



Lämmitysjärjestelmän mitoitus ja loistehon kompensointi konepajateollisuusyrityksessä

Kustannustehokkuuden parantaminen Kemas Oy:ssä

Toikka Esa-Pekka

Opinnäytetyö, AMK

Kesäkuu 2024

Tekniikan ala

Sähkö- ja automaatiotekniikka, Insinööri (AMK)

Toikka Esa-Pekka

Lämmitysjärjestelmän mitoitus ja loistehon kompensointi konepajateollisuusyrityksessä

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Kesäkuu 2024, 44 sivua

Sähkötekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

Tiivistelmä

Kustannustehokkuus pk sektorilla on yhtä lailla tärkeää kuin ihmisten asumisessa ja jokapäiväisessä elämässäkin. Kemas Oy:n toimeksianto käsitti kustannustehokkuuden parantamiseen tähtäävien toimenpiteiden kartoittamista yrityksen tuotantotilojen osalta. Tavoitteena oli löytää vaihtoehtoisia keinoja toiminnan parantamiseksi ja energiankulutuksen hillitsemiseksi.

Kehittämistutkimus suoritettiin yhtiön toimitiloihin ja kulurakenteeseen tutustumalla, yrityksen johtoa ja paikallisen energiayrityksen insinööriä sekä lämmitysjärjestelmiin keskittyviä ammattilaisia haastattelemalla, sekä vaihtoehtoisia ratkaisuja laskemalla. Teoriaosuudessa keskityttiin rakennusfysiikan merkitykseen lämmityksen hallinnassa, vaihtoehtoisten lämmitysjärjestelmien, lämpöpumppujen toimintaan ja mitoitukseen sekä lois- ja pätötehon merkitykseen energiansäästön ja kustannustehokkuuden osalta.

Yrityksessä havaittiin selkeitä kehittämiskohteita ja jatkotoimenpiteitä on luvassa. Tarkempi konsultointi energia-alan ja sähköalan ammattilaisen kanssa olisi tarpeen. Selkeitä säästökohteita löydettiin ja mahdollisuuksia kulurakenteen parantamiseksi.

Avainsanat (asiasanat)

Loisteho, loistehon kompensointi, lämpöpumppu, energiatehokkuus, kustannustehokkuus, täystehomitoitus, SCOP

Ei sisällä salassa pidettävää aineistoa

Toikka Esa-Pekka

Dimensioning of the heating system and reactive power compensation in an engineering company

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, June 2020, 44 pages

Degree Programme in Energy and Environmental Technology. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

Cost efficiency in the SME sector is just as important as in people's housing and everyday life. Kemas Oy's assignment included the mapping of measures aimed at improving cost efficiency in the company's production facilities. The goal was to find alternative ways to improve operations and curb energy consumption.

The development research was carried out by getting to know the company's premises and cost structure, interviewing the company's management and the engineer of the local energy company as well as professionals focusing on heating systems, and calculating alternative solutions. The theoretical part focused on the importance of building physics in heating management, the operation and dimensioning of alternative heating systems, heat pumps, and the importance of reactive and active power in terms of energy saving and cost efficiency.

Clear improvement areas were found in the company and further measures are planned. A more detailed consultation with an energy and electrical professional would be necessary. Clear savings targets were found and opportunities to improve the cost structure.

Keywords/tags (subjects)

Reactive power, reactive power compensation, heat pump, energy efficiency, cost efficiency, full power return, SCOP

Does not contain confidential material

Sisältö

1. Johdanto.....	5
2. Kustannustehokkuuden teoriaperusta kehittämistutkimuksessa	6
2.1 Lämpöpumput.....	8
2.1.1 lämpöpumpun toimintaperiaate ja toimintakierto.....	8
2.1.2 lämpöpumpun lämpökerroin ja hyöty.....	10
2.2 Loisteho ja kompensointi	12
2.2.1 Mitä tehoa?.....	12
2.2.2 Miksi kompensoidaan?	14
2.2.3 Miten kompensoidaan?.....	15
3 Kehittämistyön tarkoitus, tavoitteet ja tutkimuskysymykset.....	18
4 Toteutus	19
4.1 kehittämistyön menetelmä.....	19
4.2 Aineiston keruu sekä kuvaus.....	20
4.3 Aineiston analyysi.....	21
5 Tulokset.....	22
5.1 Lämmitysjärjestelmän mitoitus.....	22
5.2 Loisteho	24
6 Pohdinta	26
6.1 Luotettavuus ja eettisyys	26
6.2 Keskeisten tulosten tarkastelu suhteessa alkuosan teoreettiseen viitekehykseen	28
6.3 Johtopäätökset ja kehittämis ehdotukset.....	29
Lähteet	32
Liitteet	34
Liite 1. Lämmitysjärjestelmän mitoitus-suurin öljynkulutus.....	34
Liite 2. Lämmitysjärjestelmän mitoitus- pienin kulutus.....	40
Liite 3. Tarjous 140 kW maalämpöjärjestelmän asentamisesta.....	42
Liite 4. Estekelapariston hinta vertailua varten 100 kVar.....	43
Liite 5. Estekelapariston hinta vertailua varten 45 kVar.....	44

Kuviot

Kuvio 1. Lämpöpumpun periaatekaavio.....	8
Kuvio 2. Maalämpöpumpun toimintakierto.....	9
Kuvio 3. Tehokolmio.....	13
Kuvio 4. tehokertoimen parantaminen kulmaa pienentämällä.....	17

Taulukot

Taulukko 1. Lämmitysjärjestelmän mitoitus.....	23
Taulukko 2. Loissähkö maksusta ja kulutuksesta (todellinen ja laskutettu)	25

Kaavaluettelo

Kaava 1. Tehon kaava
Kaava 2. Mekaanisen tehon laskenta
Kaava 3. lämpökertoimen COP laskentakaava
Kaava 4. Näennäis-, pätö- ja loistehon laskentakaava

Lyhenteet ja termit

COP	Lämpökerroin (coefficient of performance) kuvaa energiatehokkuutta, joka kertoo, kuinka paljon lämpöenergiaa lämpöpumppu tuottaa käyttäessään tietyn määrän sähköenergiaa. COP määritellään standardin EN14511 mukaisesti. Tavallaan hetkellinen lämpökerroin, vrt. SCOP
IVLP	Ilma-vesilämpöpumppu. Lämmön keruu tapahtuu tyypillisesti laitteen ulkoyksikköön asennetulla lämmönsiirtimellä
Kylmäsilta	Rakennusosassa oleva, viereisiin aineisiin verrattuna hyvin lämpöä johtavasta aineesta tehty rakenneos, jonka kohdalla lämpötilaeron vaikutuksesta rakennusosan pintojen läpi kulkevan lämpövirran tiheys on jatkuvuustilassa viereiseen alueeseen verrattuna suurempi.
LP	Lämpöpumppu. Laite, joka tuottaa lämpöä kylmäprosessin avulla.
Lämmönjohtavuus (λ)	$W/(m \cdot K)$ Lämmönjohtavuus ilmoittaa lämpövirran tiheyden jatkuvuustilassa pituusyksikön paksuisen tasa-aineisen ainekerroksen läpi, kun lämpötilaero ainekerroksen pintojen välillä on yksikön suuruinen.
Lämmönläpäisykerroin U	$W/(m^2 \cdot K)$ Lämmönläpäisykerroin ilmoittaa lämpövirran tiheyden, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien ympäristöjen välillä on yksikön suuruinen.
Näennäisteho S	Yksikkö VA (voltti ampeeri), sähköjärjestelmän kokonaisteho joka muodostuu pätötehosta P (W) ja loistehosta Q (var) tehokolmion avulla
osateho	Osateholla tarkoitetaan lämmitysjärjestelmän laitetta, joka ei kata koko tehon- tai lämpötilatarvetta. Täysteho toinen vaihtoehto.
RakMK	Rakennusmääräyskokoelma

SCOP

Keskimääräinen lämpökerroin koko vuoden aikana (vuodessa saatu lämpöenergia/vuodessa kuluneella sähköenergialla).

1 Johdanto

Toimivan yrityksen kuvaan kuuluu järkevä ja tarkka taloudenpito. Kulurakennetta tarkkailemalla ja turhia kuluja karsimalla tervehdytetään myös yrityksen perusteita. EU:n, valtion ja kuntien tasolla kiinnitetään koko ajan enemmän huomiota yritysten energiatehokkuuteen. Virkamiestasolla niin päättäjiltä kuin yritystasolla yrityksen toimijoilta vaaditaan koko ajan enemmän. (EU 2018/2001, 5.) Toisaalta yrityksiä myös tuetaan niiden pyrkiessä säästämään energian suhteen. Tämän kehittämistutkimuksen tarkoituksena oli auttaa Kemas Oy:tä löytämään keinoja toimintansa parantamiseksi ja kulurakenteen korjaamiseksi kustannustehokkuutta parantamalla.

Kemas Oy on Kouvolan Myllykoskella vuodesta 1989 lähtien toimiva konepajateollisuusyritys, joka toimii jo toisessa polvessa. Kemasin palveluntarjonta kattaa laaja-alaisesti metalliteollisuuden eri tarpeita teräsrakentamisesta tehtaiden vuosihuoltoihin, koneiden purku- ja kunnossapitotöihin, perinteiset konepajatyöt, koneistukset, hitsaukset ym. metallitöihin liittyvät toimet ja laiteasennukset, sekä nosto- ja kuljetuspalvelut. (Teollisuuden kunnossapitotyöt. N.d.) Yrityksen henkilöstömäärä vaihtelee hyvin paljon riippuen kauden luonteesta. Esimerkiksi tehtaan vuosihuollon yhteydessä, yrityksen henkilöstömäärä saattaa nousta useisiin kymmeneen, kun taas Finderin mukaan virallinen henkilöstönmäärä rajoittuu 10–19 vuosien 2019–2022 välillä. Liikevaihdon kasvu on jatkunut voimakkaana jo useita vuosia. (Taloustietoja Finder-sivustolta. N.d.)

Tulevina vuosina kasvua haetaan laadukkaasta palveluntarjonnasta, eri toimialojen yhdistämisestä ja jatkuvista investoinneista uuteen konekantaan. Yrityksessä uskotaan myös vahvasti puhtaan ympäristön tärkeyteen, tästä on mm. osoituksena yritykselle myönnetty HSEQ-laatustandardi sertifikaatti. (HSEQ.N.d). Samaa laatua yritys myös odottaa asiakkailtaan. Kemas Oy on onnistunut hyvin sukupolven vaihdoksessa. Yrityksen perustaja Seppo Tiihonen oli siirtänyt jo 2005 yrityksen vetovastuun pojalleen Janne Petäjistölle. 2013 yrityksen vetovastuun otti nuorempi poika Antti Tiihonen toimitusjohtajan tittelillä, Janne Petäjistön siirtyessä henkilöstö- ja hankintapäällikön rooliin. Lisäksi lapsista vielä Satu Kymäläinen toimii talouspäällikön toimessa. Sen lisäksi vielä satunnaisesti nuorempi kolmas polvi on työskennellyt yrityksessä kesäisin ja kausittain tarpeen vaatiessa ja lasten koulujen ja muiden toimien niin suodessa. Yrityksen tulevaisuus on vahvasti perheeseen sidottu, ja toiminta ainakin jossain muodossa tulevaisuuteen taattu. Tulevaisuus on myös vahvasti sidottu kansanvälisiin suhteisiin, sellun maailmanmarkkinahintaan sekä itä-Euroopassa toimivien yritysten toimintaan. (Petäjistö 2023.)

Kemas Oy:ssä oli jo pidemmän aikaa keskusteltu vanhan lämmitysjärjestelmän korvaamisesta ja uuden lämmitysjärjestelmän hankkimisesta sekä energiankulutuksen tarkastelusta yleisemmällä tasolla. Korkea energianhintaa aiheuttaa haasteita myös teollisuudessa. Energia- ja sähkötekniikka ei ole yrityksen ydinosaa ja tästä syystä asiaa haluttiin tarkastella hieman ulkopuolisen näkökulmasta. Kemas Oy:llä oli siis selkeä tarve saada tietoa markkinoilla olevista soveltuvista lämmitysjärjestelmistä sekä mahdollisista kehittämisideoista sähkölaskun suhteen. Tällainen toiminta osoittaa, että yrityksessä myös toimitaan HSEQ- laatustandardien mukaan.

Tässä opinnäytetyössä keskityttiin kahteen eri kokonaisuuteen energiankulutuksen näkökulmasta pyrkien parantamaan kustannustehokkuutta. Ensimmäinen osa käsitti lämmitysjärjestelmän mitoittamista ja siitä mahdollisesti koituvia säästöjä. Mitoitus toteutettiin alan ammattilaisten kanssa asiantuntijoita haastatellen ja käyttäen Bosch VPW2100 mitoitusohjelmaa. Toinen osa käsitti loistehon kulutusta ja mahdollista kompensoinnin tarvetta. Sähkölaskujen ja haastattelujen kautta tilannetta selvitettiin useammalta vuodelta. Näin ollen tavoitteena oli selvittää, löytyykö yrityksen toiminnassa puutteita näiltä osin ja voidaanko ne korjata järkevällä toiminnalla.

Tutkimustulosten hyödyntämistä yleisellä tasolla voisi harkita konepajateollisuus, teollisuus, jossa loistehon kulutus tai tuotto on yritykselle kuluera kuten kasvihuoneet tai suuremmat kiinteistöt. Myös energiassektori yleisellä tasolla kustannustehokkuuden parantamisen kannalta saattaisi olla kiinnostunut tutkimuksen sisällöstä. Lämmitysjärjestelmän mitoituksen osalta, yritykset, joissa lämpöpumppuja asennetaan, mitoitusohjelmat tuovat hyvän työkalun oikeanlaisen järjestelmän löytämiseksi. Ohjelmat ovat loppujen lopuksi yllättävän tarkkoja ja antavat tuloksia, joita asentajien on syytä huomioida, oikeankokoista järjestelmää valitessa.

2 Kustannustehokkuuden teoriaperusta kehittämistutkimuksessa

Tilastokeskuksen julkaisusta, jossa tarkasteltiin energian hankintaa ja kulutusta vuodelta 2022 käy hyvin selkeästi ilmi, että sähkön korkea hinta johtaa vääjäämättömästi myös kulutuksen alenemiseen. (Energian hankinta ja kulutus 2022, 2023.) Eurooppa on viimeisen parin vuoden aikana joutunut sopeuttamaan energiateollisuuttaan uudella tavalla Ukrainassa käytävän sodan takia. Tehokas energiankulutus on aina hyvä asia ja aina kun tarkemmin asioita aletaan käymään läpi, yleensä

aina myös löydetään jotain parannettavaa. Teollisuudella ei kuitenkaan välttämättä ole samanlaisia keinoja käytettävissä kuin meillä pienkuluttajilla. Varmistaakseen toiminnan ja töiden jatkumisen, koneet ja tuotanto on pidettävä käynnissä melkein pä riippumatta energianhinnasta, ainakin jonkinlaiseen kipukynnykseen asti.

Teoreettinen viitekehys ovat ilmiöitä selittävät lainalaisuudet. Ne ovat hyvin täsmällisesti esitetty kirjallisuudessa ja riippumatta ajallisesta yhteydestään, näkisin ne hyvin ajankohtaisena tänäkin päivänä. Jossain määrin fysikaalisen maailman lainalaisuuksiin, joihin katson lämpöpumppujen, termodynamiikan ja loistehon kompensoinnin kuuluvan, lukisin mukaan myös tietyt matemaattisen lainalaisuudet. Energiankulutukseen ja siihen liittyvään mahdolliseen säästöön ja niiden laskeamiseen liittyvät matemaattiset lausekkeet ovat melko tarkkaan määriteltyjä useissa kirjallisissa lähteissä. Rakennusfysiikkaan liittyvät toimet eivät varsinaisesti liity tämän tutkimuksen keskiöön, mutta niillä toimilla on energiakulutuksen kannalta huomattava merkitys, joten mahdollisia toimenpiteitä suunniteltaessa nekin kannatta huomioida huolellisesti. Erityisesti lämmönjohtavuus ja sen merkitys energiataseen on hyvin tärkeää energia- ja kustannustehokkuuden kannalta. Rakennusfysiikan osalta myös teoriapohjan luo termodynamiikka.

Tässä tutkimuksessa keskitytään seuraaviin tutkittaviin suureisiin, energia ja sen suuruus, sekä teho ja erityisesti lois- ja pätöteho. Teho tarkoittaa energian määrää aikayksikköä kohden ja on laskettavissa kaavalla (kaava 1).

$$P = \frac{E}{t}$$

Tehon SI yksikkönä on Watti (W), joka vastaa joulen energiamäärää sekunnissa. Näin teho määritellään sähköisessä järjestelmässä ja toisaalta mekaanisessa järjestelmässä vastaava on työ jaetuna siihen käytetyllä ajalla (kaava 2).

$$P = W/t$$

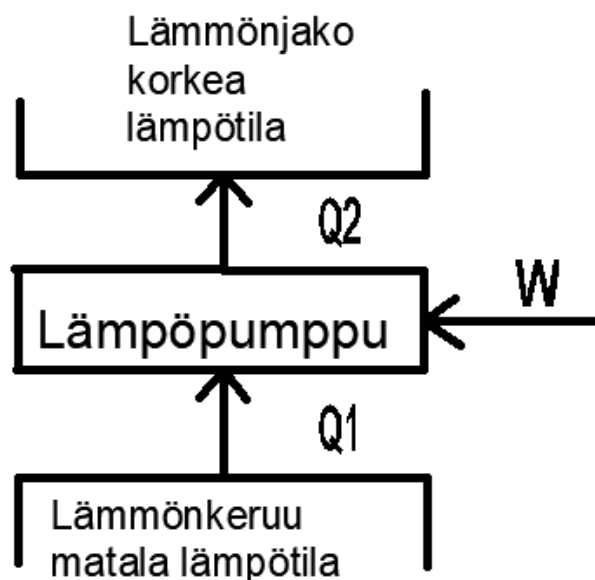
Energian kulutusta mitattaessa on hyvä tietää ja ymmärtää seuraava suhdeluku 1 kWh=3,6 MJ. (Jokela 2019, 6.) Varsinkin lämmitysjärjestelmiä mitoittaessa joudutaan usein laskemaan ja muuttamaan kilowatteja jouleksi ja päinvastoin. Tehty työ tietyllä teholla määritellyn ajan, tietyn tehoin moottorin tai lämmitysjärjestelmän käyttäminen määritellyn ajanjakson ajan kertoo meille

käytetyn energiamäärän. Käytetty (tai pikemminkin säästetty) energia on meidän koko tutkimuksen perusta.

2.1 Lämpöpumput

2.1.1 lämpöpumpun toimintaperiaate ja toimintakierto

Härkönen (2017) kuvailee lämpöpumpun toimintaperiaatteen seuraavanlaisesti, jonka voimme nähdä myös edellä olevasta kuvio 1. Auringosta tullut energia on lämmittänyt maaperää ja ilmaa samoin. Lämpöpumpun avulla tätä lämpöenergiaa hyödynnetään, esim. rakennusten lämmittämiseen. Lämmönlähteenä toimii maaperä (ilma tai vesi), ja meille riittää, vaikka muutaman asteen lämpötilaero, jolloin sopivalla lämmönkeruu- ja kylmäaineella saadaan lämpöenergia siirtymään rakennuksen sisälle. Kyseessä on perusfysiikan lainalaisuudet, termodynamiikka.



Kuvio 1. Lämpöpumpun periaatekaavio

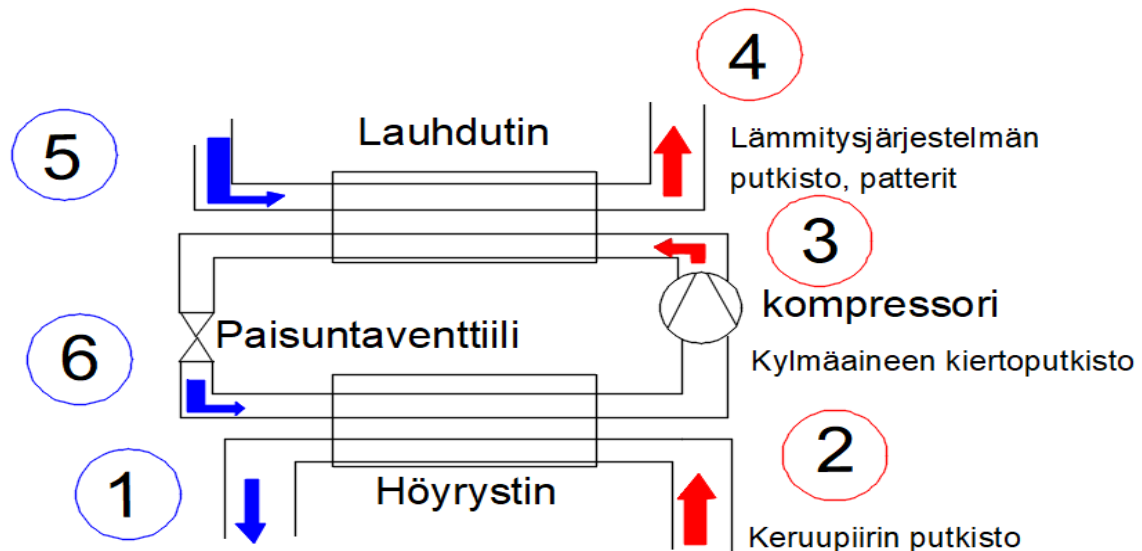
Periaatteellisella tasolla lämpöpumpun toimintaa voitaisiin kuvailla edellä olevan kaavion perusteella. Matalan lämpötilan omaavasta ympäristöstä kerätään sopivalla aineella (lämmönkeruunesteellä) lämpöenergiaa, joka sitten ulkoisen työn (sähköenergian) avulla siirretään korkeamman lämpötilan omaavaan lämmönjakoon ja luovutetaan siellä sopivaan aineeseen, esim. ilmaan tai veteen. Tämän lämpöenergiansa lämmönkeruuaine luovuttaa ensin kylmäaineelle, joka omalla kierrolla luovuttaa lämpöenergiansa kiinteistön esim. ilmaan tai vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. (Härkönen 2017.)

$$Q_2 = Q_1 + W$$

Q_2 = prosessista saatu lämpö

Q_1 = prosessiin tuotu lämpö

W = prosessiin tehty työ (prosessiin tuotu sähköenergia, josta joudutaan maksamaan)



kuvio 2. Maalämpöpumpun toimintakierto

Härkönen (2017) käy perusteellisesti omassa esitelmässään läpi lämpöpumpun toimintaperiaatteen. Yksinkertaistettuna ja tiivistettynä toimintaperiaate voitaisiin esimerkkinä esittää maalämpöpumpun toimintakaavio. Maaperään sijoitetaan sopivalle syvyydelle lämmönkeruuputkisto ja siinä kiertää jokin sopiva lämmönkeruuneste. Lämpöpumpun varsinaiset osat ovat höyrystin, kompressori, lauhdutin ja paisuntaventtiili. Lämpöpumppuun tarvitaan jokin sopiva kylmäaine kiertämään ja siirtämään lämpöenergiaa lämmönkeruunesteen ja sen kohteen välille johon lämpöenergiaa luovutetaan. Lämmönkeruuneste (1) kiertää maahan sijoitetussa putkistossa keräten lämpöä, lämmeten yleensä muutaman asteen, max. n. 4 astetta. Tämän jälkeen se virtaa lämpöpumpun höyrystimeen (2), jossa on väliseinä erottamassa kylmäaineen ja lämmönkeruunesteen toisistaan. Lämmönkeruuneste luovuttaa lämpöenergiaa kylmäaineelle, joka höyrystyy. Jäähdyntynyt lämmönkeruuneste pumpataan takaisin maaperään keräämään uudestaan lämpöenergiaa (1). Kompressori imee kylmäaineen höyrystimestä ja nostaa samalla sen painetta, jolloin höyrystynyt kylmäaine lämpenee vielä voimakkaasti. Kompressori toimii sähköenergialla, josta joudutaan maksamaan.

Kompressorista kuuma höyry (3) siirtyy lämpöpumpun lauhduttimeen, jossa höyry tiivistyy nesteeksi ja osittain alijäähtyy. Samalla vapautuu lämpöenergiaa, jota pyritään ottamaan talteen esim. vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään (4) rakennuksessa, (5) vastaa rakennuksen lämmitysjärjestelmän jäähtynyttä paluunestettä. Nesteytynyt ja lämpöenergiaa luovuttanut kylmäaine virtaa seuraavaksi paisuntaventtiiliin. Paisuntaventtiilin tehtävä on pitää yllä paine-eroa lauhduttimen ja höyrystimen välillä ja varmistaa, että höyrystimeen menevä kylmäaine on oikeanlaisessa paineessa ja osittain höyrystynyt mennessään höyrystimeen (6). (Härkönen 2017.)

Lämpöpumppujen toimintaperiaate on suhteellisen samanlainen eri pumppumallista riippuen, lämmönlähde lämmönkeruunesteelle vain vaihtelee. Tässä työssä tarkastellaan maalämpöpumpun toimintaperiaatetta ja vaihtoehtoa uudeksi lämmitysjärjestelmäksi täystehomitoituksella (lämmitysjärjestelmä riittää 100 prosenttisesti kattamaan tehon tarpeen). Kolmen hallin päälämmönlähteenä on öljylämmitys ja polttoöljyn voimakkaan hinnan nousun takia etsitään vaihtoehtoisia lämmitysratkaisuja.

2.1.2 lämpöpumpun lämpökerroin ja hyöty

Lämpöpumpun tärkein ominaisuus on lämpökerroin, joka ilmoitetaan ns. COP-lukuna. Periaate johon lämpöpumppujen hyöty perustuu, on se, että prosessista saadaan enemmän lämmitystehoa kW kuin siihen käytetään sähkötehoa kW. Lämpöpumppu ei täytä tehtäväänsä, mikäli COP-luku jää vaatimattomaksi. Härkönen (2017) esittää hyvin yksinkertaistettuna vastaavanlaisen esimerkin. Mikäli pumppu käyttää 1 kW sähköenergiaa (kompressorin tarvitsee toimiakseen sähköenergiaa) ja tuottaa 2 kW lämmitysenergiaa, silloin jokainen maksettu 1 kWh tuottaa 2 kWh energiaa ja COP-luku on tällöin 2. Lämpökertoimesta nähdään siis suoraan kuinka paljon laite tuottaa lämpöenergiaa enemmän kuin suora sähkölämmitys. Näin ollen sekä energiatehokkuus että lämmitysteho, ovat lämpöpumppujen tärkeimmät ominaisuudet. Eli yksinkertaisesti lämpökerroin COP on energiatehokkuusluku, joka kertoo, tuotetun lämpöenergian suhteen ϕ (kW) käytettyyn ostoenergiaan (eli sähköenergiaan) W (kW). COP lasketaan seuraavanlaisella kaavalla (kaava 3). (Härkönen 2017.)

$$COP = \frac{\phi}{W}$$

Härkönen (2017) ja Luoma (2014) tuovat hyvin havainnollista esille suurimman mahdollisen lämpökertoimen teoria perustan COP_{max} laskemisen. Kyseessä on ns. Carnot-prosessi eli ideaalinen vertailuprosessi, jossa perusolettamuksina kaikki tapahtuu häviöttömästi, virtaukset ovat kitkattomia eikä tarvita lämpötilaeroja lämmönsiirtoon.

$$COP_{max} = \frac{T_l}{T_l - T_h}$$

Lauhtumislämpötila (T_l) jaetaan lauhtumislämpötilan ja höyrystymislämpötilan (T_h) erotuksella, lämpötilat Kelvin-asteina. (Härkönen 2017; Luoma 2014, 16.) Tällä lauseella saadaan suurin mahdollinen lämpökerroin mikä edes teoriassa voisi olla mahdollista. Millään todellisella lämpöpumpulla ei tietenkään voi olla tätä suurempaa lämpökerrointa. Härkösen (2017) karkean arvion mukaan n. puolet em. arvosta. Luoma (2014) taas esittää tärkeinä huomioina mm. ne seikat, että kylmäaineen puristus ei tapahdu kompressorissa häviöttömästi, kompressorissa, putkistossa, höyrystymisessä ja lauhduttimessa tapahtuu painehäviöitä. (Luoma 2014, 16). Carnot-prosessin lausekkeessa on hyvä kiinnittää huomio siihen, että mitä pienempi on lauhtumis- ja höyrystymislämpötilan erotus, sitä parempi lämpökerroin saadaan aikaiseksi. Tämä pätee myös yleisesti.

Monessa yhteydessä näkee lämpökerrointa kutsuttavan hyötysuhteeksi, lämpöpumpun lämpökerroin ei ole sama asia kuin hyötysuhde, joka on aina pienempi kuin 1. Vielä COP-lukua tärkeämpi luku on SCOP-luku, (Seasonal Coefficient of Performance) joka kuvaa koko lämmityskauden aikana tuotetun energian määrän suhdetta lämmityskauden aikana käytettyyn kokonaissähköenergiaan (laitekohtaisesti tietenkin molemmat arvot). Näin ollen SCOP:ssa huomioidaan lämmityskauden aikana eri ilmastolliset vaikutukset. Siksi SCOP kuvaa paremmin todellista lämpökerrointa. Toki todellisen SCOP:n ja myyntiesitteissä esitetyn SCOP-luvun välillä voi useimmissa tilanteissa olla hyvin suuri eroavaisuus.

Rantanen (2015) esittää hyvin tärkeän huomion todetessaan, että lämpökertoimien mittaaminen ja esittäminen on standardin mukaan määritelty. Tämän takia lämpökertoimien vertaileminen voi itsessään olla jo melko haastavaa. Hän on löytänyt useita eroja sen mukaan mitä standardia, milloinkin käytetään. Hyvänä esimerkkinä voisi tuoda esille esim. sen, että vanhassa standardissa ei ole huomioitu liuospumpun ottamaa tehoa, jolloin tähän standardiin viittaava lämpökerroin on automaattisesti suurempi. (Rantanen 2015, 16.) Kaiken kaikkiaan SCOP on kuitenkin parempi luku, vaikka senkin osalta kritiikkiä löytyy mm. siitä millaisissa olosuhteissa lukema on saatu. Harvoin

myyntiesitteissä mainitut ja luvut arvot ovat mitattu Suomen vaativissa olosuhteissa, vaan sellaisissa, joissa lämpötila harvoin laskee pakkasen puolelle.

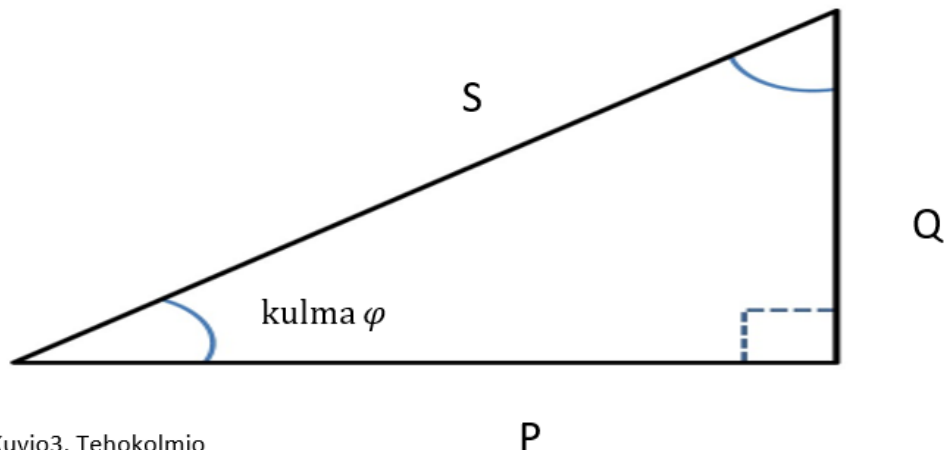
Sekä Luoma (2014), että Rantanen (2015) erittelevät hyvin töissään eri lämpöpumppumallien lämpökertoimien käyttäytymistä. Tiivistäen voisi todeta maalämpöpumpulla olevan paras lämpökerroin ja maalämpöpumput voitaisiin mitoittaa ympärivuotiseen käyttöön täystehoisesti. Vastavasti ilmalämpöpumppujen ja ilma-vesilämpöpumppujen lämpökertoimet heikkenevät merkittävästi lämpötilan laskiessa ja n. -20--25 celsius asteen lämpötilassa lakkaavat toimimasta. Täten näiden osalta olisi mahdollista vain osatehomitoitukset. (Luoma 2014, 24–26; Rantanen 2015, 15–17.) Molemmissa tutkimuksissa toki hyvin ansiokkaasti analysoidaan syitä ja perustellaan lämpökertoimien eroavaisuuksia, mutta totta on sekin, että tekniikka on kehittynyt noista päivistä. Ranta (2023) vahvistaa tämän käsityksen haastattelussaan siitä, että lämpökertoimet pysyvät nykyään parempana ja pumput vielä toimintakykyisenä jopa -25 celsius asteen pakkasilla. Todeten tosin myös sen, että ilma- ja ilma-vesilämpöpumput toki tulisi mitoittaa osatehomitoituksella ja olisi syytä olla varajärjestelmä kovimpien pakkasten varalle.

2.2 Loisteho ja kompensointi

2.2.1 Mitä tehoa?

Kuluttaja ymmärtää tehon yleensä kilowatteina, ja näkee sen laskutuksessa kilowattitunteina (kWh) joka on kulutetun energian suuruus. Kun 1 kW suuruinen moottori käy 1 tunnin niin laskua kertyy 1 kWh. Tätä tehoa kutsutaan pätötehoksi ja se on varsinaisesti aktiivista työtä tekevä teho. Sen lisäksi teho käsitteeseen kuuluvat myös lois- ja näennäisteho. Loistehon tehtävä on ylläpitää sähkö- ja magneettikenttää. Moottorit toki tarvitsevat toimiakseen myös loistehoa juuri magneettikentän luomiseksi ja ylläpitämiseksi. Tällainen loisteho on induktiivista loistehoa. Loisteho syntyy käämitysten induktanssista ja magneettikentän vuorovaikutuksesta sähkövirran kanssa. Kuten edellä olevasta kuvio 3 voidaan nähdä, moottorin tehokerroin $\cos \varphi$ on aktiivisen pätötehon P suhde kokonaistehoon (näennäistehoon S). Siitä nähdään, että mitä alhaisempi tehokerroin on (eli mitä suurempi kulma) sitä suurempi loisteho ja siitä aiheutuu teho epätasapainoa sähköverkkoon ja lisää energiahäviöitä. Mm. moottoreiden energiatehokkuusluokkien paraneminen vuosien myötä on jonkin verran parantanut tätä tilannetta.

Kokonaisvirta verkossa on verrannollinen näennäistehoon (S) joka muodostuu pätötehon (P) ja loistehon (Q) suhteesta Pythagoran-lauseen perusteella. Tehokolmio kuvio 3. esittää tehojen verrannollisuuden selkeimmin. Pätö- ja näennäistehon välistä kulmaa nimitetään tehokertoimeksi, $\cos \varphi$. Tavoitteena olisi pyrkiä pitämään tehokerroin mahdollisimman lähellä 1, eli tehojen P ja S välinen kulma mahdollisimman pienenä, eli ihanteellisin tilanne olisi, mikäli kokonaisteho S olisi mahdollisimman lähellä pätötehoa P . (Zhang 2014, 8.)



Kuvio3. Tehokolmio

Tehokolmiosta on sitten hyvin yksinkertaista matemaattisin menetelmien johtaa tarvittavat lausekkeet kulloiseenkin tilanteeseen. Näennäis-, pätö- ja loistehon laskenta voidaan suorittaa seuraavanlaisella kaavalla (kaava 4).

$$S^2 = P^2 + Q^2 \quad <==> \quad Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$\frac{P}{S} = \cos \varphi$$

$$\frac{Q}{S} = \sin \varphi$$

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi}$$

Loisteho voi olla negatiivista tai positiivista. Negatiivista loistehoa kutsutaan kapasitiiviseksi ja positiivista loistehoa induktiiviseksi loistehoksi (Hiltunen 2017, 13). Se mitä loistehoa joudutaan käsittelemään, ratkaisee osaltaan millä tavalla loisteho kompensoidaan. Loistehon kompensoinnin toteutustavan selvittämiseksi voidaan joutua suorittamaan jännitteenlaadun mittaukset mahdollisten yliaaltojen ja säröprosenttien selvittämiseksi. Useat siirtoyhtiöt edellyttävätkin ennen

kompensoinnin toteuttamista jänniteladun selvittämisen. Lisäksi Eronen, Hietalahti ja Pakonen (2018, 48) näkevät tärkeänä olla verkkoyhtiöön yhteydessä, jotta vältetään myös sekakompensoinnilta, jolloin suurena vaarana saattaisi olla resonanssivaara. Sähkölaitokselta saadaan selvitettyä loiset ja pätötehonkulutukset. Kun tarkat arvot on saatu selvitettyä ja jännitteenlaatu mitoitettua, sen jälkeen voidaan päättää, käytetäänkö laitekohtaista, keskitettyä vai ryhmäkohtaista kompensointia, kiinteää paristoa vai estokelaparistoa, millä tavalla rinnakkais- tai sarjaresonanssi joudutaan huomioimaan, kenties paras ratkaisu on tyristoriohjattu kondensaattoriparisto. (Eronen & muut 2018, 47.) Mahdolliset tekniset ratkaisut tulevat kehittämistutkimuksen jälkeen eivätkä enää kuulu tämän opinnäytetyön aihepiiriin.

2.2.2 Miksi kompensoidaan?

Pätötehoa kuluttaa oikeastaan ainoastaan resistiiviset vastukset, joissa yleisin käyttötarkoitus on sähköön muuttaminen lämmöksi. Toisaalta ideaalisia komponentteja ei juuri oikeastaan olekaan vaan useat laitteet, kuten sähkömoottorit tai purkauslamput tarvitsevat toimiakseen myös loistehoa. Tämän tehon siirto lisää taas johtimien ja muuntajien läpi kulkevan kokonaisvirran kasvua. Kokonaisvirran kasvu aiheuttaa lämpenemistä, moottorien käämitysten ja johtimien kuormitusta. (Zhang 2014, 9; Hiltunen 2017, 13.)

Kuluttajan näkökulmasta Eronen & muut (2018) esittävät syiksi mm. sen, että näkevät sähköverkkoyhtiöiden perivän kuluttajalta varsin suuren loistehomaksun, joissakin yhtiöissä ilmaisosuus on vain 16 % pätötehohuipusta. Yhtenä syynä he näkevät kuluttajan halun pienentää sulakekokoa, kaapeleiden poikkipintaa tai moottoreiden käynnistysvirtaa. Kun pienennetään häviöitä, pienennetään samalla myös niistä aiheutuvia kustannuksia, näin voidaan mahdollisesti pienentää myös koko verkon kuormitusta. Syynä voi olla myös elektronisten laitteiden aiheuttamien yliaaltojen ja häiriöiden pienentäminen. (Eronen & muut 2018, 79.)

Loisteho, jonka yritykset tarvitsevat koneidensa käyttämiseen on mahdollista tuottaa paikallisesti erilaisia kompensointiratkaisuja käyttäen tai saada sähköverkosta. Paikallisella tuotantonolla voidaan vähentää muuntajien ja johtojen osalta teho- ja energiahäviöitä. Ja lisäksi mitä enemmän loistehoa siirretään sitä vähemmän, voidaan pätötehoa siirtää (näennäistehon pysyessä samana) kuten tehokolmiosta voidaan huomata. (Zhang 2014, 9.) Näin ollen kustannustehokkainta olisi tuottaa loisteho mahdollisimman lähellä kulutuskohdetta. Niin Hiltunen (2017) kuin Zhang (2014) mainitsevat ilma- ja maakaapeleiden suuren ominaiskapasitanssin takia olevan kannattavampaa

olevan loistehon paikallinen tuotanto verrattuna pitkiin siirtomatkoihin. (Hiltunen 2017, 9; Zhang 2014, 9.) Hiltunen (2017) tuo omassa diplomityössään yhtenä mahdollisuutena maakaapeleiden tuottaman loistehon käytön kulutuskohteissa. Ongelmaksi vain saattaisi muodostua pitkät johtopituudet matalilla kuormituksilla, jolloin kapasitiivisen loistehon tuotto olisi huomattavan suurta ja siirtohäviöt turhan suuria. (Hiltunen 2017, 9.)

Loistehomaksukäytännöistä ja kompensaatiosta voi olla erilaisia käytäntöjä eri yhtiöiden välillä. Siirtoverkkoyhtiöt ovat vastuussa sähkönsiirrosta, niiden tehtävä on ylläpitää ja hallita verkkoa. Siirtoverkkoyhtiöiden tehtävä on määrittää loistehon kompensoinnista johtuvat vaatimukset sähkökäyttäjille. Sähköyhtiöt taas vastaavat sähkön myynnistä ja laskutuksesta. Koska käytäntö vaihtelee jonkin verran eri yhtiöiden välillä, suositeltavinta olisi aina tarkempia tietoja saadakseen ottaa yhteyttä paikalliseen siirtoverkkoyhtiö- tai sähköyhtiöön. Viime kädessä kuitenkin kantaverkkoyhtiö Fingrid Oyj määrittää ns. loissähköikkunan, jonka puitteissa siirtoverkkoyhtiöiden tulee toimia ja tämä toimii sitten alustavana raamina myös kuluttajille. (Loissähkön toimitus ja loistehoreservin ylläpito 2021, 3–6.)

2.2.3 Miten kompensoidaan?

Jotta vältetään vääränlaiselta kompensoinnin suunnittelulta ja toteutukselta, on tärkeää olla yhteydessä verkkoyhtiöön, jotta saadaan riittävät tiedot suunnittelun ja toteutuksen perusteeksi. (Eronen & muut 2018, 10.) Vääränlainen toteutus voi aiheuttaa häiriöitä kiinteistön verkkoon ja laitteille. Lisäksi ylikompensoituminen on tärkeää estää. Loistehon tuottamisen ja verkkoon syöttämisen suhteen rajat ovat vieläkin tiukemmat kuin verkosta ottamisen. Se miten kompensointi viime kädessä toteutetaan, siinä tulee myös huomioida yliaaltojen mahdollisuus. Tarkemmalla jännitteenlaatumittauksella pystytään selvittämään viime kädessä oikea tapa sähköverkon tai yksittäisten laitteiden kompensoinnista.

Periaatteessa loistehon kompensointi tapahtuu reaktiivisilla komponenteilla, kuten kompensointikeloilla tai -kondensaattoreilla ja näiden avulla tasapainotetaan sähköjärjestelmän reaktiivinen teho. Kompensointi voidaan toteuttaa usealla eri tavalla ja yksi esimerkki, kuinka voitaisiin ryhmitellä kompensointiratkaisut: laitekohtainen, ryhmäkohtainen tai keskitetty kompensointi. Pien-, keski-, tai suurjänniteverkon kompensointi. Induktiivisen loistehon tai kapasitiivisen loistehon kompensointi. Pelkkä kompensointi tai kompensointi ja yliaaltojen suodattaminen (tai rajoittaminen). Sarja- tai rinnankytketyt paristot. Passiivi- tai aktiivilaitteet. (Eronen & muut 2018, s.47.)

ST-kortisto tarjoaa selkeän esimerkin kuinka kolmivaiheisen epätahtimoottorin tarvitsema loisteho Q_m lasketaan pätötehon P ja tehokulman avulla ja samalla pystytään selvittämään kompensoinnin tarve. Ennen kompensointia $\tan \varphi_1$ ja tehokulma kompensoinnin jälkeen $\tan \varphi_2$ erotuksella. (ST 52.15 2016, 2). Loistehon kompensoinnin periaate yleisellä tasolla tulee hyvin esille tässä, vaikka esimerkki koskeekin epätahtimoottoria.

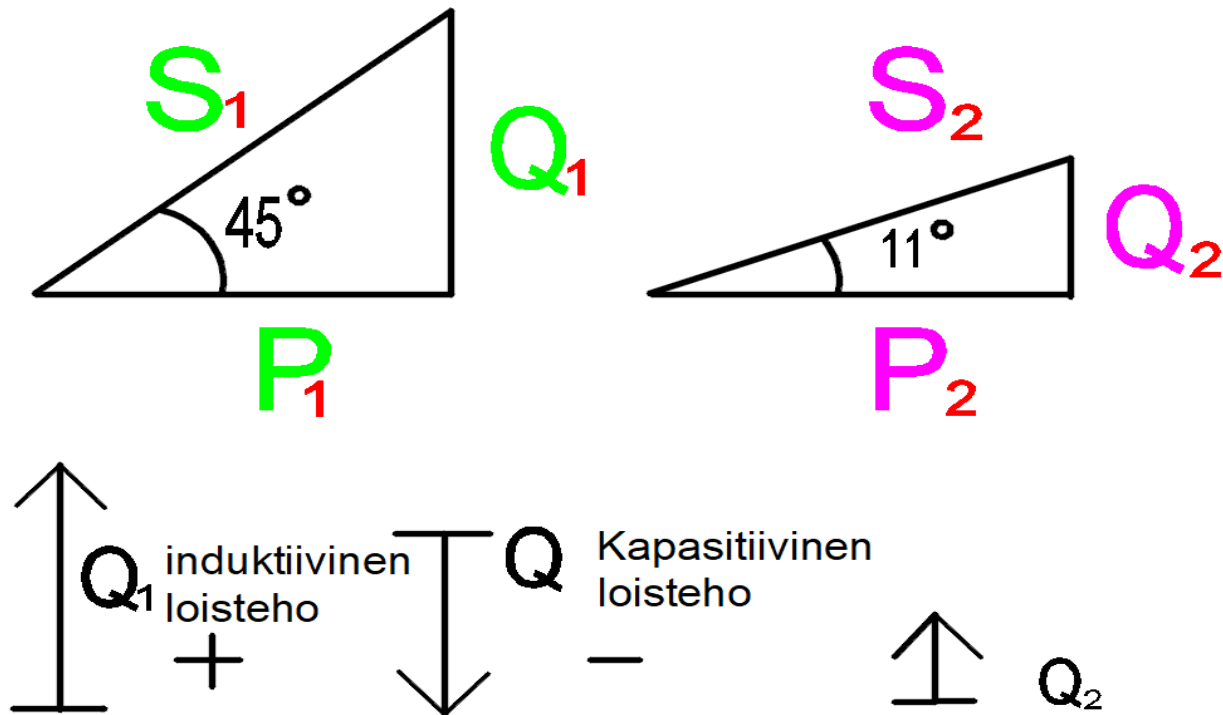
$$Q_m = P * (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

Lasketusta loistehosta Q_m voidaan vähentää sähköjakeluverkkoyhtiön ilmaisosuus Q_{ilm} , jonka jälkeen saadaan kompensoinnilla tuotettavan loistehon määrä. (ST 52.15 2016, 2.)

$$Q_{tarve} = Q - Q_{ilm}$$

Ilmaisosuuden suuruus on tarkistettava aina alueen sähköyhtiöltä, koska loistehon hinnoittelupolitiikka on yhtiökohtaisesti määritelty ja voi vaihdella melko suuresti. (ST 52.15 2016,2)

Liittymän loistehon tarvetta voidaan kuvata tehokertoimen, $\cos \varphi$, avulla. Jos liittymä ottaa verkosta loistehoa, silloin tehokerroin on induktiivinen (ja positiivinen). Kompensoinnin vaikutuksesta tehokertoimen arvo lähenee arvoa yksi kohti. Ylikompensoinnilla tarkoitetaan taas sellaista tilannetta, jossa liittymä syöttää verkkoon loistehoa ja tällöin tehokertoimen arvo on kapasitiivinen (ja negatiivinen). Tärkeää on, ettei kompensointia käytetä alimitoitettun liittymisjohdon tai keskuksen korjaamiseen.



Kuvio 4. tehokertoimen parantaminen kulmaa pienentämällä (tehokerrointa $\cos \varphi$ kasvattamalla).

Kuvio 4 esimerkissä $P_1 = P_2$, $S_1 > S_2$, $Q_1 > Q_2$. Kuviota voidaan selvittää yksinkertaisen esimerkin avulla. Jos $P = 100 \text{ kW}$ ($P = P_1 = P_2$), $\rightarrow S_1 = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{P}{\cos 45^\circ} = 141,4 \text{ kVA} \rightarrow Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P^2} = 99,97 \text{ kVar}$ eli 45 asteen kulmalla tehokertoimen arvo on $\frac{\sqrt{2}}{2}$ mikä vastaa n. 0,71. Kun parannetaan tehokerrointa eli kasvatetaan $\cos \varphi$ arvoa ja pienennetään kulmaa, silloin saadaan kokonaistehon kulutusta alemmaksi. Esimerkin mukaisesti meillä on aluksi induktiivista loistehon kulutusta 99,97 kVar, voimme kompensoida induktiivista loistehoa kapasitiivisella loisteholla, jolloin kokonaistehon kulutusta saadaan pienemmäksi ja pyritään kompensoinnin avulla pääsemään loistehoikkunan sisälle, (jos vaikka 50 kVar saisi loistehoa kuluttaa ilmaiseksi, tulisi meidän päästä alle sen rajan). Kun tehokerrointa kasvatetaan eli kulmaa pienennetään (11 asteen kulma vastaa n.0,98 arvoa). $S_2 = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{P}{\cos 11^\circ} = 101,87 \rightarrow Q_2 = \sqrt{S_2^2 - P^2} = 19,43 \text{ kVar}$. $\rightarrow Q_1 - Q_2 = 99,97 \text{ kVar} - 19,43 \text{ kVar} = 80,44 \text{ kVar}$. Kokonaistehonkulutus on pudonnut $S_1 - S_2 = 141,4 \text{ kVA} - 101,87 \text{ kVA} = 39,53 \text{ kVA}$. Loistehonkulutus on kompensoinnin ansiosta pudonnut 80,44 kVar ja olemme saavuttaneet loistehoikkunan johon alun perin pyrimmekin (eli päädyimme 19,43 kVar loistehon kulutukseen, joka on reilusti alle ilmaisrajan 50 kVar). Pääsisimme aivan vastaavanlaiseen tulokseen myös ST-kortistossa olevan kaavan avulla $Q_m = P * (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$.

3 Kehittämistyön tarkoitus, tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Kemas Oy:n liikevaihto on vuosi vuodelta kasvanut. Kymenlaakson perinteinen teollisuus, joka nojaa pitkälti sellu-, saha- ja paperiteollisuuteen taas vähenee vuosi vuodelta. Yhteistyökumppaneita koti- ja ulkomailta on haettu lisää ja vaikka perinteinen teollisuus vähenee, nykyinen maailmanpoliittinen tilanne ennustaa konepajateollisuudelle kasvua tuleville vuosille. Riippumatta tulevasta taloudellisesta tilanteesta, yrityksen kannattavuuden parantaminen lähtee usein kulurakenteen tarkastelulla ja tarvittaessa korjaamisella. Energia- ja kustannustehokkuuden osalta näyttää, että aina parannettavaa löytyy.

Kehittämistutkimuksen tarkoituksena on selvittää, että löytyisikö yrityksen energiankäytön suhteen keinoja, joilla voitaisiin pienentää energiankulutusta ja sen seurauksena sähkölaskun suuruutta. Energianhinnan ennustettavuudesta on viime vuosina tullut hyvin haastavaa. Uusiutuvien tuotanto lisääntyy huimaa vauhtia samalla kun fossiilisten käyttöä ajetaan alas. Hetkittäin energian hinta saattaa jopa painua negatiiviseksi, kun taas toisena hetkenä hinta kohoaa kohtuuttomaksi. Sähkön hinta koostuu energian lisäksi verosta ja siirtomaksusta, ja näiden kahden hinta tuskin tulevaisuudessa ainakaan laskee, vaikka itse energianhintaa olisikin matalalla. Järkevintä olisi tällöin löytää sellaisia ratkaisuja, joilla kulutusta saataisiin alemmas. Tässä suhteessa tarkoitus ja tavoite tähtäävät samaan päämäärään. Tarkoituksena on tutkia ja tavoitteena on löytää keinot, jotka parantavat yrityksen kustannustehokkuutta. Sähkölaskun suuruuteen toki vaikuttaa vielä liittymän perusmaksu, jonka suuruus ei ole riippuvainen kulutuksesta ja se on kaikista huolimatta maksettava, vaikka kulutusta ei olisikaan. Perusmaksun suuruuteen vaikuttaa liittymän koko ja alue missä toimitaan (eli minkä yhtiön kanssa sopimus on solmittu).

Tutkimuksen toissijainen tavoite liittyy allekirjoittaneen omaan mielenkiintoon. Usein opintojen aikana on kuullut, ettei työelämän ja opiskelun rajapinnat kohtaa kuten pitäisi. Koulussa opetetaan ja käytetään ohjelmia, jotka ovat työelämän parissa toimivien mielestä vanhentuneet eivätkä enää palvele työelämää kuten pitäisi. Loisteho ja sen kompensointi tulevat sähköinsinöörin opinnoissa eteen useammalla kurssilla, ja allekirjoittaneen ylimääräiset opinnot energiatehokkuudesta joutuvat nyt koetukselle. Haluna tutkia miten loisteho ja sen kompensointi toimii tämän päivän yrityksissä ja miten lämmitysjärjestelmän muuttamisella voitaisiin säästää energiaa. Eli lyhyesti työelämän ja opintojen rajapintojen yhdistämistä.

Tutkimuskysymysten suhteen voitaisiin esittää; 1) Lämmitysjärjestelmän mitoitus, kuinka tehdään ja onko taloudellisesti kannattavaa? 2) Kuluttaako yritys loistehoa ja pystytäänkö siitä pääsemään eroon? Kaksi edellä mainittua voitaisiin tiivistää yhteen ja lisätä vielä yksi tutkimuskysymys joihin em. selvittely saattaisi johtaa. Eli 3) löytyykö energian käytön suhteen toteuttamiskelpoisia ratkaisuja, joilla sähkö/energialaskua saataisiin pienemmäksi, eli toimintaa kustannustehokkaammaksi?

Jokainen kysymys itsessään voitaisiin toteuttaa omana opinnäytetyönään, mikäli vallitsevaan tilanteeseen todella paneuduttaisiin syvällisesti. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on herätellä kohdeyrityksen vastuuhenkilöt näkemään muutosten mahdollisuudet ja toiminnasta aiheutuvat hyödyt, pyrkimättä unohtamaan kuitenkin toimenpiteiden mahdollisia negatiivisia tai haastavia puolia.

4 Toteutus

4.1 kehittämistyön menetelmä

Tämänkaltaisen kehittämistutkimus on tavallaan syklinen prosessi, kun ei voida etukäteen tietää miten tutkimusprosessi etenee. Tutkimus koostuu pitkälti kirjallisista aineistoista, laskuista ja lähdemateriaalista, tosin havainnointikäynnit ja haastattelut kuuluvat myös tutkimukseen. Tutkimus lähtee liikkeelle energiayhtiöltä saatujen kulutustietojen ja Kemas Oy:ltä saatujen energialaskujen analysoimisella. Sen jälkeen tutkimus jatkuu tietojen kaivamisella, välillä haastatellaan ja välillä joudutaan palaamaan kirjallisen materiaalin pariin. Havainnointikäynti yrityksen toimitiloissa tapahtuu myös tutkimuksen alkuvaiheessa ja tarvittaessa aina tarpeen mukaan.

Tarvittavat mittaukset (lämmitysjärjestelmän ja tilojen koko) antavat osviittaa minkälainen ja kokoinen lämmitysjärjestelmä olisi järkevä vaihtoehto. Yrityksen toiminnasta vastaavan henkilökunnan haastattelu on olennaisen tärkeää, jotta tiedetään mitä yrityksessä on aiemmin tehty tutkittavien asioiden suhteen. Muuta kirjallista aineistoa käytetään, jotta tarkasteltavista ilmiöistä saataisiin riittävän kattava kuva. Itse järjestelmän mitoitus tehdään kokeneen Bosch valtuutetun lämpöpumppuasentajan Tero Puhakan kanssa ja VPW2100 ohjelmaa käyttäen.

Jotta saataisiin jonkinlainen käsitys siitä kannattaako lämmitysjärjestelmän muuttaminen, pyydetään vielä alustava suuntaa antava tarjous Pipesystems Group Finland Oy:n omistajalta, Toni Luo-

malta. Luoma on tottunut laskemaan ja jättämään tarjouksia tämän kokoluokan systeemeistä. Lisäksi tulee selvittää kompensointiratkaisujen hintoja, jotta voimme selvittää takaisinmaksuaikoja ja toimenpiteen järkevyyttä taloudellisesti.

Sähkölaskun suuruus ja mahdollinen loistehon kulutus osoittavat jo suoraan onko mitään tehtävissä. Energiayhtiön insinöörin haastattelu on tärkeää, jotta allekirjoittaneen tietämys syvenisi ja energianyhtiön näkökanta käytännön tasolla tulisi myös esille. Yhtiön (Kemas Oy:n) toimitusjohtajan haastattelu on tärkeä siitä syystä, jotta saadaan tietää mitä viime vuosina on tehty sellaista, jolla voi olla loistehon kannalta merkitystä. Esimerkiksi jatkuva laitekantojen uudistaminen, varsinkin moottoreiden energiatehokkuuden paraneminen parantaa tehokerrointa automaattisesti ja pienentää loistehon tarvetta. Toinen hyvin merkityksellinen seikka voi olla valaistusjärjestelmän uusiminen, led lamput kuluttavat huomattavasti vähemmän loistehoa verrattuna perinteisiin loistelamppuihin ja joissakin tapauksissa jopa tuottavat kapasitiivista loistehoa. Tämänkaltaisen muutostyö yhtiössä on toteutettu. Energiayhtiön laskuja seuraamalla meidän tulisi tämäkin muutos havaita.

4.1.2 Aineiston keruu sekä kuvaus

Tiedonkeruumenetelmät alkoivat sähkölaskun tilaamisella. Sen jälkeen KSS:ltä tilattiin pätö- ja loistehon kulutustiedot parilta viime vuodelta. Tutkimusongelma, loistehon kompensoinnin tarve ja lämmitysjärjestelmän ajankohtaisuus ja näistä johdettu kustannustehokkuus kehittyi sähkö- ja öljylaskujen tarkastelun kautta. Koska sähkölaskun suuruus ja tehon kulutus eivät ole täysin vertailukelpoisia jo pelkästään inflaation ja siirtohintojen nousun takia, oli tarpeen vielä tarkastella sähkölaskuja pidemmältä ajalta kuin mistä tutkimus lähti liikkeelle. Ilman edellä mainittuja seikkoja hallussa olleiden tehon kulutustietojen ja laskun osalta olisi voitu, vaikka interpoloimalla selvittää loistehomaksut mutta parempi tarkastella tilannetta todella tapahtuneiden laskujen kanssa.

Sähkölaskun tarkastelun lisäksi, merkittävä osa tutkimusta on asiantuntijoiden haastattelu. Laskuista selviää suoraan pätö- ja loistehomaksut, tehonkulutustaulukoista pätö- ja loistehon kulutukset. Laskuja ja taulukoita tarkastelemalla joudutaan toisinaan palamaan haastattelujen pariin, koska varsinkin loistehon kulutuksen osalta on tapahtunut jotain merkittävää muutama vuosi sitten. Näihin asioihin oikeastaan verkkoyhtiön insinööri ja toimitusjohtaja ovat oikeita henkilöitä vastaamaan.

Aineistoon kasaamiseen liittyy myös läheisesti havainnointikäynnit paikan päällä, jotta tarvittavat lämmitysjärjestelmän mitoituslaskut voidaan riittävällä tarkkuudella suorittaa ja jotta sopivia vaihtoehtoja voitaisiin tarjota. Lämmitysjärjestelmän mitoituslaskuun liittyy laitteistojen edustajan Bosch Oy:n avainasiakaspäällikön Mikko Rannan sekä Bosch lämpöpumppuasentajan Tero Puhakan tapaaminen ja haastattelu. Tutkimukseen liittyy myös lämmitysjärjestelmän mitoitusohjelman VPW2100 käytön opetteleminen ja varsinainen lämmitysjärjestelmän mitoituksen suorittaminen.

Kompensointilaitteistojen ja niiden asennusten hintoihin tutustuminen, kuten myös tarjous lämmitysjärjestelmän mitoituslaskusta saatuun tulokseen, nämä molemmat antavat meille mahdollisuuden takaisinmaksuajan laskemiseen. Sijoituksen kannattavuus selviää meille oikeastaan vain tämän vertailun kautta.

Lisäksi aineistoa ja siihen tutustumista tulee tehdä ainakin paikallisen säävyöhykkeen osalta, yrityksen taloustietojen ja eri siirtoyhtiöiden loistehomaksu käytäntöihin tutustumalla. Varsin kattava aineisto aiheuttaa sen, että tutkimukselle ei kannata luoda tarkkaa kronologista järjestystä vaan selvittelytyö vaatii aina toisinaan palaamaan aiemmin tutkittuihin ja läpikäytyihin aineistoihin. Lisäksi tutkimus etenee enemmänkin muiden aikataulujen kuin allekirjoittaneen mukaan.

4.1.3 Aineiston analyysi

Tällä hetkellä sähkölaitokselta on saatu varsin kattava aineisto jo vuoden 2018 alusta lähtien. Pitkän ajanjakson kattava aineisto antaa varsin hyvän kuvan mitä vuosien varrella on tapahtunut, mikä tietysti selviää tarkemmin haastattelujen tuloksena. Aineistossa on muutama varsin silmiinpistävä tapahtuma ja näihin aletaan etsimään syy-seuraussuhteita. Tämän kaltaisissa sähköisissä ilmiöissä on se hyvä puoli, että kyse ei ole mitenkään mystisistä tapahtumista. Näin tapahtui koska tietyt kriteerit täyttyivät. Ilmiöille löytyy selkeät syy- ja seuraussuhteet, ja mikä parasta myös keinoja hallita niitä. Oikeastaan isommallakaan otoksella ei voitaisiin saada kovinkaan erilaisia tuloksia, jos lainalaisuudet ovat mitä ovat.

Loistehon kompensoinnin osalta takaisinmaksuajan tarkasteleminen on varsin yksinkertainen prosessi. Kun saadaan tietää tarvittavan kompensoinnin tarve, mahdollinen kustannus, niin silloin voidaan alustavasti arvioida kannattaako kompensointia edes rakentaa. Takaisinmaksuaikaan liittyviä

laskentakaavoja löytyy helposti tutkittavasta kirjallisuudesta mutta yksinkertaisuudessaan mahdollisen toteutettavan kompensoinnin kustannus versus säästö joka kompensoinnilla saavutetaan sähkölaskujen mukaan. Tässä voidaan vertailukohtana käyttää, vaikka viime vuosien keskiarvoa maksujen osalta.

Huomionarvoista on kuitenkin se, että sähkölaskuissa loistehon kulutus lasketaan kuitenkin aivan eri tavalla eli todellinen kulutus ei vastaa todellista laskutusta. Asiakkaan osalta loistehon laskutus lasketaan kaavalla; kuukauden mitattu loistehohuippu- $0.16 \times$ viimeisen vuoden aikana mitatut kahden suurimman kuukauden pätötehuippujen keskiarvo. (Kuvaja 2024). Aineisto on tarkastellussa syytä rajata viimeiseen vuoteen ja laskea näille keskiverto loissähkönkulutus ja laskun suuruus euroina, jolloin meillä on kompensoinnin tarve ja mahdollinen kustannussäästö on laskettavissa, kun tiedetään myös kompensointilaitteiston ja asennuksen hinta.

Lämmitysjärjestelmän osalta Bosch lämmitysjärjestelmän mitoitusohjelma antaa suoraan varsin tarkan arvion mahdollisista kustannussäästöistä. Kysymys on oikeastaan siitä, kuinka tarkkaan ohjelman kysymät arvot annetaan, erityisesti lämmitysöljyn hinta ja toinen hyvin ratkaiseva tekijä on tietenkin karkea arvio lämmitysjärjestelmän kustannuksista. Mitoitusohjelma mitoittaa porareiän, antaa tarvittavan lämpöpumpun mallin ja laskee energia- ja kustannussäästön eli kaiken tarvittavan haluttujen laskelmien suorittamiseksi.

Lämmitysjärjestelmän mitoituksen jälkeen voidaan tarkastella eri vaihtoehtojen kautta kustannuksia. Kun tiedetään tarvittavien lämpöpumppujen malli, koko ja määrä, voidaan näiden tietojen perusteella laskea tulevat kustannukset alustavasti. Meillä on käytössä laskut kolmelta vuodelta öljylämmityksen osalta kolmen hallin kohdalla. Näitä kahta vertailemalla voidaan karkeasti arvioida takaisinmaksuaikaa ja hankinnan kannattavuutta.

5 Tulokset

5.1 Lämmitysjärjestelmän mitoitus

Lämmitysjärjestelmän mitoitusohjelmalla keskityttiin kahteen erilliseen tapaukseen liittyen lämmitysöljyn kulutukseen. Meillä oli käytettävissä kulutusmäärät (sekä kustannukset öljyn osalta, ei kattila huoltoja) viimeiseltä 3 vuodelta. Viimeiset 3 vuotta ovat säätilojen osalta olleet melko lailla erilaiset, joten karkean arvion tekemiseksi suoritimme laskelmaohjelmalla laskelmat suurimman ja

pienimmän öljynkulutuksen osalta, näin ollen voimme olettaa todellisen tilanteen olevan jossain siltä väliltä. Kuitenkin meidän kannattaa vain huomioida suuremman kulutuksen laskenta koska muutoin saattaisimme alimitoitaa järjestelmän pahasti.

Ensimmäisessä laskelmassa polttoöljyn kulutukseksi laitettiin $35,8 \text{ m}^3$ joka oli suurin kulutus viimeiseltä 3 vuodelta ja jolloin pumpun tarvitsemaksi huipputehon tarpeeksi saadaan 134,8 kW. Molemmissa laskelmissa polttoöljyn keskihinnaksi määriteltiin 1,31 euroa, joka vastaa vuoden 2023 polttoöljyn keskihintaa. Em. keskihinnalla lämmityskustannukset polttoöljyllä olisi 47671, lämmityskustannukset uudella lämpöpumpulla taas 23131 €, jolloin suoraa säästöä lämpöpumpulla saataisiin 24540 €/vuodessa. Ilmaisenergian osuudeksi lämpöpumpulle saataisiin näin 234365 kWh. (liite 1.).

Toisessa laskelmassa pienemmällä öljynkulutuksella 28 m^3 huipputehon tarpeeksi saadaan 105,2 kW. Huipputehon tarve tulee vuoden kylmimmän päivän mukaan. Em. öljynkulutuksella ja 1,31 € keskihinnalla öljynkulutus olisi 37249 €, lämmityskustannukset lämpöpumpulla 18526 €, jolloin säästöä kertyisi 18722 € vuodessa. Ilmaisenergiaa lämpöpumpulla saataisiin tuotettua 190700 kWh/ vuodessa. Lämpöpumpun teho voidaan valita useita eri kokoluokista aina 80 kW asti, sekä niitä voidaan kytkeä maksimissaan sarjaan 5 kappaletta, jolloin maksimihuipputehoksi saataisiin 400 kW. (Liite 2.).

Taulukossa 1 vertaillaan kahdella eri suurella kulutuksella ja niistä tehdyillä laskelmilla saatuja tärkeimpiä arvoja. Meille oikeastaan suuremmalla kulutuksella on tässä tutkimuksessa merkitystä. Vuoden 2021 $35,8 \text{ m}^3$ antaa täystehomitoituksella 134,8 kW huipputehontarve, jolloin järjestelmän koko olisi 140 kW. Tämän kokoisen järjestelmän olettaisi riittävän kylmemmillekin talville. Taulukosta nähdään myös muita edellä käytyjä lukuja.

Taulukko 1. Lämmitysjärjestelmän mitoitus

Polttoöljyn kulutus	Suurempi kulutus $35,8 \text{ m}^3$	Pienempi kulutus 28 m^3
Huipputehontarve kW	134,8	105,2
Tehomitoitus	Täystehomitoitus	Osatehomitoitus
Lämpökaivon syvyys m	2667	2056

Nykyiset lämmityskustannukset €	47671	37249
Lämmityskustannukset pumpulla €	23131	18528
Säästöt lämpöpumpulla €	24540	18722
Lämpöpumpun kuluttama energia kWh	92525	74110
Lämpöpumpun ilmaisenergian osuus kWh	246365	190700

Jotta lämmitysjärjestelmän mitoitusta ja hankinnan kannattavuutta voitaisiin arvioida, tarvitaan jonkinlainen arvio po. järjestelmän hankintahinnasta. Pipe Systems Finland Group Oy:n Toni Luoma jätti tarjouksen 140 kW järjestelmän asentamisesta avaimet käteen periaatteella. Firmalla on kokemusta vastaavan koko luokan järjestelmien rakentamisesta ja tarjousten jättämisestä. 140 kW toimisi täystehomitoituksella, luultavasti kylmempinäkin talvina. Tutkituille Kemas Oy:n halleille tarjous on 321729,66 euroa sisältäen 24 % alv:n. (Liite 3).

Ilman lukujen diskonttaustakin, kattilahuoltoja tms. huomioon ottamatta, takaisinmaksuaika on aika lähellä 10 vuotta. 15–20 vuoden paikkeilla tulee eteen jo laitteistojen uusiminen. (Ranta 2023). Lukuarvoja kannattaa toki tarkastella kriittisesti, mutta ratkaisevat arvot kuten energiankulutus ja tilojen koko pysyvät samana. Energianhinnalla on toki tapa muuttua, varsinkin polttoöljyn hinta on ollut kovassa nosteessa viimeiset pari vuotta ja tämä tietenkin parantaa maalämpöjärjestelmän kannattavuutta. Öljykattilan hyötysuhde laskelmassa arvioitiin 0,95 vaikka todellinen olisi lähempänä 0,85. Kokonaistulokseen tällä arvioisin olevan alle 10 %, jolloin takaisinmaksu olisi reilut 9 vuotta. Lopputulos on kuitenkin se, että tällä hetkellä tarvittavan kokoisen maalämpölaitteiston ja kaivon poraaminen po. tiloihin näillä tiedoilla ei ole järkevää, jos ratkaisevana seikkana on investoinnin takaisinmaksuaika. Toki jos aletaan enemmän antamaan arvoa ympäristöasioille hankinnan kannattavuutta voi harkita eri tavoin.

5.2 Loisteho

Loistehon osalta mahdollinen kompensoinnin tarve selviää ainoastaan vain laskuista, joissa asiakasta laskutetaan loistehon oton (induktiivisen) tai loistehon verkkoon syötön (kapasitiivisen) lois-

tehon osalta. Energiayhtiöltä saadut tarkat loistehon kulutukset osoittavat, että tehonkulutus mitataan hyvinkin tarkkaan. 1.1.2018-1.4.2023 saadut mittaukset osoittavat, että kulutuslukemat vaihtelevat n. 14800 kVar-5100 kVar välillä kuukausittain. N. 2 vuotta sitten vaihdettu valaistusjärjestelmä (vanhat loisteputket uusiin led valoihin) on selkeästi pudottanut loistehon kulutusta, kulutuksen ollen viime vuosina lähinnä keksimäärin 6500–7500 kVar luokkaa/kuukaudessa. (Liite 3).

Taulukko 2. Loissähkö maksusta ja kulutuksesta (todellinen ja laskutettu)

Kuukausi	Todellinen loistehon- kulutus kVar	Loissähkön otto ver- kosta laskussa kVar	Loissähkömaksu las- kussa €
01.05.2023-31.05.2023		54,24	173,55
01.04.2023-30.04.2023		45,13	144,4
01.03.2023-31.03.2023	6866,59	46,15	147,67
01.02.2023-28.02.2023	7352,32	44,03	140,88
01.01.2023-31.01.2023	6839,47	37,34	119,47
01.12.2022-31.12.2022	7473,30		
01.11.2022-30.11.2022	6115,94	42,49	135,96
01.10.2022-31.10.2022	6322,75	48,58	155,47
01.09.2022-30.09.2022	6129,46	43,33	138,67
01.08.2022-31.08.2022	6765,93	42,25	135,22
01.07.2022-31.07.2022	7144,53	37,90	121,3
01.06.2022-30.06.2022	5852,29	47,50	152,02
01.05.2022-31.05.2022	6501,47	55,48	177,55

Taulukosta huomataan, että toukokuut 2023 (54,24 kVar) ja 2022 (55,48 kVar) olivat kuluneen vuoden suurimmat kuukaudet loissähkön oton verkosta (eli induktiivisen loistehon) suhteen. Nämä lukemat ovat laskuista, (joten ne lasketaan kaavalla; kuukauden loistehohuippu-0,16*päätötehuippujen keskiarvo, mukaan 2 suurinta kk:ta viim. vuodelta). Keskiarvon ollessa näiden kuukausien välillä 45,37 kVar (toukokuu 2022-toukokuu 2023). Loissähkömaksu euromääräisesti suurimmat summat ovat myös toukokuu 2022 (177,55 €) ja toukokuu 2023 (173,55 €). Vastaavasti vuositasolla tarkasteltuna kokonaiskustannus on loissähkömaksun osalta 1742,16 euroa, kuukausikeskiarvon ollessa 145,18 euroa. Tarkastelu suoritettiin toukokuusta 2022- toukokuuhun 2023 koska välistä puuttui joulukuu 2022 laskut, näin ollen loissähkömaksujen ja kulutuksen osalta tarkastelu kattaa tavallaan vuoden ajanjakson. Tärkeät luvut meidän tarkastelullemme ovat oikeastaan vain 55,48 kVar sekä 1742,16 €.

Meillä on vähintään 55,48 kVar kompensoinnin tarve. 100 kVar:n estokelapariston ovh. hinta on n. 12,5 t€. Alennuksesta tai etsimällä tarjousten perusteella kyseisen laitteiston saa n. 10000 €:lla (liite 4). Vastaavasti 45 kVar laitteiston löytää muutaman tuhat euroa halvemmalla (liite 5). Laitteiston asennus vaatii asentajalta yhden työpäivän (Puhakka 2024). 45 kVar laitteisto kattaisi suurin piirtein tarpeemme, keksivertokulutuksen ollessa n. 45 kVar kuukaudessa laskussa. Tällä ratkaisulla loistehomaksu vuodessa putoaisi ollen maksimissaan 100–200 euroa/vuodessa. Puhakka oli vielä sitä mieltä, että tukkukauppiaalle tehdyllä tarjouksella kokonaishinnasta pystyisi vielä pudottamaan n. 1000 €:a, tarjoten asiakkaalle vieläkin halvemmalla hinnalla. (Puhakka 2024.)

6 Pohdinta

6.1 Luotettavuus ja eettisyys

Kun kyseessä on luonnonilmiöihin ja erityisesti fysiikkaan liittyvistä ilmiöistä, voidaan syy-seuraussuhteista olla suhteellisen varmoja. Perusteellinen jännitteenlaadun ja tehon mittaus osoittaisivat mahdolliset ristiriitaisuudet, mutta niiden tarpeellisuus ei ole olennaista tässä tutkimuksessa. Toki siinä vaiheessa, mikäli joihinkin toimenpiteisiin esim. loistehon kompensoinnin osalta ryhdyttäisiin vallitsevan tilanteen parantamiseksi, olisi syytä hankkia konsultointiapua ja olla yhteydessä sähköjakelusta vastaavaan tahoon eli tässä tapauksessa KSS-Energiaan.

Toisinaan voi olla syytä erotella tutkimuksia selkeästi johonkin tiettyyn kategoriaan, useimmissa tutkimuksissa on piirteitä kvalitatiivisesta ja kvantitatiivisesta tutkimuksesta. Kananen näkee laadullisen tutkimuksen luotettavuusarvioinnin huomattavasti haastavampana kuin kvantitatiivisen tutkimuksen. (Kananen 2015, 68), syynä tähän hän mainitsee, että luotettavuusmittarit ovat kehittyneet luonnontieteissä, lähinnä kemiassa ja fysiikassa, mihin tässäkin kehittämistutkimuksessa nojataan.

Reliabiliteetti ja validiteetti ovat luonnontieteiden luotettavuuskäsitteitä, jotka ovat sellaisenaan omaksuttu kvantitatiiviseen tutkimukseen. Reliabiliteetti, saatujen tutkimustulosten pysyvyys eli toistettavuus ja validiteetti eli oikein asioiden tutkiminen (Kananen, 2015, 69) mielestäni toteutuvat tässä kehittämistutkimuksessa asianmukaisesti. Mikäli perusedellytys luotettavuus tarkastelulle on riittävän tarkka dokumentaatio, ainakin tämän tutkimuksen osalta se mielestäni täyttyi hyvin. Laskuista otetussa materiaalisissa loistehomaksujen osalta rajattiin viimeiseen vuoteen mutta

toisaalta tehojen kulutuksen ja haastattelujen osalta tutkimukseen saatiin paljon laajempikin perspektiivi. Laskuja oli toki pidemmältäkin ajalta, mutta vuosien varrella tapahtuneet muutokset (energiatehokkaammat koneet, valaistus ledivaloilla), ovat jo itsessään pienentäneet loistehonottoa verkosta parhaimmillaan kolmasosaan aiempien vuosien huipulta. Näin ollen viimeiseen vuoteen rajaaminen antaa meille parhaan käsityksen nykytilasta ja tämän päivän tarpeista.

Reliabiliteetin Kananen jakaa vielä kahteen osaan, stabiliteettiin ja konsistenssiin. Stabiliteetti mittaa mittarin pysyvyyttä ajassa ja konsistenssi sitä, että mittarin eri osat mittaavat samaa asiaa. (Kananen, 2015, 129). Mittarin pysyvyyttä ajassa lienee tarkoittavan, että uusintamittauksellakin saataisiin yhtenevät tulokset. Teorian ja käytännön vahvan sidonnaisuuden takia uskoisin tutkimuksen täyttävän kriteerit tältä osin, ja kuinka ne oikeastaan voisivatkaan muuttua elleivät olosuhteet muuttuisi. Konsistenssin osalta, mikäli ymmärsin oikein, kaikki pohjautuu viime kädessä energian kulutukseen kilowattitunteina. Lämpöenergian kulutus on muunnettavissa kWh:ksi, loistehon kulutus ja sen kompensointi vähentää pätötehon kulutusta ja näin ollen sillä on suora yhteys energiankulutukseen. Rakennusfysiikan huomioon ottamisella, lämmönjohtavuuden parantamisella eristyksellä ja kylmäsiltojen korjauksella parannetaan suoraan energiankulutusta. Kaikki liittyvät viime kädessä energiankulutukseen ja sen laskemiseen kWh:na ja sen myötä laskuissa euroina. Tällä tavalla mittareiden eri osat viime kädessä mittaavat samaa asiaa.

Kvantitatiivinen tutkimus edellyttää käsitteiden määrittelyä niin, että ne voidaan mitata. Mittauksen tuloksia käsitellään tilasto-ohjelmalla (Kananen, 2015, 80). Kehittämistutkimuksen osalta erona voidaankin osaltaan pitää sitä, että tuloksia ei ole tarpeen käsitellä tilastollisia analyyseja hyödyntäen. Teoreettinen viitekehys tarjoaa raamit, joista laskemalla saadaan vastaukset tutkimusongelmiin. Saatuja lukuja arvioimalla ja vertailemalla vaihtoehtoihin ratkaisuihin, säästökohteet ja tavat on mahdollista löytää. Toisaalta tässä tutkimuksessa ei varsinaisesti mitään mitattu (pois lukien rakennusten pinta-alan, jotta lämmitysjärjestelmälle saataisiin tarvittava teho lasketua), vaan tutkittiin energialaskuja ja tehonkulutustaulukoita. Niiden osalta luotettavuus voitaisiin varmistaa vain mittaamalla, mikä tulisikin suorittaa, mikäli esim. kompensoinnin osalta päätettäisiin ryhtyä toimenpiteisiin.

Kananen jakaa vielä validiteetin alalajeihin ulkoiseksi ja sisäiseksi validiteetiksi. Ulkoisen validiteetin hän määrittelee tarkoittavan sitä, että tutkimustulokset pysyvät, pätevät samanlaisissa tilanteissa (Kananen, 2015, 129). Tämän osalta vetosin jo aiemmin luonnonlakien ennakoitavuuteen.

Sisäisen validiteetin hän jakaa 3 muuhun osaan, joista ensimmäisen sisältövaliditeetin hän määrittelee oikeiden mittareiden käytöksi (Kananen 2015, 130). Näkisin, että tältä osin tutkimus täyttää myös vaadittavat kriteerit. Loistehon ja energian kulutus ovat ne, joita tutkittiin ja ne, joihin pyritään mahdollisesti mahdollisuuksien mukaan vaikuttamaan. Rakennevaliditeetti kuvaa hänen mielestään sitä, kuinka hyvin tutkimuksen käsitteet on johdettu teorioista (Kananen 2015, 131). Tämän osalta pallo on oikeastaan arvostelijoilla, sen arvioiminen itse omassa työssä on aika haastavaa ja turhankin puolueellista. Kriteerivaliditeetti perustuu muiden tutkimusten käyttöön omien tutkimustulosten tukena (Kananen, 2015, 131). Olen tutustunut lukemattomaan määrään näitä aihealueita sivuaviin tutkimuksiin, mikäli vaihtoehtoisia selityksiä olisi, uskoisin ainakin törmänneeni joihinkin niistä.

6.2 Keskeisten tulosten tarkastelu suhteessa alkuosan teoreettiseen viitekehykseen

Deduktio eli suunta teoriasta käytäntöön on ilmeinen tämän tutkimuksen osalta. Jo koko aiheen alkuasetelma, teoriaopetus koulussa mikä johti asian tutkimiseen käytännössä viittaa tähän. Loistehon kompensointi tarjoaa jo yhden hyvin selkeän ratkaisun energia- ja kustannustehokkuuden parantamiseksi ja se on suhteellisen helposti toteutettavissa po. yrityksessä. Oikealla lämmitysjärjestelmän valinnalla ja rakennusfysiikka huomioon ottaen näkisin, että olisi mahdollisuus vielä suurempiinkin säästöihin.

Allekirjoittaneen tulkinnalla on hyvin vähäinen merkitys, mielestäni aineisto puhuu itsensä puolesta. Teoreettinen viitekehys on ilmiöitä selittävät lainalaisuudet ja ne ovat hyvin täsmällisesti esitetty kirjallisuudessa. Mittaustulokset ja tulosten analysointi eivät anna juurikaan tulkinnanvaraa, ne ovat mitä ovat. Teoreettisen viitekehyksen avulla saadut tulokset ovat selkeästi esitettävissä.

Loistehon kompensoinnin teoreettinen käsittely osoittaa selkeästi yrityksessä mahdollisuuksia parantaa kustannustehokkuuttaan jonkin verran. Loistehon kompensoinnin yhteydessä usein eteen tulevat esimerkit osoittavat kompensoinnin takaisinmaksuajaksi 1–2 vuotta mutta realistisen arvon voi antaa vasta siinä vaiheessa, kun todellinen tarve ja valittu kompensointitapa on päätetty eli pikemminkin kun kompensointiratkaisuja tarjoavalta yritykseltä on saatu tarjous. Kaikesta huolimatta vaikka tämän tutkimuksen osalta (reilu 5 vuoden takaisinmaksuaika) osoittaa varsin hyvääkin tuottoa. Todellisuus saattaa hyvin jäädä näiden kahden vaihtoehdon väliin, ollen näin jopa parempi kuin tässä tutkimuksessa saatu tulos.

Lämmitysjärjestelmien teoreettinen tarkastelu osoittaa myös mahdollisuudet huomattavaan säästöön energiankäytön suhteen. Nyt kuitenkin tarkasti tehdyillä laskelmilla, täystehomitoituksella maalämpö ei ole välttämättä investoinnin kannalta kovinkaan houkutteleva vaihtoehto. Toki inflaation vaikutus ja poliittinenkin vaikutus polttoöljyn hintaan tulevaisuudessa voi parantaa takaisinmaksuaikaa. Toki arvioimme öljykattilan hyötysuhteen lämmitysjärjestelmän laskentaohjelmassa 0,95, mikä lienee aika korkea ja saattaa osaltaan selittää suurta takaisinmaksuaikaa. Vaikka heikentäisimme kattilan hyötysuhdetta, silti prosentuaalinen muutos tuskin riittäisi tekemään maalämmöstä houkuttelevaa vaihtoehtoa.

Eräs seikka vaikuttaa myös lopputulokseen. 35800 litraa polttoöljyä vastaa n. 358000 kWh energiaa. 1,31 Euron keskihinnalla polttoöljy maksaa 46898 euroa. Tällöin kWh:lle jää hintaa 0,131 euroa eli 13 senttiä. Se on asiakkaalle energian hinta, joka sisältää jo verot ja siirtomaksut. Lämpöpumpun teoreettinen kuten käytännönkin SCOP-luku, kertoo meille, että pumpulla on mahdollista tuottaa enemmän energiaa kuin se sähkössä kuluttaa. Se on jo niin monessa tutkimuksessa todettu, etteikö ole jo selvää, että lämpöpumpun toimintaperiaate ja säästö toteutuvat myös käytännössä.

6.3 Johtopäätökset ja kehittämis ehdotukset

Halusin tarkastella teoriaopetuksen kosketuspintaa työelämään ja käytäntöön. Vaikka toisinaan kuulee sanottavan, että selvitettyihin asioihin ei kannata käyttää tutkimusresursseja, jos aiheen suhteen ei ole tapahtunut todennettuja kulttuurisia tai yhteiskunnallisia muutoksia. Aina toisinaan näyttäisi kuitenkin olevan tarve muistuttaa ihmisiä vanhoista hyvistä ja toimivista keinoista (kuten loistehon kompensointi). Tässä ei olla luomassa uutta teoriaa vaan teorian avulla selittämässä tutkimusongelmaa ja kehittämässä toimivaa ja järkeviä vaihtoehtoja toiminnan parantamiseksi. Loistehon kompensoinnin osalta, vaikka puhutaankin vuositasolla suhteellisen pienistä summista Kemas Oy:n osalta, niin takaisinmaksuajat kuitenkin kaikesta huolimatta osoittavat toimenpiteiden kannattavuuden. KSS-energia tarjoaa yritykselle jännitteenlaatumittauksen raportin hyvin edullisesti (100€). (Kuvaja 2024). Yrityksen puolelta saatu apu tarkkoine mittauksineen ja kulutustietoineen ovat suuresti jo auttaneet kartoittamaan tilannetta. Paikallisyritykseltä saatu tarjous laitteiston asennuksesta (Puhakka 2024) ei ole suuri kustannus. Suosittelisin ainakin hakemaan tarjouksia laitteistoista ja halutessaan vaikka jättämään oma tarjous yrityksille. Silloin kun kuormitus kevenee, niin silloin myös verkon siirtohäviöt pienevät mistä syntyy myös pientä säästöä.

Väärän kokoisen pumpun valinta (iso tai liian pieni) aiheuttaa sen, että ei saavuteta parasta mahdollista säästöä. Liian iso laite kuluttaa turhan paljon energiaa, ja liian pieni taas käy liian suurella teholla. Suurempi lämpöpumppu on suurempi investointikustannus, mutta toimintakustannukset ovat alhaisemmat. Maalämpöpumpulla lämpökerroin on toki parempi mutta niin on alkuinvestointikin huomattavasti suurempi. Maalämpökaivon poraaminen vaatisi erillisen tarkastelun maaperän sopivuudesta siihen ja lisäksi poraaminen vaatisi rakennusvirastolta rakennusluvan hakemista (tämän osalta saattaa toki olla paikkakunta kohtaisia eroavaisuuksia).

Miten se sitten käytännössä toteutettaisiin, paras vaihtoehto voisi olla jonkinlainen hybridiratkaisu, jossa lämpöpumput ovat osatehomitoituksella. Koska huipputehon tarvetta esiintyy vain hyvin lyhyenä aikana, ei sen tuottamiseen edullisella energialla välttämättä kannata investoida paljoa. Pumppujen tekniikka kehittyy ja kaupallinen kilpailu kovenee, joten lähivuosina on luvassa ennemminkin parempaa tekniikkaa halvemmalla hinnalla. Toisaalta öljynhinta tulee jatkossa myös olettavasti nousemaan, joten vaihtoehtoisia laskentoja kannattasi suorittaa ja hakea tarjouksia laskelmista saaduista järjestelmistä. Osatehomitoituksella järjestelmäksi riittää hyvin jotkut suurempi tehoiset lämpöpumput ja ilma-vesilämpöpumput. Tällöin puhutaan ainoastaan joitakin tuhansien tai kymmenien tuhansien eurojen investoinnista.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä EU 2018/2001, Rakennusten energiatehokkuudesta annetun direktiivin 2010/31/EU ja energiatehokkuudesta annetun direktiivin 2012/27/EU muutosehdotukset tulevat olemaan huomattavan paljon merkityksellisempiä kuin ehkä äkkiseltään osataan ajatella. Energiatehokkuus tavoitetta kiristetään entisestään. Muutosehdotuksessa todetaan, että vaikka jäsenvaltiot voivat toteuttaa toimia kansallisella tasolla esiintyvien esteiden poistamiseksi, lupamenettelyjen ja hallinnollisten prosessien lyhentämiseksi ja yksinkertaistamiseksi tarvitaan koordinoitua eurooppalaista toimintaa, jotta voidaan nopeuttaa uusiutuvien energialähteiden tarpeellista käyttöönottoa (EU 2018/2001).

Direktiivin muutosehdotus sisältää useita kohtia, jotka velvoittavat kansalliset viranomaiset toimimaan yritysten ja yksilöiden etuja ajatellen ja todella saamaan aikaiseksi. Lupamenettelyjä nopeutetaan, kielteisiä päätöksiä joudutaan perustelemaan, lupamenettelyjen aikatauluja rukataan niin, että vaikka anomukset eivät olisi määrämuotoisina valmiita ja hylättäisiin näillä perusteilla, lupahakemusmenettelyn voi aloittaa välittömästi uudestaan. Lisäksi kansalliset viranomaiset vaaditaan

saamaan aikaiseksi säästötoimia energiankulutuksen suhteen, ja tämä aiheuttaa heille paineita, jotta myös toimenpiteitä ja kohteita on löydettävä. Nyt jos koskaan voi olla oikea hetki toimia. Oikeanlaiset järkevät kohdennetut toimet voivat saada tarvittavan tuen, vaikka business Finlandin myöntämistä tuista. Hyvin esitetty ja perusteltu toimenpide-ehdotus yrityksen energiatehokkuuden parantamiseksi, paikallisten viranomaisten on pakko ottaa kantaa ja niihin on myös mahdollista saada tukea.

Minkälaiseksi direktiivi sitten lopullisesti muodostuu, kun hallitukset ja päättäjät vaihtuvat, se jää nähtäväksi, mutta selvää on, että energiatehokkuutta tuetaan ja siihen panostetaan. Toivottavasti myös uuden hallituksen toimesta kehityskelpoisia ja toteuttamiskelpoisia toimia tuetaan, rankoista säästötavoitteista huolimatta. Suomi on monella tavalla vihreän siirtymän osalta kärkimaita tällä hetkellä ja se tuo meille hyvää mainetta ja uusia innovaatioita ja investointeja.

Lähteet

Ehdotus Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä annetun direktiivin (EU) 2018/2001, rakennusten energiatehokkuudesta annetun direktiivin 2010/31/EU ja energiatehokkuudesta annetun direktiivin 2012/27/EU muuttamisesta, 2022. Verkkojulkaisu. Euroopan Komissio. Viitattu 12.04.2024 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022PC0222>

Energian hankinta ja kulutus 2022, 2023. Verkkojulkaisu. Tilastokeskus. Viitattu 10.11.2023 <https://stat.fi/julkaisu/cl8lmyfdcqgc70dukvv6dsrdd>.

Eronen, M., Hietalahti L. ja Pakonen P. 2018, Yliaallot ja kompensointi. 2., uudistettu painos. Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. Espoo: Sähköinfo Oy.

Hiltunen, R. 2017. Loistehon ja maasulkuvirran hallinta jakeluverkkoyhtiössä. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Viitattu 10.11.2023. <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2017102050223>.

HSEQ. N.d . Kemas Oy. Viitattu 14.11.2023. <https://kemas.fi/yritys>

Härkönen, M. 2017. Lämpöpumpun toimintaperiaate. Digma Avoin oppimisympäristö. YouTube kanava. Viitattu 15.11.2023. <https://www.youtube.com/watch?v=HnPLpPbgttA&t=496s>.

Jokela, M. 2019. Kylmäaineiden käsitleminen. Suomen kylmäyhdistys ry. Helsinki.

Kananen, J. 2015. Opinnäytetyön kirjoittajan opas. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu

Kuvaja, K. 2024. Tekninen johtaja. KSS-Energia yhtiö. Haastattelu 03.02.2024.

Loissähkön toimitus ja loistehoreservin ylläpito, 2021. Sovellusohje Fingrid.fi. Viitattu 11.11.2023. <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/kayttovarma-sahkonsiirto/loissahkon-toimituksen-ja-loistehoreservin-yllapito-2021-id-244241.pdf>.

Luoma, A-S. 2014. Lämpöpumpun toiminnan vaikutus rakennuksen energiankulutukseen. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Viitattu 22.11.2023. <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/22280/Luoma.pdf>

Puhakka, T. 2024. Lämpöpumppuasentaja ja sähköalan ammattilainen. Nalle-Electric Oy. Haastattelu 24.03.2024.

Petäjäistö, J. 2023. Henkilöstö- ja hankintapäällikkö. Kemas Oy. Haastattelu 26.06.2023.

Ranta, M. 2023. Avainasiakaspäällikkö. Bosch Oy. Haastattelu 13.11.2023.

Rantanen, M. 2015. Lämpöpumppulämmitysjärjestelmän mitoitus ja laitevalinnat. Opinnäytetyö. Metropolia ammattikorkeakoulu. Helsinki. Viitattu 15.11.2023. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201504084076>.

ST 52.15, 2016. Loistehon kompensointi ja kompensointilaitteet alle 1000 V:n pienjänniteverkossa. ST-kortisto. Sähkötieto ry. Viitattu 23.05.2023. <https://severi.sahkoinfo.fi/item/537>

Taloustietoja Finder sivustolta. N.d: Viitattu 14.11.2023. <https://www.finder.fi/Teollisuuden+kunnossapito/Kemas+Oy/Keltakangas/yhteystiedot/145641>.

Teollisuuden kunnossapitotyöt. N.d. Kemas Oy. Viitattu 14.11.2023. <https://kemas.fi/yritys>.

Zhang, W. 2014. Loistehon säätö ja kompensointi. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Viitattu 10.11.2023. <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2014102045437>.

Liitteet

Liite 1. Lämmitysjärjestelmän mitoitus-suurin öljynkulutus

Invented for life


BOSCH

Bosch - Invented for Life

Alansa suurin Euroopassa ja yli 100 vuoden kokemus lämmityksestä

Saksalaisen monialakonserni Boschin tarina ulottuu yli 130 vuoden päähän. Pitkä historiamme selittää vahvaa asemaamme maailman johtavien teknologiayritysten joukossa. Bosch on kehittänyt toinen toistaan mullistavampia innovaatioita, kuten esimerkiksi jääkaapin ja autojen ajonvakaussysteemin.

Bosch aloitti lämpötuotteiden valmistuksen jo 1800-luvulla. Nykyään toiminta kattaa kaiken lämpövoimalaitoksista omakotitalojen lämpöpumppuihin. Asemamme Euroopan lämpötuotemarkkinoilla on omaa luokkaansa. Meillä on kokemusta lämpöpumpuista ja geotermisestä energiasta 70-luvulta lähtien. Suuri osa kehitystyöstä tapahtuu Ruotsissa. Tämä tarkoittaa, että ratkaisumme sopivat täydellisesti pohjoismaisiin ilmasto-oloihin.

Laatua kautta linjan

Meille Boschilla laatu on pääosassa kaikessa: tuotekehityksestä ja valmistuksesta asennukseen ja tukeen. Tiedämme, että sitä asiakkaamme meiltä odottavat ja että sen ansiosta olemme maailman johtavia teknisten tuotteiden valmistajia.

Varmista laadukas asennus Bosch Lämpömasterilta

Kun päätät ostaa Bosch lämpöpumpun maailman johtavalta tekniikan asiantuntijalta, haluat asennuksenkin olevan huippuluokkaa. Sertifioidut Bosch Lämpömasterimme ovat tarkkaan valittuja ammattilaisia, jotka ovat läpikäyneet perusteellisen jälleenmyynnin koulutusohjelmamme.

Tarvekartoituksen, mitoituksen sekä asennuksen pitää vastata tuotteidemme korkeaa tasoa. Vain silloin voimme olla varmoja, ettei mitään jätetä sattuman varaan. Voimme lämpimästi suositella, että käännyt Bosch Lämpömasterin puoleen oikeaa lämmitysratkaisua pohtiessasi.

nalle-electric Oy
Hemmintie 5
45720
Kouvola

tero puhakka
Puhelin: 0405875271
Matkapuhelin: 0405875271
Sähköposti: tero.puhakka@nalle-electric.fi

2024-03-02 11:44

CS7000LW 72 ja CS7000LW 80

Bosch Compress 7000 LW -mallissa on edistynyt kylmäpiiri, joka mahdollistaa erinomaisen hyötysuhteen ja korkean menoveden lämpötilan ilman sähkövastusta (68 astetta). Tandemkompressorit, ruiskutustekniikka ja epäsymmetriset lämmönvaihtimet ovat ominaisuuksia, joista insinöörimme ovat ylpeitä.

Tärkeintä on kuitenkin lopputulos: kiinteistö saa riittävästi lämpöä ja käyttövettä, sinä puolestaan saat pienemmät lämmityskustannukset.

Lämpöpumpun tehon voit valita useista kokoluokista aina 80kW asti. Yksikköjä voidaan kytkeä sarjaan jopa viisi kappaletta, eli järjestelmän antoteho voi olla korkeimmillaan jopa 400kW. Bosch Compress 7000 LW -tuoteperheestä löytyykin uusiutuvaan energiaan perustuva lämmönlähde lähes jokaiseen kiinteistöön.

- A+++ Energialuokitus
- Monipuolinen etäohjaus
- +68C virtauslämpötila turvaa lämmityksen

Laskennallinen vuosikulutus (Lämmitys ja lämmin käyttövesi)

Lämpöpumppu	92,525 kWh
Lisäenergia	0 kWh
Yhteensä	92,525 kWh



Lähtötiedot

Talotyyppi	Muu suuri kiinteistö
Rakennusvuosi	1987
Lämmitettävä pinta-ala	1905 m²
Lämmitysjärjestelmä	Öljy
Sähkön kokonaiskulutus	1,000 kWh
Josta taloussähkön osuus	1,000 kWh
Sähkön hinta	0.25 € /kWh
Öljynkulutus	35.8 m³ (95% Hyötysuhde)
Asuntojen lukumäärä	1
Asukalta per asunto	1
Lämpimän käyttöveden tarve (Suihku)	3,000 kWh
Nykyinen huonelämpötila	19 °C
Asumisesta tuleva lämpö	2 °C
Menoveden lämpötila	55 °C

2024-03-02 11:44



Laskelman tulokset Bosch-lämpöpumpulla

Talon tiedot	
Huipputehontarve (kylmin päivä)	134.8 kW
Laskettu energiankulutus	338,890 kWh
Lisälämmön maksimi tarve	0 kW
Lämpöpumpun kuluttama energia	92,525 kWh
Lämpöpumpun lisäenergia	0 kWh
Lämpöpumpun ilmaisenergia	246,365 kWh
Lämpöpumpun käyntiaika	2,300 tuntia/vuosi
Tehonpelitto	110%
Energianpelitto	100%
SPF, ilman lisäenergiaa	3.7
Energian hinta Bosch-lämpöpumpulla	0.07 € /kWh
Postinumero	46860 Kouvola
Paikkakunnan keskilämpötila	5.4 °C
Vyöhykkeen mitoituspakkanen (TRY2012)	-29 °C

Lämmönlähde	
Lämmönlähteen olosuhteet	Normaali kallio (λ 3.0)
Lämpökaivon aktiivisyys yhteensä	2667 m
Minimimäärä lämpökaivoja	14 kpl
Energian tai tehon otto /parametri	116 kWh / 40 W
Siirtoputkelle käytettävissä oleva painehäviö	17 kPa
Keruunesteen keskilämpötila	-0.8 °C
Putkityyppi ja keruuneste	PEM 40 Etanoli
Lämmitysjärjestelmä	
Lämmitysjärjestelmän minimi tilavuus	1478 litraa

Invented for life



2024-03-02 11:44

Lämmityskustannukset lämpöpumpulla

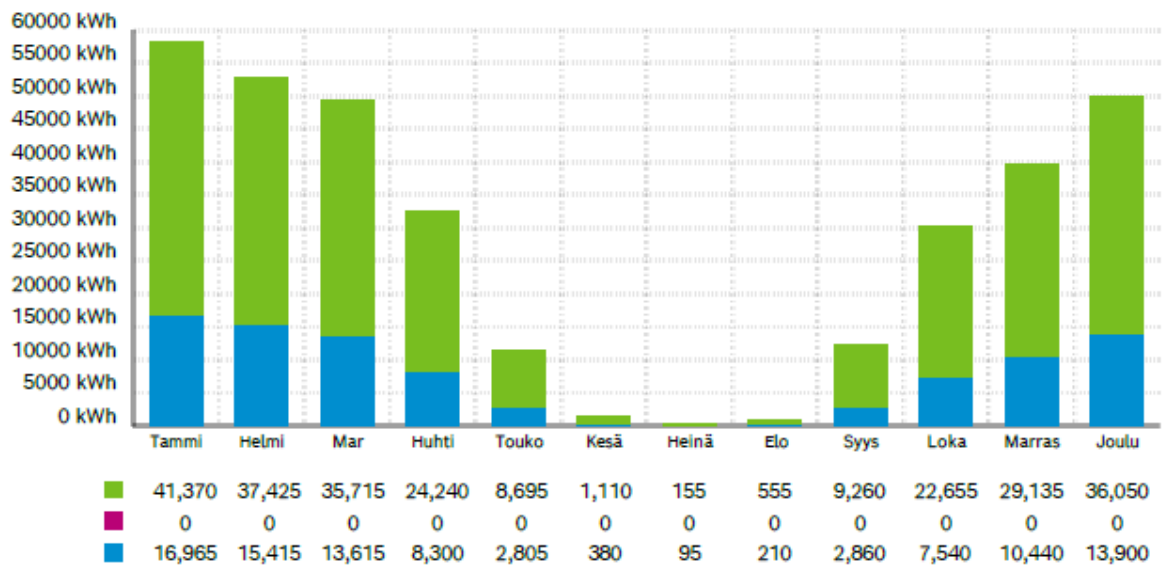
Nykyiset lämmityskustannukset	
Öljy	29,727 €
	29,727 €

Lämmityskustannukset uudella lämpöpumpulla	
Lämpöpumpun kuluttama energia	23,131 €
	23,131 €
Säästöt lämpöpumpulla yhteensä 6,596 €	

Kuukausittainen energiankulutus

Tässä teidän arvioitu energiankulutuksenne lämmitykselle ja käyttövedelle, kuukausijaolla normaalivuotena.

Lämpöpumpun ilmaisenergia 246,365 kWh
Lämpöpumpun lisäenergia 0 kWh
Lämpöpumpun kuluttama energia 92,525 kWh



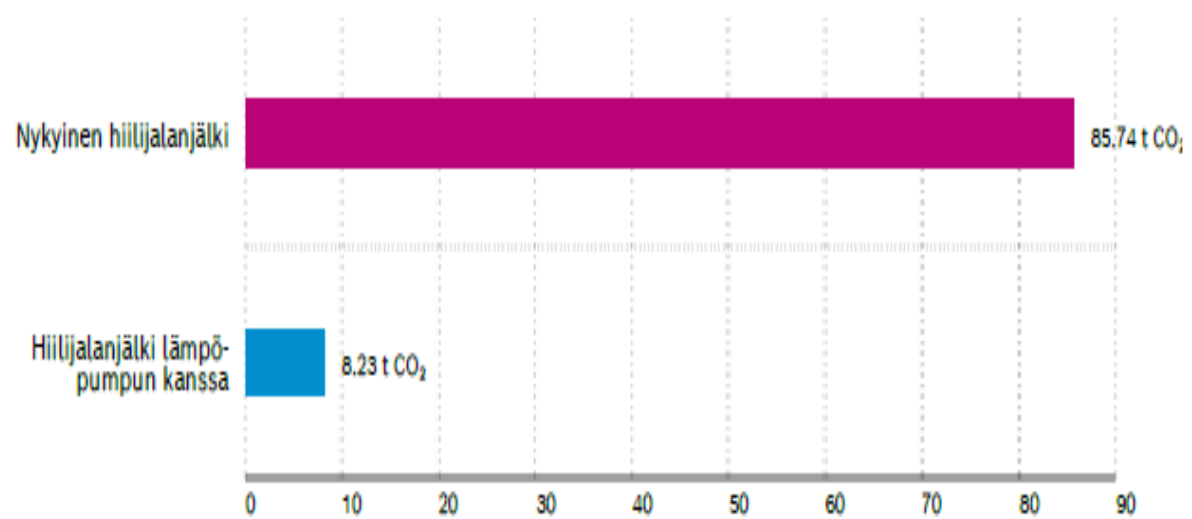
Invented for life



2024-03-02 11:44

CO₂ hiilijalanjälki

Tietoa nykyisestä (85.74), ja tulevasta (8.23) hiilijalanjäljestä



Invented for life



2024-03-02 11:44

Jälleenmyyjän kommentit

Kun valitset Bosch-lämpöpumpun, saat laadukkaan tuotteen yhdeltä Pohjoismaiden johtavilta lämpöpumppujen valmistajilta. Pyrimme jatkuvasti kehittämään ja optimoimaan lämpöpumppujamme siten, että ne ovat aina energiatehokkaimpia ja hiljaisimpia markkinoilla.

Vastuuvapauslauseke

Energian hinnat sis. ALV

Säästölaskelma

Säästölaskelma pohjautuu asiakkaan antamiin lähtötietoihin. Laskelma on tarkoitettu suuntaa antavaksi ja perustuu keskimääräisiin sääolosuhteisiin (METEONORM normaali vuosi versio 8.1). Lämpötilavyöhykkeiden I - IV mitoituspakkaset perustuvat Energialaskennan Testivuodet TRY2012 tuntiaineistoon.

Robert Bosch Oy ei vastaa, mikäli lämmitysjärjestelmän kulutus poikkeaa mitoituksista. Kulutukseen vaikuttaa mm. asuintottumukset (kuten käyttöveden kulutus), sääolosuhteet, lämmitysjärjestelmän säädöt ja asennustapa.

Useamman lämpökaivon mitoituksissa laskelma perustuu riittäviin lämpökaivojen keskinäisiin etäisyyksiin.

Laskelma perustuu asiakkaan antamiin lähtötietoihin ja on tarkoitettu suuntaa-antavaksi.

Sanasto

Lämpöpumpun ilmaisenergia.

Lämpöpumpulla lämmönlähteestä saatu energia

Lämpöpumpun tarvitsema energia.

Lämpöpumpun kuluttama energia ilman lisäenergiaa.

Lämpöpumpun lisäenergia.

Lämpöpumpun kuluttama lisäenergia esim. sähkö, kaukolämpö tai öljy.

Huipputehontarve.

Rakennuksen tehontarve mitoituslämpötilassa.

Laskettu energiakulutus.

Rakennuksen energiakulutus tai lämpöpumpun tuottama energia.

Tehonpeitto.

Luku, joka kertoo lämpöpumpun tehon suhteessa rakennuksen tehoon. Yleensä 70-100%

Energianpeitto.

Luku, joka kertoo lämpöpumpulta saadun energian suhteessa rakennuksen tarvitsemaan energiaan.



Bosch Lämpöestarin 6+10 vuoden takuu

Takuumme pitenee kolmesta vuodesta kuuteen vuoteen, jos laitteen on myynyt ja asentanut sertifioitu Bosch Lämpöestari.

Ilmavesi- ja 6-17kW maalämpöpumpuille sekä poistoilmalämpöpumpulle myönnämme myös huiman 10 vuoden kompressoritakuun.

Liite 2. Lämmitysjärjestelmän mitoitus- pienin kulutus

CS7000LW 54 ja CS7000LW 64

Bosch Compress 7000 LW -mallissa on edistynyt kylmäpiiri, joka mahdollistaa erinomaisen hyötysuhteen ja korkean menoveden lämpötilan ilman sähkövastusta (68 astetta). Tandemkompressorit, ruiskutustekniikka ja epäsymmetriset lämmönvaihtimet ovat ominaisuuksia, joista insinöörimme ovat ylpeitä.

Tärkeintä on kuitenkin lopputulos: kiinteistö saa riittävästi lämpöä ja käyttövettä, sinä puolestaan saat pienemmät lämmityskustannukset.

Lämpöpumpun tehon voit valita useista kokoluokista aina 80kW asti. Yksikköjä voidaan kytkeä sarjaan jopa viisi kappaletta, eli järjestelmän antoteho voi olla korkeimmillaan jopa 400kW. Bosch Compress 7000 LW -tuoteperheestä löytyykin uusiutuvaan energiaan perustuva lämmönlähde lähes jokaiseen kiinteistöön.

- A+++ Energialuokitus
- Monipuolinen etäohjaus
- +68C virtauslämpötila turvaa lämmityksen

Laskennallinen vuosikulutus (Lämmitys ja lämmin käyttövesi)	
Lämpöpumppu	74,110 kWh
Lisäenergia	0 kWh
Yhteensä	74,110 kWh



Lähtötiedot	
Talotyyppi	Muu suuri kiinteistö
Rakennusvuosi	1987
Lämmitettävä pinta-ala	1905 m²
Lämmitysjärjestelmä	Öljy
Sähkön kokonaiskulutus	1,000 kWh
Josta taloussähkön osuus	1,000 kWh
Sähkön hinta	0.25 € /kWh
Öljynkulutus	28 m³ (95% Hyötysuhde)
Asuntojen lukumäärä	1
Asukkaita per asunto	1
Lämpimän käyttöveden tarve (Suihku)	3,000 kWh
Nykyinen huonelämpötila	19 °C
Asumisesta tuleva lämpö	2 °C
Menoveden lämpötila	55 °C

Laskelman tulokset Bosch-lämpöpumpulla	
Talon tiedot	
Huipputehontarve (kylmin päivä)	105.2 kW
Laskettu energiankulutus	264,810 kWh
Lisälämmön maksimi tarve	0 kW
Lämpöpumpun kuluttama energia	74,110 kWh
Lämpöpumpun lisäenergia	0 kWh
Lämpöpumpun ilmaisenergia	190,700 kWh
Lämpöpumpun käyntiaika	2,310 tuntia/vuosi
Tehonpeitto	109%
Energianpeitto	100%
SPF, ilman lisäenergiaa	3.6
Energian hinta Bosch-lämpöpumpulla	0.07 € /kWh
Postinumero	46860 Kouvola
Paikkakunnan keskilämpötila	5.4 °C
Vyöhykkeen mitoituspakkanen (TRY2012)	-29 °C

2024-03-02 12:02



Lämmönlähde	
Lämmönlähteen olosuhteet	Normaali kallio (λ 3.0)
Lämpökaivon aktiivisyys yhteensä	2056 m
Minimimäärä lämpökaivoja	12 kpl
Energian tai tehon otto /porametri	116 kWh / 40 W
Siirtoputkelle käytettävissä oleva painehäviö	14 kPa
Keruunesteen keskilämpötila	-0.8 °C
Putkityyppi ja keruuneste	PEM 40 Etanoli
Lämmitysjärjestelmä	
Lämmitysjärjestelmän minimi tilavuus	1145 litraa

2024-03-02 12:02

Lämmityskustannukset lämpöpumpulla

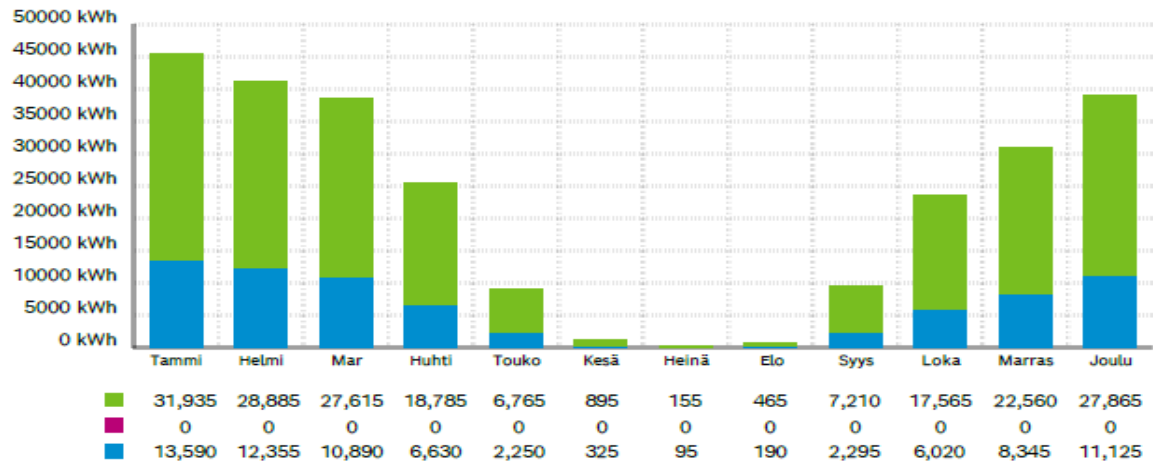
Nykyiset lämmityskustannukset	
Öljy	37,249 €
	37,249 €

Lämmityskustannukset uudella lämpöpumpulla	
Lämpöpumpun kuluttama energia	18,528 €
	18,528 €
Säästöt lämpöpumpulla yhteensä 18,722 €	

Kuukausittainen energiankulutus

Tässä teidän arvioitu energiankulutuksenne lämmitykselle ja käyttövedelle, kuukausijaolla normaalivuotena.

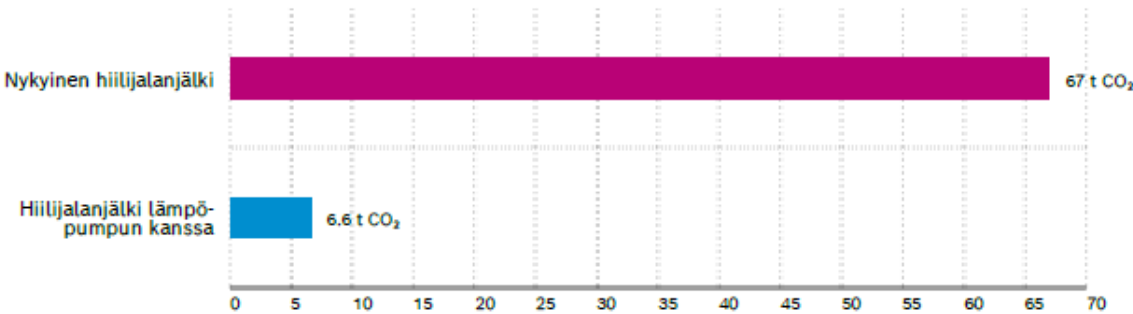
Lämpöpumpun ilmaisenergia 190,700 kWh
Lämpöpumpun lisäenergia 0 kWh
Lämpöpumpun kuluttama energia 74,110 kWh



2024-03-02 12:02

CO2 hiilijalanjälki

Tietoa nykyisestä (67), ja tulevasta (6.6) hiilijalanjäljestä



Liite 3. Tarjous 140 kW maalämpöjärjestelmän asentamisesta (sis. kaikki työt, poraukset, laitteiston asennus, ym.)

Pipe Systems Group Finland Oy TARJOUS Sivun (1/1)
31.03.2023

Kemas Oy	Tarjous	000004
	Kohde	Maalaamo/koneistamo hallit
	Vastuhenkilö	Luoma Toni
	Tarjouspvm.	30.30.2023

Tarjous yhteensä	259459,40
ALV 24,00 %	62270,26
Tarjous yhteensä EUR sis. ALV 24,00 %	321729,66

Toimitusaika	Sopimuksen mukaan
Voimassaoloaika	Kaksi (2) kuukausi tarjouspäivästä

Luoma Toni

Liite 4. Estekelapariston hinta vertailua varten 100 kVar

21.43

VoLTE

3

Estokelaparisto - TKF-E100/400-50-189

Estokelaparisto - TKF-E100/400-50-189

TKF-E100/2x12.5+25+50/400-50-189

Sähkönumero: 5714706	GTIN: 6410057147063
----------------------	---------------------

Norm.
12343 ²⁶

ASIAKASHINTA
10121 ⁴⁷ / 1 KPL

Hankintatuote

1

+

Liite 5. 45 kVar estokelapariston hinta.

21.56 ▲ ▢ ✓

🕒 🔗 VoLTE 4G 17 🔋



Estokelaparisto - TKF-E45/400-50-189

Estokelaparisto - TKF-E45/400-50-189

TKF-E45/7.5+12.5+25/400-50-189

Sähkönumero: **5714700**

GTIN: **6410057147001**

Norm.
9678 68

ASIAKASHINTA
7936 52

/ 1 KPL

● Hankintatuote

1
KPL

+

-

LISÄÄ OSTOSKOORIIN

