



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Asem Al-kinani

# Olemassa olevan kerrostalon jäähdytysjärjestelmän rakentaminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

30.4.2022

Tekijä Otsikko	Asem Al-kinani Olemassa olevan kerrostalon jäähdytysjärjestelmän rakentaminen
Sivumäärä Aika	31 sivua 30.4.2022
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	LVI-suunnittelu
Ohjaajat	lehtori Pasi Partonen energia-asiantuntija Anssi Luhtamäki
<p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli esitellä jäähdytysjärjestelmiä, jotka soveltuisivat olemassa olevaan kerrostaloon, ja tunnistamaan järjestelmän valintaan vaikuttavia tekijöitä, ilmastonmuutoksen ja lämpötilojen nousun ajankohtaista aihetta.</p> <p>Opinnäytetyössä käsiteltiin olemassa olevaan rakennukseen asennettavaksi soveltuvia jäähdytysjärjestelmiä ja käytiin läpi niiden tekniset ominaisuudet mukaan lukien sisäyksiköt ja jäähdytyksen valmistustapa. Opinnäytetyössä pohdittiin kunkin järjestelmän etuja ja haittoja sekä kunkin järjestelmän soveltuvuutta olemassa oleviin rakennuksiin myös taloudellisesta näkökulmasta.</p> <p>Tulokset osoittivat, että jäähdytysjärjestelmän valinta riippuu pääasiassa itse olemassa olevan rakennuksen ominaisuuksista ja kunnosta, kuten lämmitysjärjestelmän tyypistä, mahdollisuudesta lisätä putkisto, järjestelmältä vaadittavasta jäähdytystehosta ja hinnasta. Opinnäytetyö antaa näkemyksen käytettävissä olevista järjestelmistä, ja suunnittelija voi käyttää sitä referenssinä valitessaan sopivaa järjestelmää olemassa olevaan rakennukseen.</p>	
Avainsanat	jäähdytysjärjestelmä, kerrostalo

Author Title Number of Pages Date	Asem Al-kinani Construction of Cooling System for Existing Apartment Building 31 pages 30 April 2022
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	HVAC Design
Instructors	Pasi Partonen, Principal Lecturer Anssi Luhtamäki, Energy expert
<p>This thesis aimed at presenting cooling systems that would be suitable for an existing apartment building, and identifying factors that influence the choice of the system, a subject made topical by the climate change and rising temperatures.</p> <p>The thesis discussed cooling systems suitable to be installed in an existing building, and reviewed their technical features, including the indoor units and the method of producing cooling. The thesis discussed the advantages and disadvantages of each system, and the suitability of each system for the existing buildings also from the financial point of view.</p> <p>The results showed that choosing a cooling system depends mainly on the features and the condition of the existing building itself, such as the type of the heating system, the possibility of adding a piping system, the cooling power required from the system, and the cost. The thesis provides an insight into available systems and can be used by a designer as a reference when choosing a suitable system for an existing building.</p>	
Keywords	cooling system, apartment building

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Ilmastomuutos ja lämpötilan nousu	2
2.1	Lämpötilan nousun Suomessa	2
2.2	Ilmasto-olosuhteet	4
3	Sisäilmasto	6
4	Talotyyppit	7
5	Kylmäntuotanto	8
5.1	Kylmäprosessi	8
5.2	Kylmäainepiirin komponentit	9
5.2.1	Kompressorit	9
5.2.2	Lauhdutin	11
5.2.3	Paisuntalaite	11
5.2.4	Höyrystin	12
6	Verkosto ja sisäyksiköt	12
6.1	Puhallinkonvektori	12
6.2	Lattiaviilennys	14
6.3	Jäähdytyspalkki	16
6.4	Jäähdytyskattojärjestelmä	18
6.5	Tuloilman viilennys	19
7	Jäähdytyksen tuotantomenetelmät	20
7.1	Ilmalämpöpumppu, erillislaitte (split-koneistot)	20
7.2	Ilmalämpöpumppu, keskitetty (VRF)	21
7.3	Maaviileä	24
7.4	Kaukojäähdytys	26
8	Yhteenveto	27

**Lyhenteet**

kilowatti, kW	Tehon yksikkö
kilogramma, kg	Massan yksikkö
R407C	Kylmäainetyyppi, koostumus R32/R125/R134a
R410A	Kylmäainetyyppi, koostumus R32/R125
VRF	Variable Refrigerant Flow, jäähdytysjärjestelmä

## 1 Johdanto

Jäähdytysjärjestelmien tarve on lisääntynyt viimeisen vuosikymmenen aikana ilmastonmuutoksen ja kesän lämpötilan nousun vuoksi. Tämän insinööritoiminnan tavoitteena on löytää parhaat jäähdytysratkaisut olemassa olevaan kerrostaloon vertaamalla erilaisia jäähdytysjärjestelmiä ja jäähdytyksen toteutustapoja kerrostalossa.

Suomen kylmän sään vuoksi talotekniikan suunnittelussa on keskitytty lämpimän ja viihtyisän asuin ympäristön tarjoamiseen talvella. Tämä on havaittavissa rakennustavoissa ja materiaalityypeissä. Sen sijaan jäähdytystä ei ole otettu huomioon rakennusvaiheessa. Esimerkiksi ikkunoiden koko ja suuntaus vaikuttavat asunnon lämpötiloihin. Näitä ei ole huomioitu, mikä on aiheuttanut vaikeuksia saada sama viihtyisä asuin ympäristö niin kuumana kesänä kuin talvella. Tämän vuoksi on tärkeää löytää sopiva lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmä kohtuullisin kustannuksin.

Tämän insinööritoiminnan tilaaja on Suomen Energiainsinöörit Oy (jäljempänä Energiainsinöörit). Energiainsinöörit tarjoaa kiinteistönomistajille energiatehokkuuden ja -hallinnan asiantuntijapalveluita ja talotekniikan suunnittelua. Yritykselle on ensiarvoisen tärkeää tarjota paras jäähdytysratkaisu.

Tässä työssäni käyn läpi jäähdytysjärjestelmän tarvetta lisääviä tekijöitä kuten ilmastonmuutos ja lämpötilan nousu. Tämän jälkeen esitän lyhyen katsauksen rakennustyyleistä ja niiden vaikutuksista jäähdytysjärjestelmän valintaan. Tutkimukseni pääkohteena on parhaiden jäähdytysjärjestelmien kuten maalämpöpumppujen, ilma-vesipumpun ja ilma-lämpöpumpun tutkiminen rinnakkain putkiverkoston ja sisäyksiköiden suunnittelun kanssa.

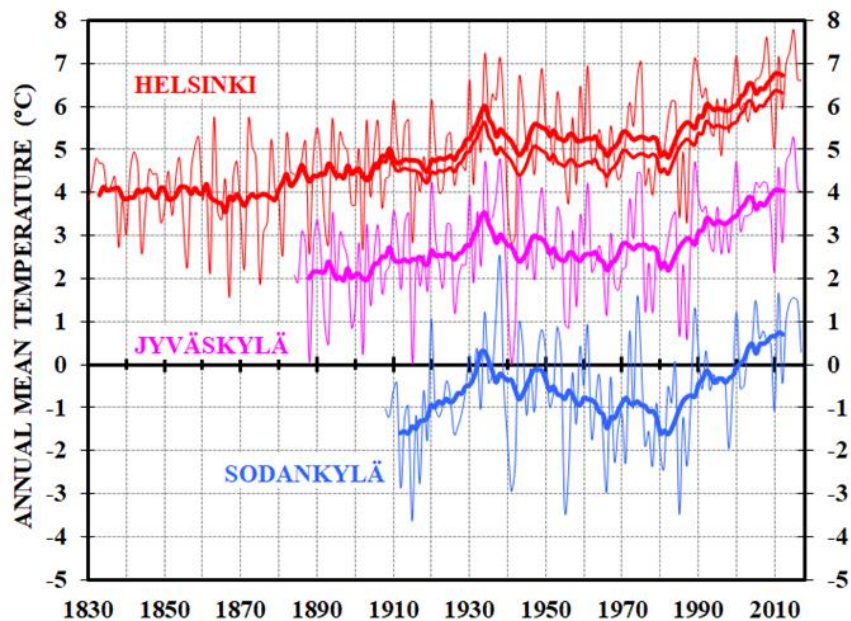
## 2 Ilmastomuutos ja lämpötilan nousu

Ilmastomuutos tapahtuu, kun muutokset maapallon ilmaston järjestelmässä johtavat uusien ilmastomallien syntymiseen. Muutokset Ilmaston järjestelmässä jatkuvat pitkään. Muutosajanjakso voi olla useita vuosikymmeniä tai jopa miljoonia vuosia. Monia ilmastomuutoksen episodeja on ollut maapallon geologisen historian aikana. Ilmastomuutos on tapahtumassa parhaillaan. Se on alkanut 1800-luvun teollisesta vallankumouksesta lähtien. Ilmasto on vaikuttaa yhä enemmän ihmisen toiminta, joka johtaa ilmaston lämpenemiseen. Pääasiallinen vaikutus on ollut fossiilisten polttoaineiden kuten hiilen, öljyn ja kaasun polttamisella. Fossiilisten polttoaineiden polttamisen seurauksena vapautuu suuri määrä kasvihuonekaasupäästöjä, jotka ovat kuin kilpi maan ympärillä ja pitävät auringon lämmön sisällään, mikä nostaa maapallon lämpötilaa.

Esimerkkejä ilmastomuutosta aiheuttavista kasvihuonekaasupäästöistä ovat hiilidioksidi ja metaani, joita vapautuu esimerkiksi käyttämällä bensiiniä auton ajamiseen, hiiltä rakennuksen lämmitykseen, teollisuudessa ja maataloudessa. [1.]

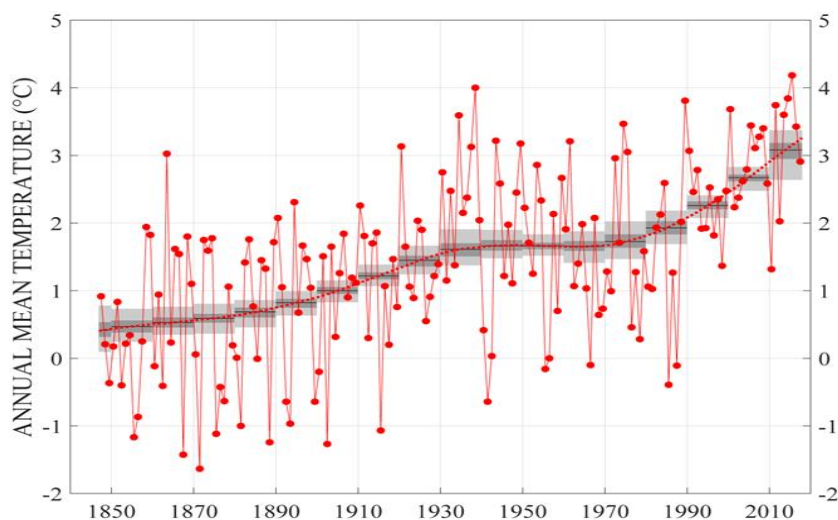
### 2.1 Lämpötilan nousun Suomessa

Lämpötila on noussut viimeisen kahden vuosikymmenen aikana enemmän kuin viimeisen viidenkymmenen vuoden aikana 1800-luvulla. Lämpötila ei kuitenkaan nouse tasaisesti kaikkialla maailmassa. Tämä on havaittavissa maapallon pohjoisosassa, jossa maa-alueet lämpenevät eniten talvella. Lämpeneminen pohjoisnavalla on kaksinkertainen maapallon keskiarvoon verrattuna, joten Suomi ja muut pohjoiset lämpenevät enemmän kuin muualla maailmassa [2]. Esimerkiksi Suomessa vuonna 1930 lämpeneminen oli selvempää Lapissa kuin Etelä-Suomessa, ja tämä on havaittavissa kuvassa 1, jossa Helsingin ja Sodankylän aikasarjat osoittavat, että Sodankylässä lämpötila ylittää vuoden 1930 tason, kun taas Helsinki on ylittänyt sen aiemmin.



Kuva 1. Vuosikeskilämpötilat Helsingin Sodankylässä vuosilta 1830–2017(3)

Suomessa ilmastonmuutos on näkynyt lämpötilan nousuna ja lämpimän ajanjakson pidentymisenä. Suomen vuotuinen keskilämpötila on noussut noin 2 °C 1880-luvulta lähtien (kuva 2), ja kevään alkaminen on aikaistunut 12 päivää 1846–2005. [3]



Kuva 2. Suomen vuosikeskilämpötila 1847–2017 (3)

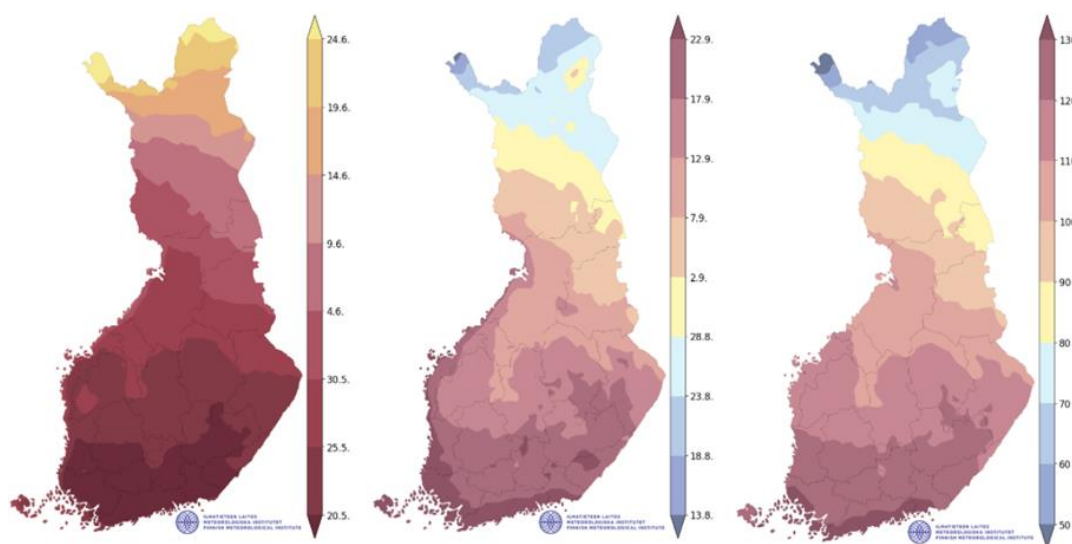


Suomessa ilmastonmuutoksen vaikutus on näkynyt enemmän talvella kuin kesällä, mutta tulevana vuosikymmeninä muutos selkiytyy. Ilmaston muuttuessa sen vaihtelu jatkuu. Näin ollen välillä on keskimääräistä kylmempää ja välillä keskimääräistä lämpimämpää. Esimerkiksi vuonna 2015 talvi kirjattiin lämpimäksi talveksi, kun taas kesä ei ollut kuuma; taas vuonna 2018 oli normaali talvi ja kesä oli helteinen.[2]

Ilmastonmuutoksen ja lämpötilan nousun seurauksena asuminen kesällä kuumissa asunnoissa on epämukavaa ja aiheuttaa terveysriskejä erityisesti vanhoille ja sairaille ihmisille. Tämän vuoksi tarve löytää käytännön ratkaisuja huoneistojen viilentämiseen on tullut tarpeelliseksi.

## 2.2 Ilmasto-olosuhteet

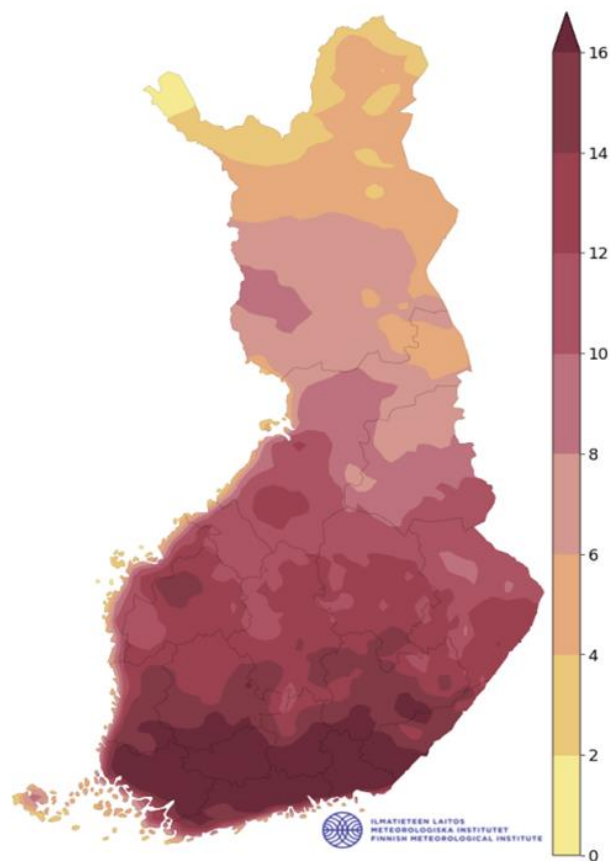
Suomessa kesä alkaa, kun vuorokauden keskilämpötila on yli 10 °C. Etelä-Suomessa kesä alkaa toukokuun lopussa ja jatkuu syyskuun puoliväliin saakka, keskimäärin noin 110–130 päivää, kun taas Pohjois-Suomessa kesä on lyhyempi noin kuukauden, kuten kuvasta 3 näkyy. [4]



Kuva 3. Kesän ja syksyn alku sekä kesän pituus vertailukaudella 1991–2020

Kesällä lämpötila voi nousta yli +25 °C:n. Näitä päiviä kutsutaan Suomessa hellepäiviksi. Hellepäivien lukumäärä vaihtelee vuodesta ja paikakunnasta riippuen. Esimerkiksi

vuonna 2018 hellepäivien määrä nousi jopa 63 päivään. Etelä-Suomessa hellepäivien keskimääräinen lukumäärä on 14–16 päivää, kun taas pohjoisessa 0–8 päivää kuvan 4 mukaisesti. [5]



Kuva 4. Hellepäivien lukumäärä koko kesänä vertailukaudella 1991–2020.

Kuuma sää lisää terveysongelmia ja kuolemia. Kuuma sää vaikuttaa viileissä maissa alhaisemmilla lämpötiloilla kuin lämpimissä maissa, koska siellä ihmiset ovat sopeutuneet kuumalle lämpöalueelle. Lämmön lisääntyminen on vaarallista helleaaltojen aikana, jos ihminen ei voi jäähtyä yöllä rakennuksen lämpenemisen johdosta. Tämä johtaa siihen, että keho altistuu pitkään kuumuudelle [6]. Asuminen hyvin eristetyssä asunnossa on epämukavaa kesällä, kun vuorokauden keskilämpötila on yli 10 °C, ja aiheuttaa terveysriskejä erityisesti vanhuksille ja sairaille. Tämän vuoksi on tullut tarve löytää käytännöllisiä ilmastointiratkaisuja 80–120 päiväksi vuodessa.

### 3 Sisäilmasto

Sisäympäristön tavoite- ja suunnitteluvarot valitaan Sisäilmastoluokituksen avulla. Sisäilmastoluokitus 2018 auttaa suunnittelijoita, laitevalmistajia, urakoitsijoita ja käyttöhenkilöstöä terveen ja turvallisen rakennuksen rakentamisessa. Luokitusta voidaan käyttää uudisrakentamisessa ja soveltuvien osien korjausrakentamisessa. [7, s. 1.]

Sisäilmastoluokituksella on kolme tasoa, jotka ovat S1, S2 ja S3 (kuva 5). S1 on yksilöllinen sisäilmasto. Tämän luokan sisäilma on erittäin hyvä ja ilman hajuja, eikä siinä ole epäpuhtauslähteitä. Asuinolosuhteet ovat mukavat ja lämpötilan yksilöllinen hallinta on hyvä. Tilojen äänisolosuhteet ovat käytön mukaan erittäin hyvät, ja valaistuksen ohjaus on hyvä ja yksilöllinen. S2 on hyvä sisäilmasto. Tämän luokan sisäilman laatu on hyvä ja ilman häiritseviä hajuja. Lämpöolosuhteet ovat hyvät, mutta kesällä on ylikuumenemisen mahdollisuus. Ääni ja valot ovat käyttönsä mukaan hyvässä kunnossa. S3 on sopiva sisäilmasto. Tämän luokan elinolot täyttävät maankäyttö- ja rakentamislain nojalla annetut määräykset ja terveydensuojelulain perusteella asetetut vähimmäisvaatimukset. Sisäilman ilmastoluokkaan S1 on suuri osa käyttäjistä tyytyväinen. Suomen ilmaston ja nykyisten sisäisten lämpökuormien johdosta sisäilmastoluokan S1 saavuttaminen vaatii koineellista jäähdytystä ja huonekohtaista lämpötilan säätöä. [7, s. 3,5.]

	S1	S2	S3
Operatiivinen lämpötila $t_{sp}$ [°C]			21
$t_u \leq 0$ °C	21,5 <sup>1)</sup>	21,5	
$0 < t_u \leq 20$ °C	$21,5 + 0,15 \times t_u$ <sup>1)</sup>	$21,5 + 0,2 \times t_u$	
$t_u > 20$ °C	24,5 <sup>1)</sup>	25,5	
Lämpötilan sallittu vaihteluväli [°C] poikkeama ylöspäin			
$t_u \leq 0$ °C	< 22,5	< 23	
$0 < t_u \leq 15$ °C	$< 22,5 + 0,166 \times t_u$	$< 23 + 0,2 \times t_u$	
$t_u > 15$ °C	< 25	< 26	
Lämpötilan sallittu vaihteluväli [°C] poikkeama alaspäin			
$t_u \leq 0$ °C	> 20,5	> 20,5	
$0 < t_u \leq 20$ °C	$> 20,5 + 0,075 \times t_u$	$> 20,5 + 0,025 \times t_u$	
$t_u > 20$ °C	> 22	> 21	
Operatiivisen lämpötilan enimmäisarvo [°C]			
$t_u \leq 0$ °C	< 23	< 23	
$0 < t_u \leq 20$ °C	$< 23 + 0,2 \times t_u$	$< 23 + 0,2 \times t_u$	
$t_u > 15$ °C	< 27	< 27	
$t_u \leq 10$ °C			< 25 (26) <sup>2)</sup>
$t_u > 10$ °C			< 27 (32) <sup>2)</sup>
Operatiivisen lämpötilan vähimmäisarvo [°C]	> 20	> 20	> 20 (18) <sup>2)</sup>
Olosuhteiden pysyvyys [% käyttäjästä]			
toimi- ja opetustilat	90 %	90 %	
asunnot	90 %	80 %	

Kuva 5. Operatiivisen lämpötilan tavoitearvot eri sisäilmastoluokissa

## 4 Talotyyppit

Uuden järjestelmän lisääminen olemassa olevaan rakennukseen edellyttää lyhyttä selvitystä rakennustyypeistä ja rakennustekniikasta. On tärkeää seurata näiden kehitystä. 1970-luvulta lähtien asuntorakentamisen määrä on lisääntynyt. Esimerkiksi vuonna 1974 kerrostalorakentamisen määrässä oli saavutettu 46 200 uutta asuntoa. Rakentaminen jatkoi nousuaan vuoteen 1980 saakka, jolloin rakentamisen keskiarvo jäi alle 20 000 asuntoon vuodessa. Rakentamisen määrässä on tapahtunut nousuja ja laskuja useita kertoja viimeisen viiden vuosikymmenen aikana.

Yleisin talotyyppi on Lamellitalo. Se on samalla tavalla toistuva rakennus, jolle on ominaista talojen suljetut päät. Lamellitalon tavanomainen muotoilu on kerrostalon porraskäytävä ja siihen avautuvien asuntojen ja muiden tilojen muodostama kokonaisuus. Toinen yleinen rakennustyyppi on Pistetalo, jossa on vain yksi porraskäytävä ja sen ympärillä olevat asunnot. Tämän tyylin kerrostaloasuntoja on enemmän kuin Lamellitaloja. Keskikäytävät eivät ole yleistyneet Suomessa. Näissä asuinrakennuksissa keskikäytävät ovat yleensä syviä yksiöitä tai yhden makuuhuoneen asuntoja, minkä vuoksi niitä on käytetty yleensä lähinnä asuntoloissa.

Yksi tärkeimmistä teknisistä osista, joka on aina otettu huomioon rakentamisen aikana, on lämmöneristys ja lämpöeristeen paksuus. Näitä ohjeita on muutettu ja kiristetty moneen kertaan, erityisesti energiakriisin aikana. Tämä antaa meille viitteitä siitä, että säädökset keskittyivät lämmitysjärjestelmään. Tämä tekee asumisesta kesällä epämukavan. Jäähdytysjärjestelmän lisääminen asuntoon korkealaatuisella lämpöeristyksellä tekee asuinympäristöstä mukavan. Näin voidaan täyttää vaadittavat asuinolosuhteet.

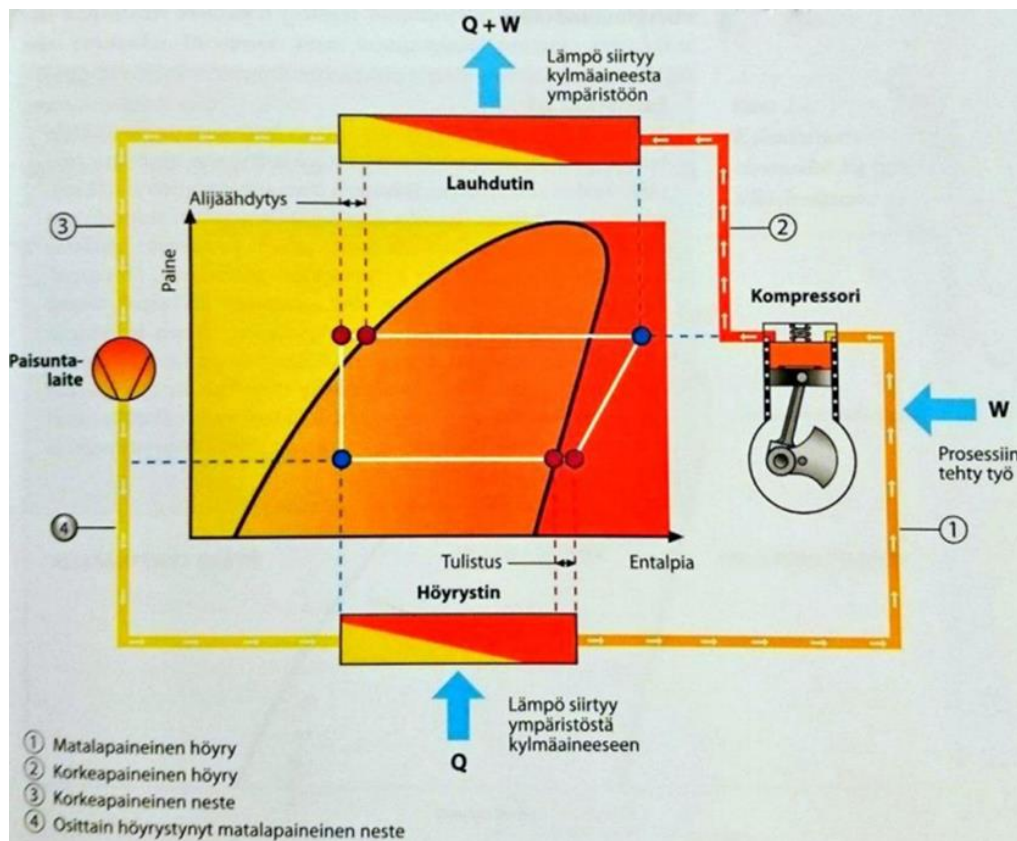
Lämpöpiirin käyttö on aloitettu 1953-luvulta lähtien. Tällöin tuli tarpeelliseksi ottaa rakennuksen suunnittelussa huomioon tarvittava lämmönjakelukeskus, joka sijaitsee talon pohjakerroksessa, lähellä lämmönkulutuksen painopistettä ja paikkaa, jossa katualueella kulkevat kaukolämpölinjat. Lämmönjakelukeskuksen suunnittelun merkitys on suuri, varsinkin jäähdytysjärjestelmäratkaisuja lisättäessä. Nämä pitäisi aina tarkistaa ja muuttaa valittavan järjestelmän tyyppin mukaan. [9]

## 5 Kylmäntuotanto

Tässä luvussa käydään läpi kylmäprosessin perusteet ja sellaiset seikat, joiden avulla saadaan hyvä käsitys erilaisista jäähdytysjärjestelmistä, jotta voidaan valita eri rakennuksiin sopiva järjestelmä.

### 5.1 Kylmäprosessi

Termodynamiikan pääsäännön mukaan lämpö siirtyy luonnollisesti kuumasta tilasta kylmään, mutta jäähdytysprosessin tavoitteena on siirtää lämpö matalalämpöisestä tilasta korkeaan. Tämä vaatii järjestelmän työstämistä. Lämmönsiirtoprosessi suoritetaan höyryttämällä ja lauhduttamalla kylmäaine kylmäpiirikomponentin läpi, joilla on eri painetasot. Kylmäpiirissä (kuva 6) on neljä pääkomponenttia, jotka ovat kompressor, lauhdutin, paisuntalaite ja höyrystin. [10, s. 17.]



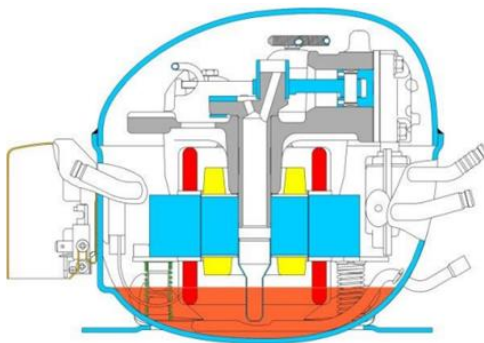
Kuva 6. Kylmäpiiri (10)

Kylmäaine virtaa kompressoriin, jossa se puristetaan ja paineistetaan. Tässä vaiheessa kylmäaine on kuumaa kaasua. Kylmäaine työnnetään sitten lauhduttimeen, joka muuttaa höyryn nesteeksi ja vapauttaa lämpöä ympäristöön. Kylmäaine siirtyy sitten paisuntalaitteelle, jossa se laajenee menettäen painetta ja lämpöä. Paisuntaventtiilistä ulos tuleva kylmäaine on kylmää ja hidasta painehäviön vuoksi. Se tulee höyrystimeen nestemäisessä tilassa, jossa lämmönvaihto tapahtuu, se imee lämpöä ympäristöstään ja muuttaa sen kaasuksi. Kaasu työnnetään sitten takaisin kompressoriin, jossa se voi aloittaa syklin uudelleen. Piirin prosessoimiseen tarvittava työ tehdään kompressorille syötetyllä sähköenergialla, joka muuntaa sen lämpöenergiaksi. Osa energiasta imeytyy kylmäaineeseen ja osa vapautuu ympäristöön, kaikki energian muunnokset tapahtuvat termodynamiikan ensimmäisen pääsäännön mukaisesti. [10, s. 18.]

## 5.2 Kylmäainepiirin komponentit

### 5.2.1 Kompressori

Kompressori on jäähdytysjärjestelmien sydän. Se kuljettaa kylmäainetta järjestelmän komponenttien läpi. Kompressori imee kylmäaineen höyrystimestä ja puristaa sen lauhdutuslämpötilaan. Kompressorit jakautuvat rakenteeltaan hermeettisiin, puolihhermeettisiin ja avoimiin kompressoreihin. Hermeettinen kompressori (kuva 7) koostuu kompressorista ja sähkömoottorista. Molemmat osat sijaitsevat samassa suljetussa vaipassa. Hermeettisillä kompressoreilla on laaja käyttöalue. Niitä käytetään esimerkiksi ilmastointilaitteiden jäähdytyskoneissa, pienissä kaupallisissa jäähdytyslaitteissa ja vesijäähdytyskoneissa. [10, s. 51.]



Kuva 7. Hermeettinen kompressori (10)



Puolihermeettisissä kompressoreissa (kuva 8) käytetään valurautaista koteloa olennaisille osille. Moottori ja kompressorin ovat edelleen yhdessä, mutta niihin pääsee käsiksi tarvittaessa. Tämä mahdollistaa huoltotarkastukset ja osien korjaamisen tai vaihtamisen niiden huonontuessa, eikä järjestelmä tule kokonaan käyttökelvottomaksi. Puolihermeettisiä kompressoreita käytetään pääasiassa vesijäähdytyskoneissa, ilmastointilaitteissa ja kaupallisissa jäähdytyskoneissa. [10, s. 53.]



Kuva 8. Puolihermeettinen kompressor (10)

Avoimessa kompressorissa moottori (kuva 9) ja kompressorin kotelo asennetaan erikseen. Käyttövoima siirtyy moottorista kompressorin akselin kautta. Avoimen kompressorin pääasiallinen käyttötarkoitus on teollisuuden jäähdytyskoneiden ja ajoneuvojen ilmastoinnissa. [10, s. 53.]



Kuva 9. Avokompressor (10)

### 5.2.2 Lauhdutin

Lauhdutin imee kaasun lämmön, jäähdyttää sen ja muuttaa sen nesteeksi, joten se on kuuma ja sitä on jäähdytettävä jatkuvasti, jotta se voi jäähdyttää kaasun. Pääasialliset jäähdyttäminen menetelmät lauhduttimen ovat ilmalla tai vedellä. Ilmajäähdytteisten lauhduttimien (kuva 10) käyttö olisi hyvä valinta, jos teho on alle 1 MW, koska ne ovat taloudellisia, helppoja huoltaa ja niissä ei ole jäätymisvaaraa. Ne Kuitenkin tarvitsevat suuren alueen, ne ovat meluisia ja vaativat suuren kylmäaineentäytön. Kuvassa 10 on esitetty Ilmajäähdytteinen lauhdutin.



Kuva 10. Ilmajäähdytteinen lauhdutin

Vesijäähdytteisen lauhduttimen käyttö on harvinaista asuin-, toimisto- ja liikerakennuksissa veden ja viemäriveden kustannusten vuoksi. Sen vuoksi sitä käytetään pääasiassa teollisuudessa ja silloin, kun sitä tarvitaan kylmäainetäytön vähentämiseen sekä erityisesti kun kompressorin ja lauhduttimen välinen etäisyys on suuri. Veden jäätymisen estämiseksi vesijäähdytteisessä lauhduttimessa käytetään eteeniglykolin ja veden seosta. Vesijäähdytteinen lauhduttimia voi olla monenlaisia: moniputkilauhduttimia, koaksiaalilauhduttimia ja levy sekä lämmönsiirtimen tyyppisiä lauhduttimia. [10, s. 55.]

### 5.2.3 Paisuntalaite

Paisuntalaite, kuten paisuntaventtiili, on jäähdytys- ja ilmastointilaite, joka ohjaa kylmäaineen määrää ja sen kulkua höyrystimen läpi sekä erottaa höyrynpaineen tuottaman lämmön höyrystimen ulostulossa. Tämä tehdään käyttämällä lämpötilaherkkää



kolvia, joka on täytetty samantyyppisellä kaasulla. Se avaa venttiilin. Venttiili suljetaan venttiilin sydämessä sijaitsevalla kompressoriruuvilla. Kun lämpö on lämpöherkässä kolvissa, se nousee. [10, s. 58.]

#### 5.2.4 Höyrystin

Höyrystin on osa, joka ohjaa jäähdytyssykliä suorittamalla jäähdytysvaikutuksen. Höyrystimessä jäähdytyssyklissä käytetty kylmäaine (jäähdytysneste) haihtuu. Tämä johtaa konvektion poistumiseen materiaalista tai paikasta, jota haluamme jäähdyttää. Vastavasti jäähdytyssyklin suorituskky riippuu suurelta osin höyrystimen pinnan läpi tapahtuvan lämmönsiirtoprosessin riittävydestä jäähdytettävän väliaineen välillä sekä jäähdytyssyklin kylmäaineesta. [10, s. 59.]

## 6 Verkosto ja sisäyksiköt

### 6.1 Puhallinkonvektori

Puuhallinkonvektori pystyy käsittelemään tiloissa 30–80 W/m<sup>2</sup> lämpökuormitusta, jonka lämpökuormitus on pääasiassa ihmisistä, laitteista ja auringosta. Sitä voidaan valmistaa eri malleilla, mikä antaa mahdollisuuden sijoittaa yksikkö vapaasti huoneeseen, allaskattoon tai ikkunapenkkiin. Kaikki tämä mahdollistaa sen käytön monipuolisesti, kuten toimistohuoneissa, avotoimisto- ja konferenssihuoneissa. Toisaalta tässä laitteessa on joitain vaatimuksia sen käytölle. Kesällä huoneen tuloilma on kuivattava. Järjestelmä voi olla kondensoiva, mikä vaaditaan laitteen liittämiseksi viemäriiliitäntään. Tällöin suodatin on vaihdettava kuuden kuukauden välein, ja laite voi aiheuttaa melua käydessään suurella nopeudella. [11, s. 150.]

Puhallinkonvektori on kytketty 2- tai 3-tieventtiilillä, joka ohjaa jäähdytystehoa. Kodin automaatiojärjestelmä tai huonesäädin on/off-kytkimellä, puhaltimen nopeuden valitsimella ja termostaatilla ohjaa moottoroitua venttiiliä. Valinta riippuu siitä, onko vesiverkostossa vakiovirtaus vai muuttuva virtaus. [10, s. 94,95.]

Ensimmäinen malli on seinälle asennettava puhallinkonvektori (kuva 11), jota on saatavana erikokoisina. Yleensä siinä on ilmanjakoläppä kaukosäätimellä, joka ohjaa sähkömoottorin eri nopeutta. Lämmönvaihdinkäämi on valmistettu vedetystä kupariputkesta. [12]



Kuva 11. Seinälle asennettava puhallinkonvektori (12).

Toinen tyyppi on Lattiamallinen puhallinkonvektori/ Kattomallinen puhallinkonvektori (kuva 12). Lämmönvaihdin on yleensä valmistettu kuparista ja alumiinista. Tämä tyyppi voidaan asentaa pystysuoraan lattialle tai kattoon vaakasuoraan.



Kuva 12. Lattiamallinen puhallinkonvektori/ Kattomallinen puhallinkonvektori(12).

Kolmas tyyppi on Kattokasetti puhallinkonvektori (kuva 13), yksikkö asennetaan upotettuna katon sisään joka voi puhalttaa ilmaa neljään suuntaan.

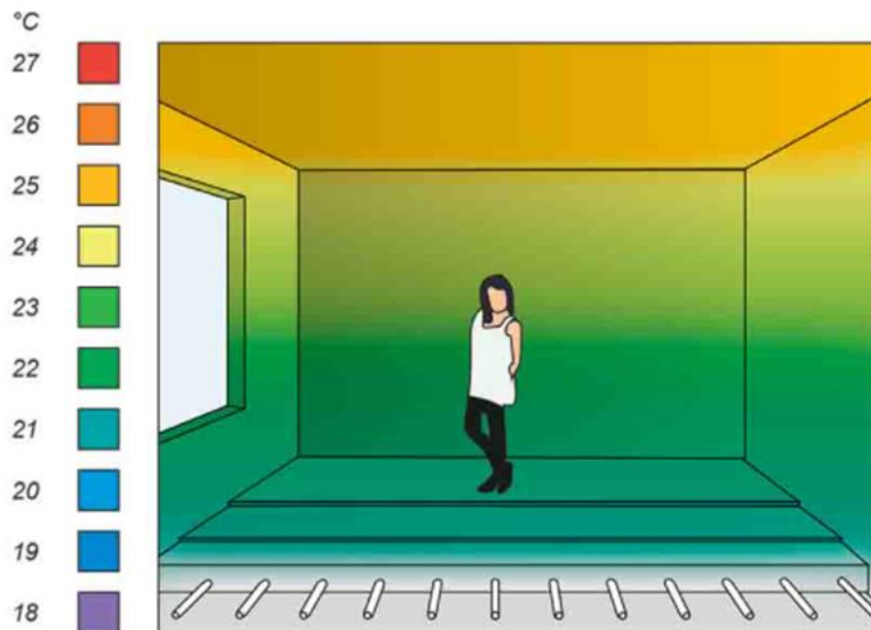


Kuva 13. Kattokasetti puhallinkonvektori (12)

Puhallinkonvektori voidaan liittää helposti mihin tahansa lämpöpumppuun, kuten maa-lämmön kiertunesteen ja vesikiertoon, mutta puhallinkonvektorin lisääminen olemassa olevaan rakennukseen ilman jäähdytysjärjestelmää edellyttää uuden putkiston ja viemä-riliitännöjen rakentamista. [12]

## 6.2 Lattiaviilennys

Viilennysjärjestelmän lisääminen rakennukseen, jossa on jo lattialämmitys, on helppoa ja edullista, jos lähteeseen liitetty järjestelmä pystyy tuottamaan viileyttä, kuten maa-lämpö- tai kaukojäähdytystä. Lämmön ja viilennyksen lähde on helppo vaihtaa raken-nuksen elinkaaren aikana. Vesikiertoinen lattiaviilennys (kuva 14) sopii erinomaisesti lämmönjakoon erilaisissa rakennuksissa muihin järjestelmiin verrattuna. Se voisi olla energiatehokas tasaisesti jakautuvan lämmönjakoon käytetyn suuren lattiapinta-alan vuoksi. Koska järjestelmän putket on upotettu kiinteistön lattian alle, mikään fyysinen laite ei vie näkyvää tilaa. Näin sisustussuunnittelijat, arkkitehdit ja kiinteistönomistajat voivat itse tehdä monenlaisia muutoksia tiloihinsa ilman vaivaa. [13]



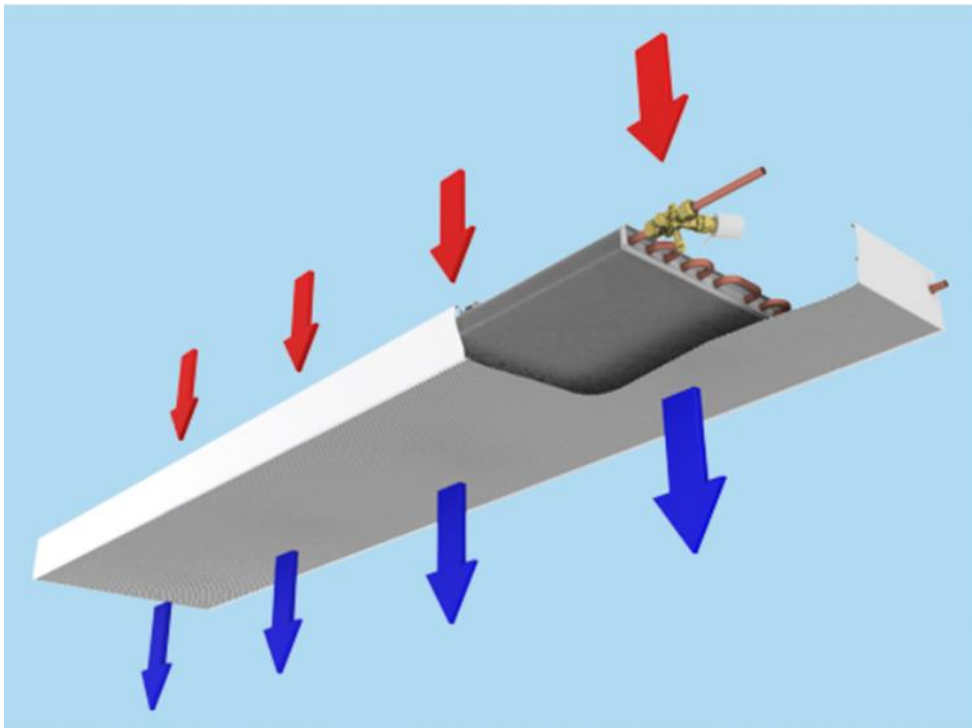
Kuva 14. Lattiaviilennys (13)

Toiminta perustuu siihen, että lattia viileintä ympäröivää ilmaa kylmempään lämpötilaan, jolloin lattia imee säteilyenergiaa. Tämä alentaa säteilyilman lämpötilaa enemmän kuin lattian lämpötilaa. Prosessi tapahtuu vedottomasti ja äänettömästi. Lämpötilan ja kosteuden säätö tapahtuu termostaatilla, joka on energia- ja kustannustehokas tapa pitää huonelämpötilat hallinnassa kesähelteellä jokaisessa huoneessa. Viilennys ei tee lattiasta liian kylmää, mutta lattian pintalämpötila pysyy noin +21 asteessa kondensaation välttämiseksi ja lattialla kävelemisen tekemiseksi mukavaksi. Nämä kaksi tekijää rajoittavat lattian jäähdytystehoa eikä pysty jäähdyttämään liikaa. Lattiaviilennys voi parantaa asumisen sisälaatua, mutta se ei voi poistaa ylimääräisiä lämpökuormia tiloista ja pitää sisälämpötilan viilennyksen tavoitearvoissa. Tämä osoittaa, että järjestelmän jäähdytysteho on pienempi kuin ilmanvaihtoon kytketty jäähdytysjärjestelmä. [14, s. 33–34.]

Viilennysjärjestelmän lisääminen rakennukseen, jossa on jo lattialämmitys, ei ole kallis toimenpide varsinkin, jos siinä käytetään samoja putkia, jakotukia ja säätölaitteistoa kuin lattialämmityksessä [13]. Se on helppo ratkaisu verrattuna uuden jäähdytysjärjestelmän rakentamiseen, mutta samalla tulee ottaa huomioon jäähdytyksen rajallinen kapasiteetti ja sen vaikutus sisäilman laatuun.

### 6.3 Jäähdytyspalkki

Jäähdytyspalkit ovat kattoon asennettuja laitteita, jotka on kytketty kylmävesikiertoon, joka kiertää laitteen lamellipatterin sisällä. Koska jäähdytyspalkit ovat kuivalaitteita, joita ei ole liitetty lauhteen viemäriin, jäähdytyspalkkiin tulevan veden lämpötilan tulee olla korkeampi kuin ilman kosteuspiste vesihöyryn tiivistymisen estämiseksi. Jäähdytyspalkkeja on kahta tyyppiä, passiivinen ja aktiivinen jäähdytyspalkki. Passiivinen jäähdytyspalkki toiminta perustuu luonnolliseen ilmankiertoon (kuva 15). Jäähdytyspalkin mitoitus tehdään yleensä lämpötila-alueelle 15–18, tulo ja lähtö [10, s. 95.], kun taas jäähdytystehoalue on 20...30 W/m<sup>2</sup>. [11, s. 150.]



Kuva 15. Passiivipalkki (10)

Aktiivinen jäähdytyspalkki (kuva 16) on palkkityypeistä eniten käytetty. Se toimii jäähdytystoiminnon lisäksi tuloilmapäätteenä. Aktiivisen jäähdytyspalkin työ perustuu pakotettuun konvektioon. Kun huoneilma nousee yksikköön, se jäähdytetään ohjaamalla lamellipatterin läpi, jolloin se sekoittuu jäähdyttimen yläpuolelle tulevaan kylmään tuloilmaan. Sekoitusilma puhalletaan huoneeseen palkin sivujen kautta. Koska jäähdytyspalkki on kuivalaite eikä liitetty lauhteenpoistoon, palkki toimii lämpimämmässä lämpötilassa kuin

muut laitteet, joiden lämpötila on 14–16 °C. Tämä tulee huomioida mitoituksessa, jotta laite ei joudu kosteuspisteeseen. Veden lämpötilan säätö tapahtuu sekoittamalla jäähdytyspalkista palaava vesi jäähdyttimestä tulevaan kylmään veteen. Sekoitusprosessi ja halutun sekoitussuhteen saaminen tapahtuu moottoroidulla venttiilillä, jota ohjaa huoneen automaatiojärjestelmä. [15, s. 32.]



Kuva 16. Aktiivinen palkki

Jäähdytyspalkki sopii suhteellisen pienille lämpökuormille. Aktiivipalkin käyttö olemassa olevassa rakennuksessa on mahdollista, jos tuloilmakanavajärjestelmä on jo olemassa. Muuten molempien järjestelmien lisääminen on vaikeaa ja kallista. Lisäksi jäähdytyspalkin käyttö kerrostalossa on liian riskialtista kondensoitumisvaaran vuoksi varsinkin parvekkeen ovea avattaessa. Siksi järjestelmän käyttöä kerrostalossa ei suositella.

## 6.4 Jäähdytyskattojärjestelmä

Kattojärjestelmä toimii jäähdytyspaneelien säteilyn perusteella. Konvektiota on mahdollista lisätä puhaltamalla jäähdytyspaneelin ympärille tuloilmaa. Järjestelmä toimii samalla tavalla kuin passiivinen palkki, koska ilmanvaihto ja ilmanjako ovat erillisiä järjestelmiä.

Lämmön siirtyminen putkesta levytasolle varmistetaan kiinnittämällä kupari- tai alumiini-putket jäähdytyskaton levytasoon.

Jäähdytyskatto (kuva 17) asennetaan kattoon tai alakattoon. Se on yleensä lämpöeristetty ylhäältä jäähdytyksen tuhlaamisen välttämiseksi ja se pidetään suunnattuna alaspäin huoneeseen. Jäähdytyspaneelit valmistetaan usein useista kerroksista ja kootaan esivalmiste-tuista elementeistä, jotka on liitetty toisiinsa lämpölaajenemisen aiheuttamien taipumien välttämiseksi. [11, s. 146.]



Kuva 17. Jäähdytyskattojärjestelmä

Koska jäähdytyskattojärjestelmän toimintaperiaate on sama kuin passiivipalkin, lämpötila-alue on 14–16 °C, jotta se pysyy kuivana ja välttää kondensaatiolta. On tärkeää, ettei putkea levitetä koko kattoon, jotta alakaton yläosa voidaan puhdistaa. Jäähdytyskaton puhtaudesta on huolehdittava, minkä vuoksi sen on oltava helposti saavutettavissa. [11, s. 146.]

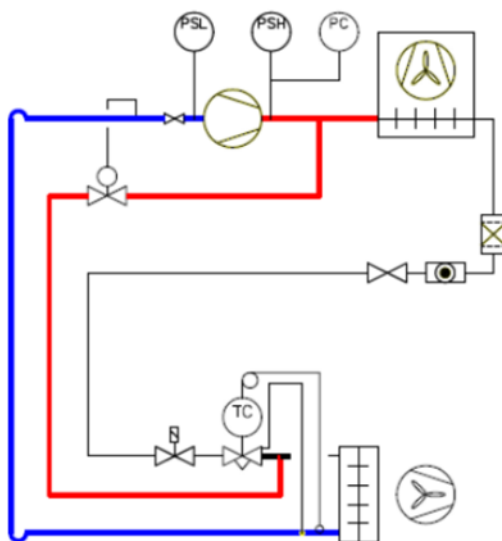
Jäähdytyskattojärjestelmä pystyy tarjoamaan 30...100 W/m<sup>2</sup> jäähdytystehon ja se soveltuu ihmisten, laitteiden ja auringon aiheuttamaan kuormitukseen, joten tyypillisiä tiloja ovat pienet avotoimistot ja kokoustilat. [11, s. 151.]. jäähdytyskattojärjestelmän käyttö

kerrostalossa on liian riskialtista kondensoitumisvaaran vuoksi varsinkin parvekkeen ovea avattaessa, Siksi järjestelmän käyttöä kerrostalossa ei suositella.

## 6.5 Tuloilman viilennys

Ilmajärjestelmä on ilmastointijärjestelmä, joka koostuu ilmastointikoneesta, kanavista ja tuloilmayksiköistä. Ilmajärjestelmässä ilmavirta suunnitellaan jäähdytys- tai lämmitystarpeiden perusteella. Tämä tarkoittaa, että samaa ilmavirtaa käytetään jäähdytyksessä, lämmityksessä ja ilmanvaihdossa, vaikka ilmanvaihtoon riittäisi pienempi ilmavirran määrä. Kuvassa 18 on esitetty ilmastointilaitteen jäähdytysyksikön kaavio.

Ilmajärjestelmässä on monia etuja, kuten pääkoneen sijainti keskeisellä paikalla, mikä helpottaa huoltamista. Viemärlaitteiden liittäminen on helppoa, koska ne sijaitsevat ilmastointihuoneessa; ja ilmanjako on joustavampi kuin ilmavesijärjestelmä. Toisaalta ilmakehanavat tarvitsevat paljon tilaa. Vaakakanavat voivat pienentää tilan korkeutta, kun taas pystykanavat tarvitsevat suuren hormin. [16, s. 224.]



Kuva 18. Keskitetyn ilmastoinnin jäähdytyslaitteen kaavio

Yli 50 kW:n tuloilmanviilennysjärjestelmien käyttö on harvinaista johtuen vesijäähdytysyksiköiden alhaisesta hinnasta ja epäsuoran järjestelmän hyvistä

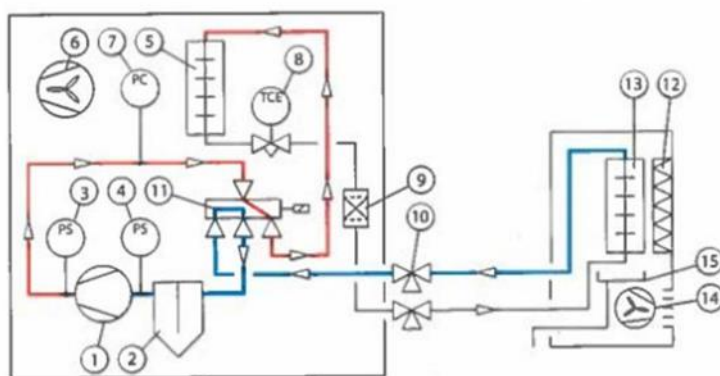


ohjausmahdollisuuksista. Olemassa olevaan rakennukseen uuden kanavajärjestelmän lisääminen tulee olemaan vaikeaa ja kallista tilan ja kuilun puutteen vuoksi, kun taas ilmanvaihtokanavien käyttö ei tuota vaadittua jäähdytystehoa alhaisen ilmavirran vuoksi.

## 7 Jäähdytyksen tuotantomenetelmät

### 7.1 Ilmalämpöpumppu, erillislaitte (split-koneistot)

Split-koneisto koostuu ulko- ja sisäyksiköistä. Sisäyksikkö kierrättää ja jäähdyttää sisäilmaa. Sisäyksikössä on ilmansuodatin, höyrystin, tuuletin, ohjauslaitteet. Höyrystimen alla on kondenssivesiallas, joka kerää veden. Vesi johdetaan kondenssivesialtaan viemäriin tai sieltä pois. Sisäyksikkö voidaan varustaa kondenssivesipumpulla, jos painovoimakondenssin viemärointi ei ole mahdollista. Painovoimainen viemärointi on asetettava etusijalle vesivahingon välttämiseksi pumpun vaurioituessa. Ulkoyksikköön kuuluu kompressor, lauhtutin ja suodatinkuivain, paisuntaventtiili tai kapillaariputki, joka usein sijaitsee ulkoyksikössä ja joka syöttää höyrystimeen kylmäainetta melun välttämiseksi. Lämpötilan säätö tapahtuu elektronisella säätimellä, joka käynnistää ja pysäyttää kompressorin säätämällä sen nopeutta. Split-koneen jäähdytysteho on 2–15 kW, ja se toimii R407C- tai R410A-kylmäaineella. Split-kone on suunniteltu ilmastointiin kesällä. [10, s. 92.]. Kuvassa 19 on esitetty Split-konen.



Kuva 19. Split-kone (10)

Ilmalämpöpumpun asennuksessa kerrostaloon täytyy ottaa monta asiaa huomioon. Ennen kaikkea on otettava yhteyttä taloyhtiöön, koska pumpun asentaminen vaatii luvan tai ainakin toimintaselvityksen. Korkeimman oikeuden päätöksen mukaan ilmalämpöpumppu voidaan asentaa kerrostaloon, ja taloyhtiö ei voi kieltää osakkeenomistajaa asentamasta ilmalämpöpumppua omalle parvekkeelleen. Jos osa kerrostalotaloyhtiön osakkaista ei halua lämpöpumppua, sitä ei saa asentaa kaikkiin kerrostalohuoneistoiin, vaan lopullisen päätöksen tekevät asuntonsa osalta osakkaat itse. Oikean pumpun valinta on hyvin tärkeää tarkistaa asuntokohtaisesti, koska valintaan voivat vaikuttaa monet asiat, kuten asunnon koko. [17]

Sisä- ja ulkoyksikön väliseksi etäisyydeksi suositellaan 5 metriä, joten sisäyksikön sijainti on parvekkeen suurimmassa ja lähimpänä olevassa huoneessa, jossa se voi tarjota vapaan ilmankierron asunnossa. Yleisenä vaatimuksena on ulkoyksikön sijoittaminen lähelle parvekkeen lattiaa, jotta se ei vaikuta rakennuksen julkisivuun, kylmäaineputkiin, sähkön syöttöön ja lauhteenpoistoon. Sisä- ja ulkoyksikön välinen liitäntä on tehtävä läpiviennillä ulkoseinään. Oikealla asennuksella voidaan välttää äänihäiriöt sekä asunnon omistajille että naapureille. Äänenvaimentimien kumien käyttö laitteen kiinnikkeissä estää mahdollisten runkoäänien siirtymisen asuntoihin.

Ilmalämpöpumpulla toteutettu jäähdytys saa sisäilman tuntumaan viileältä ja raikkaalta, vaikka jäähdytystila asetetaan pari astetta ulkoilmaa kylmempään. Kuumana kesänä suhteellisen kosteuden lasku vaikuttaa myös asumismukavuuteen enemmän kuin lämpötilan lasku. Pumpulla on hyvä hyötysuhde kesällä, joten energiankulutus ei ole suuri. Kustannukset kesän kuumimpanakin päivänä jäävät alle euron. [18]

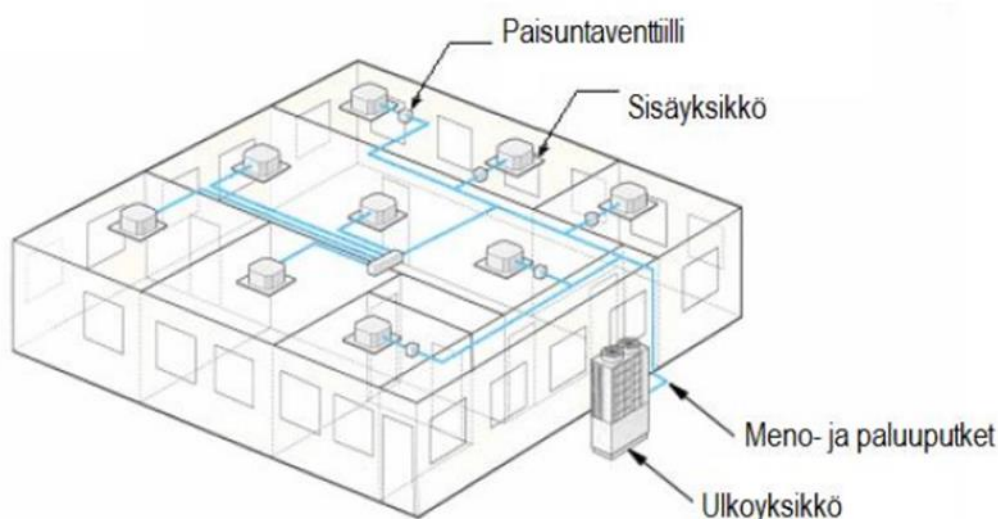
Ilmalämpöpumpun käytössä on monia etuja, mutta siihen liittyy myös ongelmia. Ilmalämpöpumppua ei voida asentaa, jos ei ole parvekettä. Se vaatii tilaa parvekkeelta. Kondenssiveden poisto usein haastavaa. Ulkoseinään joudutaan tekemään läpivienti. Asennukselle täytyy saada taloyhtiön hyväksyntä.

## 7.2 Ilmalämpöpumppu, keskitetty (VRF)

Periaatteessa VRF-järjestelmä koostuu ulkoyksiköstä ja useista sisäyksiköistä (kuva 20). Yhden järjestelmän maksimiliitäntä voi olla kolme ulkoyksikköä ja tässä tapauksessa

kompressorin lukumäärä on 9. Ulko- ja sisäyksiköiden välinen etäisyys voi olla 40–50 metriä ja sisäyksiköiden liitäntä 40 yksikköä, joten putkien kokonaispituus on enintään 300 metriä. Järjestelmän tehonsäätö perustuu kompressorin käynnistämiseen ja pysäyttämiseen, kompressorin nopeuden säätämiseen taajuusmuuttajalla tai tehon säätämiseen kuumen kaasun ja nesteen ruiskutuksella. [10, s. 94.]

VRF-järjestelmässä paisuntaventtiilit sijaitsevat sisäyksikössä tai sen lähellä, mikä lisää mahdollisuuksia käyttää enemmän sisäyksiköitä verrattuna perinteiseen multisplit-järjestelmään. Sisä- ja ulkoyksikön välinen liitäntä voi olla samanlainen kuin vesijäähdytysjärjestelmissä, koska sisäyksiköt voidaan liittää yhteiseen tulo- ja paluuputkeen liitäntähaaralla. [19, s. 44.]



Kuva 20. VRF [19, s.44].

Ulkoyksiköt voidaan kytkeä rinnan samaan VRF-järjestelmään. Kunkin yksikön maksimiteho on 70–80 kW, mutta tämä riippuu valmistajasta. Koko pakettia kutsutaan moduuliksi. Turvalaitteiden lisävaatimuksista johtuen valmistajat eivät halua moduuliyksiköiden tehon ylittävän 150 kW kylmäainemäärän ollessa jopa 100 kg, mutta joidenkin valmistajien, kuten Samsungin, ulkoyksiköiden teho voi olla 252 kW.

Ulkoyksikkö koostuu puhaltimesta, lauhtuttimista, säätölaitteista ja kompressoreista, jotka on sijoitettu säänkestävään pakkaukseen. Hermeettinen rullakompressor on

yleisin kompressorityyppi, mutta periaatteessa käytetty tyyppi riippuu valmistajasta. Myös kaksoiskiortokompressoreita käytetään. Suuren rakennuksen VRF-järjestelmässä voisi olla suuri määrä kompressoreita. Esimerkiksi 350 kW:n jäähdytysteholla voi olla kymmenen kompressoria. Tätä kompressorimäärää voitaisiin pitää negatiivisena ominaisuutena huoltotarpeen vuoksi, mutta toisaalta yhden kompressorin vika ei aiheuta vikaa VRF-järjestelmän toiminnassa.

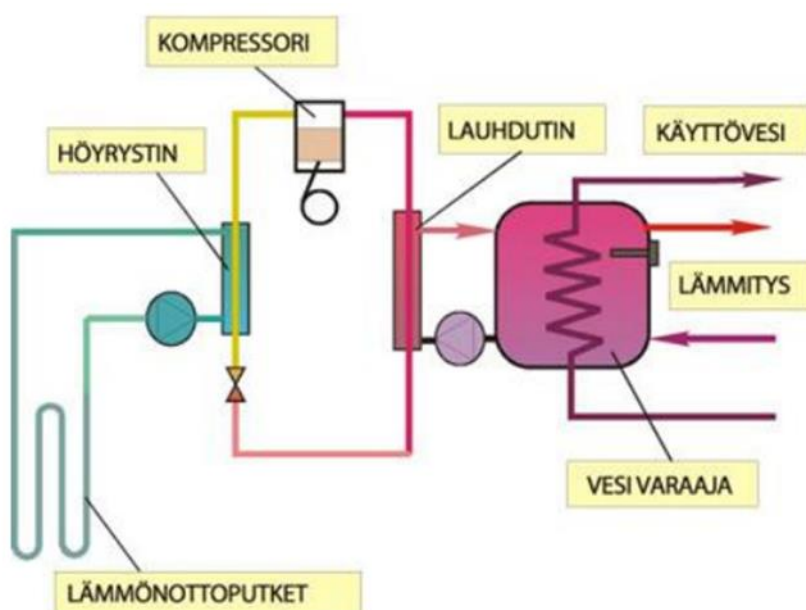
Lauhduttimet ovat ulkoilmajäähdytteisiä lamellilämmönvaihtimia, ja siksi ulkoyksikkö asennetaan ulos ja yleensä rakennuksen katolle. Ulkoyksiköt ovat keskimäärin pieniä ja kevyitä verrattuna ulkovesijäähdyttimeen, eivätkä ne vaadi erityistä teknistä tilaa. Tätä pidetään suurena etuna. [19, s. 45,47.]

VRF-järjestelmän sisäyksikössä on aina puhallin, minkä vuoksi palkkiratkaisu ei ole näissä käytössä. Kaikki sisäyksiköt on liitettävä viemärijärjestelmään ja varustettava lauhdepumpulla, joka on vakiona monissa malleissa. Perinteisen sisäyksikön yhden yksikön jäähdytysteho on 1,4–18 kW, ja sitä ohjataan puhaltimen nopeudella ja paisunta venttiilillä. Puhaltimen nopeus muuttuu sisäilman lämpötilan ja asetusarvon välisen eron mukaan. Jokaisessa sisäyksikössä on elektroninen paisuntaventtiili, joka ohjaa sisäyksiköön tulevan kylmäaineen määrää pitämällä tulistuksen vakiona.

Sisäyksikön suodatin on puhdistettava säännöllisesti. Sisäyksikön lämmönvaihtimen likaantuminen lisää ajan myötä energiakustannuksia, koska saastunutta sisäyksikköä on käytettävä alhaisemmalla haihtumislämpötilalla tai suuremmalla tuulettimen nopeudella saman viillennyskapasiteetin saavuttamiseksi. Eräät valmistajat tarjoavat lisätoimintoja varustamalla sisäyksikön automaattisella kiertoilmasuodattimen puhdistustoiminnolla, joka kerää lian erilliseen säiliöyksikköön kerran päivässä. Lisäksi sisäyksiköt voidaan varustaa infrapunateknologiaan perustuvilla läsnäoloantureilla, mikä on merkittävä säästö energiankulutukselle. VRF-järjestelmä mahdollistaa energiakustannusten allokoinnin eri tilojen ja asiakkaiden kesken integroidulla vyöhykekohtaisella energiamittauksella. Tämä on etu erityisesti liikerakennuksissa ja usean asiakkaan toimistorakennuksissa. [19, s. 49.]

### 7.3 Maaviileä

Maalämpöpumppu (kuva 21) siirtää lämpöä maasta tai maahan ja tämä perustuu kylmäkoneessa kiertävän kylmäaineen höyrystymiseen ja lauhtumiseen. Kuumentunut neste siirtää maahan asennetusta putkistosta höyrystimeen, joka haihduttaa kylmäaineen ja imee lämpöä ympäristöstä muuttaen sen höyryksi, minkä jälkeen kompressorin puristaa höyryä nostaen sen painetta ja lämpötilaa. Lauhduttimessa kylmäaine vapauttaa lauhtuksen aikana lämpöä, joka imeytyy lauhduttimessa kiertävään veteen, jota käytetään lämmitystoiminnassa. [20, s. 230.]



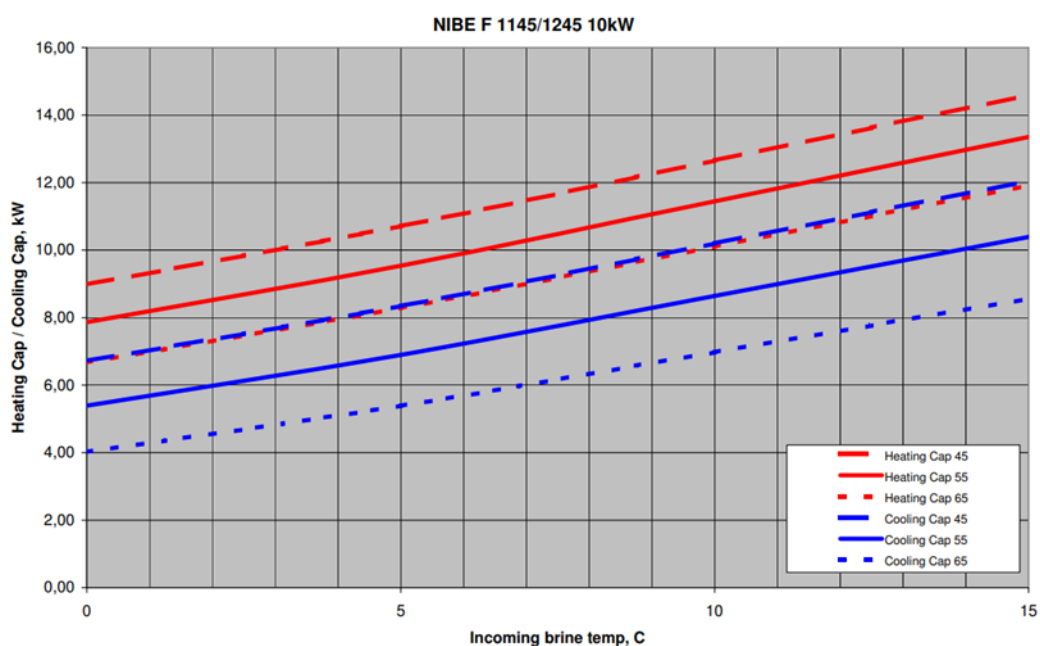
Kuva 21. Maalämpöpumppu, kaavio (21)

Kesällä maaperä ja kallioperä ovat viileämpiä kuin ulkoilma, joten rakennusten jäähdyttämiseen on mahdollista käyttää maalämpöjärjestelmää. Jäähdytystilassa lämmönkieruneste kuljettaa lämmön lauhduttimesta energiakaivoon, mikä voi lisätä maalämpöpumpun hyötysuhdetta talvella ja vähentää sähkönkulutusta lämmityskustannuksia. Maaviilennyksen käyttöä pidetään edullisena ja ympäristöystävällisenä tapana. [22]

Passiivissa jäähdytyksessä energiakaivot on kytketty suoraan jäähdytysjärjestelmään, kun taas aktiivisessa jäähdytysjärjestelmässä jäähdytys toimii lämpöpumpun avulla. Tämän vuoksi on tärkeää ottaa huomioon, että maalämpöpumppu suunnitellaan ja

mitoitetaan lämmityskäyttöön, samoin lämpökaivot. Lämpöpumpun antoteho riippuu lämpötilasta lämmönkeruupiirin ja luovutuspiirin välillä. Esimerkiksi Nibe 1145 10 kW -lämpöpumppu antaa keruupiirin ollessa 3 astetta ja luovutuspiirin 45 astetta 10 kW lämmitystehoa (kuva 22). [24]

Jäähdytyskäytössä aktiivikytkennässä lämpöpumpun keruupiirinä toimivat jäähdytettävät tilat ja luovutuspiirinä käyttövesi ja lämpökaivot (pääasiassa lämpökaivot). Mikäli oletetaan, että jäähdytettävistä tiloista palaavaan nesteeseen lämpötila on 12 astetta ja lämpöpumpun jälkeinen lämpötila on 25 astetta, on samaisen pumpun antoteho noin 15 kW. Tämä on siis teho, joka on saatava lauhdutettua lämpökaivoihin. Lämpökaivot on kuitenkin mitoitettu ko. esimerkissä lämmityskäyttöön noin 8 kW:lle. Ongelmaksi muodostuu, että kaivoissa kiertävän nesteen lämpötila lähtee nousemaan, koska kaivot on mitoitettu tietylle ottoteholle. [9, s. 277.]



Kuva 22. Nibe 1145 10 kW, lämpöpumppu (24)

Edellä olevan perusteella noin 8 kW, kaivojen ottoteholle lämmitykseen mitoitettu kaivoin kenttä olisi noin 200 m, mikäli kaivoja voitaisiin ladata 60 W/m eli 12 kW. Tämä on siis optimitilanteessa. Tosiasiassa latausteho jäänee tämän alapuolelle. Mikäli latausteho on

12 kW, on tiloihin saatava jäähdytysteho tätä pienempi noin 9–10 kW (lämpöpumpun COP 4–6). [23]

Maaviilennys on myös ekologinen ratkaisu, koska suurin osa energiasta tulee suoraan maaperästä. Viilennysenergia voidaan hyödyntää käyttöveden lämmityksessä ja osittain energiaa voidaan varastoida maaperään talvea varten, minkä parantaa lämpöpumpun hyötysuhdetta. Huoneistojen laitteet toimivat kaukosäätimillä, jolloin jokainen voi ohjata lämpötilan haluamalleen tasolle. On myös mahdollista asentaa useita sisäyksikköjä suurempiin asuntoihin. Maaviilennys voidaan asentaa kaikkiin asuntoihin, koska tarvetta erilliselle ulkoyksikölle ei ole. Toisaalta maaviilennyksen haittana on, että se vaatii erillisen verkoston rakentamisen, jolloin sen teho jää pienemmäksi kuin erillisillä jäähdytyslaitteilla.

#### 7.4 Kaukojäähdytys

Kaukojäähdytyksen toimintaperiaatteet ovat verrattavissa kaukolämpöön, jäähdytetyn veden jakelu tuotantokeskuksesta useisiin rakennuksiin tapahtuu putkistojen kautta. Sitteen asiakkaan ylimääräinen lämpö siirretään kaukojäähdytysveteen, kun taas kaukolämmössä lämpö siirtyy vedestä asiakkaalle. Kaukojäähdytys on ympäristöystävällisempi vaihtoehto ja vaatii vähemmän huoltoa muihin jäähdytysjärjestelmiin verrattuna. Koska kaukojäähdytys tuotetaan keskitetysti, kaukojäähdytyksellä ei ole melua, kiinteistön kylmäkoneet ja -laitteet eivät ole käytössä. [25, s. 2.]

Kaukokylmän käytöllä on monia etuja. On todennäköistä, että asuntojen arvo nousee tämän investoinnin ansiosta, huoneistojen laitteet toimivat kaukosäätimillä, jolloin jokainen voi ohjata lämpötilan haluamalleen tasolle on mahdollista asentaa myös useita sisäyksikköjä suurempiin asuntoihin. Toisaalta kaukokylmän käyttö ovat haittoja, vaatii erillisen verkoston rakentamisen, kustannukset ovat selvästi korkeammat kuin ilmalämpöpumpuissa, ja käyttökustannukset korkeammat kuin muissa vaihtoehtoisissa. Kaukokylmän hinnoittelu koostuu kertaluontoisesta sopimusmaksusta, sekä käytönaikaisista teho- ja energiamaksuista. Hinnat määritetään tapauskohtaisesti, ja niihin vaikuttaa mm. Seuraavat asiat, tarvittavien putkivetojen pituus ja niihin liittyvät muut ylimääräiset kulut, kuten. louhinta, kiinteistön tehontarve, jäähdytyksen kulutusprofiili, arvioitu

energiankulutus, yleinen hintataso mm. sähkön osalta. Toki tästäkin on poikkeuksia tapauskohtaisesti. [25, s. 4,8.]

## 8 Yhteenveto

Jäähdytysjärjestelmän lisääminen olemassa olevaan rakennukseen on hieman haastavaa, koska rakennuksen suunnitteluvaiheessa ei ole huomioitu jäähdytysjärjestelmän vaatimuksia. Tämä vaikuttaa rakennukseen sopivan järjestelmän valintaan. Järjestelmän valinta vaati monia asioita, kuten järjestelmän asennusmahdollisuuden, kustannusten ja tehokkuuden huomioon ottamista. Kuten tässä tutkimuksessa voidaan havaita, jokaisessa järjestelmässä on erilaiset ominaisuudet, minkä vuoksi on tärkeää valita oikea jäähdytyslaitteisto, minkä taas riippuu itse rakennuksesta.

Ilmalämpöpumpun (split-koneistot) asentaminen on nykyään yleinen ratkaisu, koska se on lähes yksilöllinen ratkaisu eikä se ole muihin järjestelmiin verrattuna kallis. Järjestelmään ei tarvitse asentaa putkiverkostoa, ja sisäyksikkö antaa hyvän jäähdytystehon tiloihin. On kuitenkin tärkeää huomata, että sisäyksikkö pystyy syöttämään vain yhden tilan, kuten esim. olohuoneen, mutta ei koko huoneistoa. Koska ulkoyksikkö on pakko asentaa parvekkeelle, järjestelmää ei voi asentaa, jos parvekettä ei ole. Ennen järjestelmän asennusta asiakkaan tulee hakea yhtiön hallitukselta lupa järjestelmän rakentamiseen ja erityisesti putkien liittämiseen sisä- ja ulkoyksikön väliin, koska asennuksen yhteydessä on tehtävä reikä ulkoseinään, jotta lauhdevesi voidaan johtaa parvekkeelle ja kerätä siellä.

VRF-järjestelmällä on hyvät tehokkuus- ja ohjausominaisuudet, jotka parantavat asumisolosuhteita ja tekevät siitä mukavan kuumana aikana. Järjestelmässä voi käyttää kaikenlaisia puhallinkonvereita. Tämä mahdollistaa järjestelmän käytön kaikissa erityyppisissä rakennuksissa. Lisävarusteteknologialla voidaan hallita hyvin energiankulutusta ja mitausta. VRF-järjestelmän käyttö vaatii kuitenkin monia tekijöitä, kuten uuden putkistoverkon lisäämisen. Kaikki sisäyksiköt on liitettävä viemärijärjestelmään kondenssiveden poistamiseksi ja ulkoyksiköiden asentaminen vaatii tilaa, jos niitä ei ole mahdollista



asentaa kattoon. Nämä tekijät lisäävät investointikustannuksia. Järjestelmästä on suuria etuja, mutta on myös otettava huomioon sen vaatimat kalliit investointikustannukset.

Maalämpöpumppujen käytöllä lämmitykseen on monia etuja. Lisäksi niitä on mahdollisuus käyttää jäähdytykseen kesällä. Tämä lisää lämmitysjärjestelmän tehokkuutta. Maaviilennys on ekologinen ratkaisu, koska suurin osa energiasta tulee suoraan maaperästä. Maalämpöpumpun suunnitteluvaiheessa tulee ottaa huomioon tarvittavien lisävarusteiden lisääminen järjestelmään ja valmistaa se toimimaan myös jäähdytystä varten. Passiivisessa jäähdytyksessä on mahdollista hyödyntää lattialämmityksen putkistoa jäähdytykseen. Jos rakennus käyttää putkistoa myös lämmitykseen, tämä alentaa kustannuksia huomattavasti. Yleensä järjestelmä on kytkettävä uuteen putkiverkkoon ja sisäyksikköön. Sisäyksikön tyyppi riippuu siitä, onko kysymyksessä passiivinen vai aktiivinen jäähdytys. Aktiivijäähdytyksen tehoa rajoitetaan kaivojen rajallisen tehon vuoksi, mikä voi vaikuttaa asumisolosuhteisiin. Uuden putkiverkoston lisääminen lisää investointikustannuksia. Tämä tulee ottaa huomioon järjestelmää valittaessa.

## Lähteet

- 1 What Is Climate Change. 2022. Verkkoaineisto. United Nations. <<https://www.un.org/en/climatechange/what-is-climate-change>>. Luettu 25.2.2022.
- 2 Ilmastonmuutos. 2022. Verkkoaineisto. Ilmatieteen laitos. <<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmastonmuutoskysymyksiä#0>>. Luettu 25.2.2022
- 3 Suomen ilmasto on lämmennyt. 2020. Verkkoaineisto. Ilmasto-opas. <<https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto/-/artikkeli/16266ad3-e5f5-4987-8760-2b74655182d5/suomen-ilmasto-on-lammennyt.html>>. Päivitetty 29.10.2020. Luettu 23.2.2022.
- 4 Kesäsään tilastoja. 2022. Verkkoaineisto. Ilmatieteen laitos. <<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/kesatilastot>>. Luettu 28.2.2022
- 5 Helletilastot. 2022. Verkkoaineisto. Ilmatieteen laitos. <<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/helletilastot>>. Luettu 28.2.2022.
- 6 Helle. 2022. Verkkoaineisto. Terveystieteen ja hyvinvoinnin laitos. <<https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/ilmasto-ja-saa/helle>>. Luettu 28.2.2022>
- 7 Sisäilmastoluokitus 2018. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. LVI 05-10629. Ohjekortti. Sisäilmayhdistys ry.
- 8 Saksi, Ville. 2011. Lattiaviilennys ja sen mahdollisuudet sisäilmaolosuhteiden parantamisessa. Insinööritoimisto. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 9 Neuvonen, Petri. 2015. Kerrostalot 1975–1953. Helsinki. Rakennustieto Oy.
- 10 Kaappola, Esko; Hirvelä, Aulis; Jokela, Matti; Kianta, Jani. 2013. Kylmäteknikan perusteet. Helsinki: Opetushallitus.
- 11 Sandberg, Esa (toim.). 2014. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. Ilmastointiteknikka osa 1. Tampere: Talotekniikka-Julkaisut Oy.
- 12 Puhallinkonvektorit. 2022. Verkkoaineisto. Costella. <<https://www.costella.fi/tuotteet/puhallinkonvektorit/>>. Luettu 25.2.2022.

- 13 Lattialämmitys ja -viilennys. 2022. Verkkoaineisto. Uponor. <[https://www.uponor.com/fi-fi/tuotejarjestelmat/lattialammitys-viilennys?gclid=CjwKCAjw-loCSBhAeEiwA3hVo\\_VmijjDP8pH7LZhKx-4W4tYjBJPqYaGmHzPHRj28PUI\\_eKlr1bwipRoCsyUQAvD\\_BwE](https://www.uponor.com/fi-fi/tuotejarjestelmat/lattialammitys-viilennys?gclid=CjwKCAjw-loCSBhAeEiwA3hVo_VmijjDP8pH7LZhKx-4W4tYjBJPqYaGmHzPHRj28PUI_eKlr1bwipRoCsyUQAvD_BwE)>. Luettu 25.2.2022.
- 14 Käyhkö, Erno. 2019. Asuinkerrostalokohteen keskitettyjen jäähdytysjärjestelmien vertailu. Insinööritoimisto. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 15 Laine, Markus. 2016. Ilmastoinnin vesikiertoisien jäähdytysjärjestelmien optimointi. Diplomityö. Tampereen Teknillinen Yliopisto. Trepo-tietokanta.
- 16 Seppänen Olli. 1996. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. Espoo: Kiitorata Oy.
- 17 Korkein oikeus linjasi, että ilmalämpöpumpun voi asentaa nyt kerrostaloon – käytännössä se ei välttämättä onnistu. 2021. Verkkoaineisto. Yle. <<https://yle.fi/uutiset/3-12000776>>. 30.3.2022.
- 18 Ilmalämpöpumppu kerrostaloon. 2022. Verkkoaineisto. Toshiba-suomi. <<https://www.toshibasuomi.fi/tuotteen-valinta/ilmalampopumppu-kerrostaloon/>>. Luettu 30.3.2022.
- 19 Lindfors, Juha. 2017. VRF- ja vesijäähdytysjärjestelmien vertailu toimistorakennusten jäähdytyksessä. Diplomityö. Tampereen Teknillinen Yliopisto. Trepo-tietokanta.
- 20 Hakala, Pertti; Kaappola, Esko. 2013. Kylmälaitoksen suunnittelu. Helsinki: Opetushallitus.
- 21 Virkalevo, Jesse. 2016. Maalämmön toteuttaminen ja kannattavuus vanhassa kerrostalokohteessa. Insinööritoimisto. Saimaan ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 22 Mitä on maaviileä. 2022. Verkkoaineisto. Tom Allen Senera Oy. <[https://www.tomallensenera.fi/maalampo/maaviilea?gclid=CjwKCAjwrqqSBhBbEiwAIQeqGqLo-rddLmYMHQ8Kz0VSDcFD2zbsrEpiBvaVCTcgeDrzsZRM-qqs9xoC8w4QAvD\\_BwE](https://www.tomallensenera.fi/maalampo/maaviilea?gclid=CjwKCAjwrqqSBhBbEiwAIQeqGqLo-rddLmYMHQ8Kz0VSDcFD2zbsrEpiBvaVCTcgeDrzsZRM-qqs9xoC8w4QAvD_BwE)>. Luettu 30.3.2022
- 23 Luhtamäki, Anssi. 2022. Energia-asiantuntija, Suomen Energiainsinöörit Oy. Helsinki. Keskustelu 1.4.2022
- 24 Jäähdytystehot maalämpö. 2022. Verkkoaineisto. Nibe. <<https://ammattilaiset.nibe.fi/ammattilaiset/nibe-opaat/jaahdytystehot-maalampo/>>. Luettu 30.3.2022

- 25 Nuutinen, Tommi. 2015. Kaukojäähdytys vanhoissa asuinkerrostaloissa. Insinöörityö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.