käyttöönoton jälkeen



Kaukolämmön kulutuslukemien laskemiseen käytetyt kaavat

$$Q_{norm} = \frac{S_{Nvpkunta}}{S_{toteutunut\ vpkunta}} \times Q_{toteutunut} + Q_{lämmin\ käyttövesi} \quad (1)$$

Kaavan selitteet;

Q_{norm} on rakennuksen normitettu lämmitysenergiankulutus (MWh)

$Q_{toteutunut}$ (MWh) on rakennuksen tilojen lämmittämiseen kuluva energia = Q_{kok} (MWh)
– $Q_{lämmin\ käyttövesi}$ (m³)

Q_{kok} on Rakennuksen kokonaislämmitysenergiankulutus (MWh)

$Q_{lämmin\ käyttövesi}$ on käyttöveden lämmittämisen vaatima energia (MWh)

$S_{Nvpkunta}$ on normaalivuoden tai -kuukauden (1991–2020) lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla

$S_{toteutunut\ vpkunta}$ on toteutunut lämmitystarveluku vuosi- tai kuukausitasolla

Käyttäen kaavaa 2 saatiin selville normeerattu kaukolämmönkulutus pelkän asuntojen lämmitykseen käytetyn energian osalta.

$$Q_{norm} = \frac{S_{Nvpkunta}}{S_{toteutunut\ vpkunta}} \times Q_{toteutunut} \quad (2)$$

Kaavan selitteet;

Q_{norm} on rakennuksen normitettu lämmitysenergiankulutus (MWh)

$Q_{toteutunut}$ (MWh) on rakennuksen tilojen lämmittämiseen kuluva energia = Q_{kok} (MWh)
– $Q_{lämmin\ käyttövesi}$ (m³)

$S_{Nvpkunta}$ on normaalivuoden tai -kuukauden (1991–2020) lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla

$S_{toteutunut\ vpkunta}$ on toteutunut lämmitystarveluku vuosi- tai kuukausitasolla

Kaavan 3 avulla lasketaan lämpimän käyttöveden lämmitykseen kulunut energia, jota tarvitaan normeeratun kaukolämmönkulutuksen laskemista varten.

$$Q_{lämmin\ käyttövesi} \text{ on } 58 \times V_{lämmin\ käyttövesi} \quad (3)$$

Kaavan selitteet;

$V_{lämmin\ käyttövesi}$ on Kulutettu lämpimän käyttöveden määrä (m³/kk)

Luku 58 on veden lämmittämiseen (lämpötilan muutos 50°C) tarvittava energiamäärä vesikuutiota kohden, kWh/m³