



Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Satakunta University of Applied Sciences

ANNAKAISA HELKAMÄKI

# **Kankaanpään keskusta-alueen kiinteistöjen kaukojäähdytyspotentiaalin selvitys**

ENERGIA- JA YMPÄRISTÖTEKNIIKAN TUTKINTO-OHJELMA  
2021

Tekijä Helkamäki, Annakaisa	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2021
	Sivumäärä 44	Julkaisun kieli suomi
Julkaisun nimi <b>Kankaanpään keskusta-alueen kiinteistöjen kaukojäähdytyspotentiaalnin selvitys</b>		
Tutkinto-ohjelma Energia- ja ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma		
<p>Tämän työn tarkoituksena on arvioida Vatajankoski Oy:lle Kankaanpään keskusta-alueen asuinkerrostalojen ja asuinliikerakennusten jäähdytystehontarvetta. Työhön valikoitui 47 kiinteistöä Kankaanpään keskustasta ja lisäksi erillisenä kohteenaan Kankaanpään K-Citymarket. Vatajankoski Oy on aloittamassa kaukojäähdytysliiketoimintaa ja tässä työssä saadut laskennalliset jäähdytystehontarvearviot toimivat lähtökohtana jäähdytysliiketoiminnan kehittämiseksi Kankaanpäässä.</p> <p>Jäähdytystehontarpeen arviointi suoritettiin tässä työssä käsin laskemalla käyttäen Suomen rakennusmääräyskokoelman D3 standardiarvoja lämpökuormille sekä laskemalla auringon säteilyn aiheuttama lämpökuorma Suomen rakennusmääräyskokoelman D5 laskentakaavoilla ja ohjearvoilla. Tämän lisäksi laskettiin jäähdytystehontarve myös käyttämällä Energiateollisuuden taulukkoarvoja jäähdytystehontarpeen arvioimiseen sekä arvioitiin vuosittaista jäähdytyksen energiankulutusta myös Energiateollisuuden taulukkoarvoilla.</p> <p>Käsin laskemalla saatiin jäähdytystehontarpeen arvoja, jotka olivat kohtuullisen lähellä taulukkoarvoilla saatuja jäähdytystehontarpeen arvoja. Asuinkerrostalojen jäähdytystehontarve vaihteli noin 2 - 64 kilowatin välillä, riippuen paljolti kiinteistön huoneistoalasta.</p> <p>K-Citymarketia lähdettiin tarkastelemaan selvittämällä nykyistä kiinteistön jäähdytysjärjestelmää ja jäähdytystehoja. Nykyisellään kiinteistöä jäähdytetään vedenjäähdytyskojeella, joka jäähdyttää tiloja neljällä tuloilmakojeella, joihin on liitetty jäähdytyspatterit. Tämän lisäksi kiinteistössä on neljä Split-jäähdytintä.</p> <p>Työssä saatiin määritettyä arviot jäähdytystehontarpeille 47 kerrostalorakennuksessa sekä Kankaanpään K-Citymarketissa. Tulevaisuudessa jäähdytystä toteutettaessa kiinteistöjen jäähdytystehontarve tulee laskea tarkemmin siihen tarkoitettulla simulointiohjelmistolla.</p>		
<u>Asiasanat</u> kaukojäähdytys, jäähdytys, CHC, jäähdytysteho, kaukolämpö, kerrostalo		

Author Helkamäki, Annakaisa	Type of Publication Bachelor's thesis	Date May 2021
	Number of pages 44	Language of publication: Finnish
Title of publication <b>District cooling potential report of the properties in the town center of Kankaanpää</b>		
Degree program Degree programme in energy and environmental engineering		
<p>The aim of this thesis was to estimate the district cooling potential of the properties in the town center of Kankaanpää for Vatajankoski Oy. 47 properties were taken into the estimation and addition to that K-Citymarket of Kankaanpää as a separate target. Vatajankoski Oy is starting district cooling business and in this thesis was calculated the cooling power estimates that would be the starting point to the development of district cooling.</p> <p>The estimation of the cooling power was performed by manual counting. In the calculation was used standard values for heat loads and the radiation load of the sun was calculated by using counting formulas. Addition to this the need of cooling power was also counted by using the tabular values of Energiateollisuus. The yearly need of energy consumption of cooling was also estimated by using the tabular values of Energiateollisuus.</p> <p>The values of cooling power got by manual counting were fairly similar to the values got by using the tabular values. The need of cooling power of the block of flats varied between 6 to 90 kilowatts, depending the net floor area of the property.</p> <p>In the K-Citymarket of Kankaanpää the estimation of the cooling power was made by clarifying the present cooling system. The cooling is carried out with water-cooling unit and with four Split-coolers.</p> <p>In this thesis the values of cooling power were determined to the different buildings. In the future when planning the district cooling the need of the cooling power has to be calculated by simulation systems.</p>		
<u>Key words</u> district cooling, cooling, CHC, cooling power, district heating, block of flats		

## ALKUSANAT

Kiitokset opinnäytetyöaiheesta Vatajankoski Oy:lle ja Vatajankosken kaukolämmön tuotantopäällikölle Lauri Höltälle. Kiitokset myös työtovereilleni Vatajankosken kaukolämmöllä sekä opinnäytetyötä tehdessäni paljon tukea antaneelle kehitysinsinööri Aleksille Granforsille. Lisäksi kiitos opinnäytetyötäni ohjanneelle Satakunnan ammattikorkeakoulun Petri Lähteelle.

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	6
1.1 Vatajankoski Oy .....	6
1.2 Työn taustaa .....	7
1.3 Työn tavoitteet ja rajaukset .....	8
1.4 Työssä käytettävät menetelmät .....	8
2 KAUKOJÄÄHDYTYS .....	10
2.1 Kaukojäähdytysjärjestelmät .....	11
2.2 Kaukojäähdytys Suomessa .....	12
2.3 Jäähdytysteknologiat .....	15
2.3.1 Kompressorijäähdytys .....	15
2.3.2 Lämpöpumppu .....	17
2.3.3 Vapaajäähdytys .....	18
2.3.4 Absorptiojäähdytys .....	18
3 JÄÄHDYTYSTEHOINTARPEEN ARVIOINTIIN VALITUT KOHTEET KANKAANPÄÄSSÄ .....	20
3.1 Asuinkerrostalot .....	21
3.2 K-Citymarket .....	23
4 JÄÄHDYTYSTEHOINTARVELASKENTA .....	25
4.1 Lämpökuormien standardiarvot .....	25
4.2 Auringon säteilyn aiheuttama lämpökuorma .....	26
4.3 Energiateollisuuden jäähdytystehon taulukkoarvot .....	29
4.4 Käsin laskennalla saadut arvot .....	29
5 LASKENNAN TULOKSET .....	32
5.1 Keskuskatu ja Torikatu .....	32
5.2 Luoman alue .....	34
5.3 Paasikivenkatu .....	34
5.4 Reiman alue .....	35
5.5 K-Citymarketin nykyinen jäähdytys .....	36
5.5.1 Jäähdytyskoje JK01 .....	37
5.5.2 Split-jäähdyttimet .....	38
6 YHTEENVETO .....	40
LÄHTEET	
LIITTEET	

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Vatajankoski Oy

Vatajankoski Oy on Kankaanpäässä sijaitseva energiayhtiö, jonka toimiala on sähkön ja kaukolämmön yhteistuotanto (Kauppalehden www-sivut 2021). Vatajankosken Sähkö Oy on perustettu vuonna 1926 ja valtakunnan sähköverkkoon Vatajankosken Sähkö Oy liittyi 1940. Kankaanpään Kaukolämpö Oy on perustettu 1980 (Vatajankoski Oy:n www-sivut 2021) ja Vatajankosken Sähkö Oy ja Kankaanpään Kaukolämpö Oy yhdistyivät vuonna 2003 (Yritys- ja yhteisötietojärjestelmän www-sivut 2021). Vatajankoski Oy:llä on höyryvoimalaitos myös Honkajoen Kirkkokalliolla, jossa tuotanto on alkanut vuonna 2008. Nykyisellään toiminta Kirkkokalliolla on laajentunut kiertotalouteen perustuvaan usean yrityksen yhteistyöhankkeeksi. Uusin Vatajankoski Oy:n kiertotalousprojekti on Knauf Oy:n kanssa toteutettu hukkalämpölaitos Kankaanpään Pansialla, jonka käyttöönotto tapahtuu 2021. (Vatajankoski Oy:n www-sivut 2021.)

Vatajankoski Oy panostaa paikallisiin energiaratkaisuihin, uusiin liiketoimintamalleihin ja energiatehokkuuteen. Vatajankoski Oy:n palveluihin kuuluvat verkkojen rakentaminen, ylläpito ja korjaukset. Tähän kuuluvat katujen ja alueiden valaistus, sähköverkko, muuntamot teollisuudelle ja tietoliikenneverkot. Vatajankoski Oy:n toimintaan kuuluvat sähkönsiirto- ja -jakelupalvelu, kaukolämmön tuotanto ja tulevaisuudessa kaukojäähdytys. Vatajankoski Oy omistaa laajan sähköverkon Pohjois-Satakunnan alueella sekä Kankaanpään kaukolämpöverkon. (Vatajankoski Oy:n www-sivut 2021.)

Vatajankoski Oy myi sähkön vähittäismyyntiliiketoiminnan Lumme Energia Oy:lle 1.6.2020 alkaen ja varsinainen sähkönmyynti siirtyi Lumme Energia Oy:lle 1.8.2020. (Vatajankoski Oy:n www-sivut, 2020.) Vatajankoski Oy teki brändiuudistuksen syksyllä 2020 ja sen myötä Vatajankosken Sähkö Oy:n nimi muuttui Vatajankoski Oy:ksi. Virallisesti kaupparekisteriin Vatajankosken Sähkö Oy:n nimi muuttuu Vatajankoski

Oy:ksi kevään 2021 yhtiökokouksen myötä. Tässä työssä käytetään yhtiöstä nimeä Vatajankoski Oy.

## 1.2 Työn taustaa

Rakennuksille asetetut energiatehokkuusvaatimukset ovat kasvaneet ja tiukentuneet viime vuosina. Tämän lisäksi ilmastonmuutokseen liittyvä ulkolämpötilan nousu ja sen myötä myös entistä lämpimämmät kesät lisäävät kiinteistöjen jäähdytyksen tarvetta. Tilojen jäähdyttämisellä on vaikutusta myös rakennuksen sisäilmastoon ja ihmisten viihtyvyyteen. Toimistorakennuksissa lämpökuormat ovat usein suurempia kuin asuinrakennuksissa ja tarve kiinteistön jäähdytyksellekin on suurempi. Viileämpi sisäilmasto parantaa ihmisten työn tuottavuutta. Suomen rakennusmääräyskokoelman osassa D3 on annettu jäähdytyksen ylärajaksi +27 °C asuinrakennuksissa ja +25 °C toimisto- ja liikerakennuksissa (Suomen RakMK 2012, 18).

Kiinteistöjen jäähdytyksessä kaukojäähdytys on noussut yhdeksi potentiaaliseksi jäähdytysmuodoksi. Kankaanpäässä ei vielä ole kaukojäähdytysliiketoimintaa, mutta Vatajankoski Oy tavoittelee toimintansa laajentamista kaukojäähdytysliiketoimintaan, jolloin tarkoituksena olisi tuottaa erillisasiakkaille kaukokylmää. Lämpöpumpputekniikkaa hyödyntäen, olisi mahdollista jäähdytyksen lisäksi tuottaa samalla myös ulkoilmasta lämpöä. Vatajankoski Oy on suunnitellut Calefa Oy:n kanssa lämpöpumppuratkaisun Kankaanpään liikuntakeskukseen. Calefa Oy on yritys, joka on erikoistunut energian uusiokäyttöön sekä energian käytön tehostamiseen. Yrityksellä on myös paljon kokemusta asiakkaan tarpeisiin suunnitelluista lämpöpumppuratkaisuista.

Kankaanpään liikuntakeskuksessa aloitetaan mittava saneeraus, jonka yhteydessä Vatajankoski Oy toteuttaa liikuntakeskukseen kaukojäähdytysjärjestelmän CHC-laitteistolla. CHC, eli Combined Heat and Cooling, tarkoittaa teollisen kokoluokan lämpöpumppujärjestelmää, joka on kytketty kiinteistön jäähdytysverkkoon sekä kaukolämpöverkkoon. Tämän liikuntakeskukseen tulevan lämpöpumppujärjestelmän suunnittelussa on hyödynnetty Vatajankoski Oy:n antamia lähtötietoja.

### 1.3 Työn tavoitteet ja rajaukset

Tämän työn tarkoituksena on selvittää Vatajankoski Oy:lle Kankaanpään keskusta-alueella sijaitsevien asuinkerrostalojen ja asuinliikehuoneistojen jäähdytyspotentiaalia tekemällä suuntaa antavaa käsin laskentaa kiinteistöjen jäähdytystehosta. Tämän jäähdytystehon selvityksen pohjalta Vatajankoski Oy lähtee suunnittelemaan jäähdytysliiketoimintaansa ja selvittämään mahdollisuuksia kaukojäähdytykseen. Työ on rajattu kattamaan Kankaanpään keskusta-alueen asuinkerrostaloja ja asuinliikehuoneistoja. Tämän lisäksi tarkasteluun otetaan myös erillisenä kiinteistönä Kankaanpään K-Citymarket.

Koska kaukojäähdytystoimintaa ollaan Kankaanpäässä vasta aloittamassa, ovat keskusta-alueella sijaitsevat kaukolämmityksessä olevat kiinteistöt toiminnan aloittamisen kannalta potentiaalisimpia kohteita. Vatajankoski Oy toteuttaa ensimmäisen kaukojäähdytysjärjestelmänsä Kankaanpään liikuntakeskukseen kesällä 2021 alkavassa remontissa. Tässä työssä selvitetään karkealla tasolla Kankaanpään keskustan kerrostalokiinteistöjen sekä K-Citymarketin mahdollisia kaukojäähdytystehoja, joiden pohjalta jäähdytysliiketoimintaa voidaan alkaa kehittämään.

Selvityksestä jätettiin pois omakotitalot ja muut erillISRakennukset. Työssä ei myöskään lähdetty selvittämään mahdollisia toteutettavissa olevia kaukojäähdytysratkaisuja, eikä arvioimaan mahdollisia taloyhtiöiden investointikustannuksia kaukojäähdytykseen liittymisestä. Jäähdytyspotentiaalia selvitettiin Vatajankoski Oy:lle vain arvioimalla laskennallisesti kerrostalorakennusten ja K-Citymarketin mahdollisia jäähdytystehontarpeita.

### 1.4 Työssä käytettävät menetelmät

Tässä työssä käytetään kiinteistöjen jäähdytystehontarpeen arvioimiseksi käsin laskentaa. Se on hyvin karkean tason arvio jäähdytystehosta, mutta antaa kuitenkin suuntaa siitä, millaista jäähdytystehoa rakennus tarvitsisi. Tarkimpiin laskelmiin jäähdytystehosta päästäisiin erilaisilla simulointiohjelmilla, joita ei tässä työssä kuitenkaan käytetä. Jäähdytystehoa määritettäessä on laskettu tehontarve Suomen

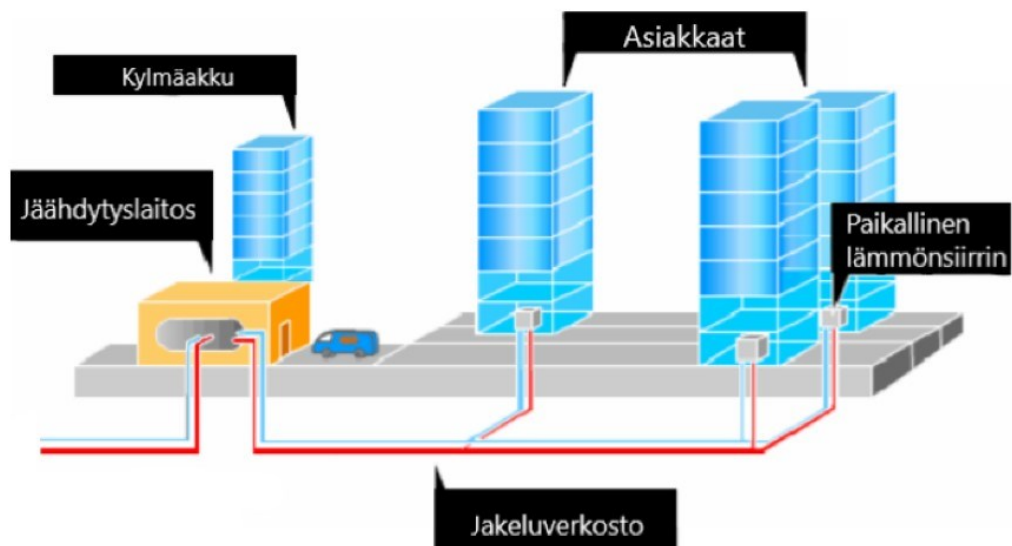


Rakennusmääräyskokoelman D3 lämpökuormien standardiarvoja käyttäen ja laske-  
malla auringon aiheuttama lämpökuorma RakMK D5:n ohjearvoilla sekä määrittä-  
mällä kiinteistön jäähdytystehontarve käyttämällä Energiateollisuuden jäähdytyste-  
hontarpeen arviointiin tarkoitettuja taulukkoarvoja. Rakennusten huoneistoalaa on sel-  
vitetty Vatajankoski Oy:n Lämpökanta-tietokannan tietojen perusteella sekä olemalla  
yhteydessä kiinteistöjen isännöitsijöihin. Tämän lisäksi on laskettu Energiateollisuus-  
den taulukkoarvojen perusteella mahdollista jäähdytyksen energiankulutusta vuosita-  
solla. Kaukojäähdytyksestä yleisesti, sen tilanteesta Suomessa ja kaukojäähdytystek-  
nologioista kerrotaan kirjallisuusselvitysten perusteella.

## 2 KAUKOJÄÄHDYTYS

Kaukojäähdytys on liiketoimintaa, jossa jäähdytettyä vettä toimitetaan erillisellä jakeluverkostolla usealle eri rakennukselle. Jäähdytetty vesi tuotetaan keskitetyssä tuotantolaitoksessa. Yleisimmin vesi jaetaan rakennuksen ilmastoinnin jäähdytykseen. Keskitetty jäähdytysjärjestelmä käyttää tilanteesta riippuen edullisinta kylmän lähdettä sekä tekniikka, joka soveltuu parhaiten kyseessä olevaan tarkoitukseen. Yleensä myös samalla sähkön kulutus pienenee rakennuksessa selvästi, kun siirrytään kaukojäähdytykseen. Myös kaukolämmön avulla on mahdollista tuottaa jäähdytysenergiaa. (Koskelainen 2006, 529.)

Kaukojäähdytys toimii periaatteeltaan kuin samoin kuin kaukolämmityskin. Kaukojäähdytyksen toiminta on päinvastainen kuin kaukolämmityksen, eli kaukojäähdytyksessä siirretään lämpöä pois kiinteistöstä. Kiinteistöistä tullut ylimääräinen hukkalämpö sidotaan jäähdytysverkon paluuveteen. Ylimääräisen lämmön palauttamiseksi kaukokylmäveteen, kiinteistöissä on kaukojäähdytyksen tarpeisiin lämmönsiirrin. Lämmönsiirrin kierrättää jäähdytysvettä kiinteistöissä ja sillä myös vastaavasti palautetaan lämpö jäähdytysverkostoon. Mahdollisuuksien mukaan kaukojäähdytys yritetään toteuttaa keskitetysti. Tämä tarkoittaa, että jäähdytys toteutetaan yhdessä tietyssä paikassa ja sieltä se siirretään asiakkaille. Keskitetyt jäähdytysratkaisut ovat energiatehokkaampia, ympäristöystävällisempiä ja niiden hinnat ovat kilpailukykyisiä verrattuna yksittäisiin rakennuskohtaisiin ratkaisuihin. (Uhlbeck 2019, 1.) Kuvassa 1 on esimerkki jäähdytysverkoston toteutuksesta.



Kuva 1. Kaukojäähdytysverkosto (Uhlbeck 2019, 2)

Jäähdytysratkaisuna kaukojäähdytys sopii erilaisiin rakennuksiin, niin asuinrakennuksiin, liikerakennuksiin kuin hoitoalan yksiköihin. Järjestelmänä se on luotettava ja sen kustannukset elinkaaren ajalta ovat kilpailukykyiset. Jäähdytystapana se myös noudattaa kestävästä kehitystä. Rakennusten jäähdytys on kiinteistön omistajalle vaivatonta, koska jäähdytyksen tuotanto on energiayhtiön huolehdittavana. (Energiateollisuus 2014, 5.) Kiinteistöille on hyötyä kaukojäähdytyksestä myös muilla tavoin. Julkisivuille ei tarvita lauhdutusyksiköitä, jäähdytyskoneista ei aiheudu ääniä sekä koneiden huolto ja kunnossapito jäävät tarpeettomiksi. (Energiateollisuuden www-sivut 2021.)

## 2.1 Kaukojäähdytysjärjestelmät

Kaukojäähdytysenergian jakelu jaotellaan kahteen eri tapaan. Nämä ovat keskitetty ja hajautettu järjestelmä. Erona näissä eri järjestelmissä on tuotantotapa. Keskitetyssä kaukojäähdytysjärjestelmässä jäähdytysenergian tuottamiseen käytetään suuria yksiköitä. Tuotanto tapahtuu absorptio- tai kompressorikoneilla sekä lämpöpumpuilla. Lisäksi voidaan käyttää vapaajäähdytystä, jossa energia otetaan ilmasta tai vedestä. Jäähdytysenergian jakelu tapahtuu putkistoa pitkin kuluttajille. Hajautetussa kaukojäähdytysjärjestelmässä jäähdytysenergian tuottaminen tapahtuu tietyille ryhmälle rakennuksia ja tuotanto on paikallista.

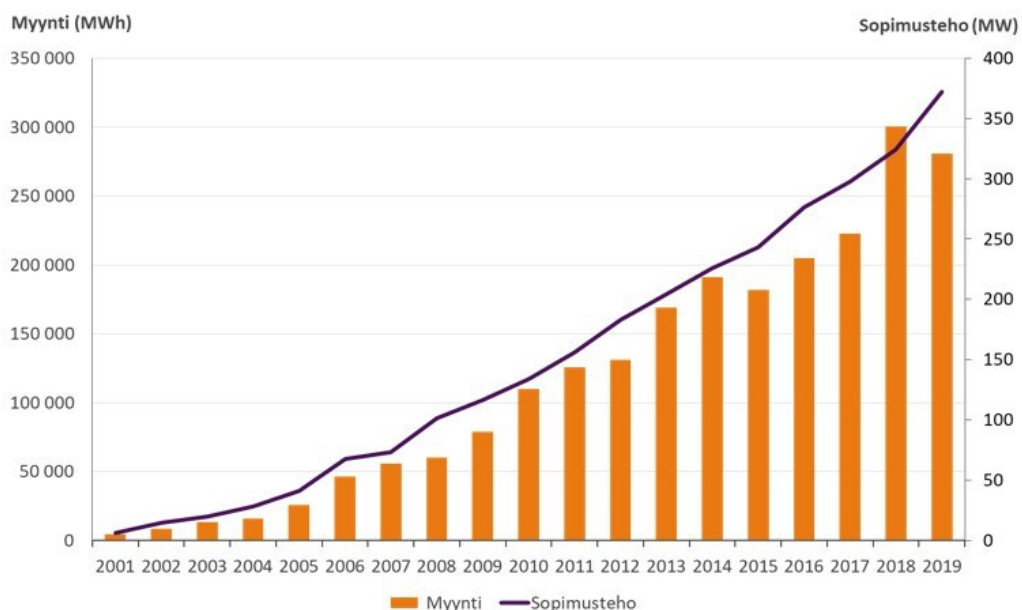
Vesijäähdytyksessä yleinen jakelulämpötila on 7-10 °C ja lämpenemistä vedessä tapahtuu kulutuspaikassa noin 5-9 °C. Kylmän siirto vesijäähdytyksessä tapahtuu veden lämpötilaa muuttamalla. Verkoston pituus mitoittaa vesijäähdytysverkoston pumpauskapasiteetin siten, että paine-ero on riittävä jokaiselle kuluttajalle. Verrattuna kaukolämpöverkkoon, jäähdytysverkossa ei ole vaaraa höyrystymisestä. Näin ollen ei tarvita korkeaa minimipainetasoa. Lämpötilan ollessa 10°C veden höyrystymispaine on 12,2 kPa. Verkostossa virtausnopeus on noin 1-2 m/s ja vesimäärä on suuri, koska lämpötilaero on pieni. (Koskelainen 2006, 529-530.)

## 2.2 Kaukojäähdytys Suomessa

Kaukolämpöyhtiö voi tehdä kaukojäähdytyksestä palvelun, joka täydentää sen liiketoimintaa. Suomessa onkin jo useammalla eri paikkakunnalla kaukolämpöyhtiöiden tarjoamaan kaukojäähdytystä. (Energiateollisuuden www-sivut 2021.) Kaukojäähdytys sopii alueille, joissa on jo toimiva kaukolämpöverkosto, kuten kaupunkien taajama-alueet. Sekä vanhat, että uudiskohteet on mahdollista liittää kaukojäähdytyksen piiriin. (Airaksinen, Laitinen & Rämä 2016, 4.)

Kaukojäähdytyksen myynti on kasvanut selvästi Suomessa suurissa kaupungeissa. Kuvassa 2 on esitetty Suomen kaukojäähdytyksen kysyntä.

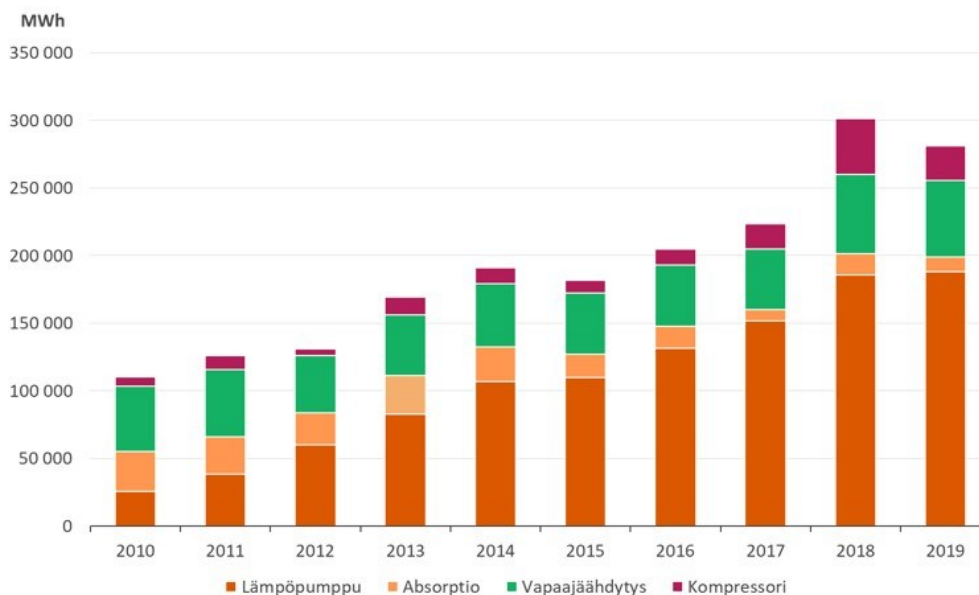
## Myynti ja sopimusteho



Kuva 2. Kaukojäähdytyksen myynti ja sopimusteho (Energiateollisuuden www-sivut 2020)

Sopimusteho on kasvanut 15 %, vaikka kaukojäähdytysenergian myynti on laskenut edellis vuoteen nähden 7 %. Syynä tähän on ollut viileämpi kesä. Kaukojäähdytyksessä jopa yli 90 % on tuotettu sellaisilla energialähteillä, jotka muuten olisivat olleet hukkalämpöä. Pääosa kaukojäähdytyksestä tuotetaan lämpöpumpuilla ja vapaajäähdytyksellä. Kuvassa 3 on kuvattu jäähdytysenergian tuotantotavat.

## Jäähdytysenergian tuotanto



Kuva 3. Jäähdytysenergian tuotantotavat (Energiateollisuuden www-sivut 2020)

Kaukojäähdytystoiminta Suomessa on alkanut Helsingissä vuonna 1998. Heti vuosikymmenen vaihteessa ja sen jälkeen myös muut isot kaupungit ovat aloittaneet kaukojäähdytystoimintaa. Kuvassa 4 on vuonna 2019 kaukojäähdytystä myyneet energiayritykset.

## Kaukojäähdytystä v. 2019 myyneet energiayritykset

Energiayhtiö	Kaukojäähdytystoiminnan aloittamisvuosi
Etelä-Savon Energia Oy	2018
Fortum Power and Heat Oy	2012
Helen Oy	1998
Jyväskylän Energia Oy	2016
Kuopion Energia Oy	2017
Lahti Energia Oy	2000
Lempäälän Lämpö Oy	2008
Pori Energia Oy	2012
Tampereen Sähkölaitos Oy	2012
Turku Energia Oy	2000
Vierumäen Infra Oy	2002

Kuva 4. Jäähdytystä myyneet yritykset vuonna 2019 (Energiateollisuuden www-sivut 2020)

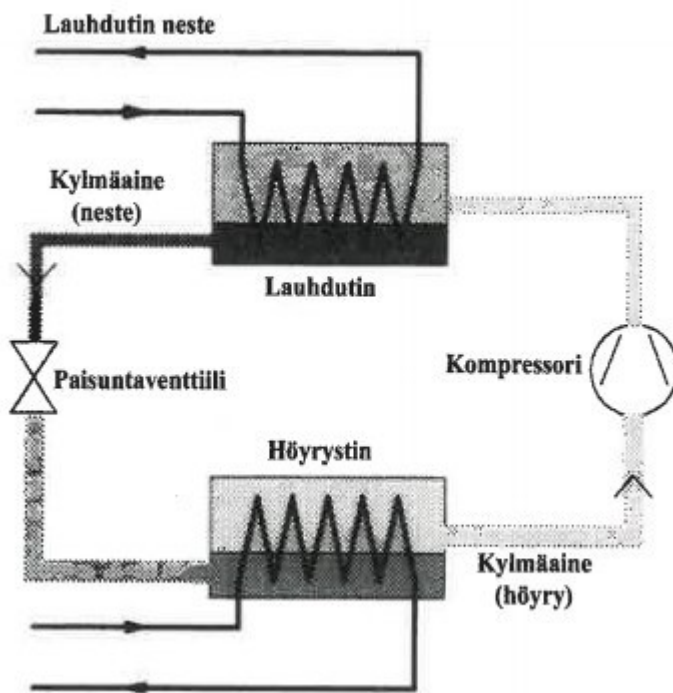
### 2.3 Jäähdytysteknologiat

Seuraavassa käydään lyhyesti läpi eri kaukojäähdytyksen yleisimpiä muotoja. Näitä ovat lämpöpumput, vapaajäähdytys, kompressori- ja absorptiotekniikat. Tarkoituksena on luoda yleiskuva eri järjestelmistä. Näistä selvästi yleisimmin käytössä olevia ovat lämpöpumppuratkaisut. Lämpöpumppuja pystytään hyödyntämään tehokkaasti olemassa olevan kaukolämpöverkoston avulla, kun kiinteistöjen ylimääräinen lämpö syötetään kaukolämpöverkkoon.

#### 2.3.1 Kompressorijäähdytys

Kompressorijäähdytys perustuu kiertoprosessiin, jossa kylmäaine kiertää koneistossa. Kylmäaine lauhtuu ja höyrystyy tässä kierrossa. Pääkomponentit ovat kompressori, lauhdutin, paisuntalaite ja höyrystin. Kylmäaine höyrystyy lämpöä sitoen höyrystimessä, josta kompressori imee tämän matalapaineisen höyryn. Kompressori puristaa kylmäainehöyryn korkeampaan paineeseen, jolloin myös höyryn lämpötila nousee. Lauhduttimessa höyry lauhtuu ja luovuttaa lämpönsä ympäristöön. Kylmäaineen

paineenlasku tapahtuu paisuntalaitteessa, neste muuttuu nesteen sekä höyryn seokseksi ja myös sen lämpötila laskee. Kylmäaineina käytetään yleisimmin kloorittomia hiilivetyjä kuten esimerkiksi kylmäaineita R134a ja R404A. Kompressorin saa tehonsa sähkömoottorilta. (Hakala & Kaappola 2013, 10-23.) Kuvassa 5 on esitettyä kompressorikylmälaitteen toimintaa.



Kuva 5. Kompressorijäähdytyksen toimintaperiaate (Koskelainen 2006, 532)

Kompressorijäähdytyksessä voidaan käyttää erilaisia kompressoreita riippuen tarvittavasta jäähdytystehosta. Mäntäkompressorin on tyypillinen alle 1,5 MW koneissa. Ruuvikompressoreita käytetään aina 10 MW:n tehoon saakka ja keskipakokompressoreita voidaan käyttää 25 MW:n tehoon asti. Näiden lisäksi voidaan käyttää lamellikompressoreita ja turbokompressoreita. Suurilla tehoilla turbokompressorilla päästään korkeimpiin hyötysuhteisiin, mutta osatehoilla sen tuotto ja paineen kehitys heikkenevät. (Koskelainen 2006, 532.)

Jäähdytyksessä voidaan käyttää suoraa tai epäsuoraa menetelmää. Suorassa jäähdytyksessä höyrystin on jäähdytettävässä kohteessa. Epäsuorassa jäähdytyksessä



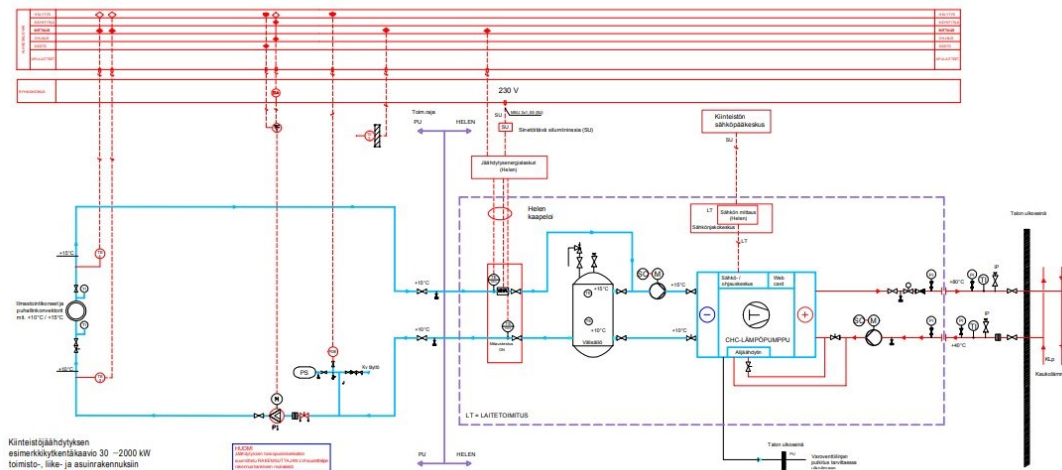
jäähdytetyn kohteen ja höyrystimen välillä on erikseen oma jakelupiirinsä. Kylmäteho, joka tuotetaan jäähdytyskoneella, siirretään siis lämmönsiirtimen kautta varsinaiseen kylmän jakelupiiriin. (Koskelainen 2006, 533.)

### 2.3.2 Lämpöpumppu

Lämpöpumput toimivat samalla periaatteella kuin kompressorijäähdyttimet. Lämpöpumput eroavat kompressorijäähdytyksestä kaukojäähdytyksessä siten, että lämpö, joka syntyy tuottaessa kaukojäähdytystä, voidaan ottaa talteen kaukolämpöverkoston ja hyödyntää kaukolämmön tuotantoon. Tällaisessa tapauksessa investointikin on kannattavampi. (Kirssi 2009, 24.)

Teollisenkoon lämpöpumpuilla tehtävää jäähdytystä ja lämmön tuotantoa kutsutaan CHC:ksi (Combined Heat and Cooling). CHC-menetelmässä kiinteistöön asennetaan lämpöpumppu, joka on kytketty sekä kiinteistön jäähdytysverkkoon, että myös kaukolämpöverkkoon. Hukkalämpö, joka syntyy tässä jäähdytysprosessissa, voidaan ottaa talteen. Talteen otettu lämpö on kuitenkin matalalämpöistä. Lämpöpumpulla ja sen kytkennöillä on kuitenkin mahdollista nostaa lämpötilaa jopa niin paljon, että se täyttää kaukolämpöverkoston vaatimukset. Taajamiin tämä ratkaisu on hyvin sopiva, sillä taajama-alueilla on aina tarvetta myös lämmölle.

Samoin kuin kompressorijäähdytyksessä, myös CHC-lämpöpumppujäähdytys perustuu kylmäaineen kiertoon koneistossa. Prosessi on samankaltainen kuin kompressorijäähdytyksessä, mutta höyrystimenä toimii lämmönvaihdin ja lauhduttimena kaukolämpöverkko. Järjestelmässä tarvitaan useita kompressoreja lämpötilan nostamiseksi niin korkeaksi, että lauhdutus voidaan toteuttaa kaukolämpöverkkoon. (Hiltunen 2019, 11.) Kuvassa 6 Helsingin Energian periaatteellinen CHC-kytkentäkaavio.



Kuva 6. CHC-kytentäkaavio (Helen www-sivut 2020)

### 2.3.3 Vapaaäähdytys

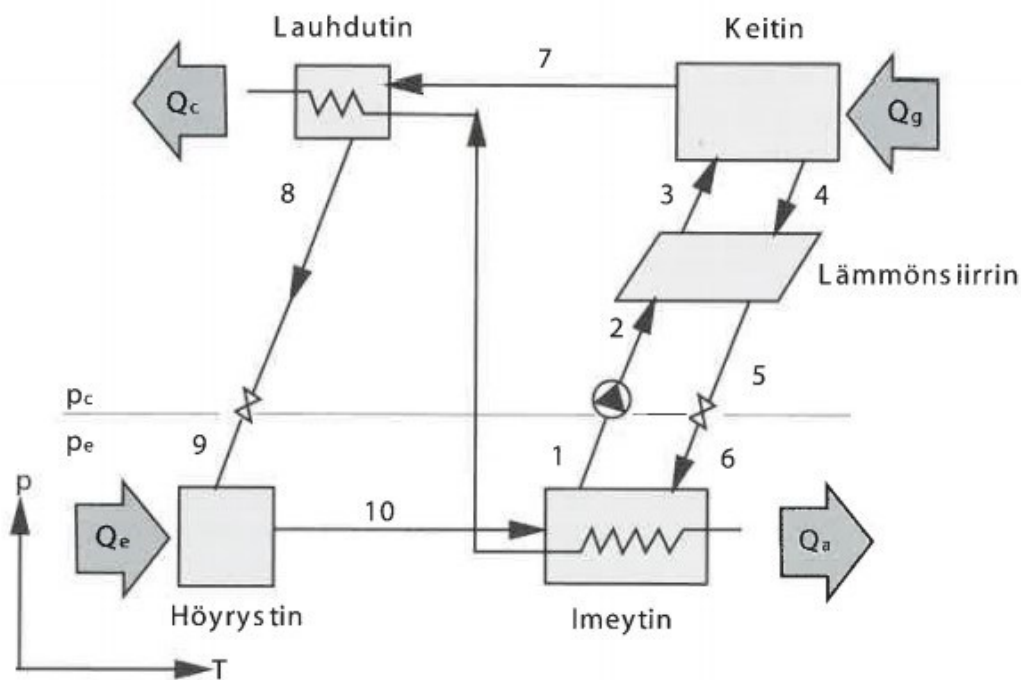
Vapaaäähdytys tarkoittaa sitä, että rakennusta jäähdytetään hyödyntämällä joko ulkoilmaa, maaperää tai vesistöä. Toteutus tapahtuu useimmiten siten, että ulkoilma jäähdyttää kiertonestettä tai kiertoneste pumpataan putkistojen kautta, jotka kiertävät vesistössä tai maaperässä. Vapaaäähdytykseen lasketaan myös viileän ilman siirtäminen rakennukseen. Vapaaäähdytyksen heikkoutena on, että se ei yksinään välttämättä riitä takaamaan riittävää jäähdystehoja rakennukseen. (Ympäristöministeriö 2011, 12.) Kaukojäähdytyksen tarpeeseen vesistöissä oleva kylmä vesi riittää noin 4 - 8 kuukauden ajan vuodessa. Myöskin kesällä ja syksyllä, kun vesi on lämpimämpää, vesistöt ovat hyvä perustehon lähde. Vapaaäähdytys toimii myös luonnollisena pohjana muille jäähdystenergiatuotantomuodoille. (Koskelainen 2006, 531.)

### 2.3.4 Absorptiojäähdytys

Absorptiojäähdytys tarkoittaa kahden eri aineen toimimista aineparina, joista toinen on liuotin ja toinen aine, johon liuotettava aine imeytyy eli absorbentti. Absorptiota voidaan verrata termodynaamisesti lauhtumiseen, eli kaasu liukenee nesteeseen. Absorptioprosessissa kompressorin korvataan imeyttimellä ja keittimellä. (Kirssi 2009, 23.) Lämpöpumpun absorptioprosessissa taas korvaavat höyrytin ja lauhtutin.

Absorptiojäähdytyskierrrossa lauhduttimelta kulkeva kylmäaine menee paisuntaventtiiliin läpi höyrystimelle. Paisuntaventtiilissä tapahtuu jo osa kylmäaineen höyrystymisestä. Loppu höyrystyminen tapahtuu höyrystimessä.

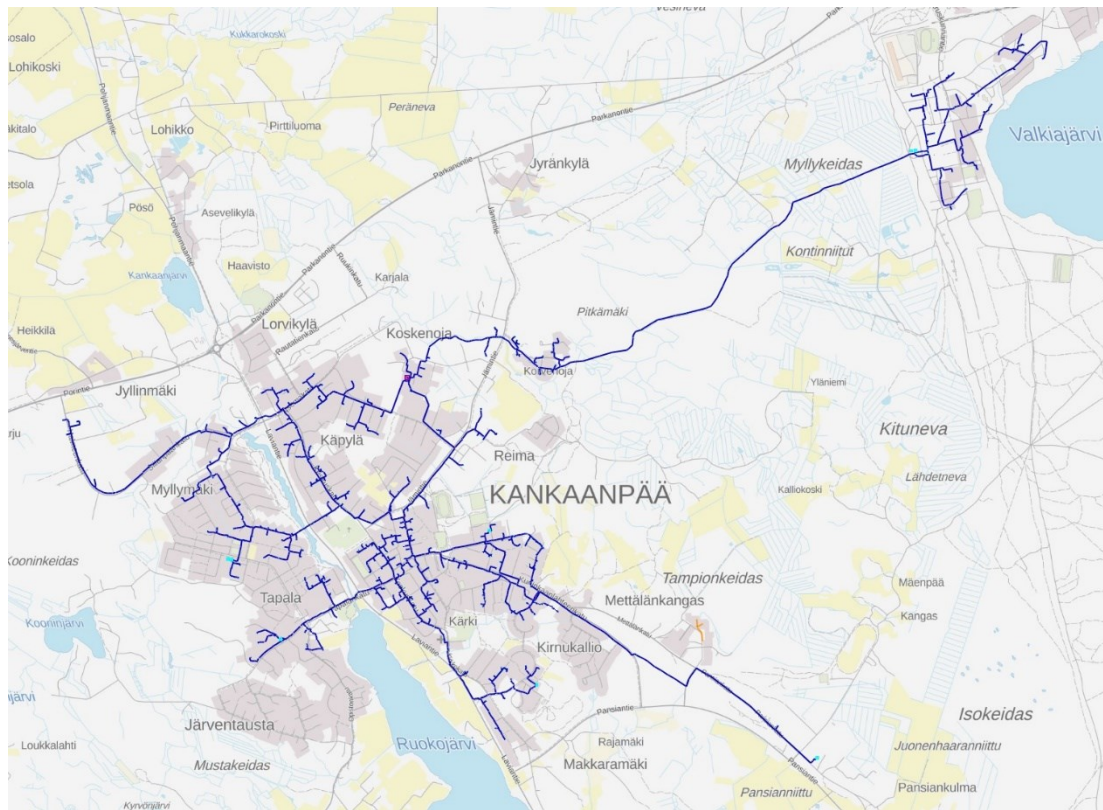
Imeyttimessä höyry absorboituu absorbenttiin ja liuoksen paine nostetaan. Yleisiä ainepareja prosessissa ovat vesi-litiumbromidi ( $\text{H}_2\text{O-LiBr}$ ) ja ammoniakki-vesi ( $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ ). Tämä edellä kuvattu prosessi korvaa kompressorin. (Koskelainen 2006, 534.) Keitin tarvitsee lämpöä, joka saadaan kaukolämpölaitoksen hukkalämmöstä. Kylmäkoneena absorptiokone ei ole niin tehokas kuin kompressorin. Absorptiokone käyttää hyväkseen kuitenkin ylimääräistä lämpöenergiaa, kun taas kompressorin käyttää käyttövoimanaan sähköä, jolloin primäärienergian käyttö tehostuu. Jos hukkalämpöä on saatavilla, onkin absorptiokone kannattavampi vaihtoehto. (Kirssi 2009, 23.) Kuvassa 7 on esitetty absorptiolämpöpumpun toimintaperiaate.



Kuva 7. Absorptiolämpöpumpun toimintaperiaate (Koskelainen 2006, 534)

### 3 JÄÄHDYTYSTEHTÄVÄN ARVIOINTIIN VALITUT KOHTEET KANKAANPÄÄSSÄ

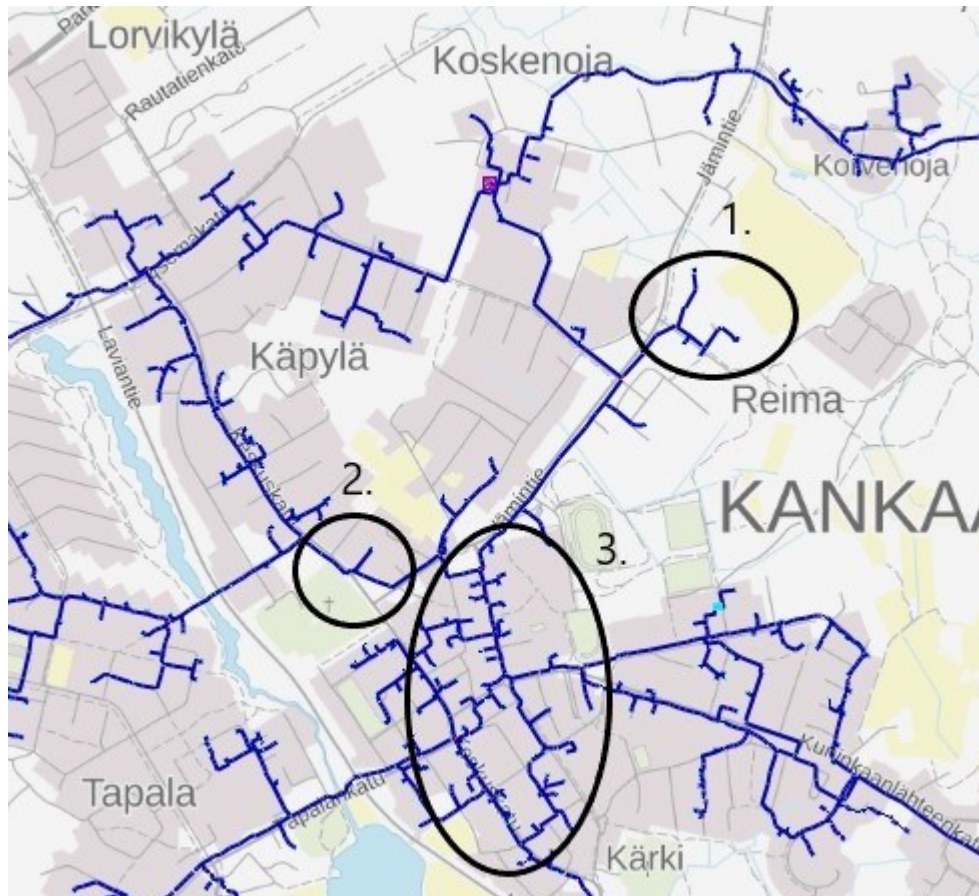
Kankaanpään kaukolämpöverkosto kattaa Kankaanpään keskusta-alueen ja Niinisalon varuskunnan. Kuvassa 8 näkyy Vatajankoski Oy:n nykyinen kaukolämpöverkko.



Kuva 8. Vatajankoski Oy:n kaukolämpöverkko (Trimble NIS 19.2)

Tässä työssä selvitykseen valittiin aivan Kankaanpään ydinkeskustassa sijaitsevat rakennukset ja näiden lisäksi Reimankalliolla sijaitsevat kaukolämpöverkkoon kuuluvat asuinkerrostalot. Sen lisäksi, että selvitykseen valitut kiinteistöt rajattiin Kankaanpään keskusta-alueeseen, selvityksestä jätettiin pois omakotitalorakennukset. Näitä omakotitaloja aivan keskustassa onkin vähemmän verrattuna isompiin kiinteistöihin. Työssä selvitettiin myös Kankaanpään K-Citymarketin jäähdytystehon tarvetta. Kerrostalojen huoneistoalat saatiin osittain Vatajankosken Lämpökanta-tietokannasta ja osaa huoneistoaloista tarkistettiin myös kiinteistöjen isännöitsijöiltä. K-Citymarketin

jäähdytystehoa selvitetiin kiinteistön nykyisten jäähdytysratkaisujen perusteella. Selvityksessä mukana olevat alueet on merkitty kuvassa 9 olevaan karttaan.



Kuva 9. Tässä työssä selvityksessä olevat alueet. 1. Reiman asuinalue, 2. K-Citymarket, 3. Keskuskadun, Torikadun, Paasikivenkadun kerrostalot sekä Luoman asuinalue (Trimble NIS 19.2)

### 3.1 Asuinkerrostalot

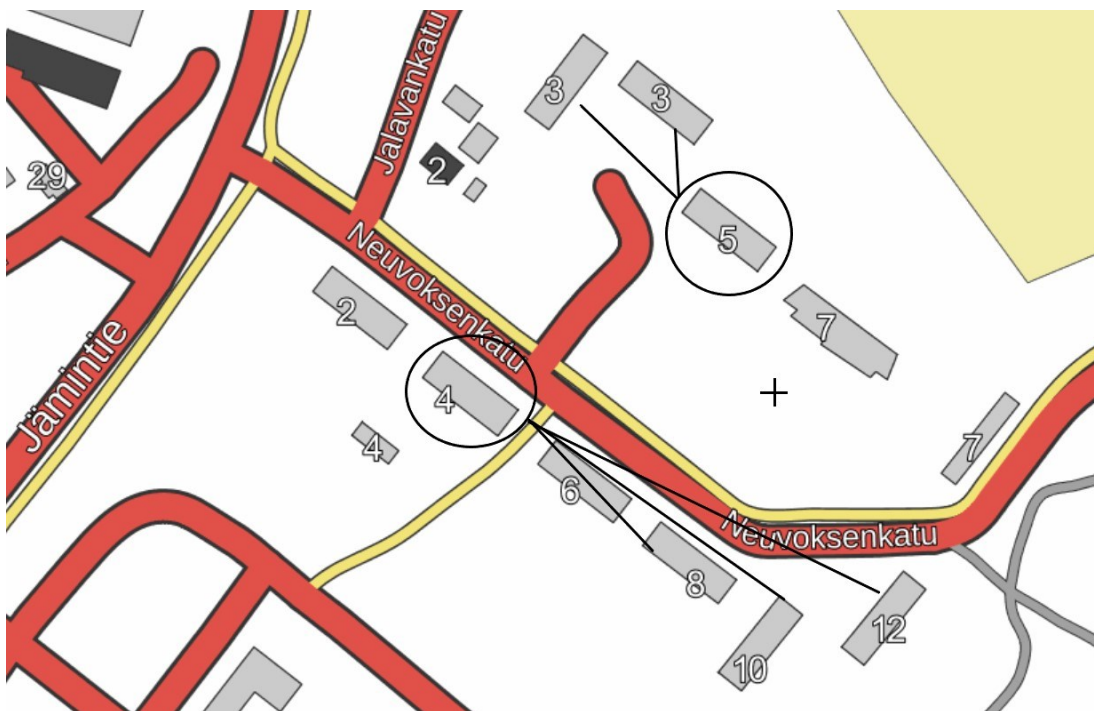
Keskuskatu ja Torikatu sijaitsevat aivan Kankaanpään ydinkeskustassa. Niiden varrella on useita asuinkerrostaloja sekä asuinliikerakennuksia. Keskuskadun ja Torikadun varrella olevista asuinkerrostaloista ja -liikerakennuksista selvitykseen otettiin mukaan 19 kohdetta. Keskuskadusta selvityksestä jätettiin pois Keskuskadun alkupään kiinteistöt, jotka ovat suurelta osin omakotitaloja. Selvityksessä keskityttiin Keskustorin läheisyydessä oleviin kerrostaloihin ja asuinliikerakennuksiin. Torikadun varrelta selvityksessä olivat kaikki kaukolämmityksen piirissä olevat kerrostalot. Nämä

Keskuskadulla ja Torikadulla sijaitsevat kohteet on rakennettu vuosina 1938 - 2013. Rakennusten huoneistoalat ovat 160 - 2600 m<sup>2</sup> ja niiden lämmitettävä tilavuus vaihtelee välillä 1200 - 11800 m<sup>3</sup>.

Luoman alue sijaitsee Keskuskadun loppupäässä, kuitenkin noin 500 m etäisyydellä Keskustorista. Luoman alue koostuu asuinkerrostaloista, jotka kuuluvat kaukolämmityksen piiriin. Luoman alueelta selvityksessä oli mukana kahdeksan asuinkerrostaloa. Ne on rakennettu vuosina 1975 - 1981. Kerrontalojen huoneistoalat vaihtelevat välillä 1058 - 1988 m<sup>2</sup> ja lämmitettävä tilavuus välillä 4630 - 5870 m<sup>3</sup>.

Kankaanpään Paasikivenkadulla on useita asuinkerrostaloja, jotka kuuluvat kaukolämmitykseen. Paasikivenkadulta mukana selvityksessä oli kahdeksan asuinkerrostaloa ja yksi asuinliikerakennus, jotka sijaitsevat Paasikivenkadun alkupäässä ja lähellä Kankaanpään liikuntakeskusta, johon ollaan toteuttamassa CHC-jäähdytysratkaisua. Paasikivenkadun selvityksessä mukana olleet kerrostalot on rakennettu vuosina 1969 - 1990. Kerrostalojen huoneistoalat ovat välillä 1050 - 1749 m<sup>2</sup> ja lämmitettävä tilavuus vaihtelee 4510 - 6740 m<sup>3</sup> välillä.

Reimankallion asuinalue ei kuulu aivan Kankaanpään ydinkeskustaan, mutta se otettiin yhtenä tarkastelukohteena mukaan jäähdytyspotentiaalinen selvitykseen. Kaukolämmityksen osalta Reimankallion asuinkerrostaloissa kuudessa on oma kaukolämmön lämmönjakohuoneensa. Neuvoksenkatu 4:n lämmönjaon kautta lämmitetään Neuvoksenkatu 8, Neuvoksenkatu 10 ja Neuvoksenkatu 12 sekä Neuvoksenkatu 5:n lämmönjaon kautta lämmitetään Neuvoksenkatu 3 a-b ja Neuvoksenkatu 3 c-d. Reiman alueen kerrostalot on rakennettu vuosina 1972 - 1979 ja rakennusten huoneistoalat ovat 1031 - 1600 m<sup>2</sup>. Kuvassa 10 on havainnollistettu tätä kaukolämmönjakoa kerrostalojen välillä.



Kuva 10. Neuvoksenkatu 4:n kautta lämmitetään myös kerrostalot 8, 10 ja 12 sekä Neuvoksenkatu 5:n kautta kerrostalot 3 a-b ja 3 c-d (Maanmittauslaitoksen www-sivut 2021)

### 3.2 K-Citymarket

Citymarketin kohdalla tehontarpeen määrittäminen suoritettiin selvittämällä kaupan nykyisiä jäähdytysratkaisuja käymällä kiinteistössä kierroksella, josta saatiin käsitystä kiinteistön nykyisistä jäähdytyslaitteistoista. Kankaanpään K-Citymarket on laajennettu vanhan K-Supermarketin tiloihin vuonna 2010.

K-Citymarketin kiinteistö kuuluu Kankaanpään kaukolämpöverkoston. K-Citymarketin laajennuksen yhteydessä on asennettu uusi lämmönsiirtoverkosto ilmanvaihtopiiriin ja siihen on asennettu omat lämmönsiirtimensä. Lämmitys myymälässä on hoidettu pääasiassa ilmalämmityksellä, tuulikaapit kiertoilmalämmittimillä ja muut tilat lämmityspattereilla. Olemassa ollut lauhdelämmöntalteenottoverkosto on jäänyt käyttöön ja uusille kylmäkoneikoille on asennettu oma uusi lauhdelämmöntalteenottoverkosto.

Laajennuksessa asennetut uudet tuloilmakojeet TK01 ja TK06 on varustettu jäähdytyspattereilla sekä jo ennen laajennusta olleisiin tuloilmakojeisiin TK03 ja TK04

lisättiin jäähdytyspatterit laajennuksen yhteydessä. Mitoituslämpötiloina on ulkoilman minimi lämpötila  $-26\text{ °C}$  ja sisälämpötila  $+20\text{ °C}$  sekä jäähdytysvesiverkoston  $7/12\text{ °C}$  ja ilmajäähdytyksen  $25/15\text{ °C}$ . (Satakunnan Insinöörikeskuksen LVI-suunnitelma 2010, 13.)

Jäähdytys tapahtuu jäähdytyskoje JK01:llä, joka on kylmävesiasema. JK01:n kuuluu vedenjäähdytin, pumput ja katolle asennettu nestejäähdytin. Tämän lisäksi entisen Alkon tilat ja vastaanottohuone on varustettu Split-jäähdyttimillä JK02 ja JK03 sekä kas-satoimiston, tilityksen, valvonnan ja vahtimestarin tilat Multisplit-jäähdytin JK04:llä ja laitetila Split-jäähdytin JK05:llä. (Satakunnan Insinöörikeskuksen LVI-suunnitelma 2010, 30.) Split-jäähdyttimet ovat ilmalämpöpumppuja ja Multisplit-jäähdyttimeen on mahdollista asentaa useita sisäyksiköitä. Kankaanpään K-Citymarketin Multisplit-jäähdytin JK04:ssa sisäyksiköitä on neljä kappaletta.



## 4 JÄÄHDYTYSTEHONTARVELASKENTA

Tässä selvityksessä jäähdytystehontarvelaskenta suoritetaan käsin laskemalla. Tehotarvearviointi tällä perusteella on epätarkka. Erityisesti auringon rakennukselle aiheuttama lämpökuorman laskennassa on otettava huomioon hyvin monia asioita. Auringon lämpökuormalla on suuri vaikutus laskennan lopputulokseen ja näin ollen myös isojenkin virheiden mahdollisuuteen laskennan lopputuloksessa. Rakennuksen jäähdytystehontarvetta on kuitenkin mahdollista arvioida laskennallisesti käsin laskemalla, kun tiedossa on kaikki lämpökuormat, jotka rakennukseen vaikuttavat. Sen lisäksi täytyy tietää olosuhteet mitoittavassa tilanteessa sekä mitoituksen tavoitearvot. Rakennuksen sisäisille lämpökuormille on olemassa standardiarvot, mutta lämpökuormia voidaan arvioida myös rakennuksen todelliseen käyttöön perustuen.

Tärkeimmät kriteerit, joilla jäähdytystehontarvetta mitoitetaan ovat huonelämpötilan tavoitearvossa pysyminen ja sen enimmäisarvo. Muut tekijät, jotka tulisi huomioida mitoituksessa ovat rakenteiden lämmönjohtavuus, ikkunoiden pinta-ala, aurinkosuojaus ja rakenne sekä rakennusmassat ja miten ne varaavat lämpöä. Suurimmillaan jäähdytystehontarve on rakennuksissa yleensä heinä-elokuussa. Silloin ilmankosteus ja lämpötila ovat vuoden korkeimmalla tasolla. On kuitenkin useita kiinteistöjä, joissa jäähdytystä tarvitaan ympärivuotisesti. Tämä johtuu kiinteistöissä tapahtuvista prosesseista tai sähkölaitteista, jotka aiheuttavat rakennukseen lämpökuormaa. (Koskelainen 2006, 550.)

### 4.1 Lämpökuormien standardiarvot

Mitoitettaessa jäähdytystehoa on otettava huomioon sekä sisäiset että ulkoiset lämpökuormat. Näitä ovat valaistus, koneet ja atk-laitteet, ihmiset, auringon säteily ja seinämien läpi johtuva lämpö. (Koskelainen 2006, 550.) Tämän lisäksi rakennukseen varastoituu lämpöenergiaa. Se tulisi myös ottaa laskennassa huomioon. Rakennuksen sisäisille lämpökuormille on olemassa standardiarvot. Lämpökuormien standardiarvot on esitetty RakMK osassa D3. Taulukossa 1 on esitetty rakennusten standardikäyttö sekä laskennassa käytettävät sisäiset lämpökuormat nettoalaa kohti.

Taulukko 1. Rakennusten standardikäyttö ja laskennassa käytettävät sisäiset lämpökuormat (Suomen RakMK 2012, 19)

Käyttötarkoitukseluokka	Kellonaika <sup>d</sup>	Käyttöaika		Käyttöaste	Valaistus	Kuluttajalaitteet	Ihmiset <sup>a</sup>
		h/24h	d/7d				
Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalo	00:00-24:00	24	7	0,6	8 <sup>b,c</sup>	3	2
Asuinkerrostalo	00:00-24:00	24	7	0,6	11 <sup>b,c</sup>	4	3
Toimistorakennus	07:00-18:00	11	5	0,65	12 <sup>c</sup>	12	5
Liikerakennus	08:00-21:00	13	6	1	19 <sup>c</sup>	1	2
Majoitusliikerakennus	00:00-24:00	24	7	0,3	14 <sup>c</sup>	4	4
Opetusrakennus ja päiväkot	08:00-16:00	8	5	0,6	18 <sup>c</sup>	8	14
Liikuntahalli	08:00-22:00	14	7	0,5	12 <sup>c</sup>	0	5
Sairaala	00:00-24:00	24	7	0,6	9 <sup>c</sup>	9	8

Lämpökuormien standardiarvot voivat kuitenkin erota suurestikin todellisuudesta. Todellisessa käytössä ihmisten asumistottumukset ja -tavat vaikuttavat rakennuksen lämpökuormiin.

#### 4.2 Auringon säteilyn aiheuttama lämpökuorma

Auringon rakennukselle aiheuttamista lämpökuormista löytyy sekä laskentakaavoja, että ohjearvoja RakMK:n osasta D5. Käyttämällä näitä laskentamalleja ja suorittamalla laskennan tarkasti ja huolellisesti, on mahdollista päästä kohtuullisen lähelle todellista tilannetta. Auringon aiheuttamissa lämpökuormissa on kuitenkin niin paljon erilaisia huomioitavia tekijöitä, että myös virhemahdollisuus kasvaa suureksi.

Ikkunoista rakennukseen tuleva säteilyenergia lasketaan seuraavalla kaavalla

$$Q_{aur} = \Sigma G_{säteily,pystypinta} * F_{läpäisy} * A_{ikk} * g \quad (1)$$

jossa

$Q_{aur}$  = ikkunoiden kautta tuleva säteilyenergia, kWh/kk

$G_{säteily, pystypinta}$  = auringonsäteily pystypinnalle pinta-alayksikköä kohden, kWh/(m<sup>2</sup>kk)

$F_{läpäisy}$  = säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin

$A_{ikk}$  = ikkuna-aukon pinta-ala (sisältyy kehys- ja karmirakenteet), m<sup>2</sup>

$g$  = valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin

Auringosta tuleva kokonaissäteilyenergia ( $G_{säteily}$ ) sekä muuntokertoimet eri ilman-suunnille ja kuukausille on esitetty RakMK D5:n liitteessä 1. Säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskertoimen arvoon tarvitaan tiedot kehäkertoimesta, verhokertoimesta sekä varjostuksen korjauskertoimesta. Se lasketaan kaavalla

$$F_{läpäisy} = F_{kehä} * F_{verho} * F_{varjostus} \quad (2)$$

jossa

$F_{läpäisy}$  = säteilyn läpäisyn kokonaiskerroin

$F_{kehä}$  = kehäkerroin

$F_{verho}$  = verhokerroin

$F_{varjostus}$  = kaikkien varjostusten kokonaiskerroin

Kehäkerroin on ikkunan valoaukon ja ikkunan kokonaispinta-alan suhde. Se lasketaan kaavalla

$$F_{kehä} = \frac{A_{ikkunan\ valoaukko}}{A_{ikkuna}} \quad (3)$$

jossa

$A_{ikkunan\ valoaukko}$  = ikkunan valoaukon kokonaispinta-ala, m<sup>2</sup>

$A_{ikkuna}$  = ikkuna-aukon kokonaispinta-ala, m<sup>2</sup>

Ilman varjostuksia ja verhoja säteilyn kokonaiskorjauskertoimelle on mahdollista käyttää arvoa 0,75. Samoin kehäkertoimen arvona voidaan käyttää arvoa 0,75, jos tarkkaa tietoa ei ole mahdollista saada. Verhokertoimille löytyy erilaisia arvoja RakMK D5:n taulukossa 8.5.

Varjostusten kokonaiskertoimen määrittämisessä tulee huomioida ympäristön varjostus, ikkunan yläpuoliset varjostukset ja sivuvarjostukset. Lisäksi RakMK D5:n taulukoissa 8.6 – 8.8 (Liite 1) on annettu erilaisia arvoja varjostusten korjauskertoimille huomioiden eri ilmansuunnat ja varjostuskulmat. Varjostus lasketaan kaavalla

$$F_{varjostus} = F_{ympäristö} * F_{ylävarjostus} * F_{sivuvarjostus} \quad (4)$$

jossa

$F_{varjostus}$  = korjauskerroin varjostuksille

$F_{ympäristö}$  = korjauskerroin ympäristön horisontaalisille varjostuksille

$F_{ylävarjostus}$  = korjauskerroin ikkunan yläpuolella oleville rakenteellisille varjostuksille

$F_{sivuvarjostus}$  = korjauskerroin ikkunan sivuilla oleville pystysuorille varjostuksille

Ikkunan auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin voidaan laskea kaavalla

$$g = 0,9 * g_{kohtisuora} \quad (5)$$

jossa

$g$  = valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin

$g_{kohtisuora}$  = valoaukon kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin

Mikäli kohtisuoraa säteilyn kokonaisläpäisykerrointakaan tunneta, on mahdollista käyttää RakMK D5:n taulukon 8.4 ikkunalasituksen tyyppin mukaisia taulukkoarvoja.

#### 4.3 Energiateollisuuden jäähdytystehon taulukkoarvot

Arvioidessa jäähdytysenergian kulutusta ja mitoitettaessa kylmätehoa, voidaan käyttää Energiateollisuuden Kaukolämmön käsikirjan mukaisia arvoja. Arvot on esitetty kuvassa 11.

Rakennustyyppi	Tehontarve W/m <sup>2</sup>	Energiankulutus kWh/m <sup>2</sup>	Huipun käyttöaika h
Asuinrakennus	15...30	10...15	300...600
Toimistorakennus	30...70	15...50	500...1400
Kauppakeskus	100...200	70...150	700...2000
Atk-tilat	300...		> 3000
Hotellit	40...70		800...1200

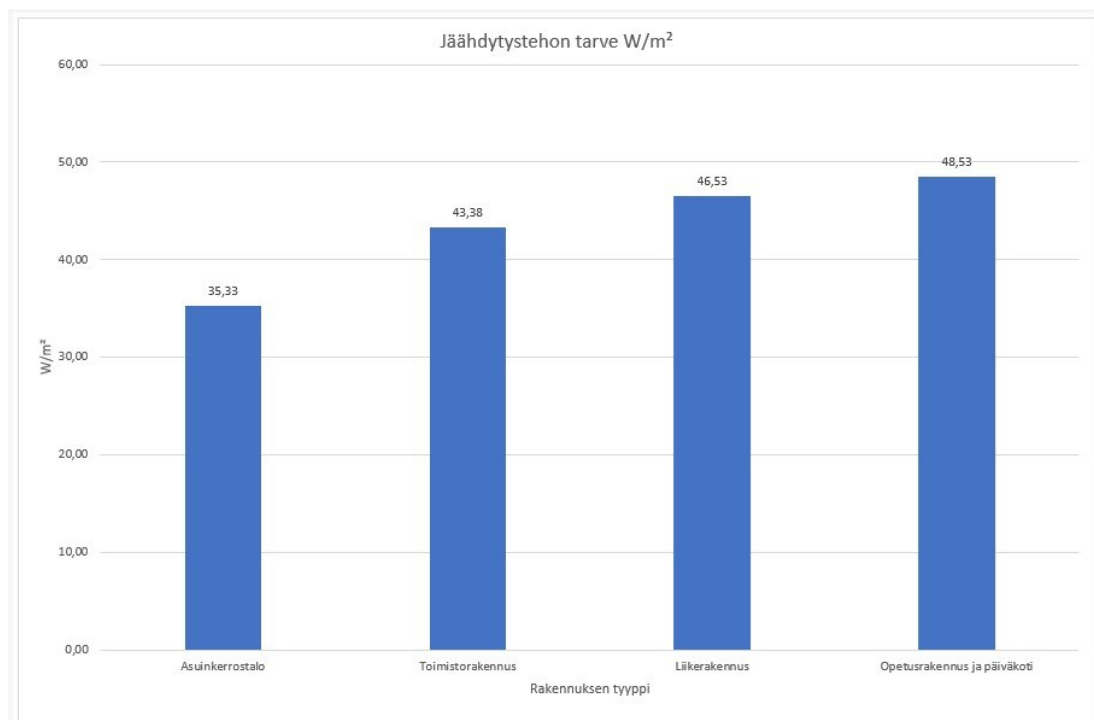
Kuva 11. Tyypillisiä arvoja jäähdytysteholle ja -energian kulutukselle erilaisissa rakennuksissa (Koskelainen 2006, 550)

#### 4.4 Käsin laskennalla saadut arvot

Tässä selvityksessä on tarkastelussa mukana paljon kiinteistöjä ja jäähdytystehon arviointi suoritetaan käyttämällä taulukkoarvoja sekä sen lisäksi on suoritettu karkean

tason laskenta edellä kuvatuilla lämpökuormilla ja auringon säteilyenergian laskenta-kaavalla. Laskennassa huomioitiin rakennuksen käyttöaste, valaistus, kuluttajalaitteet ja ihmiset rakennusten standardikäytön lämpökuormien taulukkoarvojen perusteella. Ikkunoista tuleva auringon säteilyenergia laskettiin kaavalla 1 käyttäen apuna kaavoja 2 - 5. Tarkka arviointi olisi edellyttänyt tarkkaa tietoa, paljonko rakennuksessa on ikkunapinta-alaa, mihin ilmansuuntaan ikkunat ovat, millaiset verhot ikkunassa on sekä ikkunoihin kohdistuvat varjostukset. Näin tarkkaan kiinteistökohtaiseen selvitykseen ei kuitenkaan tässä selvityksessä lähdetty. Näihin tietoihin käytettiin karkeaa arviointia rakennusten tietojen ja ulkoisen tarkastelun perusteella. Laskenta suoritettiin heinäkuun auringon säteilytiedoilla. Tällä hyvin karkealla laskennalla saatiin taulukon 2 mukaisia tuloksia.

Taulukko 2. Jäähdytystehon arvot laskennassa



Käsin laskennalla saadut tulokset asuinrakennusten kohdalla ovat hieman suuremmat kuin Energiateollisuuden antamien taulukkoarvojen vaihteluväli. Energiateollisuuden taulukkoarvoissa asuinrakennusten jäähdytystehontarpeen vaihteluväli on 15 - 30 W/m<sup>2</sup> ja käsin laskennalla asuin kerrostaloille saatiin jäähdytystehontarpeeksi noin 35

W/m<sup>2</sup>. Toimistorakennusten kohdalla käsin laskennalla saatu arvo, noin 43 W/m<sup>2</sup>, asetuu Energiateollisuuden taulukkoarvon 30 - 70 W/m<sup>2</sup> vaihteluvälille.

## 5 LASKENNAN TULOKSET

Jäähdytystehontarpeen tuloksissa arvioitiin rakennusten jäähdytystehontarve käyttäen Energiateollisuuden taulukkoarvojen minimi- ja maksimiarvoja 15 - 30 W/m<sup>2</sup> asuinrakennuksille ja 30 – 70 W/m<sup>2</sup> toimistorakennuksille, sekä määritettiin jäähdytystehontarve käsin laskennalla saadulla arvoilla 35 W/m<sup>2</sup> ja 43 W/m<sup>2</sup>. Tämän lisäksi arvioitiin Energiateollisuuden taulukkoarvojen perusteella vuosittaista energiankulutusta. Energiankulutuksen taulukkoarvot asuinrakennuksille ovat 10 – 15 kWh/m<sup>2</sup> ja toimistorakennuksille 15 – 50 kWh/m<sup>2</sup>.

Kerrostaloissa kiinteistön energiajärjestelmän mitoitukseen vaikuttaa ilmiö, jota kutsutaan risteilyksi. Se on tilastollinen ilmiö, joka tarkoittaa sitä, että asukkaiden kulu- tushuiput eivät ajoitu samoihin aikoihin, joka aiheuttaa vaimennusta kokonaistehon määrääytymisessä. Koko järjestelmän huipputeho on näin ollen pienempi kuin yksittäisten huoneistojen huipputehojen summa. (Koskelainen 2006, 62.) Risteilykertoimen arvona käytetään kaukolämmössä yleisesti 0,7:ä ja vastaavaa arvoa voidaan käyttää myös kaukojäähdytyksessä, jos tarkempaa arvoa ei ole (Turtiainen 2020, 49). Myös tässä työssä kaukojäähdytyksen risteilykertoimenä on käytetty 0,7.

### 5.1 Keskuskatu ja Torikatu

Keskuskadun ja Torikadun varrella on pelkästään asuinrakennuksina olevia kerrostaloja sekä myös asuinliikerakennuksia. Tämä jaottelu vaikutti osaltaan jäähdytystehontarpeen arviointiin. Asuinkerrostalojen kohdalla jäähdytystehoa arvioitiin asuinrakennusten tehontarpeen mukaan, joka teki tästä tarkastelusta yksinkertaisemman. Asuinliikerakennusten kohdalla tiedossa ei ollut kuitenkaan, miten kiinteistön huoneistoalat jakautuvat toimisto- ja liikehuoneistojen sekä asuinhuoneistojen välillä. Nämä kiinteistöt ovat kaikki rakenteeltaan sellaisia, joissa alin kerros on liike- ja toimistotilaa ja ylemmät kerrokset asuinhuoneistoja. Kiinteistöjen tarkastelussa päädyttiin ratkaisuun, jossa käytettiin Maanmittauslaitoksen Karttapaikka-palvelua, jolla pystyi mittaamalla karkeasti arvioimaan rakennusten pohjapinta-alaa. Tämän perusteella kiinteistö jaoteltiin neliömääräisesti tehontarvearviointia varten toimisto- ja asuinrakennukseksi ja laskettiin niiden mukaisilla arvoilla arviot tehontarpeesta, jotta päästäisiin arviolla



lähemmäksi todellista kiinteistön käyttötarkoitusta. Erityisesti toimistorakennuksille Energiateollisuuden taulukossa annettu tehontarpeen vaihteluväli on suuri, joten se myös vaikuttaa tulokseen tehden myöskin sen vaihteluvälin laajaksi. Jaottelemalla rakennus karkeasti asuinliöiden ja toimistoneliöiden perusteella, tätä vaihteluväliä saatiin kuitenkin hieman kavennettua.

Keskuskadun varrella sijaitseville kerrostaloille saatiin jäähdytystarpeen arvioksi käyttäen taulukkoarvojen minimi- ja maksimiarvoja pienimmillään Keskuskatu 53:n 7 – 13 kW ja suurimmillaan Alpinkatu 4:n 26 – 52 kW. Laskennalla saadulla arvolla jäähdytystehon tarpeeksi eri kiinteistöille tuli pienimmillään 16 kW ja suurimmillaan 62 kW. Torikadun varrella sijaitseville kerrostaloille saatiin jäähdytystarpeen arvioksi käyttäen taulukkoarvojen vaihteluväliä pienimmillään Torikatu 10:n 2 – 3 kW ja suurimmillaan Torikatu 15:n 27 – 55 kW. Laskennalla saadulla arvolla jäähdytystehon tarpeeksi eri kiinteistöille tuli pienimmillään 4 kW ja suurimmillaan 64 kW. Taulukossa 3 on esitetty tarkasteltujen kiinteistöjen tehontarve arviot sekä arvio energiankulutuksesta vuositasona.

Taulukko 3. Keskuskadun ja Torikadun kiinteistöjen jäähdytystehontarvearviot ja arvio energiankulutuksesta vuositasona

		HUONEISTOALA m <sup>2</sup>	JÄÄHDYTYSTEHONTARVE		Energiankulutus vuodessa
			Taulukkoarvo	Laskettu arvo	
Alpinkatu 4	Asuinkerrostalo	2492	26 - 52 kW	62 kW	24,9 - 37,4 MWh
Keskuskatu 65	Asuinkerrostalo	1500	16 - 31 kW	37 kW	15,0 - 22,5 MWh
* Kauppatori 3	Asuinkerrostalo	1900	20 - 45 kW	47 kW	19,0 - 28,5 MWh
Keskuskatu 50	Asuinkerrostalo	2130	22 - 45 kW	53 kW	21,3 - 32,0 MWh
Keskuskatu 56	Asuinkerrostalo	1464	15 - 31 kW	36 kW	14,6 - 22,0 MWh
* Keskuskatu 58	Asuinkerrostalo	1400	15 - 29 kW	35 kW	14,0 - 21,0 MWh
Keskuskatu 65	Asuinkerrostalo	1800	19 - 38 kW	45 kW	18,0 - 27,0 MWh
Keskuskatu 53	Asuinliiketalo	640	7 - 13 kW	16 kW	8,7 - 26,0 MWh
Keskuskatu 55	Asuinliiketalo	1589,5	17 - 33 kW	39 kW	18,7 - 43,8 MWh
Keskuskatu 61	Asuinliiketalo	1431,5	15 - 30 kW	35 kW	17,1 - 40,9 MWh
Keskuskatu 57	Asuinliiketalo	1466,5	15 - 31 kW	36 kW	17,7 - 43,1 MWh
YHTEENSÄ			187 - 374 kW	441 kW	
* Torikatu 11	Asuinliiketalo	2000	21 - 42 kW	49 kW	25,4 - 67,7 MWh
Torikatu 13	Asuinliiketalo	2600	27 - 55 kW	64 kW	32,4 - 83,8 MWh
* Torikatu 15	Asuinliiketalo	2600	27 - 55 kW	64 kW	31,9 - 80,5 MWh
Torikatu 4	Asuinliiketalo	1593	17 - 33 kW	39 kW	21,0 - 59,4 MWh
TORIKATU 5	Asuinliiketalo	2077	22 - 44 kW	51 kW	27,2 - 75,9 MWh
Torikatu 7	Asuinliiketalo	2581	27 - 54 kW	64 kW	31,6 - 79,0 MWh
* Torikatu 9	Asuinliiketalo	2500	26 - 53 kW	62 kW	31,1 - 80,2 MWh
Torikatu 10	Asuinliiketalo	160	2 - 3 kW	4 kW	2,8 - 5,2 MWh
YHTEENSÄ			169 - 338 kW	398 kW	
* arvio huoneistoalasta					

## 5.2 Luoman alue

Luoman alueella on vain asuinkerrostaloja, joten laskenta Luoman alueen osalta tehtiin asuinrakennusten arvoilla. Kerrostaloille saatiin jäähdytystarpeen arvioksi taulukkoarvojen vaihteluvälillä laskettuna pienimmillään 11 – 22 kW ja suurimmillaan 21 – 42 kW. Laskennalla saadulla arvolla jäähdytystehon tarpeeksi eri kiinteistöille saatiin pienimmillään 26 kW ja suurimmillaan 49 kW. Yhteenlaskettuna näiden kahdeksan asuinkerrostalon yhteiseksi jäähdytystehontarpeeksi tulisi taulukkoarvolla laskettuna 110 - 220 kW ja laskennalla saadulla arvolla 259 kW. Taulukossa 4 on esitetty Luoman alueen kerrostalojen jäähdytystehontarpeen arviot ja arvio energiankulutuksista vuositasolla.

Taulukko 4. Luoman alueen kiinteistöjen jäähdytystehontarvearviot ja arvio energiankulutuksesta vuositasolla

		HUONEISTOALA m <sup>2</sup>	JÄÄHDYTYSTEHTON TARVE		Energiankulutus vuodessa
			Taulukkoarvo	Laskettu arvo	
Luomanalue	Masankivi	1330	14 - 28 kW	33 kW	13,3 - 20,0 MWh
Luomanalue	Valtterinkivi	1263	13 - 27 kW	31 kW	12,6 - 18,9 MWh
Luomanalue	Sorvanmäki PL 36	1064	11 - 22 kW	26 kW	10,6 - 16,0 MWh
Luomanalue	Tyynekivi	1235	13 - 26 kW	31 kW	12,4 - 18,5 MWh
Luomanalue	Santrankivi	1260	13 - 26 kW	31 kW	12,6 - 18,9 MWh
Luomanraitti 1	Sorvanmäki	1988	21 - 42 kW	49 kW	19,9 - 29,8 MWh
Luomanraitti 4	Konsulinkivi	1260	13 - 26 kW	31 kW	12,6 - 18,9 MWh
Keskuskatu 69	Säästörytilä	1058	11 - 22 kW	26 kW	10,6 - 15,9 MWh
YHTEENSÄ			110 - 220 kW	259 kW	

## 5.3 Paasikivenkatu

Paasikivenkadulla tarkastelussa mukana olleista kiinteistöistä kahdeksan on asuinkerrostaloja ja yksi asuinliikerakennus. Tämä Linnakatu 1:n kerrostalo on Torikadun kerrostalojen tavoin sellainen, jossa alin kerros on toimistotiloja ja ylemmät kerrokset asuinhuoneistoja. Myös tämän rakennuksen kanssa tehon arviointi suoritettiin siten, että määritettiin Karttapaikka-sovelluksella rakennuksen pohjapinta-ala ja sen perusteella jaettiin jälleen huoneistoalaa karkeasti toimisto- ja asuinrakennukseksi.

Paasikivenkadun kerrostaloille saatiin jäähdytystarpeen arvioksi taulukkoarvojen vaihteluvälillä laskettuna pienimmillään 11 – 22 kW ja suurimmillaan 18 – 37 kW.

Laskennalla saadulla arvolla jäähdytystehon tarpeeksi eri kiinteistöille saatiin pienimmillään 26 kW ja suurimmillaan 43 kW. Yhteenlaskettuna näiden yhdeksän asuinkerrostalon yhteiseksi jäähdytystehontarpeeksi tulisi taulukkoarvolla laskettuna 120 - 240 kW ja laskennalla saadulla arvolla 283 kW. Taulukossa 5 on esitetty Paasikivenkadun kerrostalojen jäähdytystehontarpeen arviot ja arvio energiankulutuksista vuositasona.

Taulukko 5. Paasikivenkadun kiinteistöjen jäähdytystehontarvearviot ja arvio energiankulutuksesta vuositasona

		HUONEISTOALA m <sup>2</sup>	JÄÄHDYTYSTEHONTARVE		Energiankulutus vuodessa
			Taulukkoarvo	Laskettu arvo	
* Paasikivenkatu 1	Asuinkerrostalo	1200	13 - 25 kW	30 kW	12,0 - 18,0 MWh
Paasikivenkatu 26	Asuinkerrostalo	1053	11 - 22 kW	26 kW	10,5 - 15,8 MWh
Paasikivenkatu 28	Asuinkerrostalo	1050	11 - 22 kW	26 kW	10,5 - 15,8 MWh
Paasikivenkatu 3	Asuinkerrostalo	1205	13 - 25 kW	30 kW	12,1 - 18,1 MWh
Paasikivenkatu 30	Asuinkerrostalo	1749	18 - 37 kW	43 kW	17,5 - 26,3 MWh
Paasikivenkatu 5	Asuinkerrostalo	1205	13 - 25 kW	30 kW	12,1 - 18,1 MWh
* Paasikivenkatu 7	Asuinkerrostalo	1200	13 - 25 kW	30 kW	12,0 - 18,0 MWh
Paasikivenkatu 9	Asuinkerrostalo	1120	12 - 24 kW	28 kW	11,2 - 16,8 MWh
Linnakatu 1	Asuinliiketalo	1669	18 - 35 kW	41 kW	20,6 - 39,8 MWh
YHTEENSÄ			120 - 240 kW	283 kW	
* arvio huoneistoalasta					

#### 5.4 Reiman alue

Reiman alueella sijaitsee ainoastaan asuinkerrostaloja. Siellä kaukolämmönjako on toteutettu muutamassa kohteessa siten, että yhden kerrostalon lämmönjaosta lämmitetään myös toisia kerrostaloja. Jäähdytystehontarpeen arvioinnissa jokainen näistä kerrostaloista on huomioitu omana rakennuksenaan ja jokaiselle kerrostalolle on laskettu sen huoneistoalaa käyttäen oma arvio jäähdytystehontarpeelle.

Reiman asuinalueen asuinkerrostaloille taulukkoarvojen vaihteluvälillä laskettuna jäähdytystehon tarpeeksi saatiin eri rakennuksille tehoarvoja pienimmillään 11 – 22 kW ja suurimmillaan 17 – 34 kW. Laskennalla saadulla arvolla pienimmillään jäähdytystehontarve oli 25 kW ja suurimmillaan 40 kW. Yhteensä selvityksessä mukana olleiden yhdentoista asuinkerrostalon jäähdytystehontarve oli taulukkoarvolla laskettuna 144 - 288 kW ja laskennalla saadulla arvolla laskettuna 340 kW. Taulukossa 6 on esitetty Reiman alueen kerrostalojen jäähdytystehontarpeen arviot ja arvio energiankulutuksista vuositasona.

Taulukko 6. Reiman alueen kiinteistöjen jäähdytystehontarvearviot ja arvio energiankulutuksesta vuositasolla

		HUONEISTOALA m <sup>2</sup>	JÄÄHDYTYSTEHTONARVE		Energiankulutus vuodessa
			Taulukkoarvo	Laskettu arvo	
Neuvoksenkatu 2		1052	11 - 22 kW	26 kW	10,5 - 15,8 MWh
NEUVOKSENKATU 4		1031	11 - 22 kW	25 kW	10,3 - 15,5 MWh
Neuvoksenkatu 5		1170	12 - 25 kW	29 kW	11,7 - 17,6 MWh
Neuvoksenkatu 7		1449	15 - 30 kW	36 kW	14,5 - 21,7 MWh
Jalavankatu 3 A-B		1580	17 - 33 kW	39 kW	15,8 - 23,7 MWh
Jalavankatu 3 C-D		1600	17 - 34 kW	40 kW	16,0 - 24,0 MWh
* Neuvoksenkatu 10		1170	12 - 25 kW	29 kW	11,7 - 17,6 MWh
Neuvoksenkatu 12		1168	12 - 25 kW	29 kW	11,7 - 17,5 MWh
Neuvoksenkatu 8		1170	12 - 25 kW	29 kW	11,7 - 17,6 MWh
** Neuvoksenkatu 3 a-b		1170	12 - 25 kW	29 kW	11,7 - 17,6 MWh
Neuvoksenkatu 3 c-d		1169	12 - 25 kW	29 kW	11,7 - 17,5 MWh
YHTEENSÄ			144 - 288 kW	340 kW	
* Nämä lämmitetään Neuvoksenkatu 4:n lämpökeskuksesta					
** Nämä lämmitetään Neuvoksenkatu 5:n lämpökeskuksesta					

## 5.5 K-Citymarketin nykyinen jäähdytys

Tätä työtä varten tutustuttiin Kankaanpään K-Citymarketin nykyisiin jäähdytyslaitteisiin käymällä laiteloissa ja tutkimalla LVI-suunnitelmia, säätökaavioita ja toimintakaavioita. Niistä saatiin selville siitä, miten kiinteistön jäähdytys on nykyisellään toteutettu ja minkä tehoisista järjestelmistä on kyse. Kuvassa 9 on yksi K-Citymarketin laiteloista.



Kuva 9. Kankaanpään K-Citymarketin ilmanvaihdon laitteistotila

Kankaanpään K-Citymarketin jäähdytys on toteutettu jäähdytyskojeella, joka on kylmävesiasema ja siihen kuuluu vedenjäähdytin, pumput ja nestejäähdytin katolla. Kiinteistön jäähdytys tapahtuu tuloilmakojeiden TK01, TK03, TK04 ja TK06 kautta. Lisäksi entisen Alkon tiloja, vastaanottoimistoa sekä laitetilaa jäähdytetään kolmella eri Split-jäähdyttimellä. Lisäksi kassatoimiston, tilityksen, valvonnan ja vahtimestarin tiloja varten on Multisplit-jäähdytin.

#### 5.5.1 Jäähdytyskoje JK01

Jäähdytyskoje JK01:n jäähdytysteho on 170 kW. Kylmäaineena siinä on käytössä R407c. Jäähdytyskojeeseen kuuluu katolla oleva nestejäähdytin NJ01, jonka teho on 224 kW. Kiinteistövalvonta antaa käyntiluvan JK01:lle. JK01:n säätöjärjestelmä ohjaa NJ01 liuosjäähdyttimen puhallinsäätöä. Jäähdytyskoje JK01 jäähdyttää kiinteistöjä

tuloilmakojeilla TK01, TK03, TK04 ja TK06, joihin on lisätty jäähdytyspatterit. Jäähdytys jakaantuu näille kojeille.

Tulo-poistoilmakoje TK01 jäähdyttää myymälää ja kylmäaluetta. TK01 on laajennuksen yhteydessä asennettu uusi tulo-poistoilmakoje ja siinä on jäähdytyspatteri, jonka teho on 58 kW. Tuloilmakoje TK03 on ollut jo vanhassa K-Supermarketissa ennen laajennusta ja laajennuksen yhteydessä siihen on asennettu jäähdytyspatteri, jonka teho on 16 kW. Se jäähdyttää entisen Alkon tiloja. Kesäaikana käytetään yöjäähdytystä, joka on erikoisohjelma, jonka avulla jäähdytys pyritään toteuttamaan hyödyntämällä huoneilmaa kylmempää ulkoilmaa ilmanvaihtokojeiston avulla. Kesäajaksi katsotaan 15.4. – 15.9. Ulkoilman alarajana on +10 °C ja tuloilman alarajana +13 °C. Yöjäähdytys käynnistyy, kun huonelämpötila nousee + 23 °C ja pysähtyy huonelämpötilan ollessa +21 °C. Vähimmäiskäyntiaika on kuitenkin 10 minuuttia. Myös TK04 on vanha tuloilmakoje, johon on laajenuksessa lisätty jäähdytyspatteri. Tämä tuloilmakoje jäähdyttää myymäläaluetta ja sen jäähdytyspatterin teho on 85 kW. Kojeistoa säädetään siten, että pyritään suurimpaan mahdolliseen jäähdytyksen lämmöntalteenottoon ja samalla huonelämpötilan tavoiteltuun asetusarvoon. TK04:ssä on myös yöjäähdytyksenä kesäaikana ulkoilmajäähdytys. Tuloilmakoje TK06 jäähdyttää liiketiloja. Se on asennettu uutena laajennuksen yhteydessä. TK06:n jäähdytyspatterin teho on 28 kW. TK06 tuloilmakojeen säätö tapahtuu samoin kuin edellä tuloilmakoje TK04:n säätö.

### 5.5.2 Split-jäähdyttimet

Jäähdytyskoje JK01:n lisäksi K-Citymarketissa on Split-jäähdyttimet JK02 ja JK03 Alkon ja vastaanottotoimiston tiloihin sekä multisplit-jäähdytin JK04 kassatoimiston, tilityksen, valvonnan ja vahtimestarin tiloihin ja Split-jäähdytin JK05 laitetilaa. Kojeita ohjataan paikallisesti kaukosäätimestä valitsemalla puhaltimen kierrosluku ja huonelämpötila.

JK02:n ulkoyksikön jäähdytysteho on 8 kW. Kojeeseen kuuluu kaksi sisäyksikköä, joiden molempien sisäyksiköiden jäähdytystehot ovat 4 kW. JK03:n jäähdytysteho on 2,5 kW. JK04:n ulkoyksikön jäähdytysteho on 10 kW ja siihen kuuluu neljä

sisäyksikköä, joiden kunkin jäähdytysteho on noin 2,4 kW. JK05:n jäähdytysteho on 6 kW. Yhteensä näiden kaikkien jäähdyttimien teho on noin 26,5 kW. Yhteensä näistä kaikista muodostuu kaupan jäähdytystehoksi noin 200 kW.

## 6 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä oli tavoitteena selvittää Vatajankoski Oy:lle Kankaanpään keskustassa sijaitsevien asuinkerrostalojen ja asuinliikehuoneistojen mahdollista jäähdystystehontarvetta. Jäähdytysteho, jonka tietty rakennus vaatii, muodostuu eri lämpökuormista, joita ovat ihmiset, kuluttajalaitteet, valaistus ja auringon säteily. Jäähdytystehoa voidaan arvioida joko yksinkertaistetusti tai yksityiskohtaisemmin.

Kun jäähdytystehoa lähdetään selvittämään yksityiskohtaisesti, tehdään laskenta simulointiohjelmistolla, jollainen on esimerkiksi IDA-ICE. Simulointiohjelmistolla on mahdollista määrittää tarvittavan jäähdytystehon lisäksi myös rakennuksen jäähdytysenergiankulutus. Simulointiohjelmistolla voidaan lisäksi tarkastella jäähdytysenergian tarvetta pitkälläkin ajanjaksolla. Simuloinnin ehdoton etu on, että sen avulla monien eri muuttujien, jotka vaikuttavat jäähdytyksen tarpeeseen, tarkastelu voidaan tehdä hyvinkin tarkasti ja yksityiskohtaisesti.

Yksinkertaiseen menetelmään jäähdytystehon arvioinniksi voidaan käyttää käsin laskentaa rakennuksen huoneistoalan ja lämpökuormien avulla tai käyttämällä standardikäyttöön tarkoitettuja arvoja. Jäähdytystehon tarvetta arvioitiin tässä työssä tekemällä suuntaa antavaa käsin laskentaa kiinteistöjen jäähdytystehosta. Sen lisäksi laskettiin jäähdytystehontarve Energiateollisuuden taulukkoarvoilla. Näillä menetelmillä saatiin Vatajankoski Oy:lle lähtöarvot, joilla jäähdytysliiketoimintaa voidaan lähteä kehittämään. Tulevaisuudessa, kun tämä liiketoiminta kehittyy, tarvitaan jäähdytystehontarpeen suunnitteluun kuitenkin tarkempia simulointiohjelmistoja, joilla päästään jäähdytystehontarpeen selvityksessä huomattavasti tarkempiin arvoihin.

Työssä käytetyillä menetelmillä ei ollut mahdollisuutta päästä hyvin tarkkoihin arvoihin rakennusten jäähdytystehon tarpeesta, mutta jo työtä aloitettaessa ja suunniteltaessa oli tiedossa, että tämä yksityiskohtainen tehoarvio ei ollut tavoitteena. Tarkoituksena oli saada Vatajankoski Oy:lle käsitys useiden eri kerrostalokohteiden jäähdytystehontarpeesta hyvin karkealla tasolla, koska jäähdytysliiketoiminta on Kankaanpäässä vasta aluillaan ja näiden työssä laskettujen tehotarpeiden avulla päästään arvioimaan mahdollisia potentiaalisia ratkaisuja ja asiakkaita. Työn tuloksena syntyikin arvio



47:lle eri kerrostalolle ja Kankaanpään K-Citymarketille jäähdytystehontarpeesta, jota Vatajankoski Oy voi hyödyntää tulevaisuudessa.

## LÄHTEET

Airaksinen, M., Laitinen, A. & Rämä, M. 2016. Jäähdytyksen teknologiset ratkaisut. Viitattu 22.2.2021. [https://energia.fi/files/1359/Jaahdytysteknologiaselvitys\\_VTT\\_221216.pdf](https://energia.fi/files/1359/Jaahdytysteknologiaselvitys_VTT_221216.pdf)

Energiateollisuuden www-sivut. 2021. Kustannustehokasta ja ympäristöystävällistä kaukojäähdytystä. Viitattu 22.2.2021. <https://energia.fi/energiasta/energiantuotanto/kaukojaahdytys>

Energiateollisuuden www-sivut. 2020. Kaukojäähdytys 2019 graafeina. Viitattu 22.2.2021. [https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/kaukojaahdytys\\_2019\\_graafeina.html#material-view](https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/kaukojaahdytys_2019_graafeina.html#material-view)

Hakala, P. & Kaappola, E. 2013. Kylmälaitoksen suunnittelu. Helsinki: Opetushallitus.

Helsingin Energian www-sivut. 2020. Kiinteistöjäähdytyksen suunnitteluohje. Viitattu 25.2.2021. [https://www.helen.fi/globalassets/jaahdytys/ammattilaiset/kaukojaahdytys-2017/kiinteist%C3%B6j%C3%A4%C3%A4hdytyksen\\_suunnitteluohje\\_12\\_2020.pdf](https://www.helen.fi/globalassets/jaahdytys/ammattilaiset/kaukojaahdytys-2017/kiinteist%C3%B6j%C3%A4%C3%A4hdytyksen_suunnitteluohje_12_2020.pdf)

Hiltunen, A. 2019. Kiinteistökohtaisen jäähdytyksen tuotteistaminen palveluksi. AMK-opinnäytetyö. Savonia-ammattikorkeakoulu.

Jäähdytysjärjestelmien energialaskentaopas. 2011. Viitattu 24.2.2021. [https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/jaahdytys\\_laskentaopas\\_2011.pdf](https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/jaahdytys_laskentaopas_2011.pdf)

Kauppalehden www-sivut. 2020. Viitattu 24.3.2021. <https://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/0398580-2>

Kirssi, A. 2009. Kaukojäähdytysverkon rakennevaihtoehdot. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

Koskelainen, L. 2006. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki: Energiateollisuus ry.

Maanmittauslaitoksen www-sivut. 2021. Karttapaikka. Viitattu 22.5.2021. <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/>

Rakennusten kaukojäähdytys, yhtenäiset laatuvaatimukset, suositukset ja ohjeet. 2014. Julkaisu J1. Helsinki. Energiateollisuus.

Satakunnan Insinöörikeskus Oy. 2010. K-Citymarketin LVI-suunnitelma. Viitattu 19.5.2021.

Suomen RakMK D3. 2012. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. 30.3.2011. [www.edilex.fi](http://www.edilex.fi)

Trimble NIS 19.2. 2021. Espoo: Trimble Solutions Oy.

Turtiainen, P. 2020. Kaukojäähdytyksen tehokkaat tuotantomenetelmät Kuopiossa. YAMK-opinnäytetyö. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu.

Uhlbeck, O. 2019. Kaukojäähdytyksen tuotantostrategia. Diplomityö. Tampereen yliopisto. Viitattu 22.2.2021. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-201908052814>

Vatajankoski Oy:n www-sivut. 2020. Viitattu 25.3.2021. <https://www.vatajankoski.fi/vatajankoski-luopui-sahkonmyyntiliiketoiminnasta-1-8/>

Vatajankoski Oy:n www-sivut. 2021. Vatajankoski yrityksenä. Viitattu 26.3.2021. <https://www.vatajankoski.fi/tietoa-vatajankoskesta/>

Yritys- ja yhteisötietojärjestelmän www-sivut. 2021. Vatajankosken Sähkö Oy. Viitattu 26.3.2021. <https://tietopalvelu.ytj.fi/yritystiedot.aspx?yavain=281434&tarkiste=62C4D516BC824E103DCF71023E634F2D6C6866E4>

Taulukko 8.6. Ympäristön varjostuksen korjauskertoimet  $F_{\text{ympäristö}}$ , kun varjostuskulma on  $45^\circ(15^\circ)$ . Kun varjostuskulma on  $0^\circ$ , on kerroin aina 1,0. Väliarvot ovat jakautuneet tasavälein.

Kuukausi	Ikkunan ilmansuunta		
	Pohjoinen	Itä ja Länsi	Etelä
Tammikuu	0,95 (0,98)	0,60 (0,86)	0,25 (0,75)
Helmikuu	0,90 (0,96)	0,50 (0,83)	0,30 (0,76)
Maaliskuu	0,90 (0,96)	0,50 (0,83)	0,40 (0,80)
Huhtikuu	0,80 (0,93)	0,50 (0,83)	0,50 (0,83)
Toukokuu	0,80 (0,93)	0,55 (0,85)	0,70 (0,90)
Kesäkuu	0,60 (0,86)	0,50 (0,83)	0,75 (0,91)
Heinäkuu	0,70 (0,90)	0,55 (0,85)	0,75 (0,91)
Elokuu	0,65 (0,88)	0,40 (0,80)	0,40 (0,80)
Syyskuu	0,85 (0,95)	0,50 (0,83)	0,45 (0,81)
Lokakuu	0,90 (0,96)	0,55 (0,85)	0,30 (0,76)
Marraskuu	0,90 (0,96)	0,60 (0,86)	0,20 (0,73)
Joulukuu	0,95 (0,98)	0,80 (0,93)	0,20 (0,73)

Taulukko 8.7. Yläpuolisen varjostuksen korjauskertoimet lämmityskaudelle  $F_{\text{ylävarjostus}}$

Kulma ( $\alpha$ )	Ikkunan ilmansuunta		
	Pohjoinen	Itä ja Länsi	Etelä
$0^\circ$	1,00	1,00	1,00
$10^\circ$	0,97	0,98	0,99
$20^\circ$	0,93	0,95	0,97
$30^\circ$	0,90	0,92	0,95
$40^\circ$	0,87	0,88	0,92
$45^\circ$	0,80	0,81	0,85
$60^\circ$	0,66	0,65	0,66

Taulukko 8.8. Sivuvvarjostuksen korjauskertoimet lämmityskaudelle  $F_{\text{sivuvvarjostus}}$

Kulma ( $\beta$ )	Ikkunan ilmansuunta		
	Pohjoinen	Itä ja Länsi	Etelä
$0^\circ$	1,00	1,00	1,00
$10^\circ$	0,99	0,97	0,98
$20^\circ$	0,99	0,94	0,96
$30^\circ$	0,98	0,90	0,94
$40^\circ$	0,98	0,87	0,91
$45^\circ$	0,98	0,82	0,85
$60^\circ$	0,98	0,73	0,73