



Aarne Myllylä

Rakentamisaikaisen lämmityksen toteutus maalämpökohteessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Opinnäytetyö

22.1.2023

Tiivistelmä

Tekijä:	Aarne Myllylä
Otsikko:	Rakentamisaikaisen lämmityksen toteutus maalämpökoh- teessa
Sivumäärä:	31 sivua
Aika:	22.1.2023
Tutkinto:	Rakennusmestari (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Rakennusalan työjohto
Ammatillinen pääaine:	Rakennustekniikka
Ohjaajat:	Lehtori Jouni Ruotsalainen Rakennuspäällikkö Marko Haapalainen

Lopputyön aiheena on rakennuksen työaikaisen lämmityksen kokonaiskustannuksien laskeminen ja niiden vertailu tilanteessa, jossa pääkäyttöisenä lämmitysjärjestelmänä toimii maalämpö. Työssä laskettiin myös, kuinka paljon betonin kuivumista voisi nopeuttaa, jos työnaikaista lämpötilaa nostetaan kohteessa +25 °C:een ja voisiko sillä saada työmaalla aikataulusäästöjä.

Opinnäytetyön alussa käytiin läpi tällä hetkellä käynnissä olevaa energiamurrosta sekä energian hintojen vaihtelua. Selvitettiin myös, mikä olisi betonin ihanteelliset kuivumisolo-suhteet ja perustelen sitä kautta, miksi työnaikainen lämmitys on tärkeää. Työssä käytettiin aineistona alan kirjallisuutta, rakennusalan ammattilaisten haastatteluja ja heidän tekemiä kustannuslaskelmia.

Opinnäytetyössä vertailtiin työnaikaisen lämmityksen kustannuksia eri lämmitysmenetelmillä, jotka ovat öljy, kaukolämpö, sähkö sekä nestekaasulämmitys. Vertailutyömaana toimi Skanskan kohde Smoltinkuja. Kyseisessä kohteessa työaikaisessa lämmityksessä käytetään väliaikaista kaukolämpöliittymää.

Laskelmat osoittivat, että nostamalla kohteen lämpötilaa +25 °C:een, olisivat kustannussäästöt työmaalla mahdollisia. Vaikka lämpötilan nosto aiheuttaa enemmän kustannuksia lyhyellä aikavälillä, on sen kustannukset pitkällä tähtäimellä alhaisemmat, koska rakentaminen nopeutuu. Sen toteuttaminen käytössä olisi kuitenkin erittäin haastavaa, sekä siitä lisääntyvät kustannukset olisivat hyödyllisempää käyttää esimerkiksi nopeasti kuivuvaan betoniin. Pienemmissä, alle 4 500 m² kohteissa, työnaikainen lämmitys olisi edullisinta ilma-vesilämpöpumpputyksiköllä tai öljypuhaltimella. Isompi kohde olisi parasta toteuttaa väliaikaisella kaukolämpöliittymällä, koska kaukolämpö on huoltovarmempi ja sen hinta on vakaampi. Kaukolämmön hintaa nostaa sen putkien asentaminen ja poisto runkolinjaan sekä kalliit liittymismaksut.

Avainsanat: Maalämpö, rakentamisaikainen lämmitys, energian kulutus

Abstract

Author: Aarne Myllylä
Title: Heating In Construction Premises That Uses District Heating
Number of Pages: 31 pages
Date: 22 January 2023

Degree: Bachelor of construction site management
Degree Programme: Construction site management
Professional Major: Construction technology
Supervisors: Jouni Ruotsalainen, Lecturer
Marko Haapalainen, construction manager

The purpose of this study is to examine different heating methods and their advantages and disadvantages as well as their expenses during construction where geothermal heating is used as the heating source. The study also explores whether increasing temperature to +25 Celsius in construction will speed up concrete drying. The study was commissioned by Skanska.

This thesis introduces the circumstances that have influenced expenses and the explanation of idealistic circumstances for concrete to dry. This is supported by examining construction research reports and RT cards, interviewing construction specialists and by investigating the cost estimation they have done.

A review of calculations concluded that it is possible to get savings on expenditure by increasing the temperature to +25 Celsius in construction site. However, implementing the heat increase would be challenging in practice and it would be more beneficial to use expenses caused by it to fast drying concrete.

Keywords: Geothermal heating, heating during construction, energy consumption

Sisällysluettelo3

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Energia-alan tilanne ja sen osatekijät	3
3	Rakentamisaikainen lämmitys	4
3.1	Rakentamisaikaisen lämmityksen tarpeellisuus	4
3.2	Betonointiin vaikuttavat osatekijät	5
3.2.1	Optimaalinen olosuhde betonin kuivumiselle	5
3.2.2	Talvi ja lämpötilan vaikutus työmaalle	5
4	Vaihtoehdot lisälämmitykseen	7
4.1	Öljylämmitys	7
4.2	Nestekaasulämmitys	8
4.3	Kaukolämpö	9
4.4	Sähkö	10
4.5	Ilma-vesilämpöpumppu	10
4.6	Yhteenvedo	11
5	Lämmitysjärjestelmien kustannuksien vertailu	13
5.1	Työnaikaisen lämmityksen mitoitus	13
5.2	Smoltinkujan rakentamisaikaisen lämmityksen toteutus	13
5.3	Vaihtoehto 1: Smoltinkujan lämmitys ilmavesilämpöpumpulla	14
5.4	Vaihtoehto 2: Smoltinkujan lämmitys öljylämmityksellä	14
5.5	Vertailu	15
6	Aikataulun vertailu	18
6.1	Suomen sääolosuhteet	18
6.2	Lämmityksen vaikutus rakennusaikatauluun	19
6.3	Betonin kuivumisen laskelma	19
6.4	Päätelmä	22
7	Kohteen aloituksen vaikutus	25
8	Johtopäätökset ja pohdinta	26

Lyhenteet

HSE-asiantuntija Health, Safety, Environment-asiantuntija

Rakennuksen vaippa Ne rakennusosat, jotka erottavat rakennuksen lämmöneristetyt tilat ulkoilmasta, esimerkiksi ulkoseinät, yläpohja ja alapohja.

RH Ilman suhteellinen kosteus. kertoo kuinka paljon ilma sisältää vettä suhteessa siihen, kuinka paljon se voi sisältää vallitsevassa lämpötilassa

VILP ilma-vesilämpöpumpputyksikkö

1 Johdanto

Opinnäytetyön kirjoittamishetkellä työskentelen Skanska Talonrakennuksella rakennusalan nuorempana työnjohtajana. Työni aiheen olen saanut työnantajaltani. Opinnäytetyöni aiheena on rakennuksen työaikaisen lämmityksen kokonaiskustannuksien laskeminen silloin kun pääkäyttöisenä lämmitysjärjestelmänä toimii maalämpö. Keskityn myös kustannuksiin tilanteessa, jossa maalämmön teho ominaisuuksiensa vuoksi ei riitä lämmittämään koko rakennusta. Pyrin tätä kautta löytämään aikataulullisesti tehokkaimman toteutustavan lämmityskokonaisuuudelle.

Aihe on erittäin ajankohtainen, sillä Skanskalla on alkanut enenevissä määrin kohteita, joiden pääkäyttöisenä lämmitysjärjestelmänä toimii maalämpö. Työn tarkoituksena on tutkia erilaisia rakennusaikaisia lämmitysvaihtoehtoja korvaamaan puuttuva lämmitysvaje ja vertailla niiden hyviä ja huonoja puolia sekä vaihtoehtojen kokonaiskustannuksia keskenään. Opinnäytetyön tuloksia on tarkoitus käyttää edellä kuvatuissa tilanteissa lämmitystä koskevien tarjouslaskentojen ja lämmitysjärjestelmää suunnittelemisen apuna.

Keskityn työssäni erityisesti talviajan kustannuksiin, sillä silloin maalämmön teho ominaisuuksiensa vuoksi ei riitä lämmittämään koko rakennusta. Pyrin tätä kautta löytämään aikataulullisesti tehokkaimman toteutustavan lämmityskokonaisuuudelle.

Jotta selvitettäviin kysymyksiin voisi vastata, on hyvä ymmärtää energia-alan nykytilannetta ja tekijöitä, jotka vaikuttavat energian hintaan. Näitä asioita tarkastelen opinnäytetyön alkuosassa. Sen jälkeen kerron rakentamisaikaisen lämmityksen tarkoituksesta ja tärkeydestä liittyen betonin oikeaoppiseen kuivumiseen, unohtamatta työntekijöiden hyvinvointia. Esittelen myös erilaisia lisälämmityksen vaihtoehtoja. Niiden pohjalta käsittelen aihettani käytännönlähei-

sesti vertailemalla eri lisälämmityksen vaihtoehtoja niiden ominaisuuksien, aikataulun ja kustannuksien perusteella. Kustannusten vertailu on tehty Skanskan Smoltinkujalla sijaitsevan rakennustyömaan perusteella. Opinnäytetyön tuloksia on tarkoitus käyttää edellä kuvatuissa tilanteissa apuna lämmitysjärjestelmiä suunnitellessa.

2 Energia-alan tilanne ja sen osatekijät

Jatkuvasti nousevat energiakustannukset tuovat haasteita työmaiden lämmitykseen sekä luovat painetta tarjouslaskentaan ja työnjohdolle, sillä energian hinnan kehitystä on vaikea arvioida. Rakennustyömaalla työmaan lämmittäminen kuluttaa noin 70 prosenttia rakennuskohteen energian kokonaiskulutuksesta (Teriö 2015), minkä vuoksi rakennusalan toimijoiden tarve säästää lämmityskustannuksissa, käyttää taloudellista energiaa ja rakentaa laadukkaasti korostuu.

Kustannuksiin vaikuttaa myös energia-alan murros, jonka tavoitteena on uusiutuvan energian käyttäminen fossiilisten polttoaineiden sijaan sekä energiamuotojen tehokas käyttö, siirtäminen ja tuottaminen (Energiateollisuus ry 2021). Tilanne kiristyi helmikuussa 2022 Venäjän aloittaman hyökkäyssodan siivittämänä (Suomen pankki 2022). Lisäksi hintojen nousuun on vaikuttanut kohonnut inflaatio, luonnonvarojen saatavuuden heikentyminen ja energian käytön lisääntyminen. Tämänhetkiset olosuhteet ja ympäristötietoinen ajattelutapa ovat aiheuttaneet sen, että rakennusalan toimijat ovat ryhtyneet energiansäästötoimenpiteisiin.

Energiansäästötoimenpiteissä ympäristöystävällisyys on yksi merkittävä tekijä. Rakennustyömaan lämmitysenergiamuodoista maalämmön käyttö on yksi merkittävimmistä hiilijalan pienentämiskeinoista. Maalämpö on uusiutuvaa energiaa ja sillä lämpeneviä rakennuksia rakennetaankin koko ajan enemmän.

Alla kuvaan rakentamisaikaisen lämmityksen tarkoitusta ja tekijöitä, jotka vaikuttavat lämmityksen kustannuksiin. Niillä on keskeinen merkitys lisälämmitysvaihtoehdon valitsemisessa.

3 Rakentamisaikainen lämmitys

3.1 Rakentamisaikaisen lämmityksen tarpeellisuus

Rakentamisaikaisen lämmityksen tarve on kriittinen tekijä, koska se vaikuttaa rakennuskohteen laatuun ja aikatauluun. Näin ollen lämmitystarpeeseen tulee kiinnittää huomiota aina uudiskohdetta rakennettaessa. Rakennusaikaisen lämpötilan on oltava sopiva, jotta kohteessa käytettävä betoni pääsee kuivumaan ja työn teon lämpöolot pysyvät työnantajan huolellisuusveloitteen mukaisina. Lämpöoloilla rakennuskohteessa tarkoitetaan sisätilojen ilman lämpötilaa, kosteutta, virtausnopeutta ja lämpösäteilyä. (Työsuojelu 2022.)

Olosuhdehallinnalla tarkoitetaan rakenteiden kuivumisen kannalta optimaalista lämpötilaa sekä rakenteiden minimaalista kastumista. Uudiskohdetta rakentaessa rakenteet kastuvat väistämättä, johtuen keskeneräisistä rakenteista ja sisäilman kosteudesta. Silloin on tärkeä ymmärtää, milloin kosteuden aiheuttajan syyt edellyttävät toimenpiteitä ja milloin niitä ei tarvita. (Merikallio, 2005.)

Vaatimuksien täyttämiseksi tilaajan ja rakennuttajan välisissä sopimuksissa asetetaan tietty vähimmäistaso, jonka työmaan olosuhteiden tulee täyttää. Esimerkiksi sopimuskokonaisuuden liitteenä toimivassa sisätilojen kosteudenhallintasuunnitelmassa on yleensä määriteltä rakennuskohteelta vaadittava vähimmäistaso suhteelliselle kosteudelle ja lämpötilalle. Tällöin rakentajalla ja tilaajalla tulisi olla yhteinen ymmärrys siitä, millaiset olosuhteet vaaditaan sovittuihin laatu- ja aikataulutavoitteisiin pääsemiseksi.

Yhteinen ymmärrys kosteuspitoisuudesta on keskeinen, koska mikäli rakennusmateriaalin kosteuspitoisuus ylittyy, materiaalissa esiintyy aina homeita ja lahoamista. Lahoamiseen ja homeen kasvuun vaikuttaa oleellisesti ilman kosteus ja lämpötila sekä näiden vaikutusaika. Rakentajan suunnitellessa rakennuskohteen lämmitystä ja kuivausta on muistettava, että jokaisen homevaurion taustalla on kosteusvaurio. Kosteusvaurio ei ole itsessään terveyshaitta, vaikkakin korjaamat-

tomana se voi johtaa mikrobikasvustoon (Koskenvesa 1999). Rakentamisaikaisessa lämmityksessä huomioitava muuttujia ovat ilman kosteus ja lämpötila. Näihin liittyviä optimaalisia olosuhteita ja niihin vaikuttavia tekijöitä käsitellään seuraavissa luvuissa.

3.2 Betonointiin vaikuttavat osatekijät

3.2.1 Optimaalinen olosuhde betonin kuivumiselle

Ilman suhteellisen kosteuden tulee olla pienempi kuin betonin, jotta betonista pääsee haihtumaan vettä ilmaan. Jotta tämä tapahtuisi mahdollisimman tehokkaasti, tila pitää lämmittää 20-25 °C:een ja ilman suhteellisen kosteuden tulisi olla enintään 50 prosenttia (Jokinen). Jos lämpötila laskee alle viiden asteen, kovetusreaktio sementin ja veden välillä pysähtyy.

Talvibetonointia varten on kehitetty erilaisia tuotteita kuten pakkasbetoni. Se on kuitenkin yli 30 prosenttia kalliimpaa tavalliseen betoniin verrattuna (Lattiamies 2022), minkä vuoksi isossa kohteessa sen käyttö ei ole taloudellisesti järkevää. Jos betoni jäätyy ennen kuin se saavuttaa 5 MPa:n jäätymislujisuuden, se aiheuttaa vakavaa lujuskatoa massassa. Betoni, joka on jäätynyt liian aikaisin, ei saavuta suunniteltua lujutta ja rakenne joudutaan tämän vuoksi purkamaan (Lakka konserni).

3.2.2 Talvi ja lämpötilan vaikutus työmaalle

Talviolosuhteet tuovat lisähaasteita rakentamiseen muun muassa alhaisen lämpötilan ja sääolosuhteiden kuten lumen ja jään vuoksi. Nämä puolestaan aiheuttavat työmenekin kasvamista ja lisää energian kulutusta. Sen vuoksi tällaisiin kuului on syytä varautua jo rakentamisen suunnitteluvaiheessa. Hyvin toteutusta suunnittelusta huolimatta talvi aina viivästyttää rakentamista jonkin verran ja aiheuttaa näin ylimääräisiä kustannuksia. Talvilisätöiden ja -kustannuksien

tarve vaihtelee suuresti rakennustyön aloitusajankohdasta. (Ratu C8-0377, 2010.)

Talviaikana lämmityksestä aiheutuneet kuluerät ovat keskiössä. Kuten alussa on todettu, lämmittäminen kuluttaa noin 70 prosenttia käytetystä energiasta rakennustyömaalla. Tästä syystä on tärkeää valita tapauskohtaisesti oikea lämmitysmuoto ja oikeanlaiset lämmittimet kuhunkin rakennusprojektiin. Jokaiseen kohteeseen pitää tehdä erikseen suunnitelma työnaikaista lämmitystä varten. Olisi hyvä, että ammattilaiset suunnittelisivat ja mitoittaisivat oikeanlaiset välineet, jotta lopputulos olisi taloudellinen ja toimiva. Erilaisia lämmitysmuotoja löytyy paljon, joten olisi tarpeellista, että suunnittelijalla olisi hyvä kokemus asiasta.

4 Vaihtoehdot lisälämmitykseen

4.1 Öljylämmitys

Polttoöljylämmitystä käytetään pääsääntöisesti rakennuskohteessa isojen tilojen lämmittämiseen ja sitä voidaan käyttää runko- ja sisätyövaiheessa. Lämmitystä varten markkinoilla on saatavilla erilaisia sisä- tai ulkotiloihin sijoitettavia ja siirrettäviä öljypuhaltimia sekä ulos sijoitettavia lämpökontteja.

Sisätiloihin sijoitettavat käsin siirrettävät puhaltimet on tarkoitettu yksittäisiä huoneita lämmittäviksi yksiköiksi. Niitä saa 5 kW aina 70 kW asti. Ulos sijoitettava ja siirrettävä öljykäyttöinen lämpökeskus puolestaan on massiivinen lämpöpuhallin. Itse keskus asennetaan ulkotiloihin, josta viedään sisälle haitariputki, jonka kautta lämpö siirretään. Lämpökeskuksen nimellinen lämpöteho on 195 kW ja laitteella pystyy lämmittämään yli 7000 m³ suuruisen sisätilan. Ulkotiloihin sijoitettavassa kontissa kiertää lämmin vesi, joka ohjataan lämmityskohteen patteriverkostoon. (Suomen Teollisuustarvikekeskus 2022.)

Öljylämmityksen hyvinä puolina voidaan mainita sen erittäin hyvä tehokkuus ja nopea asennettavuus. Nykyaikaiset lämmittimet hyödyntävätkin jopa 95 prosenttia polttoöljyn energiasta. Tehokkuudesta kertoo myös se, että yksi litra öljyä tuottaa 10 kWh energiaa. (Lämmitysenergia Yhdistys r.y. 2020.) Huomioitavaa kuitenkin on, että öljyn palamisreaktio ei ole yhtä puhdas kuin nestekaasun, minkä vuoksi palokaasut tulee johdattaa lämmitettävästä tilasta pois.

Öljylämmityksen huonoina puolina voidaan mainita siinä käytettävän öljyn hintakehityksen arvioinnin vaikeus pitkällä aikajänteellä. Työni kirjoittamishetkellä öljyn hinta on 1.46 euroa/litra (alv 0 prosenttia) (Neste 2022). Lisäksi öljylämmitys on ongelmallinen ympäristön näkökulmasta ja sitä onkin pyritty tämän vuoksi vähentämään.



Kuva 1. Esimerkki siirrettävästä öljylämmittimestä. Heatmobile (Skanska konevuokra).

4.2 Nestekaasulämmitys

Nestekaasulämmityksessä polttoainetta tarvitaan vähemmän kuin öljylämmityksessä, sillä nestekaasussa energia on tiheässä muodossa. Nestekaasussa on enemmän energiaa kuin polttoöljyssä ja se onkin näin öljyä tehokkaampi energian muoto. Yksi kilo nestekaasua tuottaa 12,8 kWh energiaa. (Arctonic 2022.)

Nestekaasun huonoina puolina voidaan mainita sen hinnanvaihtelut. Nestekaasun hinta on heitellyt viime vuosina todella paljon, minkä takia sillä ei juuri koskaan lämmitetä koko rakennusta. Joulukuussa 2022 nestekaasun hinta oli 153,86 euroa/MWh (alv 0 prosenttia) (Pikavuokra 2022). Nestekaasua käytetäänkin sen kalliin hinnan ja ominaisuuksien takia enimmäkseen lähinnä rakentamisen runkovaiheessa.

Runkovaiheessa yleisin lämmityslaite on kaasulla toimiva säteilijä eli infrapunalämmitin. Infrapunalämmittimen säteilyenergia muuttuu lämmöksi vasta kohdatessaan kiinteän aineen, jonka vuoksi sillä voidaan esimerkiksi lämmitellä tarkasti holvivalua sekä kohteen ontelolaattojen saumoja betonoinnin aikana. Infrapunalämmittimiä saa vuokrattua tarpeen mukaan 2-50 kilowatin väliltä. (Skanska konevuokraus 2022.)

Skanska konevuokrauksen kalustepäällikön Miko Karhusen mukaan (Karhunen 2022) nestekaasulla ei ole kannattavaa toteuttaa rakentamisaikaista lämmitystä eikä sitä näin tulisi sisällyttää rakentamisaikaisen lämmityksen kustannuksien laskemiseen. Jos kaasulla lämmitettäisiin koko rakennusta, vaatisi se huomattavan määrän kaasulinjaputkien asentamista rakennuskohteeseen. Putkien asentaminen vuorostaan kerryttää paljon työtunteja ja näin lisää kustannuksia. Muita nestekaasun käyttämisen kustannuksia aiheutuu tiukan paloturvallisuuden noudattamisesta ja nestekaasun ennätyskorkeasta hinnasta. Edellä mainittujen ominaisuuksiensa vuoksi nestekaasua ei ole huomioitu tämän opinnäytetyön pääluvun 5 laskelmissa.

4.3 Kaukolämpö

Kaukolämpö on yleisin lämmitysmuoto Suomessa ja tänä päivänä noin 2,7 miljoonaa suomalaista asuu kaukolämpöä hyödyntävässä asunnossa. Kaukolämpö on toimintavarma ja turvallinen lämmitysmuoto, jossa lämmitysteho riittää kovemmillakin pakkasilla. (Kaukolämpö 2022.)

Kaukolämmöllä lämmitettävässä asunnossa käytetään melkein poikkeuksetta myös kaukolämpöä rakentamisaikaisessa lämmityksessä. Tämä on edullisin vaihtoehto, koska kaukolämmön runkolinjat asennetaan jo valmiiksi kohteeseen, joten siitä ei tule lisäkustannuksia. Kaukolämpö on hinnaltaan kaikista halvin energianmuoto. Syyskaudella 2022 eli ajanjaksolla 1.10–31.12.2022 kaukolämmön hinta oli 86,65 euroa/MWh (alv 0 prosenttia). (Helen 2022.)

4.4 Sähkö

Sähköisillä lankalämmittimillä lämmitetään tänä päivänä lähinnä yksittäisiä huoneita kuten märkätiloja. Ison rakennuskokonaisuuden lämmittämiseen ne eivät sovellu, koska virran tarve kasvaa niin suureksi, että työmaan syöttökaapeliin normaali mitoitus ei riitä tarvittavalle sähkövirralle. Lisäksi sähkökeskuksia pitäisi olla useita lämmityksen toteuttamiseksi, mikä aiheuttaa taas lisäkustannuksia.

Sähkökäyttöisiä lämpöpuhaltimia on olemassa 3kW:sta aina 40kW-tehoiseen (Skanska konevuokraus 2022). Lämpöpuhaltimien etuja ovat helppo siirreltävyys ja asennettavuus.

Sähkön siirtohinta marraskuussa 2022 oli 4.07 senttiä/kWh. (Kilpailuta sähkö 2022) Pörssisähkön hinta oli samana ajankohtana 19,51 senttiä/kWh (alv 0 prosenttia). (Omavoima 2022)

4.5 Ilma-vesilämpöpumppu

Haastattellessani Skanska konevuokrauksen kalustepäällikköä Miko Karhusta (Karhunen 2022), hän kertoi uudesta tavasta lämmitellä sisätiloja rakentamisvaiheessa. Skanska on ottanut ensimmäisen VILP eli ilma-vesilämpöpumppuyksikönsä käyttöön talvella 2021. Seuraavana talvena Skanskan konevuokrauksessa oli käytössä jo viisi yksikköä.

VILP:llä voidaan lämmitellä kohdetta ohjaamalla lämmin ilma puhaltimille, joiden kautta ilmaa viedään rakennuksen eri osiin. Toinen tapa on kierrättää lämmin vesi kohteen valmiiseen patteri- tai lattialämmitykseen ja lämmitellä kohde sen avulla.

Yhdestä ilma-vesilämpöpumpun yksiköstä saadaan lämmitystehoa 90 kW, jonka lisäksi siinä on 42 kW sähkövastus lisälämmitystä varten. Ilma-vesilämpöpumpujen hyötysuhde on 3.2, joka on erittäin hyvä.



Kuva 2. VILP-Lämpökeskus (Skanska konevuokraus 2022).

4.6 Yhteenveto

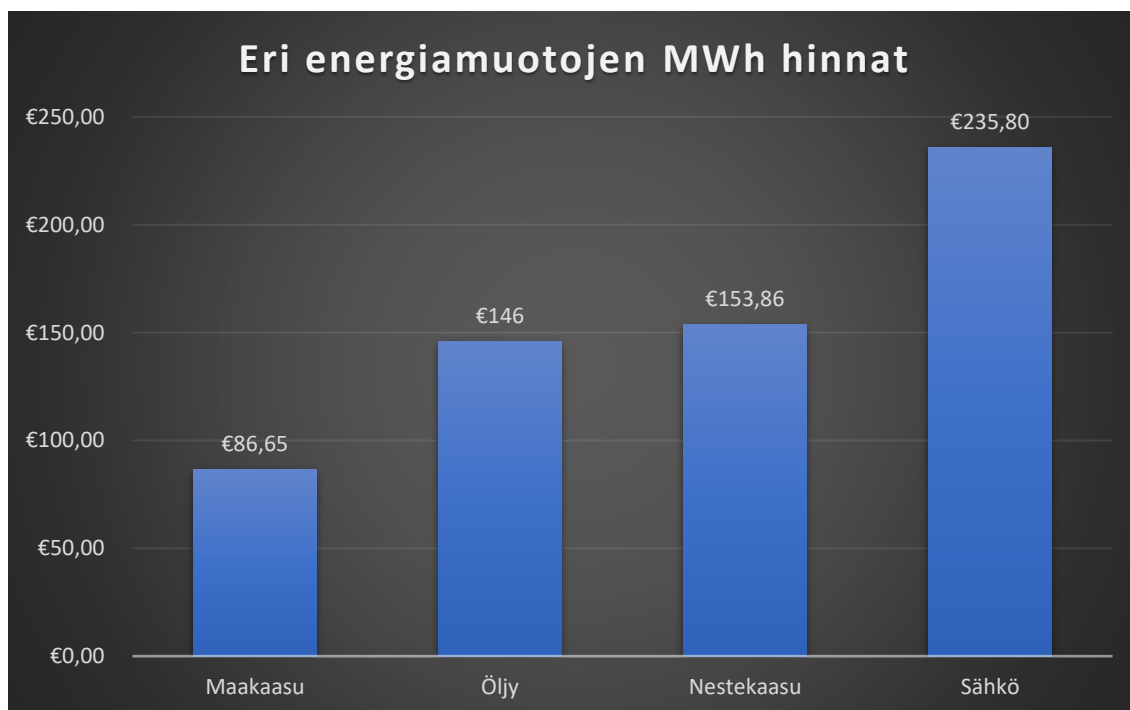
Hintaerot ovat huomattavia eri energiamuotojen välillä ja riippuvat paljolti ostojankohdasta ja hintakehityksestä. Edellä käsitellyistä energiamuodoista nestekaasu on hinnaltaan epävakain. Vuonna 2022 nestekaasun hinta alhaisimmillaan on ollut 62 euroa/MWh ja kalleimmillaan se on ollut 346 euroa/MWh (European Council 2022). Täten on tärkeää suunnitella, millä energian muodolla toteuttaa työnaikaisen lämmityksen.

Kaukolämpö on hinnaltaan vakain ja halvin energian muoto. Lisäksi sen hyvänä puolena on toimintavarmuus. Jos maalämpökohteen työnaikainen lämmitys toteutetaan kaukolämmöllä, lisäkustannuksia tuovat kaukolämpöputkien asentaminen sen runkolinjaan, lämmönjakoyksikön vuokraaminen, liittymismaksu sekä puhaltimien vuokraus ja asennus.

Öljylämmityksellä voidaan lämmittää monipuolisesti erilaisia kohteita. Sillä voi lämmittää isoa aluetta tai yksittäistä huonetta. Pienet öljylämmityslaitteet on nopea asentaa paikoilleen, mutta isompi kohde pitää mitoittaa ja asentaa puhaltimet oikein, jotta lämmin ilma pääsee tasaisesti koko rakennukseen.

VILP-yksikkö on todella energiatehokas. Se on nopea asentaa ja silläkin voidaan lämmittää kohdetta eri tavoin. Jos talotekniikka ei ehdi asentamaan kohteen omaa lämmitysjärjestelmää tarpeeksi aikaisin, voidaan VILP-yksikkö kytkeä patteriverkostoon tai lattialämmitykseen. Silloin ei tarvitse vuokrata tai asentaa puhaltimia, mistä saadaan kustannussäästöjä.

Sähkön hinta on ollut todella epävakaata ja sen hinta on monin kertaistunut vuonna 2022. Syinä ovat muun muassa Ukrainan sota ja poliittiset päätökset kuten ydinvoiman alasajo. Lisäksi sääolot, kuten tuulen ja sateen määrä vaikuttavat sähkön hintaan. Sähkön hinnalla on myös tapana nousta talvella, kun pakkasen kiristyy (Fortum 2022).



Kuva 3. Eri energiamuotojen hinnat €/MWh

5 Lämmitysjärjestelmien kustannuksien vertailu

5.1 Työnaikaisen lämmityksen mitoitus

Skanska konevuokraus laskee, suunnittelee, rakentaa ja vuokraa kalustoa rakentamisaikaista lämmitystä varten isoille työmaille. Miko Karhusta haastattellessani, hän kertoi, että konevuokrassa he laskevat lämmitystarpeen olevan 40 W/m^2 , jos huonekorkeus on alle 2,7 m. Sillä teholla tavoiteltava sisälämpötila on $18 \text{ }^\circ\text{C}$, sen lämpötilan saavuttamiseen hänen mielestensä tuo energiamäärä riittää erittäin hyvin. Käytän näitä muuttujia laskiessani kustannuksia eri laisilla lämmitysvaihtoehtoilla.

5.2 Smoltinkujan rakentamisaikaisen lämmityksen toteutus

Olen saanut opintyönäytettäni varten Skanskalta hinta arvioita millä olen pystynyt laskemaan työnaikaisialämmitys järjestelmiä. Yritys salaisuuden vuoksi olen muuttanut hieman saamiani hintoja.

Opinnäytetyötäni varten minulle annettiin Skanskan Smoltinkujan kohde vertailutyömaaksi. Smoltinkuja sijaitsee Helsingissä Jäkäläntiellä ja kohde on aloitettu toukokuussa 2022. Kohteen pinta-ala on 6731 m^2 . Kohteen runko on valmistunut marraskuun puolessa välissä 2022, jonka jälkeen siinä otettiin käyttöön väliaikainen kaukolämpöliittymä rakentamisaikaista lämmitystä varten.

Smoltinkujan lämmitykseen on budjetoitu yhteensä 150 000 euroa. Hinta sisältää lämmityspuhaltimien ja kanavointien asennuksen (12 000 euroa), niiden purkamisen lämmitystarpeen loppuessa (7 500 euroa), kaukolämmön liittämisen runkolinjaan ja siihen kuuluvat liitännäiset työt (17 000 euroa), jokaiseen kerrokseen

sijoitettavien puhaltimet ja niiden putkien hinnan (38 800 euroa), erinäiset käyttökulut (40 000 euroa) sekä itse kaukolämmön energian kulutuksen (noin 45 000 euroa riippuen millä teholla lämmitetään).

Kohteessa päädyttiin kaukolämmön valintaan muun muassa siksi, että kaukolämpölinjat menevät rakennustontin vieressä, jolloin Smoltinkujalle oli lyhyt matka viedä kaukolämpölinjat. Jos kaukolämmön runkolinjat olisivat olleet pidemmällä, olisi linjojen asennus ja purku ollut kalliimpaa. Toinen syy kaukolämmön valintaan oli energian hinta, joka on muita energiamuotoja huomattavasti halvempi.

5.3 Vaihtoehto 1: Smoltinkujan lämmitys ilmavesilämpöpumpulla

Jos Smoltinkujan lämmityksessä olisi käytetty VILP-keskusta, olisi sen menoven lämpötila ollut matalampi kuin käytettäessä kaukolämpöä tai öljylämmitystä. Tällöin todennäköisesti VILP-keskuksen yhteydessä olevien lämmityspuhaltimien tulisi olla suuremmat, mikä puolestaan aiheuttaa lisäkustannuksia. Lämmityspuhaltimien koot mitoitetaan aina tapauskohtaisesti jokaisen työmaan alussa kohteen ominaisuuksien mukaan.

Yksi lämmityspuhallinyksikkö voi tuottaa 90 kW. Smoltinkujan kohteen energiatarve on 269 kWh. Täten VILP-lämmitysyksiköitä tarvitaan työmaalle yhteensä kolme kappaletta samanaikaisesti. Yhden lämmitysyksikön vuokra on 46600 euroa kuukaudessa.

Edellä mainitun vuoksi alakappaleessa 6.4 toteutettavassa vertailulaskuissani budjetoin 20 prosenttia enemmän rahaa ilmavesilämpöpumpulla toteutettavan lämmityksen lämmityslaitteisiin kuin muiden energiamuotojen.

5.4 Vaihtoehto 2: Smoltinkujan lämmitys öljylämmityksellä

Jos Smotlinkujan lämmityksessä käytettäisiin öljylämmitystä, haasteita aiheuttaisi sen pystysuunnan kanavointi. Öljykattilassa eli Heatmobilessa on 500 millimetrin

puhallusaukko. Pidemmän kanavoinnin rakentaminen on toteutettava kierresaumaputkella, sillä alumiinisten putkien asentaminen on niiden jäykkyyden takia vaikea. Tosin kierresaumaputkia käytettäessä toteutus on sitä hankalampi, mitä korkeampi rakennus on putkien painon vuoksi.

Jotta saadaan kohteelle mitoitettu energiamäärä, öljylämmittimiä tarvitaan kaksi kappaletta. Yhden Heatmobilen vuokra on 2 400 €/ kk.

5.5 Vertailu

Taulukosta 1 voi nähdä, että pelkästään kustannuksia tarkastellen ilma-vesilämpöpumppu olisi halvin lämmitysvaihtoehto. Kaukolämmön hintaa nostaa rajusti sen liittymismaksu, lämpöputken kytkentä runkolinjaan ja niiden purkaminen.

Taulukko 1. Eri lämmitysmuotojen kustannusvertailu

Kaukolämpö								
Kuukausi	Puhaltimet, lämmönvaihdin ja kiertovesilaukut	Yöllinen ulkolämpötila	Energian tarve Mwh/kk	Haluttu sisälämpötila	Liittymismaksut, KL-runkolinjan asennus ja vesivirtamaksu	Rahdit, lämpöpuhaltimien asennus ja purku	Energian hinta €/kk	Yhteensä
Joulukuu	9700	-2	124	18			10 700	
Tammikuu	9700	-7	155	18			13 400	
Helmikuu	9700	-7	155	18			13 400	
Maaliskuu	9700	-5	140	18			12 100	
Yht:	38 800				49 000	17 000	49 600	154 400
Ilma-vesilämpöpumppu								
Kuukausi	Puhaltimet ja kiertovesilaukut	Yöllinen ulkolämpötila	Energian tarve Mwh/kk	Haluttu sisälämpötila	yksikön vuokra, käyttövesi,	Rahdit, lämpöpuhaltimien asennus ja purku	Energian hinta €/kk	Yhteensä
Joulukuu	7 500	-2	124	18	15 000		9 100	
Tammikuu	7 500	-7	155	18	15 000		11 400	
Helmikuu	7 500	-7	155	18	15 000		11 400	
Maaliskuu	7 500	-5	140	18	15 000		10 300	
Yht:	30 000				60000	13000	42 200	145 200
Polttoöljylämmitys								
Kuukausi	Puhaltimet	Yöllinen ulkolämpötila	Energian tarve Mwh/kk	Haluttu sisälämpötila	yksikön vuokra,	Rahdit, lämpöpuhaltimien asennus ja purku	Energian hinta €/kk	Yhteensä
Joulukuu	5 000	-2	124	18	4800		18 100	
Tammikuu	5 000	-7	155	18	4800		22 600	
Helmikuu	5 000	-7	155	18	4800		22 600	
Maaliskuu	5 000	-5	140	18	4800		20 400	
Yht:	20 000				19200	12 000	83 700	230 600

Kaukolämmön hinta-arvio on Skanska konevuokraamon laskema ja toteutettu.

VILP-yksikön hinta-arvio: Kuukausittainen energian tarve on 155 MWh. Pumpun hyötysuhde on 3,2, joten siihen tarvittava energian määrä jaetaan sillä $155 \text{ MWh} / 3,2 = 48,4 \text{ MWh}$. Sähkö maksaa siirtohintoineen 23,58 c/kWh (Helen 2022). Tästä saadaan energiaan menevä summa, $48 400 \text{ Wh} \times 0,236 \text{ €} = 11 400 \text{ €}$. Itse koneen asennus on helppoa ja nopeaa, mutta lämmityspuhaltimien asennus on pitkäkestoisempi työ.

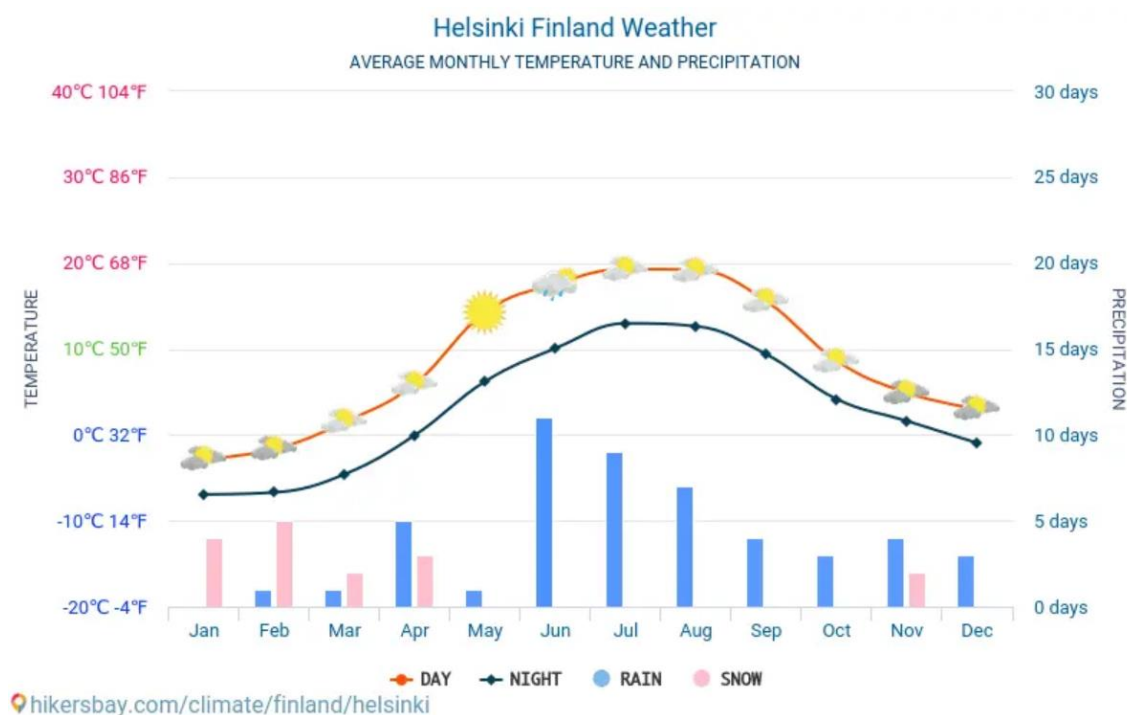
Öljylämmittintä käytettäessä hinta-arvio kohteessa: Energian tarve on 155 MWh/kuukaudessa, jolloin öljyä tarvitaan kyseiselle ajalle 15 500 l. Tällä hetkellä öljyn hinta on 1.46 €/l, joten öljyn hinnaksi tulee 22 600 €. Lämpöpuhaltimien asennuksessa ja saumaputken asennuksessa menee aikaa ja öljyä pitää

tuoda kohteeseen lisää usein. Kokonaishinnaksi voisi tulla siis rahtien kanssa 230 600 €.

6 Aikataulun vertailu

6.1 Suomen sääolosuhteet

Suomen vaihteleva sää aiheuttaa haasteita rakennusolosuhteille ja -suunnittelulle, vaikka Etelä-Suomessa pakkasen ei laske tavattoman alas. Alla olevassa kuvassa (ks. kuva 3) näkyy, että vuosina 2015-2022 Helsingissä lämpötila on keskimäärin laskenut pakkasen puolelle tammi-maaliskuussa ja marras-joulukuussa. Tulen käyttämään alaluvun 6.3 laskelmissani keskimääräisiä yöllisiä lämpötiloja, joiden pohjalta mitoitin energian kulutuksen.



Kuva 4. Helsingin ilmasto ja sää 2015–2022. (Hikersbay 2022)

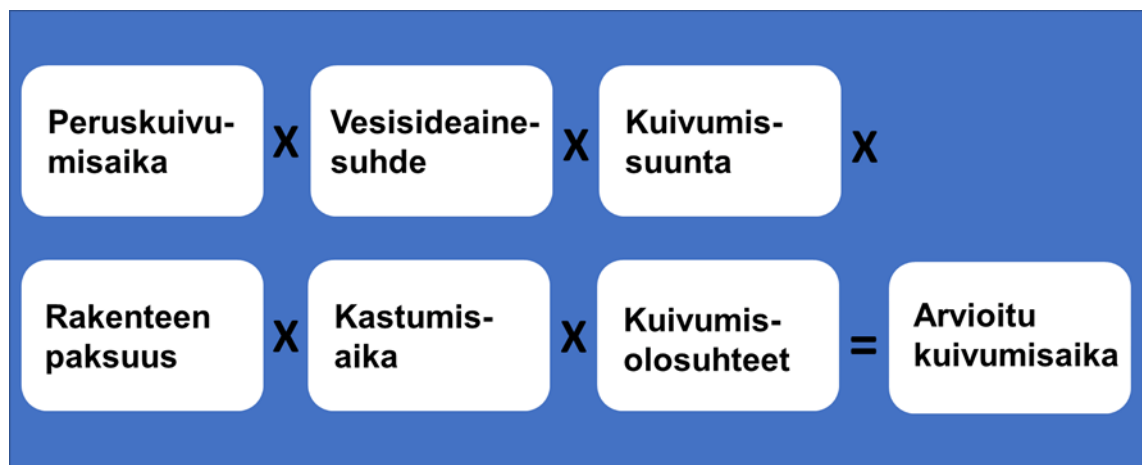
6.2 Lämmityksen vaikutus rakennusaikatauluun

Kuten edellä on todettu, oikeanlaisilla olosuhteilla on iso vaikutus betonin kuivumiseen ja tätä kautta rakennusaikatauluun. Yleensä työmaata ei lämmitetä lisälämmittimillä kesäkuukausina, koska ulkolämpötila ja tiivis rakennuksen vaippa pitävän ilman lämpötilan riittävällä tasolla. Lämmityskustannukset ovat merkittävä kuluerä rakennustoimijalle, mutta niitä pystytään kompensoimaan esimerkiksi aikataulun kiristämällä.

Opinnäytetyöni tarkoituksena on arvioida, voiko rakennuskohteen sisäilman lämpötilaa nostamalla saada aikataulullisia hyötyjä. Työssäni vertaan kahta eri olosuhdetta toisiinsa: tilannetta 18 °C:n ja 25 °C:n lämpötiloissa. Vertailun tavoitteena on tutkia, miten nämä lämpötilaerot vaikuttavat lämmityskustannuksiin ja kuinka paljon lämpötilan nostamisella voisi saavuttaa aikataulullisia hyötyjä.

6.3 Betonin kuivumisen laskelma

Laskelmissani käytän apuna Betoniyhdistyksen laskentakaavaa (kuva 4), jota voi käyttää betonin kuivumisaian arvioimisessa. Vaihtamalla kaavassa betonin ominaisuuksia, rakennusratkaisuja tai olosuhteita voidaan arvioida betonin kuivumisaikaa eri muuttujien arvoilla.



Kuva 5. Betonin kuivumisen laskentakaava (Merikallio 2008).

Alla olevassa esimerkkilaskussa (Taulukko 3) valetaan 280 millimetriä paksu teräsbetonista tehty välipohja. Kun tavoitekosteus on RH 85 prosenttia ja käytettävän betonin tyyppi on c30, betonin peruskuivumisaika on (37), vesiainesuhde on 0,6 (0,7), paksuuskerroin on (1,1), kuivumissuuntakerroin on (1,0), olosuhdekerroin on (**lämpötilan muuttuja**) ja kastumiskerroin on 0,9.

Laskussa 1 kuivumisaika on 28 viikkoa ja laskussa 2 kuivumisaika on 20 viikkoa.

Taulukko 2. Betonin teoreettisen kuivumisen laskeminen.

Laskun numero	Lasku
1	$37 \times 0,7 \times 1,1 \times 1,0 \times \underline{1,1} \times 0,9 = 28,2 \text{ vk}$
2	$37 \times 0,7 \times 1,1 \times 1,0 \times \underline{0,8} \times 0,9 = 20,5 \text{ vk}$

Laskussa 1 olosuhdekerroin **1,1** tarkoittaa, että lämpötila on 18 °C ja RH on 70 prosenttia. Laskussa 2 olosuhdekerroin **0,8** tarkoittaa, että lämpötila on 25 °C ja RH on 60 prosenttia. Alla olevasta (ks. kuva 5) näkee kuinka lämpötila ja RH vaikuttavat betonin kuivumisaikaan ja kuinka paljon kuivumista voisi saada nopeutettua olosuhteita muuttamalla.

RH (%)	Olosuhteet			
	10	18	25	30
35	1,2	0,8	0,7	0,6
50	1,2	0,9	0,7	0,6
60	1,3	1	0,8	0,7
70	1,4	1,1	0,8	0,7
80	1,7	1,2	1	0,9

Kuva 6. Olosuhteiden vaikutus betonin kuivumiseen. (Betoniyhdistys).

Alla olevasta taulukosta (Taulukko 4) voi tarkastella kustannusarviota tilanteessa, jossa sisätilat lämmitetään 25 °C:seen kaukolämmöllä ja ilma-vesilämpöpumpulla. Näiden kahden energiamuodon välillä kustannusero muodostuu siitä, että lämpöpumppuja on vuokrattava neljä kappaletta halutun lämpötilan saavuttamiseksi. Sen sijaan maalämmön käytöstä muodostuvista hinnoista muut kuin energian kulutus eivät nouse.

Taulukon 3. Kaukolämmön ja VILP-yksikön vertailu, 25 asteen lämpötilassa.

Kaukolämpö								
Kuukausi	Puhaltimet ja lämmönvaihdin ja kiertovesiletku	Yöllinen ulkolämpötila	Energian tarve	Haluttu sisälämpötila	Liittymismaksut, KL-runkolinjan asennus ja vesivirtamaksu	Rahdit, lämpöpuhaltimen asennus ja purku	Energian hinta €/kk	Yhteensä
Joulukuu	9700	-2	174	25			15000	
Tammikuu	9700	-7	217	25			18800	
Helmikuu	9700	-7	217	25			18800	
Maaliskuu	9700	-5	196	25			17000	
Yht:	38 800				49 000	17 000	69600	174 400
Ilma-vesilämpöpumppu								
Kuukausi	Puhaltimet ja kiertovesiletkut	Yöllinen ulkolämpötila	Energian tarve	Haluttu sisälämpötila	yksikön vuokra, käyttövesi,	Rahdit, lämpöpuhaltimen asennus ja purku	Energian hinta €/kk	Yhteensä
Joulukuu	7 500	-2	174	25	20 000		12800	
Tammikuu	7 500	-7	217	25	20 000		15900	
Helmikuu	7 500	-7	217	25	20 000		15900	
Maaliskuu	7 500	-5	196	25	20 000		14400	
Yht:	30 000				80000	13000	59000	182 000

6.4 Päätelmä

Taulukosta (ks. taulukko 4) näkee, että käyttämällä kaukolämpöä sekä nostamalla huonelämpötilaa mitoitettua 18 °C:sta 25 °C:een, energian kulutus nousee 29 prosenttia. Näin ollen rahaa kuluisi noin 20 000 euroa enemmän lämmittämiseen. Lämpötilaa nostamalla 25 °C:een voisi säästää välipohjan valun kuivumisessa laskelmani mukaan (ks. taulukko 3) 53 päivää.

Haastattellessani Skanskan vastaavaa mestaria Pasi Hämäläistä (Hämäläinen 2023) hän kertoi, että välipohjan kuivuminen on tahdistava työvaihe. Tämä tarkoittaa, että mikäli betonin kuivumisaikataulua saataisiin lyhennettyä, voidaan koko työmaan aikataulua nopeuttaa. Jos lattiat saataisiin pinnoitettua, voisi teoriassa työmaa valmistua 53 päivää aikaisemmin. Tällaisesta aikatauluedusta aiheutuisi huomattavia säästöjä kustannuksissa, sillä työmaan pyörittäminen maksaa kuukaudessa huomattavan summan rahaa.

Hämäläisen mielestä lämpötilan nostaminen sisätiloissa olisi kuitenkin käytännössä haastavampaa toteuttaa. Esimerkiksi jos julkisivumateriaalia ei ole asennettu paikoilleen, on rakennuksen lämmön pitävyys erittäin huono ja tällöin lämpötilan nostaminen ei ole kannattavaa. Osassa rakennuskohteissa julkisivu tehdään työmaalla rungon ollessa pystytetty, milloin elementtien saumat jätetään avoimiksi ja lämmin ilma pääsee ulos.

Betonin laadukkaalla kuivumisella on vaikutusta rakennusaikatauluun. Haastattelun Skanskan HSE-päällikköä Juhana Leinosta, jonka työtehtäviin kuuluu muun muassa laadunvalvonta. Leinosen mukaan rakentamisaikaisen lämmityksen merkittävin laadullinen ongelma on, että talvisin työmaan sisätiloissa saattaa olla alle +10°C. Tällaisissa olosuhteissa betonin kuivuminen ei ole laadukasta eikä aikataulullisesti kannattavaa.

Syyt alhaiseen rakennuskohteen sisätilojen lämpötilaan liittyvät kustannussäätöihin. Työmaalla voi olla painetta säästää rahaa ja se onnistuu melko vaivattomasti energian kulutusta leikkaamalla. Työnjohtajat eivät välttämättä aina näe kokonaiskuvaa. Vaikka työnaikaisesta lämmityksestä saisi kustannussäästöjä, alhainen lämpötila pidentää betonin kuivumisaikaa ja voi aiheuttaa vakavia ongelmia rakennusaikataulun kanssa. Tästä vuorostaan voi olla seurauksena, että lattiaa ei kyetä pinnoittamaan asetetussa aikataulussa. Edellä mainittu haaste aktualisoituu erityisesti tahditetuissa töissä. Toinen yleinen virhe on, että työnaikaiseen lämmitykseen ei varata tarpeeksi rahaa rakennuskohteen suunnitteluvaiheessa. Tämä aiheuttaa sen, että työmaalle ei haluta ottaa lisälämmittämiä, koska niihin ei ole varattu rahaa.

Alhaista sisätilojen lämpötilaa pyritään monesti korjaamaan nopealla ja tehokkaalla lämmön nostamisella. Käytännössä lämpöä nostetaan vuokraamalla lämmittämiä, jotka laitetaan puhaltamaan kovalla teholla. Tämä ei ole taloudellisesti kannattavaa.

Leinosen mukaan rakennuskohteen sisätilojen lämpötilan nostolla voisi olla positiivisia vaikutuksia työmaan aikatauluun. Ongelmia esiintyy kuitenkin käytännön toteutuksessa, joka liittyy ihmisille ominaiseen toimintatapaan. Jos talvisin sisätiloissa olisi 25°C, työntekijöille tulee työskenneltäessä kuuma, jolloin he haluavat ilman vaihtuvan ja avaavat ikkunoita. Mitä korkeampi lämpötila on, sitä todennäköisemmin näin toimitaan. Työntekijöiden riittävän hyvä perehdytys ja ilmoituksien laittaminen kerroksittain voisi estää toimintaa. Leinosen näkemyksen mukaan tällaiset keinot eivät kuitenkaan toimi käytännössä vaan johtaisivat tilanteeseen, jossa lämpötila illalla sisätiloissa olisi huomattavasti alhaisempi kuin alun perin asetettu tavoitelämpötila. Työntekijät tulisivat väistämättä pitämään ovia ja ikkunoita auki, jolloin energiaa menee paljon hukkaan ja tavoitelämpötilaan pääsemiseksi termostaatit kävisivät kovalla teholla öisin.

Öljylämmityksen käyttöön liittyy Leinosen mukaan myös käytännön ongelmia. Yleisin tapa hänen mukaansa on laittaa työmaalle yksi öljylämmitin ja lämmittää kohdetta yhdellä putkella. Tästä syystä lämpö ei jakaudu tasaisesti vaan lämmittää ainoastaan pientä osaa kohteesta. Betonin kuivumiseksi lämpö olisi kuitenkin saatava jaettava kaikkialle.

7 Kohteen aloituksen vaikutus

Smoltinkujan naapurissa rakennetaan toista kohdetta, Smoltinkaarta, jossa on kaksi rappua ja sen rakennuspinta-ala on yhteensä 1920 m². Kohde aloitettiin maaliskuun alussa vuonna 2022 ja sen runko saatiin pystyyn kesäkuun puolessa välissä. Kohteessa on runkovaiheen lämmitykseen käytetty ainoastaan kaasukäyttöisiä säteilijöitä, sillä lämmityksen kannalta ajankohta on ollut todella suopea.

Talvi voi olla haasteellinen maalämpöiselle rakennukselle ja kovilla pakkasilla pelkkä maalämpö ei riitä pitämään rakennuksen sisätilojen lämpötilaa 18 °C:ssa. Haastattellessani Smoltinkujan vastaavaa mestaria Tuomo Pikkusiltaa (Pikkusilta 2022) oli vielä epäselvää, riittääkö pelkkä maalämpö lämmittämään sisätiloja talvella, sillä haastattelun ajankohtaan mennessä pakkasen ei ollut vielä laskenut alle -10 °C:n. Suhteellisen lämpimän sään vuoksi pelkkä maalämpö oli riittänyt siihen asti. Smoltinkaaren työmaalla ei ollut suunnitelmissa ottaa lisälämmittämiä, mutta jokin lisälämmitys tarvitaan, jos lämpötila laskee liian alhaiseksi.

8 Johtopäätökset ja pohdinta

Lopputyöni tavoitteena oli selvittää kustannustehokkain työnaikainen lämmitys-järjestelmä maalämmön avulla lämpenevään kohteeseen. Kustannustehokkuudessa on otettava huomioon, että teoria voi olla hyvinkin eri asia kuin käytännön toteutus. Tosielämässä rakennuskohteissa ilmenee ennakoimattomia tekijöitä, oli sitten kyseessä yllättävä asennusongelma, suunnitteluvirhe tai odottamaton sääilmiö. Lisäksi kustannustehokkuuteen vaikuttaa energian hinta ja sen kehitys. Energia-ala on ollut jo pitkään murroksessa, jonka vuoksi energian hinnat ovat vaihdelleet paljon. Vaikka hinnat muuttuisivatkin rajusti ja käytännön toteutuksessa esiintyisi muita yllättäviä tekijöitä, voi tätä opinnäytetyötä käyttää apuna arvioidessa työnaikaisen lämmityksen hintaa.

Tärkein asia mahdollisimman kustannustehokkaalle rakennusaikaiselle lämmitykselle on optimaalinen rakennusajankohta. Kerroin luvussa 8 Smoltinkaaresta. Kohteen rakentaminen oli aloitettu maaliskuussa ja maalämpö oli saatu käyttöön ennen kuin ulkona alkoi lämpötila laskea. Tästä voidaan päätellä, että rakennuskohde olisi parasta aloittaa ajankohtana, jossa sään voidaan odottaa pysyvän hyvänä siihen asti, että vesikatto ja vaippa olisivat tiiviitä, että parhaimmassa tapauksessa ei tarvita lisälämmitystä.

Toinen tärkeä huomioon otettava asia on sääolosuhteet, joka liittyy myös rakentamisajankohtaan. Jos rakennusajankohtana esiintyy kovia pakkasia, lisälämmityksen käyttöönotto on kannattavaa. Lisälämmitykseen käytettävissä vaihtoehdoissa rakennuskohteen ominaisuuksilla on suuri merkitys. Näkemykseni mukaan esimerkiksi isompi rakennuskohde olisi kannattavampaa lämmitellä kaukolämmöllä. Laskettaessa Smoltinkujan kustannuksia (ks. taulukko 2), osoittautui VILP-yksikkö maalämpöön verrattuna 6 % halvemmaksi ja öljylämmitys 34 % kalliimmaksi suhteessa kaukolämpöön. Vaikka kaukolämpö on hieman kalliimpi kuin VILP-yksikkö, on sen käyttö toimintavarmempi.

Sen sijaan pienehkö rakennuskohde olisi kannattavampaa lämmittää VILP-lämmönjakoyksiköllä. VILP:in etuina ovat pienemmät asennus-, purku- ja rahtikulut. Kuten taulukosta 2 näkee, VILP:in käyttämisestä saatavat edut pienenevät sitä mukaa, mitä enemmän lämmitysyksiköitä työmaalle tarvitaan. Jos kohde on 4500 m² tai pienempi, kaksi lämmitysyksikköä riittää tilan lämmittämiseen ja näin ollen myös kustannukset pysyvät maltillisina.

Jos sisätilojen lämpötilaa halutaan nostaa yli 18 °C:seen, kaukolämpö on tällöin ehdottomasti paras vaihtoehto. Kaukolämmön ja VILP:in kustannukset ovat suhteellisen samalla tasolla näin suuressa kohteessa, mutta kaukolämmön käyttöominaisuudet ovat paremmat. Jos sähkön hinta nousee talvella, se voi nostaa VILP:in hinnan jopa kaukolämpöä suuremmaksi. Myös kaukolämmön hinta on noussut huomattavasti viime vuosina, mutta sen hinta on edelleen paljon vakaampi kuin sähkön.

Tarkoituksena oli myös vertailla, voiko lämpötilaa nostamalla saada taloudellista ja aikataulullisia hyötyä rakennuskohteessa. Haastattelujen ja laskelmien perusteella uskon sen olevan mahdollista. Vertailessani Smoltinkujan sisälämpötilan muutoksen vaikutusta, laskin että nostamalla lämpötilaa 25 °C:seen verrattuna 18 °C:seen, energian kulutus nousisi 29 %. Tämä tarkoittaisi 20 000 € lisäenergiakustannusta, mikä olisi 20 % koko työnaikaisesta lämmityskustannuksesta. Jos lämmityksen avulla rakennusaika lyhenee riittävästi, siitä voisi tulla taloudellista hyötyä.

Sisälämpötilan nostaminen näinkin korkeaksi vaatisi kattavan työntekijöiden ja urakoitsijoiden perehdytyksen, sillä ovia ja ikkunoita ei voi pitää auki. Hyötyjen saamiseksi myös työnjohtoa tulisi neuvoa ovien ja ikkunoiden kiinni pidon tärkeydestä, heidän pitäisi tarkkailla ilmankosteutta ja tarvittaessa lisätä koneellista tuuletusta. Kattavasta perehdytyksestä ja ovien kiinni pitämisen tärkeyden ymmärtämisestä huolimatta, toteutus vaatisi lisäksi rakentamisvaiheiden uudelleen ohjaamista. Tämä tarkoittaisi käytännössä, että elementtien saumat pitäisi

saada tiivistettyä ennen välipohjan valua ja elementtien ulkokuori pitäisi olla tiivis jo tehtaalta tullessaan.

Kootusti voidaan todeta, että työnaikaisesta lämmityksestä ei kannata tinkiä. Lämmittämisen pois jättäminen on huono vaihtoehto laadullisesti ja aikataullisesti, vaikka se voi lyhyellä aikavälillä tuntua isolta kuluerältä. Lämpöä nostamalla voisi teoriassa säästää rakentamisaikataulussa, mutta sen haasteena on vaikea toteutettavuus työntekijöiden ja urakoitsijoiden perehdytyksen ja rakennukseen tarvittavan tiiviin vaipan takia. Kuluerä, joka tällaisessa tilanteessa käytettäisiin lämmön nostamiseen, olisi järkevämpi käyttää esimerkiksi nopeammin kuivuvaan betoniin. Tällaista betonia voisi käyttää myös märkätiloissa, minkä vuoksi märkätiloja pääsisi pinnoittamaan nopeammin ja tämä vuorostaan voisi nopeuttaa rakentamisaikataulua.

Lähteet

Arctronic. Nestekaasu. Verkkoaineisto <<https://arctronic.fi/application/files/5814/7281/9144/aga-nestekaasu.pdf>>. Luettu 27.12.2022

Energiamailma. Uusi energijärjestelmä. Verkkoaineisto <<https://energiamailma.fi/energiasta/energiantuotanto/uusi-energiajarjestelma/>>. Luettu 13.1.2023

European council. Gas prices in the EU. Verkkoaineisto. <<https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/a-market-mechanism-to-limit-excessive-gas-price-spikes/>>. Luettu 30.12.2022

Fortum. Miksi sähkön hinta nousee. Verkkoaineisto. <<https://www.fortum.fi/yrityksille-ja-yhteisoiille/sahkosopimus/ajankohtaista/miksi-sahkon-hinta-nousee>>. Luettu 16.1.2023

Helen. Maalämpö. Verkkoaineisto. <<https://www.helen.fi/lammitys-ja-jaahdytys/kaukolampo/hinnat>>. Luettu 12.12.2022

Helen. Pörssisähkö. Verkkoaineisto. <<https://www.helen.fi/sahko/sahkosopimus/porssisahko>>. Luettu 12.12.2022.

Hämäläinen, Pasi 2023. Vastaava mestari. Skanska talonrakennus. Haastattelu: 20.1.2023

Imatran lämpö. Maakaasuhinnasto. Verkkoaineisto. <<https://www.imatranlampo.fi/wp-content/uploads/2022/06/maakaasuhinnasto-20220601.pdf>>. Luettu 12.12.2022

Jokinen, Topi. KEINOT BETONIN KUIVUMISEEN AIKATAULUSSA. Verkkoaineisto. Vertia. <<https://vertia.fi/blogi/keinot-betonin-kuivumiseen-aikataulussa/>>. Luettu 5.12.2022.

Karhunen, Miko 2022. Kalustepäällikkö. Skanska konevuokra. Haastattelu: 15.12.2022

Kaukolämpö. Miksi kaukolämpö. Verkkoaineisto <<https://kaukolampo.fi/miksi-kaukolampo/>>. Luettu 27.12.2022

Kilpailuta sähkösojimus. Sähkönsiirto. Verkkoaineisto. <<https://www.kilpailutasahkosopimus.fi/sahkonsiirto>>. Luettu 12.12.2022.

Koskenvesa, Anssi. Talvirakentaminen. Verkkoaineisto <<https://tiedostot.rakennustieto.fi/rakentajain-kalenteri/RK99s697.pdf>>. Luettu 29.12.2022

Lakka konserni. Talvibetonointi. <<https://lakka.fi/lakka-kivitalot/talvirakentaminen/>>. Luettu 29.12.2022

Lattiamies. Valmisbetonin hinta. Verkkoaineisto <<https://www.lattiamies.fi/valmisbetoni.html>> Luettu 29.12.2022

Leinonen, Juhana 2023. HSE-asiantuntia. Skanska talonrakennus. Haastattelu: 5.1.2023

Lämmitysenergia yhdistys. Öljylämmitys. Verkkoaineisto <<https://oljylammitus.fi/energiatehokkuus/oljy-on-tehokasta-energiaa/>>. Luettu 13.12.2022

Merikallio, Tarja. Rakennustyömaan kosteudenhallinta. Verkkoaineisto <<https://tiedostot.rakennustieto.fi/rakentajain-kalenteri/RK050502.pdf>>. Luettu 29.12.2022

Merikallio, Tarja. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Verkkoaineisto. <<https://www.ouka.fi/documents/486338/dd8be92a-b157-4416-9c56-2a761d6b9c65>> Luettu 3.1.2023

Metso, Sami. 2019. Rakennustyömaiden väliaikainen lämmitys. Verkkoaineisto. Ramirent. <<https://www.ramirent.fi/blogi/rakennustyomaiden-valiaikainen-lammitus>>. Luettu 5.12.2022.

Neste. Lämmitysöljy. Verkkoaineisto. <<https://www.neste.fi/lammitysoljytilaus>>. Luettu 12.12.2022

Omavoima. Spot-sähkö. Verkkoaineisto <<https://omavoima.fi/spot-sahkon-hintahistoria>>. Luettu 28.12.2022

Oppivainen, Sanelma. 2020. Opinnäytetyön raportointiopas. Helsinki: Kaarikustantamo.

Pikavuokraus. Nestekaasu. Verkkoaineisto <<https://pikavuokraus.fi/tuote/nestekaasu-33-kg/>>. Luettu 2.1.2023

Pikkusilta, Tuomo 2022. Vastaava mestari. Skanska talonrakennus. Haastattelu: 6.12.2022

Rakentamisen kosteudenhallinta. Kuivumisolosuhteiden mittaaminen. Verkkoaineisto <<http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimenpiteet/mittaus/kuivumisolosuhteiden-mittaaminen>>. Luettu 3.1.2022

Ratu C8-0377. Talvityöt ja -kustannukset. Verkkoaineisto <<https://kortistot.rakennustieto.fi/resource/juha/content/18308#page=1>>. Luettu 29.12.2022

Skanska konevuokraus. Nestekaasulämmitys. Verkkoaineisto <<https://skanska-konevuokraus.fi/tuote-osasto/lammitys-ja-kuivaus/nestekaasulammitys/>>. Luettu 27.12.2022

Skanska konevuokraus. Sähkölämmitys. Verkkoaineisto <<https://skanskakonevuokraus.fi/tuote-osasto/lammitys-ja-kuivaus/sahkolammitys/>>. Luettu 27.12.2022

Suomen pankki. Venäjän hyökkäys Ukrainaan. Verkkoaineisto. <<https://www.eurojatalous.fi/fi/2022/artikkelit/venajan-hyokkays-ukrainaan-nostaa-energian-hintaa-ja-pitkittaa-nopean-inflaation-jaksoa/>>. Luettu 15.1.2023

Suomen teollisuustarvike-tukku. Öljykäyttöinen lämpökeskus. Verkkoaineisto. <<https://www.st-tukku.net/siirrettv-ljykyttinen-lmpkeskus-ljysilill-heatmobil-p-5335.html>>. Luettu 13.12.2022

Työsuojelu. Lämpöolot. Verkkoaineisto. <<https://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/fysiikaaliset-tekijat/lampoolot>>. Luettu 13.1.2023

Vensu, Tomi 2022. Työpäällikkö. Skanska talonrakennus. Haastattelu: 21.12.2022