



Maalämmön käyttö rakennusaikaisessa lämmityksessä

Per Strandberg

Lärdomsprov

Energi och miljöteknik

2023

Lärdomsprov

Per Strandberg

Användning av jordvärme för uppvärmning av bygge under byggnadstid

Yrkeshögskolan Arcada: Energi- och miljöteknik, 2023.

Identifikationsnummer:

8950

Uppdragsgivare:

SRV Rakennus Oy

Sammandrag:

I detta lärdomsprov undersöks användningen av jordvärme för uppvärmning av byggen med hjälp av Geolo-systemet. Lärdomsprovet är ett beställningsarbete av SRV Rakennus Oy. Syftet med arbetet är att beskriva såväl teoretiskt som praktiskt det nya Geolo-systemet, som är ett hybriduppvärmningssystem som använder bergvärme- och vatten-luftvärmepumpar. På byggarbetsplatsen, ska det uppnås rätt inomhusklimat och rätt inomhustemperatur för torkning av konstruktioner. Även ordentlig tätning är viktig för att minimera byggtidens spillvärme och skapa en energieffektiv helhet. Byggverksamhet och produktion av värme är en av de största utsläppskällorna av koldioxid i Finland, vilket kräver olika åtgärder för att minska utsläppen. Användningen av jordvärme vid uppvärmning under byggtiden minskar fastighetens livscykelutsläpp av koldioxid, dvs. dess användning är en av åtgärderna för att minska utsläppen. Geolo är ett utsläppsfritt, kostnadseffektivt och ansvarsfullt sätt att värma upp en fastighet.

Nyckelord: Byggarbetsplats, jordvärme, värme, SRV Rakennus Oy, Geolo

Degree Thesis

Per Strandberg

Use of geothermal heating during construction site

Yrkeshögskolan Arcada: Energi- och miljöteknik, 2023.

Identification number:

8950

Commissioned by:

SRV Rakennus Oy

Abstract:

This thesis examines the use of geothermal energy in heating buildings during construction using the Geolo system. The thesis is a commissioned work by SRV Rakennus Oy. The purpose of the work is to describe both theoretically and practically the new Geolo system, which is a hybrid heating system using geothermal heat and water-air heat pump. On the building site during construction, the right indoor air conditions and the right indoor temperature must be achieved for the drying of structures, and proper sealing must be done to minimize waste heat it is important to create an energy efficient entirety. Construction and heat production is one of the largest sources of CO2 emissions in Finland, which requires various measures to reduce emissions. The use of geothermal heat for heating during construction reduces the property's CO2 life cycle emissions. Its use is one of the measures to reduce emissions Geolo is an emission-free, cost-effective, and responsible way to heat a property.

Keywords: Construction site, geothermal heat, heating, SRV Rakennus Oy, Geolo

Opinnäytetyö

Per Strandberg

Maalämmön käyttö rakennusaikaisessa lämmityksessä

Yrkeshögskolan Arcada: Energi- och miljöteknik, 2023.

Tunnistenumero:

8950

Toimeksiantaja:

SRV Rakennus Oy

Tiivistelmä:

Opinnäytetyössä tutkitaan maalämmön käyttöä rakennusaikaisessa lämmityksessä hyödyntäen Geolo-järjestelmää. Opinnäytetyön toimeksiantajana on toiminut SRV Rakennus Oy. Työn tarkoituksena on kuvata sekä teoreettisesti että käytännöllisesti uutta Geolo-järjestelmää, joka on maa- ja vesi-ilmalämpöä hyödyntävä hybridilämmitysjärjestelmä. Rakennustyömaalla rakentamisen aikana on saavutettava oikeat sisäilmaolosuhteet ja oikea sisälämpötila rakenteiden kuivumista varten sekä tehtävä oikea tiivistys hukkalämmön minimoimiseksi. Työmaista on tärkeää luoda energiatehokas kokonaisuus. Rakentaminen ja lämmöntuotanto on yksi suurimmista CO₂-päästöjen lähteistä Suomessa, mikä edellyttää erilaisia toimenpiteitä päästöjen vähentämiseksi. Maalämmön käyttö rakentamisen aikaisessa lämmityksessä vähentää kiinteistön CO₂-elinkaari-päästöjä eli sen käyttö on yksi päästöjen vähentämistoimenpiteistä. Kiinteistön lämmittäminen Geolo järjestelmällä on päästötöntä, kustannustehokasta ja vastuullista.

Avainsanat: Rakennustyömaa, maalämpö, lämmitys, Geolo SRV Rakennus Oy

ESIPUHE:

Haluan kiittää Ari Pulkkia SRV Rakennus Oy:stä, Raksystems climate solutions Oy:tä, Janne Vanhasta ja Ville Turusta erinomaisesta Geolo-aiheesta ja tuesta opinnäytetyöprosessissa. Haluan myös kiittää opinto-ohjaajaani Kim Sköniä opinnäytetyön tuesta. Lopuksi haluan kiittää Fannya kieliopin avusta.

Sisällysluettelo

1	Johdanto	11
1.1	Toimeksiantaja	11
1.2	Työmaa.....	12
2	Työmaan lämmitys	13
2.1	Lämmitystarve.....	13
2.2	Lämmitys eri vuodenaikoina	14
2.3	Rakentamisen olosuhteet	15
2.4	Hukkalämpö	17
2.5	Aukkosuojaus	19
3	Rakentamisen ja lämmityksen päästöt	21
4	Työmaa-aikaisia lämmitysmenetelmiä	23
4.1	Öljylämmitys	23
4.2	Suorasähkö.....	25
4.3	Kaukolämpö	26
4.4	Maalämpö	27
4.4.1	Maalämmön teoria	27
4.4.2	Maalämpökaivo	28
4.4.3	Maalämpöpumppu	29
4.5	Vesi-ilmalämpöpumppu	30
5	Geolo-järjestelmä	32
5.1	Lämmityksen jakelu.....	36
5.2	Päästötön lämmitys.....	38
5.3	Soveltuvuus	38
5.4	Työmaa-aikaisen lämmityksen seuranta	40
6	Työmaan lämmityslaskuri	41
7	Pohdinta	42
8	Sammandrag på svenska	44
9	Lähdeluettelo	51
10	Liitteet	54

Kuvat

Kuva 1. Havainnekuva Matinkylän lukiosta.....	12
Kuva 2. Lämpötilan, kosteuden ja ilmavirtauksen vaikutukset tuotantoon ja työskentelyyn. Taulukossa on esitetty välittömiä muutoksia ja vaikutuksia. Välilliset laatuvaikutukset, kuten seuraavien käsittelykerrosten epäonnistuminen, ovat usein merkittävät.....	17
Kuva 3. Työmaaovi.....	19
Kuva 4. Aukkosuojaus työmaalla.....	20
Kuva 5. SRV-Hiilineutraaliuden tiekartta.....	22
Kuva 6. Heatmobile.....	24
Kuva 7. Lämpöpuhallin.....	25
Kuva 8. Lämpöpumpun toimintaperiaate.....	28
Kuva 9. Maalämpökaivo.....	29
Kuva 10. Geolo-asema.....	33
Kuva 11. Geolo kiinteistön pitkä elinkaari alkaa maan alta.....	35
Kuva 12. Geolon optimaaliset tuotanto-olosuhteet.....	36
Kuva 13. Lämpöletku, pikakytkentä venttiilit ja vesikiertoinen lämpöpuhallin	37
Kuva 14. Geolo-järjestelmän hallinta ja ohjaus.....	38
Kuva 15. Lämpöletkuista havaintoja työmaalta	39
Kuva 16. Työmaa lämmityslaskuri.....	41
Figur 17. Geolo	49

Taulukot

Taulukko 1. Keskilämpötila Espoossa vuosina 2021–2023.....	14
Taulukko 2. Sisätilojen suhteellinen kosteus (RH) riippuen ulko-olosuhteista sekä sisäolosuhteiden lämpötilasta ja kosteustuotosta.....	16

1 Johdanto

Rakentamisessa tulee ottaa huomioon monia asioita. Yksi tärkeä ja olennainen asia on koko rakennusvaiheessa olevan kiinteistön lämmitys. Lämmitysvaihtoehtoja on erilaisia ja ne eroavat esimerkiksi kustannustehokkuuden sekä ympäristöystävällisyyden kannalta.

Aloitimme opinnäytetyön suunnittelun yhdessä toimeksiantajayrityksen kanssa loppuvuodesta 2022. Opinnäytetyön toimeksiantajayritys on suomalainen rakennusyhtiö SRV Rakennus Oy. Pohdimme yhdessä talotekniikan päällikön kanssa, mikä olisi ajankohtainen sekä tärkeä aihe opinnäytetyölle. Päädyin tutkimaan maalämmön käyttöä rakennusaikaisena lämmitysmuotona. Työmaalla, jossa työskentelen opinnäytetyön kirjoittamisen aikana, on otettu juuri käyttöön Geolo lämmitysasema, jonka lämmitysmuotona toimii maalämpö ja vesi-ilmalämpö. Ympäristöystävällinen, päästötön, energiatehokas ja kustannustehokas lämmitysmuoto on hyödyksi niin ilmastolle, kuin rakennustyömaalle.

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia maalämpöä työmaan rakennusaikaisena lämmitysmenetelmällä. Maalämmön rakennusaikaiseksi lämmitykseksi mahdollistaa Geolo lämmitysasema. Työssä tutkitaan lämmitysaseman ominaisuuksia ja toimintaa.

Opinnäytetyön tarkoituksena on myös käydä läpi työmaan lämmitykseen liittyviä aiheita kuten sisäilman olosuhteita, hukkalämpöä ja rakentamisesta aiheutuvia päästöjä. Opinnäytetyössä vertaillaan myös muita mahdollisia työmaa-aikaisia lämmitysmuotoja.

1.1 Toimeksiantaja

Toimeksiantaja on Suomen Rakennus Vienti Oy eli SRV rakennus Oy, joka on suomalainen rakennusalan kehittäjä ja uudistaja. SRV on vuonna 1987 perustettu, Helsingin pörssissä listattu yhtiö, joka toimii kasvukeskuksissa Suomessa. SRV:n liikevaihto vuonna 2021 oli 932,6 miljoonaa euroa. SRV työllistää noin 1 000 henkilöä. (SRV Rakennus Oy, 2023)

1.2 Työmaa

Opinnäytetyössä käsitellään SRV:n työmaata, joka sijaitsee Espoon Matinkylässä. Matinkylään rakennetaan uusi lukio, johon tulee tilat noin 900 lukio-opiskelijalle. Rakennuksen laajuudeksi tulee yli 11 000 bruttoneliometriä. Rakennustyöt käynnistyivät Espoossa vuoden 2020 lopussa ja valmistumisajankohta on loppuvuodesta 2023. (SRV Rakennus Oy, 2023)

Toimin itse lukion työmaalla talotekniikan puolella LVI-projekti-insinööriharjoittelijana. Työtehtäviini kuuluu erilaisten LVI-töiden koordinointi ja työnjohdon avustaminen. Kuvassa 1 on havainnekuva Matinkylän lukiosta.



Kuva 1. Havainnekuva Matinkylän lukiosta. (SRV Rakennus Oy, 2023)

2 Työmaan lämmitys

Suunnitteluvaiheessa tulee jo miettiä työmaan lämmitysmuotoa rakentamisen aikana. Suomen sääolosuhteet vaativat tämän sään vaihtelevuuden vuoksi. Työmaan lämmityksellä tarkoitetaan sitä, että rakennettavaa rakennusta lämmitetään talviaikana sekä kesäaikana, jotta työn tekemiselle olisi mahdollisimman hyvät olosuhteet. Työmaiden lämmitysmuotoina toimivat tavallisesti öljylämmitys, sähkölämmitys ja kaukolämpö. Nyt uusi teknologia mahdollistaa myös maalämmön vaihtoehtoiseksi lämmitysmenetelmäksi rakennusaikaisessa vaiheessa. (SRV Rakennus Oy, 2023)

Huolellisesti suunniteltu työmaan lämmitys ja olosuhdehallinta ehkäisevät aikatauluviikeitä. Esimerkiksi rakennustyömaalla kuivaustyöt vaativat oikeanlaista lämpötilaa. Työmaan oikeanlainen lämmitys on myös tärkeää tulevaisuuden kannalta. Kun lämmitys on kunnossa, jälkikorjauksien määrä pienenee. (Renta Oy, 2022)

2.1 Lämmitystarve

Aina rakennettaessa uudisrakennusta, tulee ottaa huomioon, miten rakennus tullaan lämmittämään rakennustyön aikana. Tulee myös määrittellä, kuinka paljon lämmitykseen kuluu energiaa. Rakennustyömaan lämmitykseen kuluu aina enemmän energiaa verrattuna valmiiseen kiinteistöön, koska kiinteistön tiiveys on puutteellinen.

Lämmitystarvetta voidaan laskea siten, että verrataan rakennuksen sisälämpötilaa ulkona olevaan keskilämpötilaan. Tämän jälkeen suunnittelijat laskevat rakennuksen lämmitystarpeen rakenteiden lämmönläpäisevyyden avulla. Lämmitystarpeen määrään vaikuttaa esimerkiksi seinien materiaalit, ikkunat, katon materiaali ja muut rakennuksen eristeet. Rakennustyömaan lämmitysenergian tarvetta lisää vuotoilma, rakennuksen keskeneräinen tiiveys, materiaalien kuivatus ja korvausilman lämmittäminen. (SRV Rakennus Oy, 2023)

2.2 Lämmitys eri vuodenaikoina

Vuodenajalla on suuri merkitys rakennustyömaan lämmityksen kannalta. Esimerkiksi eri-vuodenaika voi määrittellä, kuinka paljon lämmitysenergiaa kuluu. (Pirinen, 2022)

Yleisesti voidaan puhua termisistä vuodenaajoista, jotka ovat talvi, kevät, kesä ja syksy. Nämä vuodenaajat määräytyvät kuukauden ja keskilämpötilan mukaan. (Ilmatieteen laitos, 2023)

- kevät alkaa, kun vuorokauden keskilämpötila nousee pysyvämmiin 0 asteen yläpuolelle
- kesä alkaa, kun vuorokauden keskilämpötila nousee pysyvämmiin +10 asteen yläpuolelle
- syksy alkaa, kun vuorokauden keskilämpötila laskee pysyvämmiin +10 asteen alapuolelle
- talvi alkaa, kun vuorokauden keskilämpötila laskee pysyvämmiin 0 asteen alapuolelle. (Ilmatieteen laitos, 2023)

Taulukosta 1 voidaan todeta, että vuonna 2022 jokaisen termisen vuodenaajan kesto on kolme kuukautta. Vuoden kahdestatoista kuukaudesta yhdeksän kuukauden ajalla keskilämpötila laski alle 10 celsiusasteen. Taulukko kertoo myös talven 2022–2023 olleen tavanomaisesti lauhempi kuin vuoden 2021–2022 vuoden talvi. (Ilmatieteen laitos, 2023)

Taulukko 1. Keskilämpötila Espoossa vuosina 2021–2023 (Ilmatieteen laitos, 2023)

	Keskilämpötila		Keskilämpötila		Keskilämpötila
Vuosi 2021	Espoossa °C	Vuosi 2022	Espoossa °C	Vuosi 2023	Espoossa °C
Tammikuu	-3,9	Tammikuu	-2,4	Tammikuu	-1,2
Helmikuu	-6,9	Helmikuu	-1,4	Helmikuu	-1,6
Maaliskuu	-0,2	Maaliskuu	0,5	Maaliskuu	-0,8
Huhtikuu	4,7	Huhtikuu	3,7	Huhtikuu	
Toukokuu	10,1	Toukokuu	9,5		
Kesäkuu	18,4	Kesäkuu	16,5		
Heinäkuu	20,6	Heinäkuu	17,9		
Elokuu	15,3	Elokuu	18,6		
Syyskuu	9,9	Syyskuu	9,6		
Lokakuu	8,4	Lokakuu	8,1		
Marraskuu	2,2	Marraskuu	3		
Joulukuu	-5,8	Joulukuu	-2,5		

Suomessa suurimman osan vuodesta rakennuksia pitää lämmittää, jotta ne pysyvät kunnossa. Termisen kesän aikana lämmitykselle ei ole tarvetta, mutta myös kesällä tulee huolehtia siitä, että ilmankosteus pysyy maltillisena. Näin rakennuksen rakenteet pysyvät

kuivina ja työskenteleminen rakennustyömaalla on viihtyisämpää. Kesälle voi olla tarvetta viilentää työmaata riippuen olosuhteista.

2.3 Rakentamisen olosuhteet

Yksi merkittävä tekijä, joka vaikuttaa rakentamisen olosuhteisiin on ilmankosteus ja rakennettavan rakennuksen sisälämpötila. Kun sisälämpötila ja sisäilmankosteus ovat kunnossa, materiaalit kuivuvat tehokkaasti ja nopeasti säästäten aikaa ja resursseja (SRV Rakennus Oy). Ihanteellinen sisälämpötila rakenteiden kuivumisen kannalta olisi noin 20 celsiusastetta. Suhteellinen ilmankosteus eli RH sisällä olisi korkeintaan 50 % (Rakentamisen, 2023)

Talvella sisätilojen lämpötilan nosto riittää pitämään sisäilman olosuhteet kunnossa ja kosteuden poissa rakenteista. Kesällä ja alkusyksystä ilmankosteus on korkealla, joka vaarantaa rakenteiden kuivumisajan pitkäksi. Estääkseen kuivumisajan pitkittymisen, pitää ottaa käyttöön koneellisia ilmankuivaajia tai kosteudenpoistajia. Ulkoilman kosteus on niin suuri, että tuuletus ei auttaisi. Keväällä ja loppusyksystä auttaa sisätilojen lämpötilojen nosto kuivumista, mutta tuuletusta olisi hyvä myös lisätä. (Rakentamisen, 2023)

Taulukosta 2 voidaan todeta kuinka eri lämpötilaerot ja kosteuserot vaikuttavat kosteustuotantoon.

Taulukko 2. sisätilojen suhteellinen kosteus (RH) riippuen ulko-olosuhteista sekä sisäolosuhteiden lämpötilasta ja kosteustuotosta. (Rakennustieto Oy, 2021)

Ulkona -15 °C ja RH 85 % = 1,2 g/m³	Kosteuslisä 0 g/m³	Kosteuslisä 3 g/m³	Kosteuslisä 6 g/m³
Sisällä 0°C	24	86	100
Sisällä 5°C	17	61	100
Sisällä 15°C	9	32	56
Sisällä 22°C	6	21	37
Ulkona 0 °C ja RH 95 % = 4,6 g/m³	Kosteuslisä 0 g/m³	Kosteuslisä 3 g/m³	Kosteuslisä 6 g/m³
Sisällä 0°C	95	100	100
Sisällä 5°C	67	100	100
Sisällä 15°C	36	59	83
Sisällä 22°C	24	39	55
Ulkona +20 °C ja RH 70 % = 12,1 g/m³	Kosteuslisä 0 g/m³	Kosteuslisä 3 g/m³	Kosteuslisä 6 g/m³
Sisällä 15°C	94	100	100
Sisällä 20°C	70	87	100
Sisällä 25°C	53	66	79
Sisällä 30°C	40	50	60

Työmaan vaipan tiivistäminen on edellytys hyviin sisäilmanolosuhteisiin ja materiaalien kuivumiselle. Tämä on tärkeä ottaa huomioon, kun rakenteita kuivatetaan ja lämmitetään. Kun rakenteita kuivatetaan, on hyvä ymmärtää, mihin rakenteista poistuva vesi menee. Kun rakenteita lämmitetään, kosteus voi siirtyä materiaaleista rakenteiden sisälle. Myös rakenteiden liiallinen kuivattaminen tulee ottaa huomioon, sillä muuten rakenteet saattavat halkeilla. (Rakennustieto Oy, 2021)

Kuvassa 2 nähdään miten eri lämpötilat vaikuttavat rakennusmateriaaleille ja olosuhteille.

Lämpötila	Tuotanto	Työskentely
25 °C	<p>Tarkastetaan materiaalien käyttölämpötilat. Materiaalien käyttölämpötilan yläraja voi olla 30 °C tienoilla.</p> <p>Laastien, maalien ja muiden pinnoitteiden sekä sauma-aineiden kuivuminen tai kemialliset reaktiot ovat nopeampia.</p> <p>Tuuli lisää veden haihtumista betonipinnoilta. Huolehditaan jälkihoidosta.</p>	<p>Jälkihoidon merkitys korostuu. Työtä rytmitetään auringon paisteen aiheuttaman lämmön mukaan aloittaen länsisivulta pohjoissivun kautta itäisivulle.</p> <p>Työnantajan velvollisuutena on huolehtia, että työpaikan lämpötila pysyy alle +28 astetta. Jos työpaikan lämpötila toimenpiteistä huolimatta ylittää +28 °C, on lisättävä taukojen määrä.</p> <p>Auringon säteilyltä suojaudutaan sopivalla työvaatetuksella ja suojakertoimilla.</p>
20 °C	<p>Sisäilman tavoitteelliset kuivumisolosuhteet saavutetaan lämpötilaltaan +20 °C:ssa ja ilmakosteudeltaan 50 % RH.</p>	
10 °C	<p>Useiden pinnoitteiden, tasoitteiden ja maalien alin käyttölämpötila on +10 °C.</p>	<p>Otetaan huomioon kondensiovaara: kostea ilma tiivistyy helposti kylmille pinnoille ja aiheuttaa liukastumisvaaran.</p>
5 °C	<p>Materiaalien, rakenteiden ja liittymäpintojen alin lämpötilaraja on +5 °C jäähtymisen ja jäähtymisen estämiseksi.</p> <p>Laastien, maalien ja muiden pinnoitteiden ja sauma-aineiden kuivuminen ja kemialliset reaktiot ovat hitaampia. Monen materiaalin ehdoton alin käyttöraja on +5 °C.</p>	<p>Työskentelyssä alkaa ilmetä kylmähaittoja alle 10 °C lämpötiloissa. Huolehditaan suojavarusteista.</p>
0 °C	<p>Materiaaleissa (betoni, laasti, maali) oleva vesi alkaa jäätymään. Veden jäätyminen rakenteen pintaan voi aiheuttaa vaurioita. Rakenteen laatu saattaa heiketä ja betonin säilyvyysominaisuuden huonontua kylmän sään seurauksena. Tuuli lisää pakkasen purevuutta.</p> <p>Huolehditaan suojauksesta ja lämmöneristyksestä.</p>	<p>Tuuli lisää pakkasen purevuutta. Palletumat ovat todennäköisempiä, joten riittävästä suojavaatetuksesta tulee huolehtia. Eriksään huomioon otettava asia on maan jäätyminen, joka voi aiheuttaa vaurioita rakenteisiin sekä työturvallisuusriskin maapohjan kantavuuden takia. Jäätyneen maan varaan ei saa rakentaa (saloajat, putket, perustukset) eikä jäätyneitä maa-aineksia saa käyttää täytöissä. Huolehditaan, että kulutetut eivät ole liukkaat.</p> <p>Varmistetaan</p> <ul style="list-style-type: none"> - maapohjan kantavuus - kuluteiden liukkauden esto - kalvantojen sulana pysyminen - suojavarusteet kylmää vastaan
-10 °C	<p>Alle -10 °C tarkistetaan kaluston kestävyys. Huolehditaan, että materiaaleissa oleva vesi ei jäädy.</p> <p>Materiaalien viskositeetti laskee ja mm. taivutusarvo ilman murtumista kasvaa kylmyyden vaikutuksesta.</p> <p>Lämpölaajeneminen asennuksen jälkeen voi aiheuttaa ongelmia, jos asennus on tehty kylmässä ja riittävästä toleransseista ei pidetä huolta.</p>	<p>Pakkasen rasittaa kalustoa mm. hydraulisten nesteiden jäähdytyksessä. Kalustoon ja työvälineisiin tarttuva lumi jäätyy ja voi vaikeuttaa tai estää käyttöä. Suojauksiin, lumityöhön ja pukeutumiseen kuluu työaika.</p>

Kuva 2. Lämpötilan, kosteuden ja ilmavirtauksen vaikutukset tuotantoon ja työskentelyyn. Taulukossa on esitetty välittömiä muutoksia ja vaikutuksia. Välilliset laatuvaikutukset, kuten seuraavien käsittelykerrosten epäonnistuminen, ovat usein merkittävät. (Rakennustieto Oy, 2021)

2.4 Hukkalämpö

Työmailla syntyy aina hukkalämpöä. Hukkalämmöllä tarkoitetaan lämpöenergiaa, joka karkaa rakenteiden läpi johtumalla ja vuotamalla. Työmailla on yleistä, että lämpöenergiaa menee ikkunoiden ja oviaukkojen kautta ulos, sillä lopullisia ikkunoita tai ovia ei ole vielä asennettu. Hukkalämmön seurauksena lämmityskustannukset nousevat.

Hukkalämpö on yleinen ongelma rakennustyömailla johtuen rakennustyömaan kesken-eräisistä tiivistyksistä sekä eristyksistä. Lämmitys on välttämätöntä rakenteiden kuivumisen kannalta. Lämmitys vaikuttaa myös työmaalla työskentelevien viihtyvyyteen. Kun rakennustyömaata lämmitetään, merkittävä määrä lämpöenergiaa voi kadota ulos huonon tiivistyksien takia. Rakennusaikaisissa ikkunoissa ja ovissa saattaa olla suurehkojakin rakoja ja aukkoja. Tämä voi johtaa useisiin haasteisiin, kuten energiakustannusten nousuun, työntekijöiden viihtymiseen, työtehokkuuteen ja materiaalien kuivumisaikaan.

Yksi merkittävä tekijä hukkalämpöhäviöön on rakennustyömaiden ikkunoiden ja ovien huono tiivistys kehyksissä tai reunoissa. Kun ikkunoita ja ovia ei ole tiivistetty kunnolla, muodostuu aukkoja ja rakoja, joista lämpö pääsee poistumaan rakennustyömaalta. Tämä voi olla ongelma erityisesti kylmällä säällä, kun lämpötilaero rakennuksen sisätilojen- ja ulkoilmojen välillä on suurta. Tämän kaltaisen hukkalämpöhäviön estämiseksi on tärkeää varmistaa, että ikkunat ja ovet on tiivistetty kunnolla tiivistys materiaaleilla.

Toinen syy hukkalämpöhäviöön rakennustyömaalla on ulko-ovien huonosti sulkeminen. Lämpö pääsee poistumaan rakennuksesta, mikä nostaa energian kustannuksia ja lämmitystarvetta. Tämän takia ulko-ovet pitää olla varustettuna jousella, jotta ne menevät varmasti kiinni. (SRV Rakennus Oy, 2023)

Kuvassa 3 on työmaan kulkuovi, joka on tehty puusta ja vanerilevystä. Kuvasta näkee, että oven ja ovirungon väliin jää ilmarako, josta syntyy ilmavuoto.



Kuva 3. Työmaaovi. (Strandberg, 2022)

2.5 Aukkosuojaus

Työmaan aukkosuojat ovat suunniteltu suojaamaan sisätiloja ulkoa tulevalta kylmältä ilmalla. Ne voidaan asentaa esimerkiksi työmaan oviaukkoihin tai ikkunoihin estämään lämpöhäviötä ja pitämään lämpötila sisällä mukavana.

Työmaa aukkosuojien valmistuksessa käytetään usein perinteisiä rakennusmateriaaleja, kuten vaneria, muovia ja styroxia, jotka ovat kestäviä materiaaleja. Aukkosuojat voidaan valmistaa eri kokoisiksi tarpeiden mukaan. Aukkosuojat eivät ole yhtä energiatehokkaita verrattuna lopulliseen oveen tai ikkunaan, mutta ne ovat suuri energiasäästömenetelmä työmaan rakennusvaiheessa.

Aukkosuojien käyttö auttaa säästämään lämmityskustannuksissa ja parantamaan työmaan sisäilman laatua. Niiden avulla voidaan myös lisätä työturvallisuutta, koska ne auttavat estämään esimerkiksi lumisateen tai tuulen pääsyn sisätiloihin. On huolehdittava siitä, että aukkosuojat ovat kunnolla paikoillaan ja että ne ovat tarpeeksi vahvoja kestämään ulkoilman ja mahdollisia huonoja sääolosuhteita. On myös tärkeää tarkistaa säännöllisin väliajoin työmaan ollessa rakennusvaiheessa, että aukkosuojat ovat kunnossa, muoveissa ei ole reikiä tai turhia ilmarakoja, joista sisätilan lämpö voisi vuotaa ulos. (SRV Rakennus Oy, 2023)

Kuvassa 4 on aukkosuoja työmaan ikkunassa. Aukkosuojan runko on tehty puusta ja suo-
jauksen materiaali on muovia



Kuva 4. Aukkosuojaus työmaalla. (Strandberg, 2023)

3 Rakentamisen ja lämmityksen päästöt

Rakentaminen on yksi suurimmista kasvihuonepäästöjen aiheuttajista. Se vaikuttaa merkittävästi ilmastoon ja ympäristöön. Koko rakennuksen elinkaaren aikana syntyy päästöjä. Siksi on tärkeää jo suunnittelu- ja rakennusvaiheessa ottaa huomioon energiaa käyttö, energiatehokkuus ja käytettävät materiaalit. Rakentamisen päästöjä syntyy jo perusmateriaalien valmistuksessa ja materiaalien toimituksessa. Esimerkiksi hiilidioksidia syntyy betonin valmistuksen aikana ja kuljetuksen aikana. (Khaleel, 2021)

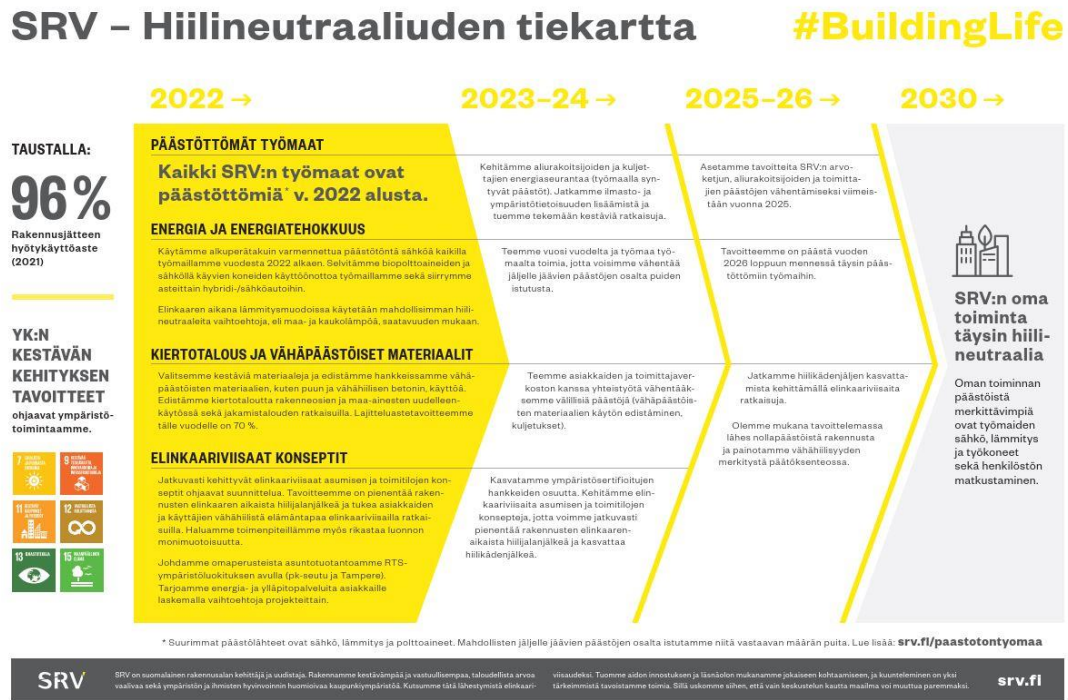
Kuten Ympäristöministeriö antaa ymmärtää, Suomessa rakennettu ympäristö aiheuttaa kolmanneksen Suomen kasvihuonekaasupäästöistä. Onneksi on olemassa useita keinoja rakentamiseen liittyvien päästöjen vähentämiseksi. Oikeiden rakennusmateriaalien valinta on ratkaisevan tärkeää. On hyvä suosia vähähiilisiä materiaaleja. Myös rakennuksen energiatehokkuus vähentää rakennuksen päästöjä. Vähemmän energiaa kuluttavat rakennukset tuottavat vähemmän päästöjä pienemmän energiankulutuksen seurauksena. (Ympäristöministeriö, Kysymyksiä ja vastauksia vähähiilisestä rakentamisesta, 2023)

Fossiilisten polttoaineiden ympäristöongelmat ovat kasvihuonekaasut, jotka vapautuvat ilmakehään erilaisten fossiilisten polttoaineiden käytön seurauksesta. Yksi ensisijaisista päästöjen lähteistä on fossiilisten polttoaineiden kuten hiilen ja öljyn polttaminen. Kun näitä polttoainetta poltetaan, ne vapauttavat hiilidioksidia (CO₂) ja muita kasvihuonekaasuja ilmakehään. Nämä kaasut vangitsevat lämpöä auringosta, jonka seurauksena maapallon lämpötila nousee. (Renewa, 2023)

Lämmitysenergian tuotanto lisää hiilidioksidipäästöjä. Tämän takia pitää rakentaa energiatehokkaasti, jolloin lämmityspäästöt vähenevät. Myös lämmitysmuodon vaihtamalla uusiutuvaan energialähteeseen kuten maalämpöön tai tuottamalla itse sähköä esimerkiksi aurinkopaneeleilla, lämmityspäästöjä voidaan vähentää (Energiauutiset.fi, 2023)

SRV:n rakennustyömaat ovat vuodesta 2022 lähtien päästöttömiä eli hiilineutraaleita. Tähän on päästy käyttämällä uusiutuvia energianlähteitä kuten maalämpöä rakennusajaisena lämmitystapana, päästöttömä sähköä ja biopolttoaineita työkoneissa ja työmaalla käytettävissä työvälineissä. Jäljelle jäävien päästöjen osalta istutetaan puita, joiden avulla saavutetaan työmaiden hiilineutraaliuus. (SRV, Päästötön työmaa, 2023)

SRV on laatinut myös hiilineutraaliuden tiekartan, joka näkyy kuvassa 5. Kartta kertoo millä keinoilla ja ohjeilla päästään yrityksen hiilineutraaliuden tavoitteisiin vuonna 2030. Kartta kertoo myös välitavoitteita hiilineutraaliuden saavuttamiseksi.



Kuva 5. SRV-Hiilineutraaliuden tiekartta. (SRV, Hiilineutraaliuuden tiekartta, 2023)

SRV:llä käytetään termiä elinkaariviisaus. Elinkaariviisaasti rakennetaan, kun kuunnellaan asiakkaita ja muita sidosryhmiä. Elinkaariviisaus koostuu monesta tekijästä kuten materiaalien valinnoista ja ympäristön huomioimisesta. Elinkaariviisautta ajatellen pyritään myös tekemään energiatehokkaita- ja kestäviä ratkaisuja sekä kierrättämään materiaaleja ja mahdollisesti hyödyntää niitä uudelleen itse. Yhteistyökumppaneiden kanssa rakennamme uudenlaista, ilmastonmuutoksen selättävää todellisuutta rakennuksilla (SRV, toiminta täysin päästöttömäksi vuoteen 2030 mennessä – hiilineutraaliuden tiekartta ohjaa yhtiön toimintaa, 2022).

4 Työmaa-aikaisia lämmitysmenetelmiä

Rakennustyömaan lämmitykseen voi käyttää erilaisia menetelmiä kuten polttoöljyä, suorasähköä ja kaukolämpöä. Uutena työmaan lämmitysmenetelmänä on maalämpö. Näitä kaikkia lämmitysvaihtoehtoja on verrattava työmaan tarpeiden ja niiden käytännöllisyyden mukaan sekä taloudellisesta näkökulmasta. Lämmitysvaihtoehtojen saatavuus rakennustyömailla saattaa vaihdella esimerkiksi johtuen niiden sijainnista.

4.1 Öljylämmitys

Öljylämmitystä on käytetty työmailla lukuisia kertoja helpon asennuksen kannalta sekä helpon siirrettävyyden kannalta. Öljylämmitys toimii työmaalla siten, että tietyltä kalustovuokraajayritykseltä vuokrataan lämmitin työmaalle tarvittavien tehojen mukaan. Kun lämmitin tulee työmaalle, se asennetaan paikoilleen ja kytketään sähköihin. (Pirinen, 2022)

Öljylämmityskalustoa on tarjolla monenlaista. Esimerkiksi yritys Ramirent Oy tarjoaa pieniä 15 kW tehoisia öljylämmittimiä sekä suuria lämpökontteja, jotka tuottavat 620 kW lämpöä. On hyvä miettiä, minkälainen öljylämmityskalusto sopii parhaiten työmaalle.

Kuvassa 6 on öljylämmitin nimeltä Heatmobile, joka on yleinen rakennustyömailla. Sen teho on 195 kW ja ilmanvirta 13350 m³/h. Laitteen maksimaallinen kulutus on 21 l/h ja laite sijaitsee ulkona rakennuksesta. Laitteessa on kytkentäletku, joka vie lämpöä rakennuksen sisälle, josta lämpöä puhaltuu rakennukseen. Heatmobile toimii huonetermostaatin avulla. Huonetermostaatti säädetään haluttuun lämpötilaan ja laite pyrkii lämmittämään huoneen kyseiseksi halutuksi lämpötilaksi. (Ramirent, Lämpökontti, 2023)



Kuva 6. Heatmobile (Ramirent, 2023)

Pitkällä aikavälillä öljylämmityksen kustannukset saattavat kasvaa korkeiksi eli taloudellista kannattavuutta olisi hyvä miettiä. Polttoöljyllä lämmittäminen tuottaa hiilidioksidipäästöjä eli tämä ei ole ympäristöystävällisin lämmitysvaihtoehto. (Pirinen, 2022)

Neste Oy tarjoaa uusiutuvaa polttoöljyä, joka on huomattavasti ilmastoystävällisempää kuin perinteinen polttoöljy. Neste Oy:n Tempera nimisen polttoöljyn hinta on 1,49 €/l 19.1.2023. (Neste, 2023) Neste Oy:n uusiutuvan polttoöljyn hinta on 1,67 €/l (Nesteen asiakaspalvelu 31.3.2023). Polttoöljyn päästökerroin on 265 kg CO₂/MWh (Sitra, 2021)

Polttoöljyn lämpöarvo on 10 kWh/litra (bioenergianeuvoja, 2023). Polttoöljyn hinta yksikössä euro/kWh lasketaan kyseisellä kaavalla.

$$\frac{1,49 \text{ e/l}}{10 \text{ kWh/l}} = 0,149 \text{ e/kWh}$$

4.2 Suorasähkö

Yksi yleisin lämmitysmuoto työmailla on sähkölämmitys. Rakennustyömaan kokonaislämmitykseen tarkoitettuja sähkölämmittimiä ei ole saatavilla. Sähköverkostosta ei aina ole saatavilla riittävän suurta sähkövirtaa kokonaisen työmaan lämmittämiseen. Sähkölämmittimet ovat kuitenkin luotettavia, helppokäyttöisiä ja niitä on helppo hankkia. Sähkölämmittimiä käytetään työmailla lähes päivittäin erilaisiin tehostuskuivatuksiin ja tietyn alueen lämmityksiin. (Pirinen, 2022)

Kaluston vuokraajan nettisivuilla on nähtävillä eri tehoisia sähkölämmittimiä. Vuokraajalta löytyy ainakin 3–36 kW tehoisia sähkölämmittimiä. (Ramirent, 2023)

Kuvassa 7 on tyypillinen työmailla käytettävä sähköinen lämpöpuhallin. Kuvan lämpöpuhallinta käytetään kuivatus-, -lämmitys- ja tuuletustehostuksiin. (Ramirent, 2023)



Kuva 7. Lämpöpuhallin. (Ramirent, 2023)

Sähkölämmityksen ympäristöystävällisyys riippuu sähkön tuotannosta. Sähkön tuotanto voi olla lähes päästötöntä tai päästöllistä. Laskennallisia päästöttömiä sähkön tuotantotapoja ovat aurinko-, tuuli-, vesi- ja ydinvoima. (Fingrid, 2023)

Suomen sähköjärjestelmän keskiarvo päästökertoimet olivat vuonna 2022

- 55 g CO₂/kWh Sähköntuotanto
- 60 g CO₂/kWh Kulutetun sähkö osalta suomessa

(Fingrid, 2023)

4.3 Kaukolämpö

Kaukolämpö toimii siten, että maan alla kaukolämpöputkissa kulkee lämmintä vettä ja vesi kulkeutuu putkiverkoston avulla suoraan kiinteistöön. Menovesi kiinteistöön on aina lämpimämpää kuin paluuvesi kiinteistöstä. (Pirinen, 2022) Lämpölaitos vaatii tiettyä jäähtymistä kaukolämpövedelle kiinteistössä, jotta paluuvesi on tarpeeksi viileää ja johdumishäviöt heidän verkostossansa pienenevät (SRV Rakennus Oy 2023). Paluuvesi palautuu kiinteistöstä voimalaitokseen uudelleen lämmitettäväksi. Kaukolämpöverkosto kytketään kiinteistön omaan kaukolämmön jakokeskukseen, joka jakaa lämpöä oman lämmitysjärjestelmän kautta. (Pirinen, 2022)

Kaukolämpöä voidaan käyttää työmaa lämmittämiseen myös silloin, kun sitä rakennetaan. Työmaan tulee sijaita kaukolämpöverkoston palvelualueella, jotta on mahdollista käyttää kaukolämpöä lämmittämiseen. Työmaan lämmittämiseksi kaukolämpö vaatii lämmönjakokeskuksen. (Pirinen, 2022)

El-Björniltä löytyy työmaan lämmityskäyttöön sopivia lämmönvaihtimia, joita voi käyttää kaukolämpöverkostossa. Lämmönvaihtimia on erilaisia ja eri tehoisia. Alin teho lämmönvaihtimelle on 50-200kW ja ylin teho lämmönvaihdin on 800-1600kW. (El-Björn, 2023)

Kaukolämmön liittymismaksu vaihtelee toimijan mukaan. Esimerkiksi Fortumilla liittymismaksut määräytyvät kiinteistön lämmityshuipputehon mukaan, joka vaihtelee alle

25kW ja yli 350kW ja myös näiden lukujen välillä. Muita liittymismaksun vaikuttavia tekijät ovat tarvittavien putkitöiden tekeminen, miten kaukana kaukolämpö verkosto sijaitsee kiinteistöstä. (Fortum, 2023)

Kaukolämmön hinta tällä hetkellä rakennustyömaan lämmitykseen on 77,50 €/MWh 2.2.2023. Fortumin kaukolämpö rakennustyömaan lämmitykseen on tuotettu uusiutuvilla energialla. (Fortum, 2023) Kaukolämmön päästökerroin on 158 kg CO₂/MWh (Motiva, 2023)

4.4 Maalämpö

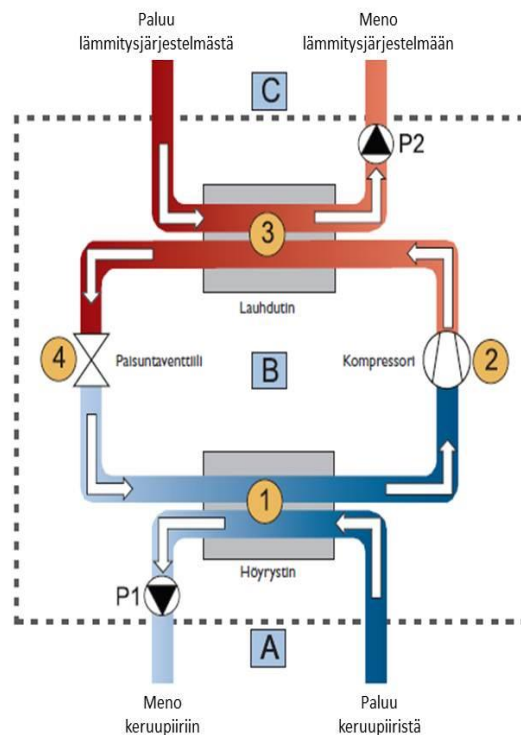
Maalämpö on lämmitysjärjestelmä, jonka toiminta perustuu maaperään ja kallioon varastoituneeseen energiaan. Energiaa varastoituu auringon säteilystä sekä maapallon ytimen hehkuvasta lämmöstä. Maalämpöä hyödynnetään lämmitysjärjestelmänä eri kiinteistöissä. Maalämpöä voidaan myös käyttää viilentämiseen kesäisin. Maalämpöjärjestelmä koostuu eri osista kuten maalämpöpumpusta, energiakaivosta ja muista lämpöpaketin putkistoista ja venttiileistä. Maalämpö on energialähteenä uusiutuva ja se ei aiheuta hiilidioksidipäästöjä. (Tom Allen Senera Oy, 2023)

4.4.1 Maalämmön teoria

Maalämpöä hyödynnetään poraamalla kaivo, jota kutsutaan energiakaivoksi. Energiakaivoissa on lämmönkeruuputkisto, jossa kiertää lämmönkeruuneste. Neste koostuu 70 % vedestä ja 30 % bioetanolista. Kun neste kiertää maanpinnasta alas kaivoon neste lämpee noin 2-5astetta maaperän lämmön takia. Lämmitetty neste nousee ylös kaivosta ja menee lämpöpumpun höyrystimeen, jossa se luopuu lämmöstään, minkä on kerännyt energiakaivosta. Tämän jälkeen neste palaa alas energiakenttään. Lämpö, joka on siirtynyt höyrystimeen maakentästä, siirtyy höyrystimen avulla lämpöpumpun kylmäaineeseen, jonka ansiosta kylmäaine lämpee ja muodostaa kaasua. Kylmäaineesta syntynyt kaasu siirtyy siitä kompressorille, joka nostaa kaasun paineen ja sen lämpötilan. Lämmi-

tetty kaasu siirtyy lauhduttimelle, jossa se luovuttaa lämpönsä kiinteistön lämmitysjärjestelmään kuten lattialämmitykseen tai muuhun vesikiertoiseen lämmönlähteeseen. Kylmäaineen lauhtuessa se palaa takaisin nestemäiseen muotoon ja kulkeutuu paisuntaventtiilille ja sitten takaisin höyrytimelle ja kierto alkaa uudestaan. (Thermia, 2023)

Kuvassa 8 on maalämpöpumpun toimintaperiaate yksinkertaistettuna.



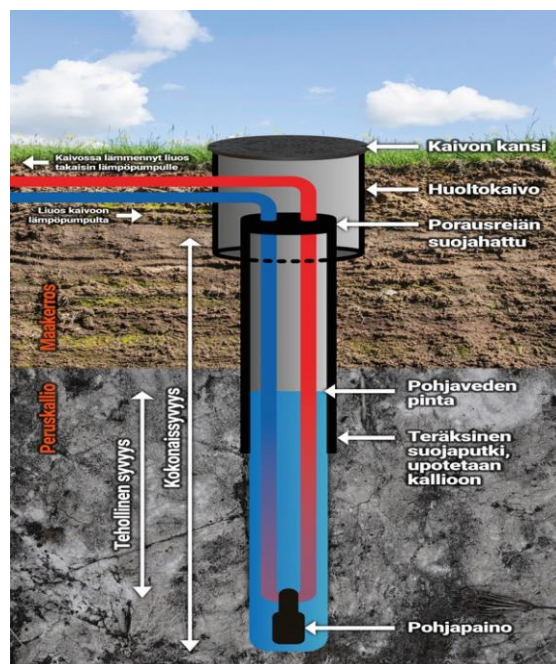
Kuva 8. Lämpöpumpun toimintaperiaate. (Suova, 2012)

4.4.2 Maalämpökaivo

Maalämmön energialähde on maalämpökaivo eli energiakaivo, joka porataan maaperään. Energiakaivon syvyys vaihtelee tarpeiden mukaan, mutta yleisesti ne ovat 150–350 metriä syviä. Kaivon laitetaan lämmönkeruuputkisto, jonka sisällä on vedestä ja etanolista tehty seos kuten opinnäytetyössä mainittiin aiemmin. Etanolia lisätään nesteeseen, jotta seos ei jäätyisi edes kovilla pakkaskeleillä. Energiakaivoja voi myös tehdä vaakaan eikä pysty suoraan. (Thermia, 2023)

Maalämpökaivoja voidaan mitoittaa tehon tai energiatarpeen mukaan. Siihen tarvitaan rakennuksen lämmityksen- ja jäähdytyksen energiatarve. Lisäksi mitoitusta varten tarvitaan tietoa maaperästä. Tarvittavia tietoja ovat maan lämmönjohtavuus, pohjavesi sekä kivi- ja maalajit. Energiakaivon tehomitoituksessa voidaan käyttää nyrkkisääntönä 30 wattia metriltä. Maalämpökaivot tulisi suunnitella niin, että ne kestävät yli 50 vuotta. Kaivojen elinikään vaikuttavat, ovatko kaivot alimitoitettu ja ylikuormitetaanko kaivoihin koostuvaa lämmönottoa. Nämä kaksi asiaa heikentävät kaivon elinikää ja edistävät kaivojen jäätymisvaaraa. Jos maalämpökaivossa oleva vesi jäätyy, niin keruuputkisto puristuu kasaan johtuen siitä, että jäässä oleva ominaistilavuus on 10 % suurempi kuin vedessä. Tämän jälkeen kaivokenttävirtaus estyy ja käytännössä pitää porata uudet energiakaivoreiät. Jos kohteessa käytetään jäähdytystä, se edistää kaivojen energialatausta, joka tarkoittaa, että kaivojen keskilämpötila nousee. (Purhonen, 2016)

Kuvassa 9 on havainnekuva maalämpökaivosta.



Kuva 9. maalämpökaivo (kaivonporaus, 2023)

4.4.3 Maalämpöpumppu

Maalämpöjärjestelmän tärkein osa on maalämpöpumppu, koska sen avulla kertynyt lämpö siirtyy maaperästä kiinteistöön. Maalämpöpumppujen koot ja tehot vaihtelevat

kiinteistön tarpeiden mukaan. Maalämpöpumput ovat energiatehokkaita ja niillä on korkea hyötysuhde verrattuna muihin lämmityslaitteihin.

Hyötysuhteelle käytetään nimeä COP (Coefficient of Performance), joka tarkoittaa hetkellistä hyötysuhdetta. Hetkellinen hyötysuhde saavutetaan harvoin, koska se on suoritettu laboratoriomittauksissa. On myös toinen tapa mitata lämpöpumpun hyötysuhdetta, joka on vuosihyötysuhde nimeltään SCOP (Seasonal Coefficient of Performance). Tämä vuosihyötysuhdelukema on paljon tarkempi ja uskottavampi kuin hetkellinen hyötysuhdelukema. Nämä molemmat hyötysuhdelukemat kertovat, kuinka paljon lämpöenergiaa lämpöpumppu pystyy tuottamaan yhteen kilowattituntia (kW/h) kohden. Esimerkiksi kun SCOP on neljä niin lämpöpumppu tuottaa 1 kW/h → 4kW lämpöä. Näin saadaan 3kW ilmaista energiaa. (Tom Allen Senera Oy, 2023)

Maalämpö mitoitetaan yleensä osatehoiseksi, koska osatehoinen järjestelmä kattaa yleensä 98 % vuoden tarvittavasta lämmitysenergiasta. Kovien pakkasien aikana tarvitaan enemmän lämmitysenergiaa. Maalämpöjärjestelmän voi yhdistää muihin lämmitysmuotoihin kuten kaukolämpöön tai suorasähköön. Lisälämmitystapojen avulla saadaan tuotettua loput tarvittavasta lämmitysenergiasta. (Tom Allen Senera Oy, 2023)

4.5 Vesi-ilmalämpöpumppu

Vesi-ilmalämpöpumpun toiminta ei eroa huomattavasti edellisessä kappaleessa kerrotun maalämpöpumpun teoriaan. Ainoa vesi-ilmalämpöpumpun energialähde on ulkoilma, kun maalämpöpumpun energialähde on maalämpökaivo. Vesi-ilmalämpöpumpussa on yleisesti ulko- ja sisäyksikkö.

Vesi-ilmalämpöpumpulla lämmittämiseen riittää suurimman osan vuodenaikasta ulkoilman lämpötila, mutta kovien pakkasten aikana pitää turvautua sähkövastuksen lisälämmitykseen. Vesi-ilmalämpöpumppu on ympäristöystävällinen. Vesi-ilmalämpöpumput jakautuvat kahteen eri toimintaryhmään, jotka ovat monoblock ja split. (Tom Allen Senera Oy, 2023)

Split-toiminnassa kylmäkierto on sisä- ja ulkoyksikön välillä, kylmäaine kiertää näiden kahden yksiköiden välissä. Monoblock-toiminnassa kylmäteknikka on kohdistettu ulkoyksikköön, lämpimän veden piiri käy vain ulkoyksikön kautta lämpenemässä. (Elomäki, 2022,) Vesi-ilmalämpöpumppu pystyy tuottamaan yhtä kilowattituntia (kW/h) kohden 2–5 kWh lämpöä riippuen ulkoilman lämpötilasta. (Lämpöpartio, 2022)

5 Geolo-järjestelmä

Tämä luku kertoo opinnäytetyön sydäimestä ja siitä, miksi aihetta alettiin tutkimaan. Geolo-järjestelmä toimii rakennusaikaisena lämmitysjärjestelmänä Matinkylän lukion työmaalla käyttäen maalämpöä ja vesi-ilmalämpöä. Luvussa puhutaan myös Geolo-järjestelmän kokonaisuudesta, johon kuuluu työmaalämmityksen lisäksi monia muita elementtejä. Näitä ovat esimerkiksi olosuhdehallinta, raportointi, lämmitysjakelujärjestelmän rakentaminen, hukkalämmön esto toimenpiteet ja koordinointi.

Matinkylän lukion työmaalla on otettu käyttöön syyskuussa 2022 Geolo-järjestelmä, joka on eräänlainen maalämpökeskus. Siinä on yhdistetty vesi-ilmalämpöpumput ja maalämpöpumput. Tämä järjestelmä toimii rakennusaikaisena lämmitysmuotona työmaalla. Geolo-järjestelmä on uusi innovaatio Raksystems Oy:ltä ja heidän yhteistyökumppaneiltaan.

Aikaisemmin ei ole ollut mahdollista hyödyntää maalämpöä rakennustyömaan lämmittämiseen, koska tarvittavaa kalustoa ei ollut saatavilla. Geolo-järjestelmä lanseerattiin Matinkylän lukion työmaalla ja on toiminut siitä asti erinomaisesti. Geolon lämmitystä on tarkoitus hyödyntää työmaalla tarpeen mukaan ja luopua siitä, kun valmiin rakennuksen lämmitysjärjestelmä voidaan ottaa käyttöön.

Pelkän maalämmön hyödyntäminen kiinteistön omalla maalämpö kentällä ei ole mahdollista suuremman lämmitys energiatarpeen takia rakennusaikaisessa lämmityksessä. Maalämpöpiiri voi jäähtyä ja pahimmassa tapauksessa jäätyä ylikuormituksesta. Geolon käyttämä teknologia mahdollistaa turvallisen maalämpökaivojen hyödyntämisen, koska järjestelmä on hybridi eli se hyödyntää ulkoilmaa lämmittämiseen maalämpökaivojen lisäksi.

”Geolo-kokonaisratkaisu voitti toimialan Euroopan suurimman EHPA:n järjestämän kilpailun innovaatiokategorian 28.9.2022.” (Raksystems Oy, 2023)



Kuva 10. Geolo-asema (Strandberg 2023)

Kuvassa 10 on Geolo-asema työmaalla kuljetuskontin sisällä. Geolo asemaan sisältyy maalämpö, vesi-ilmalämpöpumput sekä muut lämpöaseman laitteet. Kuvassa oleva kontti on osa suurempaa Geolo-järjestelmän kokonaisuutta. Ennen Geolo-aseman saapumista työmaalle, tulee miettiä tarkkaan paras sijainti kontille. Geolo-asema sijaitsee työmaalla mahdollisesti monia kuukausia, joiden aikana sen siirto on työlästä. Työmaalla on tarkasti rajatut alueet, joiden sisällä tapahtuu erilaista logistiikka- ja rakennustöitä. Paras keino selvittää sijainti kontille, on lukea työmaan asemapiirustusta. Kun Geolo-asema on sopivassa paikassa työmaalla, se kytketään putkien avulla kiinteistön energiakaivoihin sekä sähköihin. Kun väliaikainen vesikiertoinen lämmönjakojärjestelmä on rakennettu, kytetään Geolo-asema siihen.

Geolo-aseman toiminta perustuu maa- ja vesi-ilmalämpöpumpun toimintaan. Molempia näitä voi myös käyttää samanaikaisesti. Vesi-ilmalämpöpumppuja säädetään ulkolämpötilan mukaan, jotta saadaan paras hyötysuhde. Maalämpöpumppu toimii energiakaivojen antaman hyötysuhteen mukaan. Geolo-asemaa ohjataan etähallintasovelluksen avulla. Jos Geolo-järjestelmä havaitsee ongelman, tulee tästä ilmoitus etähallintaohjelmaan ja siihen pystytään reagoimaan tarpeen mukaan.

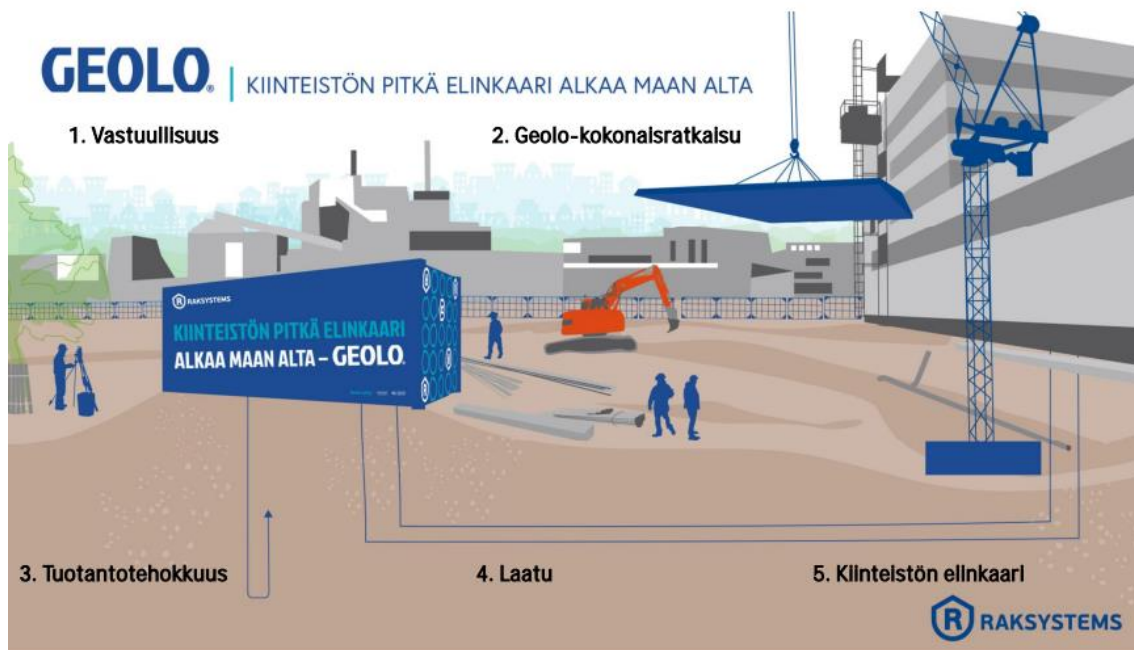
Lämmittämisen lisäksi Geolo-järjestelmällä voidaan myös viilentää, jos rakennustyömaan sisätilojen olosuhteet vaativat sitä. Samalla kuin Geolo-asemalla viilennetään rakennusta, energiakaivoon latautuu energiaa, jota voidaan hyödyntää myöhemmin viileän sään aikana.

Geolo-järjestelmän kokonaisuuteen kuuluu myös raportointia, sisäilman seuranta ja hukkalämmön estotoimintoja kuten oviverhokoneiden käyttöä ja työmaan vaipan tiivistysraportteja. Kokonaisuuteen kuuluu myös ilmanpuhdistajia, jotka puhdistavat pölyä ja muita epäpuhtauksia sisäilmasta. Monet anturit rakennuksen sisällä raportoivat pölyn määrästä, kosteudesta ja lämpötilasta.

Matinkylän lukion työmaa-aikainen lämmitys oli alun perin mitoitettu osatehoiseksi. Lisälämmöksi oli tarkoitus ottaa kaukolämpö, koska kiinteistön lopullinen lämmitysjärjestelmä käyttää myös kaukolämpöä lisälämpönä. Tälle lisälämmölle ei kuitenkaan ollut tarvetta, sillä Geolo-järjestelmän lämmöntuotto ylitti odotukset ja se pystyi lämmittämään työmaata jopa kovien pakkasten aikana. Vuoden 2022–2023 talvi on ollut myös lauha ja kovat pakkaset ovat olleet lyhyitä, joiden on ansiosta ei ole ollut isoa lämmitystehon tarvetta.

Geolo järjestelmän tavoitteet markkinoilla on tuoda merkittäviä hiilidioksidisäästöjä uusiutuvalla maalämmöllä rakennuksen elinkaaren aikana. Samalla energiatehokkaan lämmitysjärjestelmän tuominen työmaalle säästää huomattavasti lämmitys kustannuksia verrattuna muihin lämmitysmuotoihin. Järjestelmä tuo myös optimaaliset sisäilmaolosuhteet työmaalle, jonka avulla voidaan esimerkiksi lyhentää materiaalien kuivumisaikoja ja edistää hyvinvoivaa kiinteistöä loppukäyttäjille.

Kuvassa 11 havainnekuva Geolo-järjestelmästä.



Kuva 11. Geolo kiinteistön pitkä elinkaari alkaa maan alta. (Raksystems Oy, 2023)

Geolo-järjestelmän kokonaisuus tarvitsee tietoa työmaalta, jotta syntyy paras lämmitys- ja olosuhdesuunnitelma. Tarvittavat tiedot ovat:

- Asemapiirustus
- Maalämpökentän suunnittelukuvat
- Yleisaikataulu
- Pohjakuvat kerroksittain
- Kosteudenhallintaselvitys
- Kohteen leikkauskuvat
- Kohteen rakennekuvat

(Raksystems Oy, 2023)

Näillä tiedoilla saadaan suunniteltua paras mahdollinen tulos työmaan lämmitykseen ja olosuhdehallintaan.

Kuvassa 12 näytetään Geolo-järjestelmän tuoman tasaisen lämmityksen, ilmankierron ja olosuhdehallinnan vaikutukset kuivumisaikojen pituuteen työmaalla.

GEOLO OPTIMAALISET TUOTANTO-OLOSUHTEET

Rakenteiden kuivumisaika ja kannattavuus

- BY 2020 betonin kuivumisaika-arviot
 - Rakenne: ontelolaatta ja pintabetonivalu 50 mm
 - Vesisideainesuhde 0,6
 - Rakenteen tavoitekosteus RH 85 %



Kuva 12. Geolon optimaaliset tuotanto-olosuhteet. (Raksystems Oy, 2023)

5.1 Lämmityksen jakelu

Kun tilapäisen lämmitysjakelujärjestelmän suunnittelu alkaa, pitää ottaa huomioon rakennuksen tilat -ja ratkaisut, jotta saadaan mahdollisimman tehokas ja tasainen lämmitys rakennuksen sisälle. Aluksi kannattaa tutustua kohteen pohjapiirustuksiin, josta näkee parhaimmat kulkureitit vesikiertoisille lämmitysletkuille ja ihanteelliset sijainnit lämmityspuhaltimille.

Lämmityksen jakelu toimii vesikiertoisien jakelujärjestelmän avulla eli lämpöletkuilla, jotka kiinnitetään pikaremmeihin roikkumaan katosta. Nämä letkut viedään kulkukäytäviä pitkin eri kerroksiin ja tiloihin rakennuksessa. Geolo-kokonaisuus käyttää laadukkaita ja kestäviä lämpöletkuja, joissa on pikakytkenäventtiilit. Ne mahdollistavat nopean asennuksen sekä helpot muutokset. Lämpöletkujen kytkennät ovat varmistettu sokalla, joka varmistaa kiinnityksen pysyvyyden.

Lämpöletkujen päihin asennetaan vesikiertoiset lämpöpuhaltimet, joka sijaitsevat rakennuksen eri tiloissa. Sähköllä toimivia puhaltimia on erikokoisia ja eri tehoisia mitoitettuina tilojen lämmitystarpeiden mukaan. Niissä on myös eri ohjelmia kuten lämmitys- ja ilmankuivausohjelmat. Lämpöpuhallin toimii siten, että se ottaa lämmön vedestä ja puhalttaa lämpimän ilman ulos. Puhaltimet on varustettu kahdella suodattimella, jotka suodattavat sisäilman pölyn pois laitteistosta ja varmistavat puhtaan ilman puhaltamisen. Puhaltimissa on myös termostaatti ja digitaalinen näyttö, josta näkyy lämpötila ja ilmankosteus.

Kuvassa 13 on letkuista sekä lämpöpuhaltimesta kuvia, joita käytetään työmaalla lämmitykseen.



Kuva 13. Lämpöletku, pikakytkeä venttiilit ja vesikiertoinen lämpöpuhallin (Strandberg 2023)

Kuvassa 14 nähdään miten Geolon lämmitysjakelua ja sisäilman olosuhdetta suunnitellaan työmaakohteeseen.

GEOLO JÄRJESTELMÄN HALLINTA JA OHJAUS



Suunnitteluvaihe
Tuotanto-olosuhde optimoidaan ja simuloidaan Ashrae keskilämpötilojen, aikataulun ja rakenteiden / pinnoitteiden kuivumis-aikavoitteiden mukaisesti. Tämän pohjalta muodostuu tavoitetaso CO²-päästö- ja energiankulutus-säästöille vrt. nykytilanne.

Toteutusvaihe
Järjestelmää ohjataan suunnitelman, aikataulun ja mahdollisten olosuhteiden muutoksien mukaisesti RCS:n asiantuntijoiden toimesta. Tämän pohjalta muodostuu CO²-päästö- ja energiansäästöavoitteiden toteuma vrt. nykytilanne.



Kuva 14. Geolo-järjestelmän hallinta ja ohjaus. (Raksystems Oy, 2023)

5.2 Päästötön lämmitys

Geolo-järjestelmä lämmittää lukion työmaata uusituvalle maalämmöllä, joten työmaa aikainen lämmitys on päästötöntä ja järjestelmän ansiosta vähennetään merkittävästi hiilidioksidipäästöjä. Tällä ratkaisulla säästetään noin 5,5 prosenttia Matinkylän lukion kiinteistön elinkaaripäästöistä verrattuna fossiilisilla polttoaineilla lämmittämiseen. Tämä säästö vastaa noin 3 928 000 km ajomatkaa keskipäästöisellä henkilöautolla eli autolla voisi kulkea 98 kertaa maailman ympäri. (Raksystems, 2022)

Matinkylän työmaalla käytetään uusiutuvaa sähköä, jonka ansiosta lämmitys on kokonaan päästötöntä. (SRV Rakennus Oy 2023)

5.3 Soveltuvuus

Vaikka työmaan lämmitysmuoto olisi muu, kuin maalämpö, voidaan Geolo-järjestelmän olosuhde- ja lämmitysjakelujärjestelmää käyttää muilla työmailla esimerkiksi kuivumisprosesseihin, tasaisen lämmön jakeluun sekä jatkuvaan sisätilojen olosuhdeseurantaan ja

hukkalämmön esto toimenpiteisiin. Nämä toimenpiteet pitävät rakentamisen laadun korkealla ja edistävät loppukäyttäjälle hyvinvoivan kiinteistön.

Geolo-järjestelmään kuuluvat lämmitysletkut, jotka ovat irrallisina rakennustyömaalla. Jokaisen työmaalla työskentelevän on oltava tietoinen näistä lämmitysletkuista jokaisessa rakennustyömaan vaiheessa. Pitää havaita ajoissa, jos lämmitysletkuja tulee siirtää toiseen paikkaan. Ne eivät saa jäädä jumiin, eikä niiden järjestelmää tulisi purkaa. Lämmitysletkuja voi kuitenkin siirtää kiinnityksien pikaremmien avulla. Jos on pakollista purkaa letkuja, on oltava yhteydessä Geolo asiantuntijoihin. He tekevät tarvittavat toimenpiteet.

Kuvassa 15 on havainnekuvia rakennustyömaalta tilapäisestä vesikiertoisesta jakelujärjestelmästä eli lämpöletkusta. Kuvassa lämpöletkujen eteen on asennettu eri asennuksia. Lämpöletku on jäänyt sprinklerin ja alakaton yläpuolelle sekä levyseinään jumiin.



Kuva 15. Lämpöletkuista havaintoja työmaalta. (Strandberg 2023)

5.4 Työmaa-aikaisen lämmityksen seuranta

Olen päässyt seuraamaan työni ohella Geolo-järjestelmän toimimista työmaa-aikaisessa lämmityksessä. Järjestelmä on luonut hyvät sisäilman olosuhteet sekä tasaisen lämmityksen. Syy tälle on hyvin toimivat lämpöpuhaltimet, jotka jakavat lämmön tasaisesti ja puhaltavat kuivaa ilmaa. Puhaltimet ovat sijoitettu riittävän laajasti, jotta lämpö jakautuu jokaiseen työmaan tilaan.

Geolo-järjestelmän tuomat ilmanpuhdistajat sekä hukkalämmön estolaitteet auttavat työmaan arkitoimintaa puhdistamalla ilmaa sekä estäen hukkalämpöä oviverhokoneilla. Työmaalla sijaitsevat anturit antavat hyvää tietoa rakenteiden tilasta. Samalla Geolo-järjestelmään kuuluva raportointi antaa hyvää dataa rakennusliikkeelle hukkalämmön määrästä sekä lämmitystarpeista työmaalla. Geolo-järjestelmän muuntojoustavuus on hyvä ominaisuus, sillä lämpöpuhaltimia voi siirtää helposti ja lämpöletkujen pikaremmikiinnitykset antavat mahdollisuuden vaihdella letkujen korkeutta.

Työmaa-arkea helpottaa huomattavasti, kun yksi toimija hoitaa koko lämmityskokonaisuuden ja olosuhdehallinnan. Jos näin ei olisi, vuokrattaisiin lämmityskalusto ja ylläpito- sekä hoitotehtävät jäisivät työmaan henkilökunnan hoidettaviksi aiheuttaen lisätöitä. Geolo-järjestelmän käytössä Raksystems hoitaa kokonaisvaltaisesti koko lämmitys- ja olosuhdehallinnan työmaalla. Heillä on valmius ja velvollisuus reagoida eri ongelmatilanteisiin. He saavat hälytyksen, jos lämmitysjärjestelmässä tapahtuu jotain akuuttia. Työmaahenkilökunta ja Raksystems tekevät tiivistä yhteistyötä parhaan mahdollisen tuloksen saamiseksi.

Geolo-järjestelmä on ollut luotettava lämmitysjärjestelmä. Matinkylän lukion työmaalla ei ole ollut lämmityskatkoksia lämmityskauden aikana. Olen päässyt itse todistamaan tätä työmaan rakennusaikaisen lämmityskauden aikana.

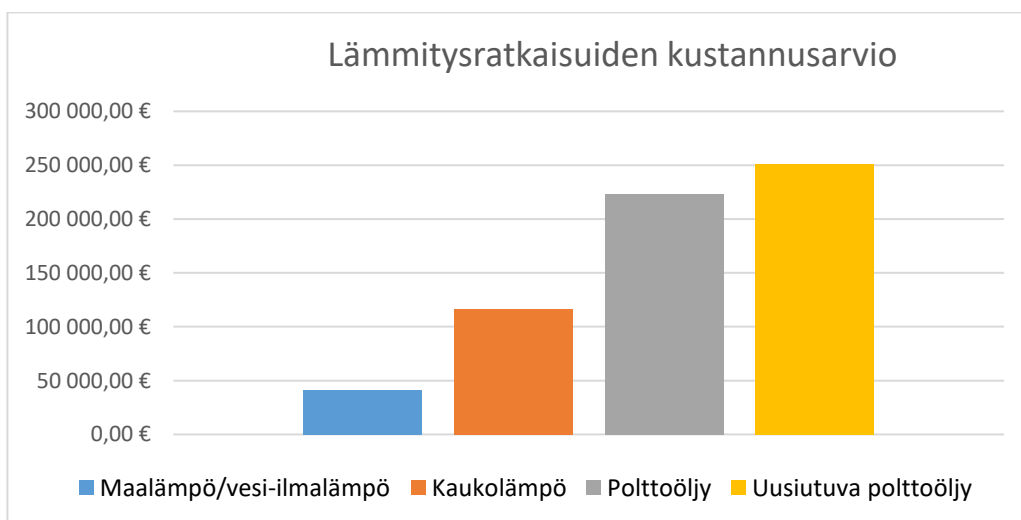
6 Työmaan lämmityslaskuri

Opinnäytetyön liitteenä (liite 1) on työmaan lämmityslaskuri Excel-muodossa. Liite kertoo eri työmaan lämmitysmuotojen kustannusvertailun sekä kaukolämmön ja polttoöljyn hiilidioksidipäästöt. Liitteenä olevan laskurin työmaan laajuuden, lämmitystarpeen sekä maa- ja vesi-ilmalämpöpumpun luvut ovat fiktiivisiä, mutta laskukaavat ovat todellisia. Liitteen tiedot eivät perustu toimeksiantajan tietoihin. Fiktiivisessä laskelmassa työmaan lämmitystarve on 1500MWh ja työmaan laajuus on 9000m².

Liitteen energioiden hinnat ovat mainittu opinnäytetyön kappaleissa. Sähkön hintaa ei ole käsitelty opinnäytetyössä aikaisemmin. Liitteessä on käytetty pörssisähkön 28 vuorokauden keskihintaa, joka on ollut 8,30 snt/kWh 30.3.2023.

Liitteen päästökertoimet tulevat ilmi opinnäytetyön aiemmissa kappaleissa. Liitteessä lasketaan kaukolämmön ja polttoöljyn hiilidioksidipäästöt fiktiivisen työmaan lämmityksen ajalta. Maa- ja vesi-ilmalämpö ovat päästöttömiä, kun käytetään päästötöntä sähköä.

Liitteenä olevan laskurin avulla voidaan todeta maa- ja vesi-ilmalämmön olevan kustannustehokkain tapa lämmittää rakennustyömaata. Liitteen Lämmitysratkaisujen kustannusarvio taulukko kuvaa rakennusaikaisen työmaan eri lämmitysvaihtoehtojen kustannuksia. Kuvassa 16 on lämmitysratkaisuiden kustannusarvio.



Kuva 16. Työmaa lämmityslaskuri

7 Pohdinta

Opinnäytetyön tärkein tarkoitus on kertoa maalämmön käytöstä rakennusaikaisena lämmitysmuotona Geolo-järjestelmän avulla. Tarkoituksena on myös kertoa Geolo-järjestelmän käyttämisestä ja sen tuomista hyödyistä. Itse opin paljon uutta rakennusaikaisesta työmaan lämmityksestä opinnäytetyötä kirjoittaessani.

Myös rakennustyömaan muut mahdolliset lämmitysmenetelmät ovat tärkeässä osassa opinnäytetyössä. Muiden lämmitysmenetelmien kuten kaukolämmön ja polttoöljyn ominaisuuksista kertominen avaa lukijalle tietoa tavanomaisista lämmitysmenetelmistä.

Edellä mainitut muut mahdolliset lämmitysmenetelmät eivät ole ympäristöystävällisiä verrattuna maalämpöön. Myös kustannustehokkuudessa on huomattavia eroja. Liitteenä 1 on työmaan lämmityslaskuri, jonka avulla nähdään maa- ja vesi-ilmalämmön olevan kustannustehokkain lämmitysmuoto polttoöljyyn ja kaukolämpöön verrattuna.

Maalämpöä ei ollut mahdollista hyödyntää aikaisemmin rakennusaikaisessa lämmityksessä puuttuvan kaluston sekä tekniikan takia. Raksystems Oy toi markkinoille uuden innovaation, Geolo-järjestelmän. Järjestelmä mahdollistaa maalämmön käytön rakennusaikaisessa lämmityksessä. Geolo-järjestelmä käyttää maa- ja vesi-ilmalämpöä työmaan lämmitykseen. Tämä lämmitystapa on energiatehokas, kustannustehokas sekä ympäristöystävällinen. Yleensä työmailla on käytössä lämmityspuhallin, joka puhaltaa todella kuumaa ilmaa vain tiettyyn kohtaan, jossa on liian kuuma lämpötila ja kauempana on liian kylmä. Geolo-järjestelmä tuo tasaisen lämmityksen jokaiseen tilaan hyvin sijoitettujen lämpöpuhaltimien avulla. Tämä tasainen lämpö ja tuuletus tekevät parhaat olosuhteet työmaalla rakenteiden sekä materiaalien kuivumiselle. Opinnäytetyön monet kuvat havainnollistavat rakennustyömaan lämmitykseen liittyviä tärkeitä osia.

Geolo-järjestelmä on toimiva rakennusaikainen lämmitysmuoto, jota olisi hyvä hyödyntää muissakin projekteissa, koska se edistää työmaan laatua, vastuullisuutta, energiatehokkuutta, kustannustehokkuutta, muuntojoustavuutta ja se huomioi ympäristöä. Geolo-järjestelmän kokonaisuuteen kuuluu työmaan lämmittämisen lisäksi myös muita ominaisuuksia kuten kuivatus, ilmanpuhdistus ja hukkalämmön estotoimenpiteitä sekä energia

-ja hukkalämmön raportointimahdollisuus. Nämä ovat erittäin hyödyllisiä lisäominaisuuksia lämmitysjärjestelmälle. Vaikka työmaalla ei olisi hyödynnettävissä maalämpöä, Geolo kokonaisuuteen kuuluvat laitteistot kannattavat hyödyntää työmaalla. Näin saadaan hyvät olosuhteet rakentamiselle.

8 Sammandrag på svenska

Många saker måste beaktas i byggandet. En viktig och väsentlig sak är uppvärmning av hela byggnaden i byggskedet. Det finns olika uppvärmningsalternativ och de skiljer sig från varandra, när det gäller kostnadseffektivitet och miljövänligheten. Värmning av byggen när dom på byggs har oftast skett med traditionella uppvärmnings-sätt så som fjärrvärme, brännolja och direkt el men nu har det kommit ett nytt sätt att uppvärma byggen med jordvärme. Geolo-systemet gör det möjligt att utnyttja jordvärme redan i byggnads fasen av bygget till uppvärmning av bygget. Geolo-systemet är en slags värmestation vart värmningen går ut på jordvärme och vatten-luftvärme. Denna hybrida värmemetod är energieffektiv, kostnadseffektiv och miljövänlig.

Uppdragsgivare i detta arbete är SRV Rakennus Oy ett finskt byggföretag. Bygget vart arbetet tar plats är Mattby gymnasium som SRV bygger åt Esbo kommun byggande av gymnasiet påbörjades år 2020 och skall vara färdig i slutet av året 2023.

När en ny byggnad byggs är det viktigt att tänka på hur byggnaden ska värmas upp under byggtiden. Man bör också utreda hur mycket energi som kommer att användas för uppvärmning. Uppvärmning av byggarbetsplatsen kommer alltid att förbruka mer energi än uppvärmning av den färdiga byggnaden, eftersom byggnaden inte är tillräckligt tät som färdig byggnad. Tiden på året spelar en viktig roll för uppvärmningen av en byggarbetsplats också. Årstiden avgöra hur mycket värmeenergi som används.

En viktig faktor som påverkar byggförhållandena är fuktigheten och inomhustemperaturen i den byggnad som byggs. När inomhustemperaturen och luftfuktigheten är rätt torkar materialen effektivt och snabbt, vilket sparar tid och resurser. Den idealiska inomhustemperaturen för torkning av konstruktioner bör ligga runt 20 grader Celsius. Den relativa luftfuktigheten (RH) inne i byggnaden bör inte överstiga 50 %.

Spillvärme är allmänt på byggen tack vare byggtidens dåliga täthet och det kan förekomma stora öppningar till bygget när det påbyggs. Som påverkar värmnings mängd behovet. Det förekommer ofta i fönster och dörrar springor eller luftspaltar där luften kan rymma ut som orsakar spillvärme det är extremt viktigt att täta alla luftspringor som är möjliga med tätningsmaterial, samt att övervaka att alla utedörrar hålls fast att ingen

onödig spillvärme genereras via dom. På byggen görs det ofta tillfälliga skydd på fönster och dörrar för utevädret och miljö omständigheter. Dom här skydden hjälper att hålla spillvärmerna i skick.

Byggande och värmeproduktion är en av dom största koldioxidutsläpp i Finland. Det har en stor betydande inverkan på klimatet och miljön. Materialvalen och energieffektiviteten påverkar stort på utsläppen samt förnybar energi som värmningsmetod så som jordvärme hjälper bekämpa utsläppen.

Från och med 2022 har SRV:s byggen varit utsläppsfria, det vill säga koldioxidneutrala. Detta har uppnåtts genom att använda förnybara energikällor, såsom jordvärme som uppvärmningsmetod under byggtids värmningsmetod, utsläppsfri el och biobränslen i maskiner och verktyg som används på plats. För de återstående utsläppen planteras träd för att uppnå koldioxidneutralitet på byggen. SRV har också utvecklat en vägkarta för koldioxidneutralitet, som kan ses i figur 4. Kartan visar metoder och riktlinjer för att uppnå företagets mål för koldioxidneutralitet 2030. Kartan visar också milstolparna för att uppnå koldioxidneutralitet.

Byggarbetsplatsen kan värmas på olika sätt, till exempel med brännolja, direkt el och fjärrvärme. En ny metod för uppvärmning av en byggarbetsplats är jordvärme. Alla dessa uppvärmningsalternativ måste jämföras utifrån byggarbetsplatsens behov, deras praktiska användbarhet och ur ekonomisk synvinkel. Naturligtvis kan tillgången till uppvärmningsalternativ för byggarbetsplatser variera, till exempel på grund av platsen.

Oljeuppvärmning har använts flera gånger på byggarbetsplatser för enkel installation och enkel flyttbarhet också. Oljeuppvärmning fungerar på bygget på sådant sätt att en oljevärmare hyrs från ett uthyrningsföretag så som Ramirent enligt den effekt som krävs för byggarbetsplatsen värmning. Heatmobil är en av dom vanligaste oljevärmare på byggarbetsplatserna. På lång sikt kan kostnaderna för oljeuppvärmning bli höga. Uppvärmning med brännolja uppger koldioxidutsläpp, vilket innebär att detta inte är det mest miljövänliga uppvärmningsalternativet. Det finns förnybar brännolja. Vilket är betydligt mer klimatvänligt än traditionell eldningsolja men är dyrare än traditionella brännoljan.

En av de vanligaste former av uppvärmning på byggarbetsplatser är elvärme. Elektriska värmare för total uppvärmning av byggarbetsplatsen är inte tillgängliga. Elnätet har inte heller alltid en tillräckligt stor elektrisk ström tillgänglig för att värma en hel byggarbetsplats med direkt el. Elektriska värmare är dock pålitliga, lätta att använda och lätta att skaffa. Elektriska värmare används nästan dagligen på byggarbetsplatser för olika intensiva torkningar och uppvärmning av ett visst område.

Fjärrvärme kan användas också för att värma upp byggarbetsplatsen även när den byggs. Byggarbetsplatsen ska vara belägen i fjärrvärmenätets serviceområde så att fjärrvärme kan användas för uppvärmning. Fjärrvärme kräver en fjärrvärmecentral för att värma upp byggarbetsplatsen. Fjärrvärmen fungerar på ett sådant sätt att varmvatten förs under jord i fjärrvärmerör och vattnet transporteras direkt till fastigheten med fjärrvärmerören. Tillförselvattnet till fastigheten är alltid varmare än returvattnet från fastigheten. Returvattnet återförs från fastigheten till kraftverket för uppvärmning. Fjärrvärmenätet är anslutet till fastighetens egen fjärrvärmecentral som distribuerar värme via det egna värmesystemet.

Jordvärme är ett uppvärmningssystem som bygger på energi som lagras i jorden och bergen. Energin lagras från solstrålning och den glödande värmen från jordens kärna. Jordvärme används som uppvärmningssystem i olika byggnader. Jordvärme kan också användas för kylning på sommaren. Ett jordvärmesystem består av olika komponenter, till exempel en jordvärmepump, en energibrunn och andra rör och ventiler i värmepaketet. Jordvärme är en förnybar energikälla och avger inga koldioxidutsläpp.

Jordvärme utnyttjas genom att man borrar en brunn, en så kallad energibrunn. Energi-brunnen har ett värmeuppsamlingsrör som cirkulerar en värmeuppsamlingsvätska. Vätskan består av 70 % vatten och 30 % bioetanol. När vätskan cirkulerar från marken ner i brunnen värms vätskan upp med cirka 2–5 grader Celsius på grund av värmen i jorden. Den uppvärmda vätskan stiger upp ur brunnen och går till värmepumpens förångare, där den avger den värme som den har samlat in från energibrunnen. Vätskan återvänder sedan ner till energifältet. Den värme som har överförts till förångaren från markfältet överförs av förångaren till köldmediet i värmepumpen, vilket gör att köldmediet värms upp och bildar en gas. Den gas som bildas av köldmediet överförs från köldmediet till kompressorn, som höjer gasens tryck och temperatur. Den uppvärmda gasen överförs

till en kondensator, där den avger sin värme till byggnadens värmesystem, till exempel golvvärme eller annan vattenbaserad värmekälla. När köldmediet kondenserar återgår det till flytande form och passerar till en expansionsventil och sedan tillbaka till förångaren och cykeln börjar om igen.

Värmepumpen är den viktigaste delen av ett jordvärmesystem, eftersom den överför den samlade värmen från jorden till fastigheten. Jordvärmepumpar varierar i storlek och effekt beroende på fastighetens behov. Jordvärmepumpar är energieffektiva och har en hög verkningsgrad jämfört med andra uppvärmningsanordningar.

Termen COP (Coefficient of Performance) används för att beskriva den momentana effektiviteten. Den momentana verkningsgraden uppnås sällan eftersom den beräknas i laboriemätningar. Det finns också ett annat sätt att mäta en värmepumps effektivitet, nämligen en årlig effektivitet som kallas SCOP (Seasonal Coefficient of Performance). Denna årliga effektivitetssiffra är mycket mer exakt och trovärdig än den momentana effektivitetssiffran. Dessa två effektivitetstal talar om hur mycket värmeenergi en värmepump kan producera per kilowattimme (kW/h). När SCOP till exempel är fyra producerar värmepumpen 1 kW/h → 4kW värme. Detta ger 3 kW gratis energi.

En vatten-luftvärmepump fungerar på samma sätt som en jordvärmepump som beskrivs i föregående kapitel. Den enda skillnaden är att energikällan för en vatten-luftvärmepump är uteluften, medan energikällan för en jordvärmepump är jordvärmebrunnen. En vatten-luftvärmepump har i allmänhet en utomhus- och en inomhusenhet men kan också bara vara en uteenhet.

I september 2022 installerades Geolo-systemet på Mattby gymnasie bygget. Geolo systemet kombinerar vatten-luftvärmepumpar och jordvärmepumpar. Systemet kommer att användas som uppvärmningsmetod under byggtiden på byggplatsen. Geolo-systemet är en ny innovation från Raksystems Oy och deras samarbetspartners. Tidigare har det inte varit möjligt att använda jordvärme för att värma upp en byggarbetsplats eftersom den nödvändiga utrustningen inte fanns tillgänglig. Geolo-uppvärmningssystemet lanserades på Mattby gymnasium byggarbetsplatsen och har fungerat utmärkt sedan dess. Man har planerat att använda Geolo-uppvärmning på byggplatsen enligt behov och att

sluta använda den när fastighetens egna uppvärmningssystem kan tas i bruk. Geolo-stationen är baserad på hybrid värmepumpar som är jordvärme- och vatten-luftvärme. Båda pumparna kan användas samtidigt. Vatten-luftvärmepumparna anpassas efter utomhus-temperaturen för att få bästa möjliga effektivitet. Jordvärmepumpar fungerar enligt energibrunnarnas effektivitet. Geolo-stationen styrs av fjärrhanterings program. Om Geolo-systemet upptäcker ett problem skickas ett meddelande till fjärrstyrningsprogrammet och åtgärder kan göras enligt behov. Förutom uppvärmning kan Geolo-systemet även användas för kylning, om det krävs av inomhusförhållandena på byggarbetsplatsen. Medan Geolo-stationen kyler byggnaden laddas energi till energibrunnen. Det kan utnyttjas senare under kallare väderlek.

Geolo-systemet har som mål att skapa betydande koldioxidbesparingar genom förnybar jordvärmeenergi under byggnadens livscykel. Samtidigt hämta ett energieffektivt uppvärmningssystem att avsevärt minska uppvärmningskostnaderna jämfört med andra uppvärmningsformer. Systemet ger också optimala inomhusklimatförhållanden på byggplatsen, vilket till exempel kan bidra till att minska konstruktionernas torkningstid och skapa en hälsosam byggnad för slutanvändarna.

Geolo-systemet värmer Mattby gymnasiet med förnybar jordvärme, vilket innebär att uppvärmningen under byggtiden är utsläppsfri och att systemet minskar koldioxidutsläppen betydligt. Lösningen sparar cirka 5,5 % av Livscykelutsläppen för gymnasiebyggnaden jämfört med uppvärmning med fossila bränslen. Denna besparing motsvarar en körning på cirka 3 928 000 km med en bil med genomsnittliga utsläpp, dvs. man skulle kunna köra 98 gånger runt jorden i en bil.

Uppvärmningen distribueras med hjälp av ett vattenburet distributionssystem dvs. värmeslangar som fästs på snabbkopplingar som hänger i taket. Dessa slangar leds längs gångar till olika våningar och utrymmen i byggnaden. I Geolo-systemet används högkvalitativa och hållbara värmeslangar med snabbkopplingsventiler. Det möjliggör snabb installation och enkla ändringar. Värmeslangarnas kopplingar säkras med en sprint för att säkerställa att kopplingen är hållbar. Värmeslangarnas ändorna är kopplade till vattencirkulationsvärmare, som är placerade i olika rum i byggnaden. Som sedan värmer byggnaden.

Geolo systemet helheten har också luftrenare och anordningar för att förhindra spillvärme dom här sakerna underlättar den dagliga driften av bygget genom att rena luften och förhindra spillvärme med hjälp av dörrvärmarna. Dom olika sensorer på bygget ger också bra data om konstruktionernas skick. Samtidigt ger Geolo-systemets rapportering byggföretaget bra uppgifter om mängden spillvärme och värmebehovet på byggplatsen.

Den dagliga driften av bygget blir mycket enklare när en operatör sköter hela hanteringen av uppvärmning och förhållanden. Om så inte var fallet skulle uppvärmningsutrustningen hyras ut och underhålls- och driftsuppgifterna skötas av personalen på byggplatsen, vilket skulle innebära extra arbete för dem. Med Geolo-systemet tar Raksystems över hela värme- och klimathanteringen på byggplatsen. De har förmågan och ansvaret att reagera på olika problemsituationer. De blir varnade om något akut inträffar i värmesystemet. Personalen på bygget och Raksystems har ett bra samarbete för att uppnå bästa möjliga resultat i värmningen och inomhusförhållanden.

Figur 17 är en observations bild på Geolo.



Figur. 17 Geolo (Raksystems Oy, 2023)

Syftet med det här arbetet var att undersöka jordvärme som uppvärmer byggen under byggnadstiden. uppvärmningen har vanligtvis skett med brännolja, fjärrvärme eller direkt el. Alla dessa alternativ är inte miljövänliga. Jordvärme har inte kunnat användas för uppvärmning under byggtiden på grund av brist på utrustning och teknik. Men Raksystems Oy:s nya innovation Geolo-system gör det möjligt att använda jordvärme för

uppvärmning under byggtiden. Geolo-systemet använder jordvärme- och vatten-luftvärmepumpar för uppvärmning av byggplatsen. Denna uppvärmningsmetod är energieffektiv, kostnadseffektiv och miljövänlig. Vanligtvis har byggarbetsplatser en värmeblåsa som blåser riktigt varm luft endast till en viss punkt och det är för varmt där och sedan längre bort så är det för kallt igen. Geolo-systemet ger jämn värme till varje rum med välplacerade värmeblåsar. Denna jämna värme och ventilation ger perfekta förhållanden på byggplatsen för torkning av konstruktioner och material.

Geolo-systemet är en fungerande form av uppvärmning i byggnadstid som är värd att använda i andra projekt. Geolo-systemet främjar kvalitet på bygget med hållbarhet, miljömedvetenhet, energieffektivitet, kostnadseffektivt och flexibel användning. Geolo-systemet som helhet innebär så mycket mer än bara uppvärmning av byggnaden, åtgärder för rening av inomhusluften och åtgärder för spillvärme så som dörrvärmare. samt möjliga rapportering av energi och spillvärme för byggbolaget. Geolo har också varit pålitligt uppvärmningssystem, under uppvärmningssäsongen i Mattby gymnasium har det inte förekommit ett enda avbrott i uppvärmningen.

Uppvärmningskalkylatorn för byggarbetsplatsen i Excel-format bifogas i arbetet (bilaga 1). Bilagan visar en kostnadsjämförelse av de olika formerna av byggplatsuppvärmning och koldioxidutsläppen från fjärrvärme och brännolja. Siffrorna i den bifogade kalkylatorn för byggarbetsplatsens storlek, värmebehovet, jord- och vatten-luftvärmepumparna är fiktiva, men beräkningsformlerna är verkliga. Uppgifterna i bilagan är inte baserade på de uppgifter som fått av uppdragsgivaren. Den bifogade kalkylatorn visar att uppvärmning med jordvärme-och vatten-luftvärmepumpar är det mest kostnadseffektiva sättet att värma upp en byggarbetsplats.

9 Lähdeluettelo

- Bioenergianeuvoja. (2023). *Energia-arvot ja muuntokertoimet*. Haettu 29. 1 2023 osoitteesta <https://www.bioenergianeuvoja.fi/faktaa/biopolttoaineiden-muuntokertoimia/>
- El-Björn. (2023). *Väliaikaiset lämmönvaihtimet*. Haettu 2. 2 2023 osoitteesta <https://www.elbjorn.com/fi-fi/lampo/valiaikaiset-lammonvaihtimet/valiaikaiset-lammonvaihtimet/>
- Elomäki, A. (2022). *Ilma-vesilämpöpumpun sulatusenergian määrittäminen*. Haettu 28. 3 2023 osoitteesta https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/750692/Elo-maki_Aleksi.pdf?sequence=2
- Energiauutiset.fi. (2023). *Lämpöä ilman päästöjä*. Haettu 2. 3 2023 osoitteesta <https://www.energiiauutiset.fi/kategoriat/markkinat/lampoa-ilman-paastoja.html>
- Fingrid. (2023). *Sähköntuotannon ja -kulutuksen CO₂-päästöarviot*. Haettu 29. 1 2023 osoitteesta <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinainformaatio/co2/>
- Fortum. (2023). *Fortum Rakentaja*. Haettu 2. 2 2023 osoitteesta <https://www.fortum.fi/yrityksille-ja-yhteisolle/lammitys-ja-jaahdytys/kauko-lampo/kaukolammon-tuotteet-ja-palvelut-taloyhtiaille-ja-yrityksille/fortum-rakentaja>
- Fortum. (2023). *Liittymishinnasto*. Haettu 2. 2 2023 osoitteesta <https://www.fortum.fi/yrityksille-ja-yhteisolle/lammitys-ja-jaahdytys/kauko-lampo/kaukolammon-hinnat-taloyhtiaille-ja-yrityksille>
- Ilmatieteen laitos. (2023). *Termiset vuodenaajat*. Haettu 6. 3 2022 osoitteesta <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/termiset-vuodenaajat>
- kaivonporaus, O. (2023). *Maalämpökaivon poraus*. Haettu 5. 3 2023 osoitteesta <http://www.kaivonporaus.fi/maalampokaivon-poraus/>
- Khaleel, R. (5 2021). *Rakennusten ympäristövaikutusten alentaminen*. Haettu 23. 2 2023 osoitteesta https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/499142/Khaleel_Rahmah.pdf?sequence=2
- Lämpöpartio. (2022). *Ilma-vesilämpöpumppujen vertailu 2022 mitä eroa eri pumppuilla on*. Haettu 20. 4 2023 osoitteesta <https://lampopartio.fi/blogi/ilma-vesilampopumppujen-vertailu-2022-mita-eroa-eri-pumppuilla-on/>
- Motiva. (3. 3 2023). *CO₂-päästökertoimet*. Haettu 14. 4 2023 osoitteesta https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto_suomessa/co2-paastokertoimet
- Neste. (2023). *Lämmitysöljyt*. Haettu 15. 3 2023 osoitteesta <https://www.neste.fi/yksityisasiakkaat/tuotteet/lammitysoljyt>

- Pirinen, T. (23. 2 2022). *Maalämpökohteiden työmaa-aikainen lämmitys*. Haettu 5. 3 2023 osoitteesta https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/779809/Pirinen_Teemu.pdf?sequence=2
- Purhonen, S. (4 2016). *Energiakaivojen mitoitukseen liittyvät tekijät*. Haettu 9. 2 2023 osoitteesta <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/108157/Energiakaivojen%20mitoitukseen%20liittyvat%20tekijat.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rakennustieto Oy. (12 2021). S-1236, *Olosuhteiden hallinta rakentamisessa*. Haettu 4. 3 2023
- Rakentamisen, K. (2023). *Rakenteiden kuivuminen*. Haettu 19. 1 2023 osoitteesta <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/rakentamisvaihe/rakenteiden-kuivuminen>
- Raksystems. (13. 10 2022). *Matinkylän lukion työmaalla vähennetään hiilidioksidipäästöjä – maalämpö käyttöön jo rakennusaikana Geolo-ratkaisun avulla*. Haettu 14. 2 2023 osoitteesta <https://raksystems.fi/ajankohtaista/matinkylan-lukion-tyomaalla-vahennetaan-hiilidioksidipaastoja-maalampo-kayttoon-jo-rakennusaikana-geolo-ratkaisun-avulla/>
- Raksystems Oy. (2023). *Geolo*. Haettu 6. 3 2023 osoitteesta <https://raksystems.fi/kunnat-ja-kiinteistokehittajat/geolo-rakennusaikaiset-tuotanto-olosuhteet/>
- Ramirent. (2023). *Lämpöpuhallin*. Haettu 29. 1 2023 osoitteesta <https://www.ramirent.fi/vuokraa/lammitys-kuivaus-ja-polyntorjunta/sahkolammitys/589870/lampopuhallin-3-kw-sahko>
- Ramirent. (2023). *Sähkölämmitys*. Haettu 29. 1 2023 osoitteesta <https://www.ramirent.fi/vuokraa/lammitys-kuivaus-ja-polyntorjunta/sahkolammitys>
- Ramirent. (2023). *Lämpökontti*. Haettu 29. 1 2023 osoitteesta <https://www.ramirent.fi/vuokraa/lammitys-kuivaus-ja-polyntorjunta/polttoljylammitys/151936/lampokontti-oljy-epasuora-poltto>
- Renewa. (2023). *Fossilisten polttoaineiden ympäristöongelmat*. Haettu 20. 2 2022 osoitteesta <http://renewa-fi.com/fossiilisten-polttoaineiden-ymparistoongelmat/>
- Renta Oy. (20. 1 2022). *Rakennustyömaan olosuhdehallinta on meidän erikoisalaamme*. Haettu 1. 3 2023 osoitteesta <https://www.renta.fi/palvelut/olosuhdehallinta/>
- Sitra. (19. 3 2021). *Sitran elämäntapatestin laskentaperusteet*. Haettu 14. 4 2023 osoitteesta https://elamantapatesti.sitra.fi/Sitran_elamantapatestin_laskentaperusteet_suomeksi.pdf

- SRV Rakennus Oy. (22. 8 2022). *toiminta täysin päästöttömäksi vuoteen 2030 mennessä – hiilineutraaliuden tiekartta ohjaa yhtiön toimintaa*. Haettu 28. 2 2023 osoitteesta <https://www.srv.fi/tiedotteet/srvn-toiminta-taysin-paastottomaksi-vuoteen-2030-menessa-hiilineutraaliuden-tiekartta-ohjaa-yhtion-toimintaa/>
- SRV Rakennus Oy. (2023). *Hiilineutraaliuuden tiekartta*. Haettu 26. 2 2023 osoitteesta <https://www.srv.fi/rakentaminen-palveluna/paastotontyomaa/>
- SRV Rakennus Oy. (2023). *Matinkylän lukio*. Haettu 20. 2 2023 osoitteesta <https://www.srv.fi/tyomaat/2872-matinkylan-lukio/>
- SRV Rakennus Oy. (2023). *SRV yhtiönä*. Haettu 19. 3 2023 osoitteesta <https://www.srv.fi/srv-yhtiona/>
- SRV Rakennus Oy. (2023). *Sisäiset lähteet*. Haettu 30. 3 2023 osoitteesta <https://www.srv.fi/>
- Suova, V. M. (2012). *Valten LVI-päiväkirja*. Haettu 14. 2 2023 osoitteesta <http://valtemsuova.blogspot.com/2012/03/maalammon-tekniikka.html>
- Thermia. (2023). *Maalämmön toimintaperiaate*. Haettu 7. 2 2023 osoitteesta <https://www.thermia.fi/maalampo/maalampo1/miten-maalampo-toimii/>
- Tom Allen Senera Oy. (2023). *Ilma-vesilämpöpumppu (VILP)*. Haettu 5. 3 2023 osoitteesta https://www.tomallensenera.fi/ilma-vesilampo-pumppu?gclid=CjwKCAiAmJGgBhAZEiwA1JZolvM4H2_J_2ZUQw6XSebroW3hdUWPqKAzUCqhrvt59Dk71u-jLPmwRoCtt0QAvD_BwE
- Tom Allen Senera Oy. (2023). *Maalämpö*. Haettu 2. 2 2023 osoitteesta <https://www.tomallensenera.fi/maalampo>
- Ympäristöministeriö. (2023). *Kysymyksiä ja vastauksia vähähiilisestä rakentamisesta*. Haettu 1. 3 2023 osoitteesta <https://ym.fi/kysymyksiä-ja-vastauksia-vahahiilisesta-rakentamisesta>

10 Liitteet

Liite. 1 Työmaa lämmitys laskuri

Työmaan lämmitys laskuri			Päästökertoimet	
	Lämmitysenergiatarve			
Työmaan lämmitystarve MWh	1500	MWh Huom. Lämmitystarve ja työmaan laajuus on fiktiivinen	158	kg CO2/MWh Kaukolämpö
Työmaan lämmitystarve kWh	1500000	kWh	265	kg CO2/MWh Polttoöljy
Työmaan laajuus	9000	m2		

Energoiden hinnat		
0,083	Sähkö €/kWh	30.3.2023 Pörssisähkön 28 vrk keskihinta 8,30snt/kWh, https://sahko.tk/
77,5	Kaukolämpö €/MWh	Fortum 2.2.2023, https://www.fortum.fi/yrityksille-ja-yhteisolle/lammitys-ja-jaahdytys/kaukolampo/tuotteet-ja-palvelut/fortum-rakentaja
1,67	Uusiutuva polttoöljy €/l	Neste 30.3.2023 asiakaspalvelu
1,49	Polttoöljy €/l	Neste 19.1.2023, https://www.neste.fi/lammitysolytilaus

Laskenta

Huom. fiktiivinen scop lukema	
Maalämpö/vesi-ilmalämpöpumppu	
3	SCOP (Seasonal Coefficient of Performance)
500 000	kWh Käytetty sähköenergia lämmitykseen

Kaukolämpö	
77,5	Kaukolämpö €/MWh

Polttoöljy	
10	Lämpöarvo kWh/l
0,149	kWh hinta
149	MWh hinta

41 500,00 €	Käytetyn energian hinta (ML/VILP)
4,61 €	Hinta neliömetreissä m2
0	kg CO2 (Lämmityksen päästöt)

116 250,00 €	Käytetyn energian hinta (KL)
12,92 €	Hinta neliömetreissä m2
237000,00	kg CO2 (Lämmityksen päästöt)

251 175,00 €	Uusituvan polttoöljyn hinta
27,91 €	Hinta neliömetreissä m2 uusitua polttoöljy
223 500,00 €	Polttoöljyn hinta
24,83 €	Hinta neliömetreissä m2 polttoöljy
397500,00	kg CO2 (Lämmityksen päästöt polttoöljy)

