



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

LOTTA YRJÄNÄ

Liikennemyymälän energia- tehokkuushanke

ENERGIA- JA YMPÄRISTÖTEKNIIKAN
TUTKINTO-OHJELMA
2021

Tekijä Yrjänä, Lotta	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Huhtikuu 2021
	Sivumäärä 32	Julkaisun kieli suomi
Julkaisun nimi Liikennemyymälän energiatehokkuushanke		
Tutkinto-ohjelma Energia- ja ympäristötekniikka		
Tiivistelmä <p>Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin liikennemyymälä ABC Kiikoisten energiatehokkuushaketta. Hanke alkoi vuonna 2020 laajennusremontilla, jossa kaupan pinta-alaa kasvatettiin ja kylmäjärjestelmä uusittiin. Laajennusremontin jälkeen päätettiin luopua öljylämmityksestä ja siirtyä maalämpöjärjestelmään.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli tarkastella maalämpöpumpun kannattavuuden lisäksi energiankulutuksen muutosta ennen laajennusremonttia ja sen jälkeen. Energiankulutuksen tarkastelussa huomioitiin pinta-alan kasvu, kylmäjärjestelmän muutos sekä öljylämmityksen vaihto maalämpöjärjestelmään.</p> <p>Maalämpöjärjestelmä tulee kasvattamaan sähkönkulutusta, mutta energian kokonaiskulutus tulee pieneneään. Sähkönkulutus ei laskenut juurikaan, vaikka energiatehokkaita vaihtoehtoja hyödynnettiin. Suurin syy tähän oli laajennuksen aiheuttama energiantarve, kun samalla myös kylmäjärjestelmä kasvoi. Kylmäjärjestelmän suhteellinen osuus sähkön kokonaiskulutuksesta kasvoi.</p> <p>Energiankulutuksesta laskettiin skenaario vuosille 2021 ja 2022, sillä maalämpöjärjestelmän asennus valmistuu vuoden 2021 huhtikuun lopulla. Skenaarion mukaan laskettiin energialle hiilijalanjälki, joka öljylämmityksestä luopumisen jälkeen on 0 kg CO₂ johdun sähkön alkuperästä.</p>		
Asiasanat energiankulutus, energiatehokkuus, kylmälaitteet, maalämpö, ympäristövaikutukset		

Author Yrjänä, Lotta	Type of Publication Bachelor's thesis	Date April 2021
	Number of pages 32	Language of publication: Finnish
Title of publication Energy efficiency project of service station		
Degree program Energy and Environmental Engineering		
Abstract <p>In this thesis energy efficiency project of ABC Kiikoinen service station was examined. The project began in 2020, when the property was expanded in renovation. Area of the market was expanded and refrigeration equipment was renewed. After renovation it was decided that oil heating will be given up and geothermal heat will be taken in use.</p> <p>The goal of this thesis was to examine cost-effectiveness of geothermal heat and changes of energy consumption before and after the renovation. During examination of energy consumption, the growth of area, change in refrigeration equipment and change to heating system were taken into account.</p> <p>Consumption of electricity will be increased due to geothermal heat, but total consumption of energy will decrease. Electricity consumption didn't hardly come down even though the energy efficient alternatives were exploited. The biggest reason for this was energy requirement caused by the extension. Refrigeration equipment grew as well. Proportion of refrigeration equipment grew with regard to total consumption of electricity.</p> <p>Geothermal heat will be ready at the end of April so scenario of energy consumption to the years 2021 and 2022 had to be calculated. According to scenario carbon footprint was calculated, which after oil heating will be 0 kg CO₂ because of roots in electricity.</p>		
<u>Key words</u> energy consumption, energy efficiency, environmental effects, geothermal heat, refrigeration equipment		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 TYÖN TOIMEKSIANTAJA	6
3 KOHTEEN ESITTELY	7
3.1 Toteutuneet toimenpiteet.....	7
3.2 Toteutuvat toimenpiteet	8
3.2.1 Maalämpöjärjestelmä.....	8
4 MAALÄMPÖ	9
4.1 Keruujärjestelmät	9
4.2 Toimintaperiaate	11
4.3 Mitoitus	12
4.4 Maalämpöpumpun hyödyntäminen viilennyksessä	12
4.5 Kannattavuus.....	13
4.6 Ympäristövaikutukset	14
5 KAUPAN KYLMÄJÄRJESTELMÄT	15
5.1 Hiilidioksidikylmäjärjestelmä	15
5.2 Järjestelmät lauhdelämmön talteenottoon	16
5.2.1 Lämpöpumppujen hyödyntäminen lauhdelämmön talteenotossa.....	16
5.3 Automaatiojärjestelmät	17
6 KOHTEEN ENERGIANKULUTUS.....	18
6.1 Sähkönkulutus	18
6.2 Kaupan kylmäjärjestelmän kulutus	19
6.2.1 Kylmä sähkö suhteutettuna kylmämetreihin	21
6.3 Sähkönkulutus suhteutettuna pinta-alaan	21
6.3.1 Kylmä sähkön kulutus suhteutettuna pinta-alaan	22
6.4 Maalämpöjärjestelmän kulutus	23
7 ENERGIAN HIILIJALANJÄLKI	25
7.1 Maalämmön hiilidioksidipäästöt.....	25
8 KANNATTAVUUS.....	28
8.1 Korollinen takaisinmaksuaika.....	29
8.2 Investointikustannuksiin saatavan tuen vaikutus	31
9 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	32
LÄHTEET	
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Suomen ilmastopäästöistä kolmannes aiheutuu rakennuksista ja rakentamisesta. Yhtenä keinona vähentää päästöjä on luopuminen öljylämmityksestä. Hallitusohjelman mukaan fossiilisen öljyn lämmityskäytöstä on luovuttava vuoteen 2030 mennessä, jotta tavoite hiilineutraalista Suomesta voidaan saavuttaa vuonna 2035. (Ympäristöministeriön www-sivut 2021.)

Keinona hiilineutraaliin Suomeen on muun muassa käynnissä oleva energiatehokkuussopimus vuosille 2017-2025. Se on vapaaehtoinen sopimus, jonka tavoite on tehostaa energiankäyttöä teollisuus-, energia-, palvelu- ja kiinteistöalalla sekä kunnissa ja kaupungeissa. Energiatehokkuussopimuksessa valtio ja toimiala valitsevat keinot, joilla täyttää kansainväliset Suomelle asetetut energiatehokkuusvelvoitteet. Vuonna 2025 yrityksen energiankäyttö tulisi olla 7,5 prosenttia ns. normaalista energiankäytöstä. Energiatehokkuussopimukseen liittyneitä toimijoita ovat muun muassa Kaupan liitto ja Matkailu- ja Ravintolapalvelut MaRa, joiden kummankin toimenpideohjelmaan Suomen Osuuskauppojen Keskuskunta on liittynyt. (Energiatehokkuussopimukset www-sivut 2021; Kaupan liitto www-sivut 2019.)

S-ryhmän tavoitteina energiatehokkuussopimuksen lisäksi on vuoden 2015 tasosta vähentää oman toiminnan päästöjä 90 prosenttia, käyttää uusiutuvalla energialla tuotettua sähköä vuoden 2030 loppuun mennessä sekä olla hiilinegatiivinen vuoden 2025 loppuun mennessä. Tavoitteena on myös korvata öljylämmitysjärjestelmät uusiutuvilla energiamuodoilla ja korvata vanhat kylmälaitteet hiilidioksidikylmälaitoksilla. (S-ryhmä 2019, 39.) Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan laajennusremontista valmistuneen liikennemyymälä ABC Kiikoisten energiatehokkuushanketta. Toimenpiteinä hankkeessa ovat muun muassa öljylämmityksestä maalämpöön siirtyminen ja lauhdelämmöntalteenoton tehostaminen.

2 TYÖN TOIMEKSIANTAJA

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on Satakunnan Osuuskauppa. Yritys muodostaa yhdessä muiden osuuskauppojen ja Suomen Osuuskauppojen Keskuskunnan kanssa S-ryhmän. Satakunnan Osuuskauppa on Porissa vuonna 1917 perustettu osuuskunta. Sen päätoimiala on vähittäiskauppa. Asiakasomistajia yrityksellä on noin 70 000. Työntekijöitä osuuskunnalla oli 1051 tilikaudella, joka päättyi 12/2019. (Finder www-sivut 2021; S-ryhmä www-sivut 2021.)

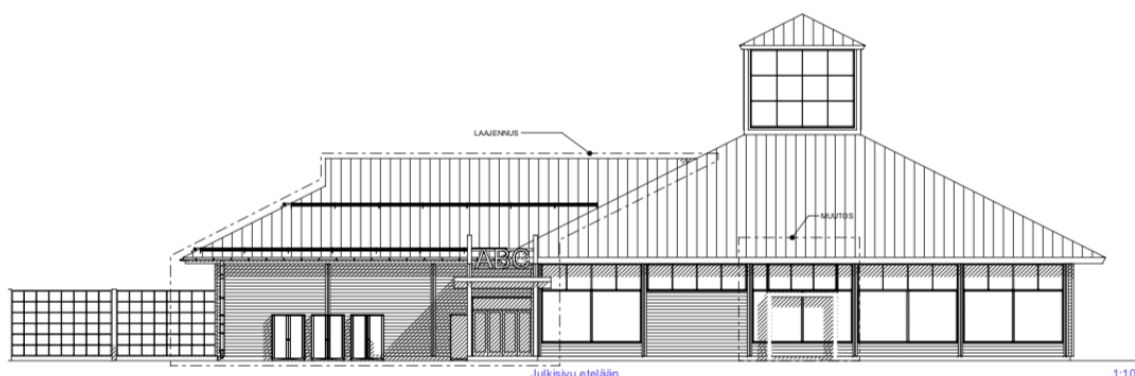
Konserniin kuuluvat emoyhtiö Satakunnan Osuuskaupan lisäksi Palin Oy sekä kiinteistöyhtiöt KOY Porin Sokos, KOY Ässä-Mikkola ja KOY Satatorni. Satakunta-konserni harjoittaa toimialueellaan market- ja tavaratalokauppaa, liikennemyymälä- ja polttonestekauppaa, autokauppaa sekä hotelli- ja ravintolatoimintaa. Lisäksi Satakunta-konserni harjoittaa autokauppaa myös Raumalla. Liiketoiminnan brändejä ovat mm. ABC, Sale, Karla, Sokos, Winston, AutoPalin, Satakunnan Autotalo, Kodin Terra ja S-pankki. (S-ryhmä www-sivut 2021.) Tässä työssä ketjun sivutoimipaikoista keskitytään ABC Kiikoisiin.

3 KOHTEEN ESITTELY

Liikennemyymälä ABC Kiikoinen sijaitsee Sastamalassa. Myymälän toimintaan kuuluvat ravintola-, ruokakauppa- ja tankkauspalvelut.

3.1 Toteutuneet toimenpiteet

ABC Kiikoisten laajennusremontti valmistui vuonna 2020. Laajennusremonttiin johtivat liiketoiminnalliset syyt, joita olivat ravintola- ja kauppatilojen ahtaus. Kaupan myymäläkalusteet täyttivät kolmanneksen ravintolan pinta-alasta, minkä vuoksi asiakaspaikat jäivät ravintolan puolella puutteellisiksi ruuhka-aikoina. Kaupan pinta-alaa laajentamalla saatiin kasvatettua myös ravintolan asiakaspaikkoja. Remontissa varastotilat kasvoivat ja kylmistä varastotiloista tuli puolilämpimät. Rakennuksen vanha kerrosala oli 599 m², joka laajennuksessa kasvoi 446 m²:llä. Nykyinen ala on 1045 m². Kuvassa 1 on julkisivupiirustus laajennuksesta. (Järvi sähköposti 25.1.2021.)



Kuva 1. Julkisivupiirustus laajennuksesta etelään.

Laajennusremontin yhteydessä kaupan kylmäjärjestelmän koneikot ja kylmäkalusteet uusittiin. Vanhat avoimet kylmälaitteet, jotka olivat vuodelta 2006, vaihdettiin ovelliin ja kannellisiin. Samalla kylmäjärjestelmässä siirryttiin käyttämään R744 kylmäainetta eli hiilidioksidia. Rakennuksen lämmönjako tapahtuu vesikiertoisen

patterilämmityksen sekä ilmalämmityksen avulla. Kiinteistössä on pääasiassa LED-valaistus. (Alander sähköposti 25.1.2021.)

3.2 Toteutuvat toimenpiteet

Laajennusremontin yhteydessä päätettiin uusista energiatehokkuustoimenpiteistä, jotka toteutuvat keväällä 2021. Lämmitysjärjestelmä vaihtuu öljylämmityksestä maalämpöön, jota hyödynnetään myös kiinteistön viilennysjärjestelmässä. Aiemmin jäähdytys on toteutunut vedenjäähdytinjärjestelmän sekä lämpöpumppuerillislaitteiden avulla. Muita energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä ovat kierrätysilmatoiminnon lisääminen ilmanvaihtojärjestelmään ja hukkaenergian hyödyntäminen kylmälaitteista. Lisäksi nykyinen rakennusautomaatiojärjestelmä Fidelix-2020 laajentuu. (Alander sähköposti 25.1.2021; Järvi sähköposti 25.1.2021.)

3.2.1 Maalämpöjärjestelmä

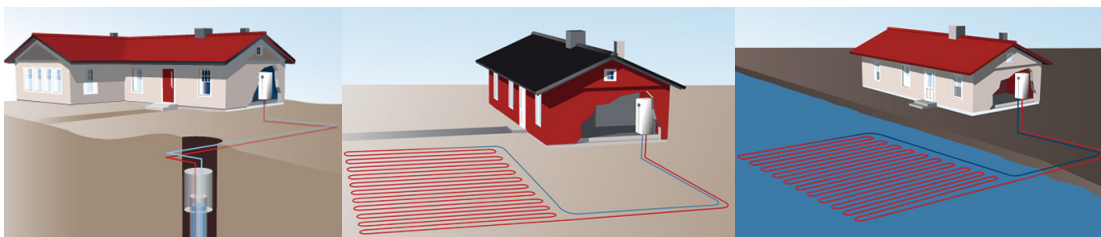
Kohteeseen tulee 60 kW maalämpöpumppu, joka on mitoitettu osateholle. Teho on 60 prosenttia huipputehon tarpeesta. Tilaaja on määrittänyt tehon kokemusten pohjalta, joita on saatu vastaavista kohteista. (Alander sähköposti 25.3.2021.) Suunnitteluasiakirjojen perusteella kohteeseen tulee neljä porakaivoa, joiden kokonaissyvyys on 1200 metriä, kun yhden kaivon syvyys on 300 metriä. Kulutushuiput katetaan sähkökattilalla, jonka teho on 30 kW.

4 MAALÄMPÖ

Maalämpöpumppu käyttää maan lämpöä, joka on pääosin peräisin auringon energiasta. Pieni osa lämpöenergiasta on maan sisäosan geotermistä energiaa. Maalämpöpumppu ottaa maan lämmön porakaivosta, pintamaan vaakaputkistosta tai vesistöstä. Maan lämpö kertyy putkistossa kiertävään keruunesteeseen. Keruuneste on jäätymätöntä nestettä, joka on sekoitus alkoholia ja vettä. Maasta kerätyn energian lämpötila nostetaan kompressorin avulla niin korkeaksi kuin rakennus vaatii. Maalämpöjärjestelmä toiminta muistuttaa jääkaappia, josta lämpöä siirtyy huonetilaan. Maalämpöpumpussa lämpö siirtyy maasta rakennuksen lämmitysjärjestelmän ja lämpimän käyttöveden käyttöön. (Motiva 2012a; Perälä 2013, 59-60.)

4.1 Keruujärjestelmät

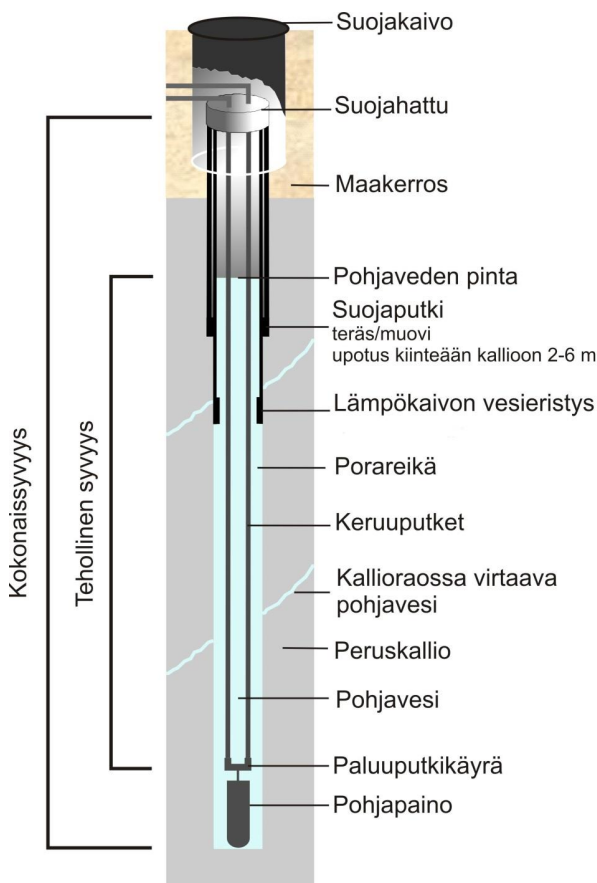
Maalämpöjärjestelmään kuuluu lämpöpumpun lisäksi siirtoputkisto ja keruupiiri. Keruupiiri voidaan asentaa kallioon porattuun lämpökaivoon, maaperään vaakasuuntaisesti tai vesistöön. Kuvassa 2 on erilaisten maalämpöpumppujärjestelmien havainnekuvat.



Kuva 2. Erilaiset maalämpöjärjestelmät (Lämpöeko www-sivut n.d.).

Porakaivon avulla energiaa kerätään kallioperästä. Kuvassa 3 on porakaivon rakenne, jossa tehollinen syvyys tarkoittaa veden täyttämää kaivon osiota. Kaivon kokonais-syvyys on yleensä alle 300 metriä. Jos yhdestä kaivosta saatava energia ei riitä, voidaan kaivoja porata useampia. Tällöin kaivojen välisen etäisyyden tulee olla 15-20

metriin. Porakaivon etu on, että se ei vaadi suurta tonttia. Lämpötila peruskalliossa on 5-8 asteella. Vuoden aikana lämpötila vaihtelee porakaivossa 2-3 asteen välillä. Porakaivoa voidaankin käyttää lämmittämisen lisäksi viilentämiseen. (Juvonen & Lapinlampi 2013, 8; Motiva 2012a.)



Kuva 3. Porakaivon rakenne (Lapinlampi 2013).

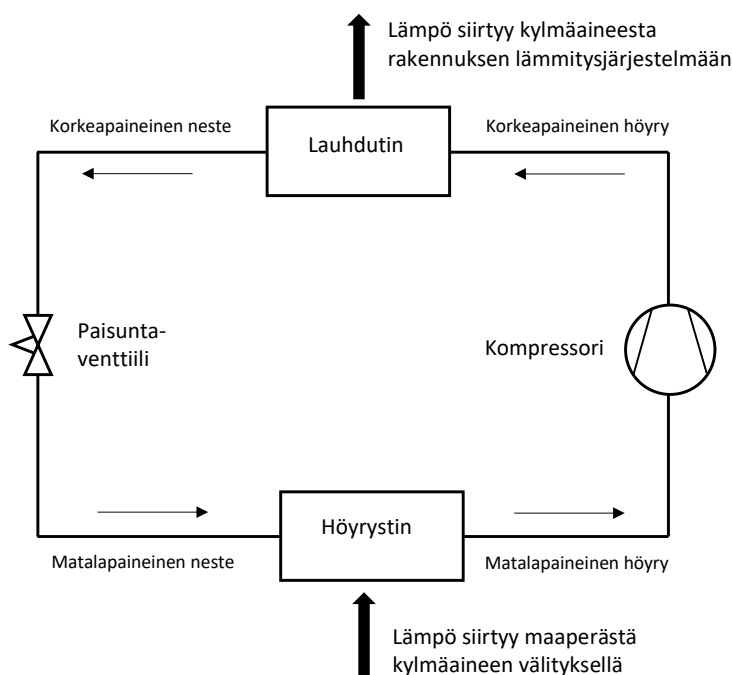
Pintamaasta energiaa kerätään maan pintaosaan asennettavalla putkistolla. Pintamaahan asentaminen on porakaivoa halvempaa. Vaakaputkistoa voidaan hyödyntää silloin, kun tonttimaata on riittävästi. Lämmönkeruuputkisto asennetaan noin metrin syvyyteen ja putkistolenkkien väliin on jätettävä vähintään 1,5 metriä. Putkea tarvitaan 1-2 metriä rakennuskuutiometriä kohden. Putken mitoitukseen liittyviä seikkoja käsitellään tarkemmin kappaleessa 4.3. Lämpötila pintamaassa vaihtelee vuodenaikojen mukaan. Vaihtelua voi olla noin kymmenen astetta. (Juvonen & Lapinlampi 2013, 8; Motiva 2012a.)

Kun rakennuksen lähellä on vesistöä, voidaan sen pohjaan asentaa lämmönkeruuputkisto. Vesistön on oltava riittävän syvä eikä vesi saa olla liian virtaavaa.

Lämmönkeruuputkisto on ankkuroitava pohjaan painojen avulla. Vesistöön asennettaessa kustannukset ovat yhtä suuret kuin maahankin asennettaessa. (Perälä 2013, 59.)

4.2 Toimintaperiaate

Lämpöpumpun toiminnan pääkomponentteihin kuuluvat höyrystin, kompressori, lauhdutin ja paisuntaventtiili. Kylmäaine kiertää putkissa höyrystimen ja lauhduttimen välillä. Höyrystimessä keruupiirin lämpö siirtyy lämpöpumpun nestemäiseen kylmäaineeseen, jossa kylmäaine höyrystyy. Kompressori puristaa kylmäaineen matalapaineisen höyryn korkeaan paineeseen, jolloin sähköenergia muuttuu lämmöksi ja kylmäaineen lämpötila nousee. Korkeapaineinen höyry siirtyy lauhduttimeen, joka on sisätiloissa. Lämpö siirtyy rakennuksen lämmitysjärjestelmään kylmäaineesta. Kylmäaine lauhtuu samalla nesteeksi. Paisuntaventtiili aiheuttaa painehäviön, jolloin lämpönsä luovuttanut korkeapaineinen neste saadaan matalapaineiseksi. Kylmäaine siirtyy paisuntaventtiilin kautta takaisin höyrystimelle, josta kylmäaine aloittaa kierron uudestaan. Lämpöpumpun toimintaperiaate nähdään kuvassa 4. (Juvonen & Lapinlampi 2013,12; Perälä 2013, 28.)



Kuva 4. Lämpöpumpun toimintaperiaate.

4.3 Mitoitus

Maalämpöpumpun tehon ja lämmönkeruuputkiston mitoitukseen vaikuttaa rakennuksen ja lämpimän käyttöveden vuotuiset energiamäärät. Maalämpöpumput voidaan mitoittaa täysteholle tai osateholle. Täystehomitoitettu lämpöpumppu ei vaadi sähkövastuksia vaan se kattaa kaiken tarvittun energian kylmimmilläänkin keleillä. Osatehomitettu lämpöpumppu on yleensä 60-80 prosenttia huipputehon tarpeesta. Vuotuisesta energiasta se tuottaa 95-99 prosenttia. Yleensä loput tuotetaan sähkövastuksilla. Suurten rakennusten kohdalla voidaan käyttää esimerkiksi lämmityskattilaa. (Motiva 2018a, 24.)

Lämmönkeruuputkiston mitoitukseen vaikuttaa vuosittaisen lämmitysenergian tarpeen lisäksi maaperän laatu. Pinta-alan tarve on suurempi kuivassa maaperässä kuin kosteassa (Juvonen & Lapinlampi 2013, 8). Putkisto kannattaa mitoittaa laskennallisesti pienintä tarvetta suuremmaksi, sillä liian pieni putkisto ei pysty tuottamaan riittävästi lämpöä. Tällöin keruunesteen lämpötila nousee, lämpökaivon veden jäätymisriski pienenee ja lämpöpumpun hyötysuhde paranee. Porakaivon syvyyteen vaikuttaa myös kaivon tuottaman veden määrä. Mitä enemmän vettä on saatavilla, sitä paremmin energiaa saadaan talteen. Kaivon ei välttämättä tarvitse tuottaa vettä, sillä se voidaan myös täyttää vedellä. (Motiva 2018a, 24; Motiva 2012a.)

4.4 Maalämpöpumpun hyödyntäminen viilennyksessä

Erityisesti porakaivoa voidaan käyttää huonetilojen viilennyksessä. Yleisin tapa on kierrättää keruuneste tuloilmaa viilentävän jäähdytyspatterin kautta porakaivoon. Toinen vaihtoehto on jäähdyttää lattialämmityksellä. Tällöin kiertovettä voidaan jäähdyttää erillisessä lämmönvaihtimessa. Jäähdytys voidaan tehdä myös patteriverkoston avulla tai asentamalla erillinen vesikiertoinen jäähdytyspiiri jäähdytystä vaativiin tiloihin. Patteriverkoston haittana on tiivistynyt vesi lämpöpatterien pinnassa, jonka sisäilman kosteus voi aiheuttaa. Erillisellä jäähdytyspiirillä huonetilojen lämpötilaa voidaan laskea 6-8 astetta. Muilla tavoilla lämpötilaa voidaan laskea 1-2 asteella. (Motiva 2012a; Perälä 2013, 60.)

Maalämpöpumpulla jäähdyttämiseen kuluu hyvin vähän energiaa, kun siihen ei tarvita kompressoria. Sähköenergiaa kuluu pelkästään kiertovesipumpun ja mahdollisten puhaltimien pyörittämiseen. Näin voidaan parantaa maalämpöpumpun lämpökerrointa ja antotehoa. (Motiva 2018a, 13; Perälä 2013, 60.)

Aktiivista viilennystä kompressorin avulla voidaan käyttää silloin, kun lämpöenergiaa voidaan hyödyntää muualla rakennuksessa esimerkiksi käyttöveden lämmittämisessä. Jos lämpöä ei voida varastoida, se voidaan siirtää ilmaan erillisillä puhaltimilla. Kompressorilla tehty jäähdytys vaatii vaihtoventtiilin, joka kääntää lämmitys- ja keruupiirin toisinpäin. Kaikki lämpöpumppuvalmistajat eivät mahdollista toimintoa. Lisäksi koneellinen jäähdytys vaatii automatiikalta erityisosaamista. (Motiva 2018a, 14.)

4.5 Kannattavuus

Sähkön ja öljyn hintojen nousu ovat vaikuttaneet maalämmön yleistymiseen, sillä maalämpöpumpulla voidaan tuottaa edullisesti lämpöenergiaa. Suoraan sähkölämmitykseen verrattuna maalämmöllä voidaan säästää yli 60 prosenttia sähköä. Myös muihin lämpöpumppuihin verrattuna lämmön kerääminen ja sen luovuttaminen on tehokkaampaa. Lämpöpumppujen kannattavuutta voidaan verrata lämpökertoimen avulla. Maalämpöpumpun vuotuinen lämpökerroin on yleensä 2,5-3,5, kun esimerkiksi ilma-vesilämpöpumpulle se on 2-3. Lämpökerroin kertoo, kuinka paljon lämpöpumppu tuottaa lämpöenergiaa kulutukseen nähden. (Energiatehokaskoti [www-sivut 2020](#); [Ympäristö.fi www-sivut 2016](#).)

Lämpöpumpun kannattavuuteen vaikuttaa lämmönkeruun ja -luovutuksen välinen lämpötilaero. Mitä pienempi lämpötilaero on, sitä kannattavampi järjestelmä on lämpökertoimen ja käyttöiän osalta. Kannattavinta olisi kerätä energia porakaivosta ja luovuttaa lämpö lattialämmitykseen, sillä porakaivo on lämpimin lämmönlähde ja lattialämmityksen menoveden lämpötila on patterilämmitystä alhaisempi. Käyttöveden lämmittäminen laskee lämpöpumpun lämpökerrointa, mutta se voidaan järjestää myös sähkövastuksilla tai lämmityskattilalla. (Energiatehokaskoti [www-sivut 2020](#).)

Maalämpöjärjestelmän alkuinvestointi on kuitenkin suhteellisen korkea, minkä vuoksi maalämmön asentaminen suurempaan rakennukseen on kannattavampaa. Alkuinvestoinnin suuruuteen vaikuttaa järjestelmän tyyppi. Porakaivo on yleisemmin käytetty, vaikka sen hankinta ja asentaminen on kalliimpaa kuin vaakaputkiston. Porakaivon hankintahintaan vaikuttaa kaivon porauspaikka. Poraaminen kallioon on helpompaa kuin maahan, mikä tekee siitä myös halvempaa. Maahan poratessa joudutaan käyttämään suojaputkea, jotta porattu reikä saadaan pidettyä avoimena. Suojaputkella voidaan myös estää pintaveden sekoittumisen pohjaveteen. (Motiva 2012a.)

4.6 Ympäristövaikutukset

Kylmäaineena lämpöpumpuissa ja kylmälaitteissa käytetään myrkyttömiä fluorihiiivetyjä eli HFC-yhdisteitä. Ne ovat kasvihuonekaasuja, mutta eivät aiheuta otsonikatoa. Lisäksi ne ovat palamattomia ja hajoavat biologisesti. (Motiva 2012a.)

Lämpöpumpujärjestelmistä porakaivot aiheuttavat useampia ympäristöriskejä. Poraaminen voi vaikuttaa pohjaveden virtausolosuhteisiin. Lisäksi pohjaveden määrä voi vaihdella, joka vaikuttaa myös lähistön talousvesikaivojen vesimääriin. Rannikkoalueilla suolaisella ja makealla pohjavedellä on riski sekoittua. Huolellisella työllä voidaan estää porauksessa aiheutuvat vahingot kuten öljy- ja lämmönsiirtoaineiden vuodot. Pinnalta valuvien vesien pääsy suoraan pohjaveteen voidaan estää tiivistämällä kaivorakenteen kunnolla. (Kinnunen 2013; Ympäristö.fi www-sivut 2016.)

Maalämpöpumppu toimii sähköllä, joten sen ympäristöystävällisyyteen vaikuttaa käytetyn sähkön alkuperä, mutta myös lämpöpumpun vuotuinen lämpökerroin. Vuotuinen lämpökerroin kertoo lämpöpumpun tuottaman lämpöenergian suhteessa sähköenergi-
aan. Maalämpöä voidaan sanoa uusiutuvaksi energiaksi, kun pumpun vuotuinen lämpökerroin on parempi kuin kolme. Se onkin tyypillinen lämpökerroin maalämpöpumpulle. Tällöin maalämpöpumppu tuottaa kolme kertaa enemmän energiaa, mitä se kuluttaa sähköä. Ainakin kaksi kolmasosaa on siis uusiutuvaa energiaa, mikä ei aiheuta kasvihuonekaasupäästöjä. (Motiva 2012a.)

5 KAUPAN KYLMÄJÄRJESTELMÄT

Kauppojen kylmäjärjestelmät ovat murroksessa, kun kylmäalan lainsäädäntöä muuttaa käynnissä oleva Euroopan unionin F-kaasuasetus, joka koskee fluorattuja kasvihuonekaasuja eli F-kaasuja. Keskeisiä ohjauskeinoja ovat fluorihilivetyjen eli HFC-yhdisteiden vähentäminen markkinoilla sekä F-kaasujen rajoittaminen uusissa laitteissa, joiden käyttö voidaan korvata. (Lassila & Tikanoja [www-sivut 2020](#); [Ympäristö.fi www-sivut 2020](#).)

HFC-kylmäaineiden asteittainen vähentäminen on alkanut vuonna 2015 ja jatkuu vuoteen 2030. F-kaasuasetuksen asettamat rajat on annettu GWP-arvona. GWP eli Global Warming Potential kuvaa kylmäaineiden haitallisuutta ilmakehälle. Vuoden 2020 alussa astui voimaan asetus, joka kieltää uusissa kaupan kylmäjärjestelmissä HFC-kylmäaineet, joiden GWP-arvo on yli 2500. Kiellettyjen kylmäaineiden joukossa ovat myös kylmäaineet R404A ja R507A, jotka ovat olleet yleisimmin käytettyjä kaupan kylmäjärjestelmissä. Vuonna 2022 astuu voimaan uusi rajoite, jonka mukaan GWP-raja on 150. Säädös kuitenkin mahdollistaa vanhojen kylmäjärjestelmien käytön vielä vuoteen 2030 asti, jos kylmäaine on talteenotettu, kierrätetty tai regeneroitu eli puhdistettu uuden veroiseksi. (Darment [www-sivut n.d.](#); Lassila & Tikanoja [www-sivut 2020](#).)

5.1 Hiilidioksidikylmäjärjestelmä

Vanhoista kylmäjärjestelmistä on luovuttava uusien asetusten myötä. Vanhojen kylmäjärjestelmien tilalle vaihdetaan hiilidioksidikylmäjärjestelmiä, joissa kylmäaineena käytetään R744 eli hiilidioksidia CO₂, jonka GWP-arvo on 1. Kylmälaitteiden uusiminen hiilidioksidijärjestelmään on kallis investointi, sillä koko järjestelmä on uusittava putkistoineen hiilidioksidin vaatiman korkean paineen vuoksi. Hiilidioksidijärjestelmällä on myös paljon etuja kuten korkea hyötysuhde, edulliset käyttökustannukset ja hiilijalanjäljen pieneneminen. Lisäksi järjestelmällä on hyvät lämmöntalteenoton

ominaisuudet, joiden avulla energiakustannuksista voidaan säästää noin 10 prosenttia. (Lassila & Tikanoja www-sivut 2020.)

5.2 Järjestelmät lauhdelämmön talteenottoon

Yleensä pienet kaupungit toimivat suoralauhdutteisella järjestelmällä ja suuret välillisellä lauhdutusjärjestelmällä. Välillisessä lauhdutuksessa kylmäaine lauhtuu nestepiiriin, joka useimmiten on etyleeniglykoliseosta. (Motiva 2012b, 5-6.) Välillinen järjestelmä on yleinen tapa hyödyntää lauhdelämpöä ilmanvaihdon lämmityksessä. Järjestelmässä ilmanvaihtoa lämmitetään kytkemällä sarjaan ulkolauhdutinyksikkö. Tilalämmityksessä yleisesti käytetty suoralauhdutteinen järjestelmä perustuu ilman lauhdutukseen. Siinä lämmitetty ilma johdetaan ilmanvaihtoon tai ulos. (Motiva 2012b, 9.)

Lauhdelämpöä voidaan hyödyntää lämmitysverkoissa, kun suoralauhdutteiseen järjestelmään ulkolauhdutinyksikön kanssa kytketään nestelauhdutin. Sen avulla lämpöä siirretään lämmitysverkostoon tai esimerkiksi lämpimän käyttöveden käyttöön. Jos lämmöntalteenottoa halutaan käyttää käyttöveden lämmittämiseen, järjestelmään pitää asentaa välipiiri, joka on erillinen muusta järjestelmästä. Lainsäädäntö kieltää kylmäaineen kosketuksen käyttöveden ja elintarvikkeiden kanssa. Välillisessä järjestelmässä talteenotto tehdään lauhdutuspiiristä, mutta suoralauhdutteisessa järjestelmässä erillinen välipiiri aiheuttaa hyötysuhteen ja lämpötilan laskun. (Motiva 2012b, 10.)

Ajotapa vaikuttaa hiilidioksidijärjestelmien käyttötalouteen merkittävästi, minkä vuoksi järjestelmä on optimoitava tapauskohtaisesti. Lauhdutuksen lämpötila on merkittävä tekijä lämmöntalteenotolla saatavaan energian määrään. Lauhdutuslämpötila on yleensä 30-50 °C, mutta mitoitus voi olla myös korkeammalle lämpötilalle. (Motiva 2012b, 14-15.)

5.2.1 Lämpöpumppujen hyödyntäminen lauhdelämmön talteenotossa

Lauhdelämmön talteenoton lämpötilan nosto voidaan tehdä lämpöpumpun avulla. Lauhdelämmön osuus, jota ei voida hyödyntää yleisillä menetelmillä, voidaan ottaa talteen lämpöpumpulla. Jos käytössä on maalämpöpumppu, ylimääräinen

lauhdelämpö voidaan siirtää maahan porakaivoja pitkin. Tämän seurauksena maan lämpötila nousee, joka parantaa maalämpöpumpun hyötysuhdetta. Myös kylmäjärjestelmä hyötyy, kun lauhteen lämpötila saadaan pidettyä matalalla ympäri vuoden. (Motiva 2012b, 10.)

5.3 Automaatiojärjestelmät

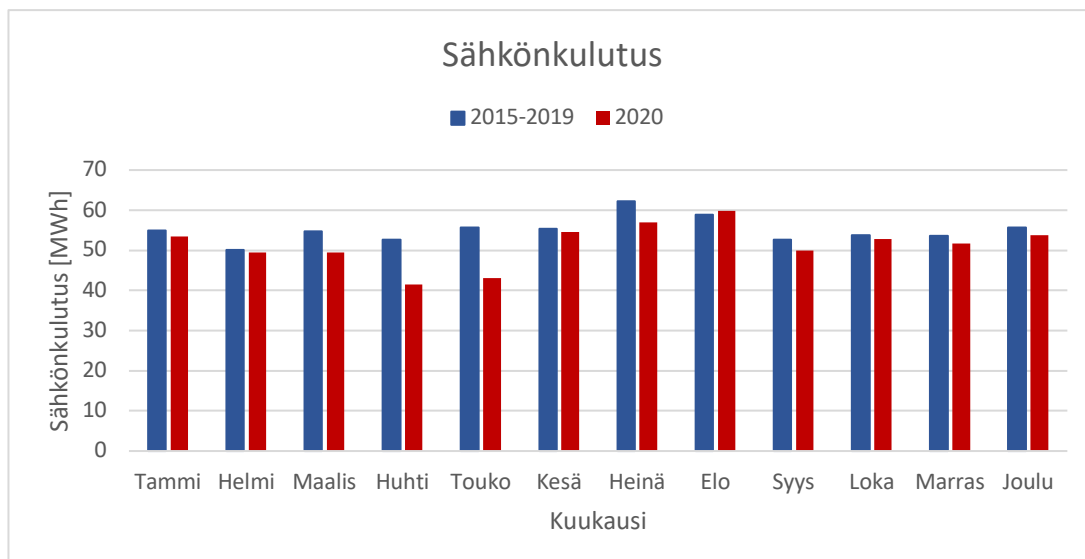
Mittaroinnin avulla voidaan todeta lämmönlähteenotosta saatava hyöty. Järjestelmän hyödyntämä lämpöenergia ja kuluttama sähköenergia mittaroitavia kohteita, jotka on arvioitava järjestelmä kohtaisesti. Kauppojen kiinteistöissä mittarointi ja tiedonkeruu toimii yhdessä automaatiojärjestelmän kanssa. (Motiva 2012b, 10-11.)

6 KOHTEEN ENERGIANKULUTUS

Seuraavissa kappaleissa käydään läpi kohteen energiankulutusta ennen laajennusremonttia ja remontin jälkeen. Lisäksi arvioidaan maalämpöjärjestelmän vaikutusta energiankulutukseen.

6.1 Sähkönkulutus

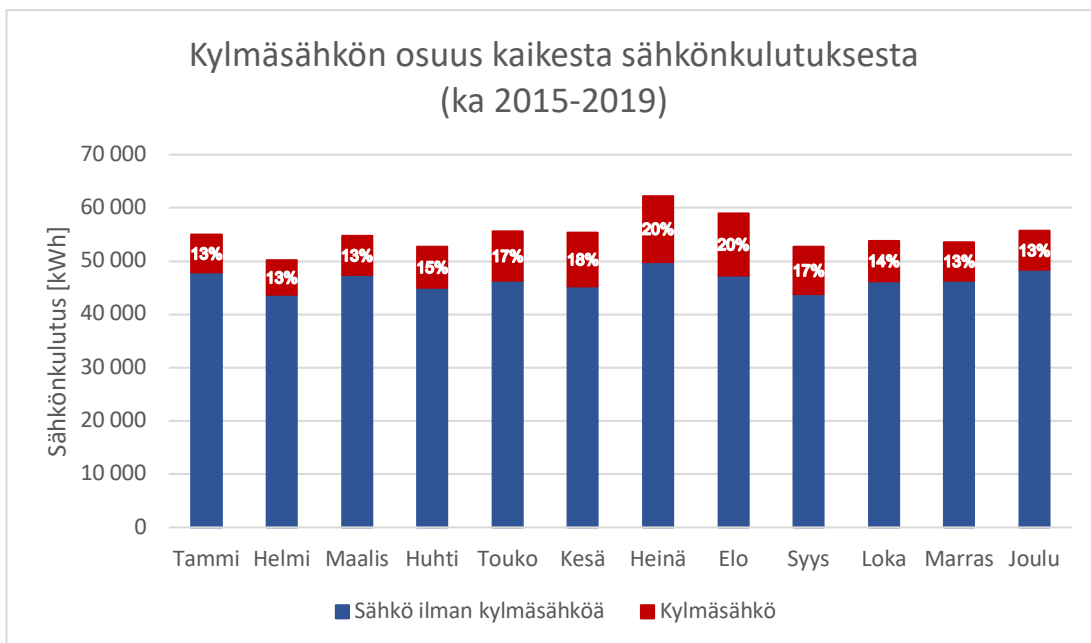
Kuvaajassa 1 on kohteen sähkönkulutuksen vertailua. Vuosien 2015-2019 keskiarvoista sähkönkulutusta verrataan vuoden 2020 kulutukseen, jonka suuruuteen vaikuttaa useampi epävarmuustekijä. Kevään 2020 sähkönkulutus oli huomattavasti pienempää keskiarvoon verrattuna. Maaliskuussa sähkönkulutus oli noin 6 MWh pienempää, huhtikuussa 11 MWh ja toukokuussa 13 MWh. Pienempi kulutus johtuu koronaviruksen aiheuttamista rajoitteista, joiden vuoksi ravintolaa ei voitu pitää auki normaalisti. Loppuvuonna sähkönkulutukseen vaikuttava tekijä on pois käytöstä ollut lauhdelämmön talteenotto. Se nostaa kulutuksen lähelle keskiarvoista kulutusta. Lisäksi laajentunut myymälä lisää energiantarvetta, vaikka uudet kylmäkalusteet ovatkin ovellisia ja kannellisia. Sähkönkulutus tulee nousemaan kevään 2021 jälkeen, kun öljylämmitys vaihdetaan maalämpöjärjestelmään.



Kuvaaja 1. Kohteen sähkönkulutus vuonna 2020 verraten vuosien 2015-2019 keskiarvoon.

6.2 Kaupan kylmäjärjestelmän kulutus

Seuraavaksi arvioidaan kylmäsähkön osuutta kaikesta kohdekiinteistön sähkönkulutuksesta. Kylmäsähköllä tarkoitetaan tässä kaupan kylmäjärjestelmään, koneikkoon, kalusteisiin ja huoneisiin, kuluvan sähköenergian määrää kilowattitunteina. Kuvaajassa 2 on keskiarvoinen sähkön ja kylmäsähkönkulutus vuosilta 2015-2019, kun käytössä oli vielä vanhat kylmäkalusteet ilman ovia ja kansia. Kuvaajasta nähdään, että kylmäsähkön osuus on noin 13 prosenttia viitenä kuukautena vuodesta, marraskuusta maaliskuuhun. Kylmäsähkön suhteellinen osuus kasvaa keskikesää kohden, sillä kylmäsähkönkulutukseen vaikuttaa ulkolämpötilat. Heinä- ja elokuussa kylmäsähkön osuus kasvaa 20 prosenttiin kaikesta kulutetusta sähköstä.



Kuvaaja 2. Vuosien 2015-2019 keskiarvoinen sähkönkulutus, jossa eritelty kylmäsähkön osuus.

Vuonna 2020 asennettu uusi kylmäjärjestelmä käynnistettiin 7.9.2020, joten taulukossa 1 nähtävät syyskuun arvot eivät ole täysin realistiset. Myös helmikuun osalta tiedot ovat hieman puutteelliset, kun tiedot jäävät 24. päivään. Kylmäsähkön suhteellinen osuus kaikesta kulutetusta sähköstä on suurempi lokakuusta joulukuuhun kuin vanhalla järjestelmällä. Esimerkiksi lokakuussa vanhan järjestelmän kulutus on ollut 7578 kWh, kun uudella järjestelmällä kulutus on ollut 9304 kWh. Uusissa kylmäkalusteissa on ovet ja kannet, jotka vähentävät energiankulutusta, mutta laajennuksesta johtuen kylmäjärjestelmän kulutus ja suhteellinen osuus kasvaa. Kesän lämpimäimpinä kuukausina, heinä- ja elokuussa, suhteellinen osuus voi olla lähellä 27 prosenttia.

Taulukko 1. Uuden järjestelmän kulutus 2020-2021.

	Sähkön kokonaiskulutus [kWh]	Kylmäsähkön kokonaiskulutus [kWh]	Kylmäkalusteiden ja -huoneiden kulutus [kWh]	CO ₂ -koneikon kulutus [kWh]	Kylmäsähkön osuus [%]
Syyskuu	49 939	4 755	2 342	2413	10 %
Lokakuu	52 875	9 304	5 260	4044	18 %
Marraskuu	51 665	9 613	5 659	3954	19 %
Joulukuu	53 723	9 809	5 875	3934	18 %
Tammikuu	-	10 096	5 825	4271	-
Helmikuu	-	8 073	4 481	3592	-

6.2.1 Kylmäsähkö suhteutettuna kylmämetreihin

Arvioidaan kylmäsähkön kulutusta suhteutettuna kylmämetreihin, kun vanhan järjestelmän kylmämetrit olivat yhteensä 26,25 metriä ja uuden kylmäjärjestelmän 40,30 metriä. Näin voidaan parhaiten arvioida kylmälaitteiden uusimisen hyötyjä. Taulukossa 2 on kylmäsähkön kulutus suhteutettuna kylmämetreihin. Kuten aiemmin todettiin, ovat vuoden 2020 syyskuun ja vuoden 2021 helmikuun tiedot hieman puutteelliset. Uuden kylmäjärjestelmän kylmäsähkön kulutus on pudonnut 7-20 prosenttia lokaja tammikuun välillä vanhaan järjestelmään nähden. Vaikka kylmämetreinä kulutus on pienempää, ei voida unohtaa sitä, että todellisuudessa uusi järjestelmä laajennuttuaan kuluttaa enemmän.

Taulukko 2. Kylmäsähkön kulutus suhteutettuna kylmämetreihin

	Kylmäsähkön kulutus [kWh/m]		
	2015...2019	2020	2021
Tammikuu	268,9	-	250,5
Helmikuu	245,0	-	200,3
Maaliskuu	280,1	-	-
Huhtikuu	292,6	-	-
Toukokuu	354,9	-	-
Kesäkuu	386,7	-	-
Heinäkuu	471,0	-	-
Elokuu	443,6	-	-
Syyskuu	338,6	118,0	-
Lokakuu	288,7	230,9	-
Marraskuu	274,7	238,5	-
Joulukuu	279,0	243,4	-

6.3 Sähkönkulutus suhteutettuna pinta-alaan

Sähkönkulutuksen tarkastelussa ei huomattu kovin merkittävää eroa vanhaan kulutukseen, joten tarkastellaan sähkönkulutusta pinta-alaan suhteutettuna. Pinta-alaan käytetään rakennuksen kokonaispinta-alaa, eikä myymälän ja ravintolan puolia erotella.

Taulukossa 3 on sähkön kokonaiskulutus suhteutettuna pinta-alaan. Vuosien 2015-2019 keskiarvoinen sähkön kokonaiskulutus on suhteutettu kiinteistön vanhaan

kerrosalaan, joka oli 599 m². Vuoden 2020 sähkönkulutus on suhteutettu nykyiseen kerrosalaan, joka on 1045 m². Laajennusremontti valmistui vasta loppuvuodesta, mutta tilannetta voidaan tarkastella silti, kun oletetaan kulutuksen olevan lähellä totuutta. Vanhan osan pinta-ala on noin 57 prosenttia nykyisestä pinta-alasta, joten on luonnollista, että pinta-alaperusteisessa tarkastelussa sähkönkulutus vuosina 2015-2019 on suhteessa myös suurempaa neliometriä kohden, kun kulutus ei vuoteen 2020 verrattuna muuttunut merkittävästi.

Taulukko 3. Sähkön kokonaiskulutus suhteutettuna pinta-alaan.

	Sähkön kokonaiskulutus vuosina 2015...2019 [kWh/m ²]	Sähkön kokonaiskulutus vuonna 2020 [kWh/m ²]
Tammikuu	91,7	51,2
Helmikuu	83,7	47,4
Maaliskuu	91,4	47,3
Huhtikuu	87,9	39,7
Toukokuu	92,9	41,2
Kesäkuu	92,4	52,2
Heinäkuu	103,9	54,5
Elokuu	98,4	57,2
Syyskuu	88,0	47,8
Lokakuu	89,9	50,6
Marraskuu	89,5	49,4
Joulukuu	92,9	51,4

6.3.1 Kylmäsähkön kulutus suhteutettuna pinta-alaan

Kylmäjärjestelmän pinta-alaperusteisessa tarkastelussa on käytetty koko rakennuksen pinta-aloja samoin kuin sähkön kokonaiskulutuksen tarkastelussa. Tämä tarkastelu sisältää paljon epävarmuutta, sillä kylmäsähkön kulutus ei kasvanut samassa suhteessa pinta-alojen kanssa. Lisäksi kylmäsähkön kulutus painottuu pääasiallisesti kaupan puolelle ja aiempaan verrattuna kiinteistössä on väljempää.

Tarkastelemalla taulukkoa 4 huomataan, että uuden järjestelmän sähkönkulutus pinta-alaan suhteutettuna on pienempää kuin vanhan järjestelmän. Kylmämetrien tarkastelussa kylmäsähkön kulutus putosi 7-20 prosenttia loka- ja tammikuun välillä vanhaan

järjestelmään nähden. Tässä vastaava muutos on 18-30 prosenttia, mikä johtuu niin ikään koko rakennuksen pinta-alan tarkastelusta.

Taulukko 4. Kylmäsähkönkulutus suhteutettuna pinta-alaan.

	Kylmäsähkönkulutus [kWh/m ²]		
	2015...2019	2020	2021
Tammikuu	11,8	-	9,7
Helmikuu	10,7	-	7,7
Maaliskuu	12,3	-	-
Huhtikuu	12,8	-	-
Toukokuu	15,6	-	-
Kesäkuu	16,9	-	-
Heinäkuu	20,6	-	-
Elokuu	19,4	-	-
Syyskuu	14,8	4,6	-
Lokakuu	12,7	8,9	-
Marraskuu	12,0	9,2	-
Joulukuu	12,2	9,4	-

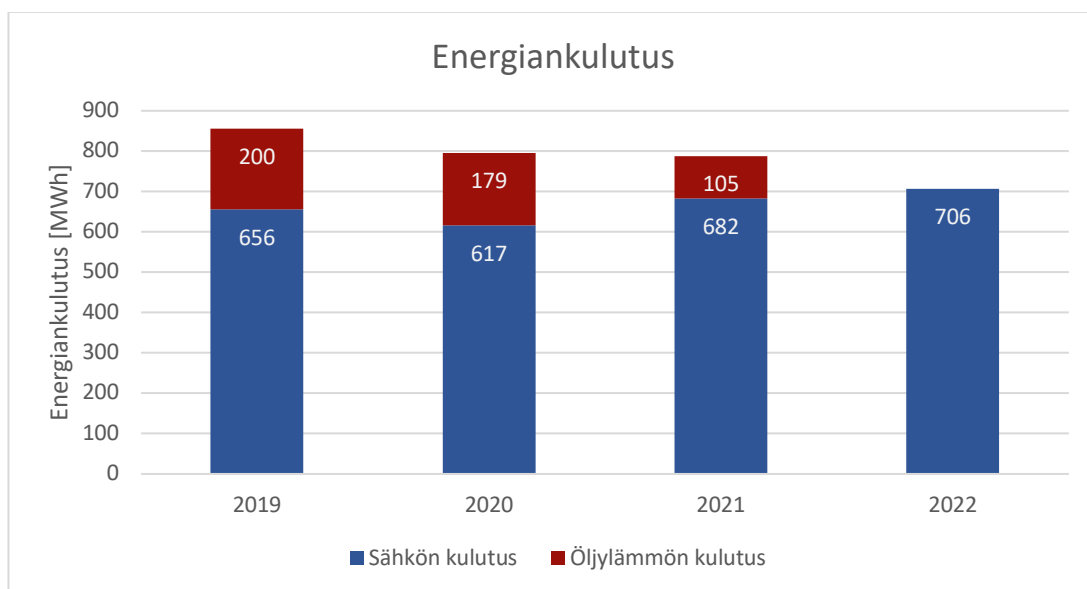
6.4 Maalämpöjärjestelmän kulutus

Maalämpöjärjestelmä on valmis huhtikuun 2021 loppupuolella, joten järjestelmän todellista sähkönkulutusta ei vielä tiedetä. Arvioitu sähkönkulutus maalämpöjärjestelmälle on noin 50 MWh vuodessa. Kulutus on määritetty tilaajan toimesta, huomioiden öljyn kulutuksen ja maalämpöpumpun lämpökertoimen. Maalämpöjärjestelmän kulutaman sähkön määrään vertaaminen suoraan öljylämmitykseen sisältää jonkin verran epävarmuutta. Tässä käytetty öljyn määrä perustuu kulutukseen eikä kohteen lämmitystarpeeseen. Kulutuksessa ei siis huomioida öljykattilan hyötysuhdetta eikä sitä ole normitettu. Jos öljyn kulutus olisi normitettu, voitaisiin verrata eri kuukausia ja vuosia samassa rakennuksessa ja eri paikkakunnilla sijaitseviin rakennuksiin. Normituksessa pitäisi tietää lämpimän käyttöveden määrä, johon tässä työssä ei oteta kantaa. (Motiva www-sivut 2019.)

Yksi epävarmuustekijä on myös lämmönjakotapa. Kohteessa lämmönjako tapahtuu vesikiertoisella patterilämmityksellä, jolla lämpöpumput toimivat huonommin kuin lattialämmityksellä. Patterilämmityksellä korkea lämmitysverkoston menoveden

mitoituslämpötila huonontaa lämpöpumpun antotehoa, joka vaikuttaa sähkönkulutukseen kasvavasti. Toisaalta sähkönkulutus laskee, kun maalämpöä aletaan hyödyntämään jäähdytyksessä. Korkea menoveden lämpötila laskee lämpöpumpun hyötysuhdetta.

Kuvaajassa 3 on skenaario kohteen energiankulutuksesta, jossa laskenta perustuu öljyn kulutukseen ja maalämmön sähkön kulutuksessa on käytetty tilaajan antamaa maalämmön sähkönkulutusta. Vuosien 2019 ja 2020 energiankulutukset ovat toteutuneita kulutustietoja, kun taas vuosien 2021 ja 2022 kulutukset on arvioitu vuoden 2019 kulutustietojen perusteella. Ne ovat niin sanotusti normaaleja, joten niitä voidaan käyttää arvioinneissa. Maalämpöjärjestelmä kasvattaa sähkönkulutusta, mutta pienentää kokonaisenergiankulutusta, kun öljylämmityksestä luovutaan.



Kuvaaja 3. Skenaario kohteen energiankulutuksesta.

7 ENERGIAN HIILIJALANJÄLKI

Hiilijalanjälki tarkoittaa ihmisen toiminnan aiheuttamaa ilmastopäästöä, joka kattaa merkittävimmät kasvihuonekaasupäästöt eli hiilidioksidin (CO₂), metaanin (CH₄) ja dityppioksidin eli ilokaasun (N₂O). Hiilijalanjälki voidaan laskea yritykselle, organisaatiolle, toiminnalle tai tuotteelle. Hiilijalanjäljen yksikkönä voidaan käyttää kilogrammaa hiilidioksidiekvivalenttia (kg CO₂e). (Sjöstedt 2018.)

Kaupan alalla merkittävimpiä haittoja ilmastoon on kylmäaineiden lisäksi energiankulutus. Energiatuotannon hiilijalanjälki vaikuttaa myös kiinteistön hiilijalanjälkeen, sillä sen laskenta perustuu elinkaariarviointiin, jossa huomioidaan tarkasteltavan kohteen koko elinkaari niin sanotusti kehdosta hautaan. Tällöin huomioidaan kaikki raaka-aineiden hankinnasta, tuotantoon, käyttöön ja käytöstä poistoon, aina kierrätykseen ja jätteiden loppusijoitukseen asti. (Holopainen, Vares, Ritola & Pulakka 2010, 43.)

Uusiutuvan energianlähteitä kontrolloidaan niin sanotuilla vihreillä sertifikaateilla. Niiden tarkoituksena on lisätä kustannustehokkaiden uusiutuvien energialähteiden käyttöä ilman, että sähkönsiirrosta aiheutuu rasitetta. Vihreät ja uusiutuvan energian sertifikaatit ovat todiste, että uusiutuvilla energialähteillä on tuotettu tietty määrä sähköä. Yksi sertifikaatti vastaa megawattituntia sähköä. Jos sähkö ei ole sertifioitua, lasketaan se niin sanotuksi harmaaksi sähköksi. (Motiva www-sivut 2020.)

7.1 Maalämmön hiilidioksidipäästöt

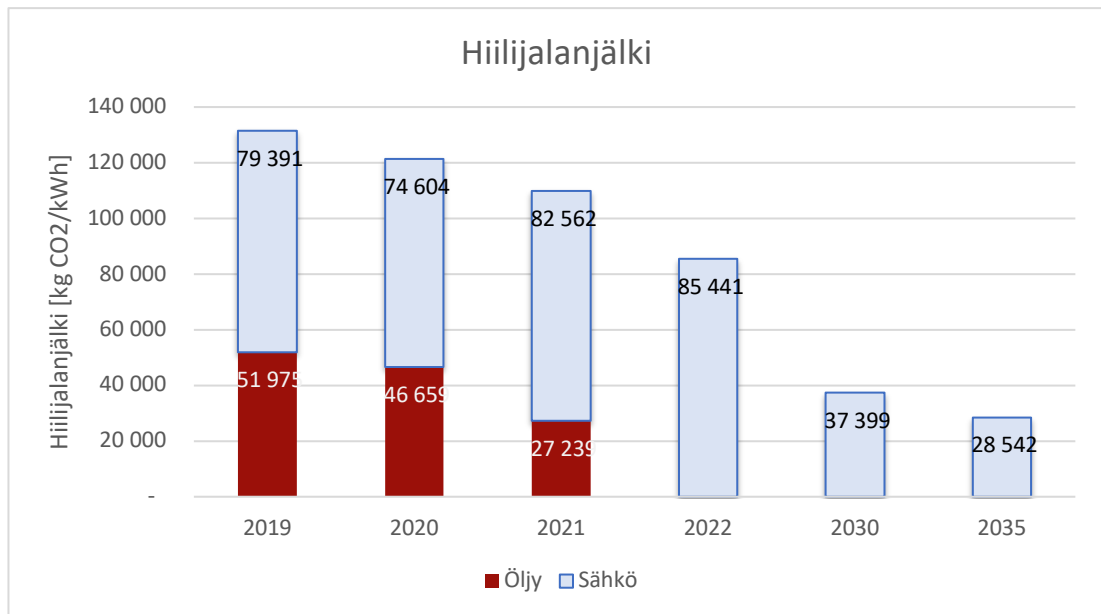
Maalämpöpumpun käyttämän sähkön alkuperä vaikuttaa aiheutuviin hiilidioksidipäästöihin. Taulukossa 5 on eri energiamuotojen fossiiliset päästökertoimet vuosille 2020-2120. CO₂-ominaispäästöt sisältävät CO₂-päästöt, jotka aiheutuvat kotimaisten polttoaineiden poltosta sekä kulutukseen siirretystä energiasta. Taulukko perustuu arvioon, joka muodostuu eri toimenpiteistä. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy ja Suomen ympäristökeskus SYKE on laatinut arvion pitkän aikavälin kokonaispäästökehitys

(PITKO) hankkeelle. Taulukon mukaan sähkö olisi siis Suomessa hiilineutraalia vasta noin sadan vuoden päästä. (Ympäristöministeriö 2019, 46.)

Taulukko 5. Energiamuotojen päästökertoimet (g CO₂/kWh) vuosille 2020-2120 (Ympäristöministeriö 2019, 46).

	Sähkö	Kauko- lämpö	Kauko- jäähdytys	Fossiiliset polttoaineet	Uusiutuvat polttoaineet
2020	121	130	130	260	0
2030	57	93	93	260	0
2040	30	63	63	260	0
2050	18	37	37	260	0
2060	14	33	33	260	0
2070	7	22	22	260	0
2080	4	15	15	260	0
2090	2	10	10	260	0
2100	1	7	7	260	0
2110	1	4	4	260	0
2120	0	3	3	260	0

Satakunnan Osuuskaupan sähkö vuonna 2020 oli peräisin 72,7 prosenttisesti tuulivoimaa. Loput 27,3 prosenttia koostui vesi- ja biovoimasta. (Salo sähköposti 18.2.2021.) Kohteessa käytetty uusiutuva sähkö on sertifioitua, mikä tarkoittaa sitä, että ABC Kii-koisten sähköenergian hiilijalanjälki on 0 g CO₂/kWh. Öljyn hiilijalanjälki voidaan laskea fossiilisten polttoaineiden mukaan 260 g CO₂/kWh. Kuvaajassa 4 on skenaario kohteen hiilijalanjäljestä, joka on laskettu aiemmin arvioidun kulutuksen mukaan. Sähkön hiilijalanjälki on laskettu yleisen oletuksen mukaan, vaikka todellisuudessa kohteen hiilijalanjälki on 0 kg CO₂. Öljyn käyttö kohteessa lopetetaan vuonna 2021 keväällä, joten tällöin myös energiasta ei aiheudu hiilijalanjälkeä.



Kuvaaja 4. Kohteen hiilijalanjäljen kehitys.

On huomioitava, että maalämpöjärjestelmän rakentaminen aiheuttaa CO₂-päästöjä. Päästöjä syntyy materiaaleista, muun muassa lämpöpumppuyksiköstä ja lämmönke-ruuputkistosta, sekä kuljetuksista.

8 KANNATTAVUUS

Maalämpöjärjestelmän investointikustannukset ovat yhteensä 123 200 euroa. Summaan kuuluu lämpökaivo- ja putkiurakan lisäksi sähkö-, rakennusautomaatio-, rakennusurakka sekä rakennuttaminen. Maalämpöpumppu tulee uusia 15-30 vuoden jälkeen, mutta sen kompressorit kestää yleensä noin 10-15 vuotta (Energiatehokaskoti www-sivut 2020). Tässä tarkastellaan tilannetta, jossa lämpöpumppu uusitaan 15 vuoden jälkeen. Sen uusinta tulee maksamaan noin 15 000 euroa. Huolto- ja korjauskustannuksiin menee noin 400 euroa vuodessa. (Alander sähköposti 24.2.2021)

Kohteessa sähkön verkkoyhtiönä toimii Caruna Oy ja sähköenergian toimittaja S-voima (Alander sähköposti 24.2.2021). Carunan toimittama sähkö tulee kausisiirtona, jolloin siirron hinta on edullisempaa kesäaikana ja talvella yöaikana. Laskelmissa käytetyssä arvonlisäverottomassa sähkön hinnassa on huomioitu kausiluonteisuus.

Suora eli koroton takaisinmaksuaika saadaan, kun investointikustannus jaetaan säästöillä. Öljylämmitykseen nähden säästöjä saadaan vuodessa noin 19 260 euroa, kun huomioon otetaan myös vuotuiset huoltokustannukset. Vuoden 2019 tietojen mukaan öljylämmitykseen kului noin 22 517 euroa vuodessa, kun öljyn hinta oli arvonlisäverottomana 112,64 €/MWh ja kulutus 199,9 MWh. Maalämpöjärjestelmän arvioidaan kuluttavan sähköä noin 50 MWh ja sähkön hintana käytetään 57,13 €/MWh. Tällöin maalämpöjärjestelmän sähköenergia maksaa vuodessa noin 2857 euroa vuodessa. Koroton takaisinmaksuaika maalämpöjärjestelmälle on 6,3 vuotta, kun verrataan aiemmin käytössä olleeseen öljylämmitykseen.

$$\frac{123\,200\ \text{€}}{(22\,517 - 2\,857 - 400)\ \text{€/a}} = 6,4\ \text{vuotta}$$

8.1 Korollinen takaisinmaksuaika

Suora takaisinmaksuaika ei ota huomioon merkittäviä seikkoja, kuten energian hinnan muuttumista. Rakennuksiin tehtävistä energiainvestoinneista suurin epävarmuustekijä on juuri energian hinnan muuttuminen, sillä siihen vaikuttaa tasapaino kysynnän ja tarjonnan välillä. Fossiiliset polttoaineet ovat poistumassa käytöstä, joten niiden energian hinta kasvaa koko ajan. Poliittiset tekijät ovat arvaamattomia, mikä hankaloittaa energian hintojen ennustamista. Yksi keino hinnan kehittymisen arvioinnissa on tarkastella aiempaa hinnan kehittymistä. (Sirén 2015, 28.) Sekä sähkön että öljyn hinnat ovat nousseet, joten annetaan niille suurin painoarvo tässä tarkastelussa.

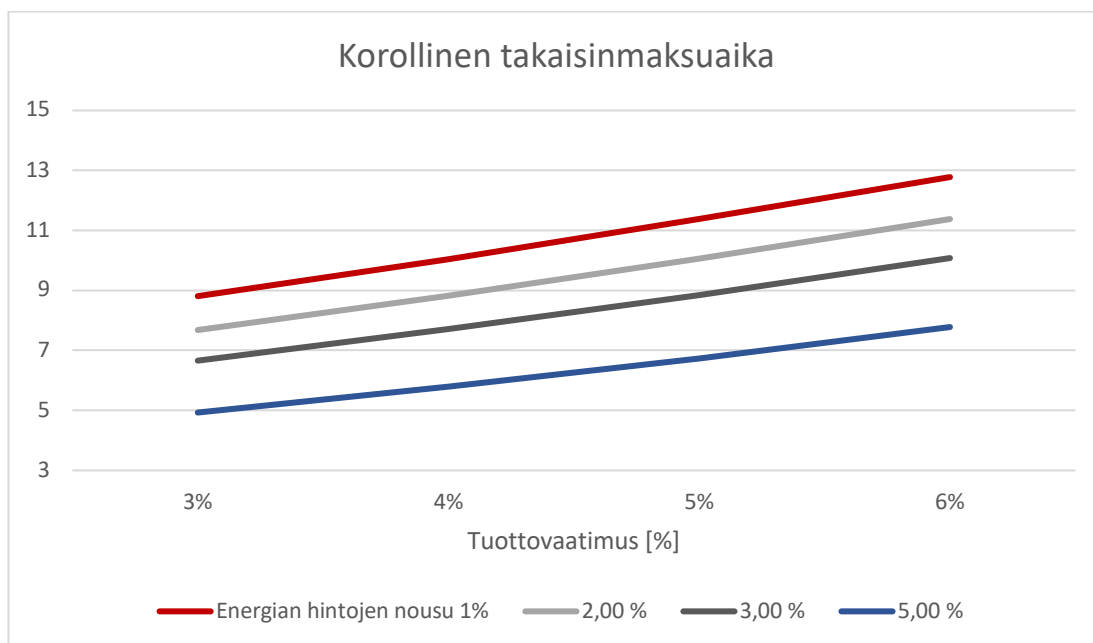
Energian hinnan lisäksi on määriteltävä tuottovaatimus. Kiinteistöjen energiainvestointien laskelmissa käytetään reaalikorkona yleensä 3-6 prosenttia, mutta käytännössä tuottovaatimus on vapaasti valittavissa. (Motiva 2018b, 8.) Tässä laskennassa käytetään lähtökohtaisesti 4 prosenttia, mutta myöhemmin tehdään herkkyystarkastelut myös tuottovaatimukselle. Liitteessä 1 on Excel-ohjelmistolla tehty takaisinmaksulaskenta, kun tuottovaatimus on 4 prosenttia ja energian hintojen nousu 2 prosenttia.

Taulukossa 6 on tarkasteltu energian hintojen muutosta takaisinmaksuaikaan, kun tuottovaatimuksena pidetään 4 prosenttia ja tarkasteluaikana on käytetty 30 vuotta. Jos kummankaan hinta ei muutu 30 vuoden aikana ja tuottovaatimus on 4 prosenttia, takaisinmaksuajaksi saadaan 11,4 vuotta. Todennäköisempää on, että kummankin, sähkön ja öljyn hinta tulee nousemaan. Investointi on sitä kannattavampi, mitä enemmän öljyn hinta tulee nousemaan. Lisäksi öljyn hinnan muutoksella on huomattavasti suurempi vaikutus kuin sähkön hinnan muutoksella, kun takaisinmaksuaika tarkasteluhaurukassa vaihtelee noin 4 vuodesta 17 vuoteen. Sähkön hinnan muutos samalla tarkastelulla muuttuu vain noin 11 vuodesta reiluun 13 vuoteen. Todennäköistä on, että kohteen maalämpöjärjestelmän todellinen takaisinmaksuaika on jotain 6-10 vuoden väliltä.

Taulukko 6. Herkkyystarkastelu korolliselle takaisinmaksuajalle, kun tuottovaatimus on 4 prosenttia.

Hinnan muutos [%]	Takaisinmaksuaika [vuotta]		
	Vain sähkön hinta muuttuu	Vain öljyn hinta muuttuu	Sähkön ja öljyn hinta muuttuu
-3,0 %	10,9	17,0	16,0
-2,0 %	11,1	14,9	14,4
-1,0 %	11,2	13,1	12,8
0,0 %	11,4	11,4	11,4
1,0 %	11,6	9,9	10,1
2,0 %	11,9	8,6	8,8
3,0 %	12,2	7,4	7,7
5,0 %	13,2	5,4	5,8
7,0 %	15,0	3,9	4,3

Tuottovaatimuksella on merkittävä vaikutus takaisinmaksu aikaan. Takaisinmaksuaika kasvaa tuottovaatimuksen kasvaessa. Kuvaajassa 5 nähdään tuottovaatimuksen vaikutus takaisinmaksu aikaan, kun huomioidaan myös energian hintojen nousu. Esimerkiksi 3 prosentin energian hintojen nousulla ja 5 prosentin tuottovaatimuksella takaisinmaksuaika on 8,9 vuotta. Tarkastelluissa tapauksissa tuottovaatimuksen vaikutus on noin 3-4 vuoteen takaisinmaksuajassa. Tuottovaatimuksen merkitys pienenee, mitä korkeammaksi energian hinnat nousevat. Tässä tapauksessa pienin vaikutus tuottovaatimuksella on, kun energian hintojen muutos on 5 prosenttia.



Kuvaaja 5. Tuottovaatimuksen vaikutus takaisinmaksu aikaan.

8.2 Investointikustannuksiin saatavan tuen vaikutus

Takaisinmaksuajaksi saatiin 11,4 vuotta, kun investointikustannuksena käytettiin 123 200 euroa, tuottovaatimuksena 4 prosenttia ja energian hintojen nousuina 0 prosenttia. Kohteeseen saadaan valtion avustusta öljylämmityksen muutoksesta maalämpöjärjestelmään. Avustus on 20 prosenttia investointikustannuksista, joten yrityksen investointikustannukseksi muodostuu 98 560 euroa (Järvi henkilökohtainen tiedonanto 25.3.2021). Kun käytetään tätä investointikustannusta, 4 prosentin tuottovaatimusta ja 0 prosentin hintojen nousua, saadaan takaisinmaksuajaksi 9,1 vuotta.

Aiemmassa herkkyystarkastelussa, jossa tutkittiin energian hinnan muutosta -3 prosentista 7 prosenttiin, takaisinmaksuaika vaihteli 3,9 vuodesta 17 vuoteen. Kun investointikustannukseen saadaan tuki, saadaan takaisinmaksuajan vaihteluksi samalla tarkastelulla 3,1 vuodesta 13,6 vuoteen. Takaisinmaksuaika 3,1 vuotta saavutettaisiin, jos sähkön hinta pysyisi samana ja öljyn hinta kasvaisi 7 prosenttia. Takaisinmaksuaika olisi 13,6 vuotta, jos sähkön hinta pysyisi samana ja öljyn hinta laskisi -3 prosenttia. Kun tarkastellaan tuottovaatimuksen muuttumista 3-6 prosentin välillä, investointikustannuksen ollessa 98 560 euroa ja energian hintojen pysyessä samana, on takaisinmaksuaika 8-11,4 vuotta.

Investointikustannuksiin saatava tuki vaikuttaa takaisinmaksu aikaan merkittävästi. Aiemmin todettiin, että takaisinmaksuaika tulee mahdollisesti olemaan jotain 6-10 vuoden väliltä. Sitä voidaan pitää todennäköisenä vielä tämänkin tarkastelun jälkeen.

9 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Maalämpöjärjestelmää asennettiin samaan aikaan, kun opinnäytetyötä tehtiin. Riittävän datan saaminen realistisiin tuloksiin vaatisi pidemmän aikataulun, joten tämä opinnäytetyö keskittyi arvioimaan maalämpöjärjestelmästä saatavia hyötyjä. Kohteen energiankulutuksen tarkastelu perustuu pohdintoihin ja skenaarioihin. Kun maalämpöjärjestelmästä on saatu dataa esimerkiksi vuoden ajan, voidaan tätä opinnäytetyötä käyttää vertailukohtana uuteen ja realistisempaan tarkasteluun.

Energiankulutus, energiatehokkaista toimenpiteistä huolimatta, on lähellä samaa tasoa kuin ennen laajennusremonttia. Suurin syy tähän on laajennuksesta johtuva kasvanut energiantarve. Kylmäsähkön suhteellinen määrä sähkön kokonaiskulutuksesta on kasvanut. Laajennuksen vuoksi vanhaa ja uutta kylmäjärjestelmää ei voida verrata suoraan toisiinsa. Pinta-alaan ja kylmämetreihin suhteutettuna uusi järjestelmä kuluttaa vähemmän sähköä. Kevään 2021 jälkeen uudesta kylmäjärjestelmästä aletaan hyödyntämään hukkaenergiaa, joka vähentää kulutuksen suuruutta.

Laajennuksesta johtuen energiantarve ei laske juurikaan, joten merkittävämpi ilmastoon vaikuttava tekijä on öljylämmityksestä luopuminen ja maalämpöjärjestelmään siirtyminen. Maalämpö lisää sähkönkulutusta reilusti, mutta energian kokonaiskulutus tulee laskemaan. Kohteen käyttämä sähkö on kokonaan uusiutuvista energianlähteistä peräisin, joten energiasta aiheutuva hiilijalanjälki on 0 kg CO₂. Energian hiilijalanjälki laskee siis 52 tonnia CO₂ vuoden 2019 tasosta.

Maalämpöön siirtyminen on kannattavaa ilmaston näkökulmasta, mutta myös kustannusten kannalta. Koroton takaisinmaksuaika maalämpöjärjestelmälle on 6,3 vuotta. Tarkastelemalla energian hintojen, tuottovaatimuksen sekä investointiin saatavan tuen vaikutusta on todennäköistä, että maalämpöjärjestelmän todellinen takaisinmaksuaika on jotain 6-10 vuoden väliltä.

LÄHTEET

Alander, J. 2021. Tekninen isännöitsijä, Satakunnan Osuuskauppa. Pori. Sähköpostihaastattelu 25.1.2021. Vastaanottaja: Lotta Yrjänä.

Alander, J. 2021. Tekninen isännöitsijä, Satakunnan Osuuskauppa. Pori. Sähköpostihaastattelu 25.3.2021. Vastaanottaja: Lotta Yrjänä.

Darment www-sivut. n.d. Kylmäaineen regenerointi on järkevä ja kannattava vaihtoehto. Viitattu. 9.4.2021. <https://darment.fi/regenerointi/>

Energiatehokaskoti www-sivut. 2020. Lämmitysjärjestelmien elinkaari. Viitattu 17.3.2021. https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/lammitysjarjestelmien_elinkaari

Energiatehokaskoti www-sivut. 2020. Maalämpöpumppu. Viitattu 6.4.2021. https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/ilmalampo-_ja_maalampopumput/maalampopumppu

Energiatehokkuussopimukset www-sivut. 2021. Viitattu 9.3.2021. <https://energiatehokkuussopimukset2017-2025.fi>

Finder www-sivut. 2021. Viitattu 11.2.2021. <https://www.finder.fi>

Holopainen, R., Vares, S., Ritola, J. & Pulakka, S. 2010. Maalämmön ja viilennyksen hyödyntäminen asuinkerrostalon lämmityksessä ja jäähdytyksessä. Espoo: VTT Tiedotteita 2546. Viitattu 12.3.2021. <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2010/T2546.pdf>

Juvonen, J. & Lapinlampi, T. 2013. Ympäristöopas. Energiakaivo – Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa. Helsinki: Ympäristöministeriö. Viitattu 15.2.2021. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40953/YO_2013.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Järvi, K. 2021. Ryhmäpäällikkö, Satakunnan Osuuskauppa. Pori. Henkilökohtainen tiedonanto 25.3.2021.

Järvi, K. 2021. Ryhmäpäällikkö, Satakunnan Osuuskauppa. Pori. Sähköpostihaastattelu 25.1.2021. Vastaanottaja: Lotta Yrjänä.

Kaupan liitto www-sivut. 2019. Kaupan alan energiatehokkuussopimus. Viitattu 3.3.2021. <https://kauppa.fi/palvelut-ja-tietopankki/artikkelit/kaupan-alan-energiatehokkuussopimus/>

Kinnunen, T. 2013. Lämpökaivojen ympäristövaikutukset ja luvantarve. Suomen Vesiyhdistys r.y:n pohjavesijaoston teemailtapäivä. <https://www.vesiyhdistys.fi/pdf/TKinnunen.pdf>

Lapinlampi, T. 2013. Energiakaivo-opas. Vantaa: SYKE. Viitattu 1.3.2021. <https://www.sulpu.fi/documents/184029/1300198/4.%20Energiakaivo-opas%2C%20Toivo%20Lapinlampi.pdf>

Lassila & Tikanoja www-sivut. 2020. F-kaasuasetus astui voimaan vuoden 2020 alussa – näin lakimuutos vaikuttaa Suomen vähittäiskauppaan. Viitattu 9.4.2021. <https://lassikko.lt.fi/nain-f-kaasuasetus-vaikuttaa-suomen-vahittaiskauppaan>

Lämpöeko www-sivut. n.d. Lämmönlähteet. Viitattu 25.2.2021. <https://www.lampoeko.fi/lampolahteet/>

Motiva www-sivut. 2020. Vihreät sertifikaatit. Viitattu 25.3.2021. https://www.motiva.fi/ratkaisut/ohjauskeinot/vihreat_sertifikaatit

Motiva. 2012a. Lämpöä omasta maasta – Maalämpöpumput. Helsinki: Motiva. Viitattu 12.2.2021. https://www.motiva.fi/files/7965/Lampoa_omasta_maasta_Maalampopumput.pdf

Motiva. 2012b. Kaupan kylmälaitteiden ja -järjestelmien lauhdelämmön talteenotto. Laskentaohje. Helsinki: Motiva. Viitattu 29.1.2021. https://www.motiva.fi/files/7973/Kaupan_kylmalaitteiden_ja_jarjestelmien_lauhdelammon_talteenotto_Laskentaohje.pdf

Motiva. 2018a. Lämpöpumppujen hankintaopas – kunnat ja taloyhtiöt. Helsinki: Motiva. Viitattu 15.2.2021. https://www.motiva.fi/files/14752/Lampopumppujen_hankintaopas_kunnat_ja_taloyhtiot.pdf

Motiva. 2018b. Toimenpiteen taloudellinen kannattavuus. Laskentatyökalu – ohje työkalun käyttöön. Helsinki: Motiva Oy. Viitattu 17.3.2021. https://www.motiva.fi/files/14771/Toimenpiteen_taloudellinen_kannattavuus_laskurin_ohje_2018.pdf

Perälä, O. & R. 2013. Lämpöpumput, Suomalainen käsikirja aikamme lämmitysjärjestelmästä. 3. uud. p. Tallinna: Alfamer/Karisto Oy. Viitattu 15.2.2021.

S-ryhmä www-sivut. 2021. Viitattu 10.3.2021. <https://s-ryhma.fi/>

S-ryhmä. 2019. S-ryhmän vuosi ja vastuullisuus. 2019. Viitattu 9.3.2021. https://assets.ctfassets.net/8122zj5k3sy9/71geJzhm2SqnYUW0GzB0KN/3f931e5bf85730d38c0fcdc97c6b14c5/S-ryhma__n_vuosi_ja_vastuullisuus_2019_FI.pdf

Salo, M. 2021. Kiinteistöpäällikkö, Satakunnan Osuuskauppa. Pori. Sähköpostihaastattelu 18.2.2021. Vastaanottaja: Lotta Yrjänä.

Sirén, K. 2015. Rakennusten energiainvestointien kannattavuuden laskenta. Aalto yliopisto. Viitattu 18.3.2021. https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/153118/mod_resource/content/1/Rakennusten%20energiainvestointien%20kannattavuus_2015_highlighted.pdf

Sjöstedt, T. 2018. Mitä nämä käsitteet tarkoittavat? Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitra. Viitattu 12.2.2021. <https://www.sitra.fi/artikkelit/mita-nama-kasitteet-tarκοittavat/>

Ympäristö.fi www-sivut. 2016. Maalämpö on auringon lämpöä. Viitattu 2.3.2021. <https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Korjaustieto/Pientalot/Energiatehokkuus/Energialahteet/Maalampo>

Ympäristö.fi www-sivut. 2020. F-kaasuja koskevat käyttörajoitukset ja kiellot. Viitattu 9.4.2021. https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ilmasto_ja_ilma/Kasvihuonekaasupaastojen_raportointi_ja_seuranta/Kasvihuonekaasupaastojen_seuranta_Suomessa/Fluoratut_kasvihuonekaasut/Kayttorajoitukset_ja_kiellot

Ympäristöministeriö. 2019. Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä. Helsinki: Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:22. Viitattu 12.2.2021. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161761/YM_2019_22_Rakennuksen_vahahiilisyyden_arviointimenetelma.pdf

Ympäristöministeriön www-sivut. 2021. Öljylämmityksestä luopuminen. Viitattu 28.1.2021. <https://ym.fi/oljylammityksesta-luopuminen>

LIITE 1

Vuosi	Sähkön hinta [snt/kWh]	Maalämpöön kuluva sähkö [€]	Öljyn hinta [snt/kWh]	Öljyn hinta kulutuksen [€]	Nettotuotto /vuosi [€]	Diskontattu nettotuotto (€)
1	5,71	2856	11,26	22517	19261	18519,9
2	5,83	2914	11,49	22968	19654	18171,2
3	5,94	2972	11,72	23427	20055	17828,8
4	6,06	3031	11,95	23895	20464	17492,8
5	6,18	3092	12,19	24373	20881	17163,0
6	6,31	3154	12,44	24861	21307	16839,2
7	6,43	3217	12,69	25358	21741	16521,5
8	6,56	3281	12,94	25865	22184	16209,6
9	6,69	3347	13,20	26382	22636	15903,5
10	6,83	3414	13,46	26910	23096	15603,1
11	6,96	3482	13,73	27448	23566	15308,2
12	7,10	3552	14,01	27997	24046	15018,8
13	7,25	3623	14,29	28557	24535	14734,8
14	7,39	3695	14,57	29128	25033	14456,1
15	7,54	3769	14,86	29711	10542	5853,5
16	7,69	3844	15,16	30305	26061	13914,0
17	7,84	3921	15,46	30911	26590	13650,6
18	8,00	4000	15,77	31529	27130	13392,0
19	8,16	4080	16,09	32160	27680	13138,3
20	8,32	4161	16,41	32803	28242	12889,3
21	8,49	4245	16,74	33459	28815	12644,9
22	8,66	4329	17,07	34129	29399	12405,1
23	8,83	4416	17,41	34811	29995	12169,8
24	9,01	4504	17,76	35507	30603	11938,9
25	9,19	4594	18,12	36217	31223	11712,3
26	9,37	4686	18,48	36942	31855	11489,9
27	9,56	4780	18,85	37681	32501	11271,7
28	9,75	4876	19,23	38434	33159	11057,6
29	9,95	4973	19,61	39203	33830	10847,6
30	10,15	5073	20,00	39987	34514	10641,4
						418787,58
			Takaisinmaksuaika [vuotta]			8,83
Hankintahinta [€]					123 200	
Huoltokustannukset vuodessa [€]					400	

Uusi maalämpöpumppu [€]	15 000
Maalämmön käyttämä sähkö [kWh]	50 000
Öljylämmitys [kWh]	19 9904
Korko [%]	4,00 %
Sähkön hinnan muutos [%]	2,00 %
Öljyn hinnan muutos [%]	2,00 %

