

Iiro Kuusela

Waterloop-kylmälaitoksista saatavissa oleva lauhdelämpö

Opinnäytetyö

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

2022



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Insinööri (AMK)
Tekijä/Tekijät	Iiro Kuusela
Työn nimi	Waterloop- kylmälaitoksista saatavissa oleva lauhdelämpö
Toimeksiantaja	Suomen Talotekniikka Mikkeli Oy
Vuosi	2022
Sivut	30 sivua, liitteitä 4 sivua
Työn ohjaaja(t)	Tero Lahikainen

TIIVISTELMÄ

Myymälän kylmälaitoksen lämmöntalteenoton tarkalla mitoituksella voidaan vaikuttaa kiinteistön lämmitysjärjestelmän kokoon. Ilman tarkkaa tietoa lauhdelämmön määrästä voi helposti lämmitysjärjestelmän mitoituksessa aliarvioida lämmöntalteenotosta saatavaa lauhdelämpöä ja näin ylimitoittaa lämmitysjärjestelmän. Ylimitoitus kaukolämmitysjärjestelmissä näkyy lähinnä turhan suurina lämmönsiirtiminä, mutta maalämpöjärjestelmässä ylimitoitus johtaa tarpeettoman suuriin energiakaivokenttiin tai maapiireihin. Toimivuuden kannalta suuret maalämmön keruupiirit on hyvä asia, mutta nostavat rakennuskustannuksia merkittävästi, joten lämmöntalteenoton mitoitus on kriittinen työvaihe osana lämmitysjärjestelmän suunnittelua.

Tämän työn tavoitteena oli mitata Waterloop-kylmälaitoksista saatavissa olevaa lauhdelämpöä sekä laskea kylmälaitokselle lämpökerroin. Mittaukset suoritettiin kolmessa Mikkeliissä sijaitsevassa Sale-päivittäistavarakaupassa. Mittalaitteina käytettiin ultraäänimittaria, rakennuksen kiinteä asenteista sähkömittaria sekä refraktometriä. Ultraäänimittarilla mitattiin tilavuusvirta ja lämpötilat meno- ja paluuputkesta lauhdetehon laskemista varten, mittauksen kesto oli seitsemän vuorokautta ja mittausvälinä käytettiin minuuttia. Refraktometrillä mitattiin lauhdeverkostossa kiertävän nesteen glykolipitoisuus nesteen tiheyden ja ominaislämpökapasiteetin selvittämiseksi. Sähkömittarista saatiin kylmälaitteiden sähkönkulutus lämpökertoimen laskentaa varten.

Kohteiden lauhdetehon keskiarvoksi mitattiin 17,27 kW, matalin lauhdeteho oli 16,68 kW ja korkein 17,89 kW. Kaikkien mittauksien lauhde-energian keskiarvoksi laskettiin 2 911 kWh. Sähkömittarista luettu sähkönkulutus oli 2 252 kWh ja lämpökertoimeksi laskettiin 1,3. Lämpökertoimen tuloksessa täytyy ottaa huomioon sähkömittariin kytketyt muut laitteet, joita ovat nestelauhduttimen puhaltimet, kylmäkalusteiden sulatusvastukset ja kylmäkalusteiden valaistus. Tästä syystä tässä työssä laskettua lämpökerrointa ei voi pitää luotettavana.

Asiasanat: Waterloop, Kylmälaitokset, Lauhdelämpö, Lauhde-energia

Degree title	Bachelor of Engineering
Author (authors)	Iiro Kuusela
Thesis title	Obtainable condensation heat from Waterloop- systems
Commissioned by	Suomen Talotekniikka Mikkeli Oy
Time	2022
Pages	30 pages, 4 pages of appendices
Supervisor	Tero Lahikainen

ABSTRACT

The size of the heating system in a building can be affected by the exact sizing of recovered heat from the cooling plant of the store. Inaccurate information on the amount of condensing heat can easily lead to underestimating the condensing heat obtained from heat recovery and thus oversize the heating system. Oversized district heating systems are mainly seen as excessive heat exchangers, but in a geothermal heating system, oversizing leads to unnecessarily large energy wells, or land districts. In terms of functionality, large ground heat collection circuits are a good thing, but significantly increase construction costs, so the dimensioning of heat recovery is a critical step when designing the heating system.

The objective of the thesis was to measure the available condensation heat from the Waterloop cooling plants and to calculate the coefficient of performance for the cooling plant. The measurements were carried out at three Sale grocery stores in Mikkeli. The instruments used were an ultrasonic meter, a fixed electrometer in the building, and a refractometer. The ultrasonic meter measured the volume flow rate and temperatures from the supply and return pipes for the calculation of condensing power, the duration of the measurement was seven days, and the measurement interval was one minute. The refractometer measured the glycol content of the fluid circulating in the condensation network, the density of the fluid and the specific thermal capacity. An Electric meter was used to read the electrical consumption of refrigeration showcases for the calculation of the coefficient of performance.

The average condensing power of the targets was 17.27 kW, the lowest condensing power was 16.68 kW and the highest was 17.89 kW. The mean condensation energy for all measurements was 2 911 kWh. Electricity consumption from the electric meter was 2 252 kWh and the coefficient of performance was 1.3. The result of the coefficient of performance in this thesis cannot be considered reliable, because there were other devices connected to the electrometer such as the fans of the liquid condenser, defrost of showcases and lighting for showcases.

Keywords: Waterloop, Refrigeration plants, Condensing heat, Condensation energy

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	KYLMÄPROSESSI.....	6
2.1	Suora ja välillinen järjestelmä.....	8
2.2	Lauhdelämpö.....	9
2.3	Kylmä- ja lämpökerroin.....	10
2.4	Lämmöntalteenotto.....	11
3	KESKUSKONEELLINEN KYLMÄLAITOS.....	12
4	WATERLOOP-KYLMÄLAITOKSET.....	14
5	KYLMÄLAITOKSEN SUUNNITTELU JA RAKENTAMINEN.....	16
6	MENETELMÄT.....	17
7	KOhteet.....	19
8	TULOKSET.....	20
8.1	Sale Nuijamies.....	22
8.2	Sale Tusku.....	23
8.3	Sale Savisilta.....	25
9	POHDINTA.....	26
	LÄHTEET.....	29

LIITTEET

Liite 1. Sale Tusku ja Sale Savisilta kytkentäkaavio

Liite 2. Sale Nuijamies kytkentäkaavio

Liite 3. Etyleeniglykolin ominaisuustaulukko

Liite 4. Laskennalliset lauhde- ja sähkötehot

1 JOHDANTO

Välillistä lauhdutusta hyödyntävistä ja omakoneellisista Waterloop-kylmälaitoksista löytyy tietoa laskennallisesta lauhde-energian määrästä, mutta käytännön energiamittauksista ei löydy julkista tietoa. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on mitata Waterloop-kylmälaitoksesta saatavissa olevaa lauhdelämpöä, ei vain rakennuksen hyödyntämää määrää vaan kokonaisenergiaa, hyödynnettiin se sitten rakennuksen lämmityksessä tai lauhdutettiin rakennuksen ulkopuolelle.

Lämmöntalteenotto on yleistynyt tällä vuosituhanella, ja nykyään lämmöntalteenottoa hyödynnetään miltei jokaisessa myymäläkiinteistössä jollakin tavalla. Vielä viime vuosituhanella oli lähes normaalia ajaa kaikki lauhdelämpö nesteen nopeuden kanssa samaa vauhtia ulos rakennuksesta ja ostaa lämmitykseen tarvittava energia ulkoa. Nyt opinnäytetyön kirjoittamisen aikaan energiankustannuksien nousun ollessa jopa 100 % viime vuoteen verrattuna on aiheellista tutkia kaikki keinot, joilla energiankulutusta voidaan vähentää. Työn energiamittaus toteutettiin virtaus- ja lämpötilamittauksilla kylmälaitoksen lauhdeverkostosta, mittauksen kesto oli seitsemän vuorokautta. Työssä myös lasketaan myymälän Waterloop-kylmälaitokselle kokonaislämpökerroin. Lämpökerrointa varten sähköenergian kulutus mitattiin kiinteistössä jo valmiiksi olevalla sähkömittarilla. Mitattavina kohteina olivat kolme Sale-päivittäistavara-kauppaa Mikkelissä, joiden kerrospinta-alat ovat n. 700 m².

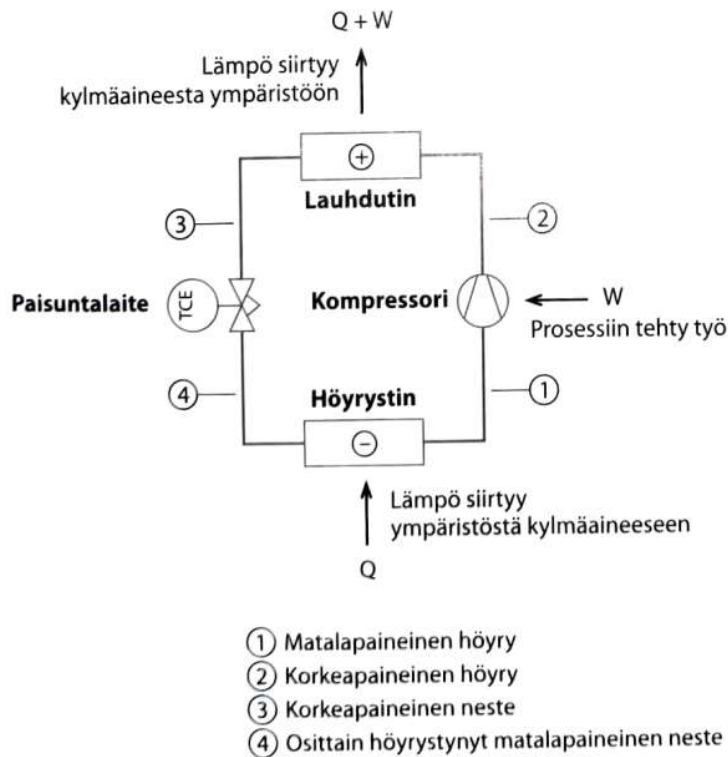
Työssä lähdettiin hakemaan seuraaviin kysymyksiin vastausta:

1. Kuinka paljon lauhdelämpöä on saatavilla lähikauppa-kokoluokan myymälässä?
2. Mikä on Waterloop-kylmälaitoksen lämpökerroin?

Työn teoriaosuudessa käydään läpi kylmäprosessia, kylmälaitosten lämmöntalteenottoa, suoran ja välillisen järjestelmän eroja, kylmälaitostyyppisiä, sekä kylmälaitoksen suunnittelua ja rakentamista. Teoriaosuuden jälkeen kerrotaan menetelmät, menetelmien jälkeen tutkittavat kohteet, joiden jälkeen esitetään tulokset.

2 KYLMÄPROSESSI

Kylmäprosessissa kylmäaine kiertää höyrystimen ja lauhduttimen välillä eri painetasoilla. Höyrystimessä kylmäaine höyrystyy, minkä jälkeen kompressorilla nostetaan kylmäaineen painetaso. Paineenkorotuksen yhteydessä kylmäaine tulistuu ja lämpötila nousee. Kuuma höyry siirtyy kompressorin jälkeen lauhduttimelle, jossa se tiivistyy nesteeksi eli lauhtuu ja luovuttaa lämpöä ympäristöön. Kuvassa 1 havainnollistettu kylmätekniinen kiertoprosessi.

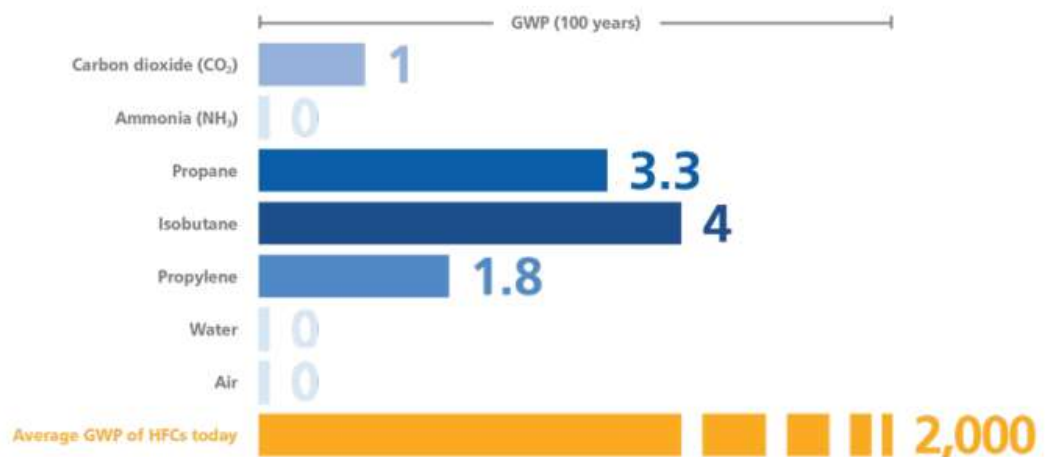


Kuva 1. Kylmäprosessin kiertokulku /1, s. 17/

Lauhtumisen jälkeen kylmäaine kulkee paisuntalaitteelle, missä nestemäisen kylmäaineen paine ja lämpötila putoaa, osa kylmäaineesta höyrystyy paisuntalaitteen jälkeen ennen höyrystintä. Paisuntalaitteen jälkeen kylmäaine palaa takaisin höyrystimelle ja kylmäprosessi jatkaa kiertokulkua. /1, s. 17–18./

Kompressorin tehtävä kylmäprosessissa on kylmäaineen paineenkorottaminen höyrystymislämpötilasta lauhtumislämpötilaan. Kompressorit voidaan luetella rakenteen mukaan kolmeen ryhmään: hermeettiset, puolihermeettiset ja avokompressorit. Hermeettinen kompressor on suljettu hitsatun suojakuoren alle, eikä sitä voi rakenteita rikkomatta avata. Hermeettistä kompressoria ei yleensä huolleta, vaan se vaihdetaan uuteen. Puolihermeettinen kompressor on samoin tavoin suljettu kuin hermeettinen kompressor, mutta siinä on kompressorin huoltoa varten avattavissa oleva luukku. Avokompressor on nimensä mukaan avoin, ja se on täysin huollettavissa. /1, s. 51–54./

Waterloop-kylmälaitoksissa käytetään yleisesti luonnollisia kylmäaineita. Luonnollisia kylmäaineita ovat ammoniakki R717 (NH₃), hiilidioksidi R744 (CO₂) ja hiilivedyt, kuten propaani R290 ja isobutaani R600a. Luonnollisten kylmäaineiden GWP-luku on erittäin alhainen. Kylmäaineiden GWP-lukuja kuvassa 2, luonnolliset kylmäaineet yläosassa ja alimpana nykypäiväisten HFC-kylmäaineiden keskiarvo.

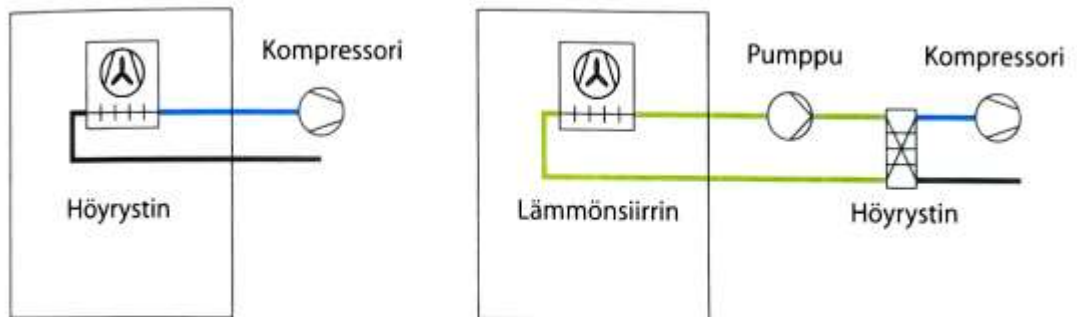


Kuva 2. Kylmäaineiden GWP-lukuja /2, s. 13/

GWP-luku (Global warming potential) kertoo kylmäaineen kasvihuonehaitallisuuden. GWP-luvun vertailulukuna käytetään R744 kylmäainetta, eli hiilidioksidia, jonka GWP-luku on 1,0. Luvut ilmoitetaan yleensä 100 vuoden ajanjaksolle laskettuina arvoina. /1, s. 32; 2, s. 13./

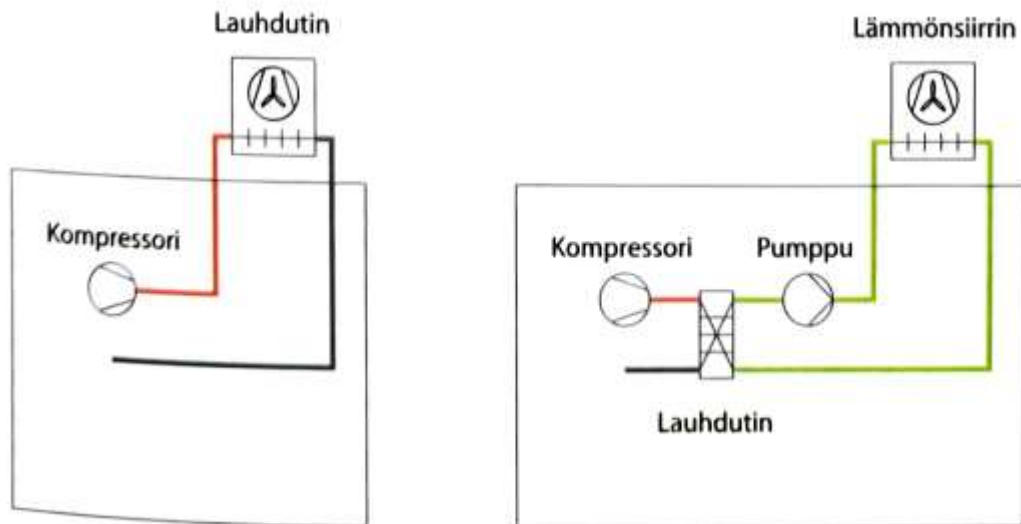
2.1 Suora ja välillinen järjestelmä

Suorajäähdytysjärjestelmä tarkoittaa järjestelmää, jossa jäähdytettävän kohteen lämpöenergia sidotaan suoraan höyrystimen kautta kylmäaineeseen, eli kylmäaine kiertää kylmäkalusteissa kalusteen sisällä. Välillisessä järjestelmässä kylmäaine kiertää lämmönsiirtimeksi läpi, joka siirtää lämmön väliaineesta kylmäaineeseen ja väliaine kiertää kylmäkalusteiden sisällä. Suoraa järjestelmää kannattaa käyttää, kun halutaan kustannustehokas järjestelmä, höyrystimen läpi virtaavan kylmäaineen virtaus on vakio ja kylmäaineputkiston pituudet pystytään pitämään sopivan pituisina. /3, s.49–50./



Kuva 3. Suora ja välillinen jäähdytys /1, s. 75/

Kuva 3 havainnollistaa suoraa ja välillistä jäähdytystä, vasemmalla suora jäähdytys ja oikealla välillinen jäähdytys. Suoran järjestelmän hyötysuhde on yleensä välillistä järjestelmää parempi. Suorassa järjestelmässä kylmäainetäyttö on suurempi ja kylmäainevuodot ovat yleisimpiä kuin välillisessä järjestelmässä. /3, s.49–50./



Kuva 4. Suora ja välillinen lauhdutus /1, s. 75/

Kuvassa 4 esitetty suoran ja välillisen lauhdutuksen järjestelmän periaatteet. Välillisen järjestelmän hyötyjä ovat tarkka säätö, kalusteiden etäisyyksille ei ole rajoitteita, laajennuksille voidaan varautua helposti ja lauhdelämmön joustava lämmöntalteenotto. Välillistä lauhdutusta käyttävässä järjestelmässä lauhdelämpö voidaan suoraan siirtää käyttöveteen normaaleja lämmönvaihtimia käyttäen, suorassa järjestelmässä käytetään kaksoisvaipallisia lämmönvaihtimia kylmäaineiden ollessa ihmisille ja ympäristölle haitallisia. /3, s. 49./

2.2 Lauhdelämpö

Kylmälaitoksissa lauhdelämpöä syntyy oheistuotteena kylmäprosessissa, se siis on käytännössä jo ostettua lämpöenergiaa. Lauhdelämpö syntyy kolmesta eri kylmäprosessin vaiheesta:

- Tulistuminen, Tulistuslämmön osuus on noin 10–20 % lauhdutustehosta
- Varsinainen lauhdutislämpö, osuus on noin 80–90 %
- Alijäähdytys, osuus on noin 0–5 %.

Teoriassa kylmäprosessi on häviötön, ja lauhdelämpö koostuu pelkästään varsinaisesta lauhdelämmöstä. Käytännössä kylmäprosessissa kuitenkin tapahtuu useita erilaisia häviöitä. Häviöitä tapahtuu kompressorin puristuksessa, kitkan vaikutuksesta, imu- ja paineventtiileissä, lauhduttimessa, höyrystimessä ja putkistossa. Todellisessa kylmäprosessissa myös hyötysuhde on huonompi kuin teoriassa. /3, s. 12–14, 211./

Höyrystimen lopussa ja kompressorin imuputkessa kylmäaine tulistuu muutamalla asteella, ja tällä varmistetaan, ettei kompressorin ime nestemäistä kylmäainetta, joka saattaisi johtaa kompressorin vaurioitumiseen. Lievä tulistuminen on myös paisuntalaitteen toiminnan kannalta pakollista. Tulistuminen nostaa kompressorilta lauhduttimelle lähtevän kylmäainehöyryn paineen ja lämpötilan korkeammiksi kuin lauhtumispisteessä. Tulistumislämpö voidaan poistaa erillisellä lämmönsiirtimellä, jos tarvitaan varsinaista lauhdetta korkeampaa lämpötilatasoa, kylmäaineen mukaan n. 40–70 °C. /1, s. 29–30; 3, s.12–14./

Alijäähdytys tapahtuu lauhduttimen lopussa, kun lauhtuneen kylmäaineen lämpötilaa pyritään laskemaan. Alijäähdytys parantaa kylmäkerrointa, koska sillä saadaan kasvatettua höyrystimellä tapahtuvaa entalpiaeroa. /1, s. 30./

Lauhdelämmön matala lämpötilataso hankaloittaa lauhdelämmön hyödyntämistä rakennuksen lämmityksessä. Lämpötilatasoa voidaan kuitenkin nostaa, mutta lämpötilan nostaminen yhdellä asteella huonontaa kylmäkerrointa noin 3 % ja kolmen asteen nosto vaikuttaa kylmäkerrotimeen jopa 9 %. Kylmäkerroin vaikuttaa suoraan kylmäkalusteiden sähkönkulutukseen. Kylmäkerroin käydään läpi kappaleessa 2.3. /3, s. 211./

2.3 Kylmä- ja lämpökerroin

Kylmä- ja lämpökerroin tarkoittaa kylmäprosessin hyötysuhdetta. Kylmäkerroinella ilmaistaan höyrystimen sitoman lämpöenergian suhdetta kompressorin kuluttamaan energiaan. Lämpökerroin tarkoittaa kompressorin käyttämän energian ja lauhduttimen luovuttaman energian suhteen. Kompressoreiden pyörittämiseen käytetään yleensä sähköä, jolloin kulutettu energia on sähköenergiaa. Tuotettu energia on lämpöpumpun tuottama lauhde-energia. Lauhde-energia syntyy kahdesta osasta, kompressorin kuluttamasta sähköenergiasta ja lämpöpumpun lämmönlähteestä kerätystä energiasta. /3, s. 224./

Tässä opinnäytetyössä lasketaan myymälän kylmäkalusteille lämpökerroin. Lämpökerroin lasketaan yhtälöllä 1. Esimerkiksi lämpökertoimen ollessa 3,0 tuotetaan lämpöä 3,0 kWh ja käytetään sähköä 1,0 kWh, jolloin höyrystimellä on kerätty energiaa 2,0 kWh. Kylmäkerroin lasketaan jakamalla höyrystimen keräämä lämpöenergia kompressorin kuluttamalla sähköenergialla (yhtälö 2). /3, s. 10./

$$\text{Lämpökerroin} = \frac{\text{Tuotettu energia (kWh)}}{\text{Kulutettu energia (kWh)}} \quad (1)$$

$$\text{Kylmäkerroin} = \frac{\text{Kerätty energia (kWh)}}{\text{Kulutettu energia (kWh)}} \quad (2)$$

2.4 Lämmöntalteenotto

Lauhdelämmön alhaisen lämpötilatason takia yleisimmät hyödyntämistavat ovat olleet lattialämmitys ja ilmanvaihdon esilämmitys, pelkästään lauhdelämmön käytössä olevalla ilmanvaihdon lämmityspattereilla. Lämpöpumpulla on kuitenkin mahdollista nostaa lauhdelämmön lämpötilatasoa, ja tällä tavalla saadaan lauhdelämpö hyödynnettyä kaikkialla rakennuksen lämmityksessä eikä tarvita erillisiä matalan lämpötilan lämmityspiirejä. Lauhdelämmön hyödyntäminen maalämpöjärjestelmässä myös nostaa maalämpöpumpun hyötysuhdetta. Tarkasteltaessa lämmöntalteenoton hankinnan kannattavuutta tulee tehdä kannattavuuslaskelmat. Laskelmissa otetaan huomioon vuosittainen käyttöaika, mahdollisimman suuri kokonaisostoenergian säästö, laitteiston kustannus, käyttövarmuus sekä lisäenergian hinta. Yleensä kannattavuuslaskelmat kannattaa alkuun tehdä pinta puolisesti ja tarkentaa suunnitelmia, jos ne jäävät kannattavuuden rajamaille. /3, s. 211./

Lämmöntalteenotto on välillisissä jäähdytysjärjestelmissä joustavampaa kuin suorissa jäähdytysjärjestelmissä. Käyttöveden lämmityksessä lainsäädäntö kieltää käyttämästä suoraa lauhdutusta ja välissä joudutaan käyttämään välipiiriä. Välipiiri lauhdutuksessa huonontaa hyötysuhdetta, nostaa kustannuksia sekä laskee käyttöveden saavutettavaa lämpötilatasoa. /3, s. 212–213./

Lauhdelämpöä voidaan myymälöissä hyödyntää ympäri vuoden. Lämmityskauden ulkopuolella saatetaan myymälässä tarvita lämmitystä kylmäkalusteiden jäähdyttävän vaikutuksen kompensointiin ja lämpimänkäyttöveden tuottamiseen. Elintarvikemyymälöissä on ehdottoman tärkeää, ettei lämmöntalteenotto heikennä kylmälaitoksen käyttövarmuutta. Lämmöntalteenottopiiri on varustettava minimilämpötilarajoituksella, ettei lämpötilan laskiessa myös lauhtumispaine laske liian alhaiseksi ja katkaise laitoksen toimintaa. /3, s. 218–222./

Jäähdytyskauden aikana on myös mahdollista hyödyntää energiakaivoja lämpöenergian varastoinnissa lauhduttamalla kylmäkalusteiden lauhteen kaivoihin, jos vapaa jäähdytys ei ole käytössä. Kaivojen lämmönvarastointikyky riippuu pohjaveden liikkeestä. Jos vesi vaihtuu kaivossa useasti, lämpö karkaa veden mukana. Energiakaivoihin lauhduttamisesta on kuitenkin hyötyä, vaikka lauhdelämpö sieltä ”häviäisi”, sillä kaivojen lämpötilan ollessa alhaisempi kuin ulkoilma kesähelteillä voidaan kylmälaitteiden lauhdelämpötila pitää alhaisempana, ja tämä tietenkin nostaa kylmäprosessin hyötysuhdetta. /13, s. 11./

3 KESKUSKONEELLINEN KYLMÄLAITOS

Keskuskoneellisessa kylmälaitoksessa kylmäkoneikko on kasattu yhteen pakettiin, ja sama kompressori/kompressorit palvelee useampaa kylmäkalustetta. Keskuskoneellisten kylmäkoneikoiden kompressorit ovat yleensä puolihermeettisiä tai avonaisia, koska ne ovat kooltaan suuria ja vikaantuessa vaihto tulisi kalliimmaksi kuin korjaaminen. Keskuskoneellisessa järjestelmässä voidaan hyödyntää joko suoraa tai välillistä järjestelmää. Kuvassa 5 CO²-Booster -kylmäkoneikko, kolmella kompressorilla varustettuna.



Kuva 5. CO² -Booster -kylmäkoneikko /10/

Kuvan 5 kylmäkoneikko kulkee mallinimellä Tectorack M Viesmann -valmistajan mallistossa. Kyseinen mallisarja on suunniteltu täyttämään pienen ja keskikokoisen supermarketin tarpeet. /10./

Keskuskoneellisia kylmälaitoksia on käytetty kaiken kokoisissa päivittäistavarakaupoissa, mutta sen kannattavuutta pienimpiin market- ja lähikauppa-kokoluokan myymälöihin on syytä tarkastella. Keskuskoneellisen kylmälaitoksen energiatehokkuus on parempi kuin välillisessä järjestelmässä, pienessä mitta-kaavassa kuitenkin paremman energiatehokkuuden tuoman säästön määrä pienenee suhteessa järjestelmän kokoon.

4 WATERLOOP-KYLMÄLAITOKSET

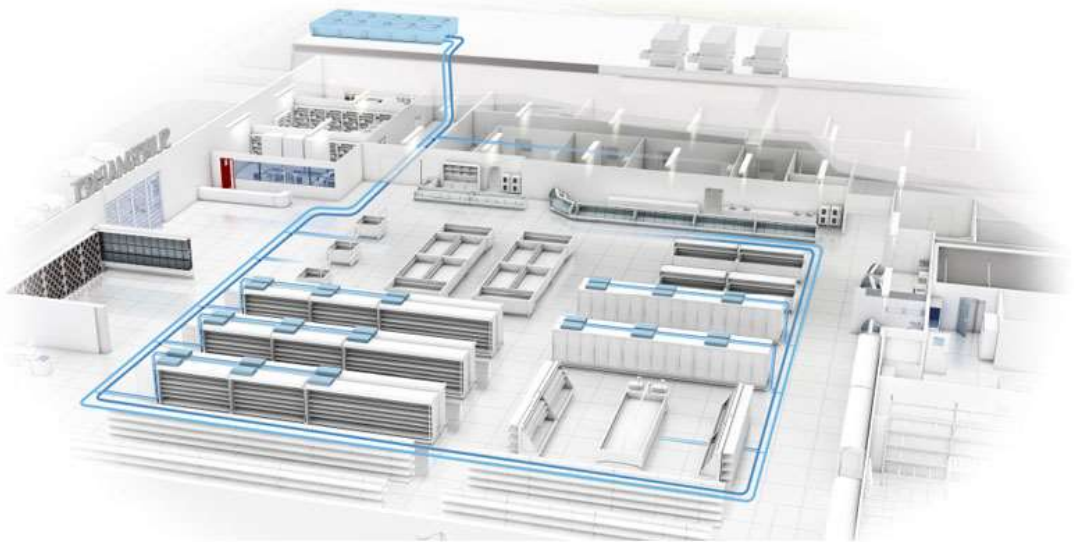
Waterloop-kylmälaitoksessa kylmäkalusteet ovat omakoneellisia, eli jokaisella kylmäkalusteella on oma kompressoriyksikkö. Tavallisesti omakoneelliset kylmäkalusteet ovat ilmalauhdutteisia, jotka lauhtuvat suoraan myymälän sisäilmaan. Waterloop-laitoksessa lauhdutus tapahtuu välillisesti lämmönsiirtimen kautta, ja lauhdelämpö siirretään väliaineen avulla joko rakennuksen lämmitykseen tai lauhdutetaan ulkopuolelle. Kylmäkalusteilla taas hyödynnetään suoran jäädytyksen hyötyjä. Kuvassa 6 Waterloop-kylmälaitoksessa käytettävän kylmäkalusteen kompressoriyksikkö eristetyssä kotelossa. Kuvan oikeassa laidassa näkyy kytkentäletkut, joilla lauhdutin kytketään lauhdeverkostoon. /4; 5./



Kuva 6. Waterloop-kylmäkalusteen kompressoriyksikkö /5/

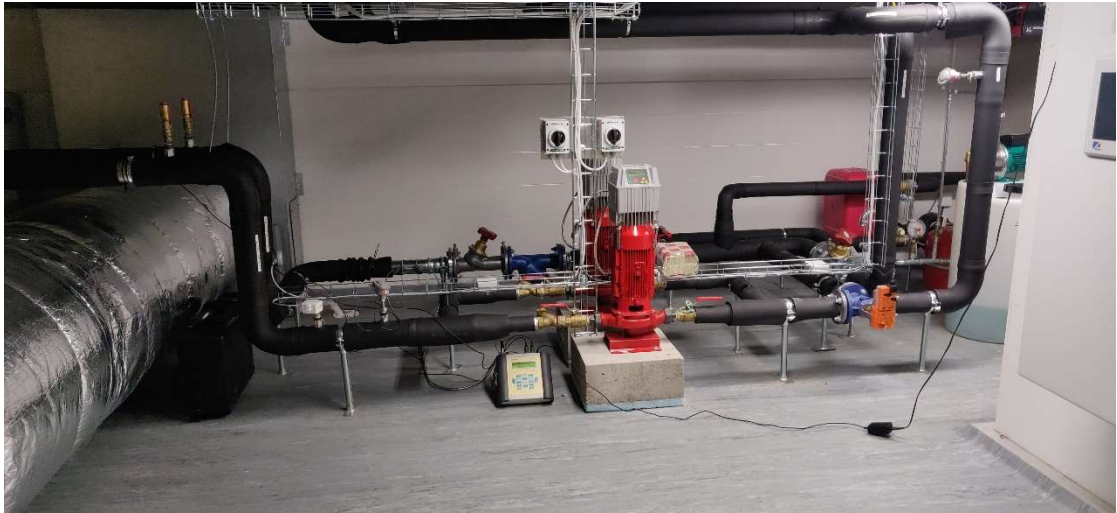
Kylmäkalusteiden kompressorit ovat hermeettisiä, tehdasvalmisteisia yksiköitä. Tämän vuoksi Waterloop-laitoksien kylmäainevuodot ovat harvinaisia, ja Waterloop-kylmälaitos on hyvä vaihtoehto, kun halutaan vähentää kylmäainevuodoista johtuvia päästöjä. /5./

Waterloop-kylmälaitoksen kokonaisuuteen kuuluvat kylmäkalusteet, lauhdeputkisto, kiertovesipumppu ja nestelauhdutin. Lisäksi kylmälaitokseen voidaan valita lämmöntalteenotto. Kylmäkalusteet liitetään lauhdeverkostoon linjasäätöventtiilillä varustettuna, jolla saadaan lauhdeverkoston virtaama säädettyä sopivaksi jokaiselle kylmäkalusteelle. /6./



Kuva 7. Waterloop-lauhdeputkisto /4/

Kuva 7 havainnollistaa Waterloop-lauhdeverkostoa, kuvan yläosassa rakennuksen ulkopuolella nestelauhdutin ja alaosassa kylmäkalusteet. Laitoksen kiertovesipumppu ja kolmitieventtiilit on mahdollista hankkia kokonaisuutena tehdasvalmisteisena pumppuasemana, tai pumppu ja tavattavat venttiilit voidaan asentaa suoraan putkistoon. Kuvassa 8 Sale Savisilta -pumppuasema.



Kuva 8. Sale Savisilta -pumppuasema

Savisillan myymälässä pumppaamo on rakennettu paikan päällä eli kiertovesipumput ja venttiilit ovat asennettuna suoraan putkistoon.

5 KYLMÄLAITOKSEN SUUNNITTELU JA RAKENTAMINEN

Suoralla järjestelmällä toimivien kylmlaitoksien rakennusaika on yleensä pidempi kuin välillisten laitoksien, koska putkiston materiaalina on yleensä käytetty juotettavaa kupariputkea tai hitsattavia teräksiä. Waterloop-laitoksessa lämmönsiirtoaineena käytetään vettä tai jäätymisenestoaineella jatkettua vettä. Kun putkistomateriaalina voidaan käyttää esimerkiksi puristusliitoksia, nopeutuu asennusaika merkittävästi. Waterloop-kylmlaitoksessa osat ovat hyvin pitkälti tehdasvalmisteisia, ja työmaalle hankittavat ja asennettavat osat ovat vähäisiä. Tämä myös nopeuttaa asennusaikaa ja saneerauskohteissa vähentää myymälän kiinnioloaikaa. /7./

Verraten keskuskoneelliseen kylmlaitokseen Waterloop-kylmlaitoksen suunnittelu ja rakentaminen on kaikilta osin nopeampaa, laitosta suunniteltaessa kylmäprosessi on jo mitoitettu tuotevalmistajan toimesta. Keskuskoneellisessa järjestelmässä kylmäprosessi mitoitetaan kohdekohtaisesti. Kylmäprosessin mitoitukseen kuuluu kylmätehontarpeen laskenta, putkiston mitoitus, kompressorin, lauhduttimen ja komponenttien mitoitus. Vastaavasti Waterloop-kylmlaitosta suunniteltaessa mitoitetaan lauhdeputkisto, kiertovesipumppu, neste-lauhduutin ja mahdolliset kolmitieventtiilit. /3, s. 34, 51, 65./

Välillisen järjestelmän kylmäkalusteiden asennus on myös jouhevampaa kuin suorissa järjestelmissä, koska kytkettäväksi jää vain lauhdeverkosto ja sähkökytkentä. Lauhdeverkoston asentajalla ei tarvitse olla kylmäalan pätevyyskysä, sekä kytkentä voidaan toteuttaa joustavilla kytkentäletkuilla, jolloin kylmäkalusteen vaihtaminen vikatilanteessa on myös helpompaa.

6 MENETELMÄT

Työssä käytettiin Flexim Fluxus F601 -virtausmittaria. Mittari perustuu ultraäänimittaukseen, ja se kiinnitetään putken ympärille, eli ei vaadita putkistomuutoksia mittauksen toteuttamiseen. Virtaaman lisäksi mittarilla voidaan mitata meno- ja paluulämpötilaa. Lämpötilan mittaamiseen tarvitaan virtausanturin lisäksi lämpötila-anturit, jotka asennetaan myös putken ympärille. Kuvassa 9 virtausmittari asennettuna putken ympärille, oikealla virtausanturit ja vasemmalla itse mittayksikkö. /8./



Kuva 9. Virtausmittari putkeen asennettuna /8/

Mittauksen pituus oli 7 vuorokautta, ja mittausvälinä käytettiin yhtä minuuttia. Mittauksessa tallennettiin tilavuusvirtaa ja meno-/paluulämpötilaa. Mittausdatan purkamiseen käytettiin Flexim FlexDiag -sovellusta, ja käsittely tapahtui Excelissä. Excelillä laskettiin lauhdeteho ja -energia sekä luotiin kuvaajat havainnollistamaan järjestelmässä tapahtuvia muutoksia. Lauhdeteho lasketaan yhtälöllä 3. /3, s. 205–206./

$$\Phi = q_v \cdot c_p \cdot \rho \cdot \Delta T \quad (3)$$

jossa	Φ	teho	[W]
	q_v	Tilavuusvirta	[l/s]
	c_p	ominaislämpökapasiteetti	[kJ/kgK]
	ρ	tiheys	[kg/m ³]
	ΔT	lämpötilaero	[K]

Lauhdeverkoston lämmönsiirtonesteen glykolin tilavuusprosentti tarkistettiin refraktometrillä. Refraktometri on laite, jolla voidaan mitata nesteen tilavuusprosentti. Ennen mittauksen aloittamista täytyy refraktometri kalibroida, kalibrointi tehdään veden avulla asettamalla valolevyllä vettä ja säätöruuvista säädetään tilavuusprosentti nolille. Jotta mittaus suoriutuu tarkasti, on mitattavan nesteen ja kalibrointi nesteen oltava samassa lämpötilassa. Tämän mittauksen refraktometrin merkki ja malli oli Atago N1, joka soveltuu 0 % - 32 % välillä olevan tilavuusprosentin mittaukseen. Kun tiedetään tilavuusprosentti, selvitetään lämmönsiirtonesteen tiheys ja ominaislämpökapasiteetti glykolin taulukkoarvoista (Liite 3).

Kylmäkalusteiden kuluttama sähköenergia luettiin kylmäautomaatiojärjestelmästä. Automaatiojärjestelmänä toimii Carel Boss. Järjestelmästä voidaan seurata kylmäkalusteiden toimintaa reaaliajassa sekä tarkastella toimintahistoriaa. Kylmäkalusteiden energiamittariin on kytketty kaikki kylmäkalusteet, nestelauhdutin, kiertovesipumppu ja kylmäkalusteiden sisäiset valaisimet. Lämpökertoimen laskemista varten täytyy energiamittarin lukemasta vähentää valaistuksen, nestelauhduttimen ja ilmalauhteisien kylmäkalusteiden kuluttama sähköenergia. Nestelauhduttimen kulutusta ei ole erikseen mitattu, joten se joudutaan arvioimaan valmistajan ilmoittaman ottotehon ja automatiikan ohjausviestin historian mukaan.

7 KOHTEET

Tutkittavat kohteet ovat kolme Sale-myymlää Mikkelissä, Sale Nuijamies, Sale Tusku ja Sale Savisilta. Kohteet ovat lähes samalla pohjalla rakennettuja kerrospinta-alaltaan 714 m² ja myymäläpinta-alaa 120 m². Kaikissa myymälöissä kylmälaitteiden lauhde-energiaa hyödynnetään rakennuksen lämmitykseen lämpöpumpulla. Kylmäkalusteista lähes kaikki on ovellisia, pakkaskalusteet ovat kaikki ovellisia. Pakkaskalusteita myymälöissä on 11,25 m, plussakalusteita ovellisina on 25,0 m, ovettomia plussakalusteita 11,25 m ja ilmalauhdutteisia 1,6 m. Myymälöissä on myös erillinen pakastehuone ja terminaali, pakkashuoneen pinta-ala on 7,1 m² ja terminaalin pinta-ala on 17,0 m².

Tuskun ja Savisillan myymälät ovat rakennettu samoilla LVI-laitteilla peräkkäisinä vuosina, Nuijamiehen myymälään on rakennettu muutama vuosi myöhemmin ja siihen on päivitetty laitteistoja. Ilmanvaihtokoneita myymälöistä löytyy kaksi. Kaikkien myymälöiden myymäläaluetta palvelevan ilmanvaihtokoneen tuloilmamäärä on 2,31 m³/s ja poistoilmamäärä 2,23 m³/s. Myymälän takatiloille ja toimistoille on oma ilmanvaihtokone, jonka tuloilmamäärä on 0,301 m³/s ja poistoilmamäärä 0,383 m³/s. Kokonaisilmamäärä siis 2,65 m³/s, tulo- ja poistoilmamäärät tasapainossa. Myymäläalueen ilmanvaihtokoneessa on palautusilmapelti, joka sekoittaa poistoilmaa tuloilman sekaan, joka vähentää raitisilmanottoa ja samalla vähentää energiankulutusta.

Tuskun ja Savisillan myymälöiden lämmönlähteenä toimii maalämpö, Nuijamiehen myymälässä päälämmönlähteenä on lauhdelämpö ja lisäksi läpivirtaustyylinen sähkökattila. Tuskun ja Savisillan maalämpöpumpuna on Gebwell Gemini 52, lämmitysteho 61 kW kun keruuliuos 0 °C ja menolämpötila 35 °C. Nuijamiehen myymälässä lämpöpumpuna on Thermian valmistama Mega L, lämmitysteho 59 kW kun keruuliuos 0 °C ja menolämpötila 35 °C. /11, 12./

Lämmönjako on toteutettu kaikissa myymälöissä samalla tavalla: myymäläalueella ilmalämmityksellä, kassojen alueella on lisänä lattialämmitys, muut tilat ovat lattialämmitteisiä. Sale Tusku ja Savisilta kytkentäkaavio liitteessä 1, Sale Nuijamies kytkentäkaavio liitteessä 2.

8 TULOKSET

Tulokset esitetään taulukossa, jossa luetellaan lauhdeverkoston meno- ja paluulämpötilat, ulkolämpötilan keskiarvo, lauhdeteho ja lauhde-energia. Taulukossa ilmoitettu menolämpötilan keskiarvo tarkoittaa kylmäkalusteille menevän viileän liuoksen keskiarvoa, paluulämpötilan keskiarvo taas kylmäkalusteelta palaavan lämmenneen liuoksen keskiarvoa. Lämpötilaeron keskiarvo kertoo meno- ja paluuputkissa virtaavan nesteen lämpötila eron keskiarvon. Nuijamiehen myymälässä lauhdelämmölle laskettiin lisäksi lämpökerroin. Ulkolämpötilan keskiarvo on laskettu ilmatieteenlaitokselta ladatusta havaintohistoriasta /9/.

Taulukossa ilmoitettu arvio vuotuisesta energiasta on laskettu tämän mittauksen päivittäisen lauhde-energiakeskiarvon perusteella. Tällä tavalla laskettu arvio vuotuisesta energiasta on todellisuutta vähemmän, koska mittaukset on suoritettu talvella ulkolämpötilan ollessa pääsääntöisesti pakkasen puolella, jolloin ilman kosteussisältö on alhaisempi. Kun kosteussisältö on alhainen, kylmäkalusteiden sisäpintoihin kondensoituu ja jäätyy vähemmän vettä. Jäätyneen veden sulatukseen käytetään sulatusvastuksia, joka kasvattaa sähkönkulutusta, määrittelemätön osa sulatusvastuksien käyttämästä energiasta sisältyy lauhde-energiaan, loput siirtyvät myymälän sisäilmaan. Lämpimällä ilmalla siis lauhdelämpöä on enemmän saatavilla, kun vastuksia käytetään enemmän.

Lauhdelämmön osalta mittaukset saatiin suoritettua ongelmitta kaikissa kohteissa, mutta kylmlaitteiden kuluttamaa sähköenergiaa ei saatu eriteltyä sähkömittarin lukemasta. Yhdessä kohteessa havaittiin poikkeavia mittaustuloksia. Mittaustulokset kasattuna taulukkoon 1.

Taulukko 1. Mittaustulokset

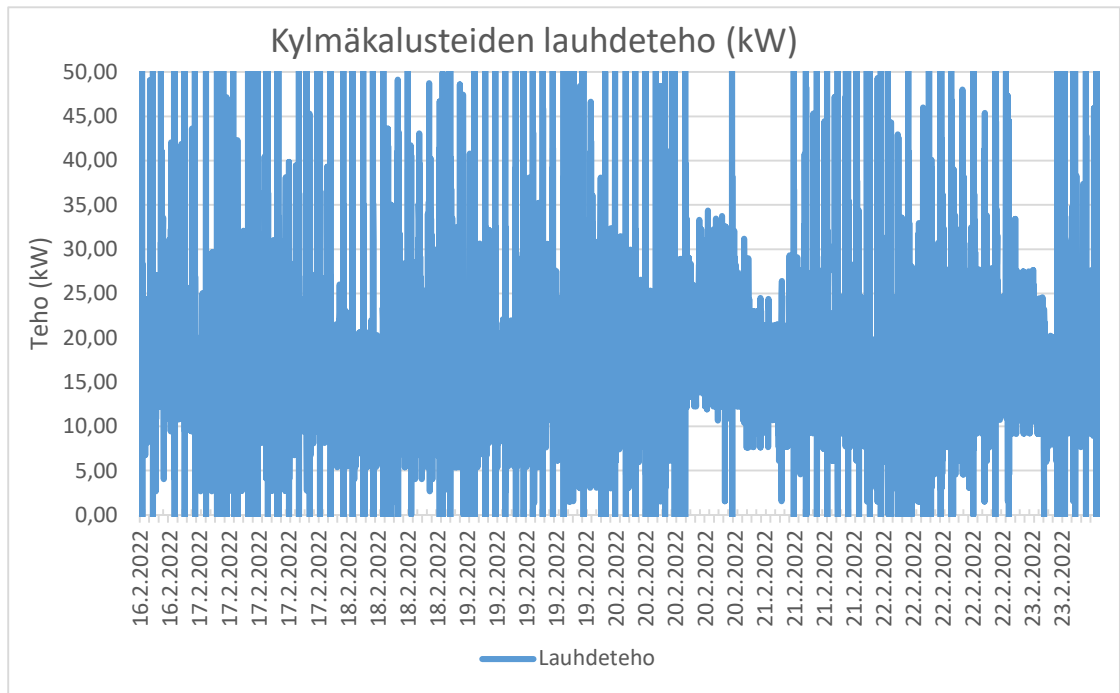
Selite	Yksikkö	Nuijamies	Tusku	Savisilta
Ulkolämpötilan keskiarvo	°C	-1,43	-4,02	-1,81
Ulkoilman suhteellisen kosteuden keskiarvo	%	93,20	90,39	84,85
Menolämpötilan keskiarvo	°C	20,72	19,41	19,87
Paluulämpötilan keskiarvo	°C	21,90	20,53	21,31
Lämpötilaeron keskiarvo	°C	1,18	1,11	1,44
Tilavuusvirta	l/s	3,68	3,76	3,21
Lauhdetehon keskiarvo	kW	17,25	16,68	17,89
Mittauksen aikainen energia (7 vrk)	kWh	2925,40	2802,83	3005,20
Arvio vuotuisesta energiasta	MWh	152,54	146,15	156,70

Mittaustulokset ovat samankaltaisia kaikkien myymälöiden välillä. Suurin lauhdetehon keskiarvo mitattiin Savisillan myymälässä 17,89 kW. Alhaisin teho taas mitattiin Tuskussa 16,68 kW, Nuijamiehen mittaus suuruusjärjestyksessä keskimmäisenä teholla 17,25 kW Lauhdetehon keskiarvo mittauskohteissa oli 17,27 kW ja seitsemän vuorokauden mittauksessa kylmäkalusteiden lauhdeenergian keskiarvo oli 2 911 kWh. Jos oletetaan, että kylmälaitos tuottaisi lauhdelämpöä tämän mittauksen teholla lämmityskauden ajan (200 vrk/a), olisi lauhdelämpöä saatavilla 83 176 kWh.

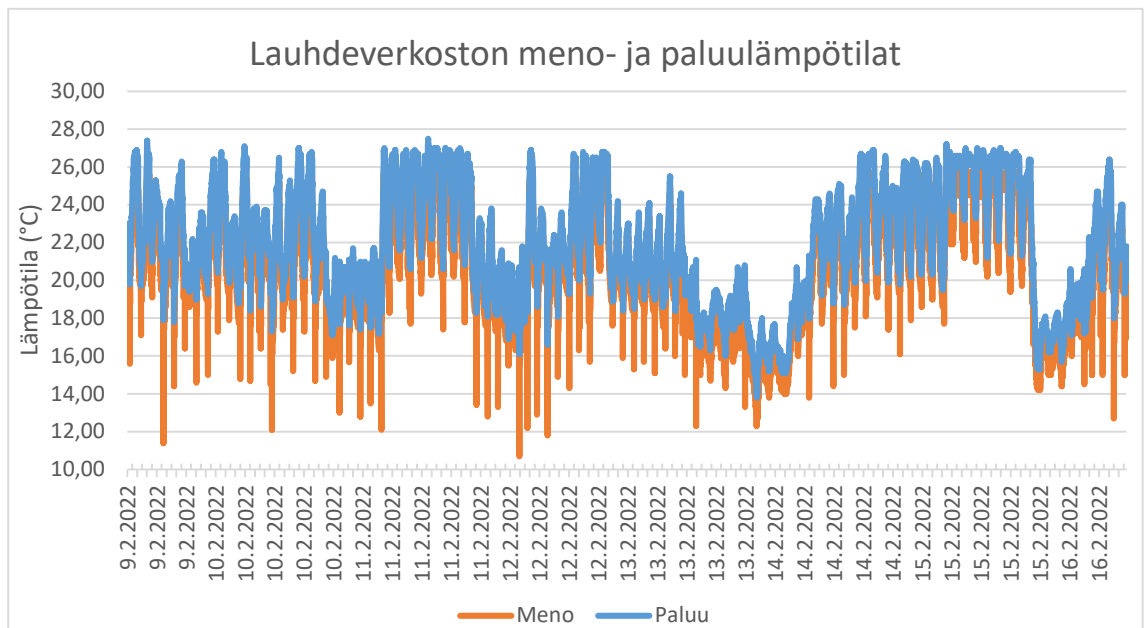
Jollei tätä lauhdelämpöä käytettäisi rakennuksen lämmitykseen vaan ostettaisiin saman verran kaukolämpöä hinnalla 70,00 €/MWh, sen energiamaksu olisi 5 822,29 €. Lauhdelämmön hinta lämpöpumpulla hyödynnettynä on 2 495,27 €, kun lämpökerroin on 4,0 ja sähkön hinta 0,12 €/kWh, kylmäkalusteiden sähkönkulutusta ei ole huomioitu. Ensimmäisen vuoden suora säästö lämmöntalteenotolle siis olisi kyseisillä energiankustannuksilla 3 327,03 €. Suora säästö saadaan vähentämällä lauhdelämpöpumpun kustannukset kaukolämmön kustannuksista.

8.1 Sale Nuijamies

Sale Nuijamiehen mittaus suoritettiin 9.02.2022-16.02.2022 aikavälillä. Tässä kohteessa havaittiin lauhdelämpötilojen ja -tehon vaihtelevan enemmän kuin muissa kohteissa, kuvassa 10 nähdään kuvaaja lauhdetehosta ja kuvassa 3 kuvaaja lauhdelämpötiloista.



Kuva 10, Sale Nuijamies kylmäkalusteiden lauhdeteho



Kuva 11, Sale Nuijamies lauhdeverkoston lämpötilat

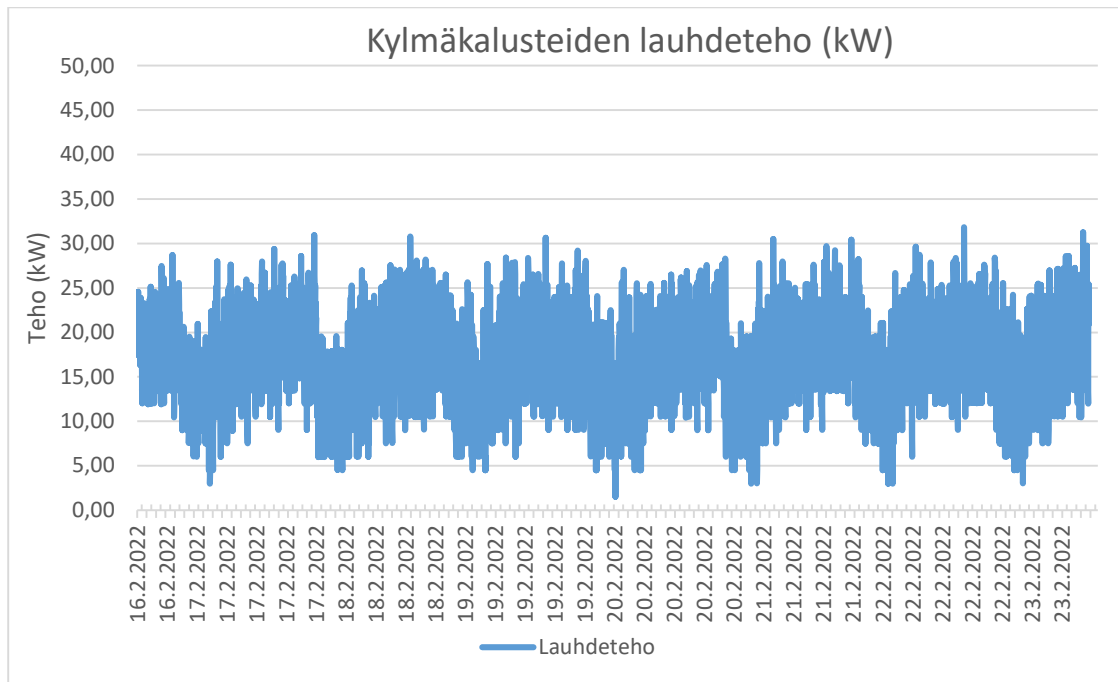
Taulukko 3, Sale Nuijamies lämpökerroin

Energiamittarista luettu sähköenergia	Tuotettu lauhdelämpö	Lämpökerroin
kWh	kWh	-
2252,00	2925,40	1,30

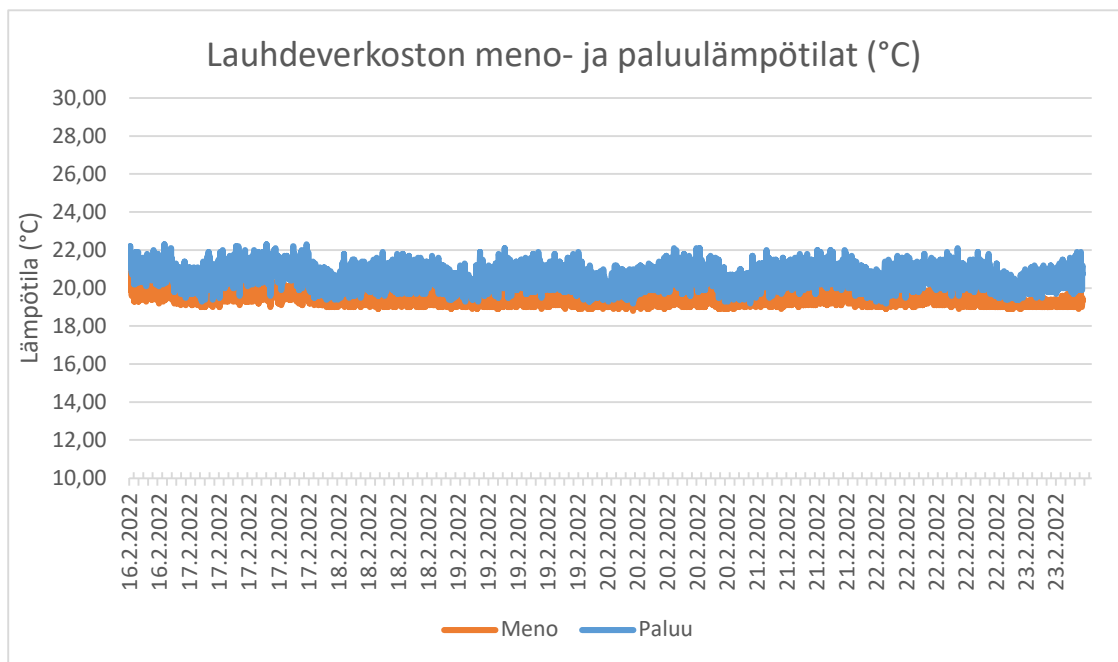
Taulukossa 4 Mittauksen aikainen sähköenergian kulutus, tuloksessa huomioitavaa, että energiamittariin on kytketty ainakin nestelauhdutin, kylmäkalusteiden valaisimet ja sulatusvastukset. Lämpökerroin on laskettu kaavalla 1. Nestelauhduttimien puhaltimien sähkönottoteho on 3 190 W suurimmalla kierrosnopeudella. Puhaltimia säädetään 0–10 V jänniteohjauksella, mittauksen aikana säätöviestin keskiarvo oli 1,54 %. Ei ole kuitenkaan tiedossa, onko puhaltimien jänniteohjaukselle asetettuna minimi- tai maksimijännitettä, joten puhaltimien ottotehoa ja tämän kautta sähköenergian kulutusta on hyvin vaikea arvioida.

8.2 Sale Tusku

Tuskun myymälän mittaus suoritettiin 16.02.2022 - 23.02.2022 aikavälillä. Tuskun myymälän lauhdelämpötilat ja -teho oli kaikista kolmesta mittauksista vakaimmat. Kuvaaja lauhdetehosta nähdään kuvasta 12 ja kuvaaja lämpötiloista kuvassa 13



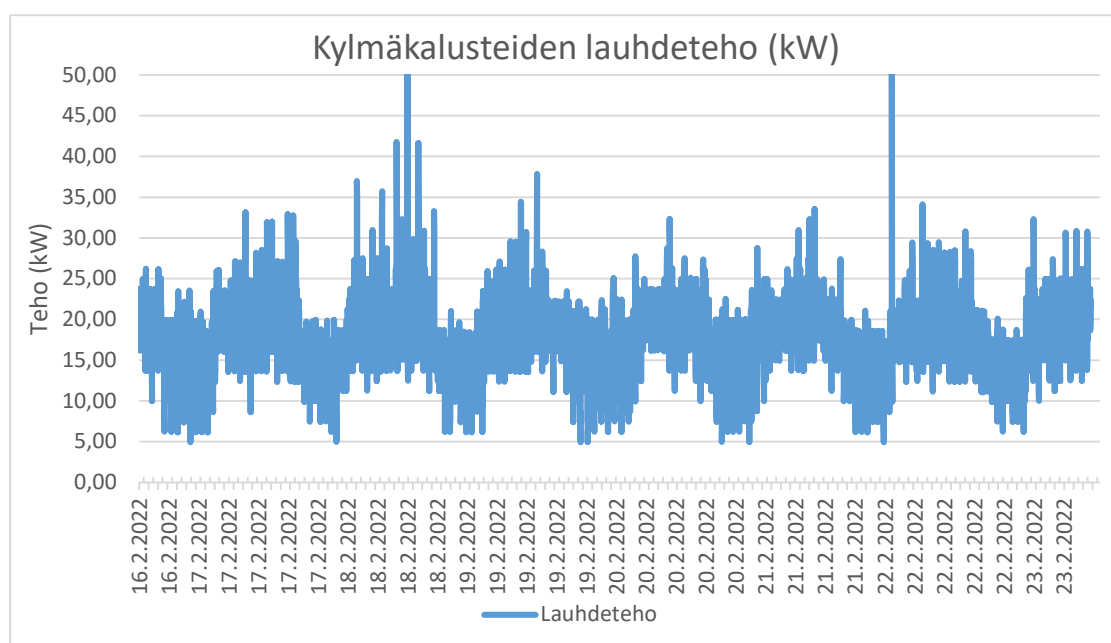
Kuva 12, Sale Tusku kylmäkalusteiden lauhdeteho



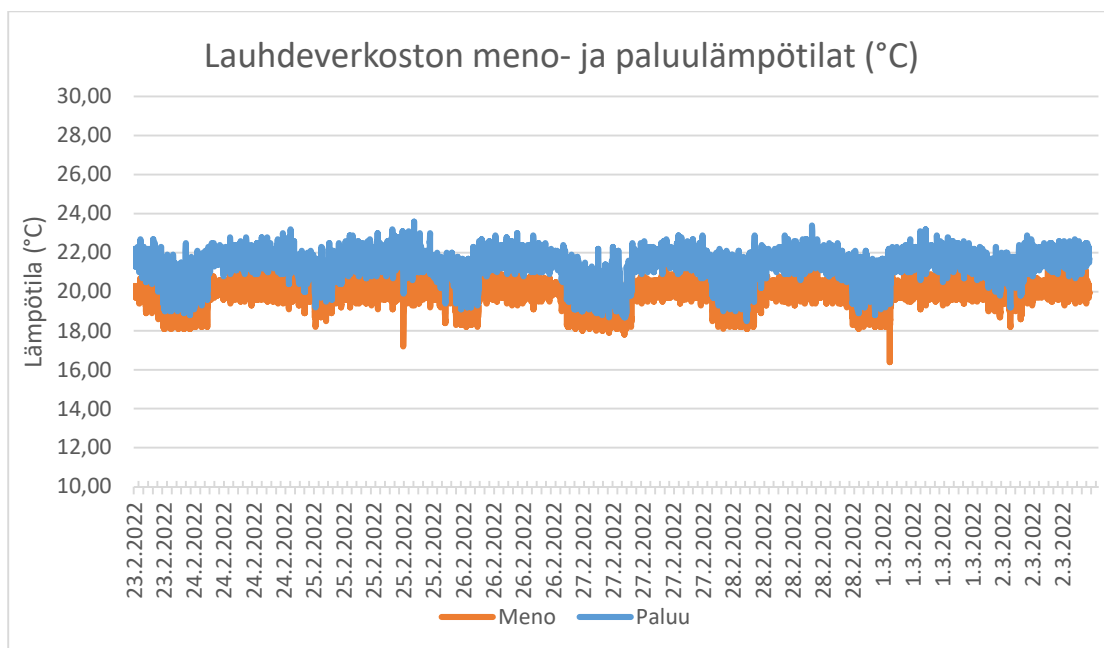
Kuva 13, Sale Tusku lauhdeverkoston lämpötilat

8.3 Sale Savisilta

Savisillan mittaus tehtiin 23.02.2022 - 02.03.2022 aikavälillä. Tässä mittauksessa lauhdelämpötila ja -teho olivat tasaisemmat kuin Nuijamiehen myymälässä, mutta hieman enemmän vaihtelua Tuskun myymälän mittaukseen verrattuna. Kuvassa 14 nähdään Savisillan mittauksen lauhdetehon kuvaaja, sekä kuvasta 15 nähdään kuvaajat mittauksen lämpötiloista, tässä taulukossa huomaa selkeästi päivän ja yön eron lämpötiloissa. Päivisin lämpötilat nousevat, kun kylmäkalusteiden ja kylmätilojen ovia avallaan.



Kuva 14, Sale Savisilta kylmäkalusteiden lauhdeteho



Kuva 15, Sale Savisilta lauhdeverkoston lämpötilat

9 POHDINTA

Sale Nuijamiehen mittauksen lämpötilojen heittelehtiminen johtuu todennäköisesti lämmöntalteenottoa säättävän kolmitieventtiilin ohjaustavasta lauhdevaraajan ja nestelauhduttimen välillä. Venttiilin ollessa pidemmän aikaa auki lauhdevaraajalle, nestelauhduttimessa oleva neste jäähtyy. Kun venttiili avataan nestelauhduttimelle, lähtee jäähtynyt nestemassa liikkeelle, jos lämpötilamittaus tallennetaan jäähtyneen nestemassan ollessa mittauspisteen kohdalla, vääristyy mittaustulos.

Kolmitieventtiili toimii tällä hetkellä vaihtventtiilinä, eli täysin auki joko lauhdevaraajalle tai täysin auki nestelauhduttimelle. Lauhdetta ajetaan varaajaan niin pitkään, kunnes varaajan lämpötilamittaus tavoittaa asetusarvon + 20 °C. Lauhdevaraajan lämpötilaa rajoittaa lämpöpumpun valmistajan ilmoittama höyrystinpiirin maksimilämpötila + 20 °C. Lämmöntalteenottoventtiilin avauksen keskiarvo mittauksen aikana oli 94 % (100 %= täysin auki lauhdevaraajalle), joten lähes kaikki lauhdelämpö hyödynnettiin myymälän lämmityksessä.

Lämpötilojen tasaamiseen auttaisi muuttamalla venttiilin ohjaus vaihtventtiilistä säättäväksi kolmitieventtiiliksi. Kolmitieventtiiliä voisi ohjata kylmäkalusteille menevän liuksen lämpötilamittauksen mukaan ja rajoittamalla lauhde-

varaajan lämpötilaa. Kylmäkalusteille menevän liuoksen lämpötilan asetusarvo voisi olla + 20 °C, ja varaajan maksimilämpötilana + 20 °C. Tällä ohjaustavalla täytyy asettaa minimilämpötilarajoitus lämpöpumpulle, ettei kylmäkalusteille menevän liuoksen lämpötila laske liian alhaiseksi.

Liitteessä 4 on kylmäkalusteiden lauhdeteho mitoitustaulukko, jossa laskennallisesti kohteiden kylmälaitoksien lämpökerroin on 2,93. Tämän mittauksen laskettu lämpökerroin on huomattavasti alhaisempi 1,30. Laskennallisella lämpökertoimella voidaan laskea kylmäkalusteiden sähköenergiankulutusta muuttamalla yhtälö 1 muotoon:

$$Kulutettu\ energia\ (kWh) = \frac{Tuotettu\ energia\ (kWh)}{Lämpökerroin} \quad (4)$$

Tuotetun energia paikalle sijoitetaan Sale Nuijamies -mittauksen lauhde-energia 2925,40 kWh/7 vrk ja lämpökertoimen paikalle laskennallinen lämpökerroin 2,93, jolloin saadaan kylmäkalusteiden kompressoreiden kulutetuksi energiaksi 998,3 kWh/7 vrk. Vähentämällä kylmäkalusteiden laskennallinen kulutettu energia Sale Nuijamiehessä mitatusta sähköenergiakulutuksesta jää jäljelle 1 253,6 kWh/7 vrk. Tämä jäljelle jäänyt sähköenergia siis tarkoittaisi sähkömittariin kytkettyjen laitteiden kulutusta pois lukien kylmäkalusteiden kompressorit. Muita laitteita mittariin kytkettynä on nestelauhdutin, kiertovesipumppu, ilmalauhdutteiset kylmäkalusteet ja kylmäkalusteiden sisäiset valaisimet.

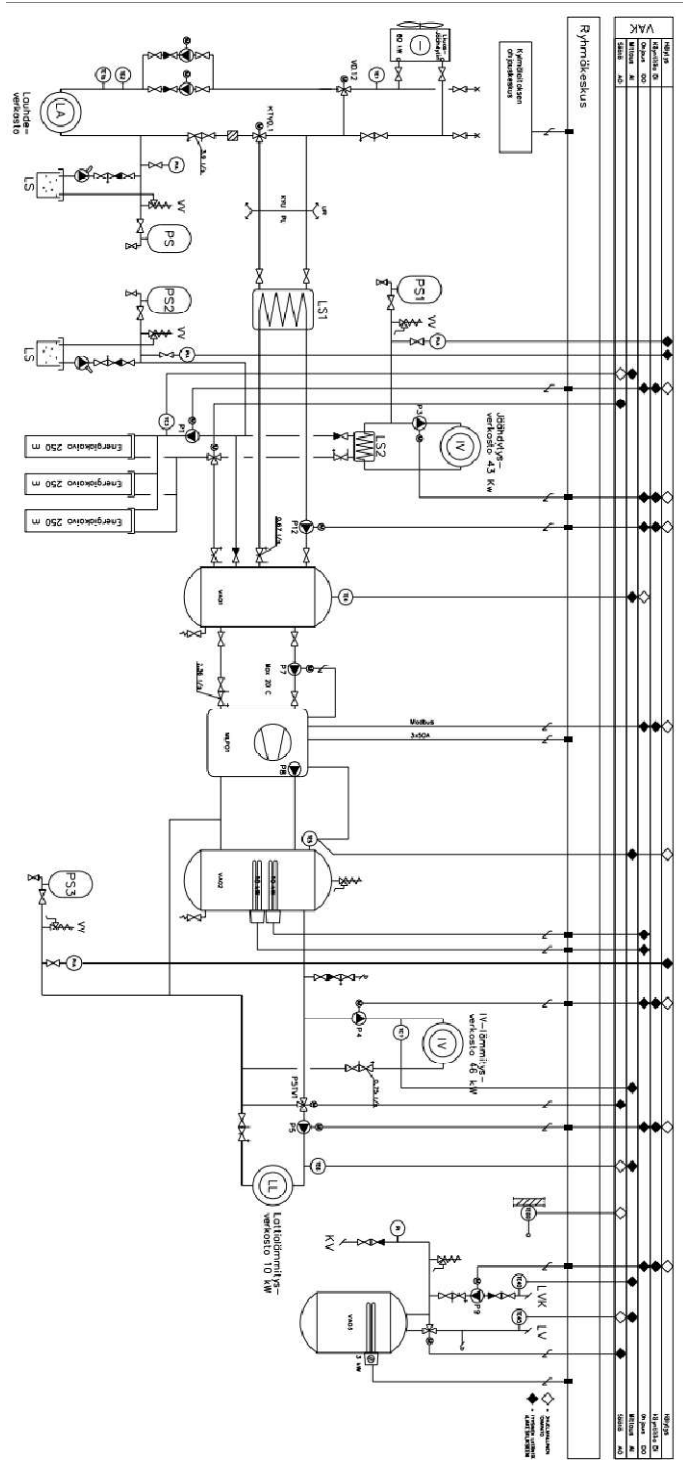
Tässä työssä päästiin osittain tavoitteisiin, eli saatiin vastaus Waterloo-kylmälaitoksen lauhdelämmön määrästä, mutta tarkkaa lämpökerrointa ei saanut laskettua, koska energiamittariin oli kytkettynä muitakin sähkölaitteita kuin kylmäkalusteiden kompressorit, eikä muiden laitteiden kulutuksia pystytty erittelemään. Lauhdelämmön mittauksien osalta voidaan tuloksia pitää luotettavina. Työssä käytetyn virtausmittarin suuruusluokka oli sama kuin verkoston suunniteltu ja säädetty virtaama, sekä lämpötilamittaukset vastasivat kiinteistöautomaatiojärjestelmästä satunnaisesti tarkasteltuja arvoja. Näistä tuloksista hyödyttään eniten Waterloo-kylmälaitoksien lämmöntalteenoton mitoituksessa ja suunnittelussa.

Tulevaisuudessa voitaisiin tutkia vastaavan järjestelmän kokonaishyötysuhdetta mittaamalla pidemmän jakson kylmäkalusteiden sähkönkulutusta ja lauhdelämpöä sekä lauhdelämpöpumpun sähkönkulutusta ja tuottamaa lämpöenergiaa. Odotettavaa tämänkaltaisessa mittauksessa on, että lämpöpumppu käy erittäin hyvällä lämpökertoimella johtuen keruuliuksen korkeasta lämpötilasta.

LÄHTEET

1. Kaappola, E., Hirvelä, A., Jokela, M. & Kianta, J. Kylmätekniiikan perusteet. Helsinki: Opetushallitus. 2011.
2. Technical report on energy efficiency in HFC-free supermarket refrigeration. Shecco. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://eia-international.org/wp-content/uploads/Energy-efficiency-in-HFC-free-supermarket-refrigeration.pdf> [viitattu 14.2022].
3. Hakala, P. & Kaappola, E. Kylmälaitoksen suunnittelu. Helsinki: Opetushallitus. 2005.
4. Waterloop. Carel. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.carel.com/application/waterloop> [viitattu 15.2.2022].
5. Semi plug-in system. Danfoss. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.danfoss.com/en/markets/food-and-beverage/dcs/semi-plug-in-system/#tab-overview> [viitattu 16.2.2022].
6. Hydroloop System. Freor. Esite. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://freor.com/wp-content/uploads/2017/03/6-Hydroloop-Small-Store-brochure-EN-DE.pdf> [viitattu 15.2.2022].
7. Tommaso, F. Five advantages of the water loop system for refrigeration in supermarkets. Blogi. Päivitetty 25.5.2017. Saatavissa: <https://www.carel.com/blog/-/blogs/five-advantages-of-the-water-loop-system-for-refrigeration-in-supermarkets> [viitattu 21.2.2022].
8. Flexim. Fluxus F601. PDF-dokumentti. 2020. Saatavissa: https://www.flexim.com/sites/default/files/2020-11/tsfluxus_f601%20-%20en-gb.pdf [viitattu 12.3.2022].
9. Ilmatieteenlaitos. Havaintojen lataus. Excel-tiedosto. 2022. Saatavissa: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus> [viitattu 10.3.2022].
10. Viesmann. Kylmäkoneikot-tuotevalikoima. WWW-dokumentti. 2022. Saatavissa: <https://kylma.viessmann.fi/fi-fi/tuotteemme/jaahdytysjarjestelmat/kylmakoneikot/tectorack-m> [viitattu 3.4.2022].
11. Gebwell. Tuotteet. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <https://gebwell.fi/tuotteet/maalampo/gemini-lampopumppu/> [viitattu 27.10.2022].
12. Thermia. Thermia Mega -tuotelehti. PDF-dokumentti. 2022. Saatavissa: https://www.thermia.fi/media/70240/thermia-mega_tuotelehti_20220303_fin.pdf [viitattu 27.10.2022].

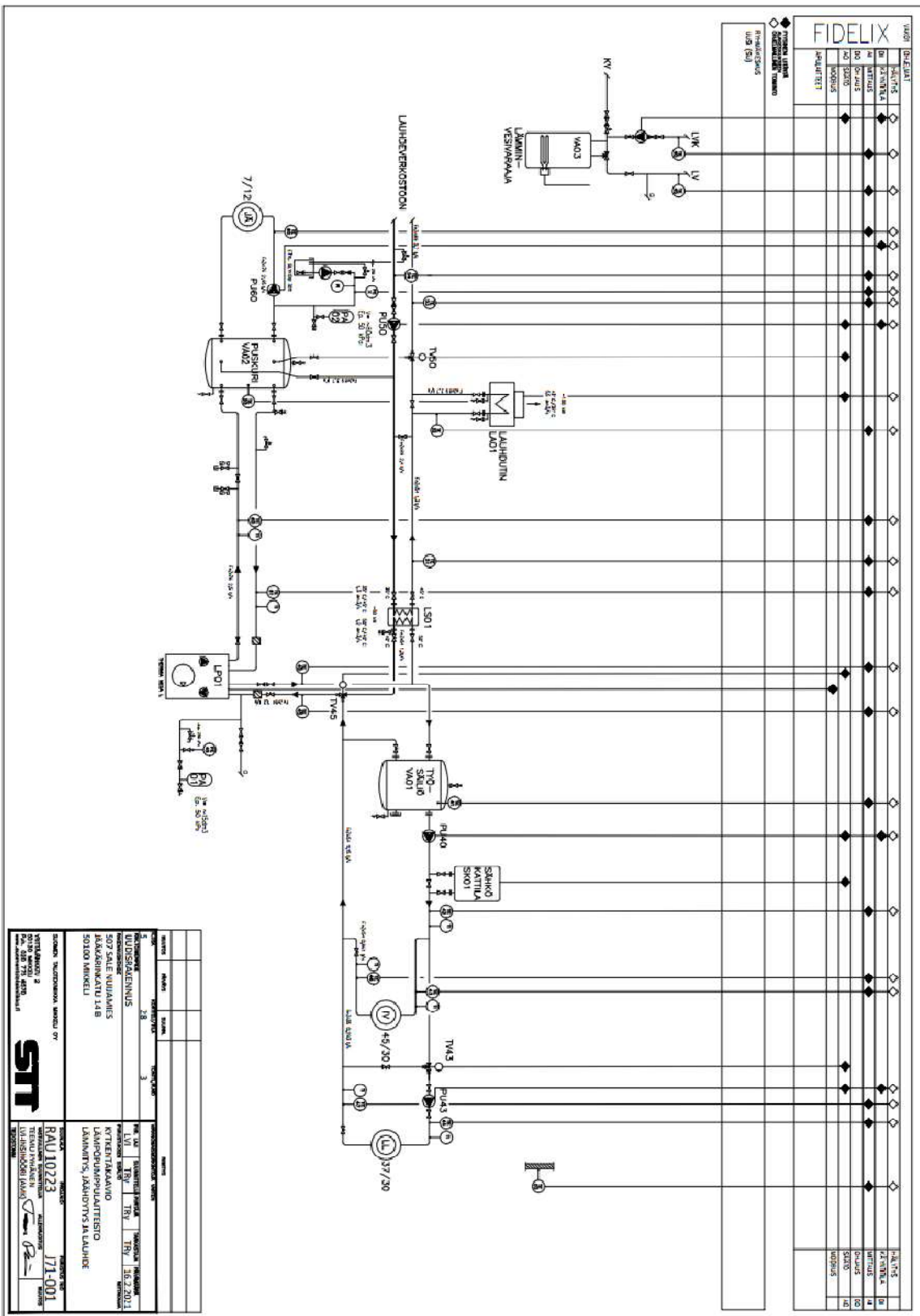
13. Motiva. Kaupan kylmälaitteiden ja -järjestelmien lauhdelämmön talteenotto -laskentaohje. PDF-dokumentti. 2012. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/files/7973/Kaupan kylmalaitteiden ja -järjestelmien lauhdelammon talteenotto Laskentaohje.pdf](https://www.motiva.fi/files/7973/Kaupan_kylmalaitteiden_ja_jarjestelmien_lauhdelammon_talteenotto_Laskentaohje.pdf) [viitattu 08.11.2022].



LOPPUPURJASTUS 1.12.2016 Suomen Tola-elektronika Mikkelin Oy

PROJEKTI KÄSIKIRJA	2016	2016	2016
PROJEKTI KÄSIKIRJA	2016	2016	2016
Uudisrakennus SALC TUUSKU luontolaitte 2 50120 Mikkelin			
Suomen Toimitus Energia Yhtiö Oy 50120 Mikkelin 09-7712390			
Projekti Suomen Tola-elektronika Mikkelin Oy	Projekti Suomen Tola-elektronika Mikkelin Oy	Projekti Suomen Tola-elektronika Mikkelin Oy	Projekti Suomen Tola-elektronika Mikkelin Oy


STT
 Suojateollisuus Oy
 Puhelin: 010-349 701
 Faksi: 010-349 701
 Sähköposti: info@stt.fi



Position	Cabinet/Room	Lenght of the cabinet	Products displayed	Product temp class	Piping Branch	LT loads	MT Loads	LT	MT	LT	MT	MT+LT
1	Freezer room DA 330				1	1 800		1 636		3 436		
2	Gran Bering 5 doors	3,75	Pakasteet	L1	2	1 955		1 777		3 732		
3	Gran Bering 3 doors	3,75	Pakasteet	L1	2	1 150		1 045		2 195		
4	Gran Bering 5 doors	3,75	Pakasteet	L1	2	1 955		1 777		3 732		
15	MT Room DA 220				1		4 000		1 739		5 739	
16	MT Room DA 130				1		2 000		870		2 870	
20	Gazelle N DG H=22 3,75 / DA 130	3,75	Juustot+Rasvat+Valiipalat	M2	2		2 080		908		2 988	
21	Gazelle N DG H=22 3,75 / DA 130	3,75	Juustot+Rasvat+Valiipalat	M2	2		2 080		908		2 988	
22	Gazelle N DG H=22 3,75 / DA 130	3,75	Juustot+Rasvat+Valiipalat	M2	2		2 080		908		2 988	
23	Gazelle N DG H=22 2,5 / DA 130	2,5	Valmiruoka	M2	3		1 390		641		2 031	
24	Gazelle N DG H=22 2,5 / DA 130	2,5	Valmiruoka	M2	3		1 390		641		2 031	
25	Gazelle N DG H=22 2,5 / DA 130	2,5	Lihavalmisteet	M2	3		1 390		641		2 031	
26	Gazelle N DG H=22 2,5 / DA 130	2,5	Lihavalmisteet	M2	3		1 390		641		2 031	
27	Gazelle N DG H=22 3,75 / DA 130	3,75	Lihakala	M1	3		2 475		1 076		3 551	
28	LIION N H=20 2V 3,75 / DA 330	3,75	Hevi Kyimä	M1	3		5 965		2 593		8 558	
29	LIION N H=20 1V 3,75 / DA 330	3,75	Hevi Viileä	M2	3		5 570		2 422		7 992	
30	Gazelle N DG H=22 3,75 / DA 130	3,75	Juomat	M2	2		2 080		908		2 988	
EFFECT BY BRANCH												
					1							12 045
					2							21 613
					3							28 224
Total		43,75			0	6 860	31 810	6 236	14 895	13 096	48 785	61 882
						Kylmäkerroin	1,83				Lämpökerroin	2,93