



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Joni Korkola

# Laskentaohjelma lämpöpumppuyrityk- sen asiakkaiden projektitarjouksille

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

Insinöörityö

20.11.2020

Tekijä Otsikko	Joni Korkola Laskentaohjelma lämpöpumppuyrityksen asiakkaiden projektitarjouksille
Sivumäärä Aika	31 sivua + 1 liitettä 20.11.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	energia- ja ympäristötekniikka
Ammatillinen pääaine	energiantuotantomenetelmät
Ohjaajat	työnjohtaja Toni Koski lehtori Hannu Turunen
<p>Insinöörityön tavoitteena oli toteuttaa käyttökelpoinen taulukkolaskentamalli lämpöpumppuyritykselle Koski &amp; Salovaara. Projektia valvoo yrityksen puolella työnjohtaja. Tavoitteena oli luoda kilpailuetua verrattuna muihin alan asennusyhtiöihin. Eri lämmitysvaihtoehtojen toiminnan ja kokonaisuuden ymmärryksen lisääminen oli myös osana projektia.</p> <p>Työssä käsitellään laaja-alaisesti lämmitysvaihtoehdot ja toteutettiin laskentamalli valituille lämpöpumpuille. Tarkoituksena luoda kattava kokonaisuus tukemaan lämpöpumpun hankintaa.</p> <p>Projekti aloitettiin tekemällä tietyt rajaukset työhön. Rajaukset tehtiin yhteistyössä tilaajayrityksen kanssa. Valittiin tiettyjä arvoja laskennan helpottamiseksi. Eri lämmitysvaihtoehtojen laitteistot, toiminta ja päästöt käydään läpi. Työssä käytiin myös yleistä näkymää lämmitysvaihtoehtojen nykytilanteesta ja tulevaisuudesta. Kuvaajien ja kuvien avulla tuotiin esille menneitä kehitystä sekä ennusteita.</p> <p>Lopputuloksena on alustava taulukkolaskentaohjelma. Tätä laskentaohjelmaa pystyvät hyödyntämään yrityksen henkilöt sekä tarvittaessa asiakkaat. Projektin jatkojalostus mahdollisuus jätetty avoimeksi.</p> <p>Työ tarjoaa pienen kilpailuedun verrattuna muihin alan toimijoihin yrityksen markkina-alueella. Tietopaketti on laaja ja auttaa ymmärtämään lämmityksen kokonaisuutta. Ilma-vesilämpöpumpun ja maalämpöpumpun toiminta käytiin läpi. Tulevaisuudessa voidaan tarkastella käytettyjä arvoja ja kerätä lisää dataa projekteista.</p>	
Avainsanat	lämpöpumppu, maalämpö, ilma-vesilämpöpumppu, taulukkolaskentaohjelma, myynti, lämmitys, ilmastonmuutos

Author Title	Joni Korkola Calculation program for customers project offers
Number of Pages Date	31 pages + 1 appendices 20 November 2020
Degree	bachelor of engineering
Degree Programme	energy and environmental technology
Professional Major	energy production technology
Instructors	supervisor Toni Koski lecturer Hannu Turunen
<p>The goal of the project was to build an Excel calculation template for a local heat pump installation business Koski &amp; Saloranta. A supervisor from Koski &amp; Saloranta was monitored project. The goal was to find new advantage against competitors. Understanding heating and the energy market as a whole was an important part of the project.</p> <p>The project covered various heating systems. The calculation template was created for certain heat pumps decided by company.</p> <p>Project started with designing and planning. This included setting limits and deciding certain numbers to be used. Other heating systems, heat production and emissions were included. Situations were viewed both in the future and the past. Pictures, tables and charts were used to view evolution of heating.</p> <p>The final product is a calculation pattern. It was created for both the company sales team and customers. The Excel has been left user-friendly with simple process patterns and calculations so that it can be further developed and updated in the future.</p> <p>Project offers small advantage in tight market. Heating production information package offers wide-ranging and comprehensive information. Air-water pumps and ground-source heat pumps are covered precisely. In the future the Excel calculation pattern can be updated with new data from projects.</p>	
Keywords	

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Projektin tavoitteet	2
1.2	Projektin rajaus	2
2	Rakennusten lämmittäminen	3
2.1	Lämmityslaitteistot	5
2.1.1	Kaukolämpö	6
2.1.2	Öljylämmitys	7
2.1.3	Puulämmitys	9
2.1.4	Sähkölämmitys	11
2.1.5	Lämpöpumput	13
2.1.6	Muut lämmitysmuodot	15
3	Lämpöpumppujärjestelmät	15
3.1	Maalämpöpumppu	16
3.2	Ilma-vesilämpöpumppu	20
4	Laskentapohjat	21
4.1	Lämmitystarpeen arviointi	22
4.2	Kustannusarvio	24
4.3	Päästöjen vähennys	25
4.4	Laskentapohjan kokonaisuus	26
5	Pohdinta	28
	Lähteet	29
	Liitteet	
	Liite 1. Investointikustannuslaskuri	

## Lyhenteet

COP Lämpökerroin kertoo, kuinka tehokkaasti kulutettu energia saadaan muuttua lämpöenergiaksi.

gCO<sub>2</sub>/kWh. Päästökerroin hiilidioksidipäästöjen laskentaan,

Pilke Pieneksi pilkottu polttopuu.

SCOP Lämpökerroin, jonka laskenta jaetaan neljälle eri vuoden ajalle tarkemman tuloksen saavuttamiseksi.

## 1 Johdanto

Yrityksille on erittäin oleellista pystyä erottumaan positiivisesti kilpailijoistaan. Ympäristövaikutuksiltaan vähäisiksi määriteltujen lämpöpumppujen suosio on kasvanut 2000-luvulla nopeaan tahtiin. Vuosituhannen vaihteesta ilmalämpöpumppujen määrä on noin 150-kertaistunut. Myös maalämmön osuus on kasvanut valtavasti [1]. Pienet erot yritysten välillä voivat olla erittäin ratkaisevia yritystoiminnan kannalta. Modernissa muuttuvassa yhteiskunnassa jatkuva kehittyminen ja päivittäminen on hyvin tärkeää. Projektin tavoitteena on luoda yrityksen verkkosivuille taulukkolaskentaohjelma, joka antaa kilpailuetua yrityksen toimintaan.

Tämän työ toteutetaan yritykselle Asennus Koski & Saloranta Oy. Yritys on erikoistunut lämpö-, vesijohto- ja ilmastointiasennuksiin. Toimintaan kuuluu uusien laitteistojen asennusprojektit ja vanhojen lämmitysjärjestelmien purkutyöt. Asennettaviin laitteistoihin kuuluu vesikiertoinen lattialämmitys, ilma-vesilämpöpumput, maalämpöpumput, ilmalämpöpumput, poistoilmalämpöpumput sekä ilmanvaihtolaitteistot. Lisäksi yritys tarjoaa käyttövesiremontteja ja muita talotekniikkaan liittyviä LVI-asennustöitä. Kyseessä on osakeyhtiö, jonka toiminta on aloitettu vuonna 2011. Vuoden 2018 liikevaihto oli 1,3 miljoonaa euroa. Toiminta sijoittuu Uudenmaan ja Kanta-Hämeen alueelle. Yrityksen ainoa toimipiste sijaitsee Hyvinkäällä. [2.]

Ennen projektia yrityksen yhteydenottokanaviin kuuluvat puhelin, sähköposti ja yhteydenottolomake. Uusi taulukkolaskentaohjelma toteutetaan osaksi verkkosivuja ja aiempien kanavien rinnalle. Yritys työstää itse varsinaisen taulukkolaskelmaohjelman haluamallaan tavalla. Työn tarkoituksena on tarjota laskentapohja tälle ohjelmalle.

Projektissa hyödynnetään yrityksen tarjoamaa dataa asennetuista lämpöpumppulaitteistoista. Lisäksi työssä hyödynnetään kirjallista materiaalia ja verkkodokumentteja. Materiaalina käytetään erityisesti Motivan, Tilastokeskuksen ja laitevalmistajien tarjoamaa dataa.

## 1.1 Projektin tavoitteet

Projektissa luodaan nykyisen yhteydenottoaavakkeen rinnalle helppokäyttöinen taulukkolaskentaohjelma tarjouksien laskentaan. Asiakkaan syöttämien tietojen perusteella saadaan aikaan alustava arvio projektin kuluista. Lopullisen tarjouksensa tekeen kuitenkin myyjä. Päättävänä on luoda mahdollisimman helposti ymmärrettävä laskentaohjelma. Yrityksen myynnistä vastaavat henkilöt voivat hyödyntää laskentaohjelmistoa tarjousten tekemisessä.

Uuden yhteydenottokeinojen luomisen tavoitteena on myös helpottaa myyntiosaston työskentelyä. Alustavat laskelmat karsivat turhia yhteydenottoja ja myynti pystyy keskittymään lopullisten tarjousten toteuttamiseen. Tavoitteena on myös laskea asiakkaiden kynnystä ottaa yhteyttä projektin tiimoilta.

Laitteiston hinta-arvion lisäksi asiakkaalle tarjotaan tietoa lämmityslaitteiden ilmastoystävällisyydestä. Tavoitteena on verrata nykyisen ja mahdollisen uuden järjestelmän vaikutuksia ilmastoon. Lämmitykseen kulunut energia yleisellä tasolla ilmoitetaan joko gigawattitunteina (GWh) tai terawattitunteita (TWh). Kun käsitellään tilojen lämmitykseen kulutettavaa energiaa, arvot voidaan ilmoittaa lisäksi kilowattitunteita (kWh) tai kilowattitunteina tilavuutta kohden. Käsiteltävä valuuttayksikkö on euro (€). Päästöjä käsitellään päästökerrointa  $\text{gCO}_2/\text{kWh}$  hyödyntämällä. Vuotuisia käyttökustannuksia tai huoltoja ei hankkeessa käsitellä.

Insinööriyössä pyritään käymään läpi yleisimmät lämmitysvaihtoehdot. Tarkoituksena on luoda katsaus kokonaisvaltaisesti lämmitysjärjestelmien toimintaan Suomessa. Näin voidaan tuoda esille kokonaisvaltaisesti yrityksen myymien palveluiden hyödyt.

## 1.2 Projektin rajaus

Luotettavuus ja helppokäyttöisyys korostuvat projektin pääkohtina. Visuaalinen näkymä ja mahdolliset lisäominaisuudet jätetään tuleviin hankkeisiin. Päättävänä tarjota yksinkertainen ja helppokäyttöinen laskupohja.

Yrityksen laitteistoista valitaan vain osa osaksi hanketta. Tavoitteena on keskittyä tärkeimpiin lämmityslaitteistoihin. Valitut laitteistot ovat maalämpöpumppuja ja ilma-vesilämpöpumppuja. Näiden laitteistojen asennustöistä on saatavilla riittävästi tietoa, eikä hankkeen kokonaisuus kasva liian suureksi. Vesikiertoista lattialämmitystä, ilmalämpöpumppuja tai poistoilmanlämpöpumppuja ei hankkeeseen sisällytetä. Insinööriyössä keskitytään lämmitykseen, eikä lämpöpumppulaitteiston hyödyntämistä asuntojen jäähdytykseen käsitellä yksityiskohtaisesti.

Ilmastovaikutuksia vertaillessa otetaan huomioon kuluttajan kannalta oleelliset. Laitteistojen rakentamisen aiheuttamia vaikutuksia ei huomioida. Vaikutukset pyritään tuomaan kuluttajalle mahdollisimman selkeinä. Tarpeen mukaan tilannetta havainnollistetaan, jotta aiheeseen perehtymätönkin pystyy tunnistamaan edut ja haitat.

Valtaosa yrityksen asentamista laitteistoista asennetaan asuinrakennuksiin. Insinööriyössä keskitytään pientalojen lämmityslaitteistojen esittelyyn ja tarkasteluun. Yleisimmät lämmitysmuodot ja järjestelmät esitellään osana insinööriyötä.

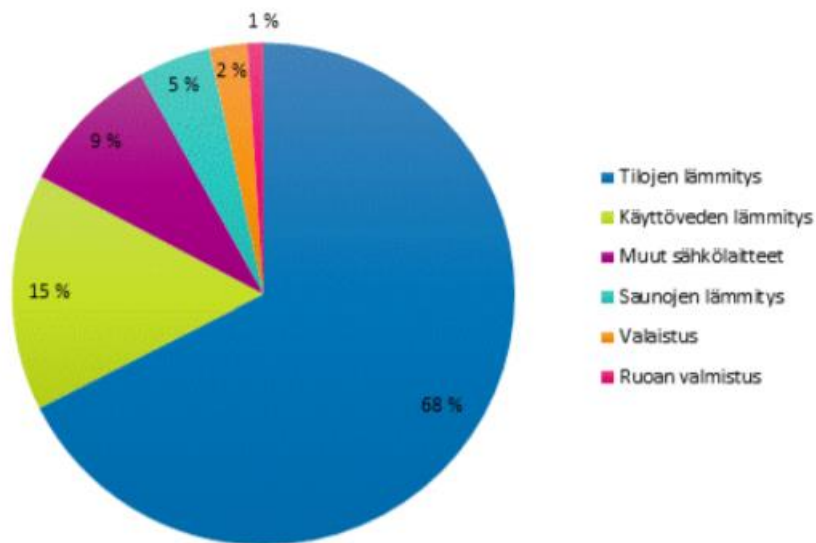
## **2 Rakennusten lämmittäminen**

Lämmitysjärjestelmien tavoitteena on pitää asunnot halutussa lämpötilassa ympäristön lämpötilasta riippumatta. Liiallinen lämpövaihtelu vaikuttaa rakennusten rakenteisiin ja ihmisten terveyteen [3].

Suomessa radikaalit vuodenaikojen vaihtelut korostavat lämmityksen merkitystä. Lämmitysvalinnoilla voidaan vaikuttaa kulutukseen ja kustannuksiin. Talvella lämmityksen tarve nousee. Vuodenaikojen lämpötilojen vaihtelut tulee huomioida myös lämmitysjärjestelmien käytettävyydessä. [4.]

Muuttuva ilmasto luo paineita lämmittää pientaloja uusien keinoin ja entistä tehokkaammin. Tiettyjen lämmitysjärjestelmien käyttäminen on entistä kalliimpaa. Lämmitystapojen murrosta eteenpäin ajaa vahvasti ilmastotietoisempi politiikka. Suomi on ratifioinut Kioton päiväkirjan yhdessä muiden Euroopan maiden kanssa. Suomen tavoitteena on vähentää päästöjen osuus takaisin vuoden 1990 tasolle. Lisäksi energian kulutusta ja siitä syntyviä päästöjä ohjaavat Pariisin ilmastopöytäkirja, YK:n ilmastopöytäkirja sekä Euroopan unionin ilmasto- ja energiapolitiikka.

Suomessa asuinkuntia on yli 2 700 000 kappaletta. Vuonna 2018 puolet suomalaisista asui pientaloissa. Pientaloihin luetellaan omakoti-, pari-, ja rivitalot. Kokonaisuudessaan pientaloja oli 1 423 121, joissa asui yhteensä 3 350 437 ihmistä. Vastaavasti kerrostaloissa asui 36,5 % henkilöistä ja asuinkerrostalojen osuus asutokunnista oli 45,8. [5.] Tilojen lämmitykseen kuluu noin 68 % asumisessa kuluvasta energiasta [4].

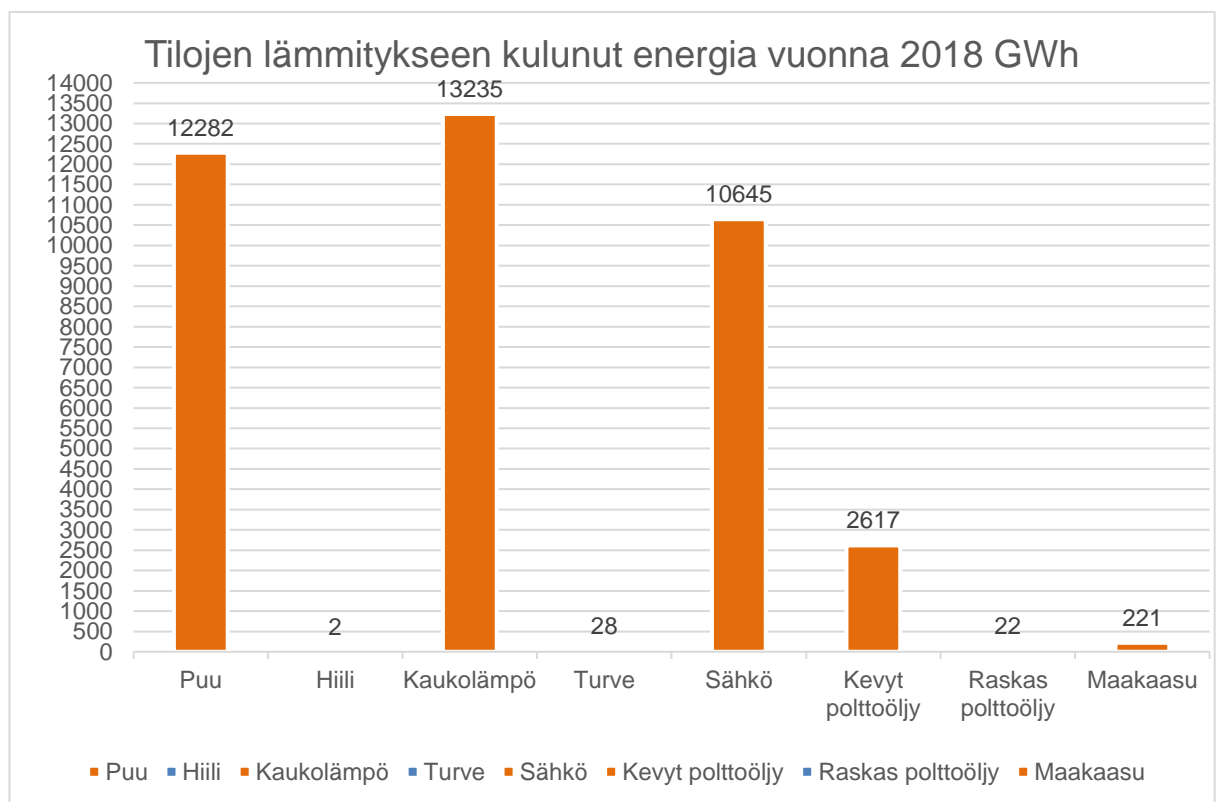


Kuva 1. Asumisessa kulutettu energia käyttökohteittain vuonna 2020 [4].

Tavallisen pientalon Suomessa kului vuonna 2018 asumiseen 66 terawattituntia energiaa. Valtaosa käytetystä energiasta kuluu rakennusten ja käyttöveden lämmitykseen. Asumisen energiankulutuksesta noin 44,88 TWh kului tilojen lämmitykseen, 9,9 TWh käyttöveden lämmitykseen ja 3,3 TWh saunatilojen lämmitykseen. Lämpöpumppujen osuuden kasvu näkyy sähkön osuuden kasvuna vuosittain kulutetusta energiasta. [5.]

## 2.1 Lämmityslaitteistot

2000-luvulla lämmitysmenetelmät ovat muuttuneet radikaalisti. Öljylämmityksestä on siirrytty joko kaukolämmöllä tai lämpöpumpulla tuotettuun lämpöön. Kerros- ja rivitaloissa kaukolämpö on noussut öljylämmityksen korvaajaksi. Myös maalämpöpumput ovat yleistyneet kerros- ja rivitaloasunnoissa. Muissa pientaloissa taas ilmalämpöpumpujen ja maalämmön osuus on kasvanut erittäin reilusti. Öljylämmityksen osuus lämmityksestä vuonna 2018 oli vain muutaman prosentin luokkaa. [4.]



Kuva 2. Tilojen lämmitykseen kulutettu energia vuonna 2018 [4].

Yleisimpien lämmitysmuotojen alkuinvestointikustannukset ovat noin 5000–20 000 euroa. Hankintahinta koostuu suunnittelukustannuksista, ohjainlaitteistosta, asennustyöstä sekä lämmön kehittämis-, jakamis- ja varastointijärjestelmästä. Järjestelmän hankinnassa tulee huomioida käyttökustannukset tulevaisuudessa. Lämmitystarve on useimmiten useita kymmeniä vuosia, joten investointikustannukset jäävät pieneen osaan kokonaiskustannuksissa. [5.]

Pienrakennusten lämmitykseen tarvittava vuotuinen energiamäärä riippuu talon rakennustavasta. Tavallisessa pientalossa tilojen ja tuloilmavirran lämmittäminen kuluttaa energiaa arviolta 110 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa. Matalaenergiatalo ja passiivitaloissa kulutus on huomattavasti pienempää. Tämä on noin 45 prosenttia pientalojen kokonaisenergian kulutuksesta. [5.]

Taulukko 1. Lämmitysjärjestelmien investointikustannusten suuruusluokka [5].

Lämmitysjärjestelmä	Investointikustannusten suuruusluokka (€)
Kaukolämpö	10 000–15 000
Öljylämmitys	10 000–15 000
Huonekohtainen sähkölämmitys	5 000–10 000
Vesikiertoinen sähkölämmitys	7 500–12 500
Poistoilmalämpöpumppu	7 500–12 500
Maalämpöpumppu	10 000–20 000
Ilma-vesilämpöpumppu	10 000–15 000
Puulämmitys	10 000–20 000

### 2.1.1 Kaukolämpö

Kaukolämmitys on yksi energiamuodoista, joilla pyritään pienentämään hiilidioksidipäästöjä tulevaisuudessa. Kuitenkin kaukolämmön käyttömahdollisuudet rajoittuvat käytännössä vain lämpöverkostojen läheisyyteen. Kunnilla ja kaupungeilla on oikeus velvoittaa uudisrakentajaa valitsemaan lämmitysvaihtoehdoksi kaukolämpö, mikäli uudisrakennus rakennetaan asemakaavan alueelle.

Kaukolämpö tuotetaan tyypillisesti polttamalla polttoaineita lämmöntuotannon mahdollistamiseksi. Polttoaineena käytetään useimmiten kivihiiltä, maakaasua, öljyä, turvetta, puupellettiä, biomassaa- ja kaasua sekä asfalteenia. Uusiutuvien polttoaineiden osuus on kasvanut rajusti viime vuosikymmenenä. Lämmön talteenotto osana muita teollisuusprosesseja on myös kasvanut. Valtaosa tuotannosta toteutetaan sähkön ja lämmön

yhteistuotantolaitoksissa. Tämä johtuu siitä, että yhteistuotanto noin kolmanneksen tehokkaampaa erillistuotantoon verrattuna [4].

Kaukolämmön osuus lämmityksestä oli n. 30 %. Lähes kaikki kerrostalot lämmitetään kaukolämmöllä. Vain vajaa viisi prosenttia kerrostaloista lämmitetään muutoin kuin kaukolämmöllä. Myös hoitoala ja toimistorakennusten lämmitys toteutetaan lähes kokonaan kaukolämpöä hyödyntäen. Liikerakennuksista noin 66 % lämmitettiin kaukolämmöllä vuonna 2019. Valtaosa kaukolämpöä hyödyntävistä kunnista tuottaa lämpöä uusiutuvilla polttoaineilla tai hyödyntäen hukkalämpövirtoja. [6.]

Pienissä lämpökeskuksissa tuotetun lämmön hinta kuluttajalle sijoittui vuonna 2017 välille 64,70–112,89 €/MWh (sis. alv 24 %). Mediaani oli 81,10 €/ MWh ja keskiarvo noin 85,80 €/ MWh [7].

Kokonaisuudessaan Suomessa 2019 tuotettiin 36,0 TWh lämpöä kaukolämpölaitoksissa. Puolet Suomen kaukolämmöstä tuotetaan ilmastoneutraalein energialähtein. Puupohjaisia polttoaineita oli vuonna 2019 noin 42 % eli 15,12 TWh. Kivihiilen osuus laski vuodessa 1,3 prosenttiyksikköä ja oli enää 18 %. Myös maakaasun, turpeen ja öljyn väheni vuoden aikana. Jätevedestä, savukaasuista sekä kaukojäähdytyksestä saatavaa ylijäämälämpöä hyödynnettiin lämmöntuotannossa n. 3,6 terawattitunnin edestä. Uusiutuvien energioiden osuus on kasvanut kymmenessä vuodessa kaksinkertaiseksi ja hukkalämpöjen osuus noussut lähes nelinkertaiseksi. [6.]

Kaukolämmön tuotannossa syntyneiden päästöjen määrät ovat laskeneet reilu kolmanneksen kymmenessä vuodessa. 2019 kaukolämmön tuotannossa syntyneet ominaispäästöt olivat noin 130 gCO<sub>2</sub>/kWh. Syntyneet kokonaispäästöt olivat noin 4 700 000 tonnia. [7.]

### 2.1.2 Öljylämmitys

Öljylämmitystä suosittiin aiemmin varsinkin pientaloissa. Raakaöljyn hinnan noustessa ja ympäristötietoisuuden lisääntyessä siitä on pyritty luopumaan. Lämmitysmuotona öljy vaatii myös enemmän aktiivisuutta kuluttajalta verrattuna moderneihin lämmityslaitteisiin. Vuodenajoista talvi tulee huomioida erityisen tarkoin, koska lämmitykseen käytettävää polttoöljyä kuluu huomattavasti enemmän verrattuna leutoihin vuodenaikoihin. Öljykattilan huolto tulee toteuttaa vähintään kahden vuoden välein tai 5 000 kulutetun

öljylitran jälkeen. Polttoöljynä voidaan käyttää joko kevyt- tai raskaspolttoöljyä. Raskasta polttoöljyä käytetään lähinnä suurissa lämpövoimaloissa eikä sitä hyödynnetä kuluttaja tasolla. Kevyttä polttoöljyä käytetään kuluttarakennusten lämmitykseen.

Öljylämmityksen käyttöön vaadittava laitteisto on määritelty laissa. Teräksinen, muovinen tai lujitemuovinen säiliö, joka on valmistettu standardien SFS 2733-2737, SFS 2740, SFS 2770 tai SFS 3915 mukaisesti. Jos säiliötä ei ole valmistettu edellä mainittujen standardien mukaan, valmistajan tai maahantuojaan täytyy hakea säiliön rakenteen hyväksyntää tarkastuslaitokselta. Pääsäiliön lisäksi tulee järjestelmässä olla välisäiliö. Öljysäiliö sijoitetaan suojakammioon suojaamaan sitä korroosiolta ja kuormitukselta. Säiliön alle asetetaan suoja-allas, joka estää polttoöljyn tai muiden saasteiden päätyminen ympäristöön. Täyttöä varten säiliöön liitetään täyttöputki, johon asennetaan tarvittaessa sulkuventtiili. Täyttöputken suuaukon läheisyyteen tulee asentaa tiedot polttoöljyn tyyppistä. Ilmaputkella varmistetaan paineen vapautuminen kattilassa. Kiinteistöjen lämmitykseen suunnitelluissa kevytöljylämmityslaitteistoissa on lisäksi ylitäytön estävä anturi. Järjestelmään asennetaan putkisto, letkut ja venttiilit, joilla siirretään ja säädetään polttoöljyä. Varoventtiili tulee asentaa, jos laitteistossa on sulkuventtiili. Siirtopumpulla siirretään polttoöljyä. Esilämmittimellä lämmitetään polttoöljyä ennen sen siirtymistä öljypolttimelle, jossa varsinainen energia tuotetaan. Laitteiston tulee huoltaa ja asentaa valtuutettu toiminnanharjoittaja. [8.]

Hallitusohjelmassa on suunniteltu fossiilipohjaisen öljyn poistamista lämmityskäytöstä 2030-luvun alkuun mennessä. Julkinen sektori pyrkii siirtymään pois öljylämmityksestä vuoteen 2024 mennessä. Pientaloja on ryhdytty tukemaan öljylämmityksen vaihtamiseksi noin 30 miljoonalla eurolla. Tämä on osa Suomen panostusta kansainvälisessä ilmaston muutoksen vastaisessa työssä. Korvaaminen muilla lämmitysvaihtoehdoilla vähentää kuluttajalle aiheutuvaa hinnan vaihtelua. Fossiilipohjaisen öljyn hinta on erittäin altis taloudessa tapahtuville muutoksille.

3.11.2020 polttoöljyn päiväkohtainen oli noin 1,00 €/litra. Vuoden aikana öljylämmitteinen pientalo kuluttaa noin 2000–3000 litraa kevytpolttoöljyä [5]. Vuotuiset polttoainekulut ovat kevytpolttoöljylämmityksellisessä pientalossa noin 2 000–3 000 euroa. Kuitenkin raakaöljyn hinnan vaihtelut vaikuttavat tähän oleellisesti. Kuluttajahinnat ovat 2000-luvulla vaihdelleet 36,9–113,2 €/MWh välillä. Hinta on kuitenkin yli kaksinkertaistunut 20 vuoden aikana. [9.]

Vuonna 2016 astui voimaan vapaaehtoiset öljykattiloiden kuntotarkastukset. Tarkoituksena on kartoittaa huonokuntoiset laitteistot. Tavoitteena on pitää öljylämmityslaitteistojen hyötysuhde hyvänä ja vaihtaa huonokuntoiset ympäristöystävällisempään vaihtoehtoon. Polttamisesta syntyy ympäristölle haitallisia päästöjä. Haitallisia päästöjä voidaan vähentää lisäämällä lämmitysöljyyn biopohjaisia komponentteja. Järjestelmän rinnalla voidaan lisäksi polttaa biopohjaisia polttoaineita. Kevyen polttoöljyn päästökerroin on noin 267 gCO<sub>2</sub>/kWh.

Öljylämmitteisten talojen osuus on laskenut radikaalisti 2000-luvulla. Vuonna 2018 se oli enää 2617 GWh. Tämä on noin 5,9 prosenttia asuintilojen lämmitykseen käytettävästä energiasta. [9.]

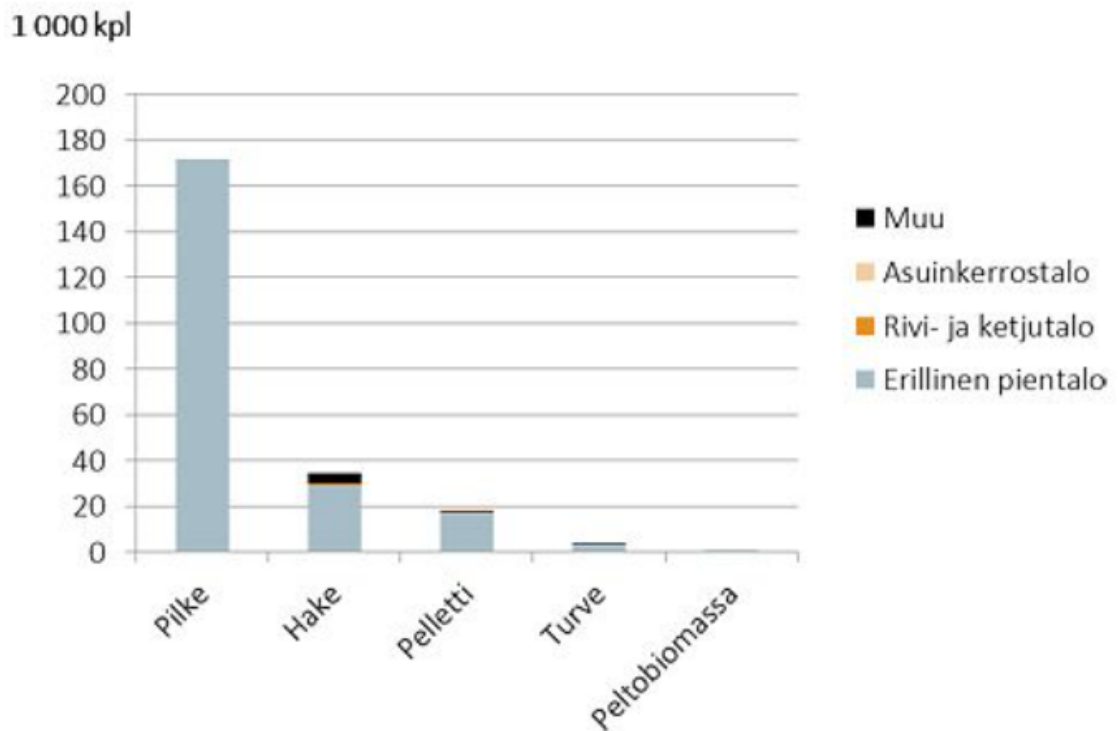
### 2.1.3 Puulämmitys

Puupolttoaineet ovat suosituimpia biopolttoaineita pientalojen lämmityksessä. Suuressa osassa Suomen pientaloja on käytössä takka tai leivinuuni, jota voidaan hyödyntää lämmittämiseksi. Polttoaineen laadulla ja tyypillä on paljon merkitystä myös puulämmityksessä. Puun kosteus, puulaji ja poltettavien partikkelien koko vaikuttavat lämmitysprosessiin.

Vuonna 2018 puupolttoaineilla tuotettiin lämmitysenergiaa 12 281 GWh [9]. Tässä tarkastellaan puukattiloilla tapahtuvaa lämmitystä. Kotitalouksien lämmittäminen puupolttoaineella pääpolttoaineen rinnalla on erittäin yleistä. Hake, pilke, pelletti- ja halkolämmitys on pääasialliset puulämmitysmenetelmät. Pientalojen itsenäiseen lämmittämiseen käytetään vuosittain arviolta 15 TWh energiaa. Pienpoltolla katetaan vuosittain noin kolmannes pientalojen vaatimasta lämmityksestä. Erilaisia tulisijoja on tällä hetkellä Suomessa noin 2 miljoonaa kappaletta [10]. Suomessa on öljylämmityksen vähentyessä muutettu öljynpolttokattiloita puukäyttöisiksi polttokattiloiksi.

Valtaosa puulämmityksellä syntyvästä energiasta tuotetaan erilaisissa uuneissa ja takkoissa. Pientalojen klapi-kattiloissa poltettiin noin 1 335 m<sup>3</sup> polttopuita vuosina 2016–2017. Hake- ja pellettikattiloissa poltettiin taas noin 517 kuutiota puupolttoainetta. Laitteiden kehittyminen on lisännyt myös puun hyödyntämistä polttoaineena. Hyötysuhteen parantuessa myös päästöt vähenevät. Nykyiset kattilat voivat saavuttaa jopa 80 prosentin hyötysuhteen. Vuonna 2018 Luonnonvarakeskus arvioi tulisijojen polttavan noin 66

% vuotuisesti käytettävästä puupolttoaineesta. Kattiloissa poltettiin noin 33 % vuotuisesti käytettävästä polttoaineesta. [10.]



Kuva 3. Arvioitu lämmityskattiloiden jakauma tyypeittäin ja osuus kiinteistöittäin [22].

Valtaosa tuotetusta lämmöstä tuotetaan polttamalla pilkettä. Hakkeen ja pelletin polttamisen osuus on noin 30 % verrattuna pilkkeen osuuteen. Lämmityskattilat jaetaan usein kahteen kategoriaan, keskuslämmityskattiloihin ja lämpölaitoksiksi.

Keskuslämmityskattiloissa lämmön kuljettamiseen käytetään vettä. Vesi kiertää järjestelmässä lämmittäen tiloja. Kattilassa poltetaan puupolttoainetta, jolla saadaan lämmitettyä vesi lämmönjakojärjestelmään. Laitteistossa hyödynnetään lämpöä varastoivaa lämpövaraajaa. Puukattilat voidaan jakaa ala-, ylä- ja käänteispalokattiloihin. Lisäksi käytössä on kaksoispesäkattiloita ja etupesäkattiloita. [5.]

Pilkekattiloissa parhaan hyötysuhteen saa käyttämällä käänteispalokattilaa. Nykyaikainen varaajalla varustettu kattila pääsee usein yli 85 %:n hyötysuhteen. Kaksoispesä- ja yläpalokattilat jäävät noin 70 %:n hyötysuhteeseen. Vanhalla varaajalla varustetulla käänteispalokattilalla hyötysuhde on noin 75 %. Vanhalla varaajalla varustetulla kaksoispesäkattilalla hyötysuhde jää noin 60 %:iin. [10.]

Pellettilämmitystä hyödynnetään polttolaitosten lisäksi kaukolämmön tuotannossa. Pellettejä poltetaan usein maatilojen ja isompien rakennusten yhteydessä. Lämmityslaitteisto vaatii erillisen teknisen tilan ja polttoaineelle tarvitaan varasto. Lämmönjakojärjestelmänä toimii useimmiten vesikiertoinen lämmönjakojärjestelmä. Pellettien polttolaitteisto koostuu polttimesta, kattilasta ja järjestelmää säätelevästä automatiikasta. [5.]

Hinnoittelu riippuu polttoaineen tyypistä, lämmitettävän kohteen tarpeista ja lämmitysjärjestelmästä.

Valtaosa puulämmityksessä syntyvistä päästöistä ovat myrkylliset PAH-yhdisteet, BC-päästöt, pienhiukkaspäästöt, VOC- ja CO-päästöt. Puun polttamista pidetään yleisesti ympäristöystävällisenä vaihtoehtona. Puu sitoo kasvaessaan ilmakehään vapautunutta hiilidioksidia ja vapauttaa vastavuoroisesti happea. Palaessaan puu päästää vain murtoosan tästä takaisin ilmakehään. PAH-yhdisteet eivät ole ympäristölle erityisen vaarallisia, mutta voivat vaikuttaa ihmisen terveyteen. Myös pienhiukkaspäästöt ovat lähinnä ihmis-terveydelle haitaksi. VOC-yhdisteet ja BC-päästöt aiheuttavat muutoksia ilmakehässä. BC-päästöt lämmittävät ilmakehää ja VOC-yhdisteistä voi muodostua ilmastolle haitallisia yhdisteitä. Päästöjen määrää voidaan radikaalisti vähentää tehostamalla palamisprosessia ja pyrkimällä puhtaampaan palamiseen.

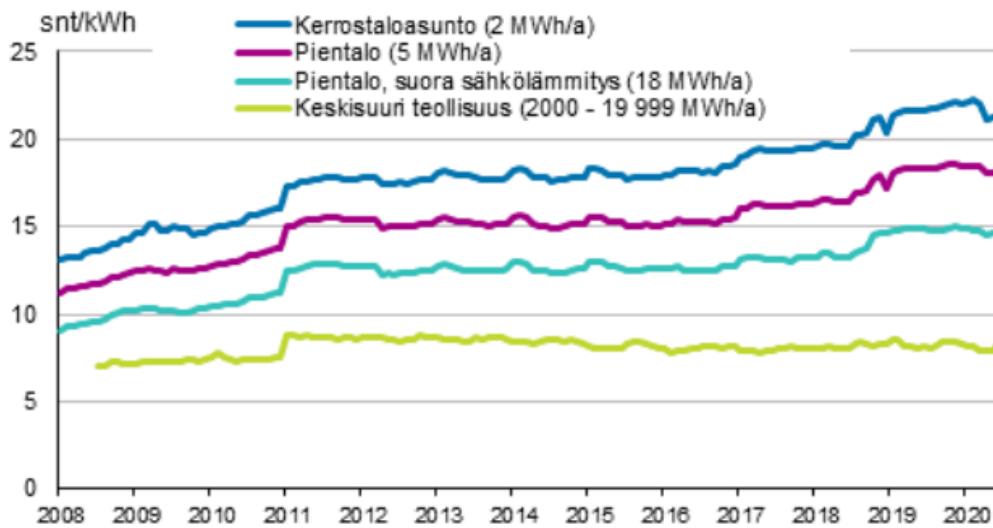
#### 2.1.4 Sähkölämmitys

Jokaisessa asuinrakennuksessa tarvitaan sähköä päivittäisiin toimintoihin. Myös valtaosa lämmityslaitteistoista tarvitsevat sähköä toimiakseen. Sähkölämmitys oli Suomen kolmanneksi suosituin lämmitysvaihtoehto vuonna 2018. Sähkölämmitykseen kulutettiin noin 10 600 GWh energiaa [9].

Suorasähkölämmitys vaihtoehtoista validit menetelmät ovat vesi- tai ilmakiertoiset lämmitysratkaisut ja huonekohtaiset sähkölämmitykset. Tyypillisesti sähkölämmitteisessä talossa myös käyttövesi lämmitetään sähköllä. Vesikeskuslämmityksessä järjestelmässä

kiertävä vesi lämmitetään lämmönkehityslaitteistossa. Tämän jälkeen lämpö ohjataan pattereihin tai lattialämmitykseen. Näiden laitteistojen yhdistäminen on mahdollista. Ilmakiertoisessa järjestelmässä lämmitetään ilmaa, joka kiertää talon perustuksessa kanavaverkostossa.

Varaavat sähköjärjestelmät varaavat lämpöä haluttuun varastointimassaan. Massana voi toimia esimerkiksi vesisäiliö tai rakennuksessa oleva varaava elementti, kuten lattialaatta. Varaavalla järjestelmällä voidaan hyödyntää sähkön hinnan vuorokausivaihtelua.



Kuva 4. Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin sisältäen energian, siirtomaksun ja verot. [23].

Sähkön hinta pientaloissa on noussut tasaisesti vuoden 2008 talouskriisistä alkaen. Suoralämmitteisissä pientaloissa hinta on noussut noin 6 snt/kWh. Hintojen noususta huolimatta erillisten pientalojen lämmityksessä käytettävä energia on kasvanut. Vuonna 2008 erillisissä pientaloissa käytettiin 5 373 GWh ja vuonna 2018 käytettiin 7 874 GWh energiaa sähkölämmitykseen [9].

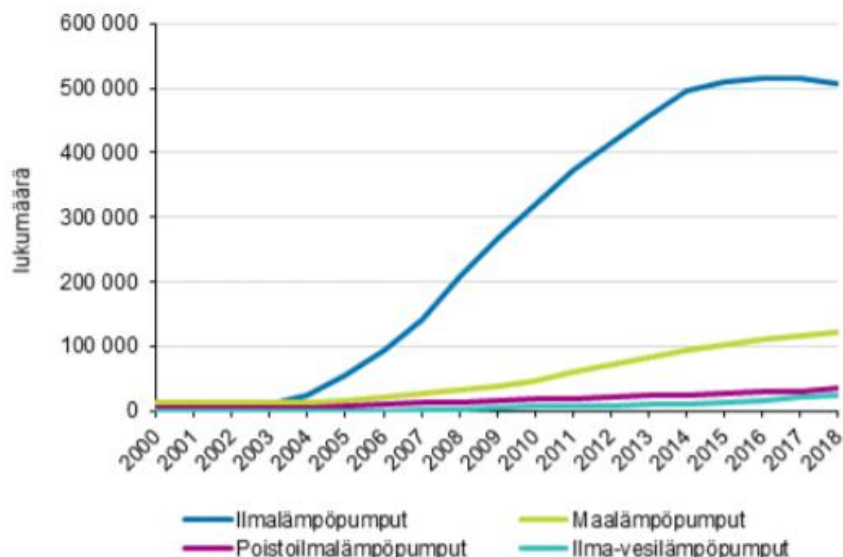
Fingrid ilmoitti lokakuussa 2020 Suomen sähköntuotannon päästökertoimeksi keskiarvolta 82 gCO<sub>2</sub>/kWh. Vastaavasti Suomessa kulutetun sähkönpäästö kerroin oli keskiarvolta 78 gCO<sub>2</sub>/kWh.

Lämpöpumppujen hyödyntäminen sähkölämmityksen rinnalla on yleistynyt 2000-luvulla. Tulevaisuudessa sähkölämmitystä voidaan hyödyntää entistä enemmän pientalojen lämmityksessä. Huonekohtaisena lämmityksenä sähkölämmitys on ideaali esimerkiksi kylpyhuonetiloihin. Passiivi- ja matalaenergisisä taloissa sähkölämmityksen osuus tulee kasvamaan merkittävästi. Lämpöä voidaan varastoida entistä tehokkaammin rakenteisiin ja lämmityksen tarve pienenee. Ilmastonmuutos luo paineita löytää uusia ratkaisuja myös sähkölämmityksen osalta.

### 2.1.5 Lämpöpumput

Lämpöpumput jaetaan neljään kategoriaan, ilmalämpöpumput, maalämpöpumput, poistoilmalämpöpumput ja ilma-vesilämpöpumput. Lämpöpumppujen hyödyntäminen rakennusten lämpötilan säätelyssä on yleistynyt 2000-luvulla. Järjestelmiä hyödynnetään pääasiassa lisälämmitysjärjestelminä. Lämpöpumpuissa käytettävä teknologia on kehittynyt viimeisten kahden vuosikymmenen aikana.

Lämpöpumppulaitteistot keräävät ja siirtävät lämmitettävää energiaa ilmasta, maaperästä tai vedestä. Kaikki järjestelmät hyödyntävät sähköä toimiakseen.



Kuva 5. Lämpöpumppujen määrän kehitys 2000–2018 myyntiluvuista arvioituna [11].

Lämpöpumppujen suosio on kasvanut 2000-luvulla todella merkittävästi. Erityisesti ilmalämpöpumppujen määrä on noussut reilusti. Kymmenen vuoden pitoajalla laskettuna ilmalämpöpumppujen määrä on kasvanut noin 150-kertaiseksi ja maalämpöpumppujen noin yhdeksänkertaistunut. Todellisuudessa pitoaika kuitenkin vaihtelee ja kasvu voi olla huomattavasti suurempaa. Mikäli tilannetta tarkastellaan viidentoista vuoden pitoajalla, ilmalämpöpumppujen määrä on yli kaksisataakertaistunut. Vesilämpöpumppujen ja ilma-vesilämpöpumppujen osuus ei ole noussut merkittäväksi, mutta niiden määrä on myös kasvanut. [11.]

Lämpöpumppulaitteistojen investointikustannukset vaihtelevat arviolta 7 500–20 000 euron välillä. Kalleimmat lämpöpumppulaitteistot ovat maalämpöpumppuja ja halvimpia ovat poistoilmalämpöpumppujärjestelmät. [5.]

Päästöjen osalta lämpöpumppulaitteistot voidaan olettaa lähes päästöttömiksi. Laitteistojen tuotantokustannuksista syntyviä päästöjä on tarpeeton ja hankala arvioida. Lämpöpumppujen hyödyntämä sähköenergia vaikuttaa päästöihin. Laitteista voi aiheutua melu- ja ulkonäköhaittoja lähellä oleville ihmisille. Maalämpöpumppulaitteistojen kaivot vaativat tilaa maaperästä.

Laitteistossa kiertävä kylmäaine tulee kuitenkin käsitellä oikeaoppisesti. Vapautuessaan ilmakehään CFC- ja HCFC-yhdisteet heikentävät otsonikerrosta tehostaen ilmastonmuutosta. Nykyisin käytössä olevat HFC-yhdisteet eivät rasita otsonikerrosta, mutta niillä on korkea lämmitysvaikutus. Regeneroimalla kylmäaine voidaan hyödyntää uudelleen. Kuitenkin vanhoissa laitteistoissa käytettävät kylmäaineet kuten R22 ja freonit tulee hävittää asianmukaisesti. Kylmäaineiden käyttöä ja hävitystä säädelään erilaisilla asetuksilla. F-kaasuasetuksessa määrätään fluorattujen kylmäaineiden käytöstä. Montrealin pöytäkirjassa rajoitetaan ensimmäisen ja toisen sukupolven kylmäaineita. [15.]

Tulevaisuudessa lämpöpumppujärjestelmien uskotaan lisääntyvän osana lämmitysjärjestelmiä. Muun muassa teknologian kehitys, lämmityskustannusten nousu ja ilmastonmuutoksen aiheuttama paine ovat järjestelmien yleistymisen syynä.

### 2.1.6 Muut lämmitysmuodot

Muita lämmitysmenetelmiä ovat muun muassa kaasu- ja aurinkolämmitys. Kamiinoita ja muita tulisijoja hyödynnetään tukilämmitysjärjestelminä. Muita lämmitysjärjestelmiä ei hyödynnetä yleisesti talojen lämmityksessä.

Aurinkolämmityksessä aurinkolämpökeräimet keräävät lämpöenergiaa auringosta. Energialla lämmitetään väliainetta, joka kiertää kiertojärjestelmässä. Yleisesti väliaineena toimii vesi. Aurinkolämpökeräimiä suositaan maissa, joissa yleisesti lämpötila ei laske huomattavan matalalle. Varsinkin käyttöveden lämmitykseen hyödynnetään usein aurinkolämpökeräimiä.

Kaasulämmityksessä polttoaine syötetään polttokattilaan, jossa polttamalla tuotetaan lämpöä.

Aurinkolämpökeräimien päästöt syntyvät pelkästään laitteistojen tuotantovaiheessa. Lämmityksestä syntyviä päästöjä laitteistolla ei ole.

Kaasulämmityksen päästöt riippuvat poltettavasta polttoaineesta. Maakaasu polttaessa päästökerroin on noin 200 gCO<sub>2</sub>/kWh. Uusiutuva biokaasu tuotetaan biohajoavista jätteistä. Sen päästökerroin on 0 gCO<sub>2</sub>/kWh. [13.]

## 3 Lämpöpumppujärjestelmät

Lämpöpumppujärjestelmät jaetaan neljään kategoriaan. Tarkastelussa on yrityksen kaksi yleisintä laitteistoa: maalämpöpumppujärjestelmät ja ilma-vesipumppujärjestelmät. Maalämpöpumppu- ja ilma-vesipumppulaitteistot ovat hintatasoltaan ääripäitä. Maalämpöpumppualitteistot ovat yleisesti kalleimpia ja ilma-vesipumppulaitteistot taas halvimpia. Laitteistoissa on joko invertteri- tai päälle/pois-säätö. Valtaosa järjestelmistä on varustettu modernilla invertterillä.

Lämpöpumpuilla tuotettiin energiaa lämmitykseen vuosina 2016–2018 yhteensä 14 708 GWh. Vuoden 2016 osuus oli 4 593 GWh. Vuosien 2017 ja 2018 osuudet olivat 4 990 GWh ja 5 125 GWh. [9] Lämpöpumpuilla tuotetun energian määrä on nousussa.

Lämpöpumpun tehoa kuvataan lämpökertoimella. Lämpökerroin kertoo paljonko lämpöä lämpöpumppu tuottaa verrattuna käytettyyn sähköenergiaan. Tyypillisesti lämpökerroin maalämpöpumpuilla on noin 3 ja ilma-vesipumpuilla 2–2,5 [5]. Aiemmin on suosittu yksittäismitattavaa COP-lämpökerrointa. Modernimpi SCOP-lämpökerroin on nykylaitteistoissa suositumpi. SCOP-lämpökerroin kertoo neljän eri lämmityskauden lämpökertoimet.

Lämpöpumput vievät kohtuullisen vähän tilaa rakennuksista. Ilmalämpöpumpuissa ulkoyksikkö asennetaan rakennuksen ulkoseinälle, jolloin sisätilojen neliöitä ei kulu. Sisäyksikkö asennetaan katon rajaan sisäpuolelle eikä sen mitat ole kovinkaan suuret. Sisäyksikön mitat ovat vaihtelevat, mutta vähän tilaa vieviä. Bosch Compress 5000 AA 5.0-sisälaitteiston mitat ovat 860 x 292 x 205 millimetriä [2]. Ulkolaitteiston on hieman isompi korkeudeltaan ja syvyydeltään.

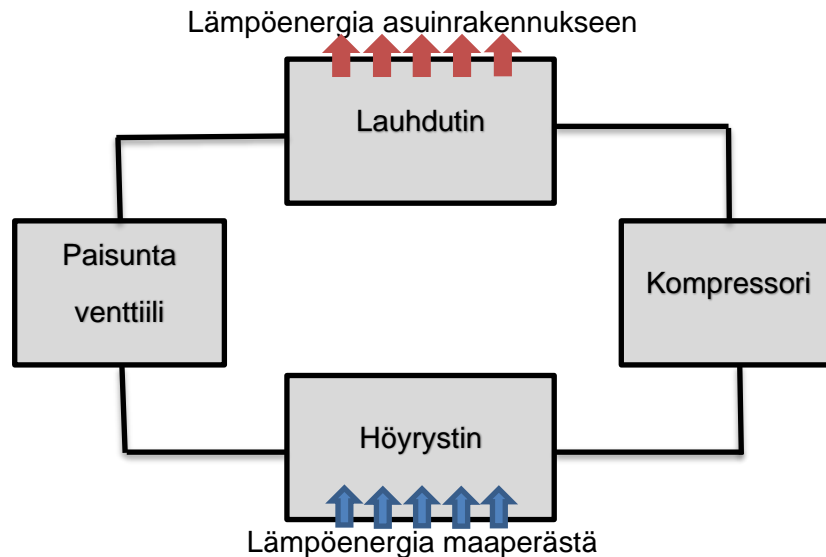
### 3.1 Maalämpöpumppu

Maalämpöpumppu kerää vesistöön, kallio- tai maaperään varastoitunutta energiaa hyödynnettäväksi lämmityksessä. Auringosta saapuva lämpösäteily kerätään maaperästä lämmönkeräyspiirin avulla. Maapiirissä kiertää keruuliuos, joka poistuu lämmitysjärjestelmästä kylmänä ja saapuu keräyspiiristä lämpimämpänä.

Yrityksen maalämpölaitteistoissa käytetään pääasiassa Nibe-valmistajan järjestelmiä. Ilma-vesilaitteistot ovat valmistanut Bosch. Yritys tarjoaa muitakin vaihtoehtoja, mutta valtaosalta laitteistot jakautuvat edellä mainitulla tavalla. Laskelmat ja laskentamalli toteutetaan hyödyntämällä Nibe-laitteiston tietoja. [2.]

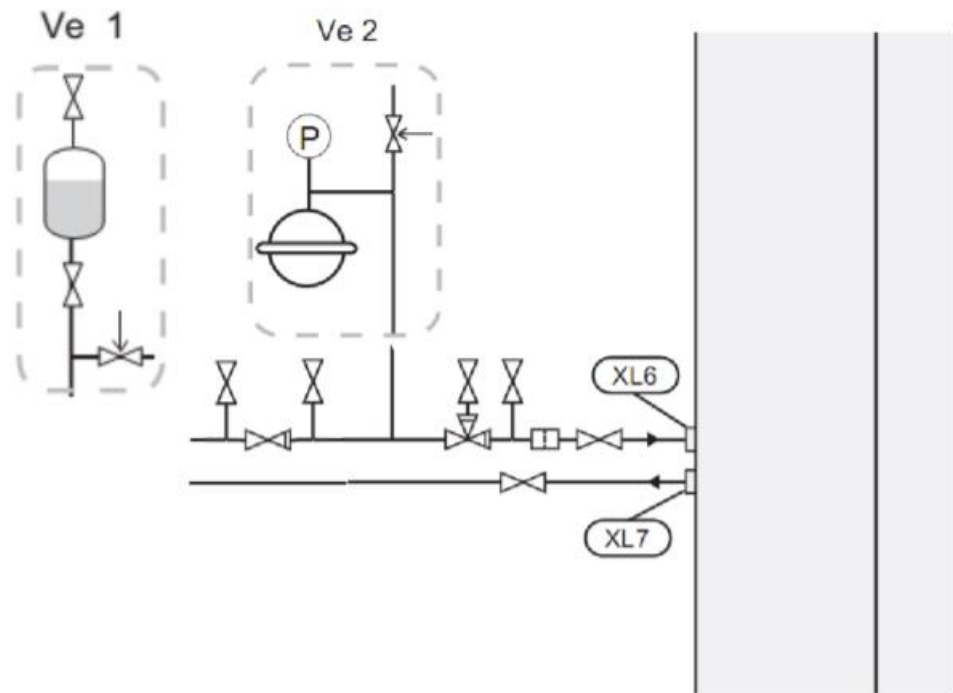
### 3.1.1 Järjestelmän toiminta

Maalämpöpumpplaitteisto jaetaan kahteen osaan: lämmönkeruuputkistoon ja lämmönjakojärjestelmään. Lämpöpumpussa on kompressori, lämmönvaihdin ja kiertovesipumput keruu- ja lämmitysjärjestelmää varten.



Kuva 6. Maalämpöpumpun toimintaperiaate [19].

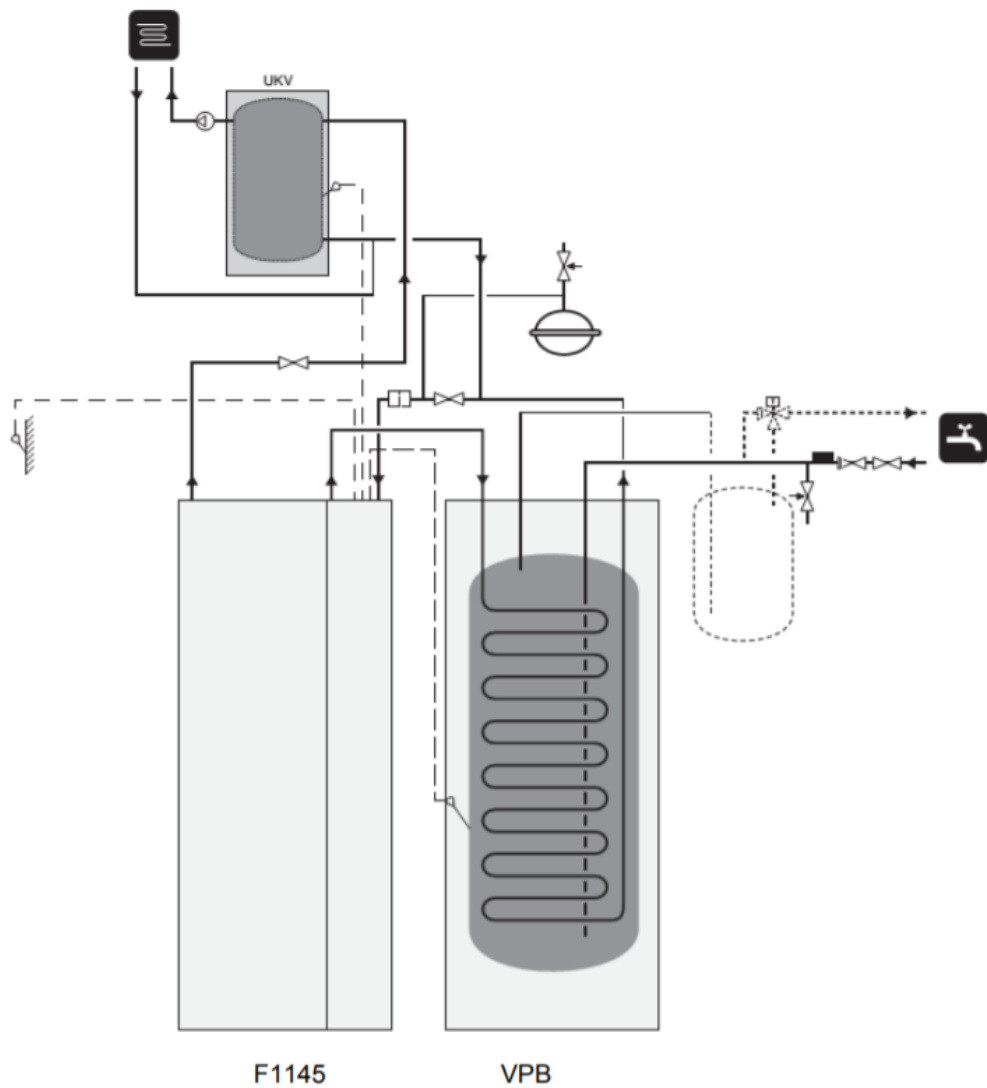
Maaperästä nostetaan lämpöenergiaa kompressorin avulla. Kylmäaine höyrystetään höyrystimessä, jolloin se kykenee sitomaan lämpöenergiaa. Kylmäaine sitoo maaperässä olevaa lämpöenergiaa. Höyrystimestä kaasuuntunut kylmäaine siirtyy kompressorille, jossa sen lämpötilaa nostetaan. Kuuma kaasumainen kylmäaine siirtyy lauhduttimelle, jonka avulla lämpöenergia ohjataan hyödynnettäväksi. Lauhdutuksen seurauksen kylmäaine nesteytyy. Paisuntaventtiilissä kylmäaineen paine laskee, jolloin myös lämpötila laskee. Kylmäaine palautuu takaisin kiertoon. Usein laitteistossa on tulistin, jonka avulla kuuminta höyryä voidaan ohjata käyttöveden lämmitykseen. [17.]



Kuva 7. Nibe-merkkisen laitteiston lämmönkeruuputkiston kytkentä [24].

Lämmönkeruuputkisto voidaan asentaa vaakatasoon tai pystysuunnassa. Pystysuuntaisen keruuputkiston syvyys voi olla jopa 350 metriä. Tyypillisesti poraussyvyys on 80–200 metriä. [18] Valtaosa keruuputkistoista on pystymallisia. Noin 60 % on pystymallisia, 30 % vaakamallisia ja 10 % vesistöön asennettuja [19].

Kuvassa 8 on Niben maalämpöpumppu F1145, lämminvesivaraaja VPB ja UKV varajasäiliö. Nuolet osoittavat putkistossa virtaavan kylmäaineen suunnan. Laitteistossa on useita venttiileitä.



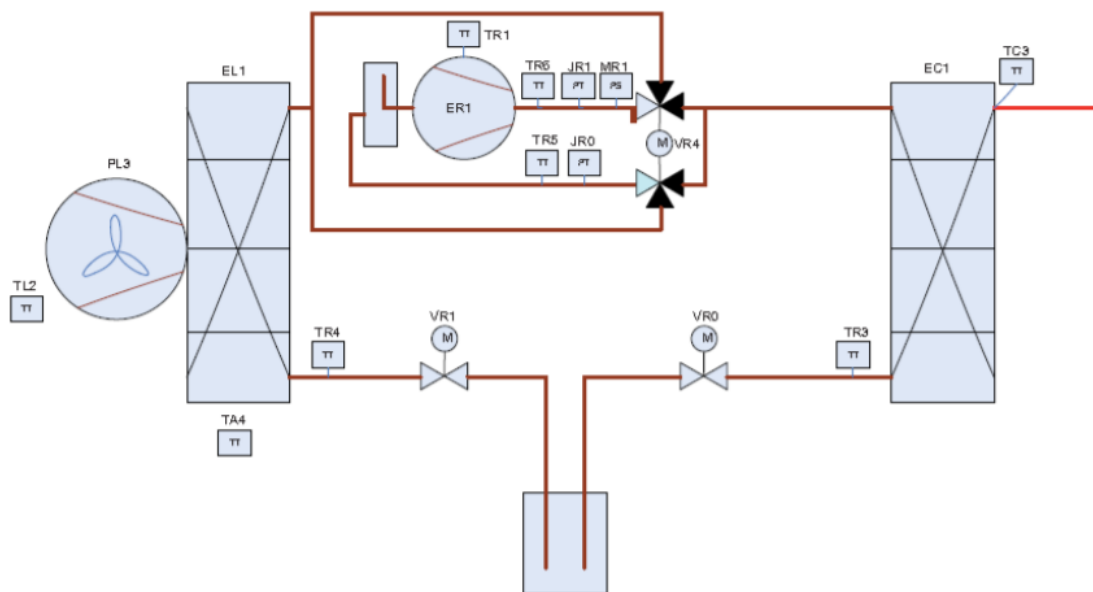
Kuva 8. Nibe maalämpöpumpun lämmönjakojärjestelmä [24]

### 3.1.2 Yrityksen laitteistot

Yritys tarjoaa Bosch ja Nibe-merkkisiä maalämpöpumppujärjestelmiä. Valtaosa myydyistä järjestelmistä on Niben tuoteryhmästä. Tarjolla on useita eri malleja F- ja S-sarjasta. Tarkastelussa käytetään Niben F1145 mallia. Malli tarjoaa riittävästi vaihtoehtoja eri teholuokissa. Laitteiston mallilla ei ole suurta merkitystä, koska hinta ja laitteisto valitaan kerätyn datan avulla.

### 3.2 Ilma-vesilämpöpumppu

Vesi-ilmalämpöpumpulla pystytään lämmittämään huoneilman lisäksi käyttövesi. Kovilla pakkasilla laitteiston rinnalle tarvitaan vaihtoehtoinen lämmitysmenetelmä. Laitteisto tarvitsee toimiakseen vesikiertoisen lämmityksen, kuten vesikiertolattialämmityksen tai vesikiertoiset patterit. Laitteisto voidaan asentaa olemassa olevan lämmityslaitteiston rinnalle. Ilma-vesilämpöpumppua voidaan hyödyntää myös jäähdytyksessä.



Kuva 9. Ilma-vesilämpöpumpun toimintaperiaate. Bosch Compress 6000 AW [20].

Laitteisto toimii samalla periaatteella, kun maalämpöpumppu. Lämpöenergia siirtyy viileämmästä lämpimään. Ulkoyksikössä oleva höyrystin ottaa ulkoilmasta lämpöä. Lisäksi ulkolaitteistossa on kompressori ja automatiikka. [5] Ulkoilma höyrystää nestemäisen kylmäaineen, jonka jälkeen kylmäaine siirtyy kompressorille paineistettavaksi. Paineistus nostaa kylmäaineen lämpötilaa. Paineistettu kylmäaine siirtyy lämmönvaihtimelle, jossa se luovuttaa energiaa järjestelmässä kiertävään veteen. Lämpötilan laskiessa kaasumainen kylmäaine muuttuu takaisin nesteeksi. Nesteen paine lasketaan paisuntaventtiilissä [20]. Lämpöenergian tuotannosta syntyy jäätä ulkoyksikköön. Tähän tarvitaan sulatustoiminto.

### 3.1.3 Yrityksen laitteistot

Yritys asentaa pääosin Bosch-merkkisiä vesi-ilmalämpöpumppuja. Yleinen laitteisto on Bosch Compress 7000i AW. Tarkastelussa käytetään 7000i AW-malli. Laitteiston mallilla ei ole suurta merkitystä, koska hinta ja laitteisto valitaan kerätyn datan avulla.

## 4 Laskentapohjat

Kuluttajalle helppokäyttöisen ja nopean laskurin toteuttaminen vaatii yksinkertaistuksia laskentakaavoissa. Laskentaohjelman tavoitteena on antaa suuntaa antava arvio kustannuksista ja päästöistä. Tyypillisessä pientalossa laskennallisena lämmitystehona käytetään 15–19 W/m<sup>3</sup> [14]. Nykyaikaisen pientalon kulutus neliötä kohden tarkastellaan alla olevasta kuvasta.

Esimerkki kaavoissa käytetään rakennuksen pinta-alana 100 m<sup>2</sup>, rakennusvuotta 1950, lisätarpeena varaaja sekä vanhana lämmitysmuotona suorasähköä.

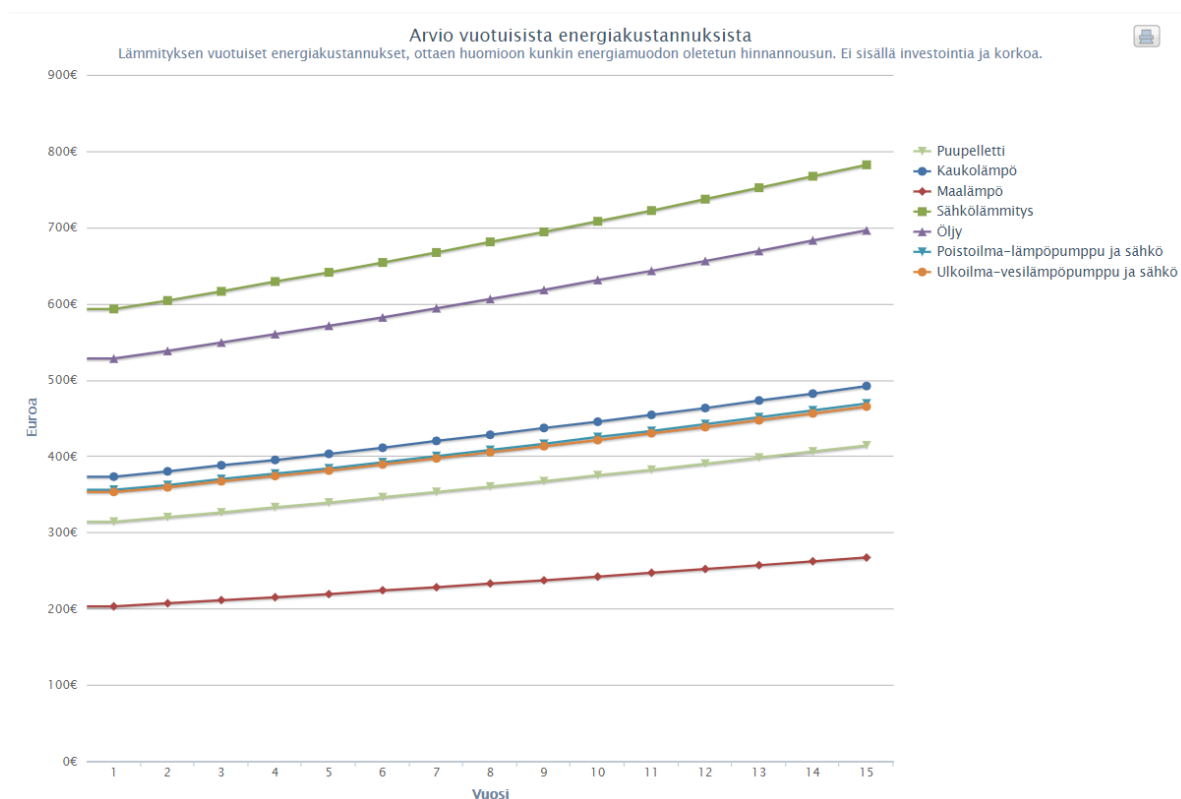
Kulutus	... 1960	1960 ...	1970 ...	1980 ...	2003 ...	*Ekotalo
<b>Energia hyvän sisäilman lämpötilan ylläpitämiseen, kWh/m<sup>2</sup> vuodessa</b>						
Lämmitys	160–180	160–200	120–160	100–140	80–120	40–60
<b>Laitteistojen sähkönkulutus, kWh/m<sup>2</sup> vuodessa</b>						
Talotekniikka	20–30	20–30	20–40	20–40	10–30	10–30
<b>Asukkaiden energiankulutus, kWh/m<sup>2</sup> vuodessa</b>						
Lämmin vesi	20–60	20–60	20–60	20–60	20–50	20–40
Kotitaloussähkö	20–40	20–40	20–40	20–40	20–40	20–30
<b>Yhteensä, kWh/m<sup>2</sup> vuodessa</b>						
Asuminen	220–310	220–330	180–300	160–280	130–240	90–160

\* Rakennus jonka suunnittelun lähtökohdaksi on valittu ympäristömyönteisyys ja energiatehokkuus – ja joka voidaan toteuttaa kaupallisesti helposti saatavissa olevilla tuotteilla

Kuva 10. Asuintilojen lämmitykseen ja muuhun kulutukseen käytettävä energia kWh/m<sup>2</sup> kohden. [25]

Ympäristöministeriön asetuksen 1008/2007 perusteella asuinrakennusten minimihuonekorkeus on 2,50 metriä. [16] Tarvittaessa huonekorkeus voi olla kuitenkin suurempi, mutta matalampi vain erityistapauksissa. Laskennassa huonekorkeutena käytetään 2,60

metriä. Tällä tavalla varmistetaan riittävä tehon tarpeen laskenta yksinkertaistetussa laskumallissa.



Kuva 11. Arvio esimerkkirakennuksen vuotuisista lämmityskustannuksista. Esimerkkirakennuksen asuinpinta-ala 100 m<sup>2</sup> ja rakennusvuosi 1950. [26]

Ominaiskulutuksena hyödynnetään lämpöpumppuvalmistaja Niben arvioita. Niben arvioista saadaan laskennallinen lämmitystehon tarve hyödyntäen ominaiskulutuksen arviota ja lämmityksen lisäkerrointa. [2.]

Taulukkolaskennassa on käytetty Excel Easy – verkkopalvelun opastusta. [23]

#### 4.1 Lämmitystarpeen arviointi

Kaavassa yksi esitellään pientalojen lämmitykseen vaadittavan laitteiston teho. Lämmityslaitteiston vaadittava teho lasketaan hyödyntämällä asiakkaan antamia tietoja ja etukäteen sovittuja arvoja. Asiakas täyttää pinta-alan (A) ja rakennusvuoden. Pientalojen

laskennallinen lämmitysteho ( $W/m^3$ ) ja huonekorkeus ( $h$ ) ovat ilmoitettu aiemmin. Rakennusvuoden perusteella lisätään lämmityksen lisäkerroin ( $x$ ).

$$\left(\frac{(A \cdot h) \cdot W}{m^3}\right) \cdot x$$

Kuva 12. Pientalojen lämmitykseen vaadittavan laitteiston teho (W)

Rakennusvuoden perusteella määräytyvä lisäkerroin asetellaan taulukkolaskentaohjelmaan käyttäen JOS-komentoa. C10 tarkoittaa arvoa, joka syötetään rakennusvuosikenttään.

```
=JOS(C10<1900;"syötä rakennusvuosi";
JOS(C10<1960;"1,5";JOS(C10<1970;"1,5";JOS(C10<1980;"1,3";JOS(C10<1990;"1,2";JOS(C10<2000;"1,1";JOS(C10<2030;"1";JOS(C10="P";"1"))))))))
```

Kuva 13. Excel taulukkolaskentaohjelmassa hyödynnetty kaava lämmitystehon lisäkertoimen laskentaan. [Liite 1].

Pientalojen lämmitykseen vaadittavan laitteiston teho W	
<b>Rakennuksen pinta-ala m<sup>3</sup></b>	<b>100</b>
<b>Asuinrakennuksen rakennusvuosi</b>	<b>1950</b>
<b>Yhteensä:</b>	<b>5813</b>
Rakennusvuosi merkitään muodossa VVVV. Passiivitalo merkitään kirjaimella P	

Kuva 14. Esimerkki pientalon lämmitykseen vaadittavan laitteiston tehon laskentakaavasta. Rakennuksen esimerkkietoina: pinta-ala on 100 m<sup>3</sup>, rakennusvuosi 1950. Arvioitu laitteiston teho 5813 W eli noin 5,8 kW. [Liite 1].

Vuotuinen lämmitystehon tarve lasketaan asuinrakennuksen pinta-ala kerrottuna lämmitysenergian kulutus neliötä kohden. Arvoina käytetään kaavan 1 mukaisia arvoja. Laskemalla lämmitysenergian vuotuinen tarve voidaan mitoittaa maalämpöpumpun lämmönkeruuputkiston tarvittava pituus. Porakaivon syvyys vaikuttaa vuotuisen energian saantiin. Keskiarvo koko Suomessa on noin 117 kWh/m ja Etelä-Suomessa 128 kWh/m [21]. Yrityksen toiminta-alueena on pääasiassa Etelä-Suomi, joten laskuissa hyödynnetään arvoa 128 kWh/m.

Lämmitysenergian tarve kWh/m<sup>2</sup> laskennassa käytetään Excel-taulukkolaskennan JOS-toimintoa.

#### 4.2 Kustannusarvio

Kustannusarviossa otetaan huomioon kohteen lämmitystehontarve, puskurivaraajan tarve, mahdollisen porakaivon kulut sekä pumpputyypin. Maalämpölaitteistossa lisäksi tarkastellaan puskurivaraajan tarvetta ja lämpökaivon syvyyttä. Laitteistojen oletetaan kaikkien olevan invertterillä varustettuja, koska markkinoilla on harvoja on/off-malleja.

Maalämpöpumpun kustannus lasketaan toteutuneita projekteja hyödyntäen. Projektit, joissa on asennettu samankokoinen laitteisto, lasketaan yhteen vähentäen porauskulut ja mahdollinen puskurivaraaja. 6 kW:n tehoinen laitteisto maksaa arviolta 10720 euroa. 8 kW:n lämpöpumpun kustannukset ovat 10006 euroa. 12 kW:n laitteiston hinta on noin 13 633 euroa ja 16 kW:n laitteiston 18 892 euroa. Lämpökaivon poraushinta on arviolta 32,00 €/metri.

Lämpökaivon kustannukset saadaan laskettuna kokonaislämmöntarve jaettuna 128 kWh/m ja kertomalla porauskustannuksella.

Ilma-vesipumppulaitteistoista keskitytään 8 kW ja 12 kW laitteistoihin. Teholtaan 8 kW laitteisto maksaa keskimäärin 11827 euroa. 12 kW laitteisto maksaa 13517 euroa. Jos kiinteistössä tarvitaan yli 16 kW niin laitteeksi ehdotetaan kahta 8 kW lämpöpumppua. Jos kiinteistössä tarvitaan yli 20 kW niin laitteeksi suositellaan kahta 12 kW ilma-vesilämpöpumppua.

Tehontarpeen laskun jälkeen mitoitetaan sopiva laitteisto. Laitteisto valitaan aina alempaan olevaan tehoon. Laskentamallin tavoitteena on olla suuntaa antava, joten kilpailullisesti on hyödyllisempää mitoitaa laite myös alaspäin. Lämpöpumppujen rinnalla toimii myös useimmiten toinen lämmitysmenetelmä, jolla saadaan katettua puuttuva lämmöntarve. Liian suuren laitteiston käyttäminen on turhaa ja kallista.

#### 4.3 Päästöjen vähennys

Lämpöpumput lasketaan nollapäästöisiksi lämmitysvaihtoehdoiksi. Suurin osa muista lämmöntuotanto tavoista synnyttää päästöjä. Vähennys lasketaan vähentämällä nollasta  $\text{gCO}_2/\text{kWh}$  vanhan päästön  $\text{gCO}_2/\text{kWh}$ -päästökerroin. Kaukolämmön päästökerroin on 188,00  $\text{gCO}_2/\text{kWh}$ . Kevyen polttoöljyn 261,72 ja sähkön 212  $\text{gCO}_2/\text{kWh}$  [13]. Puulämmityksen oletetaan olevan hiilidioksidineutraali.

#### 4.4 Laskentapohjan kokonaisuus

Laskentapohjaa voidaan tarkastella Excel-tilukkolaskentaohjelmaan tehdyn kaavan avulla.

<b>Maalämpöpumpun kustannuslaskuri</b>			
Rakennuksen pinta-ala m <sup>2</sup>			100
Asuinrakennuksen rakennusvuosi			1950
Puskurivaraajan tarve			x
Vanha lämmitysmuoto			suorasähkö
<b>Hinta</b>		<b>15970</b>	<b>€</b>
<b>Päästöjen vähennys</b>		<b>212,00</b>	<b>gCO<sub>2</sub>/kWh</b>
<b>Päästöjen vähennys vuodessa</b>		<b>3604000</b>	<b>gCO<sub>2</sub></b>
Rakennusvuosi merkitään muodossa VVVV. Passiivi- tai matalaenergiatalo merkitään kirjaimella P Puskurivaraajan tarve merkitään kirjaimella X Nykyinen lämmitysmuoto: Öljy, Kaukolämpö, Suorasähkö, Puu			

Kuva 15. Kuvankaappaus taulukkolaskentaohjelmasta. Maalämpöpumpun kustannuslaskuri. [Liite 1.]

Molempien lämpöpumppujen laskentaan syötetään samat tiedot. Excelliin syötetään seuraavat tiedot: pinta-ala, rakennusvuosi, puskurivaraajan tarve ja vanhan lämmitysmuoto. Tietojen perusteella lasketaan hinta ja päästöjen vähennys. Päästöt verrataan vanhaan lämmitysjärjestelmään ja oletetaan lämpöpumppu hiilidioksidipäästöttömäksi. Syötetyillä tiedoilla maalämpöpumppulaitteiston kokonaishinnaksi tulee arviolta 15 970 euroa.

<b>Ilma-vesipumpun kustannuslaskuri</b>			
<b>Rakennuksen pinta-ala m<sup>3</sup></b>		<b>100</b>	
<b>Asuinrakennuksen rakennusvuosi</b>		<b>1950</b>	
<b>Puskurivaraajan tarve</b>		<b>x</b>	
<b>Vanha lämmitysmuoto</b>		<b>suorasähkö</b>	
<b>Hinta</b>		<b>12827</b>	<b>€</b>
<b>Päästöjen vähennys</b>		<b>212,00</b>	<b>gCO<sub>2</sub>/kWh</b>
<b>Päästöjen vähennys vuodessa</b>		<b>3604000</b>	<b>gCO<sub>2</sub></b>
<p>Rakennusvuosi merkitään muodossa VVVV. Passiivi- tai matalaenergiatalo merkitään kirjaimella P</p> <p>Puskurivaraajan tarve merkitään kirjaimella X</p> <p>Nykyinen lämmitysmuoto: Öljy, Kaukolämpö, Suorasähkö, Puu</p>			

Kuva 16. Kuvankaappaus taulukkolaskentaohjelmasta. Ilma-vesilämpöpumpputjärjestelmän kustannuslaskuri. [Liite 1.]

Ilma-vesilämpöpumpun kokonaiskustannusarvio on 12 827 euroa. Molemmissa esitetyissä arvioissa päästöjen vähennys on sama, koska vaihdetaan pois samasta laitteistosta.

Lämpöpumpuissa vuotuiset käyttökustannukset ovat nykytasolla matalia. Maalämpöpumppu on halvin saatavilla oleva lämmitysmuoto. [26]

Muut taulukot toimivat arvioinnin tukena. Kohteesta saatavat arvot täytetään vain kustannuslaskureihin. Huonekorkeutta voidaan muuttaa, mikäli se on tarpeen.

## 5 Pohdinta

Yhteiskunnan muuttuessa ja kilpailun kasvaessa yritykset etsivät uusia ratkaisuja kehittämään toimintaa. Ilmastonmuutoksen tuoma paine on ohjannut kuluttajia ja palveluntarjoajia. Paineen uskotaan kasvavan tulevaisuudessa. Tavoitteena oli tunnistaa innovaatioiden trendit ja heikot ennusteet. Kustannuslaskurin avulla voidaan erottua muista alan kilpailijoista.

Työssä tarkasteltiin laaja-alaisesti myös muita lämmitysmuotoja. Laitteistojen hyödyt ja haitat selkeytyvät tutkailtaessa lämmitysvaihtoehtojen kokonaisuutta. Lämpöpumppujen ilmastoystävällisyys on pyritty tuomaan laajasti esille. Myös käyttökustannusten osuus on käsitelty. Päästöjen vähentäminen lämmityksessä on oleellinen osa ilmastonmuutoksen vastaista työskentelyä. Hiilidioksidipäästöjen väheneminen on ilmoitettu osana kustannuslaskuria. Ympäristöön vaikuttavia päästöjä on kuitenkin muitakin, kun yleisessä tarkastelussa oleva hiilidioksidi. Lämpöpumpuissa kiertävät kylmäaineet ja niiden hävitys on tarkastelemisen arvoinen ongelma.

Lämmitysjärjestelmän valinta on tärkeä osa uusiorakennusten suunnitteluprosessia. Saaneerauskohteissa on tärkeää valita uusi lämmitysjärjestelmä hyödyntäen vanhaa laitteistoa. Laitteistoa valittaessa tulee huomioida investointihinta, käyttökulut, käyttöikä ja ympäristöystävällisyys.

Excel-taulukkolaskentaohjelman avulla lasketaan tarvittavat tiedot lämmityksen kannalta. Projektissa on valittu tiettyjä arvoja, joiden avulla laskenta suoritetaan. Arvot voivat muuttua ajan kuluessa ja niitä voidaan tarvittaessa päivittää. Arvot voivat vaihdella hieman tieteellisen tutkimuksen mukaan. Kuitenkin tutkimuksessa pyrittiin hyödyntämään aiemmin kerättyä dataa laaja-alaisesti. Myös yrityksen tarjoama tietokanta asennetuista lämmityslaitteistoista on hieman suppea.

Projektissa tuotiin uusi ratkaisu yritykselle ja käsiteltiin yhteiskunnallisesti tärkeää aihetta. Projektin jatkokehittämiselle jätettiin riittävästi tilaa. Hanke on toimiva ja yritykselle hyödyllinen kokonaisuus.

## Lähteet

- 1 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehon tarpeen laskenta, D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2013. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <<https://www.ymp.fi/download/noname/%7B8C5C3B41-E127-4889-95B0-285E9223DEE6%7D/40468>>. Luettu 15.9.2020
- 2 Koski & Saloranta vesikiertoinen lattialämmitys ja lämpöpumput. Verkkoaineisto. <<https://www.koskisaloranta.fi/>>. Luettu 20.11.2020
- 3 Kurnitski, Jarek 2012. Energiämääräykset – Opas uudisrakennusten energiämääräysten soveltamiseen. Suomen Rakennusmedia Oy. Luettu 10.8.2020
- 4 Seppänen, Olli 2001. Rakennusten lämmitys, Suomen LVI-liitto ry. Luettu 10.8.2020
- 5 Pientalojen lämmitysjärjestelmät. Verkkoaineisto. Motiva. <<http://www.motiva.fi/files/4970/PientalonLammitysjarjestelmat.pdf>>. Luettu 20.11.2020
- 6 Kaukolämpö. Verkkoaineisto. Energiamaailma, Energiateollisuus. <<https://energiamaailma.fi/mista-virtaa/kaukolampo/>>. Luettu 20.8.2020
- 7 Tietoja pienistä lämpölaitoksista vuodelta 2017. 2018. Verkkoaineisto. Kuntaliitto. <<https://www.kuntaliitto.fi/sites/default/files/media/file/Tietoja%20pienist%C3%A4%20%C3%A4mp%C3%B6laitoksista%202017.pdf>>. Luettu 20.8.2020.
- 8 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös öljylämmityslaitteistoista. 1985. 314/15.4.1985.< <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1985/19850314#V2>>. Luettu 26.8.2020
- 9 Tilastokeskuksen PxWeb-tietokannat. 2020. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <<http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/search/?searchquery=poltto%u00f6ljy>>. Luettu 16.9.2020
- 10 Fredriksson, Tage. 2019. Mitä puulämmitys tänä päivänä Suomessa on? Verkkoaineisto. Motiva. <[https://www.motiva.fi/files/16311/111019\\_KoneA-gria2019\\_Puulammitys\\_Fredriksson\\_Tage.pdf](https://www.motiva.fi/files/16311/111019_KoneA-gria2019_Puulammitys_Fredriksson_Tage.pdf)>. Luettu 20.10.2020
- 11 Asumisen energiankulutus 2018. 2019. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <[https://www.stat.fi/til/asen/2018/asen\\_2018\\_2019-11-21\\_fi.pdf](https://www.stat.fi/til/asen/2018/asen_2018_2019-11-21_fi.pdf)>. Korjattu 18.6.2020. Luettu 16.10.2020
- 12 Kaasu liesiin ja lämmitykseen. 2020. Verkkoaineisto. Suomen kaasuenergia. <<https://suomenkaasuenergia.fi/kaasua-liesiin-ja-lammitykseen/>>. Luettu 20.10.2020

- 13 Ilmastolaskurin laskentaperusteet. 2019. Verkkoaineisto. WWF. <<http://www.ilmastolaskuri.fi/fi/calculation-basis?country=2&year=10746>>. Luettu 1.11.2020
- 14 Ilmalämpöpumpun mitoitus. Verkkoaineisto. KKH-Luoma. <<https://www.kkh-luoma.fi/mitoitus.html>>. Luettu 1.11.2020
- 15 Johansson, Annika 6.2.2017. Fluoratut kasvihuonekaasut. Verkkoaineisto. Ympäristö. <<https://www.ymparisto.fi/fkaasut>>. Päivitetty 30.11.2020. Luettu 8.11.2020
- 16 Ympäristöministeriön asetus asuin-, majoitus- ja työtiloista. Verkkodokumentti. Ympäristöministeriö. <<https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171008>> Luettu 8.11.2020
- 17 Happonen, Taito 2010. Ilmalämpöpumpun toiminta ja asennus. Itä-Suomen yliopisto. Koulutus- ja kehittämisspalvelu Aducate. Luettu 8.10.2020
- 18 Perälä, Osmo & Perälä Rae. 2013. Lämpöpumput. Alfamer. Luettu 8.10.2020
- 19 Väyrynen, Tatu 2013. Pientalojen lämmitysjärjestelmät ja energiatehokkuus. Opinnäytetyö. Karelia ammattikorkeakoulu. <<https://core.ac.uk/download/pdf/38100294.pdf>>. Luettu 15.11.2020
- 20 Ilma-vesilämpöpumpun ostajan opas. Bosch. <<https://www.bosch-climate.se/globalassets/fi-dokumentit/ladattavat-dokumentit/ilma-vesilampopumppu-ostajanopas-bosch-2016.pdf>>. Luettu 18.11.2020
- 21 Kilpijärvi, Aki. 2015. Maalämpöpumppujen mitoituksien vertailu. Opinnäytetyö. Oulun ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta. Luettu 18.11.2020
- 22 Keskuslämmityskattilat,IPuulämmitys kiinteistöissä. Verkkoaineisto. <[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/bioenergia/puulammitys\\_kiinteistoissa/keskuslammityskattilat](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/puulammitys_kiinteistoissa/keskuslammityskattilat)>. Luettu 19.11.2020
- 23 Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin. Tilastokeskus. Verkkodokumentti. <[http://www.stat.fi/til/ehi/2020/02/ehi\\_2020\\_02\\_2020-09-10\\_kuv\\_005\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/ehi/2020/02/ehi_2020_02_2020-09-10_kuv_005_fi.html)>. Luettu 19.11.2020
- 24 Pientalojen maalämpöpumppu opas. Nibe. Verkkodokumentti. <<https://partner.nibe.eu/upload/haato/Ohjeet/PIENTALO-JEN%20NIBE%20MLP%20OPAS%201420-7.pdf>>. Luettu 19.11.2020
- 25 Tuomaala, Pekka. Energiatehokkaiden pientalojen suunnittelu. Verkkodokumentti. <<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK090301.pdf>>. Luettu 19.11.2020.

- 26 Pientalon lämmitystapojen vertailulaskuri. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <<http://lammitysvertailu.eneuvonta.fi/>> Luettu 20.11.2020.
- 27 Excel tutorial on the net. Verkkoaineisto. Excel Easy. <<https://www.excel-easy.com/>> Luettu 19.11.2020

## Liite 1. Investointikustannuslaskuri

Ilma-vesipumpun kustannuslaskuri				Pientalojen lämmitys
Rakennuksen pinta-ala m <sup>3</sup>				Rakennus
Asuinrakennuksen rakennusvuosi				Asuinrake
Puskurivaarajan tarve				Yhteensä:
Vanha lämmitysmuoto				Rakennusvuosi me VVV. Passiivi- tai
Hinta		#ARVO!	€	
Päästöjen vähennys		EPÄTOSI	gCO <sub>2</sub> /kWh	Käytettäv ät arvot
Päästöjen vähennys vuodessa		#ARVO!	gCO <sub>2</sub>	Pientalojen laskenna