

Hyötykäyttö
Lauhdelämpö
Kylmäjärjestelmä
Kauppa
Energiatehokkuus

Kaupan kylmälaitteiden ja -järjestelmien
lauhdelämmön talteenotto

Laskentaohje

04/2012

**Kaupan kylmälaitteiden ja -järjestelmien lauhdelämmön talteenotto
Laskentaohje**

Lukijalle

Kaupan kylmälaitteiden ja -järjestelmien lauhdelämmön talteenoton laskentaohje on suunnattu taloteknisille suunnittelijoille, rakennuttajille sekä muille asiantuntijoille. Ohje käsittelee eri lämmöntalteenottotapoja sekä suunnittelussa huomioitavia seikkoja.

Varsinainen laskentaohje sisältää tietoa eri kauppatyyppien lämmöntalteenoton potentiaalista sekä suoraan hyödynnettynä että lämpöpumppua hyväksi käyttäen. Ohjeen kuvista on mahdollista arvioida eri suunnitteluratkaisujen mahdollistamaa energiansäästöä.

Lämmöntalteenotolla on useissa tapauksissa lyhyt takaisinmaksuaika. Tämän vuoksi niin uudisrakentamisessa kuin saneerauksissa on hyvä huomioida kohteeseen sopiva lämmöntalteenottoratkaisu jo suunnitteluvaiheessa. Ratkaisumallit ovat erilaisia kauppakoosta riippuen.

Ohje on laadittu osana Motivan koordinoimaa hankkeetta, johon osallistuivat Kaupan liitto, Kesko Oyj, Suomen Osuuskauppa ja Suomen Lähikauppa Oy. Hankkeen rahoittivat edellä mainitut toimijat sekä työ- ja elinkeinoministeriö. Raportin ovat laatineet Ulla Kaipainen ja Timo Heikkilä Insinööritoimisto Granlund Tampere Oy:stä.

Sisällysluettelo

Lukijalle	3
Sisällysluettelo	4
1 Johdanto.....	5
1.1 Energiankäyttö kaupan kiinteistöissä.....	5
1.2 Kaupan kylmäjärjestelmien nykytilanne ja kehitysnäkymät.....	5
1.3 Tekninen kehitys.....	6
1.4 Suunnittelun merkitys energiatehokkuudessa	6
1.5 Lainsäädäntö	6
1.6 Ympäristöjärjestelmät	7
2 Kaupan alan kylmäratkaisut	9
2.1 Kylmälaitteet ja -järjestelmät.....	9
2.2 Lauhdelämmön talteenottojärjestelmät	9
2.2.1 Lämmöntalteenotto ilmanvaihtoon ja tilalämmitykseen	9
2.2.2 Lämmöntalteenotto lämmitysverkostoihin	10
2.2.3 Lauhteen lataaminen maahan.....	10
2.2.4 Lauhdelämmön talteenoton tehostaminen lämpöpumppuratkaisuilla.....	10
2.3 Automaatiojärjestelmät, mittarointi ja tiedonkeruu	10
2.4 Aukiolo- ja seisokkiaikaiset toimet	11
3 Laskentaohjeet	12
3.1 Lauhdutusteho	12
3.2 Talteen saatava lauhdelämpö eri ratkaisuvaihtoehdoilla	15
3.2.1 Perinteinen lämmöntalteenotto	15
3.2.2 Lämpöpumppu	18
3.3 Huolto- ja kunnossapitokustannukset	21
3.4 Lämmöntalteenoton lisääminen saneerauskohteeseen.....	21
3.5 Investointikustannukset sekä energian ja käyttökustannusten säästöt	22
4 Lauhdelämmön hyödyntäminen uusiutuvana omavaraisenergiana	23
4.1 Rakennusmääräyskokoelman D3 uudistuminen vuonna 2012	23
4.2 Lauhdelämmön hyödyntäminen uusiutuvana omavaraisenergiana vuoden 2012 määräysten mukaan.....	23
5 Lähdeluettelo.....	25

1.1 **Energiankäyttö kaupan kiinteistöissä**

Suomessa päivittäistavaraa myyviä myymälöitä oli vuoden 2011 alussa 3 923 kappaletta. 2000-luvulla lukumäärä on pysynyt hieman alle 4 000 myymälässä. Näistä 141 oli hypermarketteja, joiden myyntipinta-ala on suurempi kuin 2 500 m². Marketteja oli 1 026 kappaletta ja lähikauppoja 1 549. Marketiksi määritellään myymälä, jonka myyntipinta-ala on yli 400 m², 100 m²–400 m² ovat lähikauppoja ja tätä pienemmät pienmyymälöitä ja kioskeja./1/

Vuonna 2003 päivittäistavarakauppa kulutti sähköä 1 150 GWhe, joka vastaa 1,3 % Suomen kokonaiskulutuksesta. Vastaavasti lämpöenergiankulutus oli 400 GWth, 1,2 % Suomen kokonaiskulutuksesta./2/

Keskimäärin sähkön ominaiskulutus vuositasolla on hypermarketissa 220 kWh/brm², marketissa 320 - 460 kWh/brm², lähikaupoissa 600 kWh/brm². Lämmönkulutukselle vastaavat luvut ovat hypermarketille 80 kWh/brm², marketille 130–170 kWh/brm² ja lähikaupalle 120 kWh/brm²./3/ Tyypillisen supermarketin sähkönkulutuksesta 40 % aiheutuu kylmlaitteista, 25 % valaistuksesta ja loput LVI-tekniikasta ja muista kuluksilähteistä./4/

Vedenkulutus kaupan kiinteistöissä on tyypillisesti pientä. Hypermarketin vuotuinen vedenkulutus on noin 200–220 l/brm², marketin 300–320 l/brm² ja lähikaupan 200 l/brm². /3/ Vedenkulutuksesta lämpimän käyttöveden osuuden voidaan arvioida olevan 30–40 %.

1.2 **Kaupan kylmäjärjestelmien nykytilanne ja kehitysnäkymät**

Kaupan kylmäntuotanto perustuu tänä päivänä pääasiassa keskitettyihin kylmlaitoksiin. Suuremmissa yksiköissä käytetään pääsääntöisesti välillistä järjestelmää lauhtuksessa ja pienemmissä yksiköissä suoralauhdutteista järjestelmää.

Uusissa kohteissa kaupankylmän kylmäaineena käytetään pääsääntöisesti kylmäainetta R404A. Suomeen on viime vuosina rakennettu myös jonkin verran hiilidioksidilla (CO₂, R744) toimivia laitoksia.

Vanhoissa kohteissa on vielä käytössä jonkin verran HCFC-kylmäaineita, kuten R22. Uuden R22-kylmäaineen käyttö huollossa on kielletty 2010 alusta ja myös kierätetyn kylmäaineen käyttö on kielletty 2015 alusta alkaen. Näin ollen viimeisetkin R22 käyttävät kylmäkoneistot tullaan saneeraamaan lähiaikoina.

Edellä mainittujen kylmäaineiden lisäksi nykyisin käytössä olevia kylmäaineita ovat mm. R134A, R407A, R417A ja R507. Tässä selvityksessä keskitytään kylmäaineesiin R404A ja R744.

1.3 Tekninen kehitys

Tulevaisuudessa on odotettavissa, että hiilidioksidi tulee kasvattamaan osuuttaan kaupan-kylmän kylmäaineena. Laitekehityksen ansiosta markkinoille on tullut tekniikkaa, jonka avulla on mahdollista toimia hiilidioksidin vaatimassa korkeassa painetasossa.

Pakkastehoa on saatu pienemmäksi käyttämällä pakkaskalusteissa enenevässä määrin ovia ja kansiä. Myös kylmäpuolella ovitusta tultaneen lisäämään tulevaisuudessa, jolloin myös kylmätehoa saadaan laskettua.

Moottoritekniikan energiatehokkuutta lisäävät markkinoille tulleet kestopagneeteilla varustetut tasavirtamoottorit (EC-moottori). Myös taajuusmuuttajakäytöt ovat lisääntyneet kompressoreiden ja pumppujen ohjauksessa.

1.4 Suunnittelun merkitys energiatehokkuudessa

Koska kaupan energiatehokkuus syntyy eri taloteknisten järjestelmien sekä kylmäjärjestelmän tehokkaasta yhteiskäytöstä, on eri suunnittelualojen yhteistyö välttämätöntä. Lämmöntalteenottoa tulisi lähestyä kokonaisenergiatarkastelun kautta, jolloin löydetään kuhunkin kiinteistöön paras konsepti.

Kokonaisenergiatarkastelussa on hyvä ottaa huomioon mahdollisuus nostaa kylmäjärjestelmän lauhtumislämpötilaa optimiratkaisun löytämiseksi (esim. CO₂-laitokset). Kun kohteeseen toteutetaan tavallisuudesta poikkeava lämmöntalteenottoratkaisu, on varsinkin LVI- ja kylmäsuunnittelun yhteistyöhön kiinnitettävä erityistä huomiota. Automaatiosuunnittelijan kanssa on varmistettava ohjauksen oikeat asetusarvot ja riittävä mittarointi ratkaisun toimivuuden todentamiseksi. Kiinteistötason lämmön- ja sähkönkulutuksen lisäksi olisi hyvä mitata myös lämmöntalteenottojärjestelmän tuottamaa energiaa ja sen sähkönkulutusta.

Lämmöntalteenottoratkaisuissa on varmistettava, että kylmäjärjestelmällä on aina käytettävissään riittävä lauhtuskapasiteetti. Hyvällä suunnittelulla on pyrittävä tekemään monimutkaisestakin laitoksesta hallittava kokonaisuus, jota myös käyttökunnan on osattava käyttää.

1.5 Lainsäädäntö

Kaupan toimijoita sitoo energiapalveludirektiivi, jonka tavoitteena on vähentää kokonaisenergiankulutusta 9 % vuosina 2008–2016 lähtökohtana vuoden 2005 energiankulutus.

Lisäksi vuonna 2012 voimaan tulevat uudet energiamääräykset, kuten rakennusmääräyskokoelman osa D3, velvoittavat energiatehokkaaseen rakentamiseen. Uusi D3 koskee uusia vain kiinteistöjä. Vanhojen kiinteistöjen osalta määräykset ovat uudistumassa, mutta niiden vaikutuksesta ei ole vielä tietoa. Sekä energiatodistusjärjestelmän päivitys että korjausrakentamista koskevat määräykset tulevat ohjaamaan myös olemassa olevia kiinteistöjä energia-tehokkaaseen suuntaan.

Kaupan kiinteistöjen osalta rakennusmääräyskokoelman uudistus mahdollistaa energiatehokkuusluokan parantamisen käyttämällä hyväksi kaupankylmän lauhtelämmön talteenottoa.

Myös kaupan kiinteistöissä yleistyvät kansainväliset ympäristöluokitusjärjestelmät, kuten brittiläinen Breeam ja amerikkalainen LEED. Kummassakin järjestelmässä annetaan suuri painoarvo energian tehokkaalle käytölle, jolloin myös lämmöntalteenotto tulee ottaa huomioon.

Breeam-luokitusjärjestelmässä on mahdollista ansaita yksi piste käyttämällä kaupankylmän lämmöntalteenottoa (Ene 7). Pisteen saa, jos talteenotettua energiaa käytetään esimerkiksi lämmitykseen, lämpimän käyttöveden tuotantoon tai muuhun kohteeseen kyseisessä rakennuksessa tai sen lähistöllä. Lisäksi on mahdollista parantaa kohteen kokonaisenergiatasetta talteenoton avulla. Tällöin voidaan saavuttaa korkeampi pistemäärä kohdassa Ene 1.

LEED New Construction ja Core & Shell-järjestelmissä lauhdelämmön talteenotto otetaan huomioon kokonaisenergiataseessa. Koska credit EA2 on painoarvoltaan näissä järjestelmissä ylivoimaisesti suurin, voidaan lämmöntalteenoton avulla saavuttaa kohdasta huomattavan korkea pistemäärä (esim. new construction-järjestelmässä energiaosuudesta maksimi-pistemäärä on 35 pistettä kokonaismaksimipisteiden ollessa 110)

2 Kaupan alan kylmäratkaisut

2.1 Kylmälaitteet ja -järjestelmät

Kylmälaitoksen lauhdutus voidaan toteuttaa joko suoraan tai välillisesti. Välillisessä lauhdutuksessa kylmäaine lauhdutetaan nestepiiriin, joka on usein etyleeniglykoliseos. Lauhdutuksen toteutustapa vaikuttaa myös lämmöntalteenottoratkaisuihin ja erityisesti talteenoton lämpötilatasoihin.

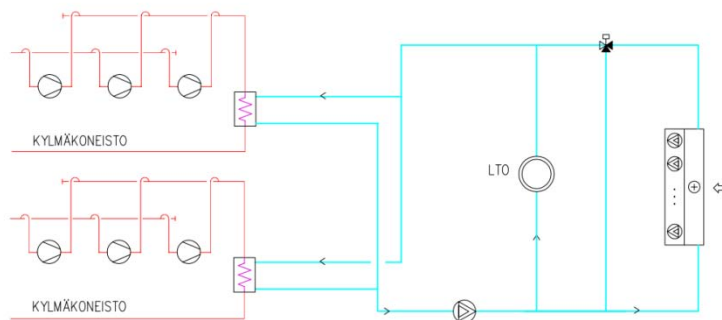
Kylmälaitoksen lauhdutus koostuu tulistuksenpoistosta (10–20 % lauhdutustehosta), varsinaisesta lauhdutuksesta (80–90 % lauhdutustehosta) ja alijäähdytyksestä (0–5 % lauhdutustehosta). /5/

Tyypillinen lämpötilataso lauhdelämmön talteenotolle on 24/17 °C, jos lauhdutuslämpötilaa ei nosteta. Jos tulistuslämpö hyödynnetään erikseen, sen lämpötila taso suunnitteluratkaisusta (mitoitus, kylmäaine) riippuen on 45/35 °C. Lauhtumislämpötilan nosto heikentää kylmälaitoksen kylmäkerrointa. Jo 1 asteen nosto heikentää kylmäkerrointa 3 % /5/.

2.2 Lauhdelämmön talteenottojärjestelmät

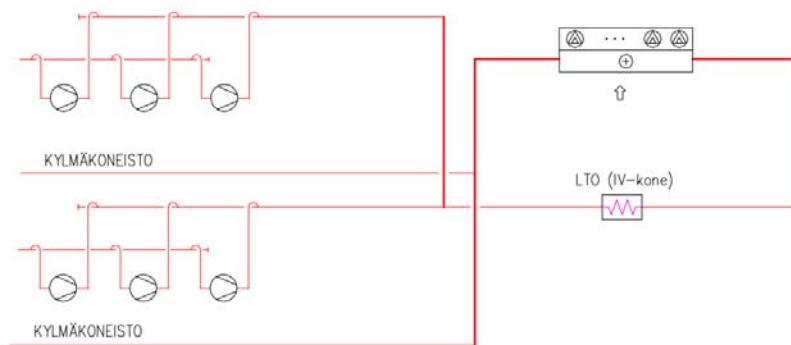
2.2.1 Lämmöntalteenotto ilmanvaihtoon ja tilalämmitykseen

Perinteinen tapa hyödyntää lauhdelämmön sisältämää energiaa, on sen käyttäminen ilmanvaihdon lämmitykseen. Välillisessä lauhdutuksessa ilmanvaihdon lämmitys voidaan toteuttaa esimerkiksi sarjaankytkennällä ulkolauhduksen kanssa.



Kuva 1. Perinteinen välillinen lämmöntalteenottojärjestelmä

Suoraan ilmaan lauhduttavista järjestelmistä mainittakoon Kryothermin toimittama järjestelmä. Kyseinen järjestelmä perustuu ilmalauhdutukseen, jossa lämmennyt ilma voidaan johtaa joko ilmanvaihtoon tai suoraan ulos. Suurissa myymälöissä Kryothermin kanssa sarjaan voidaan kytkeä lisälauhdutin. Järjestelmää voidaan käyttää myös välillisessä lauhdutuksessa ja sillä voidaan lämmittää myös kierrätysilmaa.



Kuva 2. Kryotherm-järjestelmällä toteutettu suoralauhdutteinen lämmöntalteenottojärjestelmä

2.2.2 Lämmöntalteenotto lämmitysverkostoihin

Suoralauhdutteisissa järjestelmissä ulkoyksikön rinnalle tai sarjaan voidaan kytkeä neste-lauhdutin, jolla lämpö siirretään lämpimään käyttövedeen tai muuhun sopivaan lämpöverkostoon (ks. kuva 2). Matala lämpötila soveltuu sellaisenaan mm. sulatukseen.

Lämmöntalteenotto käyttövedeen vaatii erillisen välipiirin, sillä kylmäainepiiri ei lain-säädännön vuoksi voi olla suorassa kosketuksessa käyttöveden tai muun elintarvikkeen kanssa. Tämä laskee hyötysuhdetta ja lämpötilatasoa suoralauhdutteisessa järjestelmässä, välillisessä järjestelmässä talteenotto voidaan tehdä suoraan lauhdutuspiiristä.

2.2.3 Lauhteen lataaminen maahan

Jos kiinteistössä on käytössä maalämpöpumppu, voidaan lauhteen sisältämä energia siirtää valmiita porareikiä hyväksi käyttäen maahan silloin, kun lämpöä ei voida muutoin hyödyntää. Maan lämpötila nousee lämmön latauksen ansiosta jonkin verran. Tämä puolestaan parantaa maalämpöpumpun hyötysuhdetta.

Lämmön latauksen vaikutuksista maaperän lämpötilaan ei ole tutkimustuloksia Suomen maaperässä. Kokemuspohjaisesti on todettu, että vaikutus lämpöpumpun hyötysuhteeseen on positiivinen. Lämpötilan nousuun vaikuttavat mm. pohjaveden liike maaperässä sekä ympäröivän maan ja kallioperän ominaisuudet, jotka voivat vaihdella huomattavasti pienelläkin alueella sekä myös syvyysuunnassa.

Lauhteen maahan lataamisella on myös positiivinen vaikutus kylmälaitoksen taloudellisuuteen, kun lauhdutuslämpötila voidaan pitää alhaisena läpi vuoden.

2.2.4 Lauhdelämmön talteenoton tehostaminen lämpöpumppuratkaisuilla

Lämpöpumpulla voidaan nostaa talteenoton lämpötilaa. Tyypillisesti lämpöpumpulla otetaan talteen se osuus lauhdelämmöstä, jota ei voida hyödyntää suoraan perinteisillä menetelmillä.

2.3 Automaatiojärjestelmät, mittarointi ja tiedonkeruu

Jotta saatu lämmöntalteenoton hyöty voitaisiin todentaa, on laitos varustettava riittäväällä mittaroinnilla. Erityisesti kiinteistöissä, joissa energia myydään tai saatu hyöty kompensoidaan kiinteistöä hallinnoivalle taholle, on mittarointi välttämätön. Mittaroitavia kohteita ovat lämmöntalteenottojärjestelmän avulla hyödynnettävä lämpöener-

gia ja järjestelmän kuluttama sähkö. Mittarointikohteet on arvioitava järjestelmäkohtaisesti.

Toimiva mittarointi edellyttää myös luotettavaa tiedonkeruuta. Kaupan kiinteistössä tiedonkeruu on luontevaa yhdistää käytössä olevaan kiinteistöautomaatiojärjestelmään.

2.4 **Aukiolo- ja seisokkiaikaiset toimet**

Energiankulutuksen pienentämiseksi myymälän ilmaverhollisissa kylmäkalusteissa käytetään yöverhoja kaupan kiinniloaikoina. Myös myymälän lämpötilaa lasketaan usein yöajaksi. Näiden toimenpiteiden ja vähentyneiden lämpökuormien, kuten henkilökuorma ja valaistus, vuoksi kaupan kylmäntarve vähenee noin 30 %. Tämä laskee yöaikana vastaavasti myös lauhdelämmöstä talteenotettavissa olevan energian määrää.

Lämmöntalteenoton laskentaohjeet on laadittu kolmelle eri kauppakoolle: lähikauppa, market ja hypermarket. Kauppatyypeissä on käytetty tiettyä esimerkinomaista kylmätehoa lämmöntalteenoton perusteena.

Laskenta perustuu tuntitason laskentaan, jossa säätietona on käytetty vuoden 2012 Helsinki-Vantaan testisäätä. Säädata on sama, jota käytetään 1.7.2012 voimaan tulevan rakennusmääräyskokoelman D3 mukaisessa laskennassa.

Laskennassa otetaan huomioon kauppojen aukioloaika seuraavasti:

- Arkipäivä 8–21
- Lauantai 8–18
- Sunnuntai 12–18.

Kaupan aukioloaikana kylmätehon oletetaan olevan mitoitustehon mukainen, aukioloaikojen ulkopuolella kylmäntarve on 70 % mitoitustehosta.

Laskennassa oletetaan käytettävän ilmanlämmitystä kaupan ensisijaisena lämmitysmuotona. Ilmanvaihtokoneessa on oletettu olevan pyörivällä lämmönsiirtimellä varustettu poistoilman lämmöntalteenotto, joka on ensisijainen lauhdelämpöön nähden. Myymälän lämpötilan asetusarvona on laskennassa pidetty päivisin 18 °C ja öisin 15 °C. Lämpökuormina otetaan huomioon 2 asteen nousu aukioloaikoina. Laskennassa on otettu huomioon tuloilman kuivaus hypermarketeissa tilanteessa, jossa pakastealtaissa on kannot.

Myymälän ollessa suljettu, käytössä on kierrätysilmakone, jossa on lauhdelämpöä hyödyntävä patteri.

Se osuus lauhdelämmöstä talteenotetusta energiasta, jota ei voida hyödyntää ilmanvaihdon lämmitykseen, on laskennassa otettu huomioon potentiaalisena lämpöpumpulla hyödynnettävänä osuutena.

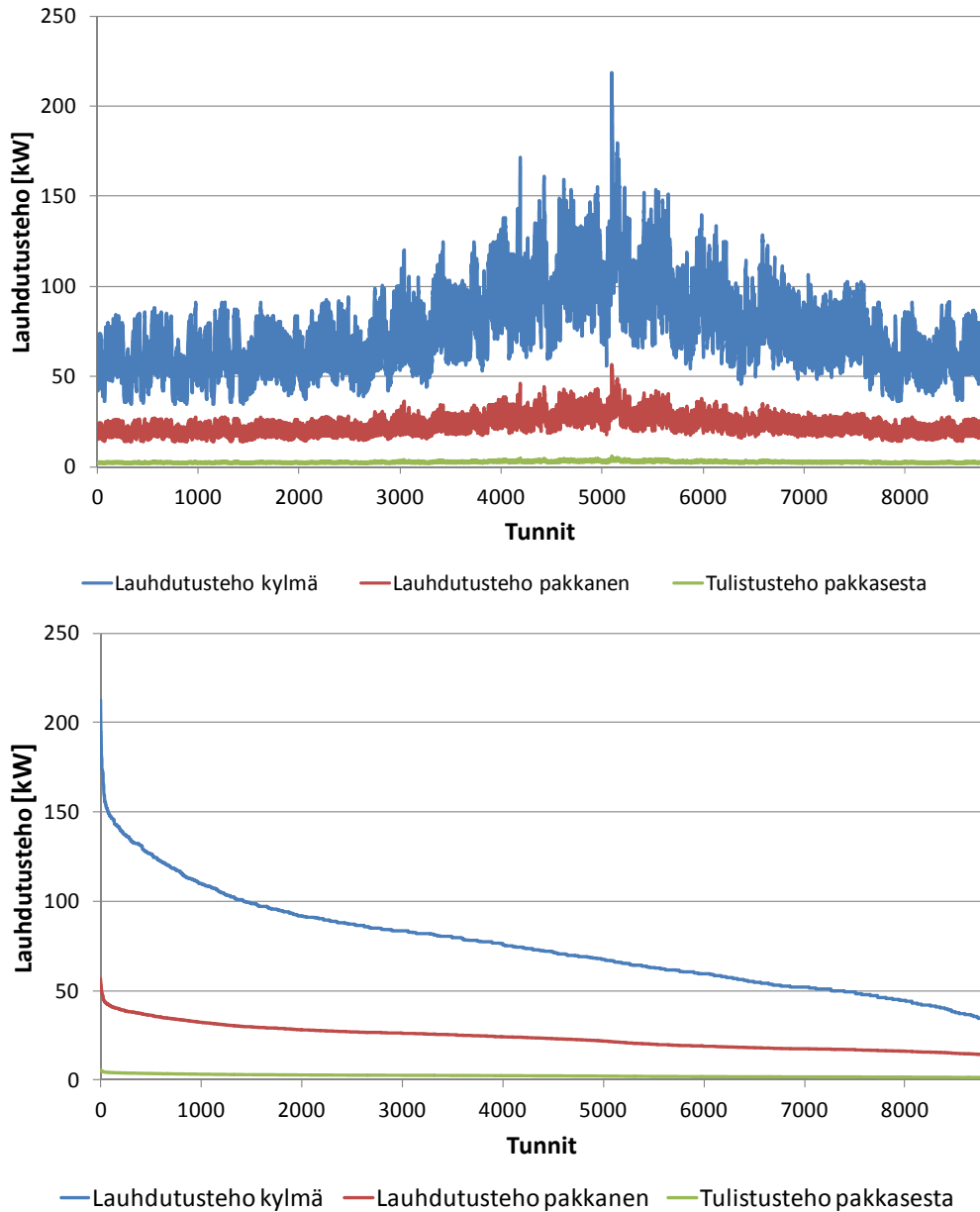
3.1 Lauhdutusteho

Kylmälaitoksen lauhdutusteho riippuu kulloinkin tarvittavasta kylmätehosta sekä ulkoilman lämpötilasta. Lauhdutustehoa lisäävät huonolla hyötysuhteella toimivat kompressorit. Tässä ohjeessa on oletettu käytettävän hyvän hyötysuhteen omaavia kompressoreita, joilla kylmä-teho saadaan tuotettua energiatehokkaasti. Kolmea eri myymäläkokoja on käsitelty taulukon 1 mukaisesti.

Taulukko 1. Myymälöiden kylmä- ja pakkastehot

	Kylmäteho [kW]	Pakkasteho [kW]
Hypermarket	420	100
Market	130	25
Lähikauppa	70	15

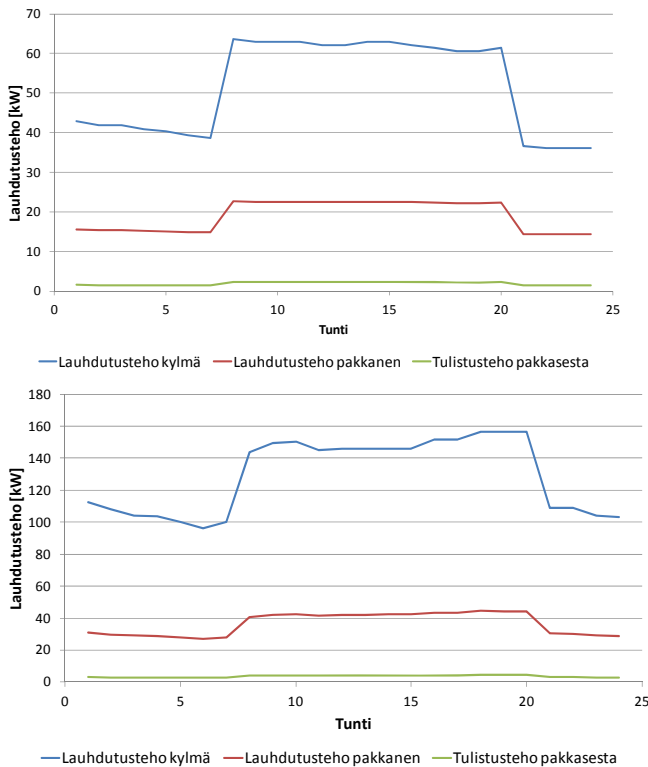
Kuvassa 3 on esitetty marketin lauhdutuksen laskennallinen pysyvyyskäyrä ja tuntivaihtelu vuoden ajalta.



Kuva 3. Lauhdutustehon pysyvyyskäyrä ja tuntivaihtelu, market, välillinen lauhdutus.

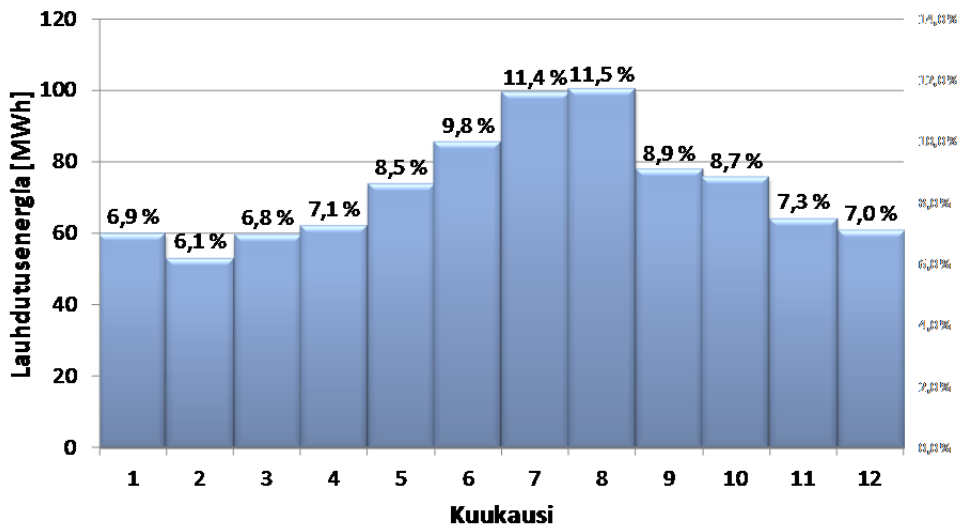
Lämmöntalteenoton kannalta on olennaista, että talteen saatu lämpö voidaan hyödyntää samanaikaisesti muualla. Samanaikaisuuden aika-askelta voidaan pidentää käyttämällä lämpö- tai kylmäakkua. Akkuna voi toimia esimerkiksi vesivaraaja tai erityyppiset, faasimuutokseen perustuvat ratkaisut.

Kuvassa 4 on esitetty tyypillinen lauhdutuksen tuntivaihtelu kesä- ja talvipäivänä keskikokoisessa kaupassa.



Kuva 4. Talvi- ja kesäpäivän lauhdutusteho, market

Lauhdutustehossa on otettu huomioon, että kylmäkalusteet ovat ilman ovia ja pakkaskalusteissa on ovet tai kannet. Jos pakkaskalusteet ovat kannettomia, on kokonaislauhdutusteho noin 10 % suurempi.



Kuva 5. Lauhdutusenergia kuukausittain market-kokoluokassa

Lauhdutusenergiasta 70 % syntyy lämmityskaudella syys-toukokuussa.

Hiilidioksidilla toteutetun kylmälaitoksen käyttötalous riippuu laitoksen ajotavasta. Hiilidioksidijärjestelmässä lauhdutuksen lämpötilatasolla on suuri merkitys lauhde- lämmön talteenotolla saatavaan energian määrään, joten jokainen järjestelmä on

optimoitava tapauskohtaisesti. Tyypillinen lauhdutuslämpötila on 30–50 °C, mutta lauhdutus voidaan mitoittaa myös huomattavasti korkeammalle lämpötilatasolle.

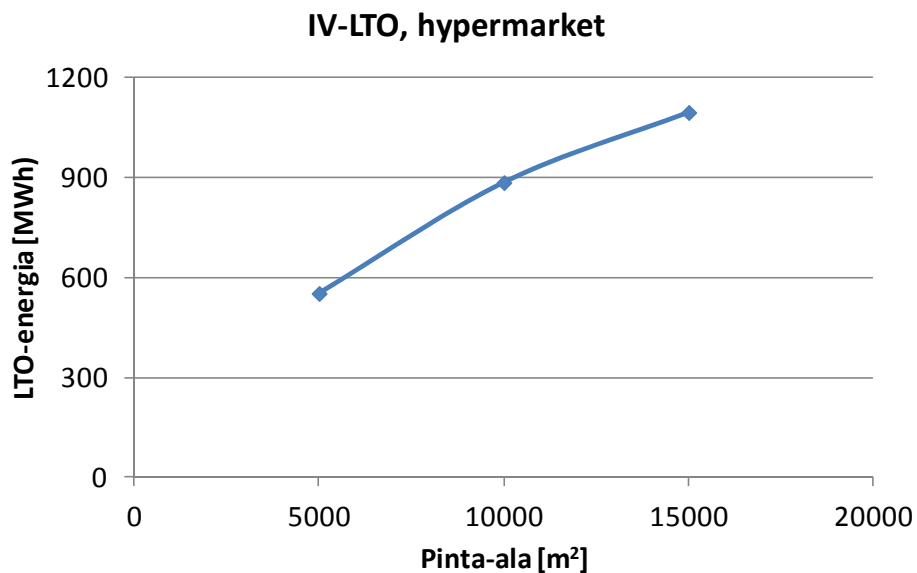
3.2 Talteen saatava lauhdelämpö eri ratkaisuvaihtoehdoilla

3.2.1 Perinteinen lämmöntalteenotto

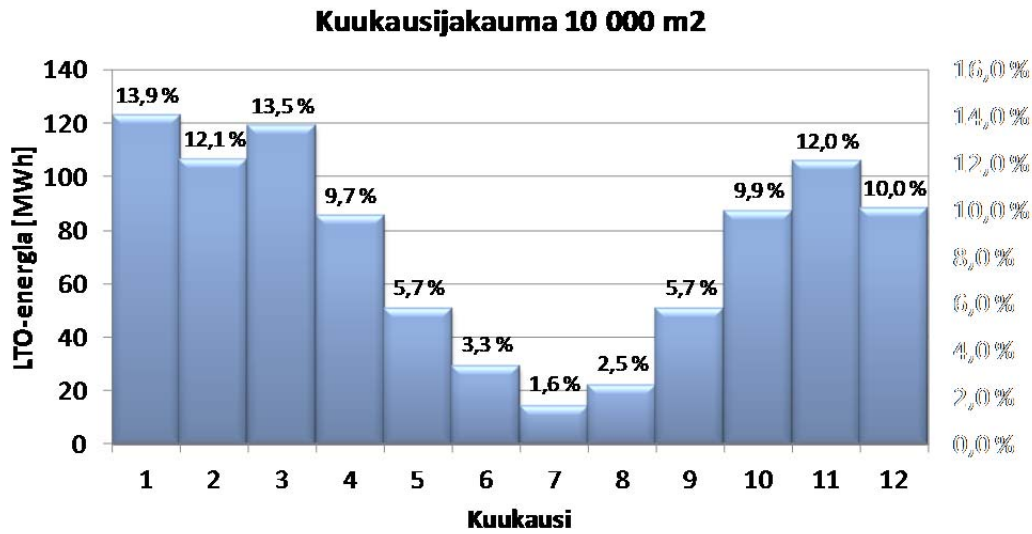
Lämmöntalteenottomuotona on tarkasteltu ilmanvaihdon lämmitystä. Ilmanvaihtojärjestelmässä on poistoilman lämmöntalteenotto pyörivällä LTO-kiekolla. Tulo- ja poistoilmavirrat ovat yhtä suuret. Ilmanvaihtokoneen ollessa pois päältä, lauhdelämmöstä talteenotettua tehoa käytetään kierrätysilman lämmittämiseen.

Oheisessa kuvaajassa on esitetty ilmanvaihtojärjestelmään lauhdelämmöstä talteenotettavissa oleva energia eri lauhdustehoilla. Vaaka-akselilla on esitetty lämmitettävä rakennuspinta-ala. Prosenttiosuudet kuvaavat kuukausittaisen energiamäärän osuutta koko vuoden energioista.

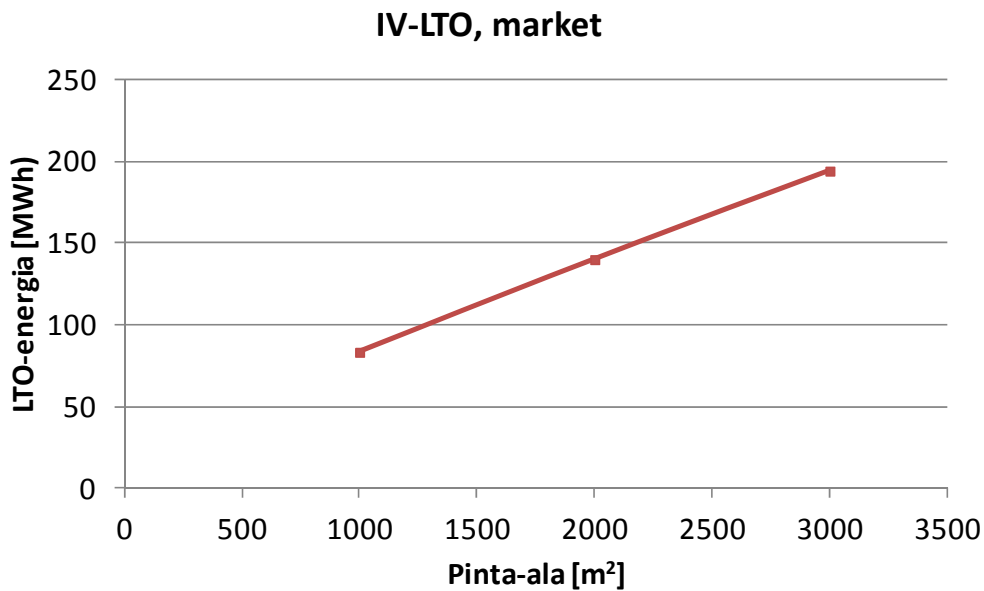
Tuloilmavirran on oletettu olevan 2 l/s/m² ilmanvaihtokoneen käyntiaikoina.



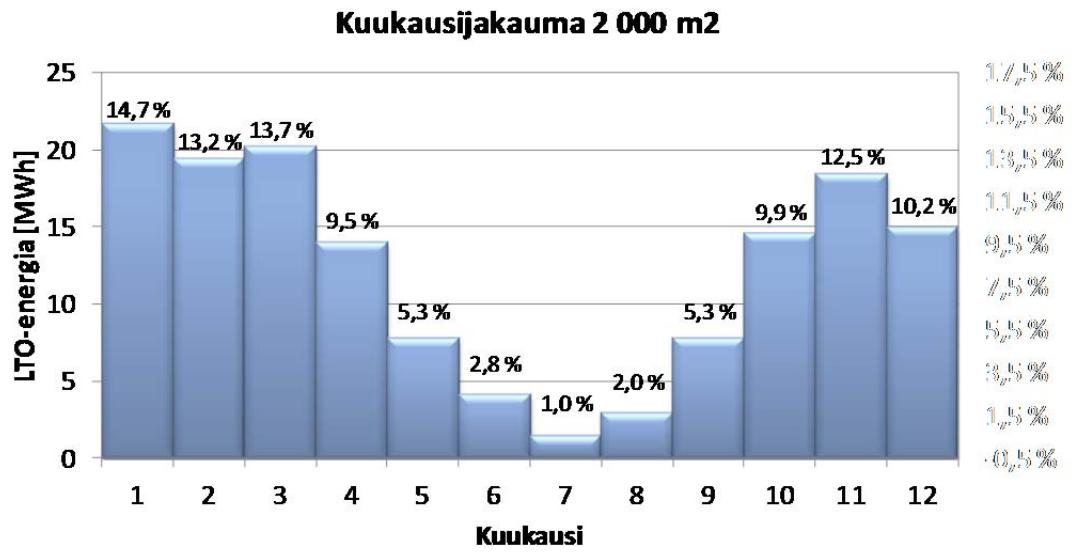
Kuva 6. Ilmanvaihtoon saatavissa oleva lauhdelämmöstä talteenotettu energia kaupan pinta-alan funktiona



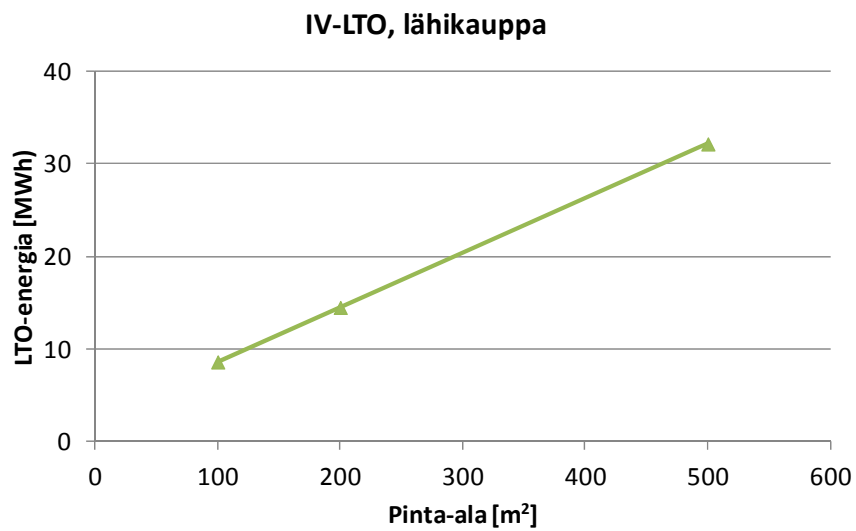
Kuva 7. Ilmanvaihtoon saatavissa oleva lauhdelämmöstä talteenotettu energia kuukausijakaumana. Lämmitettävä pinta-ala 10 000m².



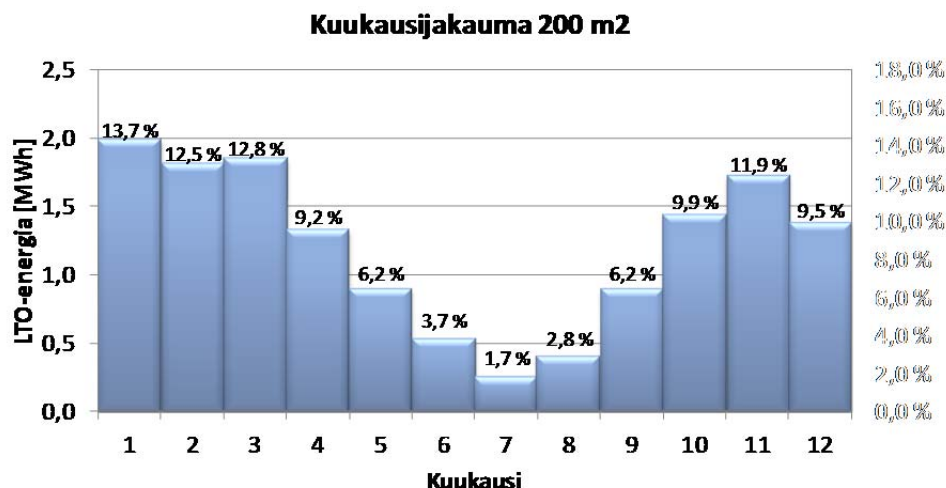
Kuva 8. Ilmanvaihtoon saatavissa oleva lauhdelämmöstä talteenotettu energia kaupan pinta-alaan funktiona



Kuva 9. Ilmanvaihtoon saatavissa oleva lauhdelämmöstä talteenotettu energia kuukausijakaumana. Lämmitettävä pinta-ala 2 000m².



Kuva 10. Ilmanvaihtoon saatavissa oleva lauhdelämmöstä talteenotettu energia kaupan pinta-ala funktiona

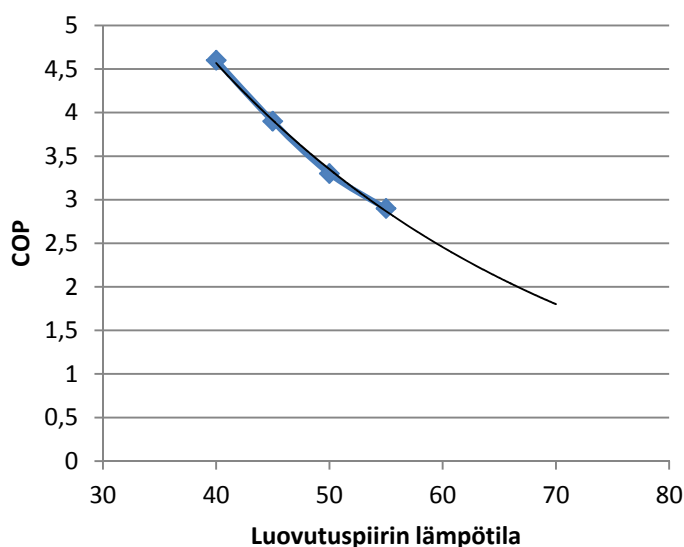


Kuva 11. Ilmanvaihtoon saatavissa oleva lauhdelämmöstä talteenotettu energia kuukausijakaumana. Lämmitettävä pinta-ala 200m².

Ilmanvaihtoon saatavasta LTO-lämmöstä n. 90 % käytetään lämmityskaudella. Kesäaikana kulutus johtuu lähinnä kylmäkalusteiden aiheuttamasta kompensointitarpeesta.

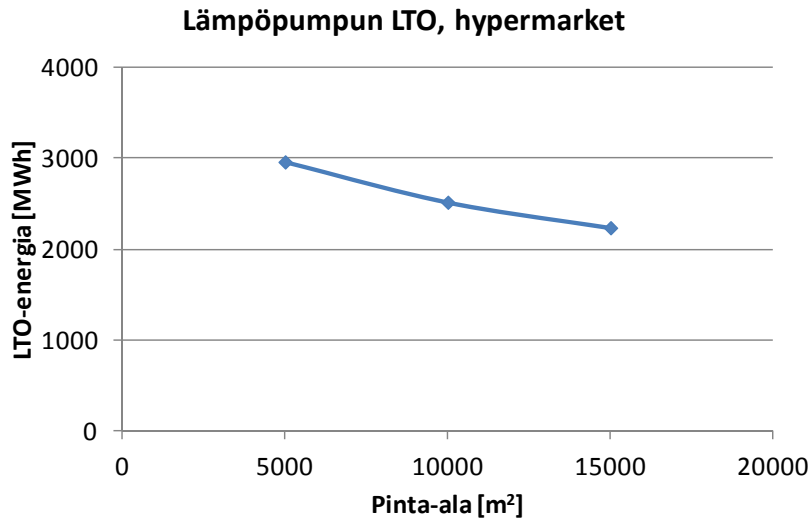
3.2.2 Lämpöpumppu

Lämpöpumppua käytettäessä mahdollisia lämmönluovutuskohteita ovat esimerkiksi lämmityspiiri ja käyttöveden lämmitys. Suurimman hyödyn lämpöpumpusta saa, kun lämmönluovutuspiiri toimii mahdollisimman alhaisessa lämpötilassa. Lämmityspiirien tulisikin lämmöntalteenottokohteissa olla mahdollisuuksien mukaan matalalämpöpiirejä. Kuvassa 12 on esitetty lämpöpumpun lämpökertoimen (COP) riippuvuus luovutuspiirin lämpötilasta eräällä kompressorityypillä. Välillisen lauhdutuspiirin lämpötilan on oletettu pysyvän vakiona.

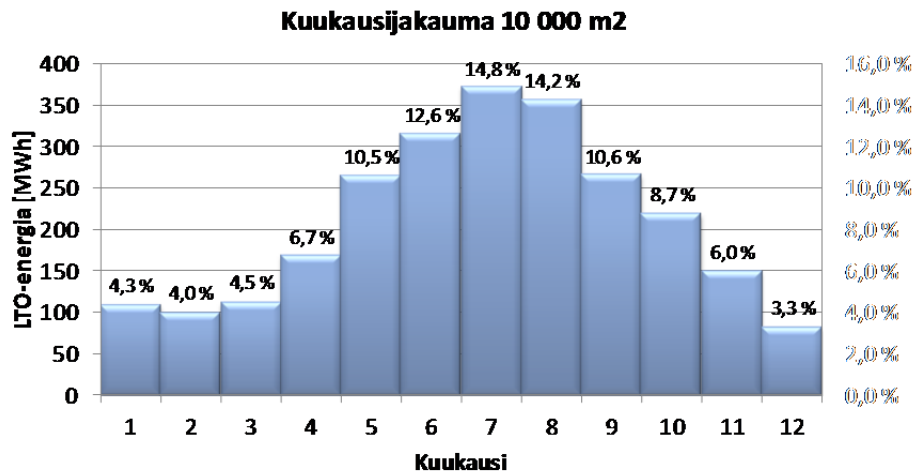


Kuva 12. Lämpöpumpun lämpökertoimen riippuvuus luovutuspiirin lämpötilasta

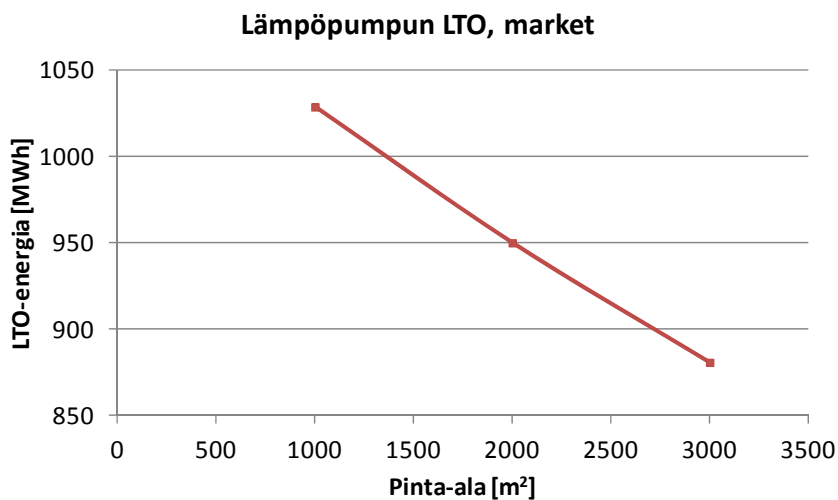
Kuvissa 13–18 on esitetty lämpöpumpun antama lisäteho, kun lämpöpumpun lämpökertoimen on 3. Tämä vastaa hieman yli 50 °C lämpötilaa luovutuspiirissä.



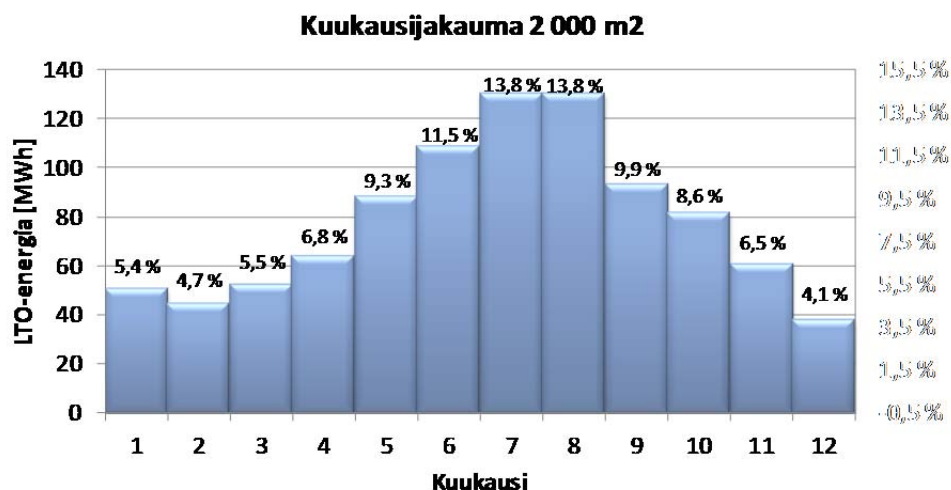
Kuva 13. Lämpöpumpun avulla hyödynnettävissä oleva energiamäärä kaupan pinta-alan funktiona, lämpökertoimen ollessa 3.



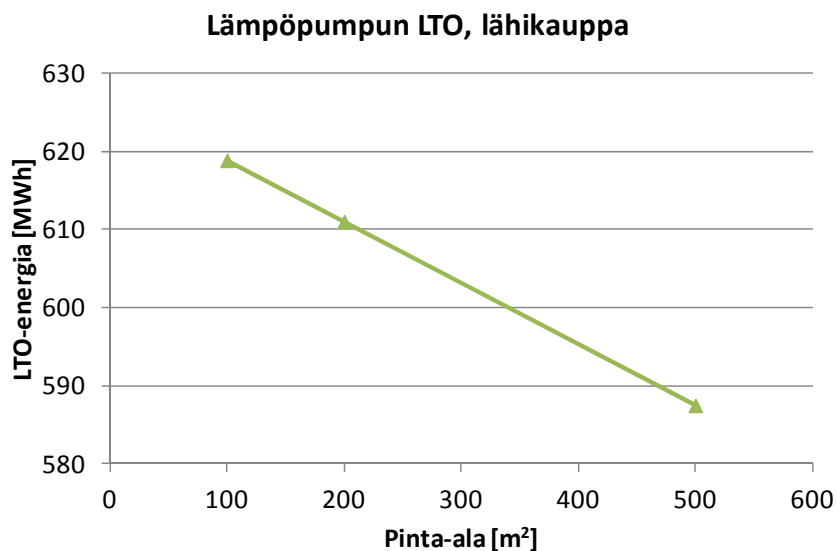
Kuva 14. Lämpöpumpun avulla hyödynnettävissä oleva energiamäärä kuukausittain. Lämmitetty pinta-ala 10 000m², lämpöpumpun lämpökerroin 3.



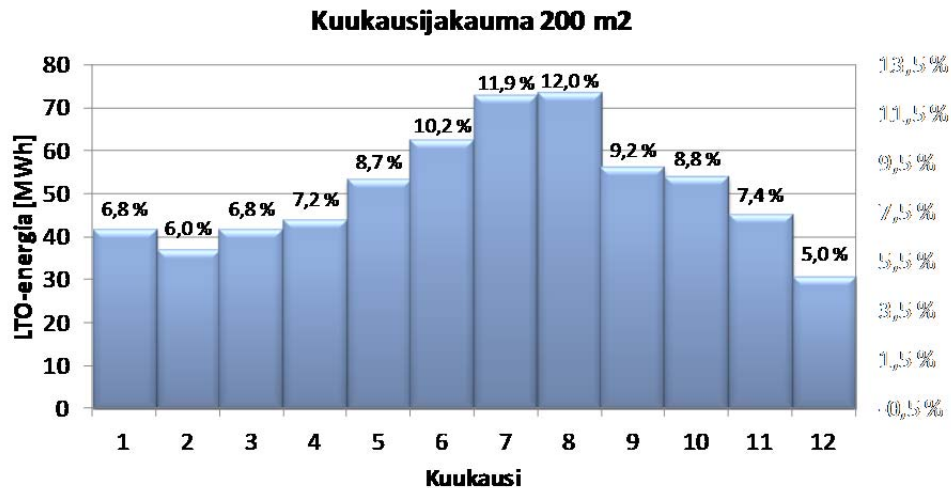
Kuva 15. Lämpöpumpun avulla hyödynnettävissä oleva energiamäärä kaupan pinta-alan funktiona, lämpökertoimen ollessa 3.



Kuva 16. Lämpöpumpun avulla hyödynnettävissä oleva energiamäärä kuukausittain. Lämmitetty pinta-ala 2000m², lämpöpumpun lämpökerroin 3.



Kuva 17. Lämpöpumpun avulla hyödynnettävissä oleva energiamäärä kaupan pinta-alan funktiona, lämpökertoimen ollessa 3.



Kuva 18. Lämpöpumpun avulla hyödynnettävissä oleva energiamäärä kuukausittain. Lämmitetty pinta-ala 200m², lämpöpumpun lämpökerroin 3.

Useimmissa tapauksissa lämpöpumpulla talteen saatava energia käytetään hyödyksi rakennuksen lämmitykseen. Lämpöpumpulla talteen saatavasta kokonaisenergiasta 65 % tuotetaan lämmityskaudella.

3.3 Huolto- ja kunnossapitokustannukset

Lämpöpumput ovat tyypillisesti hyvin varmatoimisia. Suurimmista komponenteista kompressorin laskennallinen käyttöikä on noin kymmenen vuotta. Huolto- ja kunnossapitokustannukset ovat vuosittain noin 3 % investointikustannuksista.

Taloudellisen toiminnan varmistamiseksi lämpöpumpulle on syytä tehdä vuosihuolto vuosittain. Myös epäedulliset kytkennät voivat johtaa esimerkiksi liian pitkiin kompressorin käyntiaikoihin, jolloin huoltokustannukset nousevat.

Lämpöpumpun teknisen käyttöiän voidaan olettaa olevan noin 25 vuotta.

3.4 Lämmöntalteenoton lisääminen saneerauskohteeseen

Parhaiten lauhdelämpö saadaan talteen järjestelmiin, joiden suunnittelussa on otettu huomioon talteenoton mahdollisuus esimerkiksi lämpötilatasojen osalta.

Usein saneerauskohteiden toteuttamisen haaste on konehuoneiden tilaonta. 40 kW lämpöpumpulle on syytä varata noin kahden neliön tila, lisäksi tilaa tarvitsevat myös lämminvesivaraaja, lämmönsiirtimet sekä näiden väliset eristetyt putkistot. Laitteistojen sijoittelusta ja laitoskoosta riippuen tilantarve on kahdesta neliöstä ylöspäin. Lisäkustannuksia aiheutuu esimerkiksi ilmanvaihtokoneen lämmönsiirtimestä. Lämmönsiirtimen lisääminen voi aiheuttaa merkittäviä muutostöitä ilmanvaihtokoneeseen ja voi usein olla tilanpuutteen vuoksi jopa mahdotonta.

Toisena haasteena on kylmäkoneikkojen ja lämmönluvutuspiirin sijainti kiinteistössä. Pitkät putkilinjat voivat olla hankalia toteuttaa olemassa olevaan kohteeseen ja lämpöhäviöt linjassa kasvavat.

3.5 Investointikustannukset sekä energian ja käyttökustannusten säästöt

Lämpöpumpun investointikustannus vaihtelee tekniikasta riippuen. Tyypillisesti investointi sisältää lämpöpumpun, varaajan sekä lämmönsiirtimet lauhdepiiriin.

Seuraavassa esimerkkilaskennassa on verrattu lämpöpumpulla tuotettua energiaa kaukolämpöön ja sähkөөn. Kaukolämmön hintana on pidetty Energiateollisuus ry:n julkaisemaa painotettua keskiarvoa suurille rakennuksille. Hinta on 50,7 euroa/MWh (alv. 0 %). Sähkön hintana on käytetty 100 euroa/MWh.

Esimerkki

Esimerkkikohteena on market-kokoluokan myymälä, jonka lämmitettävä kokonaispinta-ala on 2 000 m². Myymälän kylmäteho on 130 kW ja pakkasteho vastaavasti 25 kW.

Kuvan 8 mukaan lauhdelämmöstä voidaan hyödyntää suoraan 140 MWh/vuosi. Tämän lisäksi on mahdollista hyödyntää lämpöpumpulla 950 MWh vuosittain (kuva 15). Jos lämpöpumpulla saatavasta energiasta voidaan käyttää hyväksi puolet, esimerkiksi lämmityksiin (ks. kuva 4, kuukausikohtaiset energiat sekä kuva 5, päiväkohtainen vaihtelu), on hyödynnettävissä oleva vuotuinen energiamäärä 475 MWh.

Lämpöpumpun sähkönkäyttö on 158 MWh/a. Investointikustannus pumppuun ja apulaitteisiin 60 000 euroa, huoltokustannukset 1 800 e/a. Kokonaissäästöksi kaukolämpöön verrattuna saadaan 6 500 euroa/vuosi, sähkölämmitykseen 29 900 euroa/vuosi.

Investoinnin koroton takaisinmaksuaika on 9,3 vuotta kaukolämpökiinteistössä ja 2 vuotta sähkölämmityksessä kiinteistössä.

4 Lauhdelämmön hyödyntäminen uusiutuvana omavaraisenergiana

4.1 Rakennusmääräyskokoelman D3 uudistuminen vuonna 2012

Rakennusmääräyskokoelman uudistunut osa D3 astuu voimaan 1.7.2012. D3 asettaa uudisrakennukselle rakennustyyppistä riippuen maksimienergiankulutusarvon, jota kutsutaan E-luvuksi.

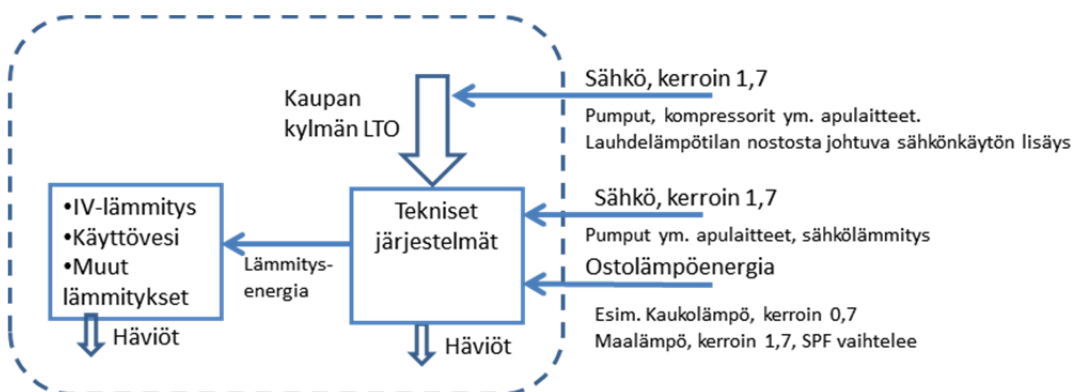
Rakennuksessa käytetty energia määritetään D3 laskentasääntöjen mukaan, mikä ei vastaa rakennuksen todellista kulutusta, esimerkiksi myymälöiden kylmälaitteiden sähkönkulutusta ei huomioida.

E-luvussa otetaan huomioon tapa, jolla rakennuksessa käytetty energia on tuotettu. Eri tuotantomuodot huomioidaan kertomalla rakennuksessa käytetty primäärienergia energiamuotokertoimilla, kuten sähkö kertoimella 1,7 ja kaukolämpö kertoimella 0,7. Määräys mahdollistaa myös niin kutsuttujen ilmaisenergioiden käytön, kuten aurinkoenergia. Näitä energiamuotoja kutsutaan nimikkeellä uusiutuva omavaraisenergia.

4.2 Lauhdelämmön hyödyntäminen uusiutuvana omavaraisenergiana vuoden 2012 määräysten mukaan

Tulkinta omavaraisenergiasta tarkentuu vuoden 2012 aikana, jolloin tämän kappaleen sisältö tulee tarkistaa. Tämän kappaleen sisältö perustuu tulkintaan, että lauhdelämpöä voisi hyödyntää omavaraisenergiana, mutta tulkinta voi muuttua niin, ettei lauhdelämpöä voida hyödyntää D3 mukaisissa laskelmissa.

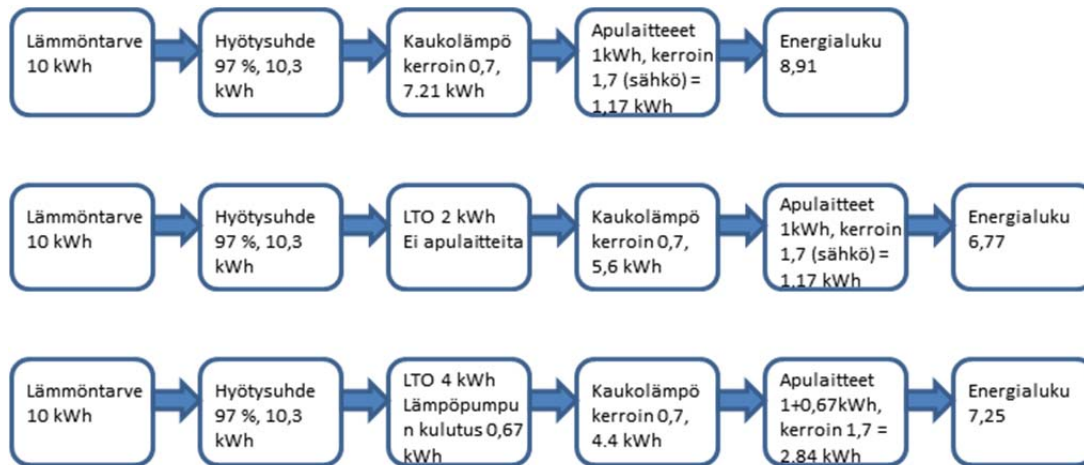
Kaupankylmästä talteenotettua energiaa käsitellään Rakennusmääräyskokoelman D3 mukaisesti kiinteistön sisällä tuotettuna omavaraisenergiana. Omavaraisenergian käyttö lisää primäärienergiankulutusta niiltä osin kuin, kun sen siirtämiseen tai esimerkiksi lämpötilan nostoon käytetään ulkopuolista energiaa. Kuvassa 9 on esitetty kaupan kiinteistön taseraja lämmitysjärjestelmien osalta. Taseraja on sama sekä perinteisellä että lämpöpumppuratkaisulla.



Kuva 19. Lämmitysjärjestelmän taseraja E-lukua laskettaessa

Oheisessa esimerkissä on tarkasteltu lämmöntarvetta kiinteistössä, joka on kytketty kaukolämpöön. Huomioitavaa on, että kaukolämpökiinteistöissä lämpöpumpun käyt-

täminen LTO:n parantamiseksi ei aina alenna E-lukua sähkönkäytön lisääntymisen vuoksi.



Kuva 20. Esimerkki E-luvun laskennasta eri lämmöntalteenottotavoilla a) ei lämmöntalteenottoa, b) perinteinen LTO, c) perinteinen LTO+lämpöpumppu

Vaikka E-luku ei pienene, se ei tarkoita, ettei lämpöpumppuratkaisu olisi kohteessa toimiva ja kannattava ratkaisu. E-lukua laskettaessa uusiutuvan omavaraisenergian käyttöä ei tarvitse ottaa huomioon, mikäli lämmöntarve on katettavissa muulla energiamuodolla (esimerkiksi kaukolämmön mitoitus vastaa täyttä lämmöntuottoa) ja laskenta on suoritettu tähän perustuen.

- /1/ Päivittäistavarakauppa 2011–2012 raportti 2011, Päivittäistavarakauppa ry
- /2/ Päivittäistavarakauppa ja ympäristö, raportti 2003, Päivittäistavarakauppa ry
- /3/ Kulutusseurantaraportti 2010, Kesko.
http://www.kesko.fi/PageFiles/16140/Kesko_kulutusseuranta%20Suomi%202010.pdf, viitattu 13.12.2011
- /4/ KYTE - kylmää tehokkaasti - kylmätekniiikan energia-analyysi Linkki, viitattu 13.12.2011
- /5/ Hakala, P., Kaappola, E. Kylmälaitoksen suunnittelu. Opetushallitus. Tampere 2005



Urho Kekkosen katu 4-6 A
PL 489
00101 Helsinki

Puhelin 0424 2811
Faksi 0424 281 299
www.motiva.fi