



samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

JARNO MANSIKKA

Teollisuuskiinteistön hukkalämmön hyödyntäminen ja toimisto-osan lämmitys

RAKENNUS- JA YHDYSKUNTATEKNIIKAN
KOULUTUSOHJELMA

2020

Tekijä(t) Mansikka Jarno	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Kesäkuu 2020
	Sivumäärä 37	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Teollisuuskiinteistön hukkalämmön hyödyntäminen ja toimisto-osan lämmitys		
Tutkinto-ohjelma Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia Vertic Zinc Wire Oy:n teollisuuskiinteistön tontilla sijaitsevien valmiiden porakaivojen hyödyntämistä kiinteistön toimisto-osan lämmityksessä maalämpöpumpun avulla. Tarkastella sen investointikustannuksia ja takaisinmaksuaikoja sekä verrata niitä muihin lämmöntuottojärjestelmiin. Työ laajeni ja siinä lähdettiin tutkimaan kyseisen teollisuuskiinteistön prosessin hukkalämmön lämpömäärää ja sen hyödyntämismahdollisuutta toimisto-osan lämmityksessä. Lisäksi kartoitettiin muita hukkalämmön hyödyntämiskohteita.</p> <p>Työssä laskettiin jäähdytysvesien sisältämä lämpömäärä haastatteluilla saaduilla tiedoilla ja arvoilla, sekä selvitettiin Cadmatic HVAC-ohjelman avulla toimisto-osan lämmitystehontarve ja energiankulutus. Näiden laskelmien tuloksilla pyydettiin ratkaisu vaihtoehtoja hukkalämmön hyödyntämiselle teollisuuden lämpöpumppujen alan toimijoilta.</p> <p>Työn avulla selvitettiin prosessin jäähdytysvesien sisältämän lämpömäärän riittävän toimisto-osan lämmitykseen ja tuotannon ollessa suurempaa, myös lastauslaiturin sulanapitoon. Tuloksien avulla saatiin laskettua laitteille suuntaa antavat vuosittaiset energiankulutukset, vuosittaiset säästöt ja takaisinmaksuajat.</p> <p>Hukkalämmön hyödyntäminen lämpöpumpun avulla ei ole tässä kohteessa kannattavaa investointikustannusten noustessa turhan korkeiksi. Maalämpöpumpun investointikustannus on selvästi halvempi ja takaisinmaksuaika lyhyempi. Prosessin hukkalämpöä voitaisiin kuitenkin käyttää sellaisenaan lastauslaiturin ajoluiskan sulanapitoon.</p>		
<p>Asiasanat haetaan asiasanaluettelosta, mutta siihen ei tehdä linkitystä ylijäämälämpö, hukkalämpö, jätelämpö, lämmöntalteenotto, lämpöpumppu</p>		

Author(s) Mansikka Jarno	Type of Publication Bachelor's thesis	Date June 2020
	Number of pages 37	Language of publication: Finnish
Title of publication Exploitation of waste heat in industrial property and heating of office part		
Degree programme Construction and Civil Engineering		
Abstract <p>The aim of the thesis was to explore the exploitation of finished drill wells located on the property of Vertic Zinc Wire Ltd in heating the office part of the property using a geothermal heat pump. View its investment costs and payback times and compare them with other heat dissipation systems. The work was extended and it was set out to examine the amount of waste heat in the process of industrial property in question and the possibility of exploiting it in the heating of the office section. Other waste heat exploitation sites were also mapped.</p> <p>The work calculated the amount of heat contained in cooling waters with data and values obtained through interviews, as well as using the Cadmatic HVAC program, the heating power requirements and energy consumption of the office section. The results of these calculations asked for solution options for utilizing waste heat from industrial heat pumps.</p> <p>The work was used to determine the amount of heat contained in the cooling waters of the process for adequate heating of the office section, and when production is higher, including for the snowmelt holding of the loading dock. The results were used to calculate annual energy expenditure, annual savings and payback periods for equipment.</p> <p>Exploiting waste heat using a heat pump is not profitable in this destination as investment costs rise unnecessarily high. The investment cost of a geothermal pump is clearly cheaper and the payback period is shorter. However, waste heat from the process could be used as such for the snowmelt hold of the loading dock driving ramp.</p>		
<u>Key words</u> search from key word list but not link excess heat, waste heat, lost heat, heat recovery, heat pump		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 HUKKALÄMPÖ	6
2.1 Hukkalämmön hyödyntämisen periaatteet	7
2.2 Hukkalämmön hyödyntämistekniikat.....	8
2.3 Hukkalämmön hyödyntämistavan tunnistaminen	8
2.4 Hukkalämmön hyödyntämiskohteet.....	11
3 VERTIC ZINC WIRE OY	12
3.1 Tuotanto.....	12
3.2 Kiinteistö	12
3.2.1 Alkuperäinen lämmitysjärjestelmä	13
3.2.2 Hallin ilmanvaihto	14
3.2.3 Kiinteistöllä sijaitsevat porakaivot.....	14
4 PROSESSI JA JÄÄHDYTYSPIIRIT	15
4.1 Prosessi.....	15
4.2 Jäähdytyspiirit	15
4.3 Laskelmat	16
5 HUKKALÄMMÖN HYÖDYNTÄMISKOHTEET	17
5.1 Toimisto-osan lämmitys	17
5.1.1 Tehontarpeen ja energiankulutuksen laskentatapa.....	18
5.1.2 Toimisto-osan lähtöarvot	19
5.1.3 Tilojen lämmitystehontarve	21
5.1.4 Lämmin käyttövesi.....	22
5.1.5 Ilmanvaihto	23
5.1.6 Jäähdytys.....	24
5.1.7 Toimisto-osan lämmitysteho.....	24
5.1.8 Toimisto-osan lämmitysjärjestelmän energiankulutus	25
5.2 Piha-alueiden sulanapito.....	26
5.2.1 Sulanapidon tehontarve.....	26
5.3 Lämpökontti	26
5.4 Lämmön siirto kiinteistön ulkopuolelle	27
6 TOIMISTO-OSAN LÄMMITYKSEN RATKAISUVAIHTOEHDOT	27
6.1 Finess Energy Oy	28
6.2 Calefa Oy.....	28
6.3 Maalämpöpumppu Talotekniikka Rauhanen Oy.....	29
6.4 Investointi ja takaisinmaksu	30
7 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	33

LÄHTEET

LIITTEET

1 JOHDANTO

Energiansäästöillä pyritään karsimaan turha energiankulutus pois. Turhaa energiankulutusta on helppo löytää nykypäivänä lähes kaikkialta ja energiaa säästämällä pystytään hidastamaan ilmastonmuutosta ja vähentämään päästöjä.

Teollisuuden prosesseissa on lukemattomia määriä lämmönlähteitä, joista lämpöenergiaa siirretään suoraan tai välillisesti yleensä ulkoilmaan. Pienikin osa tämän hukkalämmön sisältämän energian valjastamisesta hyötykäyttöön auttaa hidastamaan ilmastonmuutosta ja vähentämään päästöjä. Esimerkiksi prosessin jäähdytysvesistä talteenotetun hukkalämmön hyödyntäminen kiinteistön lämmityksessä parantaa laitoksen energiatehokkuutta ja pienentää polttoaineen tarvetta.

Opinnäytetyön alkuperäisenä tavoitteena oli tutkia Vertic Zinc Wire Oy:n teollisuuskiinteistön toimisto-osan lämmitystavan muuttamista energiatehokkaaksi ja ekologisiksi. Työ kuitenkin laajeni ja uudeksi tavoitteeksi tuli tutkia prosessin jäähdytysvesien sisältämän lämpöenergian, eli hukkalämmön määrää. Laskea toimisto-osan lämmitystehontarve ja tutkia jäähdytysvesien sisältämän lämpöenergian hyödyntämismahdollisuuksia toimiston lämmityksessä. Tämän lisäksi työn tarkoituksena oli kartoittaa hukkalämmön muita mahdollisia hyödyntämiskohteita.

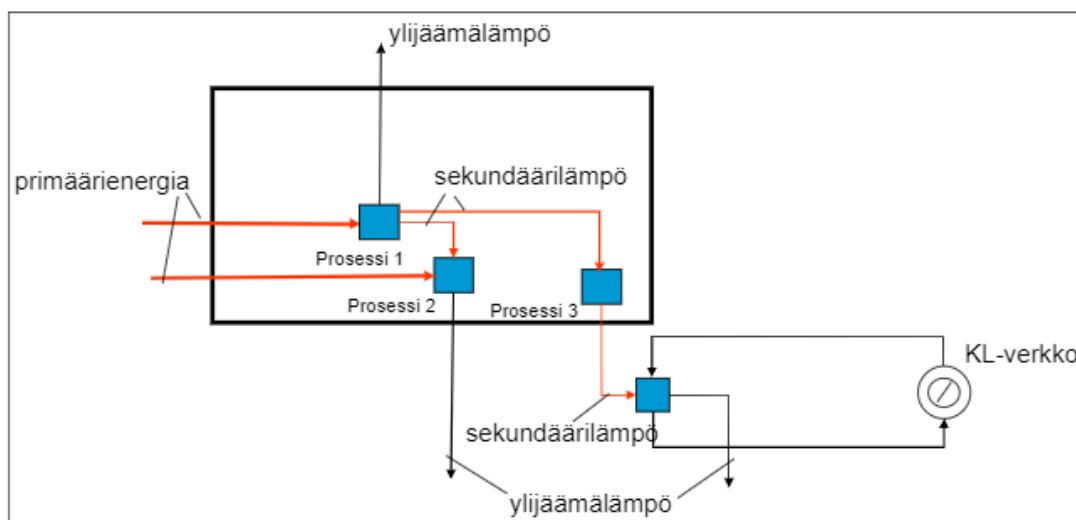
Jäähdytysvesien sisältämä lämpöenergia laskettiin haastatteluiden perusteella saatujen tietojen avulla. Toimisto-osan lämmitystehontarve ja energiankulutuksen määrän laskenta suoritettiin Cadmatic HVAC-ohjelmalla. Hukkalämmön hyödyntämiskohteita kartoitettiin kohteen omasta prosessista, kiinteistöltä ja sen ulkopuolelta.

Työssä keskitytään jäähdytyspiirien sisältämään hukkalämpöön ja sen määrään, toimisto-osan lämmitystehontarpeeseen ja hukkalämmön hyödyntämismahdollisuuksiin kiinteistön sisäisesti.

2 HUKKALÄMPÖ

”Ylijäämälämpö on lämpöenergiavirta, joka poistuu tuotantolaitoksesta, esim jäähdytysveden, erilaisten poistoilmojen, savukaasujen, jäteveden tai koneellisen jäähdytyksen lauhdelämmön mukana” (Heikkilä & Kiuru, 2014). Ylijäämälämpö tunnetaan myös hukka- ja jätelämpönä (Siitonen ym., 2010). Tässä työssä sitä kutsutaan hukkalämmöksi. Kuvassa 1. ylijäämälämmön, eli hukkalämmön määritelmä.

Suurimpina tekijöinä hukkalämmön hyödyntämiseksi on energian hinnan nousu, viranomaisvaatimukset energiatehokkuuden ja ympäristönsuojelun lainsäädännön näkökulmasta sekä laitetekniikan kehittyminen. Yritystasolla hukkalämmön hyödyntämiselle voi kuitenkin olla joitain esteitä, kuten taloudellinen kannattavuus, tekniikan puuttuminen, hyödyntämiskohteiden puute ja lainsäädännölliset sekä poliittiset esteet. (Heikkilä & Kiuru, 2014.) Yksi merkittävimmistä tavoista parantaa energiatehokkuutta teollisuudessa on hukkalämmön hyödyntäminen (Heikkilä ym., 2008).



Kuva 1. Ylijäämälämmön, eli hukkalämmön määritelmä (Siitonen, et al., 2010)

2.1 Hukkalämmön hyödyntämisen periaatteet

Teollisuudessa hukkalämpöä esiintyy erilaisissa muodoissa ja ominaisuuksissa, joten jokaista kohdetta pitääkin tarkastella yksilöllisesti. Hukkalämmön hyödyntämismahdollisuuksiin vaikuttavia tekijöitä ovat; lämpötilataso, entalpiavirran suuruus, lämpövirran väliaine ja faasi, väliaineen kemialliset ominaisuudet sekä väliaineen puhtaus. Tarkastelu yhtenä nyrkkisääntönä voidaankin pitää sitä, että yksittäisen ylijäämävirran hyödyntämistä kannattaa tutkia, jos sen entalpiavirta on yli 50 °C lämpötilassa yli 1 % kohteen huipputehosta tai yli 100 kW. (Heikkilä & Kiuru, 2014.)

Jotta hukkalämmön hyödyntämistä voitaisiin tarkastella luotettavasti, pitäisi ensin pyrkiä minimoimaan hukkalämpö, säätää prosessi mahdollisimman energiatehokkaaksi ja maksimoida sekundäärienergia. Lähtökohtana siis on, että nykyinen prosessi on säädetty mahdollisimman energiatehokkaaksi, koska jos prosessia lähdetään kehittämään tai säätämään hukkalämmön hyödyntämiskäytön jälkeen, saattaa hyödyntämiskäytön kannattavuus tai hyöty kadota, kun hukkalämpövirta pienenee, poistuu tai sen lämpötilataso putoaa. Tarkastelun peruseriaatteita ovat:

- järjestelmien toimivuus suunnitteluarvojen mukaan
- virtausten, tuotannon ja lämpötilojen muutosten huomioon ottaminen
- odottamattomien tapahtumien muutosten vaikutus
- järjestelmien toiminnan tehostaminen

Sekundäärienergialla tarkoitetaan primäärienergialla tuotettua energiaa, esimerkiksi sähköä tai lämpöä. Primäärienergialla puolestaan tarkoitetaan polttoaineita, sähköä tai höyryä, joita käytetään prosessin energianlähteinä. (Heikkilä ym., 2008.)

Yksi merkittävä tekijä hukkalämmön hyödyntämiselle on kannattavuus. Yksinkertaisesti voidaan sanoa; jos tuotettu energia on halvempaa kuin korvattu energia, on hukkalämmön hyödyntäminen kannattavaa. (Maaskola & Kataikko, 2014.) Todellisuudessa kannattavuuteen vaikuttaa järjestelmän investointikustannukset, käyttökustannukset, kunnossapito- ja huoltokustannukset, takaisinmaksuaika sekä investointituet (Tuotannon hukkalämpö hyödyksi, 2013).

Jos hukkalämmön hyödyntäminen on todettu kannattavaksi, tarkastellaan seuraavaksi sen hyödyntämiskohteita. Tutkitaan kohteen sisäiset hyödyntämismahdollisuudet, ulkopuoliset mahdollisuudet sekä lämmön muuttaminen sähköksi, edellä mainitussa järjestyksessä. (Heikkilä & Kiuru, 2014.)

2.2 Hukkalämmön hyödyntämistekniikat

Hukkalämpöä hyödyntämällä pystytään saavuttamaan jopa merkittäviä energiasäästöjä, riippuen tietysti hukkalämmön määrästä. Termodynamiikan toisen lain mukaan lämpöenergia siirtyy aina korkeammasta lämpötilasta matalampaan. Lämpövirrat prosesseissa voidaan jakaa kahteen ryhmään:

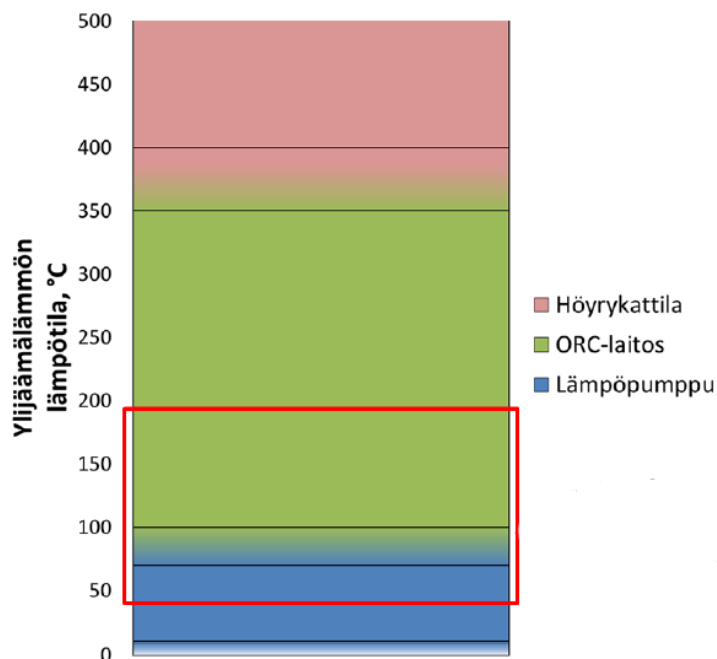
- Lämpöhäviöihin, esimerkiksi huonosti eristetyt lämpökattilat tai mekaaniset laitteet, jotka säteilevät lämpöenergiaa ympäristöön.
- Muihin lämpövirtoihin, joita ovat mm. kuumat, palamiskaasut, poistoilmavirrat ja jäädytyksessä käytettävät väliaineet.

Lämpöhäviöitä, jotka siirtyvät säteilemällä ympäristöön on vaikeampi hallita, toisin kuin lämpövirrat, jotka ovat helpompia lämmöntalteenotolle. Kuitenkin talteenotetun lämmön jatkokäsittelyn kannalta oleellista on lämmön lämpötila. Esim. korkean lämpötilan lämpövirrat voidaan suoraan hyödyntää helposti, kun taas matalammat lämpötilat voivat olla haastavampia ja vaativatkin usein lämpöpumpun, jolla lämpötila nostetaan halutulle tasolle. (Heikkilä ym., 2008.) Hukkalämpö voidaan hyödyntää joko sellaisenaan, lämpöpumppuratkaisulla, ORC-tekniikalla tai lämmöntalteenotolla (Tuotannon hukkalämpö hyödyksi, 2013).

2.3 Hukkalämmön hyödyntämistavan tunnistaminen

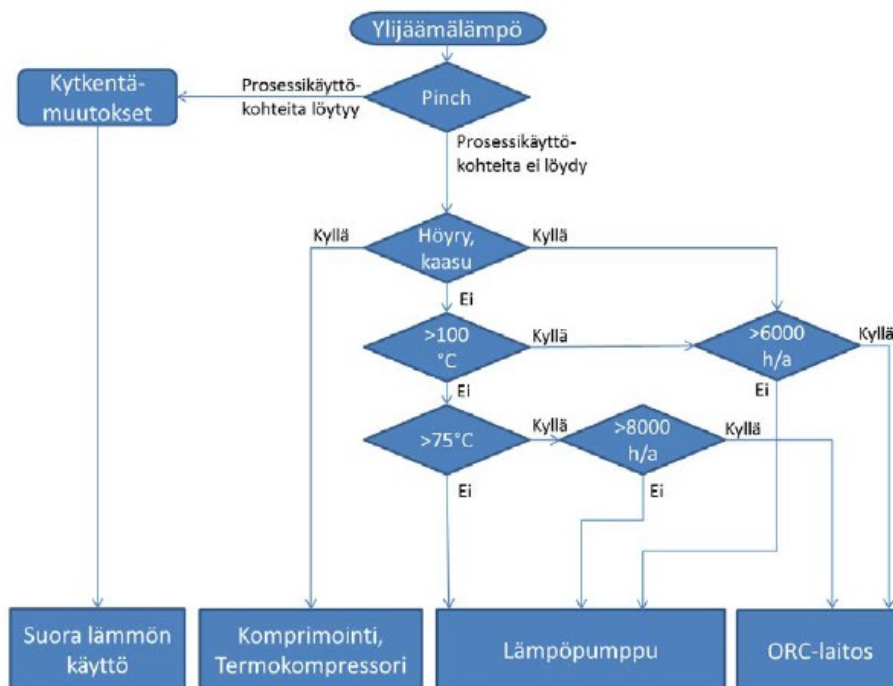
Hukkalämmön lämpötilat säätelevät melko pitkälle sitä, millä tavalla hukkalämpöä hyödynnetään, kuitenkin yksi tärkeä kriteeri on saatavilla olevan lämmön ja tarvittavan lämmöntarpeen samanaikaisuus, sillä varsinkin matalan lämpötilan varastoiminen lyhytaikaisestikin on hankalaa ja nostaa investointikustannuksia. Varastoinnin kannattavuuslaskelmat pitäisikin tehdä aina tapauskohtaisesti. (Maaskola & Kataikko, 2014.)

Kuvan 2. avulla pystytään karkeasti päättelemään mikä hyödyntämistapa sopii millekin hukkalämmön lämpötilalle. Vaikkakin lämpöpumppu- ja ORC-tekniikoita voidaan käyttää jo muutamista kilowateista ylöspäin ja käytännössä kaikilla tekniikoilla voidaan kasvattaa ylärajaa kytkemällä yksiköitä rinnan (Maaskola & Kataikko, 2014).



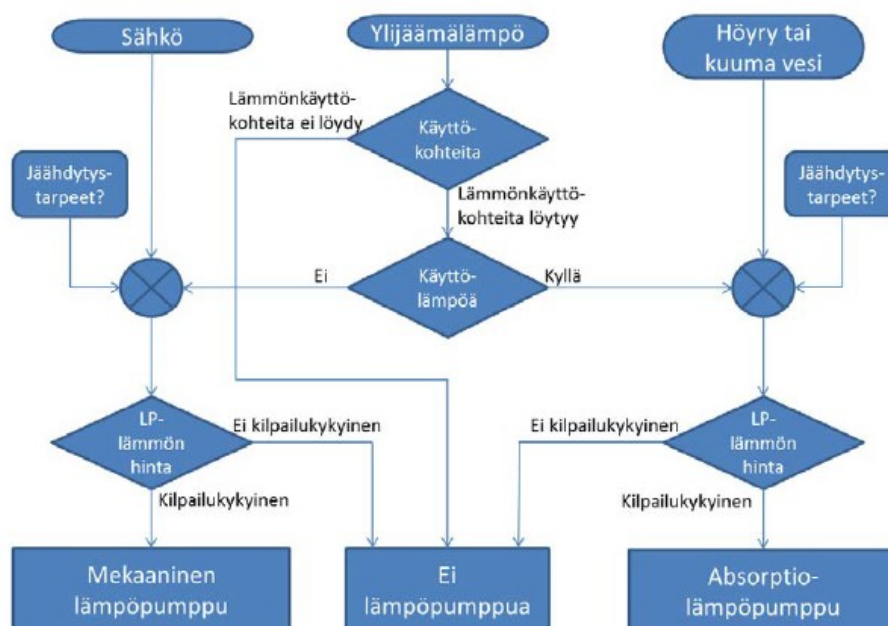
Kuva 2. Hukkalämmön hyödyntämistavat eri lämpötila-alueilla (Maaskola & Kataikko, 2014)

Kuvassa 3. on kaavio, minkä avulla voidaan tarkemmin päätellä hukkalämmön hyödyntämistekniikka. Kaavion Pinch-analyysillä kartoitetaan ensin kohteen sisäiset prosessiin liittyvät hyödyntämismahdollisuudet. Pinch-analyysillä lasketaan systemaattisella menetelmällä prosessien jäähdytys- ja lämmitystarpeet. (Maaskola & Kataikko, 2014.) Pinch-analyysin jälkeen kartoitetaan prosessin ulkopuoliset hyödyntämiskohdet.



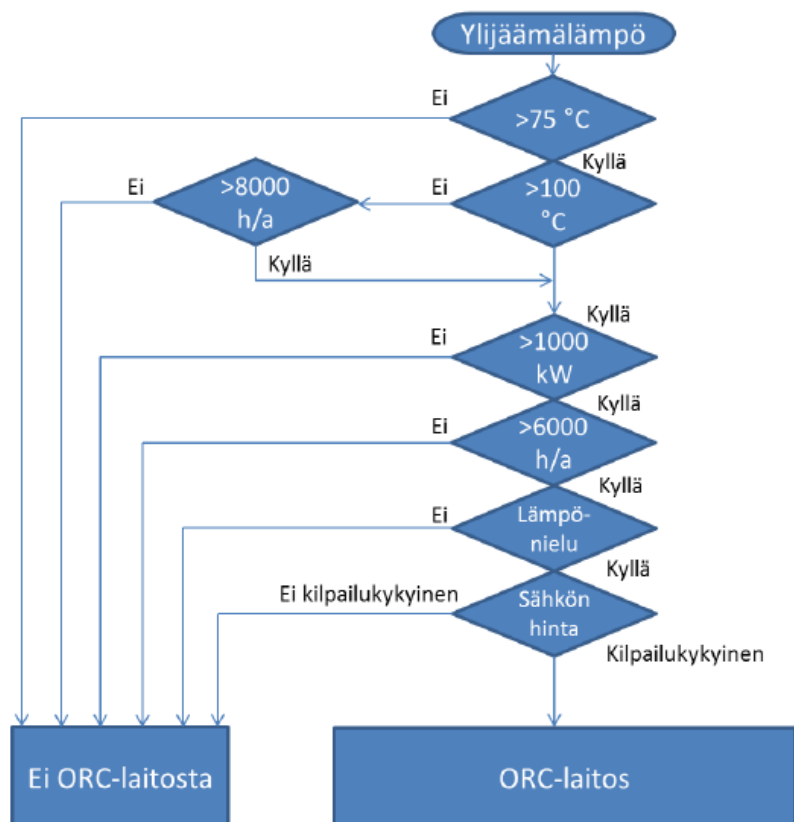
Kuva 3. Hukkalämmön hyödyntämismahdollisuuksien tunnistaminen (Maaskola & Kataikko, 2014)

Kuvan 4. kaavion avulla pystytään valitsemaan mikä lämpöpumpputekniikka soveltuu parhaiten hukkalämmön hyödyntämiseen. Kaavion käyttölämmöllä tarkoitetaan hukkalämmön suoraa hyödyntämistä, ilman lämpöpumppua.



Kuva 4. Lämpöpumpputekniikan käyttömahdollisuuksien tunnistaminen (Maaskola & Kataikko, 2014)

Kuvan 5. perusteella pystytään päättämään ORC-tekniikan soveltuvuutta hukkalämmön hyödyntämiseksi. ORC-tekniikassa kiertoaineena käytetään veden sijasta orgaanista ainetta.



Kuva 5. ORC-laitoksen käyttömahdollisuuksien tunnistaminen (Maaskola & Kataikko, 2014)

2.4 Hukkalämmön hyödyntämiskohteet

Koska hukkalämmöllä pyritään ensisijaisesti korvaamaan primäärienergian käyttöä, lähdetään ensin kartoittamaan sisäisiä hyödyntämiskohteita. Sisäisissä hyödyntämiskohteissa ensisijaisesti kartoitetaan hukkalämmön käyttö sekundäärienergiana prosessissa tai muualla omassa tuotannossa. Toissijaisesti kartoitetaan kiinteistön lämmitystarpeet ja jäähdytystarpeet. Vasta sisäisten kohteiden kartoituksen jälkeen kartoitetaan ulkopuoliset kohteet, kuten lämmönmyynti energiayhtiölle tai lähialueen yrityksille. Tai vaihtoehtoisesti voidaan kartoittaa hukkalämmön muuttaminen sähköksi esimerkiksi ORC-tekniikalla. (Heikkilä & Kiuru, 2014.)

3 VERTIC ZINC WIRE OY

Vertic Zinc Wire Oy on suomalainen perheyritys. Yritys sijaitsee Porin Ulasoorissa ja se on perustettu vuonna 1994. Yritys työllistää 15 työntekijää, joista 10 on tuotanto-työntekijöitä ja 5 toimihenkilöä. Yrityksen liikevaihto oli vuonna 2018 15,3 M€. (Lintusalo, puhelinhaastattelu 2020.)

3.1 Tuotanto

Yritys valmistaa ensiluokkaisia sinkkituotteita elektroniikka- ja metalliteollisuuden tarpeisiin. Pystyvaluna toimivan prosessin kehitti yrityksen perustaja, Timo Lohikoski. Prosessissa käytetty sinkki tulee Boliden Kokkolan sinkkitehtaalta, käytetty sinkki on puhtausasteeltaan 99,995%:sta (Vertic Zinc Wire Oy www-sivut, 2020). Pääasiassa yrityksen koko tuotanto menee ulkomaan vientiin, jonka pääkohteita ovat Yhdysvallat ja Eurooppa mutta tuotantoa menee myös Kaukoitään. Sinkkilangan tuotantoa on n. 5000-6000 tonnia vuodessa. (Lintusalo, puhelinhaastattelu 2020.)

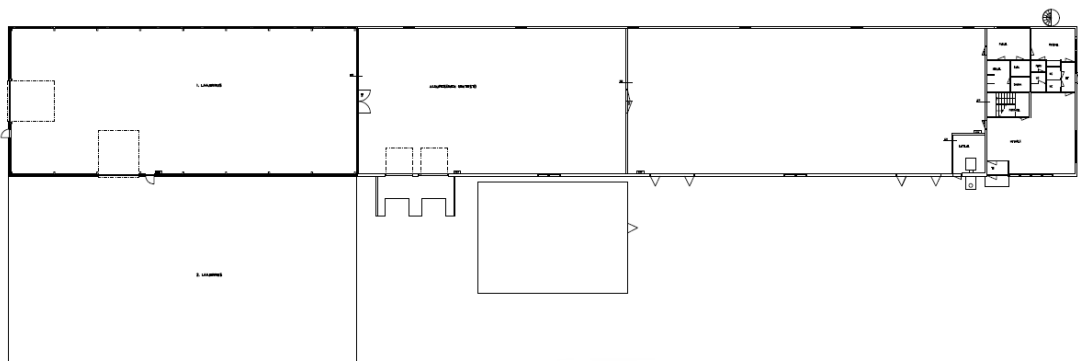
3.2 Kiinteistö

Kiinteistö sijaitsee Porin Ulasoorissa. Se on rakennettu 1989 ja sitä on laajennettu kahden kertaan, vuonna 2004 ja 2015. Kiinteistön alkuperäinen osa on puurunkoinen ja ensimmäinen laajennusosa on metallirunkoinen ja profiilipeltipintainen. Molemmat ovat oman aikakautensa perinteisiä teollisuushallirakennuksia, kun taas 2015 tehty laajennus on tehty betonielementeistä. Kiinteistöön kuuluu n. 2400 m² tuotannon hallitilaa ja n. 300 m²:n toimisto-osa, joka on kahdessa kerroksessa.

Halliosassa ei ole tarvetta lämmitykselle tuotannossa syntyvän lämmön vuoksi. Toimisto-osa on alun perin lämmitetty öljyllä, mutta viimeisen 10 vuoden aikana lämmitys on tapahtunut öljykattilan sähkövastuksilla, joiden teho on 22,8 kW. (Lintusalo, puhelinhaastattelu 2020.)

Kiinteistössä on yksi vesimittari, mikä mittaa koko kiinteistön vedenkulutuksen sekä yksi sähkömittari, mikä niin ikään mittaa koko kiinteistön sähkön kulutuksen.

Kuvasta 6. nähdään, että toimisto-osa sijaitsee kiinteistön toisessa päässä ja pannuhuone toimiston vieressä. Seuraavat kaksi osaa ovat alkuperäistä hallia ja viimeinen osa on ensimmäinen laajennus. Laajennuksen alapuolella nähdään toinen, betonielementeistä rakennettu laajennusosa. Lastauslaiturit sijaitsevat kuvan keskiosassa alkuperäisen hallin toisessa päässä, laajennusosien vieressä.



Kuva 6. Kiinteistön pohjapiirros

3.2.1 Alkuperäinen lämmitysjärjestelmä

Toimisto-osan lämmitys oli alun perin toteutettu pannuhuoneeseen sijoitetulla öljykattilalla. Kattila ja öljypoltin ovat alkuperäiset, vuodelta 1989. Vesikiertoisen lämmitysjärjestelmän lämmönsiirto on toteutettu kaksiputkisena teräsputkiverkostona, ja lämmönjako tapahtuu termostaattisilla patteriventtiileillä varustetuilla radiaattoreilla. Patteriverkoston meno- ja paluueden mitoituslämpötilat olivat 70 / 40 °C.

Öljykattilan tekninen käyttöikä on jo nyt keskimääräisen käyttöiän loppupuolella. Öljypolttimen osalta käyttöikä on ylittynyt jo kaksinkertaisesti. Vaikka polttimen vaihto olisi tapahtunut keskimääräisen käyttöiän puitteissa, olisi sen tekninen käyttöikä tullut jo vastaan. Teräsputkisto ja radiaattorit ovat päällisin puolin tarkasteltuna hyvässä kunnossa ja näin ollen vielä hyödynnettävissä. Alkuperäisten patteriventtiilien venttiilirungon ja termostaattiosien tekninen käyttöikä on ylittynyt jo kaksinkertaisesti. Muut järjestelmään liittyvät pumput ja venttiilit ovat niin ikään teknisen käyttöikänsä päässä ja pitäisikin uusia. Taulukosta 1. nähdään kiinteistöön liittyvien lämmitysjärjestelmän osien keskimääräiset käyttöiät. Pääsääntöisesti kaikki lämmitysjärjestelmän osat ovat 31 vuotta vanhoja

Taulukko 1. Kiinteistön tekniset käyttöiät (RT 18-10922, 2008)

Lämmitysjärjestelmän osa	Tarkempi määrittely	Keskimääräinen tekninen käyttöikä [a]
Öljykattila	Kevytöljy	30-40
Öljypoltin		15
Teräsputket	Sisätiloissa	J/R
Radiaattorit		J/R
Patteriventtiilit	Venttiilirunko	15-20
	Termostaattiosa	15-20
Pumput		20-25
Venttiilit		20-25

J/R = järjestelmän/rakennuksen käyttöikä

3.2.2 Hallin ilmanvaihto

Tuotantotilojen puolella ei ole erillistä ilmanvaihtojärjestelmää. Hallissa ilmanvaihto on järjestetty painovoimaisena ilmanvaihtona. Ilmanvaihto hoidetaan tuulettamalla tarpeen mukaan, ovia ja ikkunoita auki pitäen.

3.2.3 Kiinteistöllä sijaitsevat porakaivot

Kiinteistön tontille oli aiemmin porattu kaksi porakaivoa prosessin jäähdytyksen tarpeisiin. Alun perin kyseisten porakaivojen takia opinnäytetyössä olikin tarkoitus tutkia lämmitysjärjestelmän uusimista maalämpöpumppuun. Vertailla sitä muihin lämmitysmuotoihin, niiden kustannuksiin ja takaisinmaksuaikoihin. Kaivojen tiedot olivat kuitenkin puutteelliset.

Suomen porakaivourakoitsijat ry:n toiminnanjohtaja Rajalan (2020) mukaan olemassa olevan porakaivon käyttäminen lämpökaivona saattaa aiheuttaa paljonkin haasteita. Haasteita ovat luvanvaraisuus; onko porakaivoille lupa energiakaivo-käyttöön ja kaivon käyttökelpoisuuden tutkiminen. Jos kaivo todetaan käyttökelpoiseksi, pitäisi vielä löytää urakoitsija, joka luottaa toisen tekemään kaivoon ja sen tutkimustuloksiin antaen työlleen ja laitteilleen asianmukaiset takuut (Rajala, puhelinhaastattelu 2020.) Kaivonporaus Harri Peltomaa Oy:n H. Peltomaa kuvaili myös, että toisen tekemä

kaivo pitäisi tutkia kunnolla ja silti sen käyttöönotossa on omat riskinsä, eikä urakoitsija mielellään käyttäisi olemassa olevaa kaivoa (Peltomaa, puhelinhaastattelu 2020).

4 PROSESSI JA JÄÄHDYTYSPIIRIT

4.1 Prosessi

Prosessissa, johon tutkittavat jäähdytyspiirit kuuluvat, valmistetaan sinkkiharkoista sinkkilankaa. Sinkkilankaa valmistetaan eri paksuuksia, asiakkaan vaatimusten mukaan. Pääpiirteittäin prosessin kulku on seuraavanlainen; sinkkiharkot sulatetaan sähkötoimisissa sulatusuuneissa. Sulatusuuneista sinkki vedetään lankamuotoon valukoneella ja tässä yhteydessä sinkkilankoja jäähdytetään. Valukoneella voidaan valmistaa useampaa sinkkilankaa samanaikaisesti. Prosessiin kuuluu yhteensä kolme vastaanlaista valulinjaa, joista pääosin kaksi on käytössä. Kolmas valulinja on varalla, rikkontumisten tai tuotannon lisäystä varten. Prosessin viikoittainen käyttöaika vaihtelee tuotannon mukaan. Pääasiassa prosessi käynnistetään maanantaiaamuna kello 7.00 ja sammutetaan perjantai-ilta kello 15.00 ja lauantai-ilta kello 23.00 välissä. Prosessissa syntyvästä lämmöstä osa siirtyy hallin ilmaan säteilemällä. Koska hallissa ei ole koneellista ilmanvaihtojärjestelmää, ilman sisältämä lämpöenergia on niin sanottua hallitsematonta lämpöenergiaa. Tätä hallitsematonta lämpöenergiaa on vaikea hallita ja hyödyntää.

4.2 Jäähdytyspiirit

Valukoneiden jäähdytys tapahtuu erillisillä, suljetuilla vesikiertoilla, joista lämpö siirtyy lämmönsiirtimien kautta lauhduttimien vesi-klygolikiertoon, ja sitä kautta suoraan ulkoilmaan. Jäähdytyspiirien menoveden lämpötila on n. 15 °C ja paluueden lämpötila n. 30 °C. Kaikkien jäähdytyspiirien yhteisvirtaama vaihtelee tuotannon mukaan, välillä 100 - 300 l/min. (Lintusalo, puhelinhaastattelu 2020.)

4.3 Laskelmat

Jäähdytysvesien sisältämä lämpömäärä voidaan laskea yhtälöllä 1.

$$\Phi = q_m c_p \Delta T \quad (1)$$

missä Φ = Lämpövirta [W]

q_m = Massavirta [kg/s]

c_p = Ominaislämpökapasiteetti [J/kg°C], (vesi 4,19 kJ/kg°C)

ΔT = Lämpötilan muutos [°C]

Laskelmissa otettiin huomioon jäähdytyspiirien virtaaman vaihtelu. Vaihtelu on tuotannosta riippuen 100 – 300 l/min. Olettaen, että kaksi valukonetta ja jäähdytyspiiriä on käytössä, on virtaama yhdessä jäähdytyspiirissä 50 – 150 l/min. Laskennassa käytettiin virtaamana 50, 100, 150, 200 ja 300 l/min. Tuotannon vaihteluista johtuen, jäähdytyspiirien yhteislämpömäärän vaihteluväli on melko suuri, 105 – 314 kW. Ja yhden jäähdytyspiirin lämpömäärä 52 – 157 kW. Jäähdytysvesien lämpövirran laskennan tulokset taulukossa 2.

Esimerkiksi virtaaman ollessa 100 l/min.

$$100 \text{ l/min} \approx 1,67 \text{ l/s} \approx 1,67 \text{ kg/s}$$

$$\Phi = 1,67 \text{ kg/s} * 4,19 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} * (30 - 15) ^\circ\text{C}$$

$$\Phi \approx 105 \text{ kJ/s} \rightarrow 105 \text{ kW}$$

Taulukko 2. Jäähdytysvesien lämpövirta

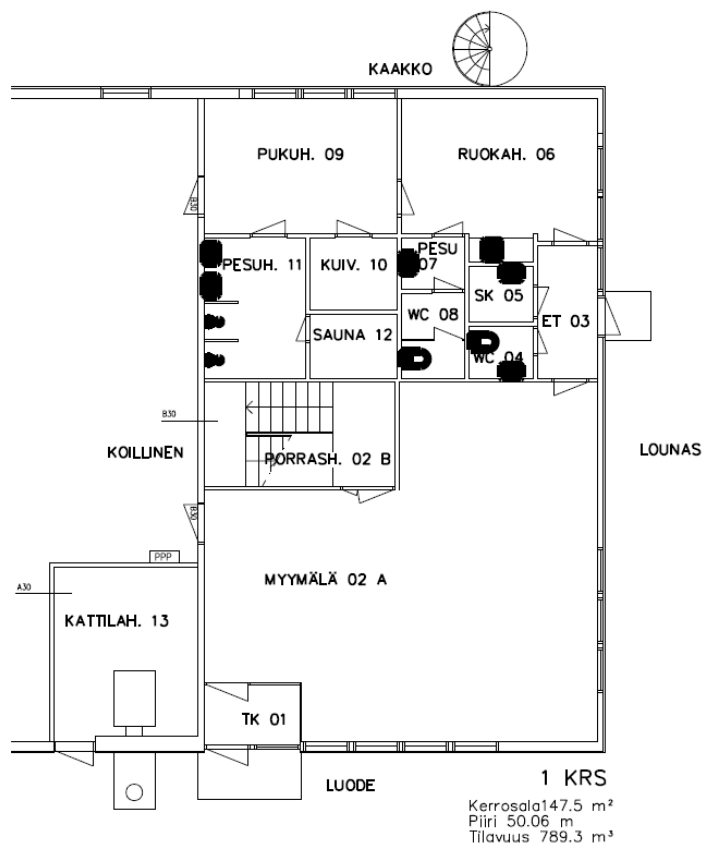
Jäähdytysvesien virtaama [l/min]	Jäähdytysvesien virtaama [l/s]	Jäähdytysvesien massavirta [kg/s]	Lämpövirta [kW]
50	0,83	0,83	52
100	1,67	1,67	105
150	2,50	2,50	157
200	3,33	3,33	210
300	5,00	5,00	314

5 HUKKALÄMMÖN HYÖDYNTÄMISKOHTEET

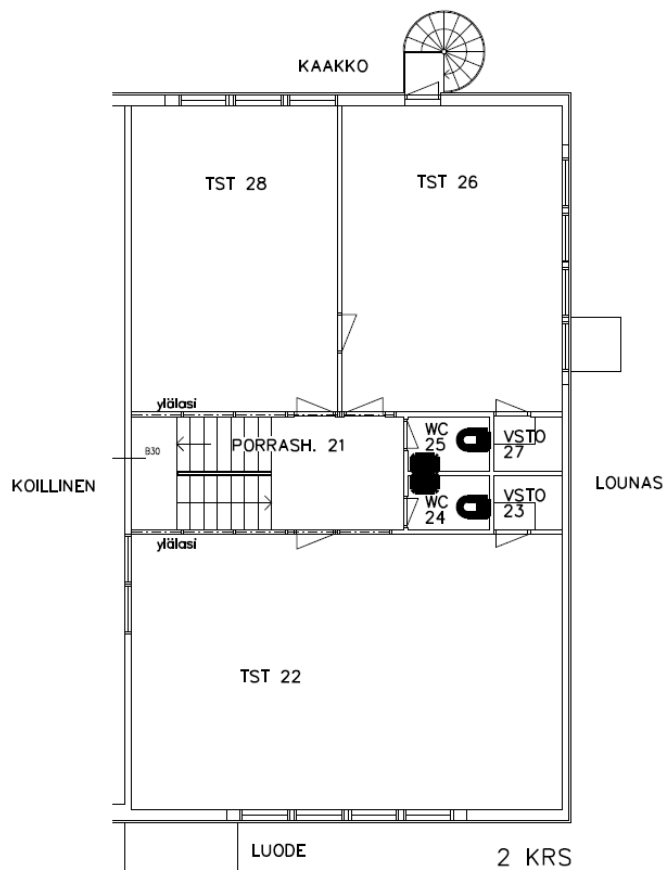
5.1 Toimisto-osan lämmitys

Toimiston alkuperäinen lämmitys on toteutettu öljylämmityksenä, mutta viimeisen 10 vuoden aikana öljyä ei ole käytetty. Sen sijaan lämmitys on tapahtunut kattilan sähkövastuksilla. Lähtökohtana työlle oli selvittää toimiston lämmityksen mahdollistaminen prosessin hukkalämmön avulla. Toimisto-osan tilojen lämmityksen tehontarve on 10,9kW.

Toimisto-osan alakerrassa sijaitsevat työntekijöiden sosiaalilat, sekä suurempi aula, joka oli alkuperäisissä kuvissa nimetty myymäläksi. Kattilahuone sijaitsee toimiston vieressä. Toimistohuoneet on sijoitettu toiseen kerrokseen. Toimiston pohjapiirustukset kuvissa 7. ja 8.



Kuva 7. Toimisto-osa 1. kerros



Kuva 8. Toimisto-osa 2. kerros

5.1.1 Tehontarpeen ja energiankulutuksen laskentatapa

Toimisto-osan tehontarpeen ja energiankulutuksen laskenta toteutettiin Cadmatic HVAC-ohjelman Energiankulutus 2018 osiolla. Ohjelmassa energiankulutus lasketaan Suomen Rakennusmääräyskokoelman ohjeen Energiatehokkuus-Rakennuksen energiankulutus mukaisella kuukausitason laskentamenetelmällä. Laskennassa käytetään Ympäristöministeriön asetuksen mukaisia säätietoja uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017 liitteen 1 säätietoja. Laskentaa voidaan käyttää lämmityksen energiantarpeen, ostoenergiankulutuksen, kokonaisenergiankulutuksen ja lämmitystehon laskentaan. Laskenta voidaan suorittaa käyttöluokkien 1 ja 9 jäähdyttämättömissä uudisrakennuksissa. Sekä kaikissa olemassa olevissa rakennuksissa.

5.1.2 Toimisto-osan lähtöarvot

Alkuperäisistä rakennuspiirustuksista ei selvinnyt rakenteiden U-arvoja, rakennusosien rakenteita eikä niiden materiaaleja. Rakenteiden tarkempi tarkastelu ei myöskään onnistunut paikan päällä. Näin ollen rakennusosien rakenteet jouduttiin arvioimaan seinien paksuuden, silmämääräisen tarkastelun ja rakennuksen rakentamisen aikaisten rakennustapojen sekä sen aikaisten rakennusmääräysten mukaan. Tuotantohallin lämpötila on tuotannon ollessa käynnissä lähellä, ellei jopa korkeampi kuin toimisto-osan huonelämpötilat, joten sitä kautta lämpöhäviöitä hallin vastaisen väliseinän kautta ei oletettu olevan. Seinien lämmönjohtavuudet laskettiin Cadmatic HVAC U-arvon laskennalla. Taulukosta 3. selviää seinien rakenteet, rakenteiden paksuudet ja U-arvot, sekä tuntemattomien rakenneosien U-arvot.

Laskennassa käytetyt kylmäsiltojen aiheuttamat johtumislämpöhäviökertoimet selviävät taulukosta 4. Toimisto-osan runkomateriaalina seinissä, väli- ja yläpohjassa on puu ja alapohja on betonia. Joten lämpöhäviöinä on käytetty ensimmäisen sarakkeen lisäkonduktansseja. Tosin tuulikaapin osalta, minkä rakenne on metallista, lämpöhäviöinä käytettiin jälkimmäisen sarakkeen lisäkonduktansseja rakenteille, joille ei ole annettu erillisiä arvoja.

Taulukko 3. Rakennusosat ja U-arvot

Rakennusosa	U-arvo [W/m ² K]
Ulkoseinä (lounas)	0,48
Kipsilevy 13 mm	
Ilma/höyrynsulku	
Runko + mineraalivilla 100 mm	
Tuulensuojalevy 12 mm	
Tuuletusväli + koolaus 25 mm	
Profiilipelti	
Rakennepaksuus 150 mm	
Ulkoseinät (kaakko ja luode)	0,28
Kipsilevy 13 mm	
Ilma/höyrynsulku	
Runko + mineraalivilla 185 mm	
Tuulensuojalevy 12 mm	
Tuuletusväli + koolaus 25 mm	
Profiilipelti	
Rakennepaksuus 235 mm	
Väliseinä (hallia vasten)	0,39
Kipsilevy 13 mm	
Runko + mineraalivilla 125 mm	
Kipsilevy 13 mm	
Rakennepaksuus 151 mm	
Alapohja	0,36*
Yläpohja	0,22*
Ikkunat	2,1*
Ulko-ovi (myymälä)	3,1*
Ulko-ovet (muut)	1,4*

* (Suomen RakMK C3, 1985)

Taulukko 4. Lisäkonduktanssit (Suomen RakMK Energiatehokkuus, 2018)

Kylmäsillat	Runkomateriaali	Lisäkonduktanssi Ψ_k , W/mK	Lisäkonduktanssi Ψ_k , W/mK (liitoksille, joille ei ole annettu erillistä arvoa)
Ulkoseinä-ulkoseinä (ulkonurkka)	Puu	0,04	0,1
Ulkoseinä-ulkoseinä (sisänurkka)	Puu	-0,04	-0,1
Ulkoseinä-yläpohja	Puu-puu	0,05	0,3
Ulkoseinä-välipohja	Puu-puu	0,05	0,2
Ulkoseinä-alapohja	Puu-betoni	0,1	0,5
Ulkoseinä-ikkunat ja ovet	Puu	0,04	0,2

5.1.3 Tilojen lämmitystehontarve

Lämmitysjärjestelmän lämpötehon tarpeen laskennassa otetaan huomioon tilojen johdumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi, vuotoilman lämpenemisen lämpötehon tarve, tuloilman lämmittämiseen huoneilmassa tarvittava teho ja korvausilman lämmittämiseen tarvittava teho. Laskennassa ilmanvuotolukuna q_{50} käytettiin arvoa $4,0 \text{ m}^3/\text{h m}^2$ ja kertoimena käytettiin arvoa 24, mikä on tarkoitettu kaksikerroksisille rakennuksille (Suomen RakMK Energiatehokkuus, 2018). Lämpöhäviölaskelmissa käytettiin Cadmatic HVAC ohjelmaa. Taulukossa 5. on esitetty toimiston lämpöhäviöraportti. Raportista selviää tilojen pinta-alat, tilavuudet, lämpöhäviöt pinta-alaa ja tilavuutta kohden, tilan lämpöhäviö ja kerros missä tila sijaitsee.

Taulukko 5. Toimisto-osan lämpöhäviöraportti

LÄMPÖHÄVIÖRAPORTTI						
TILA	m ²	m ³	W/m ²	W/m ³	W	Kerros
Porrash 21	15	37,5	12,7	5,1	190	2
VSTO 23	2	4,5	56	24,9	112	2
WC 24	2	5,5	13,5	4,9	27	2
WC 25	2	5,5	13,5	4,9	27	2
VSTO 27	2	4,5	56	24,9	112	2
TST 28	31	77	33,2	13,4	1028	2
TST 26	33	82	52	20,9	1715	2
TST 2	57,5	144	37,4	15	2153	2
Porrash 02 B	11,5	29	7,2	2,9	83	1
WC 08	3	8	8	3	24	1
Kuiv 10	3,5	9	8	3,1	28	1
Sauna 12	3,5	8	7,1	3,1	25	1
Pukuh 09	15	38	60,4	23,8	906	1
Ruokah 06	17	42	58	23,5	986	1
Et 03	4,5	11,5	122	47,7	549	1
SK 05	2	5	8	3,2	16	1
WC 04	2	5	7,5	3	15	1
Myymäla 02 A	67	167	40,4	16,2	2709	1
TK 01	3,5	8,5	224	92,2	784	1
Pesu 07	2	5	7,5	3	15	1
Pesuh 11	8,5	21	7,5	3	64	1
YHTEENSÄ	287,5	717,5	40,2	16,1	11568	

5.1.4 Lämmin käyttövesi

Lämpimän käyttöveden vaatiman tehontarpeen laskennassa tarvittavia tietoja ei rakennuksesta ollut saatavilla, joten tehontarve laskennassa käytettiin apuna rakennustyyppikohtaisia arvoja. Kylmän ja lämpimän veden lämpötiloina käytettiin seuraavia arvoja, kylmä vesi 5 °C ja lämmin vesi 55 °C. Lämpimän käyttöveden asetusarvot löytyvät liitteestä 4. Laskennan tuloksena saatiin lämpimän käyttöveden lämmitysjärjestelmän tehoksi 71,7 kW.

Käyttövesi	
Lämpimälle käyttövedelle on kiertojohto, johon ei ole liitetty lämmönluovuttimia.	
Mitoitusvirtaama (dm ³ /s)	0.34
Lämpimän ja kylmän veden lämpötilaero (°C)	50
Käyttöveden lämmitysjärjestelmän teho (kW)	71.7
Käyttöveden lämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa	0.88

Kuva 9. Kuvakaappaus Cadmatic HVAC-ohjelman energiaselvityksen lämpimän käyttöveden tehontarpeesta

5.1.5 Ilmanvaihto

Kiinteistöön oli asennettu ilmanvaihtokone ja -järjestelmä 2000-luvun alussa. IV-kone on varustettu lämmöntalteenotolla. Kone palvelee ainoastaan toimisto-osan yläkerran tiloja. Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteena laskennassa käytettiin 30 prosenttia (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen enrgiatodistuksesta 1048/2017, 2017). Tilojen ilmamäärät laskettiin vuonna 2000 olleiden määräysten mukaisesti. Ilmanvaihtokoneen tulo- ja poistoilmavirtoina käytettiin laskennassa saatua suurempaa arvoa, 50 dm³/s. Taulukossa 6. 2. kerroksen tilojen ilmamäärät. Ilmanvaihtokoneen asetukset ja arvot löytyvät liitteestä 5.

Taulukko 6. 2. kerroksen ilmamäärät (Suomen RakMK D2, 1987)

TILA	PINTA-ALA	ULKOILMA-VIRTA (dm ² /s)/hlö	POISTOILMA-VIRTA (dm ² /s)/m ² tai paikka	ILMAVIRTA dm ² /s
TST 22	57,5 m ²	10		30
TST26	33 m ²	10		10
TST 28	31 m ²	10		10
WC 24	2 m ²		20	20
WC 25	2 m ²		20	20
VSTO 23	2 m ²		0,35	1
VSTO 27	2 m ²		0,35	1
		ULKOILMA-VIRTA dm ² /s	POISTOILMA-VIRTA dm ² /s	
YHTEENSÄ		50	41	

5.1.6 Jäähdytys

Toimisto-osan pääty on suoraan lounaaseen eikä sen edessä ole varjostavia kohteita, joten aurinko pääsee paistamaan suoraan lounaaseen kohti olevia ikkunoita, ja näin ollen lämmittämään tiloja. Toimistoissa oli ilmalämpöpumput, jotka uusittiin tätä opinnäytetyötä tehdessä. Ilmalämpöpumput olivat kesäajan viilennystä varten, joten kohteen jäähdytyksen tarvetta ei otettu huomioon.



Kuva 10. Toimiston pääty ja ilmalämpöpumppujen ulkoyksiköt

5.1.7 Toimisto-osan lämmitysteho

Toimisto-osan lämmitystehon tarve muodostuu pääasiassa rakenteiden johtumislämpöhäviöistä, ilmanvaihdosta ja ilmavuodoista. Tehontarve lasketaan paikkakunnan mittottavan ulkoilman lämpötilan mukaan. Kuvassa 11. on lueteltuna toimisto-osan lämpimän käyttöveden, johtumislämpöhäviöiden, vuotoilman ja tuloilman tarvitsemat lämpötehot.

RAKENNUKSEN LÄMMITYSTEHO

Käyttöveden lämmitysjärjestelmä:

Lämpimälle käyttövedelle on kiertojohto, johon ei ole liitetty lämmönluovuttimia.

Lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama:	0.34 dm³/s
Käyttöveden lämpimän ja kylmän veden lämpötilaero:	50 °C
Käyttöveden lämmitysjärjestelmän teho:	71.7 kW
Käyttöveden lämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa:	0.88
Johtuminen:	9443 W
Vuotoilma:	1249 W
Tuloilma:	180 W
Korvausilma:	0 W
Tilojen lämmitysjärjestelmän tehon tarve:	10.9 kW
Ilmanvaihto:	1380 W
Rakennuksen lämmitystehon tarve:	95.1 kW

Kuva 11. Kuvakaappaus Cadmatic HVAC energiaselvityksestä

5.1.8 Toimisto-osan lämmitysjärjestelmän energiankulutus

Tehtaanjohtaja M. Lintusalon mukaan yrityksen sähkönkulutus on n. 3 GWh vuodessa, joten toimisto-osan lämmityksen energiankulutus on marginaalinen koko kiinteistön energiankulutukseen nähden (Lintusalo, puhelinhaastattelu 2020). Kuitenkin yritys halusi saada mahdollisimman suuren määrän ylijäämälämmöstä hyötykäyttöön ja näin ollen parantaa energiatehokkuutta ja vastuullisuutta sekä pienentää hiilijalanjälkeä (Lohikoski, haastattelu 2020).

Energiankulutuksen laskenta tapahtuu Cadmatic HVAC Energialaskenta 2018:ssa Suomen Rakentamismääräyskokoelman Energiatehokkuus – Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskentaohjeen mukaan. Laskennassa käytetään lähtötietoina rakennuksen lähtötietoja, käyttötietoja sekä Energiatehokkuus – Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskentaohjeen ohjearvoja. Toimisto-osan energiankulutukseksi saatiin 47 611 kWh/a.

5.2 Piha-alueiden sulanapito

Lastauslaiturin ajoluiska on talvella liukas ja näin ollen painavat kuorma-autot eivät aina pääse nousemaan luiskalta ilman apua. Yhtenä vaihtoehtona ylijäämälämmön hyödyntämistä tutkittiin luiskan sulana pitämistä talvella

5.2.1 Sulanapidon tehontarve

Ajoluiskan mitat ovat; leveys 9 m ja pituus noin 25 m. Lämmitettäväksi alaksi muodostuu näin ollen 225 m². “Lumen sulatukseen tarvittava lämmitysteho on noin 300 W/m², mikä riittää sulattamaan 30 mm/h uutta lunta ja pitämään tien pinnan sulana -13 °C:n ulkolämpötilaan saakka”. Jotta kadun pintalämpötila pysyy suunnitellussa +3 °C:ssa, on glykoli/vesiseoksen menolämpötilan oltava +35 °C, max 39 °C. (Lindroos, 2000.) Tarvittava lämmitysteho ajoluiskan sulanapitoon on siis 67,5kW.



Kuva 12. Lastauslaituri ja ajoluiska

5.3 Lämpökontti

Lämpökonttissa esilämmitetään sinkkijohtimia jatkokäsittelyä varten. Lämpökontti on tehty tavallisesta merikontista. Kontin lämmitys tapahtuu sähkövastuksilla, jotka ovat

teholtaan n.100 kW, lämpökontin lämpötila on n. 100 °C. Vastukset on sijoitettu kontin yläpuolella kulkevaan ilmanvaihtokanavistoon. Kontin ilmanvaihtopiiri on suljettu verkosto mihin kuuluu kanavisto, puhallin ja lämpövastukset. Lämpökontin käyttö tuotannon aikana on kokoaikaista. (Lintusalo, puhelinhaastattelu 2020.) Koska lämpökontin lämpötila on n. 100 °C, ei lämpöpumpuilla pystytä nostamaan nesteen lämpötilaa tarvittavan korkeaksi. Pelkästään lämpökontin vuoksi lämpötilan nosto ei ole kannattavaa. Myös lämpökontin esilämmityskään ei ole järkevää, sillä kanavistossa virtaaman ilman lämpötila ei laske missään vaiheessa niin alas, että esilämmitys kannattaisi.

5.4 Lämmön siirto kiinteistön ulkopuolelle

Kiinteistön lähistöllä sijaitsee Puutarhakeskus Syrjälä. Puutarhakeskus sijaitsee noin 150 metrin etäisyydellä. Sekä hieman kauempana sijaitsevan Agrifutura Oy:n tomaattiviljelmien kasvihuoneet, joiden etäisyys Vertic Zinc Wire:n kiinteistöstä on noin 500 metriä. Alueella sijaitsee myös muita yrityksiä, joiden lämmöntarvetta voisi kartoittaa.

Lämmönsiirto kiinteistön ulkopuolelle matalalämpöisenä ei kuitenkaan ole välttämättä kannattavaa. Sillä mitä pidemmälle lämpöä siirretään, sitä suuremmiksi nousevat häviöt ja lämpöä saadaan vähemmän hyödyksi. Samalla nousevat käyttö- ja investointikustannukset.

6 TOIMISTO-OSAN LÄMMITYKSEN RATKAISUVAIHTOEHDOT

Toimisto-osan lämmitykseen hukkalämmöllä saatiin ratkaisuvaihtoehdot kahdelta eri yritykseltä. Molempien yritysten mielestä kannattavaa olisi hyödyntää ainoastaan toimisto-osan vaatima lämpöteho. Yritykset, joilta ehdotukset saatiin, olivat Finess Energy Oy ja Calefa Oy. Kolmantena vaihtoehtona vertailuun saatiin Talotekniikka Rauhanen Oy:ltä Nibe:n maalämpöpumppu.

6.1 Finess Energy Oy

Finess Energy Oy on suomalainen energiategokkuuden ja energiataratkaisujen asiantuntija. Yrityksen palveluita ovat kartoitukset, tehostamistomenpiteet, laiteratkaisut ja seuranta. Yritys on perustettu 2011. (Finess Energy Oy www-sivut, 2020.)

Finess Energy Oy:n tarjoaman monitoimilämpöpumpun mitoitus on suunnittelu toimitusosan lämmitystehtöjen mukaan. Lämpöpumppu toimii automaattisesti. Kesällä, kun ei ole lämmitystarvetta lämpöpumppu jähdyttää prosessia ja siirtää lämpöä ulos, talvella lämmityskaudella lämpöpumppu siirtää lämpöä lämmitykseen tarpeen mukaan ja loput lämmöt ulos, eli prosessin jähdytystarve tulee täytettyä. Kun jähdytyspiireistä ei ole lämpöä saatavilla, lämpöpumppu ottaa lämpöä ulkoilmasta. Lämpöpumppu toimii talvella ulkoilman ollessa jopa $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tuotannon aikana lämpöpumppu toimii ulkoilmasta riippumatta. Lämpöpumpun teho on noin 20 – 30 kW ja sen max jähdytysteho on 80 - 100 kW ja lämmitysteho 80 – 110 kW. Kone sijoitetaan ulos, joko katolle tai seinän viereen. Laitteen mitat ovat pituus 2,9 m, leveys 1,2 m ja korkeus 1,9 m. Painoa laitteella on 1300 kg. Lisäksi valmistaja suosittelee asennettavaksi lämmitys- ja jähdytyspuolille noin $0,5\text{ m}^3$ puskurivaraajia. Monitoimilämpöpumpun esite liitteessä 6. Esitteen tiedoista poiketen lämmitys kytkettäisiin käyttöveden liittimiin, jolloin koneesta saadaan ulos $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ lämpöistä vettä. Jähdytysveden lämpötilat ovat esitteessä $7 / 12\text{ }^{\circ}\text{C}$, mutta haluttu lämpötila asetetaan koneen asetusarvoihin, jolloin kone automaattisesti hakee pyydettyjä lämpötiloja, jotka tässä tapauksessa ovat $15 / 30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Paavolan mukaan lämpöpumpulle voi karkeasti laskea lämpökertoimeksi (COP) 3,0. Finess Oy:n monitoimilämpöpumpun hinta toimitettuna ja käyttöön otettuna on noin 36 000 €. (Paavola, sähköposti 2020.) Monitoimilämpöpumpun esite liitteessä 6.

6.2 Calefa Oy

Calefa Oy on kotimainen yritys, mikä tuottaa tuotannossa syntyvien hukkalämpöjen uusiokäytön innovatiivisia kokonaisratkaisuja, niin teollisuudelle kuin voimalaitoksille. Yrityksen palveluihin kuuluvat tarvekartoitus, projektointi, asennus ja käyttöönotto, jälkihoito ja teknologiat. Yritys on perustettu 2013. (Calefa Oy www-sivut, 2020.)

Calefa Oy:n tarjoama ratkaisu kohteeseen olisi noin 15 kW:n lämpöpumppu, riittävän isolla varaajalla varustettuna, jotta lämpimän käyttöveden saanti varmistuisi. Lämpöpumpun COP 4,0. Lämpöpumppu liitettäisiin yhden valukoneen jäähdytyspiiriin. Calefan ehdottaman lämpöpumpun rinnalle tarvitaan toinen lämmöntuottojärjestelmä ajalle, jolloin lämpöä ei ole saatavilla jäähdytyspiiristä. Ehdotuksena on jättää vanha öljykattila varajärjestelmäksi tai liittää järjestelmään pieni sähkökattila. Sähkökattila nostaisi hintaa noin 2000 – 3000 €. Calefan ehdottaman järjestelmän hinta ilman sähkökattilaa on noin 40 000 €. (Parovuori, sähköposti 2020.)

Calefan asiantuntijan mukaan lastauslaiturin ajoluiskan sulanpitoon riittäisi yhden jäähdytyspiirin lämpötehon hyödyntäminen ilman lämpöpumppua. Jäähdytyspiirien paluupuolen lämpötilan nosto 30 °C:stä 35 °C:een lämpöpumpulla ei olisi järkevää eikä kannattavaa ja nostaisi kustannuksia. Kustannusarvio ajoluiskan sulanapidolle ilman lämpöpumppua olisi noin 6000 €, hinta ei sisällä maahan asennettavaa putkistoa, eikä maanrakennuskustannuksia. (Parovuori, sähköposti 2020.)

6.3 Maalämpöpumppu Talotekniikka Rauhanen Oy

Maalämpöpumpun vertailu otettiin mukaan työhön, koska opinnäytetyön alkuperäinen aihe oli tutkia sen investointikustannuksia ja vertailla sitä muihin lämmitysmuotoihin.

Talotekniikka Rauhanen Oy on suomalainen LVI-alan yritys. Yrityksen palveluihin kuuluu LVI-tuotteiden myynti, LVI-suunnittelu, talotekniikkaurakointi sekä lämpöpumppujen ja jätevesien puhdistusjärjestelmien asennus ja huolto. Yritys on perustettu 2014, mutta sen historia ulottuu 1950-luvulle asti. (Talotekniikka Rauhanen Oy www-sivut, 2020.)

Talotekniikka Rauhasen mukaan sopiva maalämpöpumppu kohteeseen olisi Nibe F1255-16 maalämpöpumppu. Maalämpöpumppu on invertteriohjattu ja siinä on sisäänrakennettu lämminvesivaraaja, pumpun nimellinen lämmitysteho on 16 kW. Lämpöpumpun SCOP (vuosilämpökerroin) on 2,8 Lämpöpumpun hinta asennettuna ja lämpökaivojen kanssa on noin 25 000 €. Kiinteistön lämpimän veden kulutus pitäisi

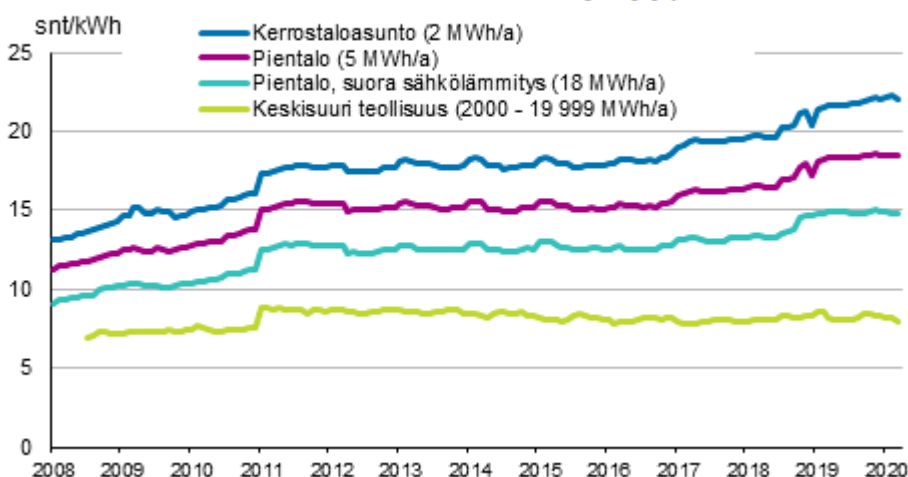
vielä kartoittaa tarkemmin, jotta pystytään varmistumaan lämpimän veden riittävydestä. (Tuominen, sähköposti 2020.)

6.4 Investointi ja takaisinmaksu

Toimisto-osan lämmitys on tapahtunut öljykattilan sähkövastuksilla. Edellä mainitut ratkaisuvaihtoehdot ovat kaikki lämpöpumppuja, mitkä käyttävät energiana sähköä. Näin ollen takaisinmaksuaikojä laskettaessa voidaan tarkastella toimisto-osan energiankulutusta, laitteiden lämpökertoimia, investointikustannuksia ja sitä kautta saatavia säästöjä. Suoran takaisinmaksuajan laskennassa ei oteta huomioon hankinnan pääomakuluja, eikä esimerkiksi vuosittaisia kunnossapitokustannuksia. Toimisto-osan lämmityksen energiankulutus on 47,611 MWh/a ja laskennoissa käytetty energian hinta on Vertic Zinc Wire Oy:n viimeisin energian hinta, 40,9686 €/MWh (Lintusalo, puhelinhaastattelu 2020). Tilaskokeskuksen hinta kuluttajatyypeittäin on noin 80 €/MWh, kuva 13. Joten laskennassa otettiin vertailuun myös tilastokeskuksen sähkön hinnalla lasketut takaisinmaksujat. Vertailuun otettiin myös tilanne, missä kiinteistön tontilla jo olemassa olevia porakaivoja voitaisiin hyödyntää lämpökaivoina. Takaisinmaksuajat taulukoissa 7.1 ja 7.2.

Kuva 13. Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin (Energian hinnat, 2020)

Liitekuvio 5. Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin



Lämpöpumppujen käyttämä sähköenergian tarve voidaan laskea yhtälön 2. avulla. Kuitenkin Calefa Oy:n lämpöpumpun sähköenergian laskennassa pitää ottaa huomioon prosessin käyttöaste, Calefa Oy:n lämpöpumpun sähköenergian tarve lasketaan yhtälön 4. avulla. Käyttöaste on laskettu tuotannon keskimääräisen käyttöajan perusteella. Koska prosessi on käynnissä vaihtelevasti; maanantai kello 7.00:stä, perjantai kello 15.00 - lauantai kello 23.00 saakka. Näin ollen prosessi on päällä 96 – 128 tuntia viikossa. Laskennassa prosessin käyttöajaksi valittiin lukujen keskiarvo, mikä on 112 tuntia. Käyttöaste saadaan jakamalla käyttöaika viikossa olevilla tunneilla yhtälön 3. mukaan. Laskennassa käyttöasteeksi saatiin 0,67.

$$Q_{LP} = \frac{Q_{\text{lämmitys}}}{COP_{LP}} \quad (2)$$

missä Q_{LP} = Lämpöpumpun käyttämä sähköenergia [kWh/a]
 $Q_{\text{lämmitys}}$ = Tilojen lämmityksen lämpöenergiatarve [kWh/a]
 COP_{LP} = Lämpöpumpun lämpökerroin

$$Ka = \frac{h_{\text{prosessi}}}{h_{\text{vko}}} \quad (3)$$

missä Ka = Käyttöaste
 h_{prosessi} = Prosessin käyttöaika viikossa [h]
 h_{vko} = Tunnit viikossa [h]

Calefa Oy:n lämpöpumppu

$$Q_{LP} = \frac{Q_{\text{lämmitys}}}{COP_{LP}} * Ka \quad (4)$$

missä Q_{LP} = Lämpöpumpun käyttämä sähköenergia [kWh/a]
 $Q_{\text{lämmitys}}$ = Tilojen lämmityksen lämpöenergiatarve [kWh/a]
 COP_{LP} = Lämpöpumpun lämpökerroin
 Ka = Käyttöaste

$$\frac{47,611 \text{ MWh/a}}{4,00} * 0,67 = 7,975 \text{ MWh/a}$$

Taulukko 7.1 Lämpöpumppujen takaisinmaksuaika, 40,9686 €/MWh

Energian kulutus		47,611 MWh					
Energian hinta		40,9686 €/MWh					
	Lämpöpumpun sähköenergian tarve MWh/a	Muu energia MWh/a	Kokonaisenergian tarve MWh/a	Energian hinta €/a	Säästö €/a	Hankintakustannus €	Takaisinmaksuaika a
Lämpöpumppu Calefa Oy	7,975	15,712	23,686	970	980	40000	40,8
Monitoimilämpöpumppu Finess Energy Oy	15,870	-	15,870	650	1300	36000	27,7
Maalämpöpumppu	17,004	-	17,004	697	1254	25000	19,9
Maalämpöpumppu, ilman porakaivoja	17,004	-	17,004	697	1254	15000	12,0
Nykytilanne, öljykattilan sähkövastukset	-	47,611	47,611	1951	-	-	-

Taulukko 7.2 Lämpöpumppujen takaisinmaksuaika, 80 €/MWh

Energian kulutus		47,611 MWh					
Energian hinta		80 €/MWh					
	Lämpöpumpun sähköenergian tarve MWh/a	Muu energia MWh/a	Kokonaisenergia MWh/a	Energian hinta €/a	Säästö €/a	Hankintakustannus €	Takaisinmaksuaika a
Lämpöpumppu Calefa Oy	7,975	15,712	23,686	1895	1914	40000	20,9
Monitoimilämpöpumppu Finess Energy Oy	15,870	-	15,870	1270	2539	36000	14,2
Maalämpöpumppu	17,004	-	17,004	1360	2449	25000	10,2
Maalämpöpumppu, ilman porakaivoja	17,004	-	17,004	1360	2449	15000	6,1
Nykytilanne, öljykattilan sähkövastukset	-	47,611	47,611	3809	-	-	-

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn tarkoituksen oli selvittää prosessin jäähdytyspiirien sisältämä lämpöteho ja toimisto-osan lämmitystehon tarve. Tutkia jäähdytyspiirien sisältämän lämpötehon mahdollinen hyödyntäminen toimisto-osan lämmityksessä sekä kartoittaa muita hukkalämmön hyödyntämiskohteita kiinteistön alueelta ja sen lähialueilta.

Sinkkiharkkojen sulatuksesta ja käsittelystä muodostuu oheistuotteena huomattavia määriä ylijäämälämpöä. Prosessin aikana sinkkilankoja jäähdytetään, jolloin lämpöä siirtyy jäähdytysveteen, joka ajetaan jäähdytyspiirien kautta välillisesti lauhduttimen kautta ulkoilmaan. Prosessin aikana lämpöä siirtyy myös suoraan tuotantotiloihin. Koska tuotantotiloissa ei ole koneellista ilmanvaihtojärjestelmää, tuotantotiloihin siirtyvä ylijäämälämpö on niin sanottua hallitsematonta lämpövuotoa. Tätä ilmassa olevaa ylijäämälämmön hyödyntämismahdollisuutta, tarvittavien järjestelmien rakentamista, kustannuksia ja sen tuomia etuja voisi tutkia lisää.

Toimisto-osan lämmitys oli tapahtunut alkuperäisen öljykattilan sähkövastuksilla viimeisen 10 vuoden ajan. Koska koko kiinteistö on yhden sähkömittarin takana, ei toimisto-osan energiankulutusta tiedetty vaan se piti selvittää. Toimisto-osan energiankulutus selvitettiin Cadmatic HVAC-ohjelman avulla luoden toimistosta ohjelmalla tilat ja antamalla kaikille rakenneosille tarvittavat arvot. Ohjelma laski automaattisesti tiloille energiankulutuksen ja lämmitystehon tarpeet. Jäähdytyspiirien sisältämä lämpöteho saatiin laskemalla, kun tiedettiin nesteen virtaama ja lämpötilat.

Kiinteistössä olevan patterilämmityksen vuoksi jäähdytysvesiä ei voida käyttää toimisto-osan lämmityksessä suoraan, eikä lämmönsiirtimien avulla. Jäähdytyspiirien lämpötilat ovat niin alhaiset, että lämpötilat riittäisivät sellaisenaan lattialämmitykseen. Mutta lattialämmitysjärjestelmä vaatisi koko toimiston kattavan ala- ja välipohjaremontin.

Olettaen, että yhden jäähdytyspiirin sisältämä lämpömäärä on 52 – 157 kW. Toimisto-osan tilojen lämmitystehontarpeen ollessa noin 11 kW. Toimisto-osan lämmitys pystyttäisiin kattamaan jo yhdestä jäähdytyspiiristä saatavalla hukkalämmön lämpömäärällä.

Lastauslaiturin ajoluiskan talvinen sulanapito vaati noin 70 kW:n lämmitystehon, riippuen lämmitettävästä alasta. Näin ollen jo yhden jäähdytyspiirin hukkalämpö riittäisi ajoluiskan sulanapitoon ilman lämpötilan nostoa, esimerkiksi lämmönvaihtimella. Ajoluiskan sulana pitämisellä säästyisi talvisin ajoluiskan auraus- ja hiekoituskustannukset. Jäähdytyspiirien suoraa hyödyntämistä sulanapitoon ilman lämpötilan nostoa kannattaisikin tutkia lisää. Vaihtoehtoisesti yhden jäähdytyspiirin lämpöteho riittäisi kattamaan toimisto-osan tilojen lämmityksen sekä lastauslaiturin sulanapidon, mikäli toimistossa ei ole lämpimän veden kulutusta.

Kiinteistön alueella hukkalämmöllä hyödynnettäviä kohteita kartoittaessa löydettiin muutamia potentiaalisia kohteista, kuten lämpökontti, lastauslaiturin ajoluiska ja lähitöllä sijaitsevat kasvihuoneet. Kuitenkin lämpökontin lämmitys ja lämmön siirto kasvihuoneille ei ole kannattavaa. Lämpökontin lämpötilan ollessa noin 100 °C, lämpöä ei pystytä nostamaan lämpöpumpuilla riittävälle tasolle eikä kontissa kiertävän ilman esilämmityskään ole kannattavaa, eikä järkevää. Kun kontissa ja kanavistossa on saavutettu haluttu lämpötila, niin lämpötila ei laske kanavistossa helposti niin alhaisiin lämpötiloihin, että olisi kannattavaa lämmittää kontin kiertoilmaa. Lämmön myynti kiinteistön ulkopuolelle ei myöskään ole kannattavaa suurten investointikustannusten, siirosta johtuvien lämpöhäviöiden ja tuotannon vaihteluista riippuvan lämpötehon saannin vaihteluiden vuoksi.

Kustannusvertailussa maalämpöpumpun investointikustannus todettiin edullisimmaksi ja Calefan lämpöpumppuratkaisu kalleimmaksi. Eroa halvimmalla ja kalleimmalla ratkaisulla oli 15 000 €. Maalämpöpumpun takaisinmaksuajan ollessa noin 20 vuotta, 40,9686 €/MWh energianhinnalla. Kun taas energianhinnan ollessa tilastokeskuksen mukainen 80 €/MWh, takaisinmaksuaika putoaa noin 10:een vuoteen. Maalämpöpumpun osalta tontilla oleviin porakaivoihin kannattaisi teettää kuntokartoitukset niiden hyödyntämisestä lämpökaivoina. Porakaivojen hyödyntäminen laskisi maalämpöpumpun investointikustannuksia noin 10 000 €, lämpökaivon syvyyden ollessa

noin 300 metriä ja poraushinnan 30 – 40 €/metri. Tällöin takaisinmaksuaika lyhenisi noin 6: teen vuoteen. Teollisuuslämpöpumppujen osalta takaisinmaksuajat olivat 40,9686 €/MWh hinnalla; Finess Energy Oy:n monitoimilämpöpumppu noin 28 vuotta ja Calefan lämpöpumppu yli 40 vuotta. Tilastokeskuksen energianhinnalla 80 €/MWh, takaisinmaksuajat olivat; Finess Energyn lämpöpumppu noin 14 vuotta ja Calefan lämpöpumppu noin 21 vuotta.

Ainoastaan maalämpöpumpusta saatiin vuosilämpökerroin (SCOP). Vuosilämpökerroin on lämpöpumpun lämpökertoimen arvo koko lämmityskauden ajalta. Teollisuuslämpöpumppujen lämpökertoimet (COP), ovat hetkellisiä, tietyllä hetkellä ja tietyissä olosuhteissa olevia lämpökertoimia. Jotta vertailuja pystyttäisiin tekemään tarkemmin, pitäisi tietää pumppujen vuosilämpökertoimet. Kaikki työssä käytetyt arvot on saatu haastatteluiden, karkeiden tutkimusten tai arvioiden kautta. Tulokset ovat suuntaa antavia. Kuitenkin tuloksien perusteella pystytään näkemään hukkalämmön hyödyntämisen lämpöpumpulla ja maalämpöpumpun investointien ja takaisinmaksuaikojen erot sekä hukkalämmön hyödyntämismahdollisuudet. Mikäli yritys aikoo edetä asian suhteen, suositellaan tarkempia laskelmia ja tutkimuksia, jotta lopputulokseksi saadaan riittävän hyvä ratkaisu.

LÄHTEET

Calefa Oy www-sivut, 2020. Viitattu 4.6.2020. <https://www.calefa.fi>

Energian hinnat, verkkojulkaisu. 1. Vuosineljännes 2020. Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin. Helsinki: Tilastokeskus. Viitattu 16.6.2020. www.stat.fi

Finess Energy Oy www-sivut, 2020. Viitattu 4.6.2020. <https://www.finess.fi>

Heikkilä, I., Huumo, M., Siitonen, S., Seitsalo, P. & Hyytiä, H. 2008. *Teollisuuden energiatehokkuus*, Helsinki: Suomen ympäristökeskus.

Heikkilä, I. & Kiuru, T., 2014. *Ylijäämälämmön taloudellinen hyödyntäminen*, Helsinki: Motiva Oy.

Lindroos, R., 2000. *Katu 2000. Katulämmitys/sulanapito*. s.l.:Julkaisematon käsikirjoitus.

Lintusalo, M., 2020. *Tehtaanjohtaja, Vertic Zinc Wire Oy. Puhelinhaastattelu*. (22.4.2020).

Lohikoski, M., 2020. *Toimitusjohtaja, Vertic Zinc Wire Oy. Haastattelu*. (14.2.2020).

Maaskola, I. & Kataikko, M., 2014. *Ylijäämälämmön taloudellinen hyödyntäminen, Lämpöpumppu- ja ORC-sovellukset*, Helsinki: Motiva.

Paavola, J.-P., 2020. *Toimitusjohtaja, Finess Energy Oy. Sähköposti. Vastaanottaja: jarno.mansikka@student.samk.fi* (3.6.2020).

Parovuori, K., 2020. *Myyntipäällikkö, Calefa Oy. Sähköposti. Vastaanottaja: jarno.mansikka@student.samk.fi* (4.6.2020).

Peltomaa, H., 2020. *Kaivonporaus Harri Peltomaa Oy. Puhelinhaastattelu*. (28.2.2020).

Raiko, M. & Mäki-Mattila, E., 2005. *Lämpöpumput ja niiden vaikutus sähköntuotantoon*. s.l.:Kauppa- ja Teollisuusministeriö.

Rajala, T., 2020. *Toiminnanjohtaja, Poratek - Suomen porakaivourakoitsijat ry. Puhelinhaastattelu*. (28.2.2020).

RT 18-10922, 2008. *Kiinteistön tenkiset käyttöiät ja kunnossapitojaksot*, Helsinki: Rakennustieto.

Siitonen, E., Laukkanen, M., Kala, J., Ståhl, N. & Siitonen, S., 2010. *Teollisuuden ylijäämälämmön hyödyntäminen kaukolämmityksessä*, Helsinki: YIT Teollisuus- ja verkkopalvelut.

Sipilä, K., Kirjavainen, M., Ritola, J. & Kivikoski, H., 2001. *Liikenne- ja yleisten alueiden sulanapitojärjestelmät*, Espoo: Valtion teknillinen tutkimuslaitos.

Suomen RakMK C3, 1985. *Lämmöneristys. Määräykset 1985*. Helsinki: Ympäristöministeriö, Kaavoitus- ja rakennusosasto.

Suomen RakMK D2, 1987. *Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 1987*. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Suomen RakMK D3, 2012. *Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012*. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto.

Suomen RakMK D5, 2012. *Rakennusten energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Ohjeet 2012*. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto.

Suomen RakMK Energiatehokkuus, 2018. *Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta*. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Talotekniikka Rauhanen Oy www-sivut, 2020. Viitattu 10.6.2020. <https://www.rauhanen.fi>

Tuominen, M., 2020. *LVI-suunnittelija, Talotekniikka Rauhanen Oy. Sähköposti. Vastaanottaja: jarno.mansikka@student.samk.fi* (10.6.2020).

Tuotannon hukkalämpö hyödyksi, 2013. *Julkaisu*, s.l.: Motiva Oy.

Vertic Zinc Wire Oy www-sivut, 2020. Viitattu 20.4.2020. <https://www.vertic.fi>

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen enrgiatodistuksesta 1048/2017, 2017. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 2017. Helsinki: Ympäristöministeriö.

CAD/MATIC Draw - Energialaskenta 2018

Veric Zinc Wire Oy
Katuosoite: Kilkkupakantie 7
Postinumero: 28100
Postitoimipaikka: Pori

Energiatodistus
Toteutunut energiankulutus,
toimenpide-ehdotukset
ja lisämerkinnät...

CADS 2018

Laskennan lähtötietojen tilat

Osio Viesti

Yleistiedot OK
Perustiedot OK
Johtuminen OK
Vuotoilma OK
Lämmitys... OK
Käyttövesi OK
Ilmanvaihto OK
Laitesähkö OK
Lämpökuorma OK
Jäähdytys OK

Kohteen yleiset tiedot

Rakennusohje: -
Klimateistotunnus: -
Käyttötarkoituksiluokka: 3 Toimistorakennukset

Laskennan lähtötiedot

Laitesähkö
Yleistiedot
Perustiedot
Johtuminen
Vuotoilma
Yhteenveto, selvitys
Yhteenveto, todistus
Yhteenveto, RE-todistus
Yhteenveto, RE-todistus
Käyttövesi
Ilmanvaihto

Käyttötarkoitukseluokka: 3 Toimistorakennukset

Todistus on laadittu: Olemassa olevalle rakennukselle
Havainnointi pvm: 26.5.2020

Luokkatarkenne: Toimistorakennukset (T)
Kerrossten lkm: 1
Hlö: 5

Henkilömäärä (Max. 6 asunon rakennustyyppissä henkilömäärä on makuuhuoneiden lukumäärä +1):

Alat ja tilavuudet

Lämmitetty nettoa: 287.5 m²
Rakennusvapaa ala: 488.9 m²
Maanpäälliset kerratasoalat yhteensä: 287.5 m²
Rakennusilavuus: 789.3 m³
Ilmatilavuus: 717.5 m³
Keskisäilämpötila: 20 °C

Tuo ilmatilavuus, vaipan ala ja sisälämpötila projektiedoista

Lämmöntuotto

Lämmöntuototapa	Vuositytysuhde	SPFtilat/SPFikv	Sähkö	%	Energiamuotokerrain
Sähkökatilla	0.88	-	0.02	100	1.2

Lisää lämmöntuototapa...
Kopioi
Poista

E-luvun laskennassa käytettävät säävyhykke

I Helsinki-Vantaa -26 °C
Qmuu, tuotto: 0 kWh/a

Tehon laskennassa käytettävä todellinen säävyhykke

I Helsinki-Vantaa -26 °C

Tulokset

Lämmöntuototapa: Sähkökatilla

Osuus lämmöntuotosta: 100 %

Vuositytysuhde: 0.88

Sähkökulutus: 0.02 kWh/m²

Energiamuotokerrain: 1.2

SPFtilat: 0

SPFikv: 0

OK
Peruuta
Ohje

Tallenna
Tallenna ja sulje
Peruuta
Ohje

Cadmatic HVAC – energialaskenta, perustiedot

CADMATIC Draw - Energialaskenta 2018

Kohteen yleisetiedot

Rakennuskohde: Vertic Zinc Wire Oy Katuosoite: Klikkupaikantie 7

Rakennustunnus: - Kiinteistötunnus: - Postinumero: 28100 Postitoimipaikka: Pori

Laskennan lähtötiedot

Laitesähkö Lämpökuorma Jäähdytys Yhteenveto, todistus Yhteenveto, RE-todistus
 Yleistiedot Perustiedot Johtuminen Vuotoilma Lämmitysjärjestelmä Käyttövesi Ilmanvaihto

Määritetyt kylmäsiilat

Laskettava kohde on olemassa oleva rakennus.
 Qkylmäsiilat arvona käytetään 10% Qrakosa-arvosta.

Määritetyt johtumistiedot

Tyyppi	Ala	U-arvo	Ts/Tupoik	Maalaji
APm	151.7	0.36	20	2
IKka	16.7	2.1	20	
IKlo	11.9	2.1	20	
IKlu	16.1	2.1	20	
OVI	2.3	3.1	20	
OVI	3.8	1.4	20	
US	63.6	0.48	20	
US	72.4	0.28	20	
YP	150.4	0.22	20	

Määritetyt kylmäsiilat

Tyyppi	Pituus	Könd.	Materiaali
Alapohja/seinä	2.3	0.5	Betoni, maata vasten/Muu
Alapohja/seinä	31.9	0.1	Betoni, maata vasten/Puu
Ikkuna-/oviliitos	12.2	0.04	Puu
Ikkuna-/oviliitos	142.4	0.04	Puu
Ulkonurkka	10	0.04	Puu
Välipohja/seinä	2.3	0.05	Puu/Puu
Välipohja/seinä	66	0.05	Puu/Puu
Yhteensä/somp	291.1	0.05	Puu/Puu

Qjohtuminen: 27971 kWh/a Qrakosa: 30768 kWh/a

Qkylmäsiilat: 2797 kWh/a

Cadmatic HVAC energialaskenta, rakennusvaipan johtuminen ja kylmäsiilat, lämpöpölvät

CADMATIC Draw - Energialaskenta 2018

Kohteeseen yleiset tiedot
 Katusoitte: Postitoimipaikka:
 Postinumero:

Klinkiteistötunnus:

Laitesähkö Lämpökuorma Jäähdytys Yhteenveto, selitys Yhteenveto, todistus Yhteenveto, RE-todistus
 Yleistiedot Perustiedot Johtuminen Vuotoilma Lämmitysjärjestelmä Käyttövesi Ilmanvaihto

Laskennan lähtötiedot

Määritetyt vuotoilmatiedot	Tilavuus	Vaipan ala	Kerroin x	Lämpötila	q50
HAETTU_1	717.5	488.9	24	20	4

Tuo vuotoilmatiedot projektitiedoista

Vuotoilma: 3418 kWh/a

Energiatodistus
 Toteutunut energiankulutus,
 toimenpide-ehdotukset
 ja lisämerkinnät...

CADS 2018

Laskennan lähtötietojen tilat

Osio	Viesti
<input type="checkbox"/> Yleistiedot	OK
<input type="checkbox"/> Perustiedot	OK
<input type="checkbox"/> Johtuminen	OK
<input type="checkbox"/> Vuotoilma	OK
<input type="checkbox"/> Lämmitysjä...	OK
<input type="checkbox"/> Käyttövesi	OK
<input type="checkbox"/> Ilmanvaihto	OK
<input type="checkbox"/> Laitesähkö	OK
<input type="checkbox"/> Lämpökuorma	OK
<input type="checkbox"/> Jäähdytys	OK

Lisätiedot

Vuotoilma, muokkaa

Vuotoilman tiedot

Nimi: HAETTU_1

Ilmatilavuus: 717.5 m³
 Lämpötila: 20 °C
 Rakennusvaipan ala: 488.9 m²
 Kerroin x: 24 (kaksikerroksinen)

Perustiedoissa määritetyt arvot

Ilmatilavuus: 717.5 m³
 Rakennusvaipan ala: 488.9 m²
 Sisälämpötila: 20 °C

qv, vuotoilma: 0.02263 m³/s

n50: l/h
 q50: m³/(m²·h)

CADMATC Draw - Energialaskenta 2018

Kohteen yleiset tiedot
 Rakennuskohde: Vertic Zinc Wire Oy Katuosoite: Klippukaikantie 7
 Rakennustunnus: - Kiinteistönummus: - Postinumero: 28100 Postitoimipaikka: Pori

Laskelman lähtötiedot
 Laitesähkö Lämpökuorma Jäähdytys Yhteenveto, selvitys Yhteenveto, todistus Yhteenveto, RE-todistus
 Yleistiedot Perustiedot Johtuminen Vuotoilma Lämmitysjärjestelmä Käyttövesi Ilmanvaihto

LKV kulutus
 Huoneistokohtaiset vesimittarit
 Henkilömäärän mukaan dm³/henk/yrk
 Vlkv, omin, henki: 50
 Henkilömäärät: 5 hlö
 Pinta-alan mukaan
 Qlkv, netto, omin (kWh/(m² a))
 [6, 3 Toimistorakennukset
 Nettoala: 287.5 m²

Kulutus: 29.6 m³

T, lämmin käyttövesi: 55 °C (Tlkv)
 T, kylmävesi: 5 °C (Tkv)
 Lämmin käyttövesi, mitoitusvirtaama: 0.34 dm³/s
 Qlkv, lto: 0 kWh/a
 Qlkv, netto: 1725 kWh/a

LKV häviöt
 Kierto
 nlkv, sirto: 0.88
 Kiertojonhon lämpöhäviön ominaisteho
 40, Eristystaso, ei tietoa
 Kiertojonhon pituus: 17 m Laskte
 Kiertojonhon pituus, lämmittämätön: 0 m
 Asemus: Kiertoputket maassa, eristetty
 Putken lämmönläpäisykerroin: 0 w/m²C
 Qlkv, ulos (0 m): 0 kWh/a
 Kiertojonhon virtaama: 0.1 dm³/s
 Kiertojonhon kytkettyjen lämmityslaitteiden määrä: 0
 Lämmityslaitteen ominaisteho: 0 w
 Qlkv, kiertö (17 m): 5957 kWh/a
 Qlkv, varastointi (kWh/a): 0

Aurinkokeräin
 Aurinkokeräimen pinta-ala: 0 m² qaurinkokeräin (kWh/m²a): 0
 Suuntakerroin k: 1, Etelä/kaakko/lounas Aurinkokeräimen hyötysuhde: 0.6
 Qaurinko, lkv: 0 kWh/a

Qlmmitys, lkv: 7917 kWh/a Wlkv, pumppu: 175 kWh/a

Cadmatic HVAC – energialaskenta, lämmin käyttövesi, lämpöhäviöt

CADMATIC Draw - Energialaskenta 2018

Kohteen yleiset tiedot
 Rakennuskohde: Vertic Zinc Wire Oy
 Rakennustunnus: -
 Kinnistötunnus: -
 Katusoitte: Kikkupaikantie 7
 Postinumero: 28100
 Postitoimipaikka: Pori

2018

Energialodistus toteutunut energiankulutus, toimintaperäehtoukset ja lisämerkinnät...

Laskennan lähtötietojen tilat

Osio	Viesti
Yleistiedot	OK
Perustiedot	OK
Johtuminen	OK
Vuotoilma	OK
Lämmitysjärjestelmä	OK
Käyttövesi	OK
Ilmanvaihto	OK
Laitesähkö	OK
Lämpökuorma	OK
Jäähdytys	OK

Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus: IV1

Määritetyt IV-koneet

IV-kone	qv, poisto	qv, tulo	td	tv	dTpuh	na/nt	Tsp	Tsisä	Ppuh	Jäät	SFP	Ala	LJ	kpl
TK1	0.05	0.05	24	7	0.5	0.3/0.6	18	21	0.1	2	143.75	0	1	1

Ilmanvaihtokone, muokkaa

IV-koneen tiedot

IV-kone: TK1
 Samanaisten IV-koneiden lukumäärä: 1

Vaikutusala: 143.75 m²
 (50 % nettoalasta)

qv, poisto: 0.05 m³/s
 dTpuhallin: 0.5

qv, tulo: 0.05 m³/s
 LTO vuosihyötysuhde (0...1), na: 0.3
 EI LTO-
 nt: 0.6

td: 24 h/24h (todellinen käyttöaika)
 tv: 7 vrk/7vrk
 Tsp: 18 °C
 Tsisä: 21 °C

Puhaltimen tai IV-koneen sähköteho tehonsäätölaitteen, Ppuh: SFP: 2 kW/(m³/s)

Jäätymisen esto: °C
 Lämmitysmuoto: Sähkö

E-luvun laskenta energiatehokkuusasetuksen (YMa 1010/2017) mukaan

Sisälämpötila, Ts: 21 °C
 Käyntitalkkasuhde, td: 13 h/24h
 Käyntitalkkasuhde, tv: 5 vrk/7vrk

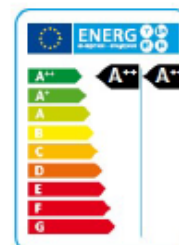
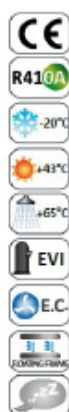
Ilmämäärät koneittain energiatehokkuusasetuksen taulukkoarvoilla v
 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto
 Huoneistokohtainen
 Kokonaisilmämäärä, tulo/poisto (m³/s): Static

Qlämmitys,iv,lämmitysjärjestelmä:	0 kWh/a	Qlämmitys,iv,sähkö:	3857 kWh/a
Qiv,tuloilma:	1579 kWh/a	Wiv,muut:	0 kWh/a
Qiv,korvausilma:	0 kWh/a	Wilm,vaihto:	4733 kWh/a

Hybridilämpöpumpun ansiosta yksi laite kattaa usean käyttökohteen jäähdytys- ja lämmitystarpeen yhtäaikaaisesti tai erikseen. 100 %:n lämmöntalteenoton lisäksi hybridilämpöpumppu hyödyntää lämmönlähteenään ulkoilmaa silloin kun prosessijäähdytykselle ei ole tarvetta.

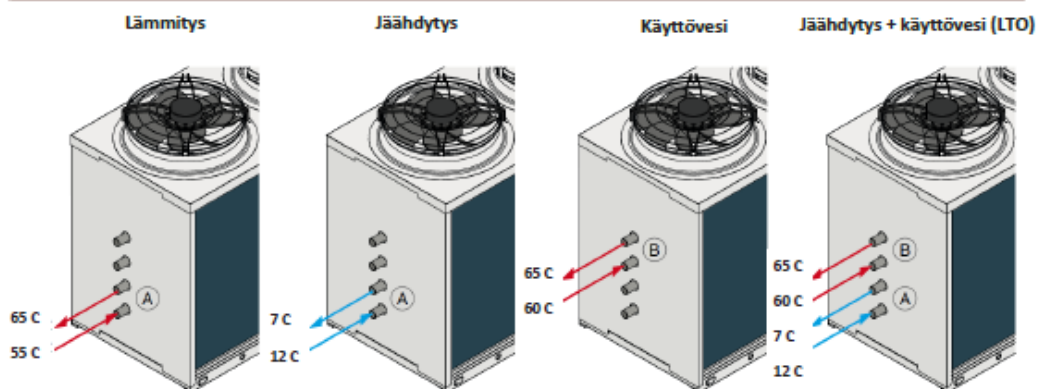
HEAT

COOL



4-putkikone, 100% käyttövesimalli

- Käyttövedelle oma lämmönsiirrin, 100% lauhtutusteho
- käyttöveden tuotanto täydellä teholla ulkoilmasta
- käyttöveden tuotanto LTO:lla (100%) jäähdytyksen aikana



FINESS
Energy Saving Solutions

Finess Energy Oy | Tel +358 207 569940 | info@finess.fi | www.finess.fi

Finess Energy Oy:n monitoimilämpöpumppu