



Olli Heikkinen

Hotellirakennusten LVI-järjestelmien energiatehokkaat ratkaisut

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (YAMK)

Talotekniikka

Opinnäytetyö

1.6.2023

Tiivistelmä

Tekijä:	Olli Heikkinen
Otsikko:	Hotellirakennusten LVI-järjestelmien energiatehokkaat ratkaisut
Sivumäärä:	35 sivua + 2 liitettä
Aika:	1.6.2023
Tutkinto:	insinööri (YAMK)
Tutkinto-ohjelma:	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto:	LVI-tekniikka
Ohjaaja:	talotekniikan projektipäällikkö Jari-Pekka Uotila yliopettaja Rauno Holopainen

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia hotellirakennusten energiatehokkuutta, energiatehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä sekä energian kulutuksen jakautumista hotellirakennuksissa. Työn tarkoituksena on tuoda esille hyväksi havaittuja keinoja energiankierrätykseen sekä tuoda esille energian kulutuksen jakautumista hotellirakennuksissa, jotta voidaan tunnistaa, mihin energiaa kuluu ja mistä energiaa voidaan mahdollisesti säästää tai kierrättää edelleen käyttöön.

Työssä käsiteltiin olemassa olevia hotellirakennuksia, niissä toteutettuja energiankierrätysjärjestelmiä sekä olemassa olevien hotellirakennusten energian sekä käyttöveden kulutustietoja. Energiankierrätysjärjestelmien vertailuun valitut hotellirakennuksen valittiin saatavissa olevien tietojen pohjalta. Energian jakautumisen ja käyttöveden kulutuksen osalta valittiin kohteita, joista mittaustietoja oli saatavissa. Energian ominaiskulutusten vertailuun valittiin satunnaisesti 15 hotellirakennusta ympäri Suomea. Energian ja käyttöveden kulutustiedot kerättiin EnerKey -järjestelmästä. Toteutuneita energian ja käyttöveden kulutuksia verrattiin Motivan energiakatselmustietokannan ominaiskulutuksiin.

Keski-Suomessa sijaitsevassa hotellirakennuksessa olevalla energiakierrätysjärjestelmällä on pystytty laskemaan kaukolämmön kulutusta vuositasolla noin 70 %. Käyttöveden kulutus on suurinta kesällä ja pienintä talvella. Lämpimän käyttöveden kulutus on kesällä pienintä ja talvella suurinta. Lämpimän veden osuus vaihtelee 30–40 %. Valittujen hotellirakennusten ominaisenergian kulutuksen keskiarvo oli hieman pienempi verrattuna Motivan keräämään aineistoon.

Poistoilmanvaihdossa on paljon lämmitysenergia potentiaalia varsinaisen lämmöntalteenoton jälkeenkin. Suurimmat lämmitysenergian kuluttajat hotellirakennuksissa ovat lämmin käyttövesi ja ilmanvaihdon lämmitys. Näiden kahden osalta on järkevää tutkia mahdollisuuksia kulutuksen pienentämiseen tai energiankierrätykseen.

Avainsanat: hotellirakennus, energiankierrätys, lämpöpumppu, energiankulutus, ominaiskulutus, käyttövesi, ilmanvaihto

Abstract

Author: Olli Heikkinen
Title: Energy-efficient Solutions for HVAC Systems in Hotel Buildings
Number of Pages: 35 pages + 2 appendices
Date: 1 June 2023

Degree: Master of Engineering
Degree Programme: Building Services Engineering
Specialisation option: HVAC Engineering
Instructor(s): Jari-Pekka Uotila, Building Services Project Manager
Rauno Holopainen, Principal Lecturer

The aim of the thesis was to study the energy efficiency of hotel buildings, the factors affecting energy efficiency and the distribution of energy consumption in hotel buildings to highlight tried-and-tested methods for energy recycling and distribution of energy consumption in hotel buildings. The ultimate aim was to identify where energy is consumed and how energy can be saved or recycled for further use.

The final year project studied 15 existing Finnish hotel buildings, selected on the basis of available data, their energy recycling systems, and energy and water consumption data. Data about energy and domestic water consumption were collected from the EnerKey system and compared to characteristic consumptions data collected by Motiva.

The average specific energy consumption of the hotel buildings was slightly lower than the data collected by Motiva. A well-performing hotel building had reduced its annual consumption of district heat by approximately 70% with an energy recycling system.

The thesis showed that exhaust air has lots of heating energy potential even after heat recovery. The major part of heating energy in hotel buildings is used for domestic hot water and ventilation heating. Thus, it makes sense to study ways to reduce consumption or recycle energy.

Keywords: hotel building, energy recycling, heat pump, energy consumption, specific consumption, service water, ventilation

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Hotellirakennusten LVI-järjestelmien erilaiset jakotavat	3
2.1	Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät	3
2.1.1	Vesikiertoinen patterilämmitys	3
2.1.2	Säteilylämmitys ja -jäähdytys	4
2.1.3	Puhallinkonvektorit	5
2.1.4	Lattialämmitys	6
2.2	Vesi- ja viemärijärjestelmät	7
2.3	Ilmanvaihtojärjestelmät	8
2.3.1	Hajautettu järjestelmä	9
2.3.2	Keskitetty järjestelmä	10
2.3.3	Muuttuvilmavirtainen järjestelmä	10
2.4	Rakennusautomaatiojärjestelmät	10
3	Hotellirakennusten energialähteet	11
3.1	Kaukolämpö	11
3.2	Kaukojäähdytys	13
3.3	Vedenjäähdytyskone	14
3.4	Hukkalämmöt	15
3.4.1	Ilmanvaihto	15
3.4.2	Vesi- ja viemärilaitteistot	16
4	Hotellirakennusten energiankulutus	17
4.1	Kohde-esittelyt	17
4.1.1	Hotelli 1, säävyöhyke 3	17
4.1.2	Hotelli 2, säävyöhyke 2	20
4.2	S-ryhmän hotellirakennusten toteutuneita energiankulutuksia	25
4.2.1	Kokonaisenergian jakautuminen	25
4.2.2	Käyttöveden kulutustietoja	27
4.2.3	Lämmitysenergian kulutustietoja	29
5	Energiankulutusten yhteenveto	32

6	Pohdinta	34
	Lähteet	36
	Liitteet	
	Liite1: Hotelli 1. Energiankierrätyksen periaatekaavio	
	Liite2: Hotelli 2. Jäteveden LTO periaatekaavio	

1 Johdanto

Hotelliyöpymisten määrä Suomessa on ollut nousussa vuodesta 2015 vuoteen 2019. Hotelliyöpymisten määrä kasvoi tuona ajanjaksona 1,58 miljoonasta yöpymisestä 1,84 miljoonaan yöpymiseen. Vuonna 2020 yöpymisten määrä pieneni korona pandemian myötä 1,05 miljoonaan yöpymiseen. Pandemian jälkeen yöpymisten määrä on vähitellen palautunut pandemiaa edeltävälle tasolle. Vuonna 2022 yöpymisten määrä oli marraskuun loppuun mennessä ennakkotietojen mukaan 1,59 miljoonaa. Yöpymisten määrän kasvu tarkoittaa luonnollisesti myös hotellihuoneiden määrän kasvua. Vuonna 2015 hotellihuoneiden määrä oli keskiarvoltaan 50 946 hotellihuonetta, ja vuonna 2022 marraskuun loppuun mennessä keskiarvo huoneiden määrälle oli 56 877 hotellihuonetta. [1.]

Suomen energian kokonaiskulutus on viime vuosina ollut noin 300 TWh vuosittain, ja vuonna 2021 energian loppukulutuksesta rakennusten lämmitys sektorin osuus oli 27 % [2]. Perusskenaariossa Suomen loppuenergian kulutuksen odotetaan pysyvän vakiona vuoteen 2035 asti. Keskeisenä muutoksena loppuenergian kulutuksessa sähkön käytön odotetaan kasvavan, kun taas vastaavasti polttoaineiden ja lämmön käytön odotetaan laskevan. Lukuun ottamatta sähköä, muu energian käyttö vähenee palvelu- ja teollisuussektoreilla lämmityksen ominaiskulutuksen pienentyessä. Pienentyminen on seurausta uudisrakennusten lisäksi vanhemmassa rakennuskannassa tehdystä energiakorjaustoiminnasta. [3.]

Pohjoismaissa tehdyssä artikkelissa tutkittiin 140 hotellin energiankulutusta Norjassa sekä Ruotsissa aikavälillä 2015–2019. Noin 70 %:ssa tutkimukseen valituista hotelleista energiankulutus oli 150–250 kWh/m². Tutkimuksessa hotellit jaettiin koon mukaan kolmeen eri kokoluokkaan. Tutkimuksen mukaan isompien rakennusten energiankäyttö suhteessa rakennuksen pinta-alaan oli pienempää kuin vastaavasti pienemmissä hotellirakennuksissa. Verratessa energiakäyttöä suhteessa hotelliyöpymisten määrään, pienten rakennusten suhteellinen energiankulutus oli pienempää kuin suuremmissa hotellirakennuksissa. [4.]

Sokos Hotels on Suomen tunnetuimpia ja laajimpia hotelliketjuja, johon kuuluu Suomen 45 hotellin lisäksi 1 hotelli Tallinnassa [5]. Sokos Hotels on osa S-ryhmää, johon kuuluu lisäksi muun muassa marketkauppoja. S-ryhmän marketkauppoihin on tehty ja tehdään edelleen paljon energiatehokkuutta parantavia ratkaisuja, joissa energiaa kierrätetään mahdollisimman paljon rakennuksen sisällä. Kylmäkoneiden lauhdelämpöä otetaan talteen ja kierrätetään edelleen rakennuksen lämmitystarpeisiin lämpöpumppujen avulla. Marketkauppojen suuremman rakennusmassan ja rakennusten samankaltaisuuden vuoksi energiatehokkuuden parantaminen on ollut marketkaupoissa nopeampaa kuin hotellirakennuksissa.

Tässä työssä käsitellään keinoja, joilla hotellirakennuksien energiankulutusta voidaan pienentää ja energiatehokkuutta parantaa. Hotellirakennusten energiankulutus poikkeaa huomattavasti marketkauppojen energian kulutuksesta. Hotellirakennuksissa käyttöveden kulutus on suuri verrattuna marketkauppojen kulutukseen, jolloin lämmöntalteenotto jätevedestä voi olla hotellirakennuksissa kannattavaa. Jäähdytyksen osalta hotellirakennusten energiankulutus on myös suuri huonejäähdytyksen vuoksi, joka on oleellinen osa hotellihuoneen viihtyvyyttä.

Opinnäytetyön tavoitteena on vertailla ja tutkia erilaisia lämmöntalteenottoratkaisuja, joita hotelleissa nykyään on sekä tunnistaa mahdollisia hukkalämpöjä, joita hotellirakennusten energian kierrätyksessä voisi hyödyntää. Energiatehokkuuden parantamisessa on suurimmassa osassa hankkeita oleellista niiden takaisinmaksuaika, johon vaikuttavat investointikustannusten lisäksi käyttö- ja huoltokustannukset. Käyttöajan kustannuksia voi olla vaikea arvioida, koska näihin vaikuttaa esimerkiksi energian hinta. Näiden osalta on tärkeää tiedostaa ja tunnistaa riskit, jotka liittyvät eri toteutuksiin. Työssä käydään läpi myös jäähdytyksen ja lämmityksen tuotantotapaa rakennuksessa sekä näiden jakelua.

Työssä keskitytään hotellirakennusten LVIA-järjestelmiin sekä niiden suurempien laitteiden sähkökulutuksiin. Työn ulkopuolelle jätetään muut rakennuksen

energiankulutukseen liittyvät sähkölaitteet kuten valaistus ja keittölaitteet. Rakennusten rakenteellisia ratkaisuja, kuten rakenteiden U-arvoja tai ikkunoiden auringon suojauksia ei käsitellä tässä työssä.

2 Hotellirakennusten LVI-järjestelmien erilaiset jakotavat

2.1 Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät

2.1.1 Vesikiertoinen patterilämmitys

Patterilämmitys on perinteisin ja yleisin tapa toteuttaa rakennusten lämmitys, näin myös hotellirakennuksissa. Lämmityspattereiden lämmönluovutus perustuu konvektioon, jossa lämmityspatterin ohi virtaava ilma lämpenee, sekä säteilylämmitykseen. Lämmityspatterit asennetaan perinteisesti ulkoikkunoiden alapuolelle ikkunan leveydeltä, jolla ehkäistään huoneilmaa kylmemmän ilman virtaus ikkunan pinnalta lattialle. Lämmityspatterit voidaan jakaa neljään eri tyyppiin. Radiaattorit ovat levypattereita, joiden ulkopinnan pinta-ala ja vesipinta-ala ovat lähes samat. Konvektorimalliset patterit ovat matalampia ja syvempiä, ja niiden ulkopinta-ala on huomattavasti vesipinta-alaa suurempi. Putkipatterit koostuvat nimensä mukaisesti putkesta sekä siihen mahdollisesti liitetyistä konvektiolevyistä, joilla parannetaan lämmönluovutusta. Erikoispattereihin kuuluvat esimerkiksi patterit, joita voidaan käyttää lämmityksen lisäksi sisustuselementteinä. [6.]

Lämmityspattereiden putkituksessa voidaan käyttää yksiputkijärjestelmää, jossa pattereita kytketään sarjaan. Tällöin kiertoveden lämpötila laskee sarjan loppupäässä olevissa pattereissa. Kaksiputkijärjestelmässä jokaisella lämmityspatterilla on oma meno- ja paluueden kytkentäputki. Tällöin menoveden lämpötila pysyy likimain samana jokaisessa lämmityspatterissa. Käännettyssä paluuputkijärjestelmässä saman kiertopiirin lämmityspattereiden virtauspiirit ja tämän kautta painehäviöt pyritään saamaan yhtä suuriksi, jolloin vesivirtojen säätöä lämmityspattereiden välille ei tarvita. [6.]

Lämmityspatterit ovat lähtökohtaisesti pitkäikäisiä, kun verkosto on kunnossa eikä patteriin kohdistu ulkoisista olosuhteista kuormitusta kuten esimerkiksi kosteissa tiloissa. Lämmityspattereiden patteriventtiileiden kuten muidenkin verkostojen säätöventtiileiden keskimääräinen tekninen käyttöikä on noin 20–25 vuotta ja toimilaitteiden 10–15 vuotta. [7.]

Hotellirakennuksissa lämmityspattereiden sijoittelussa pitää ottaa huomioon huoneiden sisustussuunnittelu. Kun lämmityspattereiden mitoituslämpötilat ovat vuosikymmenten aikana pienentyneet, on pattereiden koko vastaavasti kasvanut, jotta lämmityspatterista saadaan sama lämmitysteho tilaan. Lisäksi lämmityspattereille voidaan tehdä erilaisia koteloita, jolloin on huolehdittava riittävästä ilmankiertoaukoista, kotelon avattavuudesta sekä termostaattianturin sijoittamisesta. Koteloinnista aiheutuu kaikesta huolimatta lämmönluovutustehon pienentymistä, mikä on myös otettava huomioon.

2.1.2 Säteilylämmitys ja -jäähdytys

Säteilylämmitys ja -jäähdytys toteutetaan yleensä kattoon asennettavilla paneeleilla, joissa säteilyn osuus on tavallisesti noin 60 % ja loput konvektiota. Säteily vaikuttaa sekä suoraan että epäsuorasti. Suora vaikutus tulee pintojen lämmetessä tai jäähtyessä lämpösäteilystä ja epäsuoravaikutus rakenteisiin varastoidun lämpöenergian lämmittäessä tai jäähdyttäessä ympäröivää tilaa. Lämmitystilanteessa paneelit lämmittävät pintoja säteilemällä ja jäähdytystilanteessa paneeli absorboi itseensä lämpöenergiaa tilan lämpimimmistä pinnoista. Lopputosa lämmönsiirrosta tapahtuu paneelin ja sitä ympäröivän ilman välillä konvektiona.[8]

Lämmitys- ja jäähdytyspaneeleita voidaan käyttää, joko yksinään lämmitykseen tai jäähdytykseen, tai samaa paneelia voidaan käyttää sekä lämmitykseen että jäähdytykseen. Käytettäessä paneelia sekä lämmitykseen että jäähdytykseen voidaan paneeli tehdä joko yksi- tai kaksipiirisenä. Kaksipiirisessä paneelissa kulkee omat putket jäähdytykselle sekä lämmitykselle. Yksipiirisessä versiossa paneelissa kulkee yhdet meno- ja paluuveden putket, jolloin vaihto lämmityksen

ja jäähdytyksen välillä tapahtuu vaihtoventtiilillä. Vaihtoventtiili voidaan toteuttaa, joko yksittäiselle paneelille tai koko järjestelmälle.

Paneelit ovat lämmityspattereiden tapaan myös pitkäikäisiä, koska ne itsessään eivät sisällä kuluvia osia. Paneeliverkoston säätöventtiileiden tekniset käyttöiät ovat samat kuin lämmityspattereiden säätöventtiileillä. Paneeleissa itsessään ei ole huollettavia osia. [7]

Säteilypaneelit voidaan asentaa joko alakattoon integroituna tai ripustaa vapaasti katosta. Tämä jättää hotellihuoneissa tilaa seinille, joissa perinteisessä patterilämmityksessä on itse lämmityspattereiden lisäksi usein myös lämmitysverkoston nousuputket. Koska paneelin jäähdytys ja lämmitys perustuu suurimalta osalta säteilyyn, paneelit eivät aiheuta vedon tunnetta. Paneelin muita huonepintoja lämpimämpi tai kylmempi pinta saattaa aiheuttaa viihtyvyyshaittaa, jos lämpötilaero pintojen välillä on suuri. Lisäksi itse paneeleista ei aiheudu ääntä huonetilaan, mutta paneelien vesivirtaa säätevistä venttiileistä voi syntyä ääntä kuten muissakin säätyvissä järjestelmissä.

Paneelien jäähdytystehoa rajoittaa verkoston menoveden lämpötila, jonka täytyy olla kastepisteen yläpuolella kondensoitumisen ehkäisemiseksi. Tästä syystä tarvittavien jäähdyttävien paneelien pinta-ala voi kasvaa liian isoksi. Tämä voi tulla eteen esimerkiksi saneerauskohteissa, joissa ikkunoiden auringsuojausta ei paranneta.

2.1.3 Puhallinkonvektorit

Perinteinen puhallinkonvektori muodostuu patterista, puhaltimesta sekä suodatimesta [9]. Puhallinkonvektorista puhalletaan lämmitettyä tai jäähdytettyä ilmaa suoraan huonetilaan riippuen lämmitys- ja jäähdytystarpeesta. Puhallinkonvektorilla voidaan, tilan lämmittämisen ja jäähdyttämisen lisäksi, tuoda tilaan tuloilmaa. Tuloilma tuodaan puhallinkonvektorissa erilliseen sille tarkoitettuun kammiin, jossa se sekoittuu puhallinkonvektorissa kiertävään huoneilmaan, josta se siirtyy edelleen palveltavaan tilaan. Puhallinkonvektorin toiminta perustuu kokonaisuudessaan konvektioon.

Puhallinkonvektori voi olla kattoon asennettava kasettimalli, seinään asennettava seinämalli tai vaihtoehtoisesti kanavoitava malli. Kasettimallisessa laitteessa ilmankierto tapahtuu alapinnassa olevan imusäleikön ja puhallusaukkojen kautta. Seinäasenteisessa mallissa imusäleikkö on yleensä laitteen päällä, ja puhallusaukot ovat laitteen otsapinnassa. Kanavoitavassa mallissa imu- ja puhallussäleikköjen paikkaa voidaan muuttaa, ja sijoitus voi olla lattialle, seinälle tai kattoon.

Puhallinkonvektoreiden tekninen käyttöikä on 15–20 vuotta, ja verkostoon liittyvien säätöventtiileiden tekniset käyttöiät ovat samat kuin patteri- ja säteilyverkostoissa. Puhallinkonvektoreissa on myös huoltoa vaativia osia kuten suodattimet, joita tarvitsee puhdistaa. Puhallinkonvektori verkostossa voidaan käyttää matalampia veden lämpötiloja, jolloin kosteaa huoneilmaa saadaan kuivattua ja jäähdytystehoa kasvatettua. Matalammat verkoston lämpötilat vaativat aina kondenssiviemäröinnin, mikä voi vaikuttaa laitteen sijoitukseen. Kondenssiviemäri tai siihen liitetty kondenssivesipumppaamo ovat myös huollon tarvetta lisääviä asioita.

2.1.4 Lattialämmitys

Rakennusten lattialämmitys voidaan toteuttaa kaikenlaisiin rakennuksiin, jossa rakenteiden lämmöneristävyys on tarpeeksi hyvällä tasolla. Lisäksi lattiarakenteen pitää olla sellainen, että putket voidaan asentaa siihen. Lattialämmitystä voidaan käyttää yksinään rakennuksen lämmitykseen tai se voi olla muun lämmitysjärjestelmän rinnalla. Lattialämmityspiirille pitää yleensä olla oma verkosto, koska verkoston lämpötilat poikkeavat yleensä muiden lämmitysverkostojen lämpötiloista. Lattialämmitystä voidaan käyttää myös mukavuuslattialämmityksenä, jolloin pesu- tai WC-tilojen lattiapinta pidetään lämpimänä myös kesällä.

[10]

Lattialämmityksessä jokaiseen huonetilaan tehdään oma lattialämmityspiiri. Mikäli huonetila on suuri, lämmityspiirejä voidaan joutua asentamaan useampia,

jotta painehäviöt putkistossa eivät kasva liian isoiksi. Lattialämmitysputket asennetaan tasaisesti lattiaan, jotta koko lattialle saadaan tasainen lämmönluovutus. Tarvittaessa lämmitysputkia asennetaan tiheämmin esimerkiksi isojen ikkunapintojen etupuolelle, missä lämpöhäviöt ovat korkeammat. Lattialämmityksen lämmönluovutus tapahtuu koko lattian alueella, jolloin lämmönluovutus pinta-ala on suuri. Suuren pinta-alan takia lattian pintalämpötilan ja huonelämpötilan välinen ei tarvitse olla suuri, jotta saadaan haluttu lämmitysteho. [10]

Lattialämmitysputkistoa voidaan myös käyttää tilojen viilennykseen. Koska lattialämpötilaa ei voida laskea kovin alas on lattiasta saatava jäähdytysteho suhteellisen pieni, vaikka pinta-ala onkin suuri. Tästä syystä puhutaan viilennyksestä eikä tilan jäähdytyksestä. Lämmityksessä lattian pintalämpötila saa olla maksimissaan asuinhuoneistossa +27 °C ja märkätiloissa +30 °C. Viilennyskäytössä lattian lämpötila on +21 °C, jolloin lattia ei tunnu epämiellyttävän kylmältä. [11]

Lattialämmityksen tekninen käyttöikä on noin 50 vuotta, jolloin putkia ei tarvitse uusida erikseen vaan se voidaan tehdä muun peruskorjauksen yhteydessä. Sääntöventtiileiden ja niiden toimilaitteiden keskimääräiset käyttöiät ovat samat kuin muissakin verkostoissa. [7]

2.2 Vesi- ja viemärijärjestelmät

Vesi- ja viemärijärjestelmät muodostavat keskeisen kokonaisuuden hotellirakennuksissa, koska vesi- ja viemäripisteitä on hotellirakennuksissa paljon. Hotellihuoneiden lisäksi rakennuksessa on yleensä vähintään myös ravintolan sekä mahdollisesti kylpylän toimintaan tarvittavat vesi- ja viemäripisteet.

Talousveden laadulle on annettu määräyksiä ja suosituksia sosiaali- ja terveysministeriön talousvesiasetuksissa. Vesilaitteiston vesi ei saa olla terveydelle vaarallista, eikä se saa aiheuttaa myöskään syöpymistä tai haitallista saostumista. Erityiset vesilaitteistot kuten uima-allas laitteistot täytyy eriyttää vesihuoltolaitoksen vedestä eli niillä ei saa olla suoraa yhteyttä.[12]

Kylmän veden lämpötila saa olla maksimissaan 20 °C. Kylmän veden lämpötila voi nousta 8 tunnin käyttämättömän jakson jälkeen 24 °C. Lämpimän veden lämpötila voi olla korkeintaan 65 °C ja minimissään 55 °C. Lämpimän veden odotusaika lämminvesikalusteesta on maksimissaan 20 sekuntia. Veden lämpötila-arvot perustuvat legionella-bakteerin lisääntymiseen, jota tapahtuu lämpötilan ollessa 20–45 °C. [12]

Vesi- ja viemäri-laitteistoon liittyvä oleellisesti laitteistojen ja putkistojen mahdolliset vuodot, jotka voivat aiheuttaa mittavaa vahinkoa kiinteistölle. Tästä syystä vesijohtot ja näihin liitetyt laitteistot tulee asentaa siten, että mahdolliset vuodot tulevat helposti havaittavaksi, putket ja laitteet ovat helposti vaihdettavissa ja rakenteisiin ei jätetä liitoksia.[12]

Vesijohtoverkoston ja viemäriputkien keskimääräinen tekninen käyttöikä on noin 50 vuotta. Sulkuventtiilien tekninen käyttöikä on 30–40 vuotta, ja lämpimän käyttöveden kierrossa linjasäätöventtiileiden tekninen käyttöikä on 30 vuotta. Hanojen puolella termostaattisekoittimien tekninen käyttöikä on 10–15 vuotta, ja nämä yleensä uusitaan hotellirakennuksissa pintaremonttien yhteydessä, joissa on tarkoitus ehostaa hotellin ilmettä. [7]

2.3 Ilmanvaihtojärjestelmät

Ilmanvaihdon tehtävä on osaltaan varmistaa rakennuksen oleskelutiloihin hyvä sisäilmanlaatu. Hyvään sisäilmaan vaaditaan ilman epäpuhtauksien kuten liiallisen kosteuden, hajujen ja hiilidioksidin poisto oleskelutiloista sekä raittiin ulkoilman tuonti poistetun ilman tilalle. Rakennuksen ilmanvaihto voidaan toteuttaa keskitetysti tai ilmanvaihtoa voidaan hajauttaa koskemaan kerrosta tai yhtä tilaa.[9]

Hotellihuoneiden ilmanvaihdon minimi tarve määräytyy huoneen vuodepaikkojen sekä WC- ja pesutilojen mukaan. Ulkoilmavirran pitää olla 6 dm³/s/vuode ja WC- ja pesutilan poistoilman vastaavasti 15 dm³/s. Tyypillisessä kahden huoneen huoneessa minimi ulkoilmavirta määräytyy tyypillisesti WC- ja pesutilan poistoilmanvaihdon mukaan. [13]

Vaikka hotellihuoneiden ilmapirrat ovat pienet, on hotelleihin liittyvien toimintojen kuten ravintoloiden, neuvottelutilojen ja kylpylöiden ilmanvaihtotarve taas suuri. Ravintolan ilmanvaihdon tarve vaihtelee välillä 3–10 dm³/s/m² riippuen ravintolan tyypistä. Ravintolaan liittyvän keittiön ilmanvaihdon tarve riippuu keittiön laitteista ja vaihtelee tyypillisesti välillä minimimitoituksella välillä 10–25 dm³/s/m². [13] Kylpylöiden ilmanvaihdon tarpeeseen vaikuttaa henkilöiden tarvitseman ulkoilmavirran lisäksi kosteuden ja muiden epäpuhtauksien poisto sekä tilojen lämmitys [14.]

Ilmanvaihtokoneiden tekninen käyttöikä on normaalikäytössä 20–25 vuotta. Säätyvien osien toimilaitteiden tekninen käyttöikä on 5–10 vuotta kuten muissa järjestelmissä. Ilmanvaihtokanavisto päätelaitteineen kestävät pitempään, mutta yleensä näitä joudutaan uusimaan tilamuutosten vuoksi. Ilmanvaihtokoneen runko kestää myös pitempään kuin sen komponentit, jolloin teknisen käyttöiän lopussa voidaan uusida vain koneen sisäosat kuten puhallin. [7]

2.3.1 Hajautettu järjestelmä

Hajautetussa ilmanvaihtojärjestelmässä rakennus on jaettu pienempiin vyöhykeisiin tai tiloihin, joita palvelee oma ilmanvaihtokone. Esimerkkinä hajautetusta järjestelmästä voidaan pitää kerrostalon huoneistokohtaista ilmanvaihtoa, jossa jokaisella asunnolla on omat ilmanvaihtokoneensa. [15]

Hotellirakennuksissa ilmavaihto voidaan järjestää hajautetussa järjestelmissä esimerkiksi kerroskohtaisesti, jolloin yksi ilmanvaihtokone hoitaa yhden kerroksen kaikkien huoneiden ilmanvaihdon. Hajautetun järjestelmän etuna voidaan pitää järjestelmän helpompaa säädettävyyttä, koska kanavistoon tulee vähemmän säädettäviä päätelaitteita ja haaroja. Lisäksi mahdolliset koneiden rikkoutumiset tai huoltotoimet eivät vaikuta koko rakennukseen, vaan voidaan rajata esimerkiksi yhteen kerrokseen, riippuen siitä kuinka hajautettua järjestelmää käytetään. Hotellihuoneiden ilmapirrat ovat tyypillisesti suhteellisen pienet, jolloin kerroskohtaisen ilmanvaihtokoneen tarvitsema tila ei ole suuri. Ilmanvaihtokoneiden suurempi määrä lisää kuitenkin luonnollisesti huollon töitä.

2.3.2 Keskitetty järjestelmä

Keskitetyssä ilmanvaihtojärjestelmässä ilmanvaihtokone tai koneet sijoitetaan tyypillisesti ullakolle rakennettavaan konehuoneeseen. Ilmanvaihtokone tai koneet palvelevat kaikkia tiloja. [15] Keskitetty ilmanvaihto tarvitsee luonnollisesti omat isommat tilat, jonne kone tai koneet voidaan sijoittaa mikä tuo lisää kustannuksia. Keskitetyssä ilmanvaihdossa mahdolliset laiterikot vaikuttavat koko rakennukseen ja järjestelmän säätö on haastavampaa kanaviston sisältäessä enemmän säädettäviä haaroja sekä päätelaitteita. Huollon kannalta keskitetty järjestelmää vähentää huollettavia kohteita.

2.3.3 Muuttuvailmavirtainen järjestelmä

Muuttuvailmavirtaisessa järjestelmässä tilojen ilmanvaihtoa ohjataan tarpeen mukaan huonetiloittain tai vyöhykkeittäin [9]. Ilmavirtaa voidaan ohjata tällöin tarpeen mukaisesti. Kun huone tai vyöhyke on tyhjillään eikä epäpuhtauskuormia ole, voidaan ilmanvaihtoa pienentää ja tehostaa vastaavasti tilojen ollessa käytössä ja epäpuhtauksien lisääntyessä. Hotellirakennuksissa muuttuva ilmavirtaisia järjestelmiä käytetään yleensä mahdollisissa ravintola ja kabinetti tiloissa, joissa ilmavirrat ovat suuret ja epäpuhtauskuormat vaihtelevat paljon. Sen sijaan hotellihuoneissa muuttuva ilmavirtaisia järjestelmiä käytetään harvemmin, koska huoneiden ilmavirrat ovat pieniä. Myös vyöhykesäätöisen järjestelmän, jossa useampi huone on saman säädön takana, toteutus on haastava, koska hotellihuoneita ei jaeta asiakkaille järjestelmällisesti.

2.4 Rakennusautomaatiojärjestelmät

Rakennusautomaation tehtävänä on rakennuksen taloteknisten järjestelmän hallinta. Mittausten ja seurannan avulla rakennusautomaatio tuo rakennuksen energiakäytön näkyväksi sekä ohjaa ja säätää järjestelmiä. Järjestelmien ohjaamiseen kuuluu tilojen lämpötilan ja ilmanvaihdon hallinta. [16]

Rakennusautomaatiolla on siten tärkeä rooli rakennusten talotekniikkajärjestelmien ohjauksessa ja säädössä ja siten myös energiankulutuksessa. Rakennusautomaatio valvoo rakennuksen olosuhteita siten, että tiloille asetetut asetukset täyttyvät esimerkiksi hiilidioksidipitoisuuden ja lämpötilojen osalta. Järjestelmän toimiessa oikein tiloja ei yli lämmitetä eikä kuluteta turhaan energiaa. Ilmanvaihdon osalta se voi tarkoittaa sitä, että tilojen ilmanvaihtoa voidaan pienentää minimi-ilmavirralla, mikäli epäpuhtauskuormaa ei ole. Rakennusautomaatiosta saadaan paljon tietoa energiakulutuksesta, jota voidaan esittää käyttäjille ja näin vaikuttaa käyttäjien tai hotellivieraiden toimintatapoihin. Lisäksi rakennusautomaatiolla voidaan ohjata energian käytön ajoitusta silloin, kun se on edullista. [16]

Rakennusautomaation tekninen käyttöikä on lyhyt. Valvomot ja ohjelmistot kestävät 3–5 vuotta ja kenttälaitteet, kuten huonesäätimet, 15 vuotta. [7] Huonesäätimet uusitaan hotelleissa usein pintaremontin yhteydessä.

3 Hotellirakennusten energialähteet

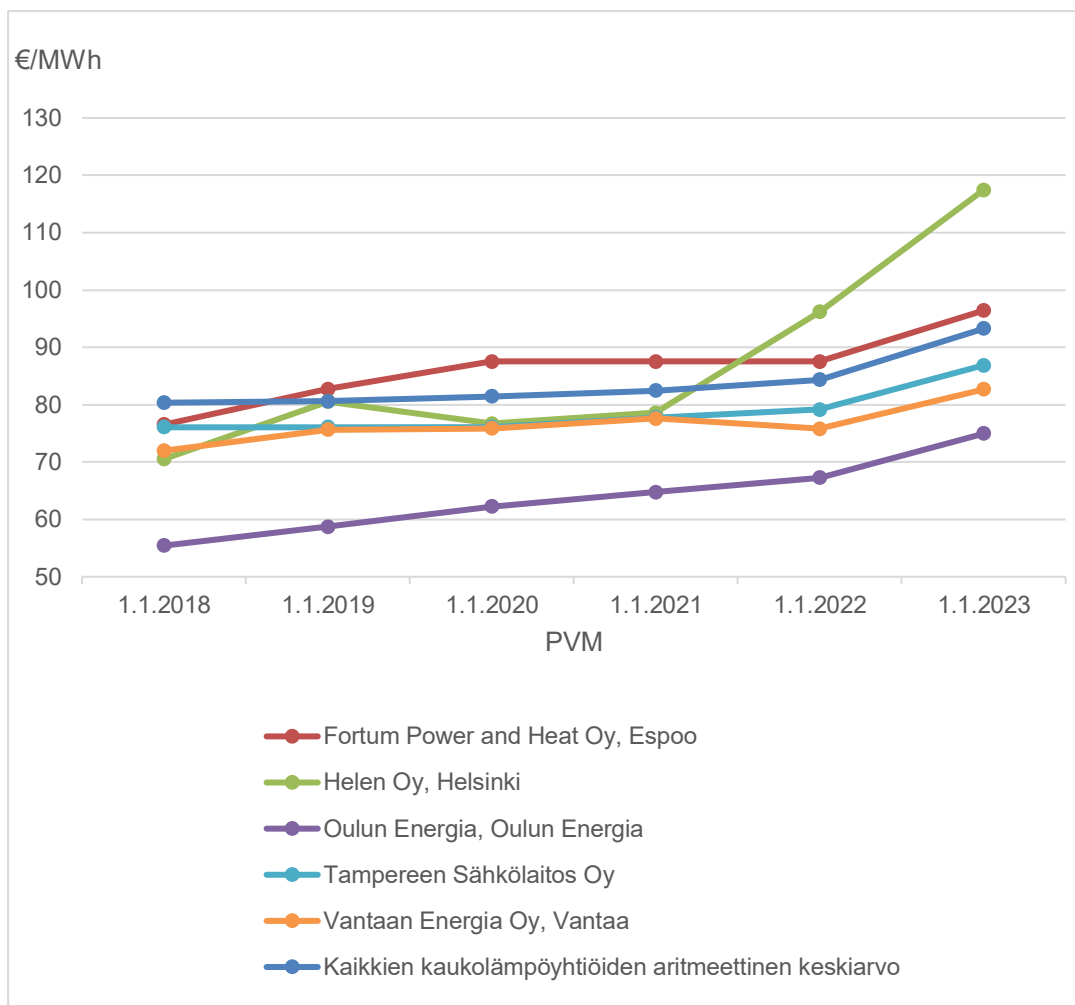
Rakennuksen lämmitys- ja jäähdytysenergianlähteen valintaan vaikuttaa suurimmalta osalta elinkaari kustannukset ja nykyisin enenemissä määrin myös ympäristöystävällisyys koko elinkaaren ajalta. Elinkaarikustannuksiin sisältyy alun hankintakustannuksen lisäksi käyttö- ja huoltokustannukset sekä uusimiskustannukset. Edellä mainitut kustannukset muodostuvat muun muassa energiahinnasta sekä laitteiden uusimis- ja huoltotarpeesta.

3.1 Kaukolämpö

Kaukolämpö on Suomen yleisin lämmitysmuoto. Kaukolämpöä voidaan tuottaa yhteistuotantolaitoksissa, joissa sähköntuotannossa syntyvää hukkalämpöä käytetään lämmönlähteenä tai pelkässä lämpölaitoksessa. Suurin osa Suomessa tuotetusta kaukolämmöstä on yhteistuotantoa. Kaukolämmöntuotannossa polttoaineena käytettiin vuonna 2022 fossiilisia polttoainetta tai turvetta 39 % ja uusiutuvia polttoaineita 47,1 %. [17;18]

Mikäli rakennus sijaitsee kaukolämpöalueella, on se investointikustannuksiltaan yleensä edullinen vaihtoehto. Kaukolämpölaitteisto koostuu lämmönsiirtimestä, pumpuista ja säätöventtiileistä. Lämmönsiirrinten, verkostojen pumppujen ja venttiileiden keskimääräinen tekninen käyttöikä on noin 20 vuotta ja venttiileiden toimilaitteiden 10–15 vuotta [7]. Kaukolämpökeskuksen huolto- ja uusimiskustannukset muodostuvat edellä mainituista komponenteista.

Kaukolämmön käyttökustannuksiin vaikuttaa energianhinta, jota on vaikea ennustaa. Kuvassa 1 on esitetty eri kaukolämpöyhtiöiden hinnan kehitys viimeisen 5 vuoden ajalta. Kuvasta nähdään kaukolämmön yleinen hinnan nousu viime vuosien aikana, mutta myös paikkakunta kohtaiset erot mitä eri kaukolämpöyhtiöllä on. Kaukolämmön hintaan vaikuttaa muun muassa kaukolämmöntuotanto tapa. Lämmityksen tuotantoa valittaessa myös paikkakunnalla voi olla iso vaikutus käytönaikaisiin elinkaarikustannuksiin. [19]



Kuva 1. Eri kaukolämpöyhtiöiden hinnan kehitystä 5 viimeisen vuoden ajalta. Hinnat ovat kokonaishintoja ja tyyppirakennuksena 80 asunnon kerrostalo, kaukolämmön tunnin huipputeho 230 kW, vuotuinen kaukolämmön käyttö 600 MWh. [19]

3.2 Kaukojäähdytys

Kaukojäähdytyksen periaate on sama kuin kaukolämmössä, mutta prosessi on päinvastainen eli kiinteistö luovuttaa ylimääräisen lämpöenergian kaukojäähdytysveteen. Kaukojäähdytysverkosto on kaukolämpöverkosta paljon suppeampi, sillä kaukojäähdytystoiminta Suomessa on alkanut vuonna 1998. Vuonna 2021 Suomessa kaukojäähdytystä myyviä energiayhtiöitä oli 11. [20]

Kaukojäähdytyksen tuotannossa käytetään usein lämpöpumppua, joita käytetään myös samalla lämmöntuotantoon. Käytännössä lämpöenergiaa kierrätetään rakennuksilta, joilla sitä on ylimääräistä rakennuksille, jotka sitä tarvitsevat.

Lisäksi kaukojäähdytyksessä käytetään paljon vapaajäähdytystä, jota saadaan, kun ulkoilman tai vesistöjen lämpötilat ovat tarpeeksi matalat. [20]

Kaukojäähdytyksessä kiinteistöön tulee vastaavat komponentit kuin kaukolämmössäkin. Investointi ja huoltokustannuksiltaan kaukojäähdytys vastaa kaukolämpöä uudisrakennuksessa olettaen, että ollaan kaukojäähdytysverkoston alueella eikä liittymää varten tarvitse tehdä pitkiä putkilinjoja. Kaukojäähdytyksen tuotantoon käytetään sähköä sekä hyödynnetään esimerkiksi vesistöistä saatavaa kylmää, jolloin kaukojäähdytyksen hintaan ei vaikuta niin paljon esimerkiksi fossiilisten polttoaineiden hinta.

Kaukojäähdytysverkoston ulkopuolisiin, mutta kaukolämpöverkoston piiriin kuuluviin kiinteistöihin on mahdollista saada myös kiinteistöjäähdytys. Kiinteistöjäähdytyksessä kiinteistön jäähdytys tuotetaan lämpöpumpulla, joka johtaa ylimääräisen lämmön kiinteistöstä kaukolämpöverkostoon. [21]

Kaukojäähdytysverkoston ensiöpuolen mitoituslämpötilat ovat 8–16 °C [22]. Tämä täytyy ottaa huomioon erityisesti saneerauskohteissa, joissa verkostojen lämpötilat ovat voineet olla erilaiset. Verkoston lämpötilat vaikuttavat putkikokoihin sekä verkoston laitteiden mitoitukseen.

3.3 Vedenjäähdytyskone

Vedenjäähdytyskone on välillinen jäähdytysjärjestelmä, jossa jäähdytysverkoston veden lämpöenergia siirretään lämmönsiirtimen avulla kylmäkoneistossa kiertävään kylmäaineeseen. Kylmäkoneistossa käytetään hyväksi suljettua kylmäaineenkiertoa, jossa kylmäaine vuoroin höyrystyy ja lauhtuu sitoen ja luovuttaen lämpöä. Vedenjäähdytyskone voidaan varustaa myös vapaajäähdytystoiminnolla, jolloin ulkoilmalämpötilaa voidaan käyttää suoraan kylmäaineen lämpötilan laskemiseen eikä kompressoria tarvita. Vapaajäähdytystä voidaan käyttää, kun rakennuksessa on jäähdytystarvetta myös alle 10 °C:n ulkoilman lämpötiloissa. [9;23.]

Vedenjäähdytyskoneikko vaatii isommat tilat verrattuna kaukojäähdytykseen. Koneistoa palvelevat lauhduttimet sijoitetaan yleensä vesikatolle ja itse vedenjäähdytyskone usein ylimpien kerrosten konehuoneeseen. Jäähdytyskoneen lisäksi tarvitaan lisäksi myös varaajasäiliö. Laitteiston suunnittelussa pitää erityisesti ottaa huomioon äänitekniset asiat, jonka aiheuttavat lauhduttimet, pumpput ja kompressorisyksiköt. Vedenjäähdytyskoneella tuotetun jäähdytysveden lämpötila on viileämpää kuin kaukojäähdytyksessä, jolloin ilmanvaihtokoneiden jäähdytyspattereista sekä tila jäähdytyslaitteista saadaan enemmän jäähdytystehoa samalla jäähdytysveden massavirralla. Matalampia lämpötiloja voidaan käyttää laitteissa, joista sallitaan veden kondensoituminen lämmönsiirtimen pinnalle ja kondenssivesi saadaan johdettua hallitusti viemäriin. Vedenjäähdytyskoneiden tekninen käyttöikä on noin 20 vuotta. [7.]

3.4 Hukkalämmöt

Hukkalämmöllä tarkoitetaan kiinteistöstä poistuvaa ylijäämälämpöä, josta lämpöä ei oteta talteen [24]. Yksinkertainen esimerkki hukkalämmöstä on huipumuri, joka imee rakennuksen sisällä lämmennyttä ilmaa ja puhaltaa sen ulos ottamatta talteen ilmavirran sisältämää lämpöenergiaa. Hukkalämmöntalteenottoja mietittäessä on hyvä lähteä liikenteeseen siitä mihin energiaa rakennuksessa käytetään ja kuinka paljon. Paras lämmöntalteenotto saavutetaan energiasta, jota ei ole käytetty tai kulutettu. Kun kulutus on saatu mahdollisimman pieneksi, voidaan tutkia, saadaanko kulutetusta energiasta jotain takaisin hyötykäyttöön.

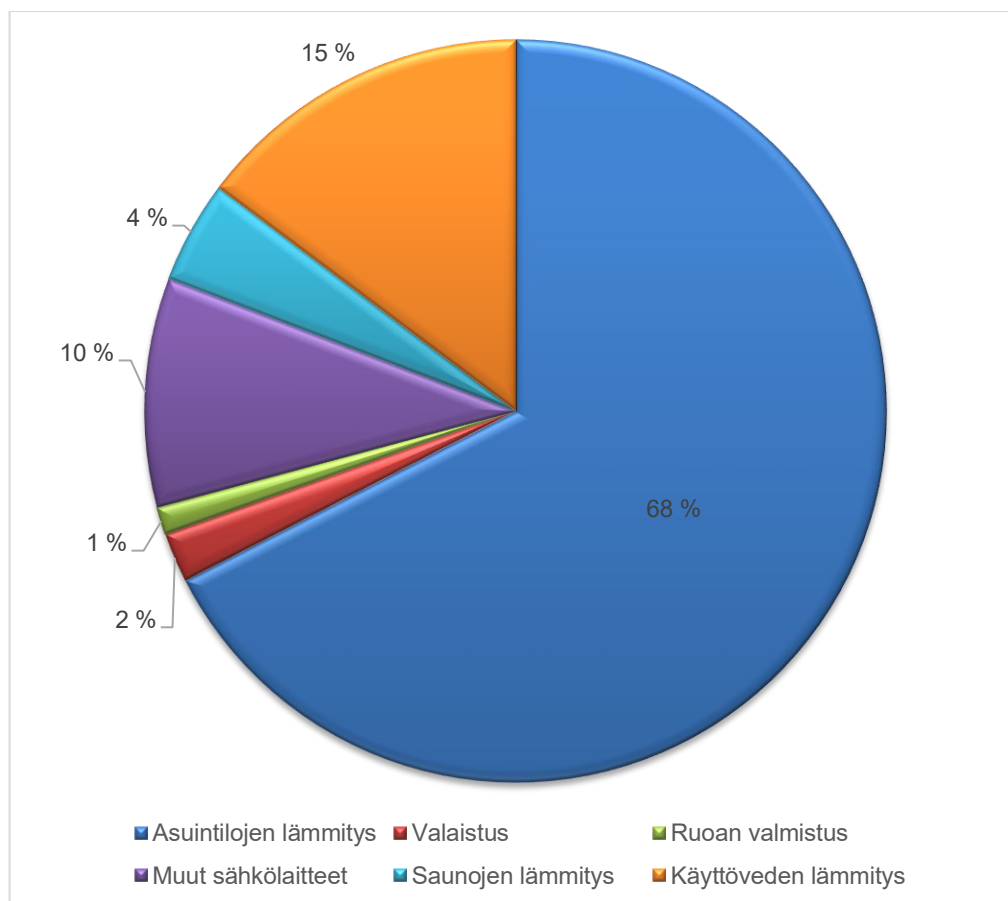
3.4.1 Ilmanvaihto

Nykyään ilmanvaihtokoneet varustetaan lämmöntalteenotolla ja talteen otettu lämpö käytetään yleensä tuloilmaan esimerkiksi pyörivällä lämmönsiirtimellä. Ulkoilman lämmitessä kaikki poistoilman lämpö ei enää mene tuloilmaan vaan sitä jää yli. Ulospuhallusilmassa on siis edelleen lämpöenergiaa, jota voidaan

ottaa talteen ja kierrättää edelleen lämpöpumppujen kautta esimerkiksi käyttöveden lämmittämiseen, jota hotellirakennuksissa kuluu paljon. Lämmöntalteenoton kannattavuuteen vaikuttavat poistoilmavirta, ilmanvaihdon käyttöajat sekä ulkoilman lämpötilat.

3.4.2 Vesi- ja viemärilaitteistot

Hotellirakennusten energiankulutuksesta ei ole Suomesta suoraan tilastotietoa, mutta tilojen ja käyttöveden kulutuksen osalta sitä voidaan verrata asuinrakennuksen vastaaviin. Kuvassa 2 on esitetty asumisen energiakulutuksen jakaumaa, josta nähdään, että merkittävä osuus energiakulutuksesta menee käyttöveden kulutukseen.



Kuva 2. Asumisen energiakulutus käyttökohteittain vuonna 2021 [25].

Koska käyttöveden lämmitykseen menee huomattava osa asumisen energian kulutuksesta, on siinä myös energiansäästön mahdollisuuksia. Ensisijaisesti pienennetään mahdollisuuksien mukaan kulutusta käyttämällä esimerkiksi pienemmän virtaaman vesikalusteita. Toissijaisesti viemäriin johdettavasta vedestä voidaan ottaa energiaa talteen ennen sen johtamista kunnalliseen jätevesiverkostoon.

4 Hotellirakennusten energiankulutus

4.1 Kohde-esittelyt

Kohde-esittelyissä on käyty tarkemmin läpi kahta toiminnoiltaan samanlaista hotellirakennusta, joissa on tehty erilaisia energiankierrätysjärjestelmiä. Ensimmäisessä kohteessa energiakierrätyksessä on hyödynnetty ravintolan ja keittiön poistoilmasta sekä jäähdytysjärjestelmistä saatavaa lämpöenergiaa. Toisessa kohteessa on hyödynnetty jätevedestä saatavaa hukkalämpöä.

4.1.1 Hotelli 1, säävyöhyke 3

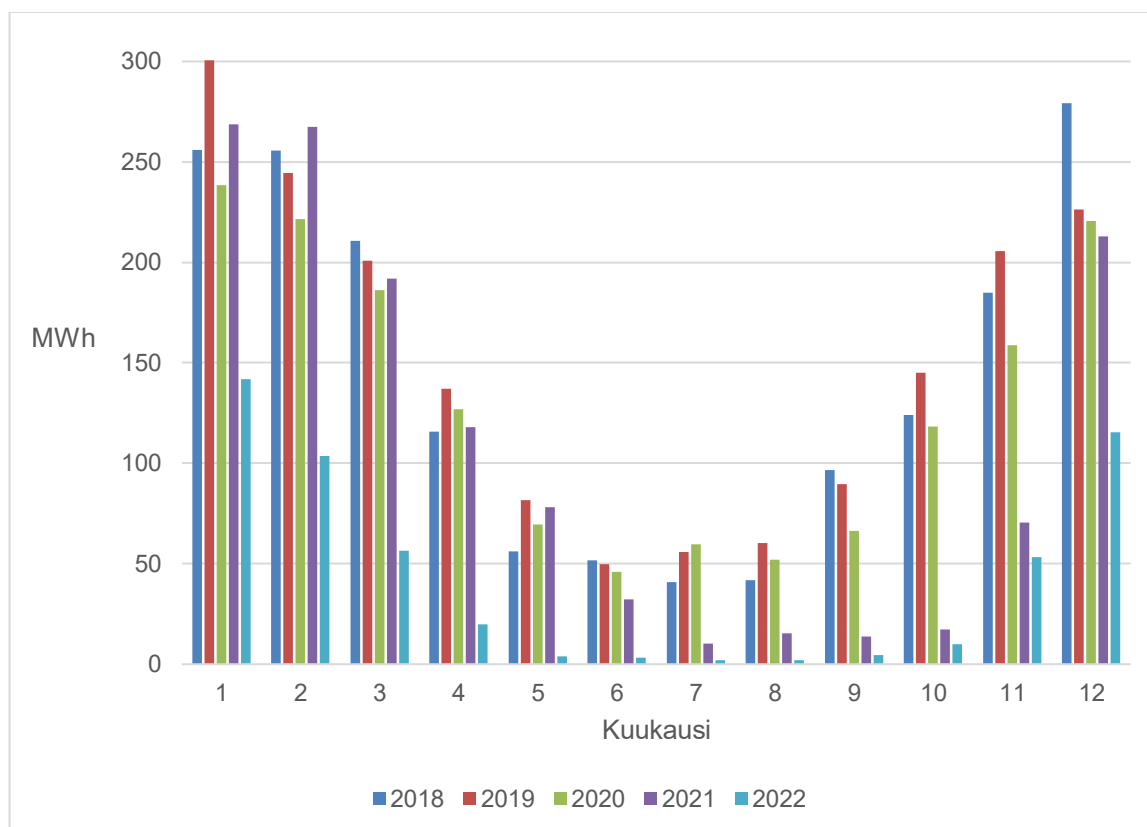
Hotelli 1 on säävyöhykkeellä 3 sijaitseva hotelli, joka on otettu käyttöön vuonna 2012 ja siihen on rakennettu laajennus vuonna 2019. Hotellissa on 210 hotellihuoneen lisäksi ravintola, kuntosali sekä kokous- ja saunatiloja. Kohteen pääasiallinen lämmitysmuoto on kaukolämpö ja jäähdytysmuotona vedenjäähdytyskoneikko. Rakennuksen tilavuus on 49 688 m³ ja pinta-ala 12 732 brm².

Hotellirakennukseen tehtiin vuonna 2021 energiaremontti. Energiaremontissa keittiön ja ravintolan poistoilmakoneiden ulospuhallushajoittajien tilalle asennettiin lämmöntalteenottopatterit. Lämmöntalteenottopattereiden verkostoon yhdistettiin lisäksi jäähdytysvesiverkoston puolelta vapaajäähdytyspiiriin, josta muodostuu lämpöpumppujen keruupiiri. Kohteessa on kaksi lämpöpumppua, joissa molemmissa on erillinen tulistuspiiri. Tulistuspuolella on oma varaajasäiliö, josta siirretään lämmintä käyttövettä rakennuksen käyttövesiverkostoon rinnanky-

kennällä. Lauhdutuspuolella on kaksi varaajasäiliötä, joista molemmista lämpöenergiaa ohjataan rakennuksen lämmityspatteri-, lattialämmitys- ja ilmanvaihtolämmitysverkostoihin. Periaatekaavio energiankierrätysjärjestelmästä esitetty liitteessä 1.

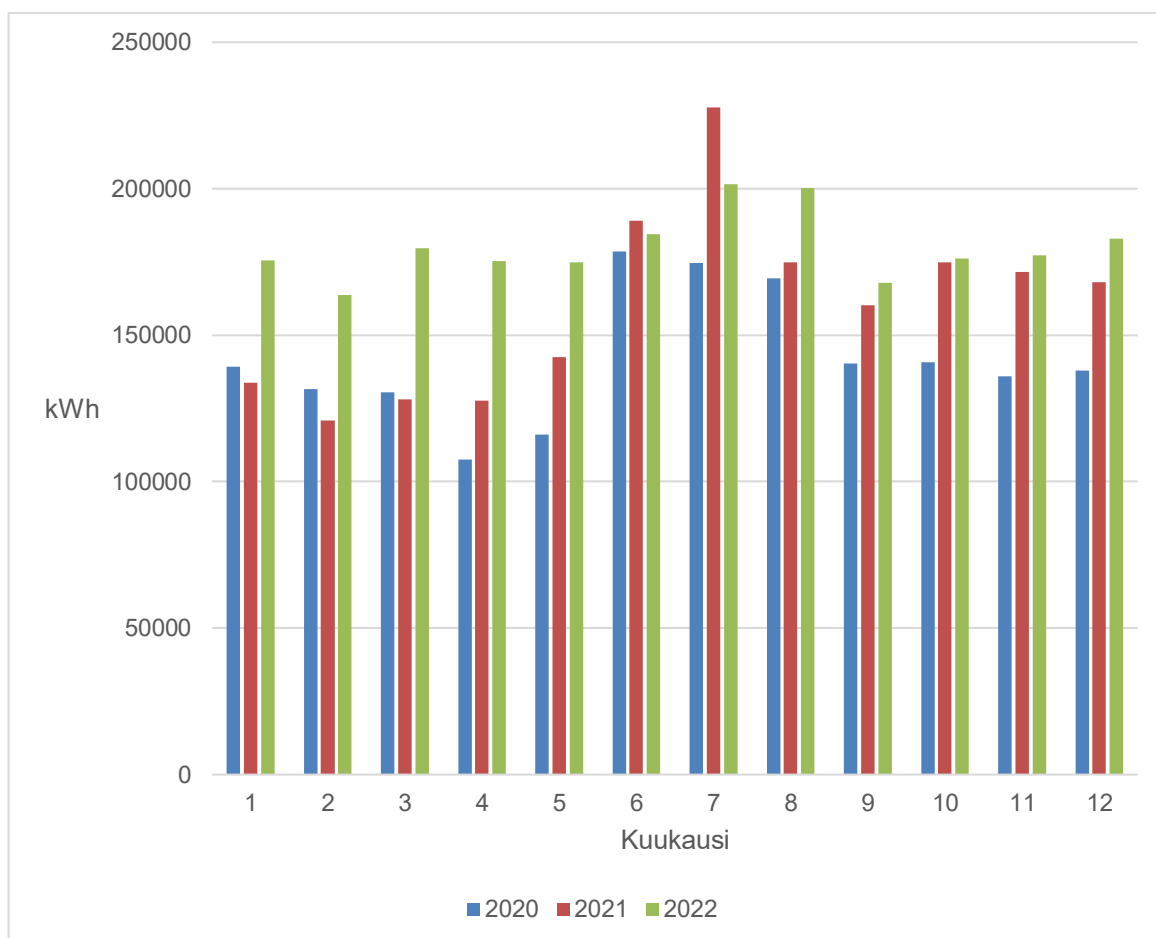
Vapaajäähdytyslaitteella saadaan siirrettyä lämmitysenergiaa rakennuksen lämmittämiseen jäähdytyskauden ulkopuolella. Vapaajäähdytykseen on kohteessa liitetty muun muassa ravintolan kylmähuoneiden lauhdepiirit.

Kuvassa 3 on esitetty hotellin kaukolämmön normitettu kulutus vuosien 2018–2022 aikana. Kuvasta näkyy hotellin laajennukseen liittyvä kaukolämmön tarpeen lisääntyminen, koronavuosi 2020 ja viimeisenä energiaremontin jälkeen saatu energiansäästö. Energiaremontissa tehdyt lämpöpumput otettiin käyttöön kesäkuussa 2021. Joulukuussa 2021 toinen lämpöpumpuista oli rikki, mikä selittää osittain kaukolämmönkulutuksen piikin kyseisenä kuukautena.

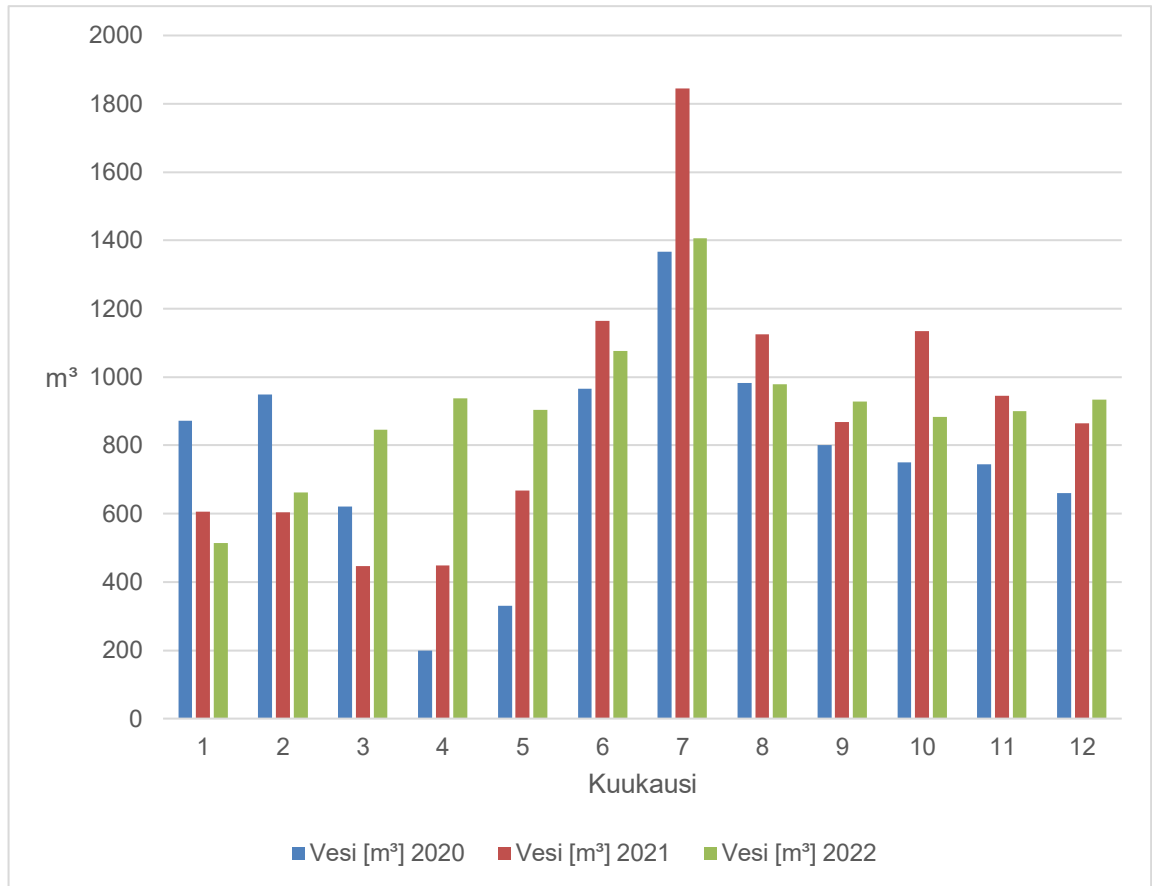


Kuva 3. Hotellin 1 Jyväskylään normitettu kaukolämmön energiankulutus vuosina 2018–2022.

Kuvassa 4 on esitetty kohteen sähkötulutus vuosina 2020–2022. Kuvasta voi nähdä pientä kulutuksen kasvua lämpöpumppujen käyttöönoton jälkeen, joka tapahtui kesäkuussa 2021. Vuoden aikana sähköenergian kulutus nousi 26,9 % vuodesta 2020 vuoteen 2022. Sähkön kulutuksen noususta lämpöpumpun lisäksi osan selittää koronavuodesta johtuva sähkönkulutuksen pienentyminen. Kuvassa 5 on esitetty hotellin käyttöveden kulutus kuukausittain. Lämpimän käyttöveden lämmittämiseen tarvittava energia vaikuttaa kesäisin kaukolämmön kulutukseen.



Kuva 4. Hotellin 1 sähkön kulutus vuosina 2020–2022.



Kuva 5. Hotellin 1 käyttöveden kulutus vuosina 2020–2022.

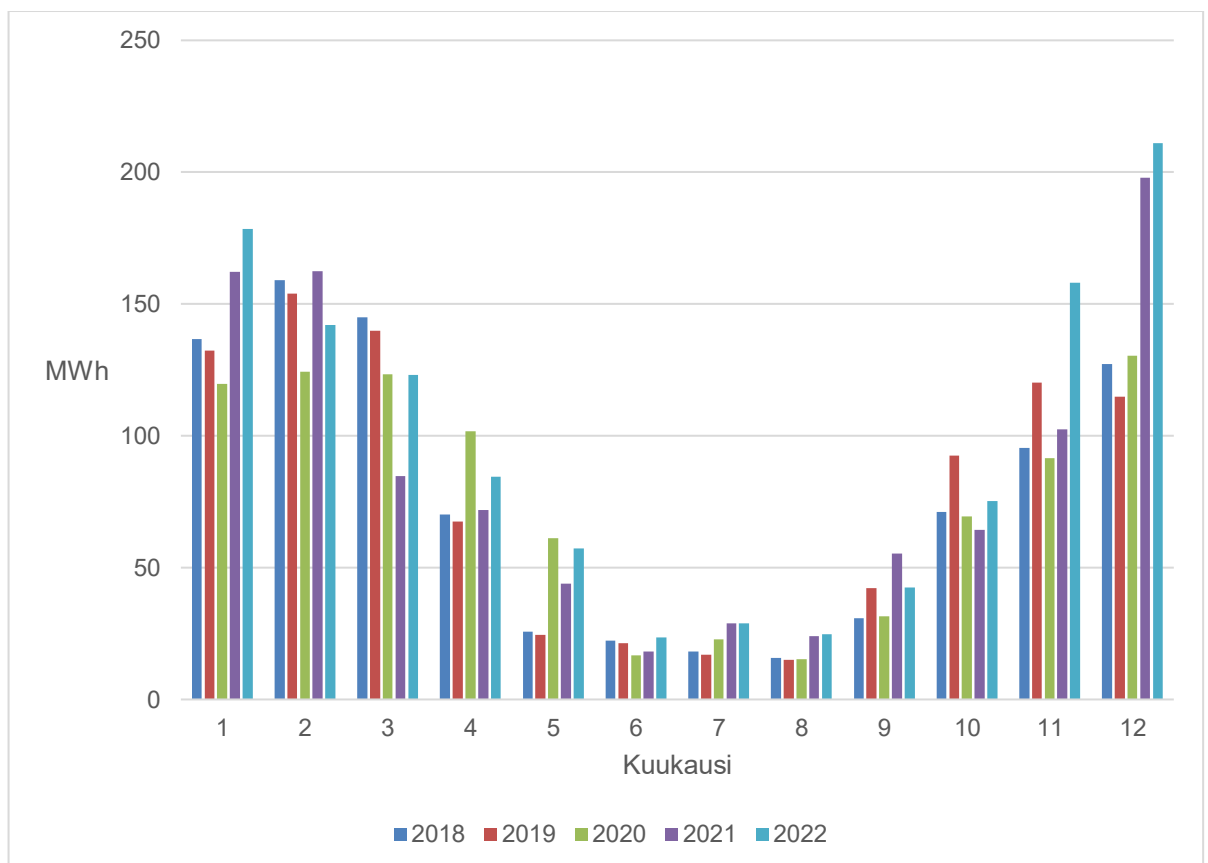
4.1.2 Hotelli 2, säävyöhyke 2

Hotelli 2 on säävyöhykkeelle 2 vuonna 1991 valmistunut hotellirakennus, jossa on hotellihuoneiden lisäksi ravintola, kokous- ja saunatiloja. Hotelli on uudistettu vuosina 2017–2018. Hotellissa on 145 huonetta, ja kokonaispinta-ala on 7 917 brm² ja tilavuus 31 000 m³. Rakennuksen pääasiallinen lämmitysmuoto on kaukolämpö ja uudistuksen yhteydessä kaukolämmön rinnalle on rakennettu jäteveden lämmöntalteenottojärjestelmä, joka on otettu käyttöön syyskuussa 2019.

Vuonna 2019 käyttöön otetussa jäteveden lämmöntalteenottojärjestelmässä jätevedet on jaettu kahteen eri keruupiiriin. Toinen keruupiiri muodostuu hotellihuoneiden sekä baaritiskin jätevedestä ja toinen ravintoloiden jätevesistä. Molemmilla keruupiireillä on omat siirtimet ja molemmissa jätevesi kulkee siirtimen läpi repijäpumpulla. Jäteveden lämmönsiirtimiltä saatu lämpöenergia siirretään

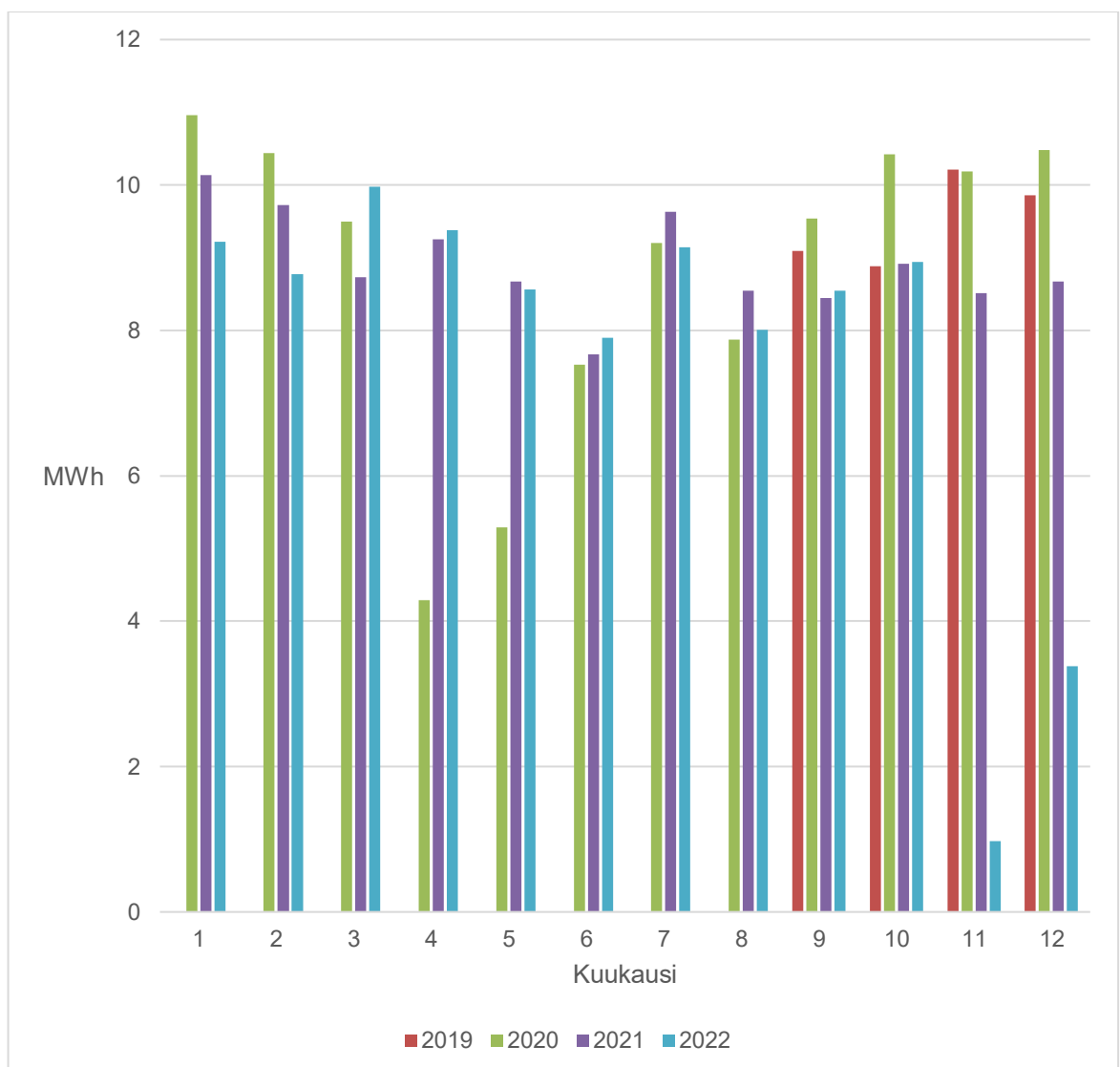
yhteiselle lämpöpumpulle, jolla tuotettu lämpöenergia siirretään siirtimien kautta rakennuksen konvektorilämmitys- ja käyttövesiverkoston. Verkostoja palvelevat siirtimet on asennettu sarjaan siten, että puhallinkonvektoriverkosto on ensin ja sen jälkeen on käyttövesiverkosto. Puhallinkonvektoriverkosto on liitetty rinnakkain kaukolämpöverkoston kanssa ja käyttövesipuolella liitos on tehty lämpimän veden kiertoon. Liitteessä 2 on esitetty periaatekaavio jäteveden lämmöntalteenotosta.

Kuvassa 6 on esitetty kohteen kaukolämmön Jyväskylään normitettu kaukolämpöenergian kulutus, josta jäteveden lämmöntalteenoton lisäystä ei huomaa. Kaukolämpöenergian normitettu kulutus on käytännössä sama verratessa esimerkiksi loppuvuoden 2018 ja 2019 kaukolämmönkulutusta ja noussut mentäessä vuosiin 2021–2022. Kaukolämmön kulutukseen ovat vaikuttaneet sekä korona että tehdyt remontit.

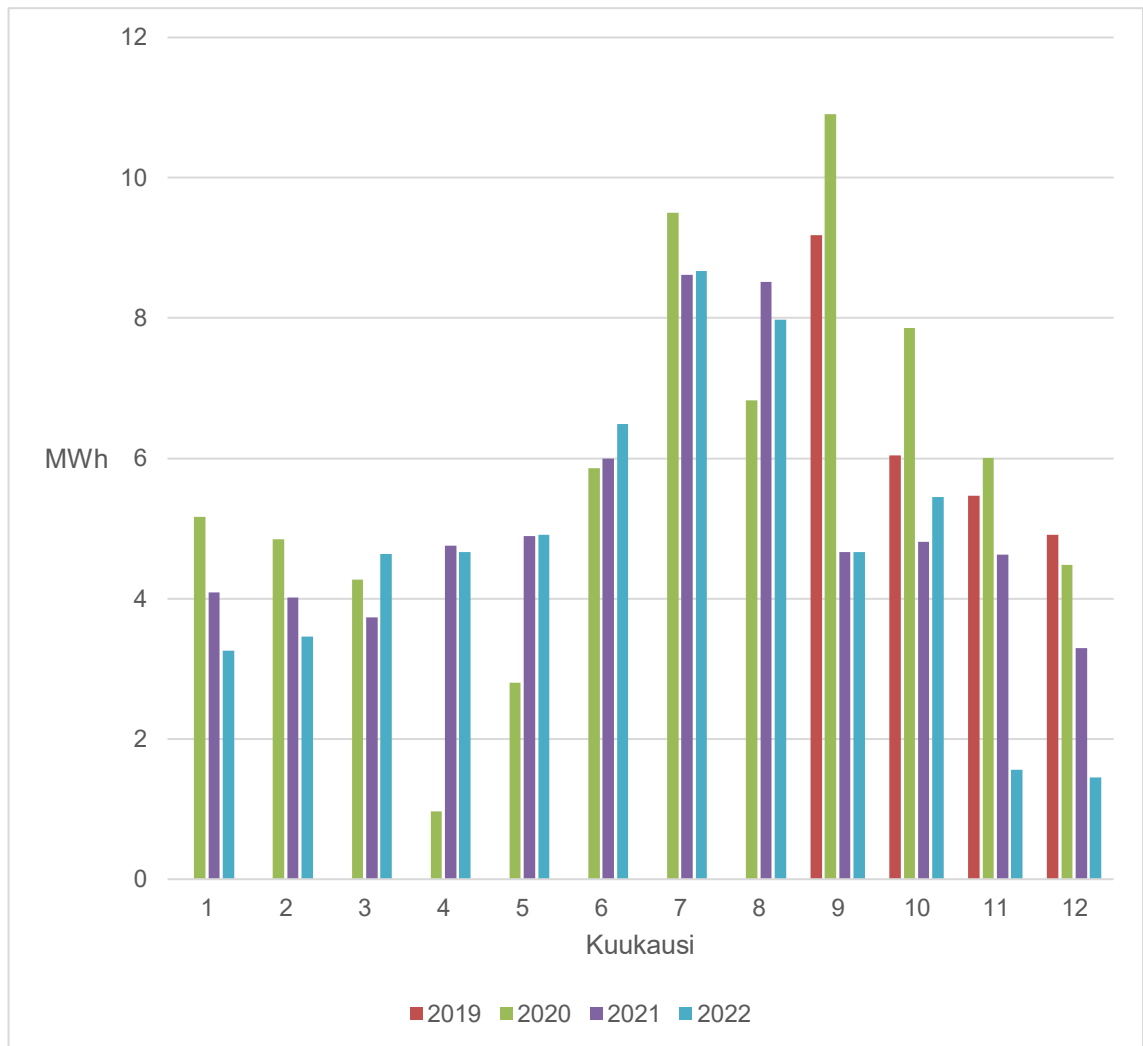


Kuva 6. Hotellin 2 Jyväskylään normitettu kaukolämpöenergian kulutus vuosina 2018–2022.

Kuvassa 7 on esitetty jäteveden lämmöntalteenotosta lämpöpumpulla saatu energia kuukausittain. Lämpöenergia sisältää sekä jätevedestä lämmöntalteenotetun energian että lämpöpumpulla tehdyn lämmitysenergian. Järjestelmä on ollut osittain pois päältä, minkä vuoksi marras- ja joulukuun 2022 energiankulutukset ovat olleet pieniä. Vuositasolla järjestelmästä saatu kokonaisenergia on vaihdellut vuosien 2020–2022 aikana 92–107 MWh. Samalla aikavälillä normitettu kaukolämpöenergian määrä on vaihdellut vuositasolla 907–1149 MWh. Kuvassa 8 on esitetty pelkästään jäteveden lämmöntalteenotosta saatu energia, joka ei sisällä lämpöpumpulla tuotettua lämpöenergiaa.

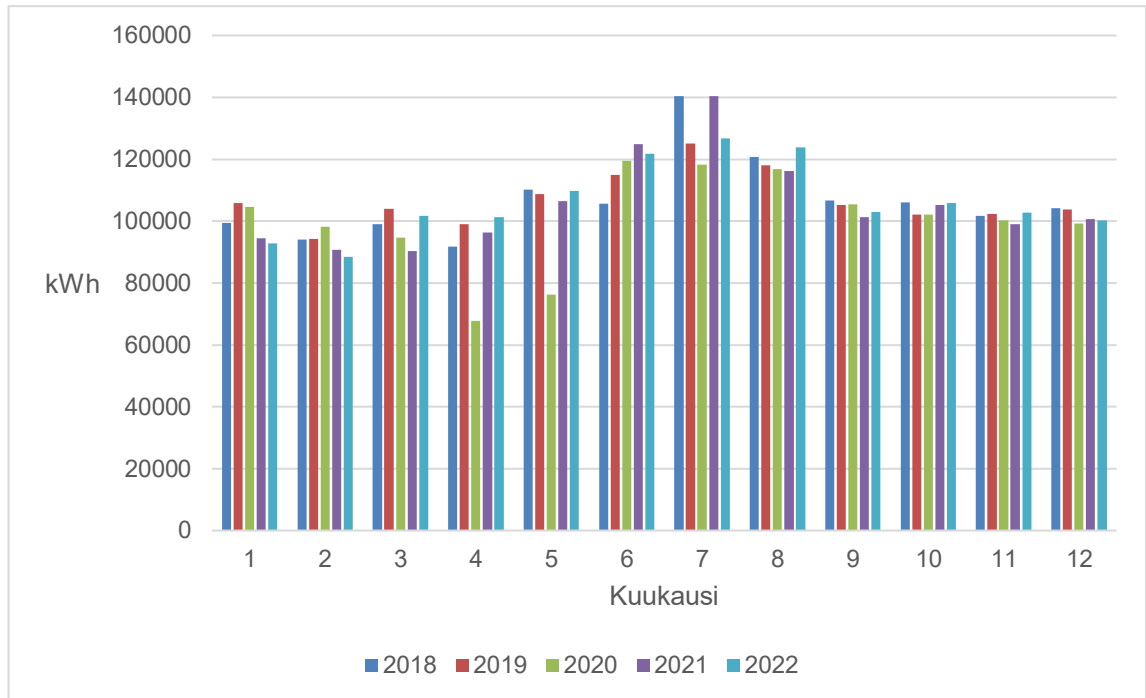


Kuva 7. Hotellin 2 jätevedestä talteen otettu lämpöenergia sisältäen lämpöpumpulla tehdyn lämpöenergian vuosina 2019–2022.



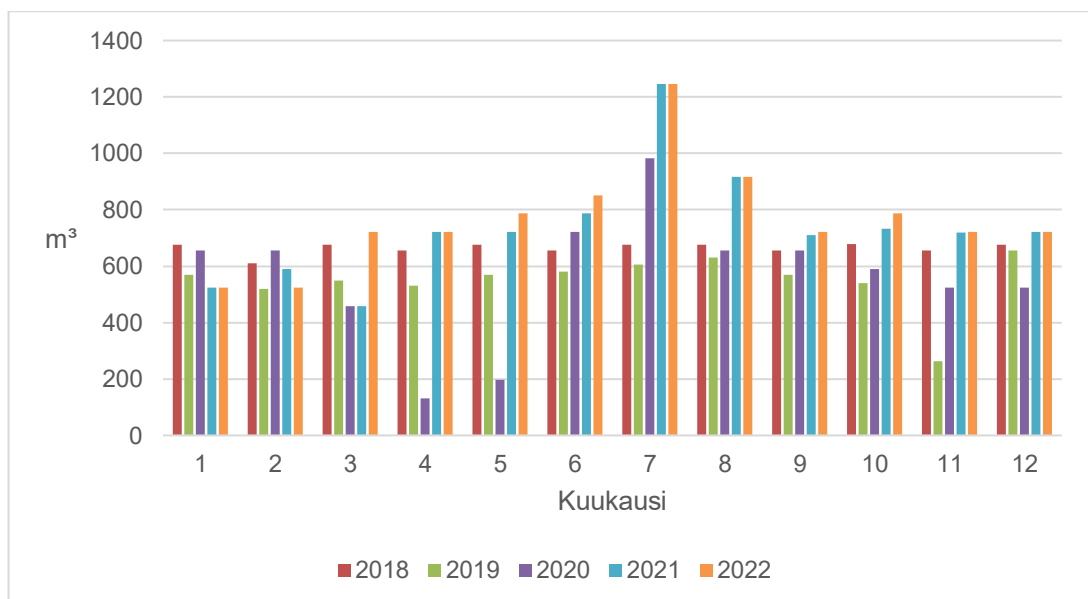
Kuva 8. Hotellin 2 jätevedestä talteen otettu lämpöenergia ilman lämpöpumpulla tuotettua lämpöenergiaa vuosina 2019–2022.

Kuvassa 9 esitetyssä kohteen sähkötalutuksessa ei myöskään ole havaittavaa sähkötalutuksen nousua verrattessa loppuvuotta 2018 ja 2019, jolloin lämpöpumppu on otettu käyttöön. Sähkötalutuksen osalta kuvasta näkee koronan aiheuttaman sähkötalutuksen vähenemisen.



Kuva 9. Hotellin 2 sähköenergian kulutus vuosina 2018–2019.

Kuvassa 10 on esitetty hotellin käyttöveden kulutus vuosina 2018–2022. Kuvasta näkee käyttöveden kulutuksen olevan kyseisessä hotellirakennuksessa olevan korkea erityisesti heinäkuussa. Käyttöveden kulutuksessa on nähtävissä korrelaatiota jäteveden lämmöntalteenottoon (kuva 8).



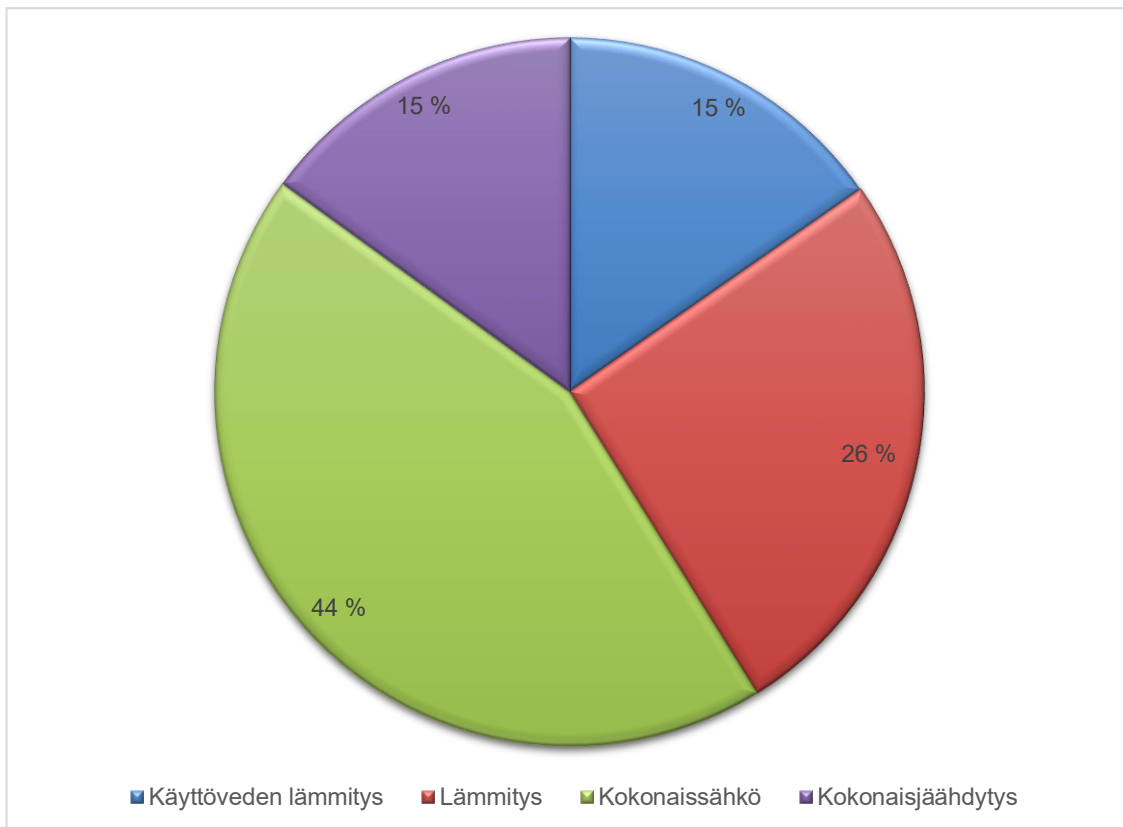
Kuva 10. Hotellin 2 veden kulutus vuosina 2018–2022.

4.2 S-ryhmän hotellirakennusten toteutuneita energiankulutuksia

S-ryhmässä energian ja veden kulutusta seurataan EnerKey-ohjelmiston kautta. Kaukolämmön ja päävesimittarin tiedot ovat kaikista kohteista. Alamittausten määrä vaihtelee kohteittain siten, että uusista tai vasta saneeratuista kohteista on tietoja jokaisesta rakennuksen lämmitysverkostosta erikseen tai esimerkiksi käyttövesipuolella on mitattu erikseen lämmin vesi. Tässä luvussa verrataan rakennusten toteutuneita käyttöveden ja lämmitysenergian kulutuksia. Hotellirakennusten vertailu on haasteellista, koska esimerkiksi käyttöveden kulutus on erittäin riippuvaista hotellin käyttöasteesta sekä muista hotellin yhteydessä olevista toiminnoista.

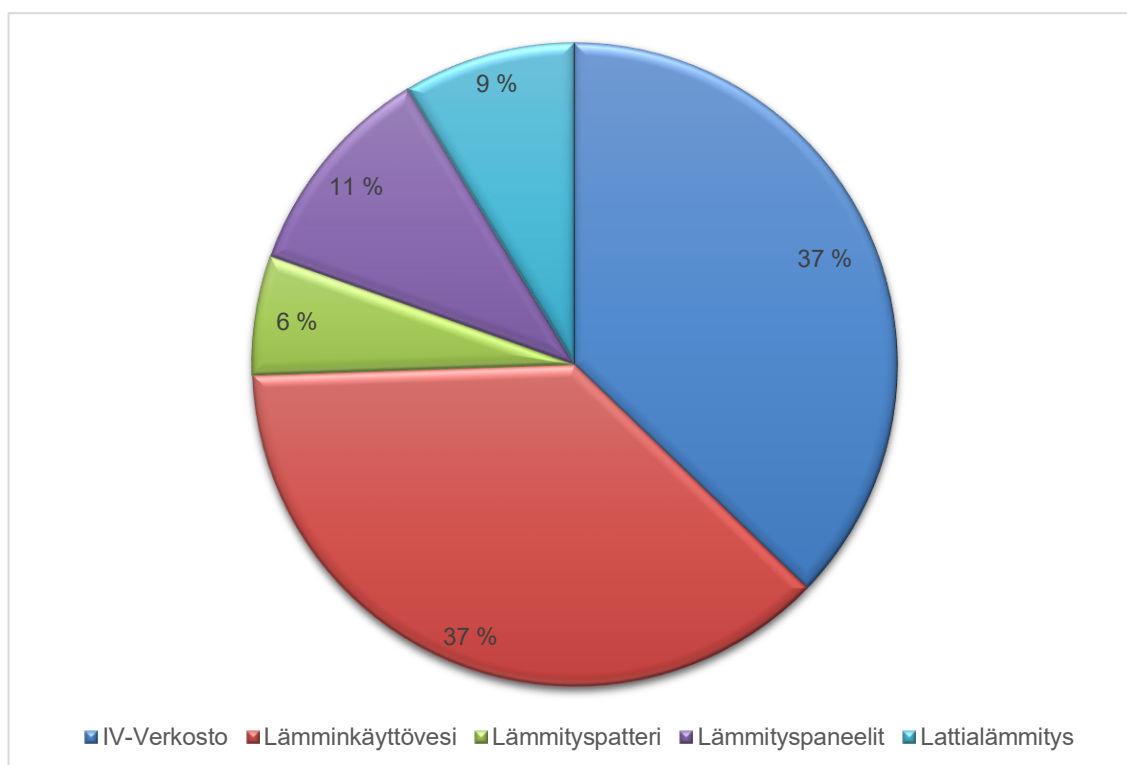
4.2.1 Kokonaisenergian jakautuminen

Kokonaisenergian jakaumassa kohteena on käytetty hotellia 3, joka sijaitsee säävyöhykkeellä 1. Hotelli on uudisrakennus, ja se on otettu käyttöön kesällä 2020. Rakennuksen päälämmitysmuotona on kaukolämpö ja rakennus on liitetty kaukojäähdytysverkostoon. Kuvassa 11 on esitetty kokonaisenergian jakautuminen rakennuksessa vuonna 2022. Verratessa kuvassa 2 esitettyyn asumisen energiankulutuksen jakautumiseen lämmitysenergian tarve on huomattavasti pienempi, joka voi johtua uudisrakennusten pienemmästä lämmitystarpeesta.



Kuva 11. Hotellin 3 energian kulutuksen jakautuminen vuonna 2022.

Kuvassa 12 on esitetty vielä hotellin 3 lämmitysenergianjakautuminen eri lämmitysverkostoihin. Käyttövesiverkosto muodostaa merkittävän osan lämmitysenergian tarpeesta ilmanvaihdon ohella. Tilojen lämmityksen osalta lämmitysenergian tarve on prosentuaalisesti pienempää. Käyttöveden lämmitykseen käytetty energia on saatu vähentämällä kokonaiskaukolämmönenergiasta erikseen mitattujen verkostojen kaukolämpöenergian kulutus.



Kuva 12. Hotellin 3 energian kulutuksen jakautuminen vuonna 2022.

4.2.2 Käyttöveden kulutustietoja

Lämpimän käyttöveden kulutuksen mittaustietoja on olemassa EnerKey-ohjelmistossa vain harvoista hotellikohteista. Motivan vuonna 2023 julkaistussa ohjeissa ensisijaisena arvona on käytettävä käyttöveden energiamittaukseen perustuvaa arvoa. Jos energiamittausta ei ole, voidaan lämpimän käyttöveden energia arvioida käyttöveden kokonaiskulutuksen mukaan. Kun rakennuksesta saadaan pelkästään päävesimittarin tiedot, joka sisältää kylmän ja lämpimän veden, voidaan arviossa käyttää asuinrakennuksissa lämpimälle vedelle 40 %:n osuutta kokonaiskäyttöveden kulutuksesta. [26]

Taulukossa 1 on esitetty hotelli 3 ja hotelli 4 käyttöveden kulutuksia vuosilta 2022 ja 2021. Hotelli 4 sijaitsee säävyöhykkeellä 3. Lämpimän veden osuus koko käyttövedestä on 30–42 %. Kesäaikaan lämpimän käyttöveden kulutus on suhteessa pienempää ja talvisin taas suurempaa. Lämpimän käyttöveden osuuden arvioinnissa asuinrakennuksissa käytetty arvo 40 % kokonaiskäyttöveden kulutuksesta näyttää sopivalta määrältä.

Taulukko 1. Lämpimän käyttöveden kulutus suhteessa käyttöveden kokonaiskulutukseen esimerkkikohteissa.

Hotelli 3				Hotelli 4			
Kuukausi	Vesi [m ³]	Lämmin vesi [m ³]	Lämmin vesi osuus	Kuu-kausi	Vesi [m ³]	Lämmin vesi [m ³]	Lämmin vesi osuus
	2022	2022			2021	2021	
1/22	517	178	34 %	1/21	1305	550	42 %
2/22	639	199	31 %	2/21	1189	488	41 %
3/22	721	254	35 %	3/21	768	324	42 %
4/22	841	294	35 %	4/21	1102	450	41 %
5/22	932	329	35 %	5/21	1624	536	33 %
6/22	1064	360	34 %	6/21	1746	530	30 %
7/22	1496	501	34 %	7/21	2194	712	32 %
8/22	1141	359	31 %	8/21	1845	621	34 %
9/22	970	305	31 %	9/21	1731	607	35 %
10/22	993	330	33 %	10/21	1814	619	34 %
11/22	866	331	38 %	11/21	1645	619	38 %
12/22	805	309	38 %	12/21	1680	634	38 %
Koko vuosi	10986	3750	34 %		18642	6690	36 %

Asuinrakennusten lämpimän veden käytön arvioimiseksi voidaan käyttää myös neliöpohjaista arvioita, kun veden kokonaiskulutuksesta ei ole tietoa. Lämpimän käyttöveden ohjeellinen oletusarvo on tällöin 600 dm³/brm² vuodessa. Lämpimän käyttöveden oletusarvon perusteella voidaan laskea käyttöveden kokonaiskulutukseksi 1 500 dm³/brm² vuodessa. Taulukossa 2 on esitetty veden ominaiskulutuksia 15 eri hotellirakennuksesta vuodelta 2022. Kohteiden veden kulutuksessa on suuria eroja. Pienimmät veden kulutukset taulukossa johtuvat remonteista, jolloin hotelli on saattanut olla osan vuodesta pois käytöstä, eikä tällöin myöskään käyttöveden kulutusta ole ollut. Eroavaisuuksiin vaikuttaa myös hotellin toiminnot, kuten ravintola ja niiden käyttöajat, sekä luonnollisesti koko hotellin käyttöasteet. Yhteenvetona hotellin käyttöveden kulutusta on erittäin vaikea arvioida tarkasti, ja siihen vaikuttaa paljon eri asioita.

Taulukko 2. Käyttöveden ominaiskulutuksia eri hotellirakennuksissa vuodessa.

Hotelli	Säävyöhyke	Brutto pinta-ala, brm ²	Ominaiskulutus vesi, l/brm ²
Hotelli 5	1	26526	1273,2
Hotelli 6	2	26433	755,6
Hotelli 7	1	24339	766,0
Hotelli 8	3	22798	590,2
Hotelli 9	1	21335	579,1
Hotelli 10	3	17018	1306,0
Hotelli 11	2	14513	716,5
Hotelli 12	1	13076	397,7
Hotelli 13	4	11755	703,0
Hotelli 14	2	11168	206,2
Hotelli 15	3	9670	759,9
Hotelli 16	1	8483	791,6
Hotelli 17	1	6721	831,3
Hotelli 18	1	5431	1111,7
Hotelli 19	3	5390	978,3
Keskiarvo		14977,0	784,4

4.2.3 Lämmitysenergian kulutustietoja

Lämmitysenergian vertailua varten tutkittavaksi valittiin 15 S-ryhmän hotellirakennusta Suomen jokaiselta säävyöhykkeeltä. Vertailu tehtiin pelkästään vuoden 2022 lämmitysenergiatietojen perusteella. Osassa rakennuksia on voinut olla käynnissä remonttihankeita, jotka ovat osaltaan voineet vaikuttaa lämmitysenergian kulutukseen, joko kasvattamalla tai pienentämällä sitä. Kohteet on rakennettu eri vuosikymmeninä, ja kaikista kohteista ei ollut tiedossa rakennusvuotta.

Hotellikiinteistöjen lämmitysten kulutusten vertailussa on käytetty Motivan tammikuussa 2023 julkaistua ohjeistusta ominaiskulutuksien normituksessa. Normitus mahdollistaa vertailun eri paikkakuntien välillä ja normitus on tehty kaikkien rakennusten osalta Jyväskylään. Koska suurimmassa osassa rakennuksia ei ollut saatavilla erikseen lämpimän käyttöveden kulutusta, oletettiin lämpimän

käyttöveden kulutuksen olevan 40 % kokonaiskäyttöveden kulutuksesta. Käyttöveden energian kulutus arvioitiin kaavalla 1 ja normitettu energian kulutus kaavalla 2.

$$Q_{Ikv} = 58V_{Ikv} \quad (1)$$

jossa

- V_{Ikv} on kulutettu lämpimän käyttöveden määrä ($m^3/vuosi$)
- 58 on vesikuution lämmittämiseen tarvittavan energian määrä kWh/m^3

$$Q_{norm} = k_2 \frac{S_N \text{ vpkunta}}{S_{toteutunut} \text{ vpkunta}} Q_{toteutunut} + Q_{\text{lämmin käyttövesi}} \quad (2)$$

jossa

- Q_{norm} on normeerattu energiankulutus, MWh
- $Q_{toteutunut}$ on toteutunut lämmitysenergian kulutus ilman lämmintä käyttövettä, MWh
- $Q_{\text{lämmin käyttövesi}}$ on lämpimän käyttöveden energian kulutus, MWh
- k_2 on paikkakuntaakohtainen korjauskerroin Jyväskylään, -
- $S_N \text{ vpkunta}$ on Normaalivuoden tai -kuukauden (1991–2020) lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla, -
- $S_{toteutunut} \text{ vpkunta}$ on toteutunut lämmitystarveluku vuosi- tai kuukausitasolla vertailupaikkakunnalla, -

Taulukossa 3 on esitetty vertailuun otettujen hotellirakennusten normitettuja kaukolämpöenergian kulutustietoja yksikössä $kWh/brm^2/vuosi$ ja taulukossa 4 yksikössä $kWh/r-m^3$. Kulutustiedot on ilmoitettu tässä sekä bruttoneliöille että rakennustilavuudelle, koska rakennustilavuus ei ollut saatavilla kaikista kohteista. Ominaiskulutuksissa säävyöhykkeellä 3 sijaitseva hotelli 19 erottuu kulutukseltaan muista rakennuksista. Rakennuksen lämpöenergian kulutukseen vaikuttaa suuresti hotellin yhteydessä toimiva kylpylä. Pohjoismaissa tehdyssä tutkimuk-

sessä, jossa käsiteltiin kylmän ilmaston hotellirakennuksia Norjassa ja Ruotsissa, energiakulutuksien keskiarvo oli 213 kWh/m² vuodessa [4.] Tätä lukua ei ole kuitenkaan normitettu kuten alla olevissa taulukoissa, joten se ei ole suoraan vertailukelpoinen. Tähän työhön valittujen hotellien ominaiskulutus vaihteli 103,7–227,2 kWh/brm², kun säävyöhykkeellä 3 sijaitsevaa kylpylähotellia ei oteta huomioon. Motivan vuosilta 2011–2017 keräämistä ominaiskulutustiedoista, jossa oli mukana 15 majoitusliikerakennusta, majoitusliikerakennusten lämmityksen ominaiskulutuksen mediaani oli 52,3 kWh/r-m³. [27.] Taulukossa 4 esitettyjen hotellirakennusten ominaiskulutus on 46,5, joka on hieman Motivan ominaiskulutuksen mediaania pienempi.

Taulukko 3. Hotellirakennusten Jyväskylään normitettuja ominaiskulutuksia eri hotellirakennuksissa yksikössä kWh/brm².

Hotelli	Säävyöhyke	Brutto pinta-ala, brm ²	Ominaiskulutus kaukolämpö, kWh/brm ²	Ominaiskulutus kaukolämpö normitettu, kWh/brm ²	Huomiot
Hotelli 5	1	26526	99,5	122,5	
Hotelli 6	2	26433	163,2	182,7	
Hotelli 7	1	24339	85,9	103,7	
Hotelli 8	3	22798	167,9	173,3	
Hotelli 9	1	21335	132,8	164,1	
Hotelli 10	3	17018	126,7	125,9	
Hotelli 11	2	14513	120,3	147,8	
Hotelli 12	1	13076	101,6	125,6	
Hotelli 13	4	11755	136,7	122,8	
Hotelli 14	2	11168	114,6	130,4	
Hotelli 15	3	9670	114,2	109,7	
Hotelli 16	1	8483	104,7	125,4	
Hotelli 17	1	6721	192,2	227,2	
Hotelli 18	1	5431	140,3	173,7	
Hotelli 19	3	5390	537,0	518,8	Kylpylä
Keskiarvo		14977,0	155,8	170,2	

Taulukko 4. Hotellirakennusten Jyväskylään normitettuja ominaiskulutuksia eri hotellirakennuksissa yksikössä kWh/r-m³.

Hotelli	Säävyöhyke	Tilavuus, m ³	Ominaiskulutus kauko- lämpö normitettu, kWh/r-m ³	Huomiot
Hotelli 5	1	90877	35,8	
Hotelli 6	2	88162	54,8	
Hotelli 7	1	0	-	
Hotelli 8	3	85243	46,4	
Hotelli 9	1	67407	51,9	
Hotelli 10	3	64215	33,4	
Hotelli 11	2	55087	38,9	
Hotelli 12	1	43401	37,8	
Hotelli 13	4	36000	40,1	
Hotelli 14	2	36842	39,5	
Hotelli 15	3	35000	30,3	
Hotelli 16	1	31248	34,0	
Hotelli 17	1	26200	58,3	
Hotelli 18	1	18160	52,0	
Hotelli 19	3	28736	97,3	Kylpylä
Keskiarvo		47105,2	46,5	

5 Energiankulutusten yhteenveto

Hotellin 1 tapauksessa kaukolämpöenergian kulutus on saatu merkittävästi pienemmäksi uusien energiankierrätysjärjestelmien jälkeen. Vuosittainen kaukolämpöenergian kulutus on pienentynyt noin 70 %. Hotellin sähkökulutus on noussut lämpöpumpun asentamisen jälkeen, mutta vaikutus ei ole yhtä suuri kuin lämmitysenergiassa. Hotellin vedenkulutuksesta nähdään selvä nousu heinäkuun lomakauden aikaan. Koronavuoden 2020 rajoitukset ovat myös nähtävissä käyttöveden kulutuksesta.

Hotellin 2 jäteveden lämmöntalteenotosta talteen saatava lämpöenergia on niin pieni, ettei sitä juuri huomaa kuvasta 8. Suunnitteluvaiheessa arvioitu yhteenlaskettu lämmöntuotto jätevedestä ja lämpöpumpusta on ollut noin 355 MWh, ja toteutunut on ollut korkeimmillaan 107 MWh. Suunnitteluvaiheen laskennassa

jäteveden virtaama on oletettu jatkuvaksi, vaikka todellisuudessa jäteveden virtaama ajoittuu pitkälti tiettyihin kellonaikoihin. Sähkön kulutuksen osalta ei ole nähtävissä lämpöpumpusta johtuvaa lisäystä. Myös hotellin 2 käyttöveden kulutuksesta nähdään nousua heinäkuun lomakautena sekä laskua koronavuonna 2020.

Kuvassa 11 on esitetty kokonaisenergian jakautuminen vuonna 2020 valmistuneessa hotellirakennuksessa. Kuvasta näkee, että suurin osa energiasta kuluu sähkөөn. Kuvaan 2, jossa esitetään asumisen kokonaisenergian kulutuksen jakautuminen, verrattaessa nähdään lämpimän käyttöveden vaatiman lämmitysenergian osuuden olevan samat. Tilojen lämmityksen ja sähkökulutuksen suhteen osuuksissa on huomattavia eroja. Kuvasta 12 nähdään ilmanvaihdon lämmityksen ja käyttöveden lämmityksen vievän saman verran lämpöenergiaa. Hie-man pienempi osuus menee mukavuuslattialämmitykseen sekä tilalämmityksiin.

Taulukossa 1 on verrattu kahden eri hotellirakennuksen käyttöveden kulutuksia. Kulutuksista voi nähdä käyttöveden kulutuksen kasvun kesäaikaan sekä lämpimän käyttöveden osuuden kasvun talvella ja vastaavasti pienentymisen kesällä. Lisäksi lämpimän käyttöveden osuus käyttöveden kokonaiskulutuksesta vaihtelee 30–40 %. Motivan ohjeistuksen mukaan lämpimän käyttöveden määräksi arvioidaan asuinrakennuksissa 40 % ja muissa rakennuksissa 30 % veden kokonaiskulutuksesta. Tutkittujen hotellirakennusten lämpimän käyttöveden kulutuksen osuus veden kokonaiskulutuksesta vastaa Motivan ohjeistusta. Taulukossa 2 esitetyssä käyttöveden ominaiskulutuksien vertailussa nähdään suurta vaihtelua.

Taulukossa 3 ja 4 nähtävien ominaiskulutusten osalta voidaan todeta, että ominaiskulutusten keskiarvo on pienempi kuin Motivan ominaiskulutusten mediaani majoitusliikerakennuksille. Sekä Motivan otannassa että tämän tutkimuksen otannassa oli saman verran kohteita eli 15. Ilman hotellikylpylää, ominaiskulutusten keskiarvo, olisi vielä merkittävästi pienempi. Pohjoismaiseen tutkimukseen vertaaminen on haasteellista, koska energiankulutuksen normitukset eivät ole samat Suomessa ja muualla pohjoismaissa.

6 Pohdinta

Hotellin 1 osalta voidaan mitattujen tietojen perusteella todeta, että kaukolämpöenergian säästö on ollut merkittävä. Ilmanvaihdon poistoilmasta jää hyödynnettävää paljon energiaa, jos ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenottoa käytetään vain suoraan ilmanvaihdon tuloilmaan. Ulkoilman lämpötiloissa, joissa poistoilmassa olevaa lämpöenergiaa saadaan vielä hyödynnettyä muualle, määrä todennäköisesti kasvaa varsinkin Etelä-Suomessa. Hotellirakennuksissa lämpöenergiaa saadaan hyödynnettyä myös kesällä, koska lämpimän käyttöveden kulutus on suurta.

Hotellin 2 jäteveden lämmöntalteenotolla ei vaikuttanut olevan merkittävää vaikutus kaukolämpöenergian eikä myöskään sähkön kulutukseen. Investointikustannusten pitäisi olla pienet, jotta lämmöntalteenottolaitteisto pysyisi järkevissä takaisinmaksuajoissa. Jäteveden lämmöntalteenotossa kannattaisi mahdollisesti tutkia erilaisia vaihtoehtoja lämpöenergian talteen ottamiseen. Jätevedestä talteen otettu energiamäärä riippuu käytetystä lämpimän käyttöveden määrästä. Tutkimuksessa ei käsitelty hotellien käyttöasteita, koska niitä ei ollut saatavilla. Oletettavissa kuitenkin on, että käyttöveden kulutuksen määrä korreloi myös hotellin käyttöasteeseen.

Hotellirakennuksen lämmitysenergian jakautumisen perusteella voidaan todeta, että suurimmat lämmitysenergian säästö potentiaalit hotellirakennuksissa ovat ilmanvaihdon ja käyttöveden lämmitys. Ilmanvaihdon lämmitystä voidaan pienentää, joko tarpeen mukaistamalla ilmanvaihtoa, ja saada sitä kautta keskimäärin pienemmät ilmavirrat tai ottamalla enemmän lämpöenergiaa poistoilmasta talteen. Käyttöveden kulutusta voidaan vähentää tai niihin voidaan lisätä jäteveden lämmöntalteenotto. Ensisijaisesti paras tapa ottaa lämpöä talteen on vähentää lämpimän veden käyttöä ja toisena tulee energiankierrätys.

Tässä työssä energian kulutusta tutkittiin rakennuksen pinta-alan ja tilavuuden suhteessa. Jatkotutkimuksissa olisi kiinnostavaa tietää lämpöenergiakulutus suhteessa asiakasmääriin, nukuttuihin hotelliöihin tai käyttöasteeseen. Työssä

ei myöskään käsitelty laitteistojen investointi- ja huoltokustannuksia, jotka vaikuttavat järjestelmien takaisinmaksuaikaan.

Kokonaisenergian jakautumisen osalta työssä tarkasteltiin uudiskohdetta, jolloin lämmitysenergian prosentuaalinen osuus kokonaisenergiasta oli pieni. Lämmitysenergian suhteellinen pienitarve on seurausta uudisrakennusten pienemmästä lämpöhäviöstä sekä ilmanvaihdon parantuneista lämmöntalteenotoista verrattuna vanhempiin rakennuksiin. Lämpimän käyttöveden kulutuksen osuus oli suuri, vaikka uusissa rakennuksissa käytetään niin sanottuja pienemmän virtaaman sekoittajia. Lämpimän käyttöveden energiansäästö potentiaali on kuitenkin suuri, tapahtuipa se sitten lämpimän käyttöveden kulutusta pienentämällä tai jäteveden lämmöntalteenotolla. Valitettavasti tutkimukseen ei löytynyt kohdetta, jossa olisi hyödynnetty aurinkolämpöä. Aurinkolämmön hyödyntäminen hotelliikiinteistössä voisi olla järkevää, koska käyttöveden kulutusta on myös kestävämpää. Käyttövesipuolella kulutus ei ole tasaista, jolloin auringosta kerättyä lämpöenergiaa täytyy varastoida, mikä taas vaatii tilaa. Käyttöveden suurimmat kulutukset ajoittuvat yleensä aamuun ja iltaan.

Energian kierrätysjärjestelmiä suunniteltaessa ja toteuttaessa olisi tärkeää ottaa huomioon järjestelmien mittarointi, jonka avulla järjestelmästä saadaan tarvittavaa tietoa tulevia hankkeita varten. Tiedolla voidaan todentaa takaisin maksuajat. Lisäksi mittaroinnilla päästään käsiksi mahdolliseen järjestelmän toimimattomuuteen.

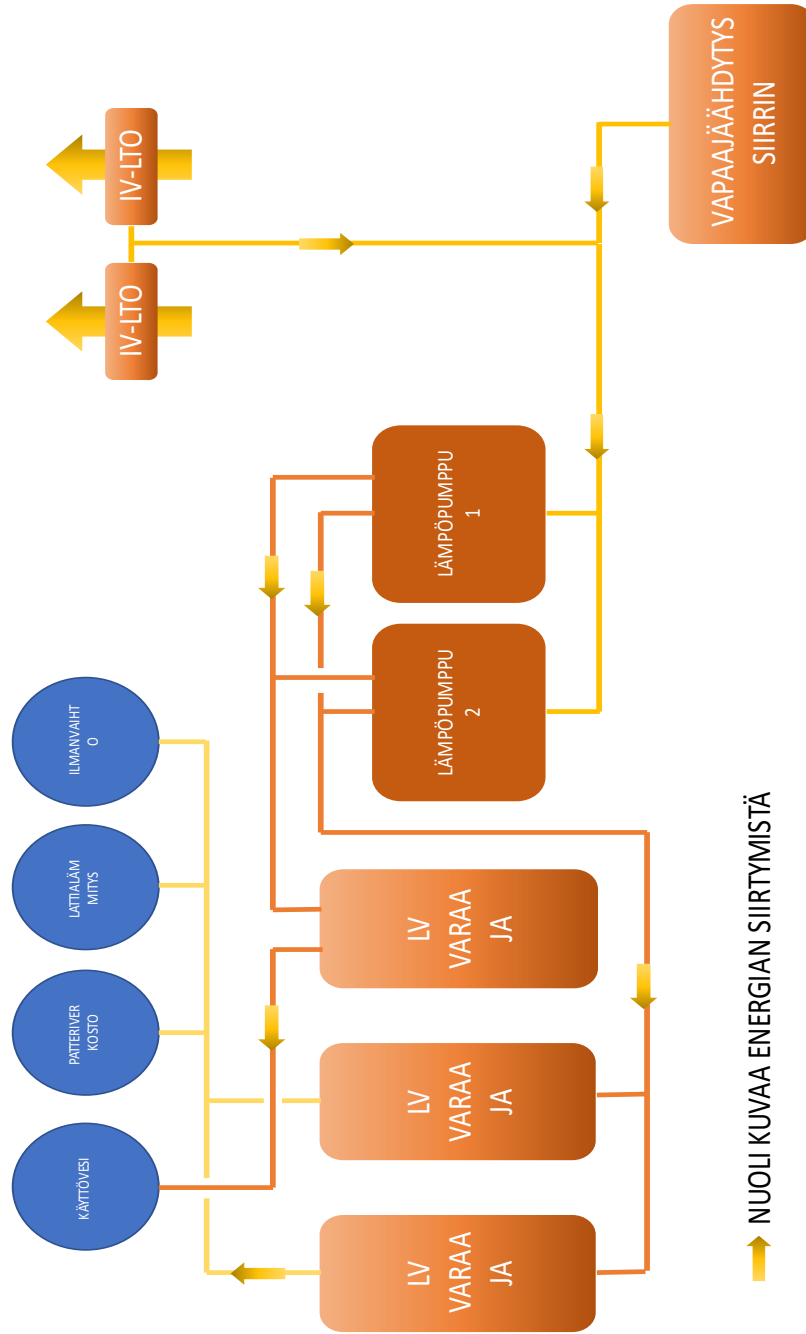
Lähteet

- 1 Majoitustilasto 2022. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <https://www.stat.fi/tilasto/dokumentaatio/matk>. Luettu 4.1.2023.
- 2 Energian hankinta ja kulutus. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <https://www.stat.fi/tilasto/ehk>. Luettu 4.1.2023.
- 3 Hiilineutraali Suomi 2035 – kansallinen ilmasto- ja energiastrategia. 2022. Helsinki. Työ- ja elinkeinoministeriö.
- 4 Smitt S.; Tolstorebrova I.; Gullo P.; Pardiñas A.; Hafner A. 2021. Energy use and retrofitting potential of heat pumps in cold climate hotels. Journal of Cleaner Production.
- 5 Tietoa meistä. Verkkosivusto. Sokos Hotels. <https://www.sokoshotels.fi/fi/tietoa-meista>. Luettu 5.1.2023
- 6 Vesikiertoinen patterilämmitys. 2002. LVI 12-10343. Rakennustietosäätiö.
- 7 Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot. 2008. RT 18-10922. Rakennustietosäätiö.
- 8 Kattolämmityksen opas. 2014. Verkkoaineisto. Oy Lindab AB. <https://docplayer.fi/925920-Kattolammityksen-opas.html>. Luettu 30.1.2023.
- 9 Seppänen, Olli. 1996. Ilmastointiteknikka ja sisäilmasto. Helsinki. Suomen LVI-yhdistysten liitto.
- 10 Vesikiertoinen lattialämmitys. 2003. RT 52-10801. Rakennustietosäätiö.
- 11 Matalarakennejärjestelmä lattialämmitykseen. Verkkoaineisto. Talotekniikkateollisuus. <https://talotekniikkainfo.fi/ratkaisut-etusivu/matalarakennejarjestelma-lattialammitykseen>. Luettu 20.2.2023.
- 12 Luku 2, Rakennuksen vesilaitteisto. Vesi- ja viemärlaitteistot, opas. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo. Talotekniikkateollisuus. <https://talotekniikkainfo.fi/vesi-ja-viemarilaitteistot-opas/luku-2-rakennuksen-vesilaitteisto>. Luettu 20.2.2023.
- 13 Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa. 2019. Verkkoaineisto. FINVAC ry. <https://finvac.org/iv-opaat/>.
- 14 Uimahallien LVIA-suunnittelu. 2020. RT 103233. Rakennustietosäätiö.
- 15 Ilmanvaihdon eri toteutustavat. Verkkoaineisto. Motiva. https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot_-_yhdedssa_energiatehokkaasti/ilmanvaihto/ilmanvaihdon_eri_toteutustavat. Luettu 20.2.2023.

- 16 Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin muutosten kansallisen toimeenpanon vaikutusten selvitys ja arviointi: Automaatiovelvoite, tekniset järjestelmät sekä lämmitys- ja ilmastointijärjestelmien tarkastukset. Suomen ympäristökeskus SYKE. 2019. Haettu 26.2.2023
- 17 Kaukolämpö. Verkkoaineisto. Motiva. https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/kaukolampo. Luettu 26.2.2023.
- 18 Sähkön ja lämmön tuotanto. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <https://www.stat.fi/tilasto/salatuo>. Luettu 26.2.2023
- 19 Kaukolämmön hintatilasto. Verkkoaineisto. Energiateollisuus ry. https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/kaukolammon_hintatilasto.html#material-view. Luettu 4.3.2023.
- 20 Kaukokylmä. Verkkoaineisto. Energiateollisuus ry. <https://energia.fi/energia-asta/energiantuotanto/kaukojaahdytys>. Luettu 5.3.2023
- 21 Jäähdytysjärjestelmät vertailussa – katso, mikä sopii parhaiten teidän kiinteistöönne. Verkkoaineisto. Helen Oy. <https://www.helen.fi/yritykset/ajankohtaista/artikkelit/jaahdytysartikkelit/jaahdytysjarjestelmat-vertailussa-mika-sopii-kiinteistoonne>. Luettu 5.3.2023
- 22 Rakennusten kaukojäähdytys: Yhtenäiset laatuvaatimukset, suositukset ja ohjeet. Verkkoaineisto. Energiateollisuus ry. https://energia.fi/files/450/RakennustenKaukojaahdytys_JulkaisuJ1_2014.pdf. Haettu 5.3.2023
- 23 Vapaa- vai kompressorijäähdytys. Verkkoaineisto. Swegon Oy. <https://www.swegon.com/fi/oppaat/tekniikat/vapaajaahdytys-vai-kompressorikylma/>. Luettu 5.3.2023.
- 24 Kaupan alalla on huomattava potentiaali hukkalämmön hyödyntämiseen. Verkkoaineisto. Motiva. https://www.motiva.fi/ajankohtaista/tiedotteet/2021/kaupan_alalla_on_huomattava_potentiaali_hukkalammon_hyodyntamiseen.17998.news. Luettu 5.3.2023
- 25 Asumisen energiankulutus. 2008–2021. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <https://www.stat.fi/tilasto/asen>. Luettu 7.4.2023.
- 26 Kulutuksen normitus, Laskentakaavat ja – ohjeet. 2023. Verkkoaineisto. Motiva. [Motiva Kulutuksennormitus laskentakaavat-ja-ohjeet 01-2023.pdf](https://www.motiva.fi/ajankohtaista/tiedotteet/2023/motiva_kulutuksennormitus_laskentakaavat-ja-ohjeet_01-2023.pdf). Luettu 10.4.2023.
- 27 Palvelusektorin ominaiskulutuksia. 2011–2017. Motiva. [Palvelusektorin ominaiskulutukset 2011-2017.pdf \(motiva.fi\)](https://www.motiva.fi/ajankohtaista/tiedotteet/2017/palvelusektorin_ominaiskulutukset_2011-2017.pdf) Luettu 16.4.2023.

Hotelli 1. Energiankierrätysten periaatekaavio

HOTELLI 1 ENERGIANKIERRÄTYS PERIAATE



Hotelli 2. Jäteveden LTO periaatekaavio

