

Rakentamisaikaisen lämmityksen järjestäminen maalämpökohteessa

Pientalokohteen rakentamisaikainen lämmitys

Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri (AMK)
Kevät, 2024
Matias Murto

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri (AMK)

Tiivistelmä

Tekijä Matias Murto

Vuosi 2024

Työn nimi Rakentamisaikaisen lämmityksen järjestäminen maalämpökohteessa

Ohjaajat Blerand Greiçevci (HAMK), Jorma Tuononen (YIT Housing Oy)

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää mahdollisimman edullinen ja vähähiilinen lämmitysratkaisu työmaa-aikaiseen lämmitykseen esimerkkipientalokohteeseen. Työssä tutkittiin myös voisiko maalämpöä hyödyntää työmaa-aikaisena lämmitysvaihtoehtona esimerkkikohteessa, koska kohteen lopullinen lämmitystapa on maalämpö. Työn tilaajana toimii YIT Housing Oy, Uusimaa ja Häme-yksikkö. Työn aihe syntyi loppusyksystä 2023 alkavasta pientalokohteesta, johon mietittiin edullista ja vähäpäästöistä rakentamisaikaista lämmitysvaihtoehtoa. Rakentamisaikaisen lämmitysratkaisun tulisi olla vähäpäästöinen, koska yrityksellä on omat ilmastotavoitteet ja rakentamista kehitetään kohti hiilineutraalimpaa suuntaa.

Työssä käsitellään rakentamisaikaista lämmitystä yleisesti ja rakennusaikaisia lämmitysvaihtoehtoja, joita voitaisiin hyödyntää kyseisessä kohteessa. Tarkastelun kohteena on myös maalämpö yleisesti ja sen toimintaperiaatteet, toteutustavat ja ekologisuus. Työssä on myös huomioitu tulevaa rakentamisen lainsäädäntöä ja asioita, jotka vaikuttavat tulevaisuuden rakentamiseen.

Työn tuloksena on, että maalämpöä pystytään hyödyntämään työmaa-aikaisena lämmitysvaihtoehtona esimerkkipientalokohteessa, mutta se ei ole kustannuksien kannalta järkevin vaihtoehto. Työn muita tuloksia on, että sähkölämmitys uusiutuvaa energiaa käyttäen on kaikista edullisin päästötön rakennusaikainen lämmitysvaihtoehto.

Työn johtopäätöksenä voidaan todeta, että maalämmön matalamman energiakulutuksen etuja ei päästä hyödyntämään esimerkkipientalokohteessa, sen pienen koon ja työmaan lyhytkestoisuuden takia. Kyseiseen kohteeseen on järkevintä valita lämmitysvaihtoehdoista sähkölämmitys.

Avainsanat Maalämpö, työmaa-aikainen lämmitys, lämmitysjärjestelmät, hiilidioksidipäästöt

Sivut 37 sivua ja liitteitä 2 sivua

Construction and Civil Engineering, Bachelor of Engineering	Abstract
Author Matias Murto	Year 2024
Subject The Organisation of heating during construction on a geothermal site	
Supervisors Blerand Greiçevci (HAMK), Jorma Tuononen (YIT Housing Oy)	

The goal of the thesis was to find the most cost-effective and low-carbon heating solution for temporary heating during construction on, for example, a small residential site. The study also examined whether geothermal energy could be utilized as a temporary heating option for the example site, as the final heating method on the site is geothermal. The thesis is commissioned by YIT Housing Ltd, Uusimaa and Häme Unit. The topic arose from a small residential project starting in late autumn 2023, where an affordable and low-emission temporary heating option was considered. The temporary heating solution for construction should be low-emission, as the company has its own climate goals, and construction is being developed towards a more carbon-neutral direction.

The thesis discusses temporary heating during construction in general and potential heating options that could be utilized in the specific case. Geothermal energy is also examined, including its principles of operation, implementation methods, and ecological aspects. Future construction legislation and factors influencing future construction are also considered.

The results of the thesis show that geothermal energy can be used as a temporary heating option on the example site, but it is not the most cost-effective option. Another finding is that electric heating using renewable energy is the most cost-effective emission-free temporary heating option.

In conclusion, it is found that the benefits of the lower energy consumption of geothermal energy cannot be fully utilized on the example site due to its small size and the short duration of the construction site. Therefore, the most sensible choice among the heating options for this site is electric heating.

Keywords	Geothermal energy, temporary heating during construction, heating systems, carbon dioxide emissions
Pages	37 pages and appendices 2 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Taustatietoa	2
1.2	Tutkimuksen tavoitteet ja rajaus	3
2	Tutkimusmenetelmät	5
3	Rakentamisaikainen lämmitys	5
4	Rakentamisaikaisen lämmityksen tärkeys	6
5	Maalämpö	7
5.1	Toimintaperiaate	7
5.2	Toteutustavat	8
5.2.1	Maapiiri	9
5.2.2	Pystyputkisto, porakaivo	10
5.2.3	Keruuputkisto vesistössä	11
5.3	Maalämpö rakentamisaikaisena lämmitysvaihtoehtona	11
5.4	Väliaikainen lämmitysjakelujärjestelmä	13
6	Ympäristö	14
6.1	Maalämmön ekologisuus	15
6.2	Maalämmön ympäristöhaitat	15
6.3	Lainsäädäntö	16
6.4	EU-taksonomia	16
7	Lämmitysvaihtoehdot	17
7.1	Sähkölämmitys	17
7.2	Öljylämmitys	18
7.3	Kaasulämmitys	19
8	Esimerkkikohde	20
9	Lämmitysvaihtoehtojen vertailu kohteeseen	22
9.1	Lämmitysvaihtoehtojen kustannuksien ja päästöjen vertailu	24
9.2	Lämmitysvaihtoehtojen hiilidioksidipäästöt	26
9.3	Kokonaiskustannuksien koostumus	27
9.4	Päästöttömien lämmitysvaihtoehtojen kustannukset	29
10	Toteutus	30
11	Tulosten analysointi	31
12	Johtopäätökset ja tulevaisuuden näkymät	32
	Lähteet	34

Kuvat ja taulukot

Kuva 1. Opinnäytetyön kehys	4
Kuva 2. Maalämpöpumpun toimintaperiaate	8
Kuva 3. Maalämmön eri keruutapoja.....	9
Kuva 4. Maapiiri.	10
Kuva 5. Pystyputkisto.....	10
Kuva 6. Keruuputkisto vesistössä	11
Kuva 7. Maalämpökontti	12
Kuva 8. Vesikiertoinen lämpöpuhallin	14
Kuva 9. a) Sähkölämmitin 15KW ja Sähkölämmitin ohutlevyilmanjakelijalla 36kw.....	18
Kuva 10. a) Siirrettävä öljylämmitin ja b) Kattilakontti, vesikierto	19
Kuva 11. a) Säteilylämmitin nestekaasu ja b) Rakennuslämmitin nestekaasu.....	20
Kuva 12. Asemapiirustus Finssin August	21
Kuva 13. Lämmitysvaihtoehtojen kokonaiskustannukset.....	25
Kuva 14. Lämmitysvaihtoehtojen hiilidioksidipäästöt.	26
Kuva 15. Maalämmön kokonaiskustannuksien koostuminen.....	27
Kuva 16. Sähkölämmityksen kokonaiskustannuksien koostuminen.	28
Kuva 17. Päästöttömien lämmitysvaihtoehtojen kokonaiskustannukset.	29

Liitteet

Liite 1. Haastattelu kysymykset

Liite 2. Esimerkki laskelmista

1 Johdanto

YIT on aloittanut rakentamaan syksyllä 2023 Espooseen pientalokohdetta, jonka lopullisena lämmitysmuotona toimii maalämpö. Nykyisestä maailmantilanteesta johtuen rakentamisen ja eri energiamuotojen kustannukset ovat nousseet, joten rakentamisen ja rakennusaikaisen lämmityksen kustannukset ovat huomattavasti suuremmat kuin muutama vuosi sitten.

Opinnäytetyön tekoaikana toimin työnjohtoharjoittelijana YIT Housing Oy:n asuminen, Uusimaa ja Häme-yksikössä. Opinnäytetyön aiheeni sain työnantajaltani. Aiheen tarkoituksena on löytää mahdollisimman edullinen, vähähiilinen ja toimiva rakennusaikainen lämmitysvaihtoehto maalämpökohteeseen ja tutkia maalämmön hyödyntämistä rakennusaikaisena lämmitysvaihtoehtona pientalokohteessa.

Rakentamisaikaiseen lämmitykseen on tarjolla useampia lämmitysvaihtoehtoja, joista voidaan valita työmaalle sopivin vaihtoehto. Haasteeksi tulee kuitenkin kustannustehokkaimman ja vähähiilisen lämmitysvaihtoehdon löytäminen, koska jokainen työmaa on erilainen. Energiahintojen jatkuva nousu vaikuttaa rakentamisaikaisen lämmityksen kustannuksiin. Rakentamisaikaisen lämmityksen kustannukset ovat suuri kuluerä työmaa-aikana, josta varmasti saadaan karsittua kustannuksia. Tutkimuksessa vertaillaan erilaisia rakentamisaikaisia lämmitysvaihtoehtoja sopivimman vaihtoehdon löytämiseksi.

Maalämpökohteiden yleistyminen uudisrakentamisessa herättää kysymyksen maalämmön hyödyntämisestä rakentamisaikaisena lämmitysvaihtoehtona. YIT on todennut muutamassa suuremmassa kohteessa maalämmön toimivaksi ja kannattavaksi vaihtoehdoksi. Opinnäytetyössä tutkitaan maalämmön hyödyntämistä rakentamisaikaisena lämmitysvaihtoehtona pientalokohteeseen.

Rakentamisesta koostuvia päästöjä syntyy huomattava määrä rakentamisaikaisessa lämmityksessä. Rakentaminen on koko ajan menossa kohti hiilineutraalimpaa suuntaa, ja ilmastomuutoksen hillitsemiseksi YIT on asettanut tavoitteensa olla hiilineutraali omassa toiminnassaan vuoteen 2030 mennessä. YIT tekee jokaisesta hankkeesta hiililaskelmat ympäristöministeriön ohjeiden mukaisesti. Osana tutkimusta lasketaan eri lämmitysvaihtoehtojen hiilidioksidipäästöjä, jotta päästäisiin lähemmäksi yrityksen tavoitetta ja voitaisiin löytää esimerkkikohteeseen mahdollisimman vähähiilinen vaihtoehto.

1.1 Taustatietoa

Teemu Pirisen vuonna 2022 tekemässä tutkimuksessa todetaan, että maalämpöä voidaan hyödyntää työmaa-aikaisessa lämmityksessä. Tutkimuksessa ei tarkasteltu kuitenkaan sitä voiko maalämpöä mahdollisesti hyödyntää myös pientalokohteen työmaa-aikaisessa lämmityksessä. Maalämmön hyödyntäminen rakennusaikaisena lämmitysvaihtoehtona vaatii tarkkaa ennakkosuunnittelua. Työmaalla täytyy kiinnittää huomiota energian seurantaan, ettei energiakentästä oteta suunniteltua enempää lämpöenergiaa, mikä lyhentäisi energiakentän elinkaarta. Tutkimuksessa päädyttiin tulokseen, että maalämmön käyttäminen työmaa-aikaisessa lämmityksessä ei ole järkevää, koska väliaikaisia maalämpökontteja ei ollut vielä. Optimaalisinta olisi saada lopullinen lämmitysjärjestelmä käyttöön mahdollisimman varhaisessa vaiheessa ja hyödyntää lopullisia lämmönluovutuslaitteita. Tutkimuksen lopussa kerrotaan, että maalämmön hyödyntäminen työmaa-aikaisessa lämmityksessä tarvitsisi lisätutkimuksia ja kehitystyötä, jotta sitä voitaisiin hyödyntää tehokkaasti työmaa-aikana. (Pirinen, 2022, s. 59).

Sami Uotilan vuonna 2023 tekemässä tutkimuksessa oli myös päämääränä selvittää, voisiko maalämpöä hyödyntää rakentamisaikana. Tutkimuksessa saatiin haastattelujen perusteella selville, että on mahdollista hyödyntää maalämpöä rakentamisaikana, mutta ei lopullista maalämpökeskusta käyttämällä. Tutkimusajankohtana esiteltiin kaksi uutta vaihtoehtoa, jotka olivat VILP- keskus ja Raksystemin Geolo-järjestelmä. Molemmat vaihtoehdot osoittautuivat toimiviksi vaihtoehdoiksi. Tutkimuksessa todettiin myös, että maalämpökontti on tarkoitettu suuriin kohteisiin, eikä sitä ole järkevää käyttää pienissä projekteissa. (Uotila, 2023, s. 26).

Jere Hyppösen vuonna 2023 tekemässä opinnäytetyössä, jossa perehdyttiin erilaisiin lämmitysvaihtoehtoihin, keskityttiin myös vahvasti ympäristöön, sekä kustannuksiin. Opinnäytetyössä kerrottiin, että rakennusaikainen lämmitys ja betonin kuivatus muodostavat merkittävän osan työmaan hiilidioksidipäästöistä. Suuri vaikutus päästöihin on fossiilisten polttoaineiden käyttö lämmityksessä. Kasvihuonepäästöt ovat haitallisia sekä ilmastolle, että ihmisten terveydelle. Opinnäytetyössä kerrotaan, että työmaa-aikaisen lämmityksen kustannuksiin vaikuttaa merkittävästi energian hintojen nouseminen. Päästörajoitukset pakottavat rakentajia pohtimaan energiankäyttöään entistä tarkemmin. Tulevaisuudessa kuitenkin energiatehokkuuden ja vähäpäästöisyyden merkitys korostuvat entisestään. Tutkimuksessa myös todetaan, että aiemmin ja vielä nykypäivänäkin investointipäätöksiä ja työmaalla tehtyjä valintoja tehdään usein ensisijaisesti kustannusten perusteella, eikä huomioida tarpeeksi hiilineutraalisuuden tavoittelemista. (Hyppönen, 2023, s. 19).

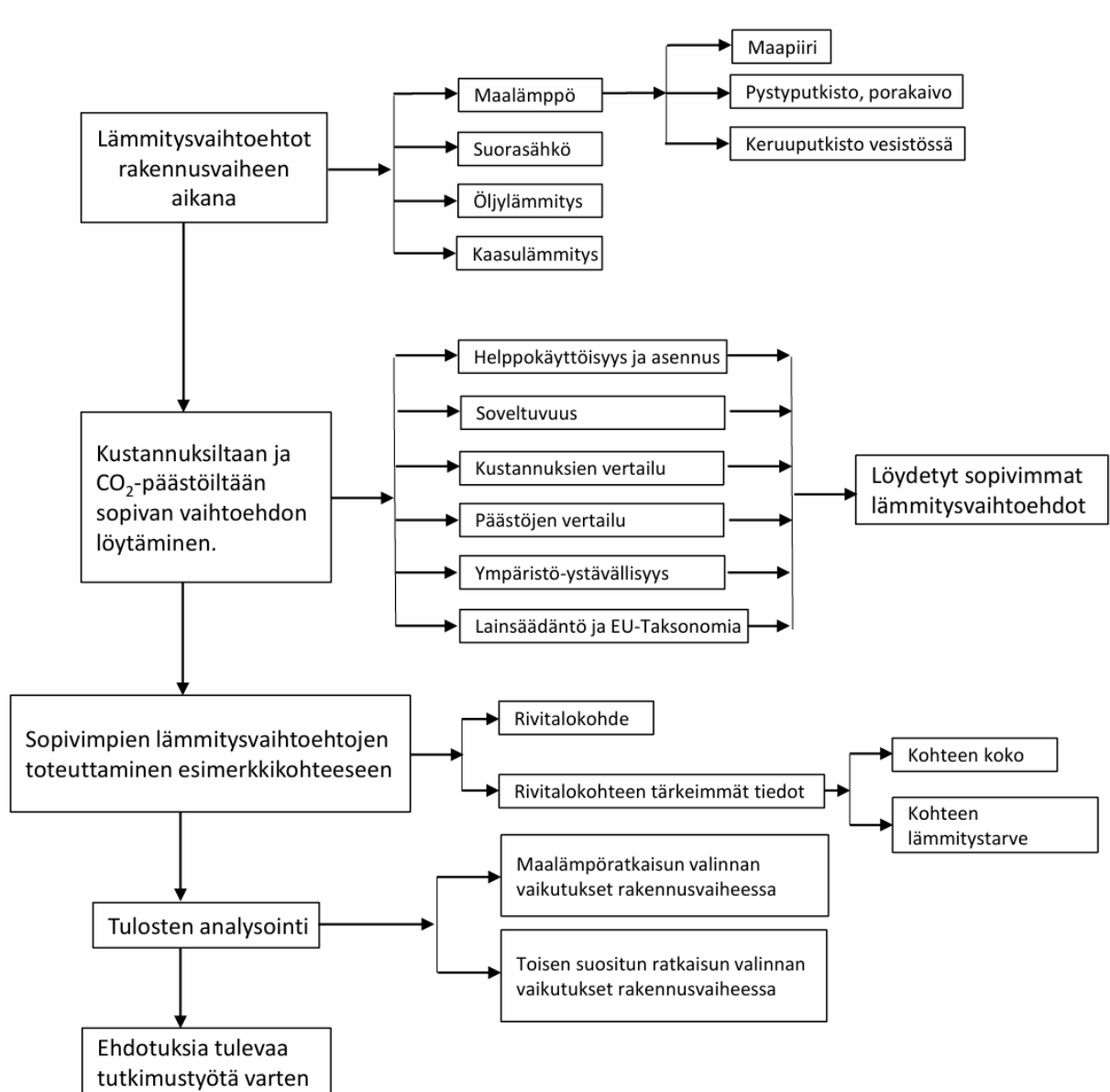
Tutkimuksessa painotettiin myös, että rakennusprojektien tilaajalla on myös merkittävä rooli ympäristöystävällisimpien käytäntöjen ja valintojen edistämässä. Heidän päätöksillään voidaan kannustaa rakennusalan toimijoita tekemään ympäristöystävällisempiä ja kestävämpiä työmaa-aikaisia valintoja ja ratkaisuja, joilla voitaisiin vähentää rakennusalan hiilijalanjälkeä (Hyppönen, 2023, s. 19).

1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaus

Tutkimuksen tavoitteita on löytää esimerkkikohteelle kustannuksien ja päästöjen kannalta parhain lämmitysvaihtoehto. Tutkimuksen muita tavoitteita on tutkia voisiko maalämpöä hyödyntää rakentamisaikaisena lämmitysvaihtoehtona esimerkkipientalokohteessa. Jos kohteen rakentamisaikainen lämmitys on mahdollinen toteuttaa maalämmöllä, niin tutkimuksessa selvitetään, onko maalämpö kustannuksien kannalta järkevä lämmitysvaihtoehtoon. Edellä mainittujen tavoitteiden saavuttamiseksi toteutettiin jäljempänä kuvassa 1 esitetty opinnäytetyön kehys.

Opinnäytetyö rajautuu esimerkkikohteeseen ja keskittyy kohteeseen sopiviin rakennusaikaisiin lämmitysvaihtoehtoihin sekä niiden kustannuksiin ja päästöihin kyseisessä kohteessa. Työssä kerrotaan maalämmöstä laajemmin kuin muista lämmitysvaihtoehtoista, koska tutkimuksen yksi tavoitteista on tutkia maalämmön hyödyntämistä rakentamisaikaisena lämmitysvaihtoehtona esimerkkikohteessa. Maalämmöstä kerrotaan sen eri toteutustavoista, toimintaperiaatteesta ja sen hyödyntämisestä rakennusaikaisena lämmitysvaihtoehtona. Työn teoriaosuudessa kerrotaan muista lämmitysvaihtoehtoista yleisesti.

Kuva 1. Opinnäytetyön kehys.



2 Tutkimusmenetelmät

Tutkimuksen teko alkoi kohteen ja sen suunnitelmiin ja ominaisuuksiin tutustumisella. Menetelmiä, joita käytetään tiedonkeruuseen, on muiden julkaisemat työt saman kaltaisista aiheista eli maalämmön hyödyntäminen rakentamisaikaisena lämmitysvaihtoehtona. Työssä haastatellaan maalämmön parissa toimivaa yritystä ja yksityishenkilöitä. Haastateltavina on neljä eri henkilöä, joiden työnimikkeet ovat työpäällikkö, kiinteistöjohtaja, vastaavamestari ja maalämpö yrityksen työntekijä, jonka työnimike tuntematon. Haastattelut tapahtuivat puhelimitse ja sähköpostilla aikavälillä 14.12.2023-13.03.2024. Haastattelu kysymykset liitteessä 1.

Työssä käytetään hyödyksi tiedonkeruuseen eri nettisivuja, joissa olisi tietoa enemmän maalämpöön liittyen. Työssä perehdytään yritysten nettisivuihin, jotka toimivat maalämmön tai lämmitysvaihtoehtojen parissa. Yrityksiä ovat Renta, joka vuokraa erilaisia lämmityslaitteita, Tom Allen Serena ja Rototec, joiden toiminta liittyy maalämpöön. Edellä mainitut tiedonkeruutavat auttavat luomaan pohjan aiheelle ja löytämään ongelmatekijöitä maalämmön hyödyntämisessä rakennusaikana joiden avulla voidaan löytää sopivin lämmitysvaihtoehto pientalokohteeseen.

Rakentamisaikaisen lämmitysvaihtoehtojen kustannuksien ja päästöjen vertailussa käytetään esimerkkikohteen tietoja, jotta saadaan selville hankkeen energiankulutus. Tällä tavalla saadaan eri lämmitysvaihtoehdoille arvio kustannuksista ja hiilidioksidipäästöistä. Näin päästään selvittämään sopivin lämmitysvaihtoehto kohteeseen. Tutkimuksessa vertaillaan eri lämmitysvaihtoehtoja, jotta löydettäisiin parhain vaihtoehto.

3 Rakentamisaikainen lämmitys

Uudiskohdetta rakentaessa rakennusaikainen lämmitys on erityisen tärkeä koko rakennusprojektille aikataulullisesti ja laadullisesti. Rakennusaikainen lämmitys vaikuttaa betonin kuivumiseen ja myös työntekijöiden työoloihin. Jotta betoni pääse kuivumaan on lämpötilan ja olosuhteiden oltava sopivat. (Myllylä, 2023, s. 4).

Olosuhdehallinta rakennustyömaalla on olennainen osa rakentamisprosessia, jonka päämääränä on luoda työmaalle olosuhteet, jotka mahdollistavat rakennuksen kosteusriskien minimoimisen ja työmaan sujuvan etenemisen suunnitellussa aikataulussa olosuhteista riippumatta. Käytännössä olosuhdehallinnalla pyritään minimoimaan rakenteiden ja materiaalien kastumista työmaalla ja samalla luomaan rakennuksen sisäilmaan optimaaliset olosuhteet rakenteiden kuivumisen edistämiseksi. Uudisrakennustyömaalla on lähes

väistämätöntä, että rakenteet altistuvat kosteudelle. Tyypillisesti hyvin kosteita on myös ulkoilma kuin keskeneräisen rakennuksen sisäilma. (Merikallio, 2014, s. 502).

Rakennusvaiheessa lämmitysvaiheita on karkeasti noin kolme. Ne jakautuvat kuivatuslämmitykseen, rakennusosanlämmitykseen ja ylläpitolämmitykseen. Kaikilla näillä vaiheilla on merkittävä rooli laadunvarmistamisessa. Lämmityksen avulla luodaan tarvittavat olosuhteet monien työvaiheiden aloitukselle, joka vaikuttaa merkittävästi myös aikatauluihin ja kustannuksiin. (Pirinen, 2022, s. 10).

4 Rakentamisaikaisen lämmityksen tärkeys

Rakennusaikaisen lämmityksen tavoitteena on varmistaa, että työskentelyn, tilojen ja rakenteiden olosuhteet täyttävät sopimusasiakirjoissa asetetut vaatimukset. Olennainen osa rakentamisaikaista lämmitystä on rakennuksen kuivattaminen. Kuivattamisen tavoitteena on kosteuden poistaminen rakennusmateriaaleista ja tiloista, jotta rakentamisen voi jatkaa sujuvasti. (Koskenvesa, 1999, s. 703).

Tarkoituksena rakennusaikaisella lämmityksellä ja kuivatuksella on myös nopeuttaa sisävalmistusvaiheen alkamista ja täten lyhentää kokonaisrakennusaikaa. Lämmityksen ja kuivatuksen avulla pyritään saattamaan rakenteet ja sääolosuhteet sellaiseen kuntoon, että sisävalmistustyöt voidaan suorittaa suunnitelmien ja vaatimusten mukaisesti. Rakentamisen kehitys kohti prosessimaisempaa toimintaa korostaa märkien työvaiheiden, rakennettujen tilojen ja rakenteiden kuivattamisen merkitystä. Nopeampi pintojen ja tilojen kuivuminen mahdollistaa nopeamman etenemisen seuraaviin työvaiheisiin, joilla on erityisiä olosuhdevaatimuksia, kuten maalaus, tasoitus, laatoitus, tapetointi ja lattianpäällystys. Työnaikaiset vesivuodot, sateet ja lämpötilanvaihtelut voivat myös lisätä rakenteiden kosteutta ja siten tarvetta lämmitykselle ja kuivatukselle. (Ratu 07-3032, 1996, ss. 1-2).

Rakentamisaikaisen lämmityksen huolellisella suunnittelulla ja toteutuksella voidaan tehdä huomattavia säästöjä. Mitä lyhyempi urakka-aika sitä enemmän saadaan säästettyä niin kustannuksissa kuin päästöissä. Joten optimaalisten olosuhteiden luominen rakenteiden kuivumiselle on todella tärkeää. (Hämäläinen L. , 2021, s. 26).

Kun tavoitellaan rakenteiden optimaalista kuivumista, niin se vaatii mahdollisimman aikaista vaipan sulkemista, lämmityksen aloittamista ja asianmukaista ilmanvaihtoa. Parhaiden kuivumisolosuhteiden saavuttaminen aikataulussa riippuu rakenteiden kosteudesta kuivattamisen alkaessa, sekä materiaalin kuivumisominaisuuksista ja sille varatusta kuivumisaikataulusta (Pulkkinen, 2021, s. 9).

5 Maalämpö

Maalämpö on uusiutuva energiamuoto, joka hyödyntää maaperään, vesistöön tai kallioon varastoitunutta lämpöenergiaa rakennusten lämmitykseen, viilennykseen ja lämpimän veden tuottamiseen. Maalämpöjärjestelmät perustuvat siihen, että maaperä toimii lämpövarastona, josta voidaan ottaa sopiva määrä energiaa talteen talon lämmitystarpeisiin. (Wirmax Oy, 2023).

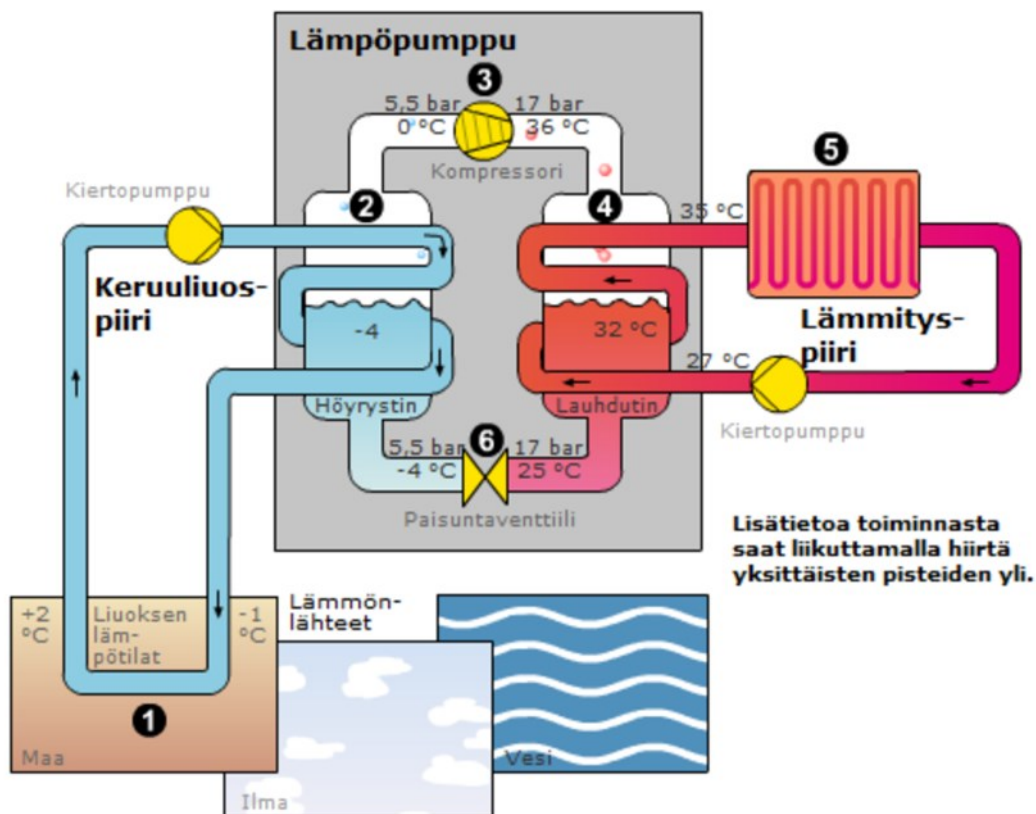
Lämpö kerätään talteen lämmönkeruuputkiston ja maalämpöpumpun avulla. Kerätty lämpö jaetaan rakennuksen tai rakennuksien sisätiloihin käyttäen vesikiertoisia pattereita tai vesikiertoista lattialämmitystä. (Tomallen Serena, n.d.).

5.1 Toimintaperiaate

Maalämmön hyödyntämiseksi porataan maahan energiakaivo tai upotetaan noin metrin syvyyteen lämmönkeruuputkisto. Yleensä energiakaivo ulottuu noin 100–350 metrin syvyyteen. Putki upotetaan reikään, jossa kiertää lämmönkeruuneste. Lämmönkeruuneste koostuu pääosin vedestä, jota on lämmönkeruunesteessä 70 % ja bioetanolista, jota on noin 30 % ja toimii lämmönkeruunesteessä jäänestoaineena. Bioetanoli laskee lämmönkeruunesteen jäätymispisteen noin –17 celsiusasteeseen. Lämmönkeruuputkiston neste lämpenee maaperänlämmöstä, jolloin saadaan maalämpöä energiakaivosta. (Thermia, n.d.).

Lämmönkeruuputkistossa virtaava lämmönkeruuneste kiertää putkistossa lämmeten yleensä noin 2–5 celsiusastetta, jonka jälkeen neste kulkeutuu maapiiristä maalämpöpumpun höyrystimeen, missä se luovuttaa keräämänsä lämmön ja palaa takaisin maapiiriin. Höyrystimen kautta lämpö siirtyy kylmäaineeseen, joka lämpenee ja kaasuuntuu. Kylmäaine jatkaa kulkuaan maalämpöpumpun sisällä höyrystimeltä kompressorille. Kompressorinostaa kylmäaineen lämpötilaa ja painetta vieläkin enemmän. Kompressorilta kylmäaine ohjataan lauhduttimeen, jossa se luovuttaa lämpönsä talon lämmönjakojärjestelmään ja samalla tiivistyy takaisin nestemäiseksi muodoksi. Paisu venttiilin kautta kylmäaine palaa takaisin höyrystimeen, aloittaen kierron uudelleen (Thermia, n.d.). Kuvassa 2 on esitelty maalämpöpumpun toimintaperiaate.

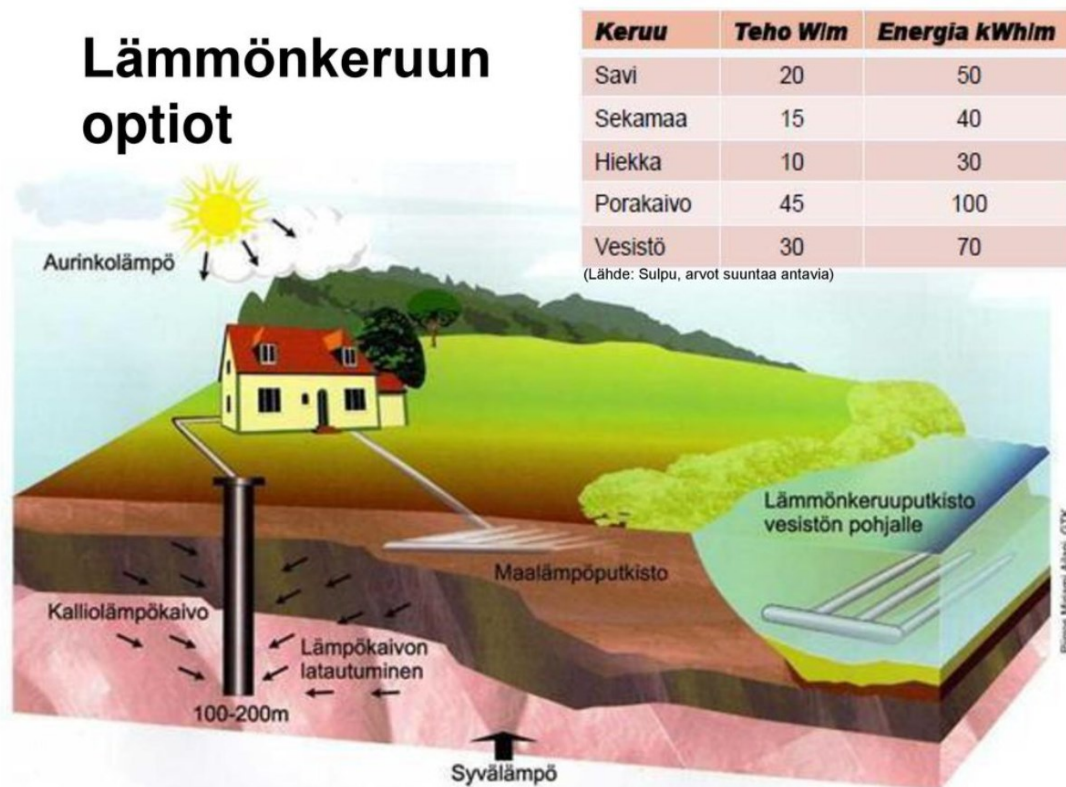
Kuva 2. Maalämpöpumpun toimintaperiaate. (Dimblex, n.d.).



5.2 Toteutustavat

Maalämpöjärjestelmissä käytetään maalämpöpumppua, joka siirtää maaperästä talon lämmitysjärjestelmään tarvittavan lämmön. Maalämpö voidaan toteuttaa pystykeruuna eli porataan useamman sadan metrin maalämpökaivo tai vaakakeruuna, jossa asennetaan putkisto routarajan alla sijaitsevaan maahan taikka vesistöön. (Tomallen Serena, n.d.). Kuvassa 3 on esitelty maalämmön eri keruutapoja. Yleisin näistä toteutustavoista on maalämpökaivo, joka tunnetaan myös energiakaivona. Tämä ratkaisu mahdollistaa tehokkaan energiansaannin myös pienillä tonteilla verrattuna muihin toteutustapoihin. (Gebwell, n.d.).

Kuva 3. Maalämmön eri keruutapoja. (Ailani, 2013, s. 10).



5.2.1 Maapiiri

Lämpöenergiaa kerätään maasta asentamalla putkisto noin 1 metrin syvyyteen. Metrin syvyydessä putkien välinen etäisyys vaaka suuntaisesti on noin 1,5 metriä. Kuvassa 4 on esitetty esimerkki maapiiristä. Yleisesti maalämpöpumppu edellyttää noin 400–600 metriä maaputkistoa ja noin 600–800 neliömetriä tonttimaata toimiakseen. Lämpötehokkuuteen vaikuttavat maan kosteus ja maalajit. Savimaa on osoittautunut parhaaksi vaihtoehdoksi maalajeista. vaihtoehtona maapiiri on hieman edullisempi kuin porakaivojärjestelmä. (Eksergia, 2013, s. 31).

Kuva 4. Maapiiri. (Eksergia, 2013, s. 31).



5.2.2 Pystyputkisto, porakaivo

Pystyputkisto on yleisempi, vaikka se onkin kalliimpi vaihtoehto kuin vaakaputkisto, sillä se soveltuu tilanteisiin, joissa tontin pinta-ala tai maalajit eivät mahdollista vaakaputkiston käyttöä. Kuvassa 5 on esitetty esimerkki pystyputkistosta. Kallioon poraamien osoittautuu edullisemmaksi ja helpommaksi vaihtoehdoksi kuin maahan poraaminen, sillä maaperään porattaessa on asennettava suojaputki reikään pitämään reiän avoinna. Pystyputkistojen määrä ja asennussyvyys vaihtelee tapauskohtaisesti. (Eksergia, 2013, s. 32).

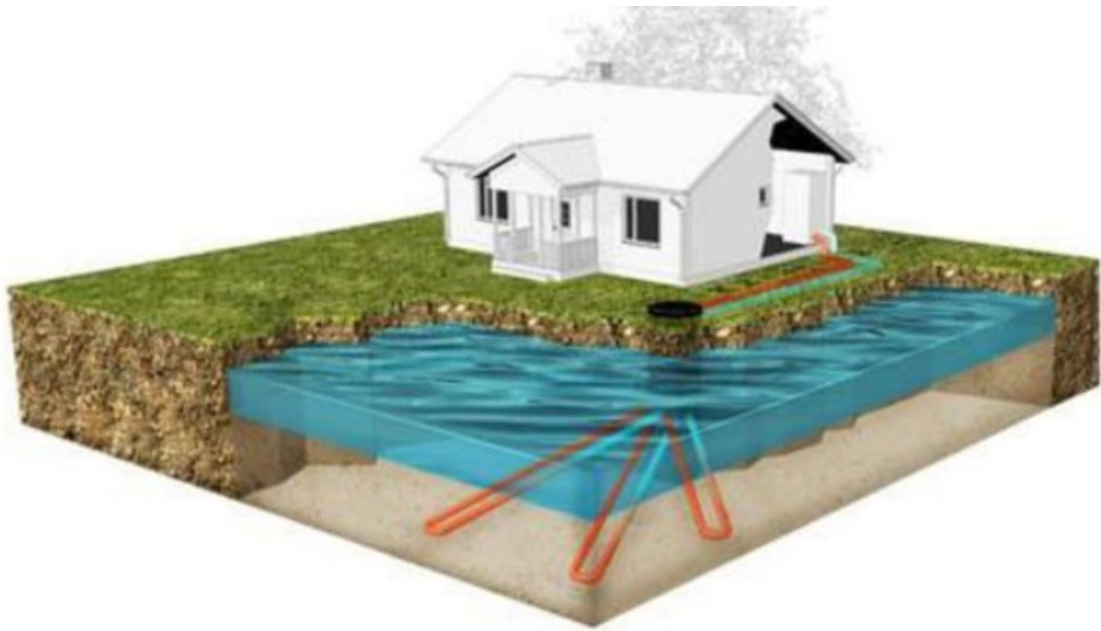
Kuva 5. Pystyputkisto. (Eksergia, 2013, s. 32).



5.2.3 Keruuputkisto vesistössä

Vedestä tai sedimentistä voidaan kerätä lämpöenergiaa ankkuroimalla keruuputkisto vesistön pohjaan vähintään kahden metrin syvyyteen. Keruuputkistoa ei kuitenkaan saa asentaa virtaavaan jokeen. Parhaan hyödyn saamiseksi täytyy vesistöön asennetun keruuputkiston sijaita noin alle 100 metrin päästä lämmitettävästä rakennuksesta. (Eksergia, 2013, s. 34) Kuvassa 6 on esitetty esimerkki vesistössä sijaitsevassa keruuputkistosta.

Kuva 6. Keruuputkisto vesistössä (Eksergia, 2013, s. 34).



5.3 Maalämpö rakentamisaikaisena lämmitysvaihtoehtona

Maalämmön hyödyntäminen rakentamisaikaisena lämmitysvaihtona työmaalla ei ole ollut mahdollista aikaisemmin, sillä maalämmön hyödyntämiseen tarvittavaa kalustoa ei ollut. Raksystems on kuitenkin lanseerannut maalämpökontin, jonka avulla maalämmön hyödyntäminen rakentamisaikaisena lämmitysvaihtoehtona on mahdollista. (Strandberg, 2023, s. 32). Maalämpökontteja on ollut jo käytössä muutamissa isommissa kerrostalokohteissa. Vielä ei ole kokeiltu, onko maalämpökonttia mahdollista hyödyntää pientalokohteessa (Maalämpöyrittäjä, henkilökohtainen tiedonanto, 2023). Joten työn esimerkkirivitalokohde on sopiva tutkimukseen.

Maalämpökontin tarkoituksena on toimia väliaikaisena maalämpökeskuksena. Kuvassa 7 on esitelty maalämpökontti. Maalämpökaivoista energia johdetaan vaakavedoilla maalämpökontille ja kontista lämmönjakelu letkuilla rakennuksille. Loppujen lopuksi väliaikainen maalämpökontti puretaan ja kytketään muu tekniikka lopulliseen maalämpökeskukseen. (Strandberg, 2023, s. 33).

Kuva 7. Maalämpökontti (Projektiuutiset, 2023).



Yhden maalämpökontin koko on 3 x 12 metriä, joten se vie työmaalta yllättävän paljon tilaa ja sen sijoittaminen pientalokohteessa voi olla vaikeaa. Kontin luvataan pystyvän tuottamaan lämpöenergiaa tehokkaasti jopa noin 15 000 m³. Geolo on löytänyt ratkaisun porakaivojen jäähdytysongelmaan suurimman lämmitysenergian tarpeen aikana. Tämä on saavutettu hyödyntämällä ilmalämpöpumppua ja suoraa sähkölämmitystä tukemaan lämmitysjärjestelmää. Tällä tavoin estetään tilanteet, joissa kaivoista otetaan liikaa lämpöenergiaa. (Uotila, 2023, s. 20).

Energiakaivojen kuntoa ylläpidetään huolehtimalla siitä, että lauhdelämpöä syötetään niihin aina, kun ulkolämpötila on yli 0 celsiusastetta. Kesäisin lauhdelämpöä saadaan kiinteistön viilennyspäälaitteista. Porakaivojen käyttöä simuloidaan erilaisissa tilanteissa, jolla varmistetaan, etteivät ne jäähdy missään olosuhteissa. (Uotila, 2023, s. 20).

5.4 Väliaikainen lämmitysjakelujärjestelmä

Väliaikaisen lämmitysjakelujärjestelmän suunnittelussa on tärkeää huomioida rakennuksen tilat ja niiden erityispiirteet, jotta voidaan varmistaa lämmön jakautuminen tehokkaasti ja tasaisesti koko rakennuksen alueelle. Parhaiden ratkaisujen löytäminen voidaan saavuttaa tutustumalla kohteen pohjakuviin, josta voidaan selvittää optimaaliset sijainnit lämmityspuhaltimille ja lyhyimmät ja turvallisimmat kulkureitit vesikiertoisille lämmitysletkuille. (Strandberg, 2023, s. 36).

Lämmönjakelu toteutetaan vesikiertoisen jakelujärjestelmän avulla, jossa lämpöletkut kiinnitetään kattoon pikaremmillä. Katon rajassa olevat lämpöletkut kulkevat eri kerroksiin ja tiloihin niin, että ne pystytään kiinnittämään jokaiseen vesikiertoiseen lämpöpuhaltimeen. Nämä vesikiertoiset lämpöpuhaltimet toimivat sähköllä ja niitä on saatavilla eri tehoisia ja kokoisia, jotta ne voidaan mitoittaa sopivasti eri tilojen lämmitystarpeisiin. Kuvassa 8 on esitelty vesikiertoinen lämpöpuhallin. Lämpöpuhaltimien toimintaperiaate lyhyesti on, että ne ottavat lämmön vedestä ja puhaltavat lämpimän ilman lämmitettävään tilaan. Puhaltimet sisältävät termostaatin, kaksi ilman suodatinta, jotta puhallin pystyy puhaltamaan puhdasta ilmaa tiloihin. Puhaltimissa on vielä digitaalinen näyttö, josta voidaan seurata lämmitettävän tilan lämpötilaa ja ilmankosteutta. Lisäksi puhaltimissa on myös erilaisia ohjelmia, joiden välillä voidaan vaihtaa, kuten lämmitys- ja kuivatusohjelmat. (Strandberg, 2023, ss. 36-37).

Kuva 8. Vesikiertoinen lämpöpuhallin (Strandberg, 2023, s. 37).



6 Ympäristö

Rakentamisella on suuri vaikutus ympäristöön. Melkein puolet maapallon luonnonvaroista ja noin 40 prosenttia jalostamattomasta energiasta käytetään rakentamiseen ja rakennuksiin. Maailmanlaajuisesti rakennussektori tuottaa noin 35 prosenttia maailman kasvihuonekaasupäästöistä ja noin 30 prosenttia maailman jätteistä syntyy rakennussektorin vaikutuksesta. Ympäristöön ja ilmastoon vaikuttavat merkittävästi rakentamisen maankäyttö ja raaka-aineiden suuri kulutus. (Ympäristöministeriö, n.d.).

Kiertotalous mahdollistaa rakennuslalle useita keinoja hillitä ilmastomuutosta ja ehkäistä luonnon monimuotoisuuden vähenemistä. Rakennusmateriaalien uudelleenkäyttö ja kierrätys mahdollistavat luonnonvarojen kulutuksen ja uusien tuotteiden valmistuksessa syntyvien päästöjen ja jätteiden vähentämisen. (Ympäristöministeriö, n.d.).

6.1 Maalämmön ekologisuus

Maalämpö edustaa uusiutuvaa energiamuotoa, joka ei aiheuta hiilidioksidipäästöjä. Maalämmön hankkimiseksi maaperästä käytetään maalämpöpumppua, joka toimii sähköllä. On kuitenkin huomioitava, että lämpöpumppu kuluttaa vain pienen osan siitä sähkön määrästä, joka olisi tarpeen esimerkiksi suoran sähkölämmityksen yhteydessä. Maalämpöpumpun käyttämästä sähköstä osa voidaan tuottaa aurinkopaneeleilla, jos se on vain mahdollista. Aurinkopaneelien tekniikka viime aikoina on kehittynyt merkittävästi ja niiden hankintakustannukset ovat laskeneet, mikä edistää niiden yleistymistä tulevaisuudessa (Tomallen Serena, n.d.).

Maalämpö vähentää hiilidioksidipäästöjä noin kaksi kolmasosaa verrattuna sähkölämmitykseen ja noin 60 prosenttia verrattuna öljylämmitykseen. Lisäksi maalämpöjärjestelmään voidaan lisätä huoneilman viilennys maaviileällä, mikä tuottaa vähemmän päästöjä, kuin mikään muu jäähdytysmenetelmä. Ilmaston lämpenemisen myötä kuumat kesät yleistyvät, joka lisää tarvetta ekologiselle jäähdytysratkaisulle. (Tomallen Serena, n.d.).

6.2 Maalämmön ympäristöhaitat

Lämpökaivojen jäähdyttävä vaikutus kallioperään voi ulottua noin 100 metrin säteelle ympäristöön. Tämä jäähdyttävä vaikutus saattaa aiheuttaa haittoja ympäröivälle ekosysteemille. Erityisesti maalämmön käytön yhteydessä, missä maalämpöpumppua käytetään enemmän lämmitykseen kuin viilennykseen. Maaperän viilennettyä juuristovauriot puissa lisääntyvät ja juuristokarikkeen määrä kasvaa. Tämä puolestaan kiihdyttää mikrobien hajotustoimintaa ja lisää hiilidioksidin vapautumista maaperästä ilmakehään. Täällä Suomessa lumipeite vielä eristää maaperää talvisin ja vähentää lämpötilan vaihtelua, mutta jatkuva ilmaston lämpeneminen on uhka lumipeitteelle. Maalämmön hyödyntäminen aiheuttaa myös pohjaveden lämpötilan muutosta, joka taas vaikuttaa pohjaveden virtaukseen. Pohjaveden muutos muutamalla asteella alaspäin ei kuitenkaan aiheuta todennäköisesti merkittäviä pitkäaikaisvaikutuksia ympäristölle. (Kyrö, 2020, ss. 16-17).

6.3 Lainsäädäntö

Vuonna 2025 tuleva muutos maankäyttö- ja rakentamislainsäädäntöön heijastaa merkittävää askelta kohti ilmastomuutoksen hillitsemistä rakennusalaalla. Tämä tuleva uudistus tulee ohjaamaan rakentamista entistä vähähiilisemmäksi ja kiinnittämään huomiota enemmän rakennusten koko elinkaaren aikaisiin ilmastovaikutuksiin. Periaatteessa tämä merkitsee sitä, että myöhemmin annettavat asetukset täsmentävät uutta lakia. Osaksi Suomen rakentamismääräyskokoelmaan tulevia asetuksia ovat asetukset rakennusten ilmastaselvityksestä, materiaaliselosteesta ja hiilijalanjäljen raja-arvoista. (Ympäristöministeriö, 2023).

Uusi maankäyttö- ja rakentamislaki tuo mukanaan merkittäviä parannuksia rakentamisen kestävään kehitykseen ja kiertotalouteen. Lain tuomien uusien vaatimusten mukanaan rakennukset täytyy suunnitella entistä pitkäikäisemmiksi ja helpommin muunneltaviksi. Lisäksi tulevassa lainsäädännössä korotetaan materiaalien tehokasta käyttöä ja jätteiden vähentämistä. Uusien ja purettavien rakennusten tulee sisältää tarkat selvitykset käytetyistä ja vapautuvista materiaaleista sekä poistettavista maa- ja kiviaineksista ja vaarallisista jätteistä. (Ympäristöministeriö, 2023).

6.4 EU-taksonomia

Euroopan unionin luoma vihreä kehitysohjelma, joka tunnetaan paremmin nimellä Green Deal. Green Dealin tarkoituksena on pyrkiä edistämään Euroopan unionin tavoitetta olla hiilineutraali vuoteen 2050 mennessä. Tämä kehitysohjelma sisältää kestävä rahoituksen luokittelujärjestelmän eli EU-taksonomian, jonka päämääränä on kannustaa rahoitusmarkkinoita suosimaan ympäristön kannalta kestäviä ratkaisuja. (EcoReal, n.d.).

Taksonomian päätavoitteena on luoda yhtenäinen ja jaettu näkemys siitä, mitkä taloudelliset toiminnot voidaan katsoa kestäviksi. Taksonomia koostuu asetuksesta, sekä asetuksen pohjalta annetuista delegoiduista asetuksista. Tämän sääntelykehiksen pääasiallinen tarkoitus on helpottaa kestävä sijoittamiseen liittyviä päätöksiä. (Green Building Council Finland, n.d.).

EU-taksonomia toimii keskeisenä välineenä Euroopan unionin ilmastotavoitteiden saavuttamisessa ja edistämisessä. Sen päätarkoitus on yhdistää yritykset, rahoituslaitokset ja ilmastotavoitteet niin, että vihreisiin sijoituksiin on vihreän lainarahoituksen saaminen helpompaa ja taloudellisesti edullisempaa. Taksonomia tarjoaa selkeät määritelmät sijoittajille, yrityksille ja päättäjille, joka auttaa heitä kehittämään toimintaansa ympäristön

kannalta kestävämpään suuntaan. Tämän antaa sijoittajille luottamusta ja kannustaa yrityksiä siirtymään kohti ilmastoystävällisempää toimintaa ja rakentamista. Näin vihreitä investointeja voidaan kohdistaa sinne, missä niitä eniten tarvitaan. (Rototec, n.d.).

7 Lämmitysvaihtoehdot

Rakentamisaikaisia lämmitysvaihtoehtoja on monia. Sopivimman vaihtoehdon löytäminen kohteeseen on aina kohdekohtainen ja vaatii huolellista harkintaa. Lämmitysvaihtoehdon valintaan vaikuttavia asioita on kustannukset, ympäristöystävällisyys, soveltuvuus, helppokäyttöisyys ja asennus.

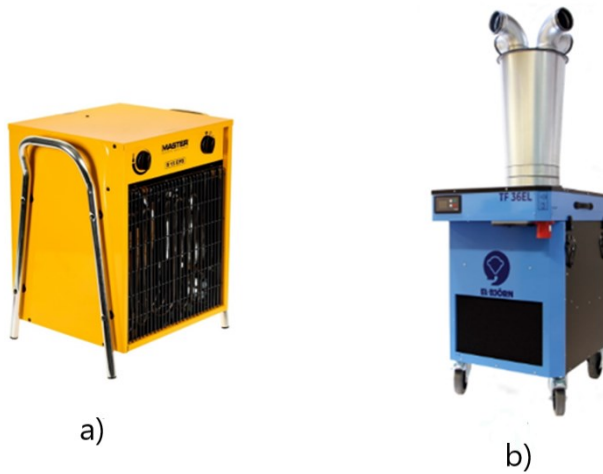
Lämmitysvaihtoehdoissa käsitellään kyseiseen esimerkkikohteen sopivia lämmitystapoja yleisesti. Käsiteltäviä lämmitysvaihtoehtoja ovat sähkölämmitys, öljylämmitys ja kaasulämmitys. Myöhemmin tulevissa laskelmissa on voitu käyttää eri lämmityskalustoa.

7.1 Sähkölämmitys

Sähkölämmittimet ovat helppokäyttöisiä ja hankintahinnaltaan edullisia. Lämmittimien asennus ja sijoittaminen on helppoa ja nopeaa ja ovat siirrettävissä tilanteen vaatiessa. Sähkölämmittimet sopivat pienien kohteiden tai yksittäisten tilojen lämmittämiseen. Suurempien rakennuksien/kohteiden lämmitykseen pelkät sähkölämmittimet eivät sovellu, sillä niiden tarvitsema sähkövirta kasvaa niin suureksi, että työmaan syöttökaapeleiden tavallinen mitoitus ei riitä tarvittavalle sähkövirralle. (Myllylä, 2023, s. 10).

Sähkölämmittimiä löytyy erilaisia ja niiden teholuokat vaihtelevat useissa eri vaihtoehdoissa, alkaen 3 kilowatista ja ulottuen jopa 125,5 kilowattiin asti. (Pirinen, 2022, s. 18). Kuvassa 9 a) on esitelty sähkölämmitin 15kw ja kuvassa b) on esitelty tehokkaampi sähkölämmitin ohutlevyilmanjakelijalla.

Kuva 9. a) Sähkölämmitin 15KW MASTER B15. (IKH, n.d.). ja
b) Sähkölämmitin ohutlevyilmanjakelijalla 36kw (Rental, n.d. -a).



7.2 Öljylämmitys

Öljykäyttöiset lämpöpuhaltimet ovat erittäin suosittuja lämmönlähteitä työmailla niiden muunneltavuuden ja nopean käyttöönoton ansioista. Näitä lämpöpuhaltimia voidaan hyödyntää lähes missä tahansa lämmitystarpeessa. Niiden monipuolisuus ja tehokkuus tekevät niistä suosittun rakentamisaikaisen lämmitystavan työmailla. (Karhunen, 2015, s. 24).

Öljylämmitysmalleja on saatavilla erilaisia ja erikokoisia, suunniteltuina erilaisiin käyttötarkoituksiin ja kohteisiin. Malleja on kiinteitä, sekä siirrettäviä, joista valita kohteeseen sopivin vaihtoehto. Siirrettävistä malleistakin löytyy myös erityyppisiä vaihtoehtoja, kuten malleja, joissa on erillinen polttoainetankki. Näissä malleissa palamisesta syntyvät kaasut ohjataan pois lämmitettävästä tilasta, joko johtamalla ne suoraan ulos tai sijoittamalla polttoainesäiliö rakennuksen ulkopuolelle. (Pirinen, 2022, s. 19).

Erilaisia vaihtoehtoja löytyy myös entistä kompaktimmista malleista, joissa polttoainesäiliö on kiinteä. Jotkut malleista mahdollistavat pakokaasujen ohjauksen ulos, kun taas toisissa kaasut vapautuvat suoraan lämmitettävään tilaan. Tämä monipuolisuus antaa käyttäjille mahdollisuuden valita itselleen sopivan mallin, joka täyttää heidän tarpeensa ja soveltuu parhaiten käyttökohteeseensa. (Pirinen, 2022, s. 19). Kuvassa 10. a) on esitelty siirrettävä öljylämmitin, jonka teho on 120kw ja kuvassa b) on esitelty kattilakontti, jonka lämmönjakelu on vesikiertoinen.

Kuva 10. a) Siirrettävä öljylämmitin. (Rental, n.d. -b). ja b) Kattilakontti, vesikierto. (Cramo, n.d.).



7.3 Kaasulämmitys

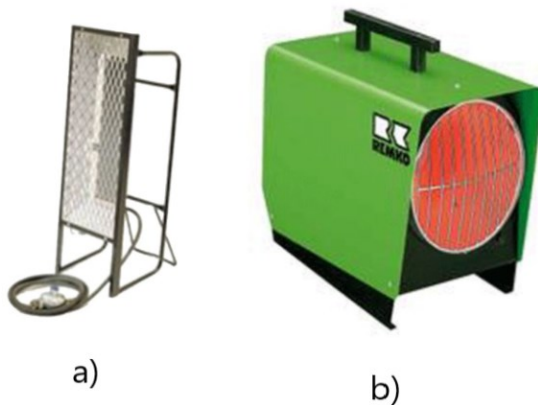
Markkinoilla on saatavilla useita erilaisia nestekaasulämmittimiä, joista osa toimii suorapolttotyyppisesti, hyödyntäen palokaasuja lämmityksessä. Toiset lämmittimet puolestaan käyttävät lämmönvaihdinta, jonka avulla palokaasut johdetaan pois lämmitettävästä tilasta. Tarjolla on myös nestekaasulla toimivia infrapunälämmittimiä, jotka siirtävät lämmön tehokkaasti työskentelyalueelle säteilyenergiana, samalla välttäen ympäröivän ilman lämmittämistä. (Ab Linde Gas, 2019, s. 3).

Nestekaasun palamisprosessi on yleensä suhteellisen puhdas, mikä mahdollistaa palokaasujen hyödyntämisen lämmityksessä. Suorapolttotyyppiset nestekaasulämmittimet eroavat vastaavista polttoöljylämmittimistä siten, että palokaasut on mahdollista hyödyntää suoraan ilman, että ne johdatetaan pois lämmitettävästä tilasta. Nestekaasulämmittimet on varustettu termostaatilla, mikä mahdollistaa tarkan lämpötilan säätelyn. Tämä ominaisuus edistää polttoainetehokkuutta ja auttaa pitämään lämpöahiön pienenä. Näin varmistetaan taloudellinen ja tehokas lämmitysjärjestelmä. (Ab Linde Gas, 2019, s. 3).

Infrapunälämmittimet nousevat tehokkaimmiksi vaihtoehtoiksi betonin kovettamisessa, koska niiden kyky siirtää lämpöä materiaaliin on vertaansa vailla muihin lämmitin tyypeihin verrattuna. Nestekaasukäyttöisissä infrapunälämmittimissä käytetään metalliverkkorakenteisia polttokennoja, jotka kuumennetaan hehkuviksi. Tämä hehkuminen tuottaa lämpösäteilyä, joka leviää ympäristöön ja lämmittää tehokkaasti työmateriaalit, kuten seinät, lattiat, valumuotit, koneet ja muut esineet. Huomionarvoista on, että ympäröivä ilma ei

vastaanota lämpösäteilyenergiaa, mikä minimoi lämpöhäviön. Lisäksi lämmittimien vaikutuksesta myös työvaatteet lämpenevät, mikä luo miellyttävät työskentelyolosuhteet myös kylmällä säällä. (Ab Linde Gas, 2019, s. 3). Kuvassa 11 a) on esitelty nestekaasukäyttöinen säteilylämmitin ja kuvassa b) on esitelty rakennuslämmitin nestekaasu, (Ramirent, n.d. -b).

Kuva 11. Säteilylämmitin nestekaasu, (Ramirent, n.d. -a). ja b) Rakennuslämmitin nestekaasu, (Ramirent, n.d. -b).



8 Esimerkkikohde

Opinnäytetyön kohteena on pientalokohde, joka sijaitsee Espoossa. Kohteeseen rakennetaan yhteensä 5 erillistä rivitaloa ja talousrakennus. Rivitalot ovat kaksikerroksisia ja asunnoissa on radiaattorilämmitys.

Kohde ei ole laajuudeltaan kovin suuri. Kohteessa on yhteensä 24 asuntoa ja bruttoneliöitä on 1995 ja kohteen tilavuus on 7440 m³. Kohteen lopullisena lämmitysmuotona toimii maalämpö. Kohteeseen porataan 6 energiakaivoa pystykeruuna, joiden syvyys on noin 300 metriä. Lisäksi porataan yksi vara energiakaivo. Kohde alkoi loppusyksystä 2023 ja runkotyöt on suunniteltu alkamaan tammi-helmikuussa 2024. Rungot lähtevät järjestyksessä talousrakennus ja sen jälkeen A, B, C, D ja E. Nosturi on suunniteltu sijoitettavaksi rakennusten keskelle. Kuvassa 12 on esitelty kohteen asemapiirustus.

Kuva 12. Asemapiirustus (YIT, henkilökohtainen tiedonanto , 2024).



9 Lämmitysvaihtoehtojen vertailu kohteeseen

Kohteeseen on pohdittu muutamia lämmitysvaihtoehtoja, joista on jo aiemmin opinnäytetyössä kerrottu enemmän. Vertailussa käytettäviä vaihtoehtoja ovat sähkölämmitys, öljylämmitys, kaasulämmitys ja maalämpö. Taulukko auttaa hahmottamaan eri lämmitysvaihtoehtojen vahvuuksia ja heikkouksia eri näkökulmista, jotta voidaan löytää sopivimmat vaihtoehdot kohteelle. Sopivimpien vaihtoehtojen löytämiseksi taulukossa otetaan huomioon muun muassa soveltuvuus, kustannukset, ympäristövaikutukset ja helppokäyttöisyys ja asennus. Yhteenvedo vertailuista näkyy taulukossa 1.

Taulukko 1. Lämmitysvaihtoehtojen vertailu.

Vertailukohta	Sähkölämmitys	Öljylämmitys	Kaasulämmitys	Maalämpö
Helppokäyttöisyys ja Asennus	Asennus ja käyttäminen on helppoa.	Kohde ja toteutustapa kohtainen	Asennus ja käyttäminen on helppoa ja toimintavarmaa.	Vaatii maalämpökontin asentamisen, vaakavedot energiakaivolta konttiin ja lämmönjakelu letkujen rakentamisen
Kustannukset	Edullinen lämmityskaluston vuokra ja käytettävän energian kustannukset kohtuulliset.	Kustannukset koostuvat kattilakontin vuokrasta, lämmönjakelu letkuston rakentamisesta ja myös käytettävästä energiasta	Energian kustannukset huomattavan suuret	Kustannukset koostuvat pääasiassa maalämpökontin vuokrasta, joka on kohde kohtainen ja lämmönjakelu letkuston rakentamisesta.
Soveltuvuus	Soveltuu parhaiten pieniin tiloihin ja kohteisiin	Soveltuu parhaiten suurempiin kohteisiin, mutta mahdollista hyödyntää myös pientalokohteessa	Soveltuu parhaiten kerrostalokohteisiin.	Soveltuu parhaiten suuriin kohteisiin ja kohteisiin, joissa suuri lämmitystarve.
Ympäristöystävällisyys	Riippuu sähkön tuotannon tavasta. Uusiutuvaa energiaa käytettäessä päästötön.	Riippuu kevytpoltto öljyn tuotantotavasta. Huomattavan suuret päästöt, jos ei ole uusiutuvaa polttoöljyä.	Aiheuttaa huomattavia päästöjä.	Riippuu sähkön tuotannon tavasta. Uusiutuvaa energiaa käytettäessä päästötön.

Aiemman taulukon ja lisätietojen pohjalta taulukossa 2 on nostettu esille eri lämmitysvaihtoehtojen hyviä ja huonoja puolia. Taulukon tarkoitus on helpottaa sopivimman vaihtoehdon löytämistä.

Taulukko 2. Lämmitysvaihtoehtojen hyvät ja huonot puolet.

Lämmitysvaihtoehto	Hyvät puolet	Huonot puolet
Suorasähkö	- Helppokäyttöinen ja edullinen lämmityskaluston vuokra hinta	- Ei sovellu suurien rakennusten lämmitykseen
	- Päästötön lämmitysmahdollinen uusiutuvalla energialla	- Energiahintojen muutos
Öljylämmitys	- Uusiutuvalla energialla päästään alhaisempiin hiilidioksidipäästöihin. Esim. Neste my	- Ei uusiutuvalla energialla hiilidioksidipäästöt ovat isot.
	- Toteutustapoja monia.	- Öljyn hinnan vaihtelut.
Kaasulämmitys	- Toimintavarmuus	- Hiilidioksidipäästöt ovat isot.
	- Asennuksen helppous ja nopeus	- Soveltuu paremmin kerrostalo kohteisiin.
Maalämpö	- Päästötön lämmitysmahdollinen uusiutuvalla energialla	- Maalämpökontti vie tilaa työmaalta
	- Olosuhdehallinta	- Kontin vuokra
	- Pienempi energian kulutus	- Matalamman energiakulutuksen etuja hankala saavuttaa pienissä kohteissa.

9.1 Lämmitysvaihtoehtojen kustannuksien ja päästöjen vertailu

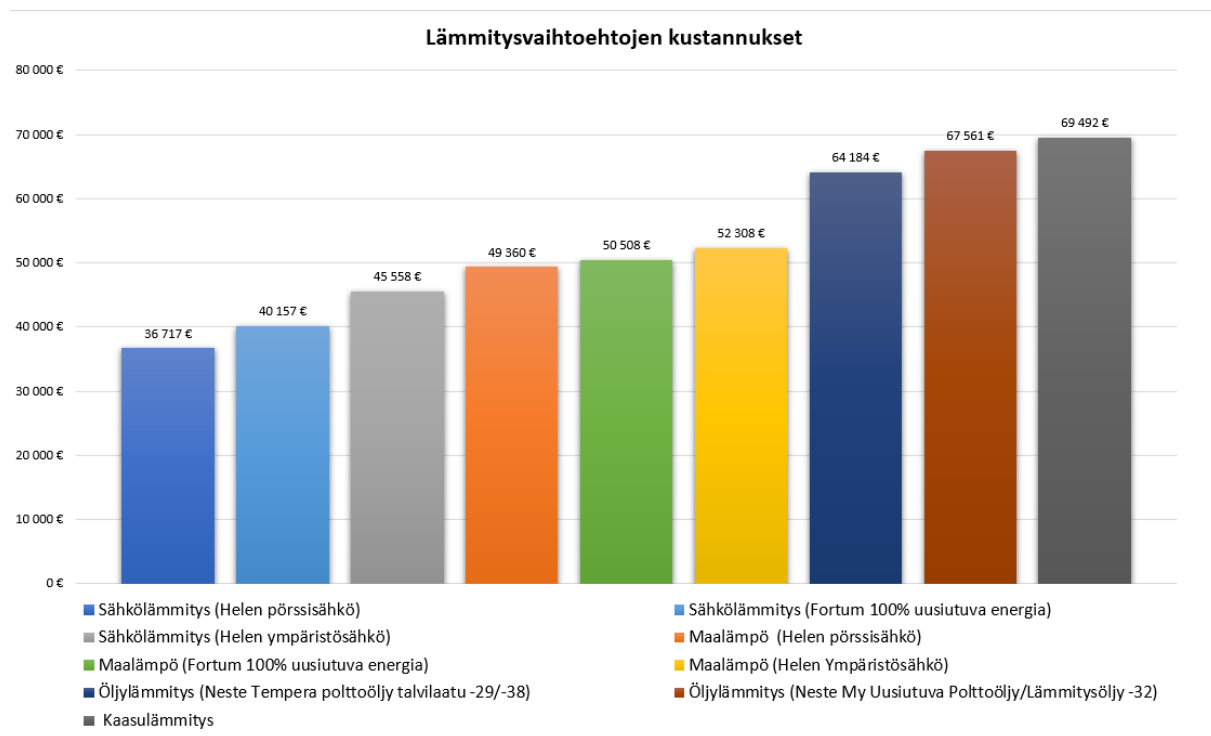
Kustannuksien ja päästöjen vertailuun on valittu eri lämmitystapoja, sähkö, maalämpö, öljy ja nestekaasu. Tietoja laskelmiin otettiin muun muassa seuraavilta yrityksiltä.

- Renta, 2024
- Cramo, 2024
- Fortum, 2024
- Ramirent, 2024
- Linde-gas, 2024
- Helen, 2024
- Neste, 2024
- Hankkija, 2024
- Caruna, 2024
- Kosangas, 2024
- WWF, 2024

Lämmitysvaihtoehtoja on muitakin, kuten kaukolämpö, mutta kyseiseen kohteeseen ei ole järkevää tehdä kaukolämpö liittymää, koska lopullinen lämmitystapa on maalämpö, joten kaukolämpö on jätetty laskelmista pois. Laskelmien avulla on tarkoitus löytää mahdollisimman edullinen ja vähäpäästöinen lämmitysvaihtoehto. Osassa laskelmien tiedoissa on käytetty arviota, koska todellista kustannukset muuttuvat markkinan ja kysynnän mukaan, esim. pörssisähkön hinta. Maalämpökontin vuokrakustannukset ovat kohdekohtaisia, joten laskelmissa on arvioitu vuokrakustannukseksi internetistä löydetyn hinnan ja maalämpökonttia käyttävän kohteen vuokrakustannuksen keskiarvo. Muita muuttuvia lukuja, joita käytetty laskelmissa on sähkön pörssihinta. Laskelmissa käytetty sähkön pörssihinta on vuoden 2023 12 kuukauden keskiarvo. Liitteessä 2. on esimerkki laskelmista.

Lämmitysvaihtoehtojen kokonaiskustannuksien vertailussa kolmen kuukauden ajalta voidaan todeta kuvasta 13, että edullisin rakennusaikainen lämmitysratkaisu on sähkölämmitys. Kalleimmat vaihtoehdot ovat nestekaasulämmitys ja öljylämmitys. Kuvassa esitetään kunkin lämmitysjärjestelmän kokonaiskustannukset, mukaan lukien energia, lämmityskalusto ja perustamiskustannukset.

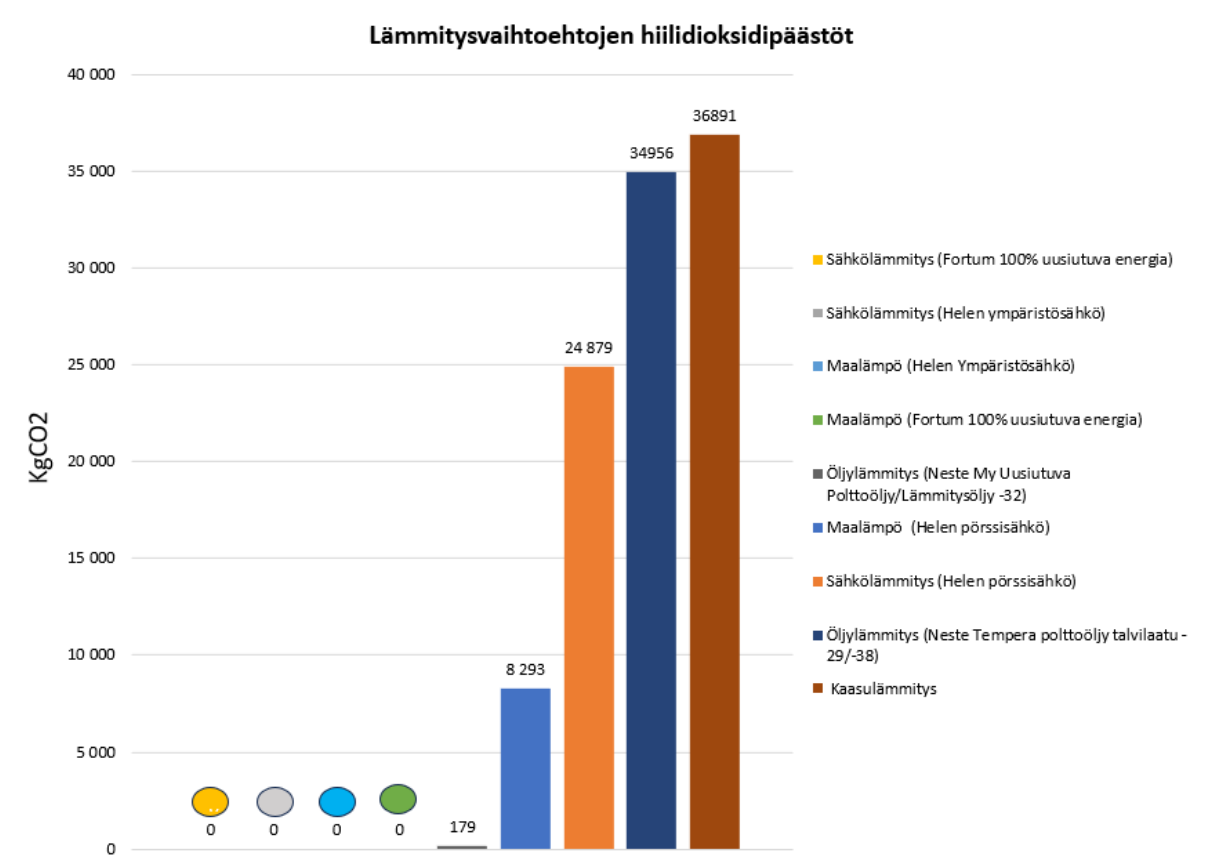
Kuva 13. Lämmitysvaihtoehtojen kokonaiskustannukset.



9.2 Lämmitysvaihtoehtojen hiilidioksidipäästöt

Laskelmissa päästöttömiä lämmitysvaihtoehtoja ovat sähkölämmitys ja maalämpö. Molemmissa lämmitysvaihtoehdoissa on käytetty energiamuotona uusiutuvaa energiaa. Laskelmissa on käytetty Fortumin 100 % uusiutuvaa energiaa, jonka sähkö on tuotettu vedellä, auringolla, tuulella ja bioenergialla. Laskelmissa on myös käytetty Helenin ympäristösähköä, jonka sähkö on myös tuotettu auringolla, tuulella ja vedellä. Fortumin ja Helenin uusiutuvan energian erot näkyvät vain energian kustannuksissa. Kuvasta 14 voidaan todeta, että kaasu- ja öljylämmitys ei uusiutuvalla energialla tuottavat eniten hiilidioksidipäästöjä.

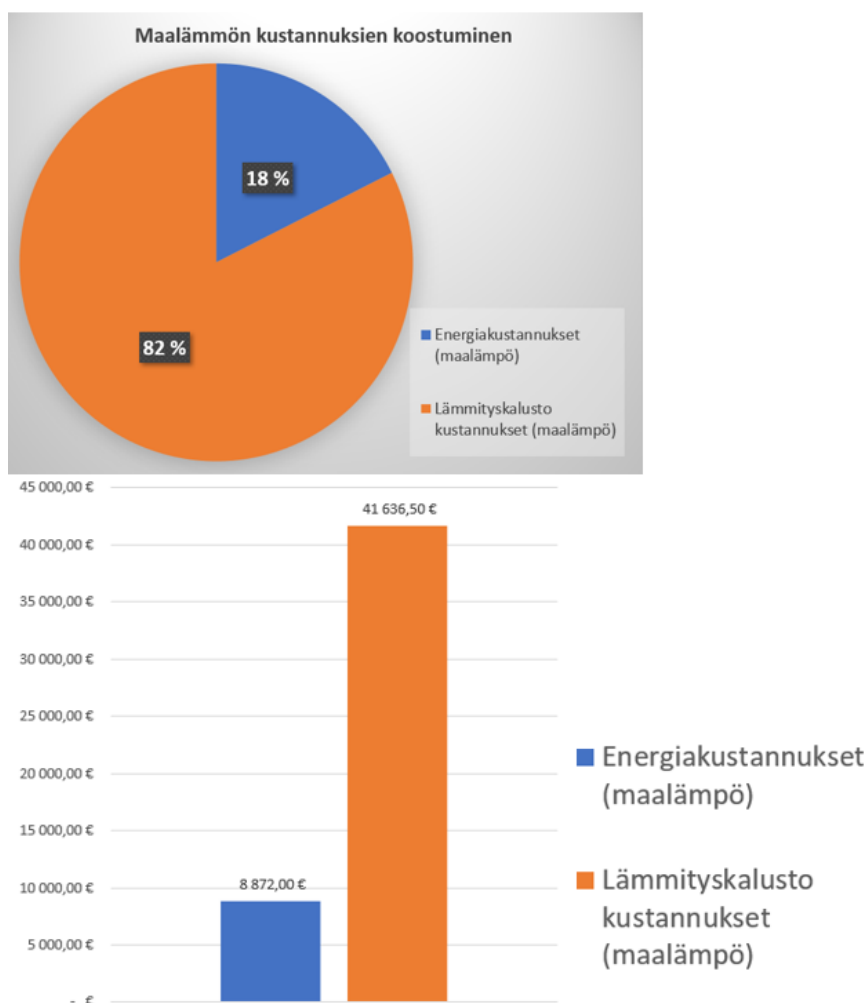
Kuva 14. Lämmitysvaihtoehtojen hiilidioksidipäästöt.



9.3 Kokonaiskustannuksien koostumus

Laskelmista valitut edullisimmat päästöttömät vaihtoehdot ovat sähkölämmitys ja maalämpö. Maalämmön kustannukset koostuvat pääasiassa lämmityskaluston kustannuksista. Lämmityskaluston kustannuksiin sisältyy maalämpökontin vuokra, kiertovesilämmittimet 1 kappale yhtä asuntoa kohti, maalämpökontin perustamiskustannus, kiertoilmapuhaltimet 2 kappaletta yhtä asuntoa kohti ja kiertovesilämmittimien letkut. Maalämmön lämmityskalustokustannukset ovat 41 636 € kun taas energiakustannukset ovat vain 8 872 €. Maalämpökontti tarvitsee toimiakseen tueksi sähköä, josta energiakustannukset koostuvat. Maalämpökontin sähköksi on valittu kyseisessä laskelmassa Fortumin 100 % uusiutuvaa energia, joka on päästötön vaihtoehto. Energian kustannukset pitävät sisällään sähkön siirron hinnan sekä perusmaksun ja myös sähkön hinnan ja perusmaksun. Sähkön siirto on Carunalta. Laskelman energiakustannukset ja lämmityskaluston vuokrat ovat 3 kuukauden ajalta. Kuvassa 15 on esitelty maalämmön kokonaiskustannuksien jakautuminen.

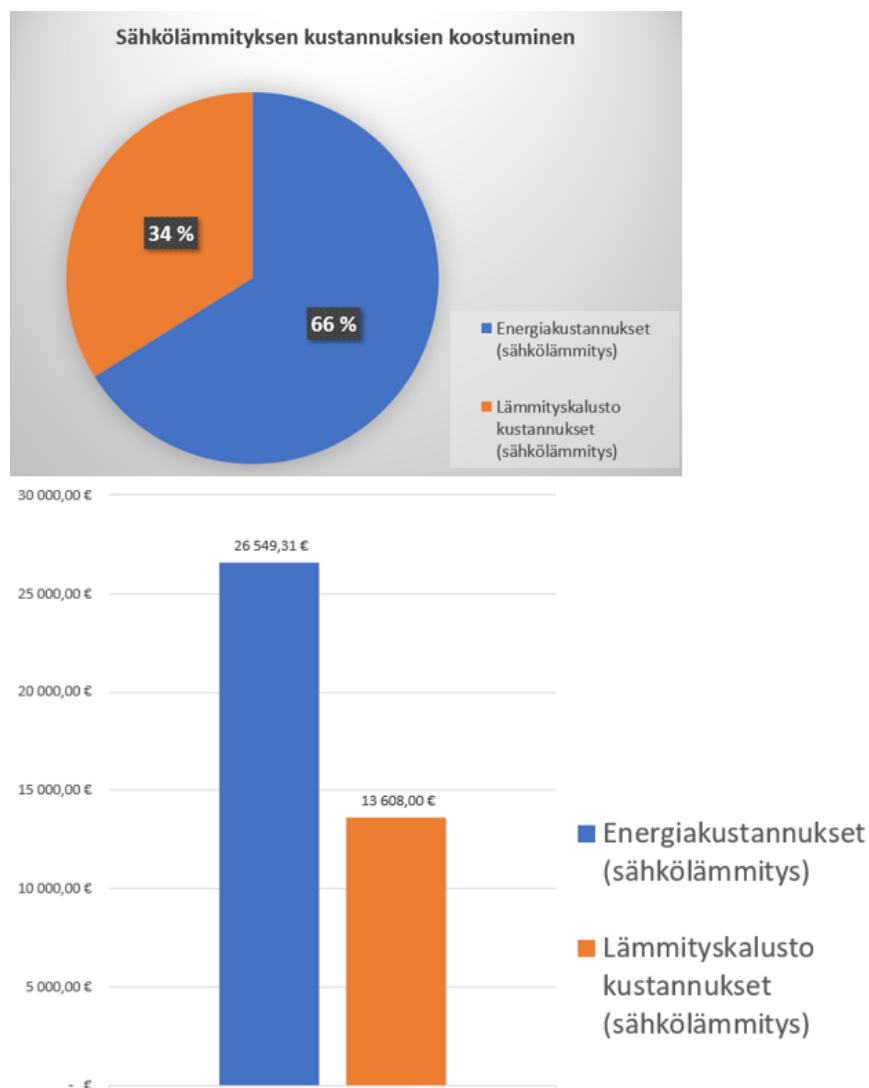
Kuva 15. Maalämmön kokonaiskustannuksien koostuminen.



Sähkölämmityksen kustannukset koostuvat suurimmaksi osaksi energian kustannuksista, jotka ovat yhteensä 25 549 €. Energian kustannukset pitävät sisällään sähkön siirron hinnan sekä perusmaksun ja myös sähkön hinnan ja perusmaksun. Sähkön siirto on Carunalta. Laskelmissa käytetty sähkö on Fortumin 100 % uusiutuvaa energiaa, joka on päästötön vaihtoehto.

Lämmityskalustona sähkölämmityksen laskelmissa on 9kw El Björn, joita asennetaan 1 kappale yhtä asuntoa kohti ja kiertoilmapuhaltimia, joita 2 kappaletta yhtä asuntoa kohti. Lämmityskaluston kustannukset ovat 13 608 €. Laskelman energiakustannukset ja lämmityskaluston vuokrat ovat 3 kuukauden ajalta. Kuvassa 16 on esitelty sähkölämmityksen kokonaiskustannuksien jakautuminen.

Kuva 16. Sähkölämmityksen kokonaiskustannuksien koostuminen.

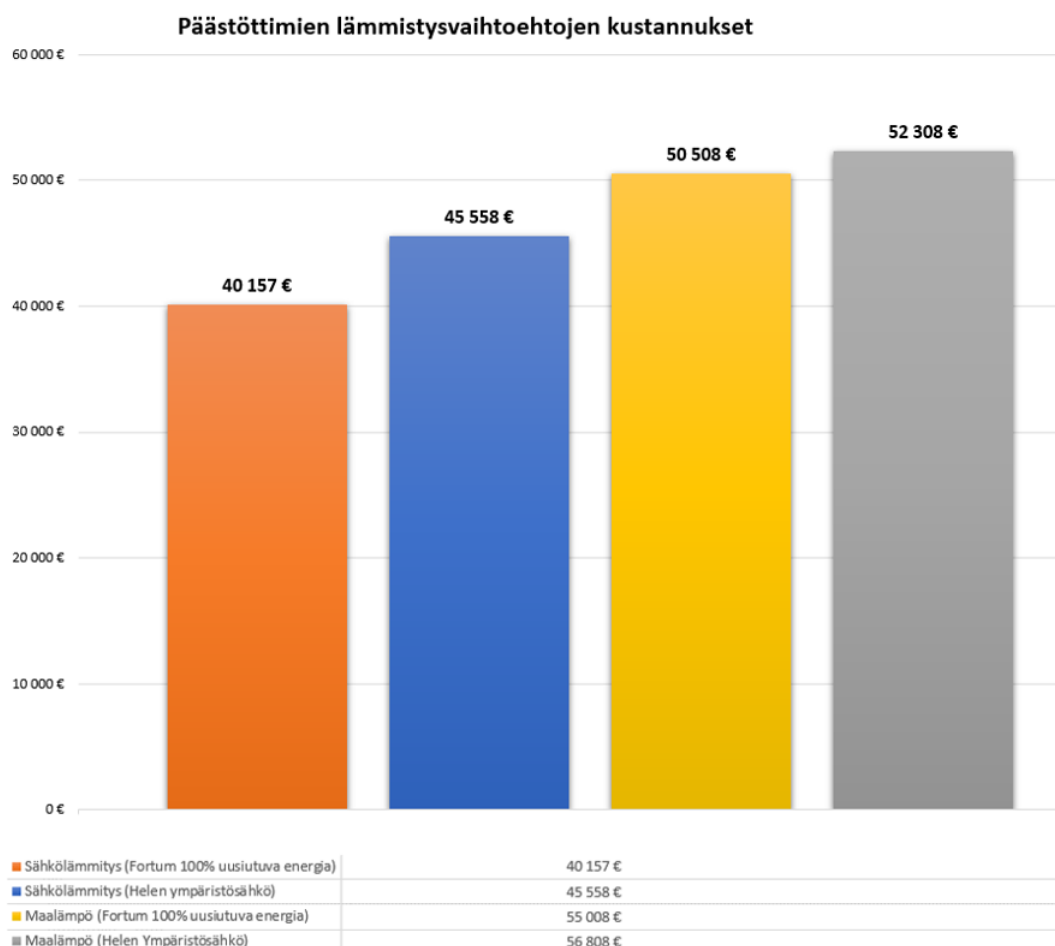


9.4 Päästöttömien lämmitysvaihtoehtojen kustannukset

Molempia uusiutuvan energian vaihtoehtoja käytettäessä sähkölämmitys on merkittävästi halvempi kuin maalämpö, kuten kuvasta 17 voidaan todeta. Maalämmön korkeammat kustannukset koostuvat maalämpökontin vuokrasta, lämmityslaitteistosta ja perustuskustannuksista. Sähkölämmityksen suurimmat kustannukset koostuvat pääasiassa energian kustannuksista.

Laskelmien perusteella voidaan todeta, että kyseiselle kohteelle kustannuksien kannalta edullisin rakennusaikainen lämmitysvaihtoehto olisi sähkölämmitys. Kustannuksien ja päästöjen kannalta edullisin päästötön rakennusaikainen lämmitysratkaisu olisi sähkölämmitys, joka hyödyntäisi Fortumin 100 % uusiutuvaa sähköenergiaa.

Kuva 17. Päästöttömien lämmitysvaihtoehtojen kokonaiskustannukset.



10 Toteutus

Toteuttaessa rakentamisaikaista lämmitystä maalämmöllä, porataan ensimmäisenä mahdollisimman aikaisessa vaiheessa energiakaivot. Maalämpökontti vaatii toimiakseen sähköä. Keskus tulee olla suuruudeltaan noin 250 ampeeria. Sähköliittymän koko tulee huomioida työmaan sähkösuunnittelussa.

Kontti sijoitetaan työmaalle sellaiselle paikalle, jossa se voisi olla pidemmän ajan aiheuttamatta työmaan kululle ja logistiikalle haittaa. Työmaan aluesuunnitelmassa tulee huomioida maalämpökontin sijainti siten, että se on mahdollisimman lähellä lopullista maalämpökeskusta. Kun väliaikainen maalämpökeskus puretaan ja lopullinen otetaan käyttöön, niin vaakavedot olisivat valmiiksi lähellä lopullista keskusta.

Energiakaivoilta johdetaan energia vaakavetoina keskukselle, josta se jaetaan lämmönjakeluletkuilla asuntoihin. Kyseiseen kohteeseen asennetaan jokaiseen asuntoon oma vesikiertoinen lämmitin pohjakerrokseen. Näiden lisäksi molempiin kerroksiin asennetaan omat kiertoilmapuhaltimet, jolla ilma saadaan liikkumaan tehokkaasti. Vesikiertoiset lämmittimet toimivat sähköllä ja vedellä. Lämmin neste jaetaan kontilta lämmönjakoletkuilla vesikiertoisille lämmittimille. Lämmittimeltä neste johdetaan lämpöletkuilla muille vesikiertoisille puhaltimille. Asennuksessa ja letkujen sijainnissa tulee kiinnittää huomioita työmaan turvallisuuteen. Letkut kiinnitetään pääsääntöisesti kulkemaan katossa. Kiinnitys kattoon tapahtuu pikaremmillä.

Rakentamisaikaista lämmitystä toteuttaessa sähkölämmityksellä, tulee huomioida työmaan sähköpääkeskuksen koko työmaan sähkösuunnittelussa. Kapasiteetti täytyy olla riittävä kaikille tarvittaville keskuksille. Sähkölämmittimiä asennetaan jokaisen asunnon pohjakerrokseen yksi. Asuntoon asennetaan sähkölämmittimen lisäksi myös kaksi kiertoilmapuhallinta. Kiertoilmapuhaltimia asennetaan molempiin kerroksiin yksi. Jotta virta saataisiin sähkölämmittimille ja kiertoilmapuhaltimille tarvitaan useampi pienempi keskus, josta jaetaan sähkö laitteille. Sähköroikat kiinnitetään katon rajaan kiinni ja viedään näin virta lämmittimille ja puhaltimille. Sähkölämmityksen toteutus on periaatteessa hyvin samanlainen kuin maalämmöllä, mutta energia tuotetaan sähkövastuksilla.

11 Tulosten analysointi

Olen yhdessä maalämpö yrityksen työntekijän kanssa tutkinut ja selvittänyt, että pientalokohteen rakentamisaikainen lämmitys maalämpökontilla on mahdollinen toteuttaa. Toteutus vaatisi kuitenkin tarkkaa työmaan ennakkosuunnittelua, jotta tämä olisi mahdollista. (Maalämpöyrittäjä, henkilökohtainen tiedonanto, 2023).

Rakennusaikaisen lämmityksen toteuttamisen haasteita maalämmöllä olisi, ettei työmaalle saa tarpeeksi suurta sähköliittymää. Maalämpökontti vaatii oman sähkökeskuksen. 250 ampeerin keskus on riittävä ja toimiva kontille. Kontin tarve täytyisi huomioida työmaan sähkösuunnittelussa. Minimitarve kontilla on noin 125 ampeeria. Toteutuksen muita haasteita on keväällä alkavat maanrakennuksen työt. Putkia jouduttaisiin asentamaan maalämmön vaakavetojen alle, joka aiheuttaisi suurta riskiä vaakavetojen rikkoutumiselle. Myös nosturin paino on huomioitava, kestääkö vaakavedot nosturin painoin ja kuinka paljon maa painautuu. Maaperä on kuitenkin kohteessa vetinen savi. Edeltä mainitut asiat täytyisi huomioida jo työmaasuunnitelmaa laadittaessa. Maanrakennuksen urakkaneuvotteluissa täytyisi tuoda myös esille normaalista rakentamisjärjestyksestä poikkeavat tehtävät

Kohteen pienen koon ja työmaan lyhytaikaisuuden takia maalämmön huomattavasti matalamman energiakulutuksen etuja on haasteellista saavuttaa näin pienellä lämmitysenergian tarpeella. Myös lämmönjakelu letkujen rakentaminen 24 asuntoon on kallista ja laskelmien mukaan sähkölämmityksellä tämän kohteen lämmitys tulee edullisemmaksi.

Kohteen rakentamisaikaisen lämmityksen järjestäminen sähkölämmitysjärjestelmällä on huomattavasti kannattavampi kuin muilla lämmitysvaihtoehdolla, koska suurin osa käyttökustannuksista koostuu sähköenergiasta ja järjestelmän rakennus- ja vuokrakustannukset ovat edullisempia. Sähkölämmityksellä päästään myös päästöttömään rakennusaikaiseen lämmitykseen käyttämällä uusiutuvaa sähköenergiaa.

12 Johtopäätökset ja tulevaisuuden näkymät

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli löytää edullisin ja vähäpäästöisin rakentamisaikainen lämmitysvaihtoehto Espoossa sijaitsevaan pientalokohteeseen ja tutkia olisiko maalämpö voinut olla ratkaisu kyseisen kohteen työmaa-aikaiseen lämmitykseen. Rakentamisaikaisia lämmitysvaihtoehtoja on monia. Työmaat ovat yksilöllisiä ja jokaisella kohteella on omat erikoisuutensa ja haasteensa. Useasti lämmitysvaihtoehdon valintaan vaikuttaa aiemmat kokemukset ja poissuljetaan vaihtoehtoja, joita ei olla edes tutkittu tarkemmin. Rakentamisen suunta kohti vihreämpää ja hiilineutraalimpaa rakentamista ohjaa yrityksiä ja sijoittajia tekemään vielä enemmän vihreitä ratkaisuja. Mielestäni olisi hyvä tutkia lisää rakentamisesta syntyviä päästöjä. Esimerkiksi mistä rakennusaikaisista toiminnoista syntyy muita toimintoja enemmän päästöjä ja kuinka niitä voitaisiin vähentää.

Lopputyössäni tutkin maalämmön hyödyntämistä rakentamisaikaisena lämmitysvaihtoehtona esimerkki kohteeseen. Maalämpö yrityksen työntekijän kanssa saatiin yhteistyöllä selvyys, että maalämmöllä toteuttaminen olisi mahdollinen kohteeseen ja käytiin yhdessä läpi mitä toteutus vaatisi. Aiempaa dataa maalämmön hyödyntämisestä rakennusaikaisena lämmitysvaihtoehtona on todella vähäisesti. Uskon datan lisääntymisen vaikuttavan maalämpökonttien kehitykseen ja yleistymiseen tulevaisuudessa.

Tämä tutkimus rajattiin koskemaan rakennusvaiheen lämmitysvaihtoehtoja, joita verrattiin tietyn tapaustutkimuksen avulla. Työn painopiste oli maalämmössä ja muita lämmitysvaihtoehtoja verrattiin, mutta niitä ei tutkittu yksityiskohtaisesti. Tulevaisuudessa olisi mielenkiintoista nähdä vielä useamman lämmitysvaihto ehtojen kustannusten ja päästöjen vertailua. Myös väliaikaiset maalämpökontit kehittyvät ja tietoa saadaan niistä tulevaisuudessa enemmän. Työn jatko mahdollisuuksia olisi tutkia väliaikaisen maalämpökontin eri toteutustapoja erilaisiin kohteisiin tai kohdekohtaisesti. Myös maalämpökonttien kehitys ja datan lisääntyminen voi avata uusia tutkimus mahdollisuuksia ja vertailu aiheita.

Lopputyön päätelmänä selvisi, että kyseisen kohteen edullisin rakentamisaikainen lämmitysvaihto on sähkölämmitys sekä myös päästötön vaihtoehto uusiutuvaa energiaa käyttäen. Edullisen vaihtoehdon sähkölämmityksestä tekee sen edulliset kalustovuokrat. Kyseisen lämmityskaluston asennus on myös todella nopeaa ja helppoa. Tarvittaessa lämmityslaitteet voidaan siirtää toiseen asuntoon muutamissa minuuteissa.

Sähkölämmityksessä päästään muutamien tuhansien investoinnilla päästöttömään ratkaisuun, joka olisi askel vihreämpää rakentamista. sähkölämmityksessä Helenin pörssisähkön ja Fortumin uusituvan energian kustannuksien ero oli vain 3 440 € ja Helenin

pörssisähkön ja ympäristösähkön ero oli 8 841 €. Sähkölämmityksen ja maalämmön kokonaiskustannus ero Helenin pörssisähköllä oli 12 643 € ja Fortumin uusiutuvaa energiaa käyttäen ero oli 10 351 €. Kyseiseen kohteeseen sähkölämmitys oli muihin vaihtoehtoihin verrattuna kustannustehokkain. Jos kohde olisi ollut paljon isompi ja esimerkiksi kerrostalo kohde, niin maalämpö olisi ollut mahdollisesti edullisin vaihtoehto kaikista. Maalämmön huomattavasti matalamman energiakulutuksen etuja päästäisiin hyödyntämään, kun lämmitystarve on suurempi.

Työn muita päätelmiä on, että kyseiseen pientalokohteen lämmitystä ei kannata toteuttaa etenکään nestekaasu ja öljylämmityksellä. Molempien vaihtoehtojen kohdalla kustannukset ovat paljon suuremmat kuin sähkölämmityksellä tai maalämmöllä. Kummallakaan vaihtoehdolla ei päästäisi myöskään täysin päästöttömään ratkaisuun.

Lähteet

Ab Linde Gas. (2019). Rakennustyömaiden nestekaasulämmitys.

<https://urly.fi/3whl>

Ailani, M. (2013). Tutkimusraportti 206. Geologian tutkimuskeskus [Kuva].

https://tupa.gtk.fi/julkaisu/tutkimusraportti/tr_206.pdf

Cramo. (n.d.). Kattilakontti vesikierto [Kuva].

https://www.cramo.fi/fi/category/rakennuskoneet_lammityskalusto_kuumavesilammitimet/pro-duct/57421/kattilakonttivesikierto--300-kw-polarthermkvk230

Dimplex. (n.d.). Maalämpöpumpun toimintaperiaate [Kuva].

<https://www.dimplex-partner.de/fi/ladattavat/animaatiot.html>

EcoReal. (n.d.). *EU-taksonomia*. Haettu 27.3.2024 osoitteesta

<https://www.ecoreal.fi/ymparisto-ja-vastuullisuuspalvelut/eu-taksonomia/>

Eksergia. (2013). Lämmöntuottojärjestelmät

<https://slideplayer.fi/slide/13432237/>

Gebwell. (n.d.). *Miten maalämpö toimii*.

<https://gebwell.fi/maalampo/miten-maalampo-toimii/>

Green Building Council Finland. (n.d.). EU-taksonomia.

<https://figbc.fi/opi-lisaa/eu-taksonomia>

Hyppönen, J. (2023). *Vaihtoehtoisten lämmitys- ja kuivatusmenetelmien työmaa-aikainen hyödyntäminen rakennusprojektissa*. [Opinnäytetyö, Metropolia ammattikorkeakoulu].

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/790739/Hypponen_Jere.pdf?sequence=2

Hämäläinen, J. (2012). *Rakennustyömaan energiatutkimus*. [Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto]

<https://pdfslide.tips/documents/jari-hmlinen-rakennustymaan-energiatutkimus-2015-3-25-jari-hmlinen.html?page=1>

Hämäläinen, L. (2021). *Lämmitystavan ja rungon toteutustavan vaikutus kustannuksiin ja aikatauluun*. [Opinnäytetyö, Turun ammattikorkeakoulu]

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/500308/Hamalainen_Leo.pdf?sequence=2&isAllowed=y

IKH. (n.d.). Sähkölämmitin 15kw [Kuva].

<https://www.ikh.fi/fi/sahkolammitin-15kw-master-b15-ddm15>

Karhunen, M. (2015). *Rakennustyömaan siirrettävät lämmityslaitteet ja energiamuodot*.

[Opinnäytetyö, Hämeen ammattikorkeakoulu]

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/150205/Karhunen_Miko.pdf?sequence=1

Koskenvesa, A. (1999). Talvirakentaminen.

<https://tiedostot.rakennustieto.fi/rakentajain-kalenteri/RK99s697.pdf>

Kyrö, S. (2020). *Maalämpöjärjestelmän mitoitus ja ympäristövaikutusten arviointi*.

[Opinnäytetyö, Jyväskylän ammattikorkeakoulu]

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/355924/Kyr%C3%B6_Samuli.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Merikallio, T. (2014). Rakennustyömaan kosteudenhallinta.

<https://tiedostot.rakennustieto.fi/rakentajain-kalenteri/RK050502.pdf>

Myllylä, A. (2023). *Rakentamisaikaisen lämmityksen toteutus maalämpökohteessa*.

[Opinnäytetyö, Metropolia ammattikorkeakoulu].

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/789742/Myllyla_Aarne.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Mäkinen, V. (2012). *Työmaan rakentamisaikainen lämmittäminen viemäriputkiston avulla*.

[Opinnäytetyö, Metropolia ammattikorkeakoulu].

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/42329/Opinnaytetyo_Ville_Makinen.pdf?sequence=1

Pirinen, T. (2022). *Maalämpökohteiden työmaa-aikainen lämmitys*.

[Opinnäytetyö, Metropolia ammattikorkeakoulu].

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/779809/Pirinen_Teemu.pdf?sequence=2

Projekti uutiset. (27.2.2023). Maalämpökontti [Kuva].

<https://projekti uutiset.fi/raksystems-kehittaa-geoloa-35-miljoonalla-eurolla/>

Pulkkinen, J. (2021). *Työnaikaisen lämmitystarpeen optimointi asuinkerrostalokohteessa.*

[Opinnäytetyö, Metropolia ammattikorkeakoulu].

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/506653/Pulkkinen_Joni.pdf.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Pöllänen, L. (2021). *Maalämpö pientalon lämmitysmuotona.*

[Opinnäytetyö, Metropolia ammattikorkeakoulu].

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/509449/P%c3%b6ll%c3%a4nen_Lauri.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Ramirent. (n.d. -a). Säteilylämmitin, nestekaasu [Kuva].

<https://urly.fi/3wxi>

Ramirent. (n.d. -b). Lämpöpuhallin, kaasua [Kuva].

<https://urly.fi/3wxm>

Ratu 07-3032 (1996). Rakenteiden lämmitys ja kuivatus. Rakennustieto Oy.

<https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu%2007-3032>

Rental. (n.d. -a). Sähkölämmitin 36kw [Kuva].

<https://skanskakonevuokraus.fi/tuote/sahkolammitin-36-kw/>

Rental. (n.d. -b). Siirrettävä öljylämmitin [Kuva].

<https://skanskakonevuokraus.fi/tuote/siirrettava-oljylammitin-120-kw/>

Rototec. (n.d.). Mitä geoenergia eli maalämpö ja maaviileä on.

<https://www.rototec.fi/mita-maalampo-on>

Savolainen, T. (2023). *Rakennusaikaisen lämmityksen huomiointi maalämpökohteessa.*

[Opinnäytetyö, Savonia ammattikorkeakoulu].

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/796657/Savolainen_Toni.pdf?sequence=2

Strandberg, P. (2023). *Maalämmön käyttö rakennusaikaisessa lämmityksessä.*

[Opinnäytetyö, Arcada ammattikorkeakoulu].

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/795371/Strandberg_Per.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Thermia. (n.d.). Maalämmön toimintaperiaate.

<https://www.thermia.fi/maalampo/maalampo1/miten-maalampo-toimii/>

Tomallen Serena. (n.d.). Maalämpö.

<https://www.tomallensenera.fi/maalampo>

Uotila, S. (2023). *Työmaa-aikainen lämmitys maalämpötekniikalla toteutetussa kerrostalokohteessa*. [Opinnäytetyö, Tampereen ammattikorkeakoulu].

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/794789/Uotila_Sami.pdf?sequence=2

Wirmax Oy. (27.10.2023). Maalämpö.

<https://wirmax.fi/maalampo-kerrostaloon/>

Ympäristöministeriö. (1.3.2023). Eduskunta hyväksyi rakentamisen päästöjä pienentävät ja digitalisaatiota edistävät lait.

<https://ym.fi/-/eduskunta-hyvaksyi-rakentamisen-paastoja-pienentavat-ja-digitalisaatiota-edistavat-lait>

Ympäristöministeriö. (n.d.). Rakentamisen kiertotalous. Haettu 4.4.2024 osoitteesta

<https://ym.fi/rakentamisen-kiertotalous>

Liite 1. Haastattelu kysymykset

Haastattelu kysymykset

Millaisessa kohteessa on käytetty maalämpöä rakentamisaikaisena lämmitysvaihtoehtona?

Mitä ongelmia on tullut vastaan rakentamisaikaisessa lämmityksessä maalämmöllä?

Eritystä huomioitavaa toteutuksessa maalämmöllä?

Onko jotain erityisiä asioita, joita täytyisi huomioida työmaasuunnittelussa?

Kuinka aikaisessa vaiheessa olette saaneet maalämpöä hyödynnettyä?

Mitä pitää huomioida työmaalla, jos rakennusaikainen lämmitys toteutetaan maalämmöllä?

Mitä positiivisia asioita olet huomannut maalämmön hyödyntämisestä rakentamisaikana?

Onko maalämpöä vertailtu keskenään, jonkun toisen lämmitysvaihtoehdon kanssa?

Väliaikaisen maalämpökontin ja rakentamisaikaisen lämmityksen kustannukset maalämmöllä?

Extra kysymykset

Onko maalämmön vaakavedot pysyviä vai väliaikaisia?

Kestääkö maalämmön vaakavedot, miten painoa?

Liite 2. Esimerkki laskelmista

Maalämpö (Fortum 100% uusiutuva energia)			
Maalämpö			
Scop	163 680kwh/maalämmön Scop luku 3	54560	kwh
Sähkönsiirron hinta	Sähköenergian kulutus * Sähkönsiirron hinta/kwh	1691,36	€
Sähkön hinta	Sähköenergian kulutus * hinta/kwh	7147,36	€
Maalämpökontin vuokra	Maalämpökontin vuokra kuukaudessa * lämmityskuukaudet	16500	€
Sähkönhintaperusmaksu		14,7	€
Sähkönsiirtoperusmaksu		18,45	€
Kustannukset yhteensä		25 372	€
Maalämmön päästöt	ominaispäästökerroin (gCO ₂ /kWh) * energiankulutus(kWh)	0	gCO ₂
		0	kgCO ₂
Lämmityskalusto kustannukset maalämpö			
Lämmityslaitteet	KIERTOYESILÄMMITIN 15 KW	24	kpl
Kiertoilmapuhaltimet	Kiertoilmapuhallin 3000m ³ /h /2 kpl per huoneisto	48	kpl
Perustamiskustannus		1	kpl
lämmittimien letkut	KIERTOYESILÄMMITTIMEN LETKU 25MM 20M	8	kpl
lämmittimien letkut	KIERTOYESILÄMMITTIMEN LETKU 25MM 10M	46	kpl
lämmittimien letkut	KIERTOYESILÄMMITTIMEN LETKU 25MM 5M	24	kpl
Kustannukset kuukaudes	KIERTOYESILÄMMITTIMEN LETKU 25MM 20M	571,92	€
Kustannukset kuukaudes	KIERTOYESILÄMMITTIMEN LETKU 25MM 10M	1695,1	€
Kustannukset kuukaudes	KIERTOYESILÄMMITTIMEN LETKU 25MM 5M	526,32	€
Kustannukset kuukaudes	KIERTOYESILÄMMITIN 15 KW	3572,16	€
Kustannukset kuukaudes	Kiertoilmapuhallin 3000m ³ /h	1680	€
Kustannukset yhteensä 1kk		8045,5	€
Perustamiskustannus	arvio	1000	€
Kustannukset yhteensä	Lämmityskuukaudet * kustannukset kuukaudessa	25136,5	€