



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

EERO KALARANTA

Lämpöpumppulaskurien vertailu

ENERGIA- JA YMPÄRISTÖTEKNIIKAN
TUTKINTO-OHJELMA
2021

Tekijä(t) Kalaranta, Eero	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä toukokuu 2021
	Sivumäärä 25 + 3	Julkaisun kieli suomi
Julkaisun nimi Lämpöpumppulaskurien vertailu		
Tutkinto-ohjelma Energia- ja ympäristötekniikka		
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli verrata opetuskäyttöön luotua lämpöpumppulas- kuria muihin olemassa oleviin lämpöpumppulaskureihin, ja tehdä siihen kehitysehdo- tuksia perustuen vertailun tuloksiin.</p> <p>Vertailussa olevien laskurien antamien tulosten vertailua varten luotiin kolme ominai- suuksiltaan erilaista rakennusta. Jokaiseen rakennukseen mitoitettiin useita erilaisia läm- pöpumppujärjestelmiä käyttämällä vertailun laskureita.</p> <p>Vertailussa nähtiin, että opetuskäyttöön luodun laskurin antamat tulokset olivat lähellä vertailussa olevien laskureiden antamia tuloksia. Tarvetta suurille muutoksille ei ha- vaittu, mutta kaksi pientä kehitysehdotusta laskuriin tuotiin esille.</p>		
<p><u>Asiasanat</u> Lämpöpumput, lämmitys</p>		

Author(s) Kalaranta, Eero	Type of Publication Bachelor's thesis	Date May 2021
	Number of pages 25 + 3	Language of publication: Finnish
Title of publication Comparison of heat pump calculators		
Degree program Energy and environmental engineering		
<p>The purpose of this bachelor's thesis was to compare a heat pump calculator made for teaching with other existing heat pump calculators and to make suggestions for improving it based on the results of the comparison.</p> <p>Three buildings with different attributes were created to compare the results of the calculators present in the comparison. Multiple different kinds of heat pump systems were fitted to each of the buildings using the calculators.</p> <p>It was seen in the comparison that the results of the calculator made for teaching were close to the results given by the other calculators. A need for major changes was not found, but two minor suggestions for improving the calculator were brought up.</p>		
<u>Key words</u> heat pumps, heating (spaces)		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 LÄMPÖPUMPUN TOIMINTA	6
3 OPETUSKÄYTTÖÖN KEHITETTY LASKURI	8
3.1 Laskuriin syötettävät tiedot	9
3.2 Kompressorin määrittely	10
3.3 Tulokset.....	10
4 VERTAILTAVAT LASKURIT	12
4.1 Nibe Dim.....	12
4.2 Oilon Selection Tool	13
4.3 Stiebel Eltronin lämpöpumpputyökalu	15
5 VERTAILU	17
5.1 Excel-laskurin lähtötiedot	19
5.2 Tulokset.....	21
6 KEHITYSEHDOTUKSET	24
7 YHTEENVETO	25
LÄHTEET	
LIITTEET	

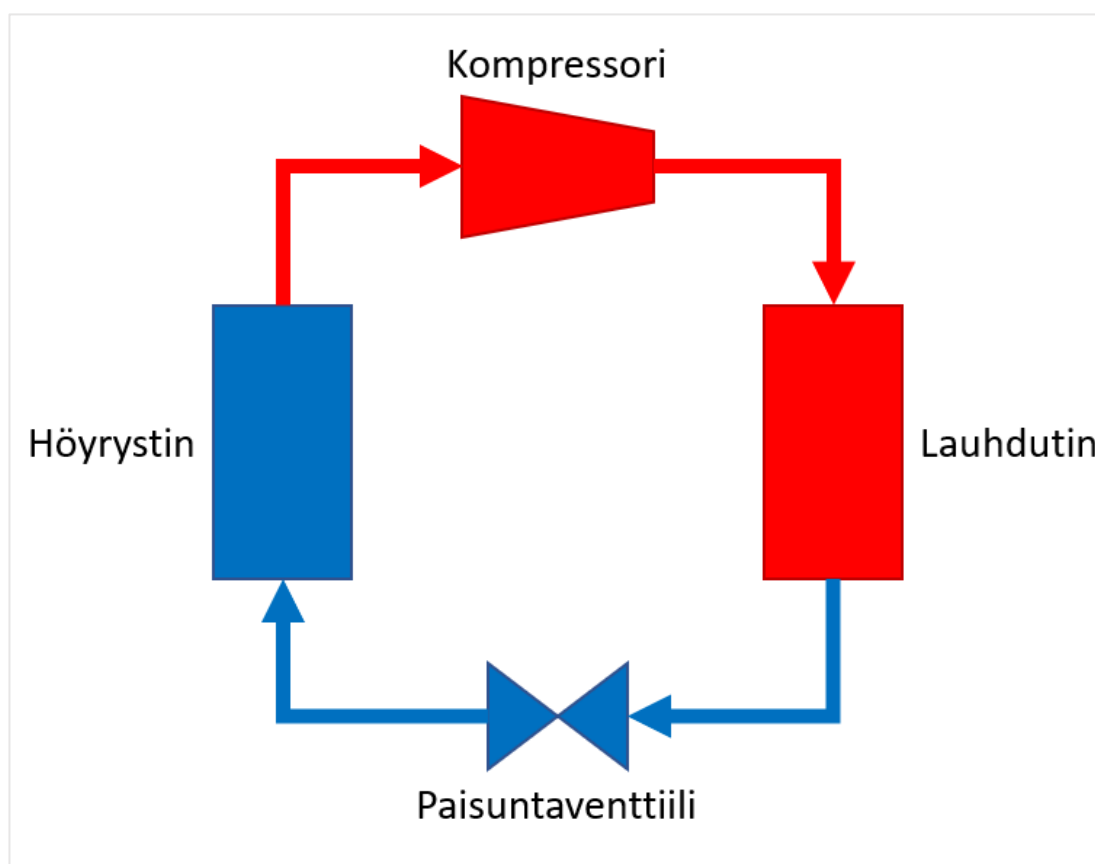
1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on verrata opetuskäyttöön kehitettyä lämpöpump- pulaskuria muihin saatavilla oleviin lämpöpumppulaskureihin. Vertailun tulosten pe- rusteella tarjotaan mahdollisia kehitysehdotuksia kyseiseen lämpöpumppulaskuriin.

Vertailuun sopivien lämpöpumppulaskurien valikoimisen jälkeen laskureilla mitoitetaan luotuihin kohteisiin erilaisia lämpöpumppujärjestelmiä. Näiden mitoitusten avulla voidaan verrata sitä, kuinka paljon vertailuun valikoitujen laskureiden tulokset eroavat opetuskäyttöön kehitetystä lämpöpumppulaskurista.

2 LÄMPÖPUMPUN TOIMINTA

Tässä luvussa käydään läpi pääpiirteittäin lämpöpumppujen toimintaperiaate ja niiden käyttö rakennusten lämmityksessä. Lämpöpumpun tehtävänä on siirtää lämpöä viileämmästä lämpimämpään. Tätä voidaan hyödyntää sekä tilojen lämmityksessä että viilennyksessä. Lämpöpumput koostuvat neljästä keskeisestä osasta: höyrystimestä, lauhduttimesta, paisuntaventtiilistä ja kompressorista. (Motiva, 2012, s. 2-3)



Kuva 1. Lämpöpumpun yksinkertaistettu toimintaperiaate.

Kuvassa 1 on esitetty yksinkertaistettu lämpöpumpun toimintaperiaate. Suljetun järjestelmän sisällä kiertää kylmäaine. Kylmäaineen höyrystymislämpötilan täytyy olla niin matala, että se alkaa höyrystyä ympäristössä, josta lämpöä halutaan siirtää pois. Höyrystin sijaistaa tilassa, josta lämpöä halutaan siirtää pois. Kylmäaine virtaa höyrystimen lävitse, jolloin se höyrystyy. Höyrystymisen jälkeen kompressori nostaa kaasumaisen kylmäaineen korkeaan paineeseen ja lämpötilaan. Kompressorilta kylmäaine virtaa lauhduttimelle, jossa kylmäaineeseen sitoutunut lämpö siirtyy pois

kylmäaineesta toiseen aineeseen kuten esim. huoneilmaan. Kylmäaine lauhtuu samalla takaisin nesteeksi. Seuraavaksi korkeapaineinen kylmäaineneste virtaa paisuntaventtiilin lävitse, joka laskee kylmäaineen paineen takaisin lähtötilaan. Tämän jälkeen kylmäaine jatkaa taas höyrystimelle sitomaan lämpöä itseensä.

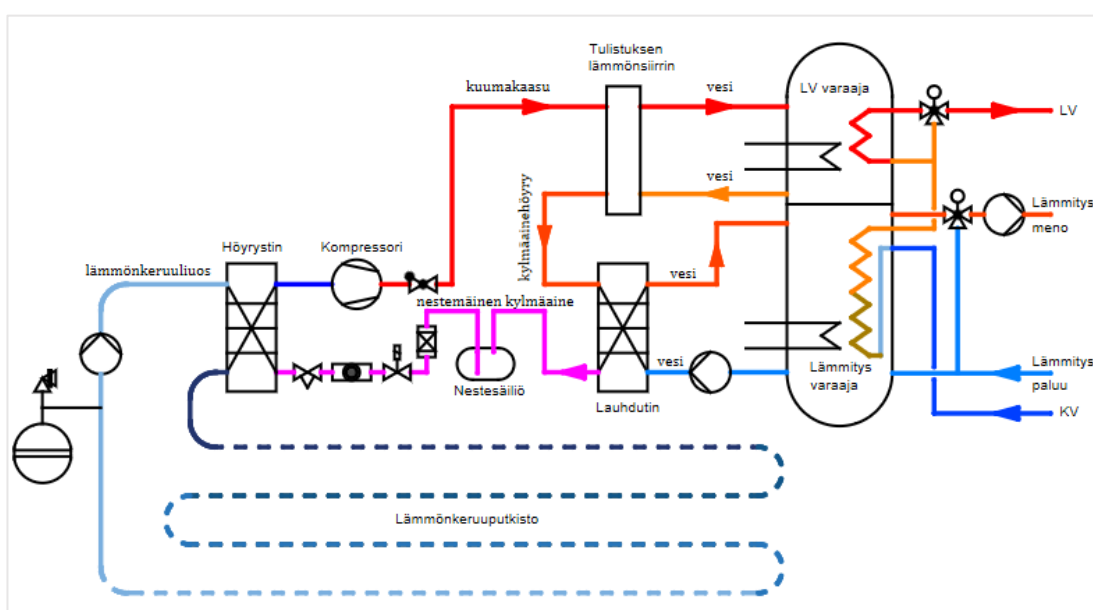
Lämmityskäytössä kylmäaineen höyrystymiseen tarvittava lämpö on kerättävissä monesta eri kohteesta. Tarvittavan lämmön voi kerätä mm. ulkoilmasta, pintamaasta, lämpökaivosta tai vesistöstä. Lämmönkeruuta ilmasta tehostetaan yleensä tuulettimen avulla. Maasta tai vesistöstä lämpöä kerättäessä tarvitaan erillinen lämmönkeruupiiri. Lämmönkeruupiirissä kiertää erillään lämpöpumpun sisäisestä piiristä keruuliuosta, johon maan tai vesistön lämpö siirtyy.

Lämpöpumpun tuottaman lämmön siirtäminen rakennuksen lämmitykseen toteutetaan yleensä kahdella eri tavalla. Ensimmäinen tapa on siirtää lämpö lämmitetyn ilman muodossa. Tällaisessa tapauksessa käytössä on tavallisesti ns. ilma-ilmalämpöpumppu, joka ottaa tarvittavan lämmön ulkoilmasta, ja vapauttaa tuotetun lämmön sisäyksikön välityksellä. Sisäyksikkö puhaltaa lämmön sisätilaan ilmaa, joten lämpöpumpun lämmitys rajoittuu usein yhteen rakennuksen osaan. Toinen tapa toteuttaa rakennuksen lämmitys lämpöpumpulla on siirtää tuotettu lämpö veteen, joka kiertää rakennuksessa esim. patteri- tai lattiaverkostossa. Tällöin tuotettu lämpö saadaan tasaisesti jaettua koko rakennukseen.

Lämpöpumppujen hyödyllisyys lämmityksessä näkyy siinä, että lämpöpumppu pystyy parhaimmillaan tuottamaan moninkertaisen määrän lämpöenergiaa verrattuna sen kuluttamaan sähköenergiaan. Näin ollen saman lämpömäärän tuottamiseen lämpöpumpulla tarvitaan paljon vähemmän sähköä kuin esimerkiksi suoraan sähkölämmitykseen.

3 OPETUSKÄYTTÖÖN KEHITETTY LASKURI

Opetuskäyttöön kehitetty lämpöpumppulaskuri on Microsoft Excel -pohjainen työkalu lämpöpumppujärjestelmien toiminnan mallintamiseen. Työkalua käytetään esimerkiksi lämpöpumppujärjestelmien suunnitteluun liittyvillä opintojaksoilla. Laskurista on olemassa muutama erilainen versio, jotka eroavat hieman toisistaan tietyissä asioissa. Tässä työssä keskitytään laskurin versioon, jossa lämpöpumpun lauhtumislämpötila pysyy vakiona.



Kuva 2. Lämpöpumppulaskurin toimintaa vastaava kytkentäkaavio. (Sirén, 2020a)

Kuvassa 2 on esitetty järjestelmän kytkentä, joka vastaa laskurin toimintaa. Tuotettu lämpö siirretään vesivaraajiin. Lämmitysvaraaja toimii lämminvesivaraajan esilämmittimenä. Laskurissa on mahdollista määrittellä, käytetäänkö laskennassa tulistuksen lämmönsiirintä vai ei. Kuvan 2 kytkennässä käytetään tulistuksen lämmönsiirintä. Tulistuksen lämmönsiirtimen avulla kylmäaineen tulistuksen lämpöosuus siirretään lämminvesivaraajaan, kunhan tulistuneen kylmäaineen lämpötila on riittävän korkea lämmittämään käyttövetä. Tulistuksen lämmönsiirtimeltä kylläinen kylmäainehöyry siirtyy lauhduttimelle, jossa kylmäaineessa oleva lämpö siirtyy lämmitysvaraajaan. Ilman tulistuksen lämmönsiirintä kaikki lämpöpumpun tuottama lämpö siirretään suoraan lämmitysvaraajaan. Lämmönlähteeksi lämmönkeruuputkiston tilalle on mahdollista valita myös ulkoilma.

3.1 Laskuriin syötettävät tiedot

Laskurin toimintaa varten tarvitaan lämpötilatiedot koko vuoden ajalta kohteessa. Lämpötilat syötetään tunnin välein, eli yhteensä tarvitaan 8760 lämpötila-arvoa. Ilmatieteen laitos julkaisee verkkosivuillaan energialaskennan testivuotia, joiden aineistosta on mahdollista poimia lämpötila-arvot tarvittavalle lämpötilavyöhykkeelle (Ilmatieteen laitos, 2021).

Rakennukseen liittyviin tietoihin tarvitaan sen mitoittava lämpöteho kilowatteina ja tietyt mitoittavat lämpötilat. Mitoittaviin lämpötiloihin kuuluvat rakennuksen mitoittavat ulko- ja sisälämpötilat sekä ulkolämpötila, jolloin lämmitystarve päättyy. Lisäksi täytyy määritellä lämmitysverkoston menoveden mitoituslämpötila.

Lämpimän käyttöveden kulutus laskurissa määritellään kahdeksan kulutusjakson virtaaman mukaan. Jokaisen kulutusjakson pituus on 15 minuuttia. Kulutusjaksot toistuvat vuoden jokaisena päivänä. Kulutusjaksoista määritellään jakson alkuajankohta sekä virtaama jakson aikana. Kylmän käyttöveden lämpötila on mahdollista määritellä käyttäjän toimesta, mutta lämpimän käyttöveden lämpötila on lukittu arvoon 58 °C.

Järjestelmän kahden varaajan ominaisuudet määritellään lähtötiedoissa. Määriteltävät ominaisuudet ovat varaajan tilavuus, liitettyjen sähkövastusten maksimiteho, eristekerroksen paksuus sekä eristekerroksen lämmönjohtavuus. Lähtötietoihin on myös määriteltävissä varaajien lämpöhäviöiden hyödyksi menevä osuus lämmityskaudella.

Eri järjestelmien osuuksien asteisuudet ovat myös käyttäjän määriteltävissä. Näihin kuuluvat mm. lauhduttimen, höyrystimen ja tulistuksen lämmönsiirtimen asteisuudet.

Jos laskuria käytetään maalämpöpumpun mallintamiseen, täytyy tällöin myös lämmönkeruuputkiston sekä siinä kiertävän lämmönkeruuliuksen tiedot ilmoittaa muiden lähtötietojen lisäksi. Putken ominaisuuksista täytyy tietää sisähalkaisija, sisäpinnan karheus ja putken pituus. Putken pituuteen huomioidaan vain painehäviöön vaikuttava putkiosuus, eli jos esim. pintamaakeruupiiri on jaettu useaan samanpituiseen silmukkaan, vain yhden silmukan pituus huomioidaan pituuden määrittelyssä. Lämmönkeruuliuksen määriteltäviä tietoja ovat sen tiheys, ominaislämpökapasiteetti sekä

kinemaattinen viskositeetti. Keruupiirin tietoihin määritellään lisäksi höyrystimen liuokselle aiheuttama painehäviö mitoitusvirtaamalla sekä liuospumpun kokonaishyötysuhde.

3.2 Kompressorin määrittely

Laskurin toimintaa varten täytyy määritellä lämpöpumpun kompressorin toimintaa mallinnetaan neljän eri funktion avulla. Määriteltävät funktiot ovat kompressorin lauhdutus-, tulistus- ja ottoteho sekä kuumakaasun lämpötila. Jokaisen funktion arvo riippuu höyrystymislämpötilasta.

Tarvittavien funktioiden määrittely vaatii sen, että lämpöpumppujen toiminnasta on saatavilla tarkkaa tietoa tietyssä höyrystymis- ja lauhtumislämpötilan pisteessä. Varsinkin pienkohteisiin tarkoitettujen lämpöpumppujen kohdalla tämä tieto ei yleensä ole kovinkaan helposti saatavilla. Tästä syystä yksi yksinkertaisemmista tavoista saada tarvittavat tiedot laskuria varten on kääntyä suoraan kompressorivalmistajien puoleen. Monet kompressorivalmistajat tarjoavat vapaasti kattavat tiedot omista kompressoreistaan, joita hyödyntämällä funktioiden luominen on mahdollista. Esimerkkeinä kompressorivalmistajista, jotka tarjoavat kattavaa tietoa kompressoreistaan, ovat mm. Bock GmbH sekä Danfoss (Bock GmbH, 2021) (Danfoss, 2021).

3.3 Tulokset

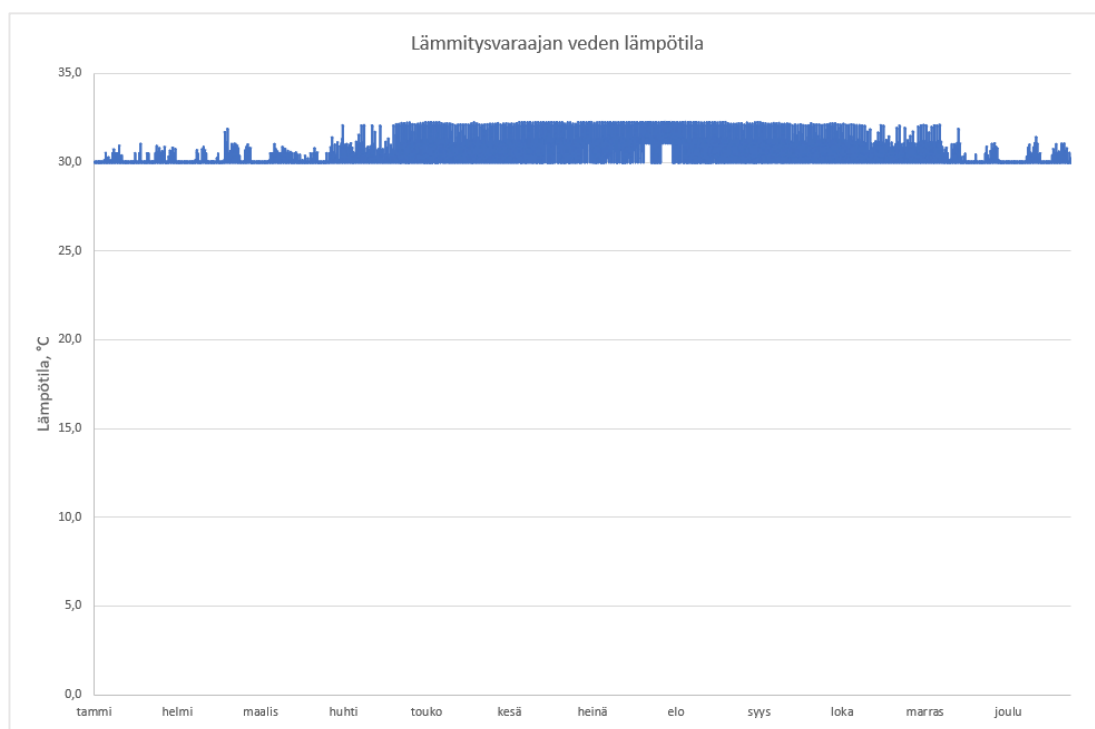
Laskennan keskeisimmät tulokset on kerätty omalle välilehdelle laskurissa. Energiankulutus on ilmoitettu megawattitunteina vuodessa. Tiedoissa on esitetty tarvittavat lämpöenergian määrät sekä lämmittämiseen että lämpimän käyttöveden tuottamiseen. Varaajien lämpöhäviöinä hukkaan menevä energia on myös ilmoitettu.

Lämpöpumpun tuottama lämpöenergia on ilmoitettu lauhduttimelta ja tulistuksen lämmönsiirtimeltä saatavien lämpöenergioiden summana. Koosteesta on nähtävissä myös lämpöpumpun tuottama lämpöenergia kuukausitasolla. Sähkövastuksilla tuotettu lämpöenergia vuoden aikana on ilmoitettu molempien varaajien kohdalla erikseen ja niiden summana. Lämpöpumpun ja sähkövastusten osuus kaikesta tuotetusta

lämpöenergiasta on kerrottu prosenttiosuutena. Tuotettujen lämpömäärien lisäksi koosteessa on ilmoitettu lämmönlähteestä otettavan lämpöenergia määrä vuosi- ja kuukausitasolla.

Lämpöpumpun toiminnasta on ilmoitettu sen lämpökerroin sekä vuosi- että kuukausitasolla. Lisäksi koosteessa on tiedot kompressorin kuluttamasta sähköstä ja sen käyntiajasta. Myös mahdollisen lämmönkeruupiirin liuos pumpun kuluttama sähköenergia on ilmoitettu. Nähtävillä olevaan sähkön kokonaiskulutukseen on laskettu sähkövastusten, kompressorin sekä liuos pumpun yhteensä kuluttama sähköenergia.

Valmiita kuvaajia järjestelmän toiminnasta on kaksi kappaletta. Kuvaajista on nähtävissä molempien varaajien lämpötilojen pysyvyys vuoden aikana. Kuvaajista voi päätellä esimerkiksi sen, että jos lämpötilat putoavat useasti vuoden aikana tavoitteesta, on mitoituksessa jotain vialla. Kuvassa 2 on esillä toinen mainituista kuvaajista.



Kuva 2. Esimerkki laskurin muodostamasta kuviosta, jossa on nähtävissä lämmitysvaraajan veden lämpötila vuoden aikana.

4 VERTAILTAVAT LASKURIT

Tässä luvussa esitellään vertailuun valittavat lämpöpumppulaskurit. Jotta vertailua on järkevää toteuttaa, on vertailuun valittavien laskureiden oltava riittävän samankaltaisia opetuskäyttöön kehitetyn laskurin kanssa. Koska saatavilla olevien laskureiden laskentatapa on käyttäjältä yleensä piilotettu, on mahdollisia laskureita järkevää tarkastella niihin syötettävien lähtöarvojen ja niiden tuottamien tulosten perusteella. Edellä olevan perusteella tämän työn vertailuun valitaan seuraavat kolme laskuria: Nibe Dim, Oilon Selection Tool sekä Stiebel Eltronin lämpöpumpputyökalu. Seuraavissa kappaleissa on kerrottu jokaisesta työkalusta keskeisimpiä tietoja. Läpikäytävissä tiedoissa keskitytään vain energiantuotantoon, joten laskureissa ei huomioida mahdollisia muita ominaisuuksia kuten esimerkiksi mahdollisia investointilaskelmia.

4.1 Nibe Dim

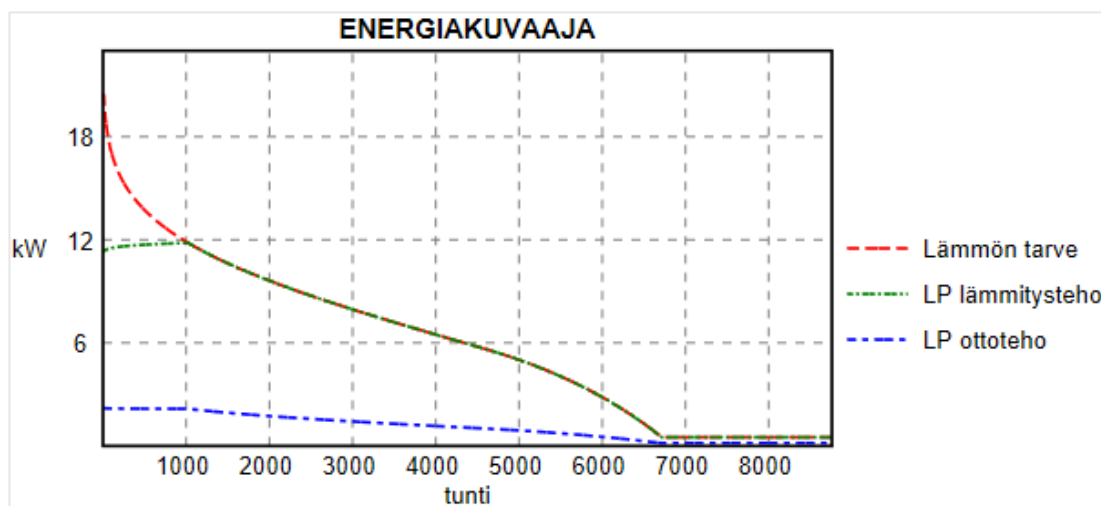
Nibe Dim on lämpöpumppuvalmistaja Niben kehittämä mitoitus työkalu lämpöpumppujärjestelmiä varten. Ohjelma on tarkoitettu ammattilaiskäyttöön, ja sen tavoitteena on yksinkertaistaa järjestelmien valintaprosessia sekä myyjän että asiakkaan näkökulmasta (Nibe, 2021a).

Kohteen energian kulutuksen voi määrittellä joko lämmitystehon tai kulutustietojen perusteella. Lämmitysjärjestelmän meno- ja paluulämpötilat sekä tavoiteltava sisälämpötila on määriteltävissä. Lämpöpumpun rinnalla olevan lämmitysmuodon voi valita monesta eri vaihtoehdosta. Eri lämmitysmuotojen ja lämmönlähteiden oletusarvojen muuttaminen käyttäjän toimesta on mahdollista.

Ohjelmassa lämpöpumppujen lämmönlähteen voi valita seuraavista: energiakaivo, pintamaa, pohjavesi, vesistö, kiinteistö LTO, ulkoilma tai poistoilma. Lämpöpumppuja järjestelmässä voi olla yksi tai useampi. Lämpöpumppuja on mahdollista valikoida vain Niben omasta valikoimasta.

Mitoitusohjelman tuottamassa energialaskelmassa on esillä keskeisimmät lähtötiedot ja valitun järjestelmän toiminnan keskeisimmät tiedot. Tiedot sisältävät mm.

lämpöpumpun tuottaman ja kuluttaman energian, lisäenergian tarpeen ja vuosilämpökertoimen. Laskuri tarjoaa lisäksi lämmönkeruupiirin pituuden. Energialaskelman koosteessa on myös nähtävillä energiakuvaaja, jossa on esitetty tarvittavan lämpötehon sekä lämpöpumpun otto- ja lämmitystehojen tarve vuoden aikana. Kyseinen kuvaaja on nähtävissä kuvassa 3.



Kuva 3. Esimerkki Nibe Dim -ohjelman tuottamasta energiakuvaajasta, jossa kuvataan lämmön tarvetta sekä lämpöpumpun lämmitys- ja ottotehoa.

4.2 Oilon Selection Tool

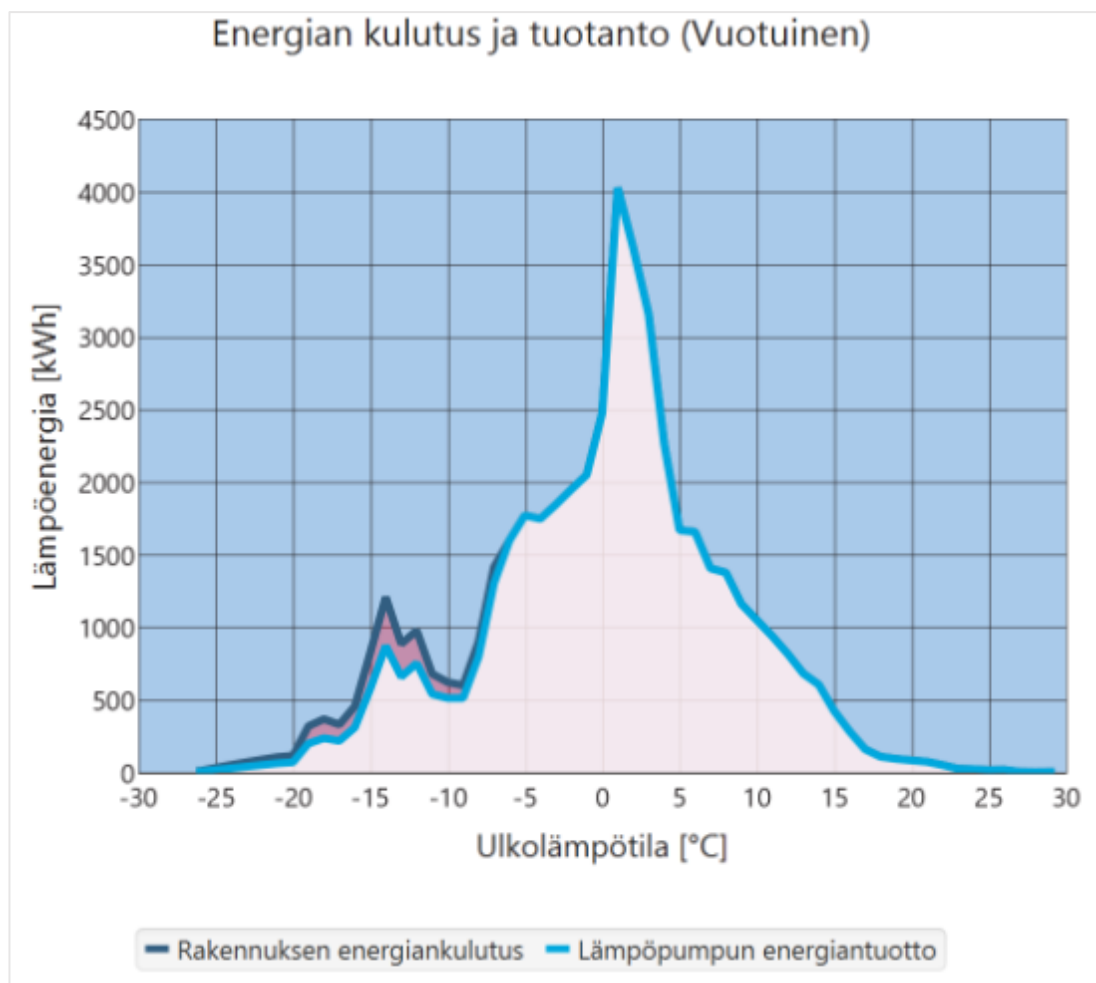
Oilon Selection Tool-valintaohjelma on Oilonin tarjoama valintatyökalu yrityksen tarjoamia tuotteita varten. Ohjelman avulla on mahdollista valikoida ja mitoittaa lämpöpumppuja asuinkohteisiin.

Mitoituskohteena olevan rakennuksen energiakulutuksen voi määrittellä kulutustietojen perusteella tai vaihtoehtoisesti sen voi arvioida syöttämällä kohteen rakenteelliset ominaisuudet. Laskennassa käytettävä mitoitusulkolämpötila määritellään lähtötietoina syötettävän paikkakunnan perusteella. Lämmitysjärjestelmän mitoituslämpötiloista on määriteltävissä meno- ja paluueden lämpötilat, huonelämpötila sekä käyttöveden lämpötila.

Mitoitusohjelmassa lämpöpumpun lämmönlähteeksi voi valita porakaivon, pintamaan, vesistön tai ilman. Huomioitavaa kuitenkin on, että ilma-vesilämpöpumppuja ei ole

valikoitavissa. Oilon Selection Tool tarjoaa vain Oilon konsernin omia lämpöpump-
puja.

Laskennan yhteenvedossa on nähtävissä mm. rakennuksen laskettu energiankulutus ja
valitun lämpöpumpun suoriutuminen kohteen lämmityksessä. Lämpöpumpun toimin-
nan tuloksista on esillä esimerkiksi vuosilämpökerroin sekä lämpöpumpun tuottama ja
kuluttama energia. Laskennan tuloksista on myös kuvaajia saatavilla eri näkökulmista.
Kuvassa 4 on esillä kuvakaappaus yhdestä saatavilla olevista kuvaajista.



Kuva 4. Esimerkki yhdestä Oilon Selection Toolin luomasta kuvaajasta. Kuvaajassa on nähtävissä rakennuksen energiankulutus ja lämpöpumpun energiantuotto kilowattitunteina tietyssä ulkolämpötilassa.

4.3 Stiebel Eltronin lämpöpumpputyökalu

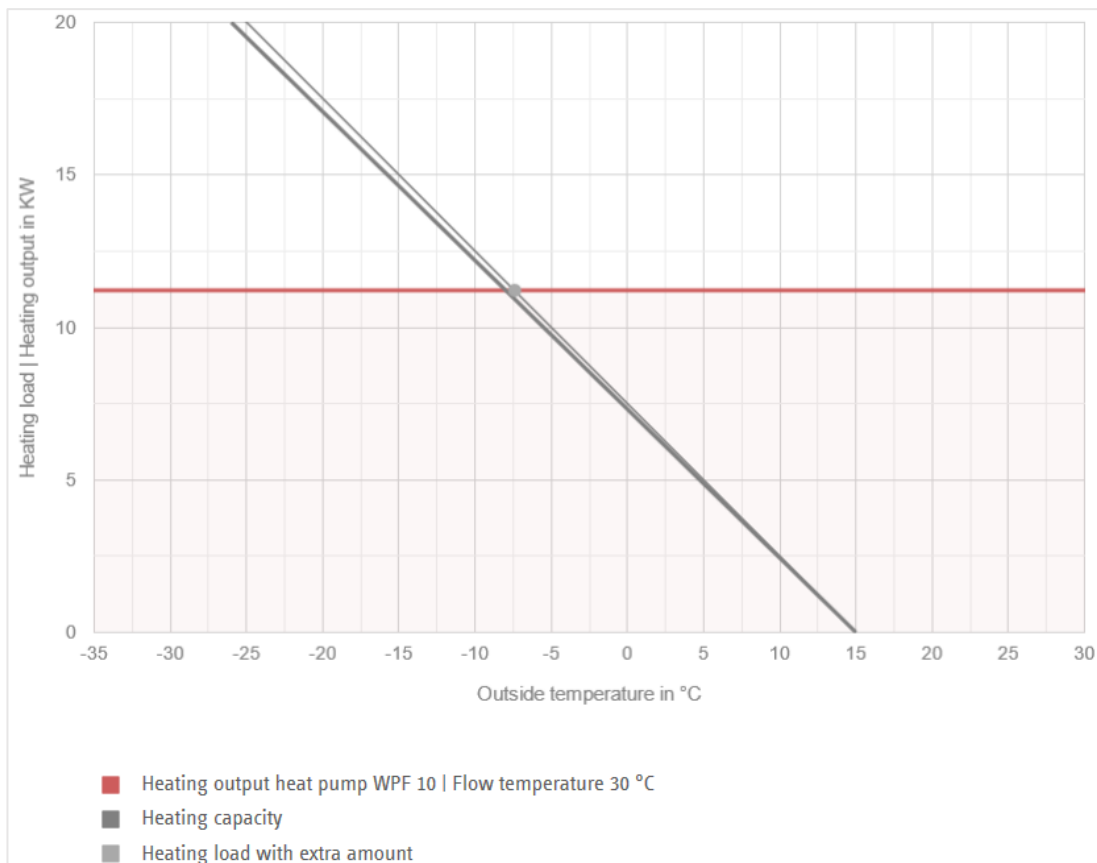
Stiebel Eltron on taloteknisiä ratkaisuja tarjoava yritys, jonka tuotteisiin kuuluvat myös lämpöpumput (Stiebel Eltron, 2021). Stiebel Eltronin lämpöpumpputyökalu on web-pohjainen ohjelma lämpöpumppujen mitoitusta varten.

Laskurissa rakennuksen tietoihin syötetään sijainnin, asukkaiden lukumäärän ja lämmitystehontarpeen lisäksi lämmityskynnys. Lämmityskynnys määrittelee sen, missä lämpötilassa lämmitystä ei enää tarvita. Lämmityskynnys valitaan valmiiksi määritellyistä vaihtoehdoista rakennuksen energiatehokkuuden perusteella.

Käyttöveden kulutuksen ja lämminvesivaraajan lämpötilan arvot valitaan annetuista vaihtoehdoista. Laskurissa on mahdollista määritellä käyttöveden mahdolliset lämpöpöhyiöt sekä käyttöaika päivinä vuodessa.

Kuten Oilonin ja Niben laskureiden kohdalla, myös tässä laskurissa on mahdollista valita lämpöpumppuja vain Stiebel Eltronin omasta tarjonnasta. Lämmönlähteiksi voi valita ulkoilman, maaperän, pohjaveden tai ilmanvaihdon. Lämmitysverkoston toiminnasta voi määritellä menoveden lämpötilan viiden asteen tarkkuudella.

Laskennan tuloksista on nähtävissä arvioitu sähkönkulutus ja kokonaisenergiantarve, ja miten ne jakaantuvat lämpöpumpun ja muun lämmityksen kesken. Lämpöpumpun toiminnasta on lisäksi saatavilla mm. vuosilämpökerroin sekä käyntiaika vuodessa. Mahdollisen lämmönkeruupiirin pituuteen ohjelma ei anna tietoa. Laskennan tuloksista on saatavilla muutamia tuloksia havainnollistavia kuvaajia, joista yksi on esillä kuvassa 5.



Kuva 5. Esimerkki Stiebel Eltronin lämpöpumppulaskurin tuottamasta kuvaajasta. Kuvaajassa on esitetty lämpöpumpun tuottama teho ja rakennuksen lämmitystehon tarve tietyssä ulkolämpötilassa.

5 VERTAILU

Lämpöpumppulaskurien antamien tulosten vertailua varten luodaan kolme erilaista kohdetta, joihin suunnitellaan sopivia lämpöpumppujärjestelmiä käyttämällä jokaista laskuria. Vertailukohteisiin mitoitetaan kuusi järjestelmää. Järjestelmät eroavat käytettävän lämmönlähteen ja lämmönjakojärjestelmän osalta. Lämmönlähteinä toimivat ulkoilma, pintamaa sekä lämpökaivo. Lämmönjakojärjestelmiä on kaksi erilaista: vesikiertoinen lattialämmitys ja vesikiertoinen patterilämmitys. Lattialämmityksen kohdalla mitoitettut meno- ja paluulämpötilat ovat 30 °C ja 25 °C. Patterilämmityksen tilanteessa vastaavat mitoitusarvot ovat 45 °C ja 40 °C.

Jokainen mallinnettava kohde sijaitsee Suomessa, ja niihin määritellään seuraavat ominaisuudet: paikkakunta, lämmityksen mitoitusteho, asukkaiden lukumäärä sekä maaperän koostumus. Vertailtavien kohteiden lähtötiedot on nähtävissä taulukossa 1.

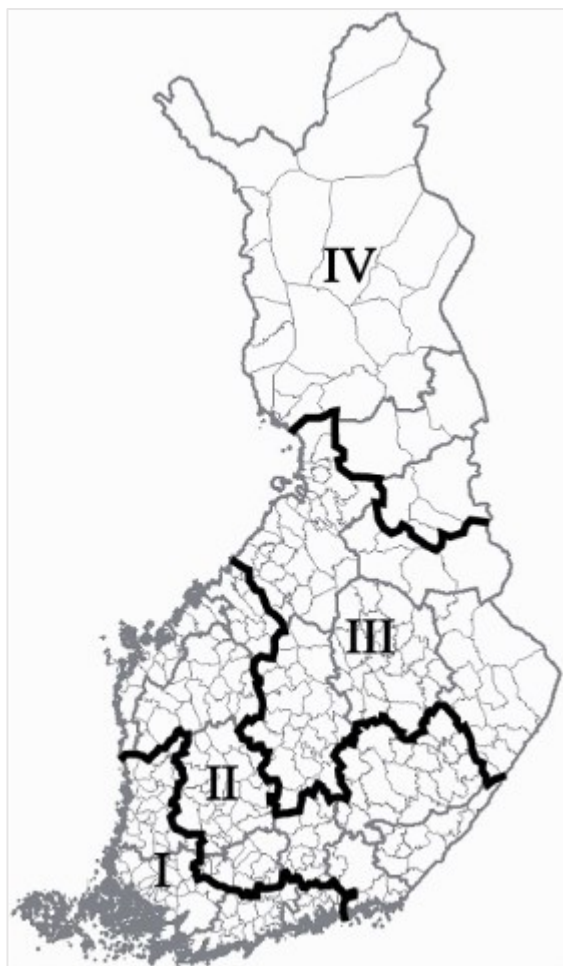
Taulukko 1. Työn vertailussa käytettävien kohteiden lähtötiedot.

	Kohde I	Kohde II	Kohde III
Paikkakunta	Vantaa	Jyväskylä	Sodankylä
Lämmityksen mitoitusteho [kW]	20	25	30
Asukkaiden lukumäärä	5	4	6
Maaperän koostumus	Savi	Hiekka	Savi

Kohteen paikkakunta määrittelee laskennassa käytettävän mitoittavan ulkolämpötilan. Rakennuksen lämmitysjärjestelmä mitoitetaan siten, että se pystyy tuottamaan lämmityksen mitoitustehon mitoittavassa ulkolämpötilassa. Suomi on jaettu maantieteellisesti neljään eri säävyöhykkeeseen, jotka määrittelevät mitoittavan ulkolämpötilan (Nibe, 2013, s. 20). Taulukossa 2 on esitelty jokaisen säävyöhykkeen mitoittavat ulkolämpötilat. Kuvassa 6 on taas nähtävissä, miten vyöhykkeet on määritelty kartalla.

Taulukko 2. Eri säävyöhykkeiden mitoittavat ulkolämpötilat (Nibe, 2013, s. 20)

Säävyöhyke	I	II	III	IV
Mitoittava ulkolämpötila [°C]	-26	-29	-32	-38



Kuva 6. Säävyöhykkeiden rajat kartalla (Nibe, 2013, s. 20).

Lämpimän käyttöveden kulutus kohteessa riippuu asukkaiden määrästä. Yhden asukkaan oletetaan kuluttavan lämmintä käyttövettä päivässä noin 42 litraa päivässä (Motiva, 2021). Vuositasolla yhden asukkaan lämpimän veden tuottamiseen energiaa kuuluu 900 kWh (Oilon, 2021). Lämpöpumpun avulla pyritään kattamaan mahdollisimman suuri osuus lämpimän käyttöveden tuotosta.

Kohteen maaperän koostumus vaikuttaa siihen, kuinka paljon siitä on mahdollista saada energiaa lämpöpumpun toimintaa varten. Tämä määrittelee pintamaahan upotettavan lämmönkeruupiirin pituuden.

Taulukossa 1 esitettyjen tietojen lisäksi määritellään kohteesta riippumattomia lähtöarvoja. Jokaisen rakennuksen mitoittava sisälämpötila on 21 °C, ja lämmitystarpeen oletetaan loppuvan, kun ulkolämpötila on 17 °C. Lämpimän käyttöveden lämpötilaksi määritellään 58 °C.

5.1 Excel-laskurin lähtötiedot

Excel-pohjaiseen laskuriin tarvitsee luvun alussa annettujen lähtöarvojen lisäksi määrittellä myös muita laskurin toimintaan liittyviä lähtöarvoja. Taulukkoon 3 on listattu laskennoissa käytettyjä lähtötietoja. Taulukossa 3 esitetyt arvot ovat viimeistä lukuun ottamatta samat, joita käytettiin Lämpöpumppujärjestelmien suunnittelu -opintojaksolla (Sirén, 2020b). Maan lämpötila on noin 2 °C korkeampi kuin ilman lämpötilan keskiarvo (Juvonen & Lapinlampi, 2013, s. 7). Laskurin lämpötilatietoina käytetään Ilmatieteen laitoksen energialaskennan testivuoden 2012 arvoja. Laskuri on säädetty käyttämään tulistuksen lämmönsiirrintä.

Taulukko 3. Excel-pohjaisen laskurin lähtötietoja.

Lähtötieto	Arvo
Kylmän käyttöveden lämpötila	8 °C
Lämpimän käyttöveden esilämmittimen asteisuus	3 °C
Lämpimän käyttöveden jälkilämmittimen asteisuus	2 °C
Lauhduttimen asteisuus	3 °C
Tulituksen lämmönsiirtimen asteisuus	5 °C
Höyrystymislämpötilan ja lämmönlähteen lämpötilaero	5 °C
Höyrystimen asteisuus	2 °C
Vuotuisen ilman keskilämpötilan osuus maan lämpötilan laskennassa (lämmönlähteenä lämpökaivo)	91 %
Vuotuisen ilman keskilämpötilan osuus maan lämpötilan laskennassa (lämmönlähteenä pintamaa)	27 %
Maan lämpötilan nosto/lasku ilman lämpötilan keskiarvoon verrattuna	2 °C

Excel-laskuriin täytyy muista laskureista poiketen määritellä myös lämmitysvaraajan sekä lämminvesivaraajan ominaisuudet. Lämmitysvaraajan tilavuudeksi valitaan 500 litraa ja lämminvesivaraajan tilavuudeksi 200 litraa. Osassa tilanteita pienemmätkin varaajien tilavuudet olisivat mahdollisesti riittäviä, mutta valitut varaajat sopivat hyvin kaikkiin tässä käsiteltäviin tilanteisiin. Lisäksi pienet muutokset varaajien tilavuuksiin eivät huomattavasti vaikuta laskennan tuloksiin. Lämmitysvaraajan eristekerroksen paksuudeksi oletetaan 90 mm (Gebwell, 2018). Lämminvesivaraajan eristekerrokseksi määritellään 50 mm (Austria Email, 2012, s. 2). Molempien eristekerrosten lämmönjohtavuutena käytetään arvoa 0,02 W/(m K) (Engineering Toolbox, 2021a). Varaajien lämpöhäviöistä oletetaan saatavaksi hyödyksi rakennuksen lämmityksessä 50 %. Lämmitysvaraajan sähkövastusten maksimitehoksi asetetaan kohteen mitoitusteho. Lämminvesivaraajan kohdalla sähkövastusten maksimitehoksi valitaan 10 kW. Vaikka kyseinen maksimiteho on enemmän mitä todellisuudessa tarvitaan, ei sillä tässä työssä tehtävän testauksen kannalta ole väliä.

Lämpimän käyttöveden käyttöjaksojen virtaamat on määritelty siten, että vuositasolla lämpimän käyttöveden tuottamiseen kuluu energiaa aiemmin mainittu 900 kWh per henkilö vuodessa.

Mahdollisessa lämmönkeruuputkistossa kiertävän lämmönkeruuliuoksen mitoitusarvoina käytetään Nibe Dim ohjelman oletusarvoja. Liuokselle määritellään tiheydeksi 1050 kg/m^3 , ominaislämpökapasiteetiksi $3,7 \text{ kJ/(kg K)}$ ja kinemaattiseksi viskositeetiksi $0,0000043 \text{ m}^2/\text{s}$ (Nibe, 2021b). Keruuputken sisähalkaisijaksi valitaan 40 mm. Putken sisäpinnan karheus on 0,0015 mm (Engineering Toolbox, 2021b). Liuospumpun kokonaishyötysuhteeksi asetetaan 50 %. Lämmönkeruuputken pituus arvioidaan lämmönlähteestä otettavan lämpöenergian määrän (saatavilla laskurista) ja alla olevan taulukon 4 avulla.

Taulukko 4. Lämmönkeruuputkistosta saatava lämpöenergia vuoden aikana eri säävyöhykkeillä. Taulukon yksikkönä kWh/m. (Nibe, 2013, s. 20)

Säävyöhyke	I	II	III	IV
Lämpökaivo	150	140	130	120
Pintamaa	60	50	45	35

5.2 Tulokset

Jokaisen mitoituksen keskeisimmät tulokset on kerätty ylös taulukkomuotoon. Esimerkki kerätyistä tuloksista on esillä taulukossa 5. Siinä on esillä kohteeseen I tehty mitoitus, jossa järjestelmän lämmönlähteenä toimii lämpökaivo ja rakennuksen lämmönjako on toteutettu vesikiertoisella lattialämmityksellä. Kaikkien tehtyjen mitoitus-ten tulokset ovat nähtävissä työn liitteissä.

Taulukko 5. Mitoituksen tulokset lämpöpumppujärjestelmälle kohteeseen I. Lämmönlähteenä toimii lämpökaivo ja lämmönjakojärjestelmänä lattialämmitys.

	Excel	Nibe	Oilon	Stiebel Eltron
Kohteen energian tarve [kWh/a]	52 300	53 043	49 185	45 792
Käyttöveden osuus energian tarpeesta [kWh/a]	4 503	4 471	4 500	4 457
LP:n tuottama energia [kWh/a]	48 500	50 432	46 894	44 266
LP:n kuluttama energia [kWh/a]	8 900	10 104	11 456	8 645
Lisäenergian tarve [kWh/a]	3 800	2 611	2 291	1 526
Energianpeitto [%]	92,7	95	95	96,7
Vuosilämpökerroin	5,46	5	4,09	5,12
Käyntiaika [h/a]	4 002	4 226	-	3 941
Ehdotettu porasyvyys [m]	-	280	308	-
Lämpöpumppu	HGX22e 190-4 S	NIBE F1145- 12	Esi 9	WPF 10

Kohteiden lämmitykseen ja lämpimän käyttöveden tuottamiseen tarvittavat energiamäärät pysyvät samana mitoitetusta järjestelmästä huolimatta. Vertailtavien laskurien antamat tarvittavan lämpöenergian määrät ovat melko lähellä opetuskäyttöön kehitettyä Excel-laskuria. Taulukosta 6 on nähtävissä, kuinka eri laskurien laskema vuotuisen kokonaisenergian tarve eroaa verrattavaan Excel-laskuriin. Pienin ero on Niben Dim laskuriin, johon eroa on korkeimmillaankin vain muutama prosentti. Oilon Selection Toolin laskema kokonaisenergian tarve on noin 5 % pienempi kuin Excel-laskurin. Suurin eroavaisuus verrattavista laskureista löytyy Stiebel Eltronin laskurista. Laskettu kokonaisenergian tarve kohteen I tilanteessa on 12 % pienempi ja kohteen III kohdalla jopa 18 % pienempi.

Taulukko 6. Kohteiden vuotuisen energiatarpeen ero Excel-laskuriin verrattuna.

	Nibe	Oilon	Stiebel Eltron
Kohde I	1 %	-6 %	-12 %
Kohde II	2 %	-5 %	-13 %
Kohde III	3 %	-5 %	-18 %

Muut taulukossa 5 nähtävät tulokset ovat pitkälti valitusta lämpöpumpusta riippuvia. Vaikkakin laskureihin valitut lämpöpumput tuottavat paikoitellen saman tehon tietyssä höyrystymis- ja lauhtumislämpötilan pisteessä, ovat ne silti eri lämpöpumppuja, jolloin niiden toiminta ei pysy samana kaikissa tilanteissa. Tästä seuraa se, että eri laskureiden tuottamat tulokset lämpöpumppujen toiminnalle ei ole yhtä lailla verrattavissa kuin kohteen energian tarve. Tästä huolimatta tuloksista nähdään, että vertailtavien laskurien antamat tulokset ovat hyvin pitkälti samassa mittaluokassa opetuskäyttöön kehitetyn lämpöpumppulaskurin tulosten kanssa.

6 KEHITYSEHDOTUKSET

Tässä luvussa käydään läpi mahdollisia kehitysehdotuksia, joita olisi mahdollista sisällyttää opetuskäyttöön kehitettyyn laskuriin. Muiden laskurien tuottamien tulosten perusteella voidaan sanoa, että tarkasteltavan lämpöpumppulaskurin antamat tulokset vaikuttavat järkeviltä. Tästä syystä laskurin toiminnan perusteena oleviin laskutoimituksiin ei ole nähtävissä tarvetta tehdä suurempia muutoksia.

Laskurin lähtötiedoissa on mahdollista määritellä matalin höyrystymislämpötila, jossa lämpöpumppua käytetään. Ylärajaa höyrystymislämpötilalle ei voi määritellä. Korkein sallittu höyrystimislämpötila olisi hyvä ottaa myös huomioon. Maalämpöpumpun kohdalla ylärajasta ei juurikaan ole hyötyä tasaisen ja matalan maan lämpötilan vuoksi, mutta ilmalämpöpumpun kohdalla höyrystimislämpötila voi olla hyvinkin yli kompressorin salliman rajan. Tästä seuraa se, että laskurin mukaan lämpöpumppua voidaan hyödyntää käyttöveden lämmittämiseen kuumina kesäpäivinä, vaikka todellisuudessa lämpöpumppua ei voida hyödyntää. Käytännössä ylärajan huomioiminen tuskin alentaa lämpöpumpun käyttöä kovinkaan paljoa, mutta silti se olisi hyvä huomioida.

Excel-pohjaisen laskurin etuna on se, että siitä on mahdollista poimia tietoja eri laskennan vaiheista. Laskurissa ei kuitenkaan ole varaajien lämpötilojen kuvaajien lisäksi muita toimintaa havainnollistavia kuvaajia valmiina. Työssä verratuissa laskureissa on kirjallisten tulosten lisäksi nähtävissä erilaisia järjestelmän toimintaa selventäviä kuvaajia. Vastaavanlaisten kuvaajien liittäminen osaksi Excel-laskuria voisikin hyvin havainnollistaa järjestelmän toimintaa eri näkökulmista.

7 YHTEENVETO

Tarkoituksena työssä oli verrata opetuskäyttöön kehitettyä lämpöpumppulaskuria muihin olemassa oleviin laskureihin, sekä tehdä mahdollisia kehitysehdotuksia kyseiseen laskuriin vertailun perusteella.

Vertailuun valittiin kolme laskuria: Nibe Dim, Oilon Selection Tool ja Stiebel Eltronin lämpöpumpputyökalu. Vertailua varten luotiin kolme erilaista kohdetta, joihin suunniteltiin laskureilla erilaisia lämpöpumppujärjestelmiä. Suunniteltavat järjestelmät erosivat käytettävän lämmönlähteen ja lämmönjakotavan perusteella.

Vertailun tuloksena saatiin kattava määrä erilaisia lämpöpumppujärjestelmien mitoituksia. Saaduista tuloksista nähtiin, että opetuskäytössä olevan Excel-laskurin antamat tulokset vastaavat hyvin pitkälti muiden vertailussa olevien laskureiden tuloksia. Hyvin huomattavia kehityksen kohteita laskurissa ei havaittu. Kehitysehdotuksia annettiin tulosten esittämistapaan sekä laskennassa käytettävän kompressorin käyttöalueen tarkentamiseen.

LÄHTEET

- Austria Email. (2012). Puskurit lämpöpumpuille. Viitattu 30.5.2021. https://www.ta-loon.com/media/attachments/ae/puskurivaraajat_wpps_200-500_1_esite.pdf
- Bock GmbH. (2021). Bock Vap. Haettu 27.5.2021 osoitteesta <https://vap.bock.de>
- Danfoss. (2021). Coolselector®2. Haettu 27.5.2021 osoitteesta <https://www.danfoss.com/en/service-and-support/downloads/dcs/coolselector-2>
- Engineering Toolbox. (2021a). Polyurethane Insulation. Haettu 30.5.2021 osoitteesta https://www.engineeringtoolbox.com/polyurethane-insulation-k-values-d_1174.html
- Engineering Toolbox. (2021b). Roughness & Surface Coefficients. Haettu 30.5.2021 osoitteesta https://www.engineeringtoolbox.com/surface-roughness-ventilation-ducts-d_209.html
- Gebwell. (2018). G-Energy EV puskurivaraaja. Viitattu 30.5.2021. <https://gebwell.fi/wp-content/uploads/2019/07/Gebwell-G-Energy-EV-varaaja-v2-0-27092018.pdf>
- Ilmatieteen laitos. (2021). Energialaskennan testivuodet nykyilmastossa. Haettu 27.5.2021 osoitteesta <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/energialaskennan-testivuodet-nyky>
- Juvonen J. & Lapinlampi T. (2013). Energiakaivo. Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa. Ympäristöministeriö. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/40953/YO_2013.pdf
- Motiva. (2012). Lämpöä omasta maasta – Maalämpöpumput. Viitattu 24.5.2021. https://www.motiva.fi/files/7965/Lampoa_omasta_maasta_Maalampopumput.pdf
- Motiva. (2021). Veden kulutus. Haettu 27.5.2021 osoitteesta https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/hyva_arki_kotona/vedenkulutus
- Nibe. (2013). NIBE MLP-OPAS 1335-6. <https://partner.nibe.eu/upload/haato/Ohjeet/NIBE%20MLP%20OPAS%201335-6.pdf>
- Nibe. (2021a). Nya NIBE Dim. Haettu 27.5.2021 osoitteesta <https://proffs.nibe.se/Proffs/For-installatoren/nya-nibe-dim>
- Nibe. (2021b). Nibe Dim (versio 1.27.0.13) [tietokoneohjelma]. <https://www.nibe.eu>
- Oilon. (2021). Oilon Selection Tool (versio 2021.05.10-1215) [tietokoneohjelma]. <https://oilon.com/fi/tuotteet/oilon-selection-tool/>

Sirén, P. (2020a). Suunnittelutoimeksianto NEY17 [luentomateriaali]. SAMK Moodle. <https://moodle.samk.fi>

Sirén, P. (2020b). Opiskelijakohtaiset lämpöpumppulaskurin lähtöarvot [kurssimateriaali]. SAMK Moodle. <https://moodle.samk.fi>

Stiebel Eltron. (2021). STIEBEL ELTRON Group. Haettu 27.5.2021 osoitteesta <https://www.stiebel-eltron.fi/fi/yritys/stiebel-eltron/stiebel-eltron-group.html>

Kohteeseen I tehtyjen mitoitus tulokset

KOHDE I Lämpökaivo Lattialämmitys				
	EXCEL	NIBE DIM	OILON SELECTION TOOL	STIEBEL ELTRON
Kohteen energian tarve [kWh]	52 300	53 043	49 185	45 792
Käyttöveden osuus energian tarpeesta [kWh]	4 503	4 471	4 500	4 457
LP:n tuottama energia [kWh]	48 500	50 432	46 894	44 266
LP:n kuluttama energia [kWh]	8 900	10 104	11 456	8 645
Lisäenergian tarve [kWh]	3 800	2 611	2 291	1 526
Energianpeitto [%]	92,7	95	95	96,7
Vuosilämpökerroin	5,46	5	4,09	5,12
Käyntiaika [h]	4 002	4 226	-	3 941
Ehdotettu porasyvyys [m]	-	280	308	-
Lämpöpumppu	HGX22e 190-4 S	NIBE F1145-12	Esi 9	WPF 10
KOHDE I Lämpökaivo Patterilämmitys				
	EXCEL	NIBE DIM	OILON SELECTION TOOL	STIEBEL ELTRON
Kohteen energian tarve [kWh]	52 300	53 043	49 185	45 792
Käyttöveden osuus energian tarpeesta [kWh]	4 503	4 471	4 500	4 457
LP:n tuottama energia [kWh]	48 800	49 999	46 894	43 850
LP:n kuluttama energia [kWh]	12 400	12 187	11 456	9 586
Lisäenergian tarve [kWh]	3 600	3 044	2 291	1 942
Energianpeitto [%]	93,2	94	95	95,8
Vuosilämpökerroin	3,94	4	4,09	4,57
Käyntiaika [h]	4 295	4 292	-	4 032
Ehdotettu porasyvyys [m]	-	260	308	-
Lämpöpumppu	HGX34e 215-4 S	NIBE F1145-12	Esi 9	WPF 10
KOHDE I Pintamaa Lattialämmitys				
	EXCEL	NIBE DIM	OILON SELECTION TOOL	STIEBEL ELTRON
Kohteen energian tarve [kWh]	52 300	53 043	49 185	45 792
Käyttöveden osuus energian tarpeesta [kWh]	4 503	4 471	4 500	4 457
LP:n tuottama energia [kWh]	46 300	50 797	46 894	43 785
LP:n kuluttama energia [kWh]	9 200	9 926	11 456	9 038
Lisäenergian tarve [kWh]	6 000	2 246	2 291	2 007
Energianpeitto [%]	88,6	96	95	95,6
Vuosilämpökerroin	5,06	5,1	4,09	4,84
Käyntiaika [h]	4 280	4 127	-	4 125
Ehdotettu keruupiirin pituus [m]	-	1122	644	-
Lämpöpumppu	HGX22e 190-4 S	NIBE F1145-12	Esi 9	WPF 10
KOHDE I Pintamaa Patterilämmitys				
	EXCEL	NIBE DIM	OILON SELECTION TOOL	STIEBEL ELTRON
Kohteen energian tarve [kWh]	52 300	53 043	49 185	45 792
Käyttöveden osuus energian tarpeesta [kWh]	4 503	4 471	4 500	4 457
LP:n tuottama energia [kWh]	45 700	50 369	46 894	43 328
LP:n kuluttama energia [kWh]	12 300	12 003	11 456	8 645
Lisäenergian tarve [kWh]	6 600	2 674	2 291	2 464
Energianpeitto [%]	87,4	95	95	94,6
Vuosilämpökerroin	3,72	4,2	4,09	5,01
Käyntiaika [h]	4 569	4 199	-	4 208
Ehdotettu keruupiirin pituus [m]	-	1054	644	-
Lämpöpumppu	HGX34e 215-4 S	NIBE F1145-12	Esi 9	WPF 10
KOHDE I Ulkoilma Lattialämmitys				
	EXCEL	NIBE DIM	STIEBEL ELTRON	
Kohteen energian tarve [kWh]	52 300	53 043	45 792	
Käyttöveden osuus energian tarpeesta [kWh]	4 503	4 471	4 458	
LP:n tuottama energia [kWh]	41 700	47 668	42 694	
LP:n kuluttama energia [kWh]	8 800	11 307	11 251	
Lisäenergian tarve [kWh]	10 600	5 375	3 099	
Energianpeitto [%]	79,7	90	93,2	
Vuosilämpökerroin	4,72	4,2	3,79	
Käyntiaika [h]	4 468	6 438	4 715	
Lämpöpumppu	HGX22e 190-4 S	NIBE F2120-16 3*400V	HPA-O 10 Premium	
KOHDE I Ulkoilma Patterilämmitys				
	EXCEL	NIBE DIM	STIEBEL ELTRON	
Kohteen energian tarve [kWh]	52 300	53 043	45 792	
Käyttöveden osuus energian tarpeesta [kWh]	4 503	4 471	4 458	
LP:n tuottama energia [kWh]	40 500	48 530	42 758	
LP:n kuluttama energia [kWh]	11 500	12 732	12 359	
Lisäenergian tarve [kWh]	11 900	4 513	3 035	
Energianpeitto [%]	77,4	91	93,4	
Vuosilämpökerroin	3,51	3,8	3,46	
Käyntiaika [h]	4 743	6 466	4 833	
Lämpöpumppu	HGX34e 215-4 S	NIBE F2120-16 3*400V	HPA-O 10 Premium	

Kohteeseen II tehtyjen mitoitus tulokset

KOHDE II Lämpökaivo Lattialämmitys	EXCEL	NIBE DIM	OILON SELECTION TOOL	STIEBEL ELTRON
Kohteen energian tarve [kWh]	65 300	66 801	62 113	56 554
Käyttöveden osuus energian tarpeesta [kWh]	3 641	3 577	3 600	3 566
LP:n tuottama energia [kWh]	61 900	64 287	60 703	54 703
LP:n kuluttama energia [kWh]	12 300	12 495	14 748	10 760
Lisäenergian tarve [kWh]	3 400	2 514	1 409	1 851
Energianpeitto [%]	94,7	96	98	96,7
Vuosilämpökerroin	5,02	5,1	4,12	5,08
Käyntiaika [h]	4 190	3 913	-	3 927
Ehdotettu porasyvyys [m]	-	442	438	-
Lämpöpumppu	HGX34e 255-4 S	NIBE F1145-15	Esi 14	WPF 13
KOHDE II Lämpökaivo Patterilämmitys	EXCEL	NIBE DIM	OILON SELECTION TOOL	STIEBEL ELTRON
Kohteen energian tarve [kWh]	65 300	66 801	62 113	56 554
Käyttöveden osuus energian tarpeesta [kWh]	3 641	3 577	3 600	3 566
LP:n tuottama energia [kWh]	63 200	63 861	60 703	54 304
LP:n kuluttama energia [kWh]	17 200	15 353	14 748	10 760
Lisäenergian tarve [kWh]	2 200	2 940	1 409	2 250
Energianpeitto [%]	96,6	96	98	96
Vuosilämpökerroin	3,67	4,2	4,12	5,05
Käyntiaika [h]	4 053	4 140	-	3 987
Ehdotettu porasyvyys [m]	-	410	438	-
Lämpöpumppu	HGX34e 315-4 S	NIBE F1145-15	Esi 14	WPF 13
KOHDE II Pintamaa Lattialämmitys	EXCEL	NIBE DIM	OILON SELECTION TOOL	STIEBEL ELTRON
Kohteen energian tarve [kWh]	65 300	66 801	62 113	56 554
Käyttöveden osuus energian tarpeesta [kWh]	3 641	3 577	3 600	3 566
LP:n tuottama energia [kWh]	58 500	64 663	60 703	50 586
LP:n kuluttama energia [kWh]	12 600	12 260	14 748	11 210
Lisäenergian tarve [kWh]	6 800	2 138	1 409	2 403
Energianpeitto [%]	89,5	97	98	95,8
Vuosilämpökerroin	4,64	5,3	4,12	4,51
Käyntiaika [h]	4 495	3 980	-	4 098
Ehdotettu keruupiirin pituus [m]	-	2828	2703	-
Lämpöpumppu	HGX34e 255-4 S	NIBE F1145-15	Esi 14	WPF 13
KOHDE II Pintamaa Patterilämmitys	EXCEL	NIBE DIM	OILON SELECTION TOOL	STIEBEL ELTRON
Kohteen energian tarve [kWh]	65 300	66 801	62 113	56 554
Käyttöveden osuus energian tarpeesta [kWh]	3 641	3 577	3 600	3 566
LP:n tuottama energia [kWh]	60 000	64 263	60 703	54 304
LP:n kuluttama energia [kWh]	17 300	15 093	14 748	10 760
Lisäenergian tarve [kWh]	5 400	2 539	1 409	2 250
Energianpeitto [%]	91,8	96	98	96
Vuosilämpökerroin	3,46	4,3	4,12	5,05
Käyntiaika [h]	4 375	4 045	-	3 987
Ehdotettu keruupiirin pituus [m]	-	2657	2703	-
Lämpöpumppu	HGX34e 315-4 S	NIBE F1145-15	Esi 14	WPF 13
KOHDE II Ulkoilma Lattialämmitys	EXCEL	NIBE DIM	STIEBEL ELTRON	
Kohteen energian tarve [kWh]	65 300	66 801	56 554	
Käyttöveden osuus energian tarpeesta [kWh]	4 503	3 577	3 566	
LP:n tuottama energia [kWh]	52 100	56 592	51 743	
LP:n kuluttama energia [kWh]	11 700	14 870	14 379	
Lisäenergian tarve [kWh]	13 300	10 209	4 811	
Energianpeitto [%]	79,7	85	91,5	
Vuosilämpökerroin	4,47	3,8	3,60	
Käyntiaika [h]	4 703	6 651	5 213	
Lämpöpumppu	HGX34e 255-4 S	NIBE F2120-20	HPA-O 13 Premium	
KOHDE II Ulkoilma Patterilämmitys	EXCEL	NIBE DIM	STIEBEL ELTRON	
Kohteen energian tarve [kWh]	65 300	66 801	56 554	
Käyttöveden osuus energian tarpeesta [kWh]	4 503	3 577	3 566	
LP:n tuottama energia [kWh]	53 600	57 884	52 147	
LP:n kuluttama energia [kWh]	16 100	16 759	15 712	
Lisäenergian tarve [kWh]	11 800	8 917	4 407	
Energianpeitto [%]	81,9	87	92,2	
Vuosilämpökerroin	3,33	3,5	3,32	
Käyntiaika [h]	4 610	6 640	5 343	
Lämpöpumppu	HGX34e 315-4 S	NIBE F2120-20	HPA-O 13 Premium	

Kohteeseen III tehtyjen mitoitus tulokset

KOHDE III Lämpökaivo Lattialämmitys				
	EXCEL	NIBE DIM	OILON SELECTION TOOL	STIEBEL ELTRON
Kohteen energian tarve [kWh]	87 100	89 581	83 179	71 708
Käyttöveden osuus energian tarpeesta [kWh]	5 365	5 366	5 400	5 349
LP:n tuottama energia [kWh]	75 300	83 969	79 809	70 767
LP:n kuluttama energia [kWh]	16 800	17 266	19 240	14 940
Lisäenergian tarve [kWh]	11 700	5 612	3 370	941
Energianpeitto [%]	86,5	94,0	96,0	98,7
Vuosilämpökerroin	4,5	4,9	4,2	4,7
Käyntiaika [h]	5 292	4 870	-	3 933
Ehdotettu porasyvyys [m]	-	775	606	-
Lämpöpumppu	HGX22e 190-4 S	NIBE F1145-17	Esi 17	WPF 16
KOHDE III Lämpökaivo Patterilämmitys				
	EXCEL	NIBE DIM	OILON SELECTION TOOL	STIEBEL ELTRON
Kohteen energian tarve [kWh]	87 100	89 581	83 179	71 708
Käyttöveden osuus energian tarpeesta [kWh]	5 365	5 366	5 400	5 349
LP:n tuottama energia [kWh]	73 200	83 178	79 809	70 523
LP:n kuluttama energia [kWh]	21 700	20 492	19 240	16 414
Lisäenergian tarve [kWh]	13 900	6 403	3 370	1 184
Energianpeitto [%]	84,0	93,0	96,0	98,3
Vuosilämpökerroin	3,4	4,1	4,2	4,3
Käyntiaika [h]	5 654	4 937	-	3 988
Ehdotettu porasyvyys [m]	-	722	606	-
Lämpöpumppu	HGX22e 215-4 S	NIBE F1145-17	Esi 17	WPF 16
KOHDE III Pintamaa Lattialämmitys				
	EXCEL	NIBE DIM	OILON SELECTION TOOL	STIEBEL ELTRON
Kohteen energian tarve [kWh]	87 100	89 581	83 179	71 708
Käyttöveden osuus energian tarpeesta [kWh]	5 365	5 366	5 400	5 349
LP:n tuottama energia [kWh]	68 600	84 731	79 809	70 324
LP:n kuluttama energia [kWh]	17 500	17 033	19 240	15 558
Lisäenergian tarve [kWh]	18 400	4 850	3 370	1 384
Energianpeitto [%]	78,8	95,0	96,0	98,1
Vuosilämpökerroin	3,9	5,0	4,15	4,5
Käyntiaika [h]	5 371	4 758	-	4 112
Ehdotettu keruupiirin pituus [m]	-	16848	1 893	-
Lämpöpumppu	HGX22e 190-4 S	NIBE F1145-17	Esi 17	WPF 16
KOHDE III Pintamaa Patterilämmitys				
	EXCEL	NIBE DIM	OILON SELECTION TOOL	STIEBEL ELTRON
Kohteen energian tarve [kWh]	87 100	89 581	83 179	71 708
Käyttöveden osuus energian tarpeesta [kWh]	5 365	5 366	5 400	5 349
LP:n tuottama energia [kWh]	64 400	83 950	79 809	70 014
LP:n kuluttama energia [kWh]	20 600	20 254	19 240	17 052
Lisäenergian tarve [kWh]	22 700	5 631	3 370	1 694
Energianpeitto [%]	74	94	96,0	97,6
Vuosilämpökerroin	3,12	4,1	4,2	4,11
Käyntiaika [h]	5 647	4 831	-	4 168
Ehdotettu keruupiirin pituus [m]	-	15868	1 893	-
Lämpöpumppu	HGX22e 215-4 S	NIBE F1145-17	Esi 17	WPF 16
KOHDE III Ulkoilma Lattialämmitys				
	EXCEL	NIBE DIM	STIEBEL ELTRON	
Kohteen energian tarve [kWh]	87 100	89 581	71 708	
Käyttöveden osuus energian tarpeesta [kWh]	5 365	5 366	5 349	
LP:n tuottama energia [kWh]	54 600	65 962	61 871	
LP:n kuluttama energia [kWh]	12 700	20 442	17 980	
Lisäenergian tarve [kWh]	32 400	23 619	9 836	
Energianpeitto [%]	62,7	74,0	86,3	
Vuosilämpökerroin	4,3	3,2	3,4	
Käyntiaika [h]	5 335	5 193	6 089	
Lämpöpumppu	HGX34e 255-4 S	NIBE F 2300-20	HPA-O 13 Premium	
KOHDE III Ulkoilma Patterilämmitys				
	EXCEL	NIBE DIM	STIEBEL ELTRON	
Kohteen energian tarve [kWh]	87 100	89 581	71 708	
Käyttöveden osuus energian tarpeesta [kWh]	5 365	5 366	5 349	
LP:n tuottama energia [kWh]	56 600	66 750	62 405	
LP:n kuluttama energia [kWh]	17 500	23 479	19 409	
Lisäenergian tarve [kWh]	30 500	22 831	9 303	
Energianpeitto [%]	65,0	75,0	87,0	
Vuosilämpökerroin	3,2	2,8	3,2	
Käyntiaika [h]	5 266	5 153	6 150	
Lämpöpumppu	HGX34e 315-4 S	NIBE F 2300-20	HPA-O 13 Premium	