

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Energiatekniikan koulutusohjelma / automaatio- ja prosessitekniikka

Juha Paturi

Pyrometallurgisen koetehtaan lämmitysjärjestelmän uudistaminen

Opinnäytetyö 2015

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Energiatekniikka

PATURI, JUHA

Pyrometallurgisen koetehtaan lämmitysjärjestelmän uudistaminen

Insinööri työ

33 sivua + 1 liitesivu

Työn ohjaaja

Yliopettaja Merja Mäkelä

Toimeksiantaja

Outotec (Finland) Oy

Lokakuu 2015

Avainsanat

lämmitysjärjestelmä, maakaasu, lämminilmakehitin, kustannusvertailu

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää ja tutkia pyrometallurgisen koetehtaan lämmitysjärjestelmän muuntamista nykyaikaisemmaksi ja kustannustehokkaammaksi. Lämmitysjärjestelmä on tähän asti toiminut sähköllä ja tulevaisuudessa olisi tarkoitus käyttää maakaasua. Koetehtaalla käytettävien polttimien ja muiden kaasua tarvitsevien laitteiden on tarkoitus siirtyä nestekaasun käytöstä maakaasun käyttöön. Tästä ja polttoaineen ympäristöystävällisyydestä johtuen päädyttiin maakaasuun lämmittimien polttoaineena.

Työssä selvitettiin koelaitoksen nykyisen lämmityksen tarvitsema sähköenergian vuosittainen tarve hyödyntämällä laitoksen omaa kulutuksenseurantaa. Uuden lämmitysjärjestelmän suunnittelussa vuosittaisia kokonaiskustannuksia arvioitaessa otettiin huomioon sekä investointi-, käyttö- ja huoltokustannukset. Kyseisiä tietoja hyväksikäyttäen laskettiin vuosittaista energiansäästöä ja uuden lämmityslaitteiston takaisinmaksuaikaa erilaisilla investointilaskennan malleilla.

Työ sisältää maakaasun yleistä teoriaa sekä lämminilmakehittimen asennusta, toimintaa, huoltoa ja turvallisuutta käsittelevää tekstiä ja kuvitusta. Lisäksi tutkitaan hankinnan taloudellista kannattavuutta ja hyödyllisyyttä.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Energy Engineering

PATURI, JUHA

Renewal of Heating System in Polymetallurgical Pilot Plant

Bachelor's Thesis

33 pages + 1 appendix page

Supervisor

Merja Mäkelä, Principal Lecturer

Commissioned by

Outotec (Finland) Oy

October 2015

Keywords

heating system, natural gas, warm air heater, cost analysis

The purpose of this thesis was to study the replacement of the heating system in the polymetallurgical pilot plant, targeting at a more modern and cost efficient solution. Until now the heating system has been operating with electricity but the future target is to utilize natural gas. In addition, burners and other equipment which currently use other gases should in the future operate with natural gas. This, combined with the fact that natural gas is an environmentally friendly solution, was the reason it was chosen as fuel for heaters.

In the thesis, electricity consumption of the existing heating system was calculated utilizing the follow-up system that was already available in the pilot plant. When analyzing the total annual costs of the new system, investment costs, operating expenses as well as maintenance costs were all taken into consideration. The aforementioned information was utilized when calculating annual electricity savings and the payback time of the investment with different investment calculation methods.

The thesis contains general theory about natural gas and information regarding assembly, operation, maintenance and safety of the warm air heater, including pictures and explanations. In addition, financial benefits of the investment are also assessed.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

LYHENTEET JA TERMIT

1	JOHDANTO	6
2	MAAKAASU LÄMMITYSENERGIANA	8
	2.1 Nesteytetty maakaasu LNG	8
	2.2 Suomessa käytettävä maakaasu	9
	2.3 Maakaasuputkistot	9
	2.4 Maakaasun tulo ja käyttö koetehtaalla	10
3	KOETEHTAAN LÄMMITYSENERGIAN KULUTUSARVIOT	13
4	KOETEHTAAN TILAVUUS JA NYKYINEN LÄMMITYSLAITTEISTO	15
5	UUDEN LÄMMITYSLAITTEISTON VALINTA JA ASENNUSVAATIMUKSET	18
	5.1 Kaasukäyttöinen lämminilmakehitin Remko VRS 130	18
	5.2 Lämmittimien sijoitus halleihin	21
	5.3 Lämmitysjärjestelmän asennus koetehtaalle	23
6	MAAKAASUJÄRJESTELMÄN KUSTANNUKSET JA VERTAILU	24
	6.1 Perustamiskustannukset	24
	6.2 Lämmityskustannukset	25
	6.3 Lämmitysjärjestelmän kokonaiskustannus	26
7	INVESTOINNIN KUSTANNUSVERTAILU	27
	7.1 Peruslaskentamenetelmät	28
	7.2 Yksinkertaistetut menetelmät	28
	7.3 Lämmitysjärjestelmän investointilaskelmat	29
	7.4 Johtopäätökset	31
8	YHTEENVETO	33

LÄHTEET

LIITTEET

LYHENTEET JA TERMIT

TJ	Terajoule, joule on SI-järjestelmässä työn ja energian yksikkö. Yksi Terajoule on 10^{12} joulea.
TWh	Terawattitunti, wattitunti on energian yksikkö mikä vastaa watin tehoa tunnin ajan. Yksi terawattitunti on 10^{12} wattituntia.
LNG	Nesteytetty maakaasu, maakaasu saadaan nestemäiseen muotoon jäähdyttämällä se -162 asteiseksi. Nesteytetyssä muodossa maakaasu on 600 kertaa tiiviinpää kuin kaasumaisessa.
CH ₄	Metaanin kemiallinen merkki.

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella ja mitoittaa Outotec (Finland) Oy:n Pori Research Centerin pyrometallurgisen koetehtaan lämmitysjärjestelmä maakaasulla toimivaksi ja hakea muutoksen avulla säästöjä koetehtaan vuosittaisiin lämmityskustannuksiin. On myös yhtiön arvojen mukaista muuttaa lämmitysjärjestelmä vähäpäästöisemmäksi ja ympäristöystävällisemmäksi. Koetehtaalla siirrytään tulevaisuudessa mahdollisesti maakaasun käyttöön nestekaasun sijaan. Mahdollisesta muutoksesta johtuen suunnitelman lämmitysmuodoksi valikoitui maakaasulla toimiva järjestelmä.

Tavoitteena on tehdä järjestelmästä mahdollisimman huoltovapaa ja kevytrakenteinen. Järjestelmän on tarkoitus kattaa kaksiosaisen tehdasrakennuksen halliosuudet ilman erillisiä pieniä tiloja sekä kierrättää halli-ilmaa. Halli-ilman kierrättämisellä on tarkoitus saavuttaa tasaisempi lämpötila hallin eri kerroksissa. Lämmittimien toimintaa ohjaa tiloihin sijoitettavat lämpötilasäätimet tai vaihtoehtoisesti lämmitystä varten asennettava kiinteistöautomaatiikka.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on nimenomaan tehdä suunnitelma, joka mahdollistaa maakaasun käytön lämmitysmuotona, jos siihen vaihtoehtoon päädytään. Tulevaisuudessa joudumme pohtimaan lisääntyvässä määrin puhtaampia ja kestävämpiä lämmitysmuotoja. Maakaasun käytön todennäköinen lisääntyminen koetehtaalla ja länsirannikolla yleensä tekee aiheen mielenkiintoiseksi ja varsin ajankohtaiseksi.

Vuonna 2013 Suomessa kulutettiin 1 373 000 terajoulea (TJ) energiaa. Tästä sähköenergian osuus on 84 terawattituntia (TWh). Energian kokonaiskulutus on pysynyt tasaisena koko 2000-luvun ja jopa hieman laskenut viime vuosina. Teollisuuden osuus vuonna 2013 Suomessa kulutetusta energiasta oli 543 terajoulea ja sähkön osuus oli 40 terawattituntia. Teollisuuden energiankulutuksen suurimmat toimialueet vuonna 2013 olivat metsäteollisuus (49 %) kemianteollisuus (18 %) ja metallinjalostus (15 %). Suomen tavoite on saada uusiutuvien energialähteiden osuus 38 %:n tasolle vuoteen 2020 mennessä. Uusiutuvien energialähteiden osuus vuonna 2013 oli 35 %. (1.)

Nesteytetty maakaasu eli LNG lisää suosiotaan energiamuotona Länsi-Suomessa tulevaisuudessa, johtuen länsirannikolle tehtävistä maakaasuterminaali-investoinneista. Maakaasua pidetään puhtaana ja vähäpäästöisenä fossiilisena polttoaineena ja täten

suositeltavana korvaavana vaihtoehtona muille fossiilipohjaisille polttoaineille kuten kivihieille. Porin alueelle maakaasuterminaalina rakentaa Gasum Oy:n tytäryhtiö Skangass Oy. (2.)

Outokummun historia alkaa vuodesta 1910, Itä-Suomesta löydetystä suuresta kupari-esiintymästä ja tälle alueelle perustetusta kaivostoiminnasta. Vuonna 1935 valmistui Imatralle aikansa suurin kuparisulatto, joka siirrettiin sodan vuoksi Harjavaltaan 1940-luvulla. Outokumpu kehitti 1940-luvun lopulla liekkisulatusmenetelmän, joka mullisti metallinsulatuksen. Metallinjalostustutkimusta ja kehitystä parantaakseen yhtiö perusti metallurgisen tutkimuskeskuksen Poriin 1949. (3.)

Tutkimuskeskus (kuva1) sijaitsee Tampereentien varressa Porin Metallikylässä. Työntekijöitä yrityksessä on noin 200. Tutkimuskeskukseen kuuluu itse tutkimuskeskuksen lisäksi pyrometallurginen ja hydrometallurginen koetehdas.

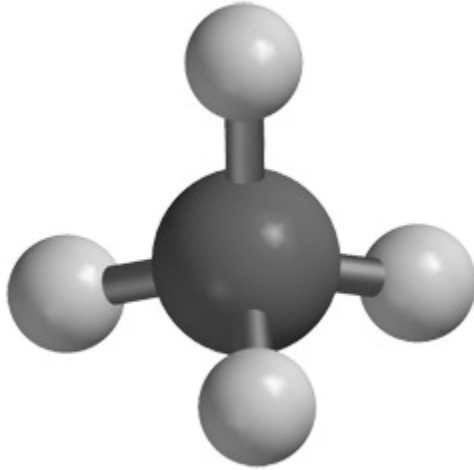


Kuva 1. Outotec(Finland) Oy Porin tutkimuskeskus (4.)

Outokumpu Technology listautui Helsingin pörssiin vuonna 2006. Yritys muutti nimensä Outotec Oyj:ksi vuonna 2007. (3.)

2 MAAKAASU LÄMMITYSENERGIANA

Maakaasu, jota myös luonnonkaasuksi kutsutaan, on suurimmaksi osaksi metaania eli hiilivetyä, jonka kemiallinen merkki on CH_4 . Maakaasu sisältää pieniä määriä etaania (C_2H_6), propaania (C_3H_8), butaania (C_4H_{10}), typpeä (N_2) ja hiilidioksidia (CO_2). (6.)



Kuva 2. Metaani CH_4 . (10.)

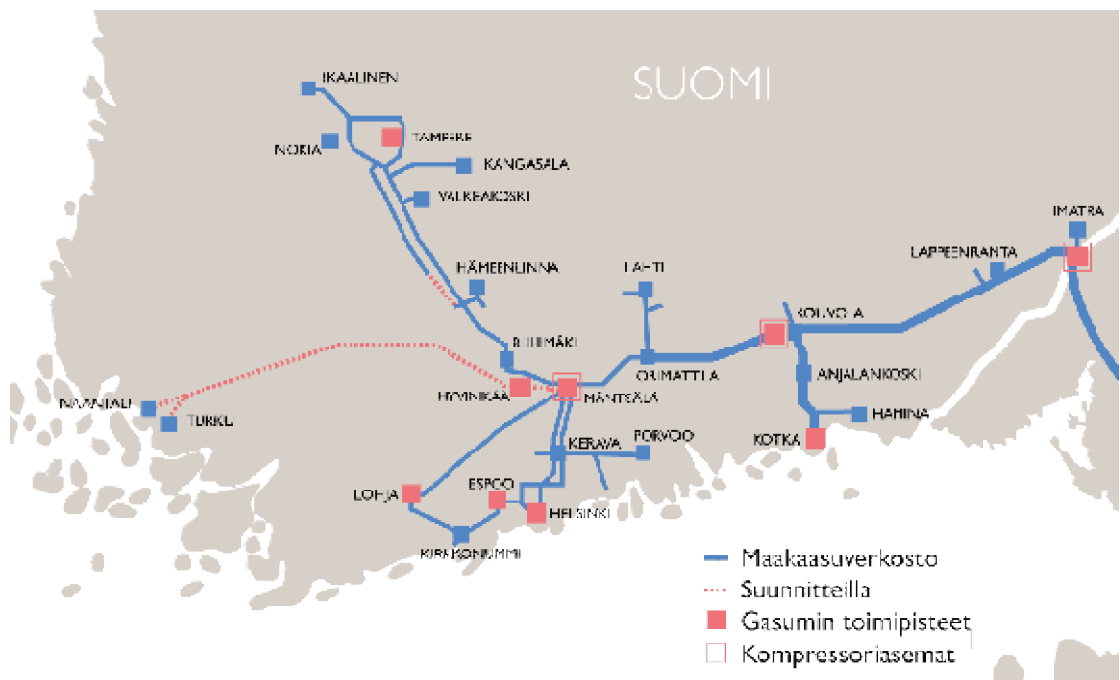
Puhtaana maakaasu on mauton, väritön ja sinertävänä palava kaasu. Maakaasun tehollinen lämpöarvo on 50MJ/kg , mikä on noin puolet korkeampi esimerkiksi kivihiiileen verrattuna. Maakaasua saadaan öljy- ja maakaasuesiintymistä ja liuskekivestä. Maailman maakaasuvarat sijoittuvat suurimmaksi osaksi Venäjälle ja Lähi-itään. (2.)

2.1 Nesteytetty maakaasu LNG

Nesteytetty maakaasu on nestemäiseksi muunnettua maakaasua. Maakaasu saadaan muutettua nestemäiseksi jäädyttämällä se -162 asteen lämpötilaan. Muuttamalla kaasu nestemäiseksi saadaan se helpommin kuljetettavaan muotoon ja kaasun tilavuus pienenee kuudessadasosaan nestemäisenä. LNG on puhdas poltettava, eli sen polttaminen ei muodosta lainkaan pienhiukkaspäästöjä. LNG ei sisällä rikkiä eikä raskasmetalleja. LNG on hajuton, mauton ja myrkytön kaasu. 1000 kg LNG:tä vastaa 1370m^3 maakaasua ja 310 litrassa LNG:tä on yhtä paljon energiaa kuin öljybarrelissa, jonka tilavuus on 159 litraa. (2.)

2.2 Suomessa käytettävä maakaasu

Suomella ei ole omia maakaasuvaroja. Kaikki Suomeen tuotava maakaasu on tullut tähän asti maakaasuputkiverkosta (kuva3) pitkin Länsi-Siperiasta, Venäjältä. Suomen maakaasuputkiverkosta hallinnoi Gasum Oy. Tulevaisuudessa maakaasua aletaan tuoda maahan myös rannikolle rakennettaville nesteytetyn maakaasun terminaalille. Tämä parantaa Suomen hankintamahdollisuuksia ja huoltovarmuutta maakaasun hankinnassa. (2.)



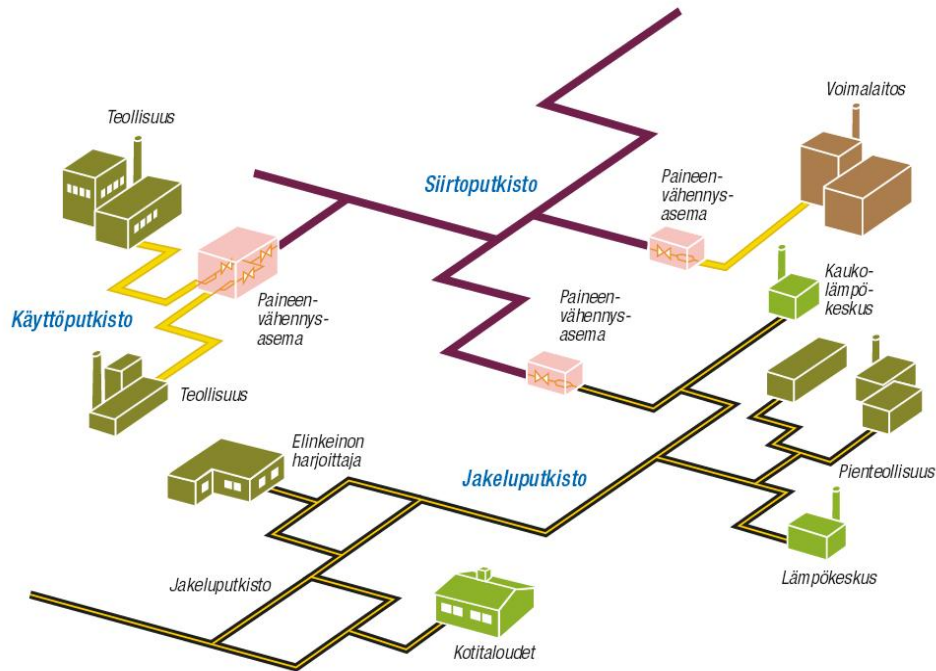
Kuva 3. Suomen maakaasuputkiverkosto (12.)

2.3 Maakaasuputkistot

Maakaasuputkiston jako tehdään käyttötarkoituksen mukaan kolmeen eri luokkaan.

- siirtoputkistot
- jakeluputkistot
- käyttöputkistot

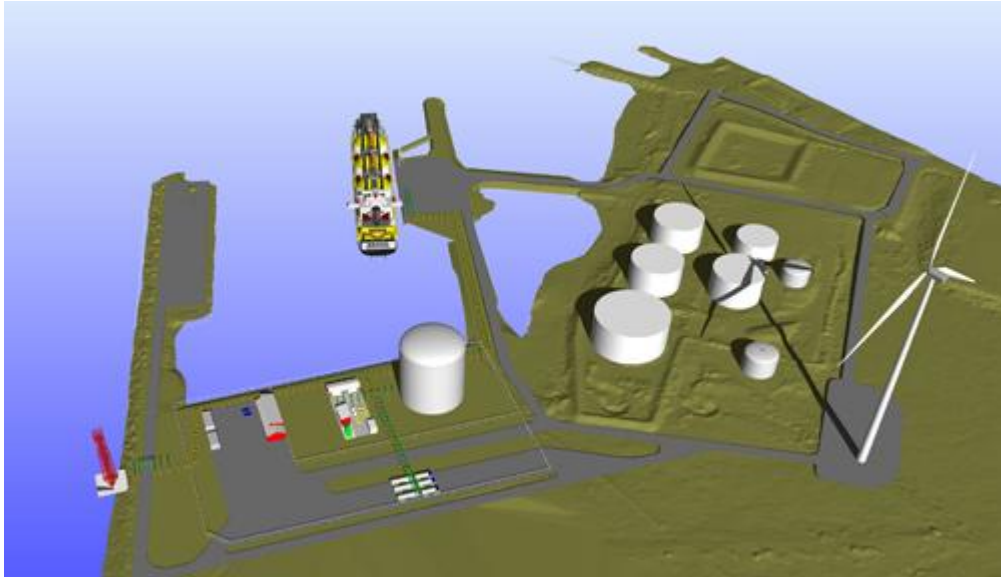
Siirtoputkistolla tarkoitetaan ns. runkoverkkoa (kuva 4), jolla kaasu siirretään paineenvähennysasemille. Paineenvähennysasemilta kaasu siirretään alennetulla paineella jakeluputkiston avulla alueellisille kaasukuluttajille kuten teollisuusrakennuksiin, kotitalouksiin yms. Käyttöputkistolla kaasu siirretään rakennusten sisällä eri käyttökohteisiinsa, kuten kaasuhelloihin, kaasulämmittämiin yms. (6,24.)



Kuva 4. Maakaasuputkiston jaottelu (6,24.)

2.4 Maakaasun tulo ja käyttö koetehtaalla

Venäjältä tuleva maakaasuputki ei yllä Poriin asti, joten koetehtaalla käytettävä maakaasu on tarkoitus tuoda laivarahtina Porin satamaan rakenteilla olevaan Skangassin omistamaan LNG–terminaaliin (kuva 5).



Kuva 5. Skangass:in Porin tahkoluotoon rakenteilla oleva LNG-terminaali (2.)

Maakaasu on tarkoitus kuljettaa tankkiautoilla nestemäisessä muodossa Kupariteollisuuspuistoon perustettavaan välivarastoon jos kyseiseen ratkaisuun päädytään. Välivaraston mahdollinen rakennuspaikka on merkitty neliöllä kuvassa 6. Välivarastossa LNG höyrystetään kaasumuotoon. Välivarastosta kaasu jaetaan jakeluputkiston kautta kaasumaisessa muodossa koetehtaalte, joka sijaitsee nuolen osoittamassa paikassa kuvan 6 vasemmassa reunassa. Tehdasalueella toimiva kaasuntoimittaja vastaa jakeluputkistosta ja sen sijoittamisesta/rakentamisesta alueella. Välivaraston rakentamista ei ole vielä aloitettu ja putkilinjojen sijaintia ei ole vielä tarkalleen määritelty. Outotecin vastuu linjasta alkaa koetehtaan ulkoseinältä.



Kuva 6. Maakaasun välivaraston ja koetehtaan sijoittuminen Kupariteollisuuspuistoon (4.)

Maakaasun on tarkoitus korvata nestekaasun käyttö koetehtaalla. Koetehtaalla on kiinteä nestekaasun jakoon tarkoitettu käyttöputkistoverkko. Putkisto on suunnitelmassa muuttua maakaasulla käytettäväksi. Koetehtaalla nestekaasua käytetään tällä hetkellä esimerkiksi erilaisten uunien ja muiden prosessilaitteiden lämmitykseen nestekaasupolttimien avulla.

3 KOETEHTAAN LÄMMITYSENERGIAN KULUTUSARVIOT

Koetehtaan monitahoisuuden ja eri aikakausilla sekä eri eristevahvuuksilla rakennettujen lisäosien vuoksi on hankala määrittää koko rakennuksen eristävyyttä teoreettista laskentaa varten. Vuodesta 2006 alkaen koetehtaan kokonaissähkönkulutus on mitattu ja dokumentoitu kuukausittain. Pyrometallurginen koetehdas on kuvassa 7 vasemmalta oleva tiiliverhoiltu rakennus.



Kuva 7. Pyro- ja hydrometallurginen koetehdas (4.)

Keskusteltuani työnantajan edustajan kanssa, päädyin käyttämään toteutunutta sähkönkulutusta laskennassa. Toteutunut kulutus antaa mielestämme todellisemman ja paremmin yhtiötä palvelevan lopputuloksen. Koetehtaan muu kuin lämmityksestä johdettu sähkönkulutus kuukausitasolla on hyvin tasainen, pois lukien isommat koeajot, joissa on oma erillinen energiankulutusmittaus, joka on vähennetty laskennassa kyseisten kuukausien osalta kuukausikulutuksesta. Tätä tietoa hyödyntämällä arvioin lämmityksen vuositason kuluttaman lämmitysenergian määrän.

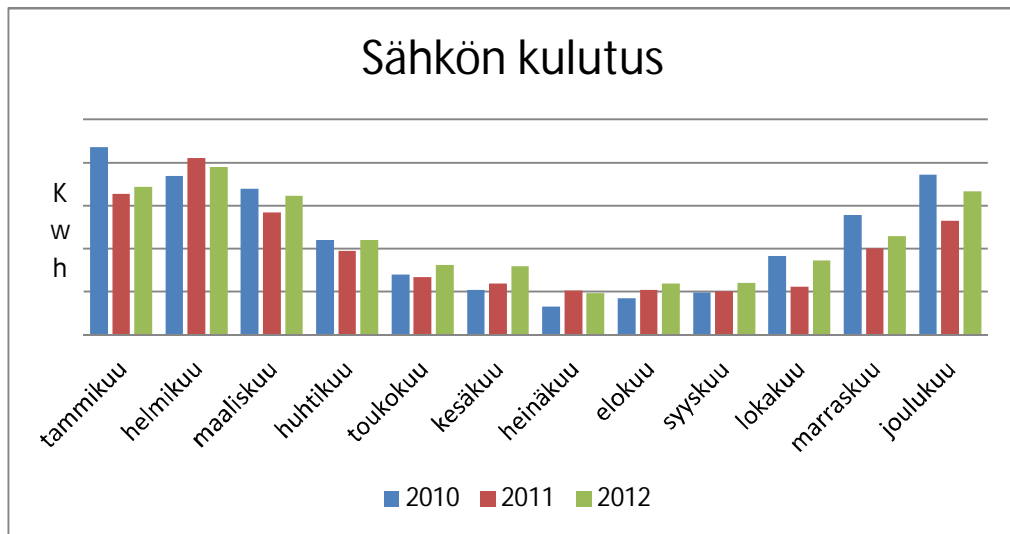
Laskin kuudelta kylmimmältä kuukaudelta (marraskuu - huhtikuu) sähkönkulutuksen keskiarvon kolmelta eri vuodelta, kolmen vuoden keskiarvosta vähensin lämpimämpien kuuden kuukauden (toukokuu - lokakuu) vastaavat keskiarvot. Saadun tuloksen kerroin kylmimpien kuukausien lukumäärällä. Tällä laskutavalla sain vuosittaisen lämmitysenergian kulutuksen määräksi noin X kWh

Opinnäytetyössä laskentaan on käytetty vuosien 2010 – 2012 sähkönkulutusta (taulukko 1). Kaaviossa 1 on havainnollistettu sähkönkulutuslukemat graafisessa muodossa. Vuosi 2013 jätettiin pois vertailusta johtuen koetehtaalla suoritetuista kahdesta

isosta koeajosta, joissa ei ollut erillistä energiankulutusmittausta. Nämä koeajot vääristivät sähkönkulutuslukemien vertailukelpoisuutta.

	2010	2011	2012	keskiarvo
tammikuu	X	X	X	X
helmikuu	X	X	X	X
maaliskuu	X	X	X	X
huhtikuu	X	X	X	X
toukokuu	X	X	X	X
kesäkuu	X	X	X	X
heinäkuu	X	X	X	X
elokuu	X	X	X	X
syyskuu	X	X	X	X
lokakuu	X	X	X	X
marraskuu	X	X	X	X
joulukuu	X	X	X	x

Taulukko 1. Sähkönkulutus (kWh)



Kaavio 1. Sähkönkulutus (kWh)

Tällä hetkellä yrityksen ostaman sähköenergian hinta on x €/kWh. Lämmitysenergian vuosikustannus saadaan kertomalla sähkön hinta sen kulutuksella.

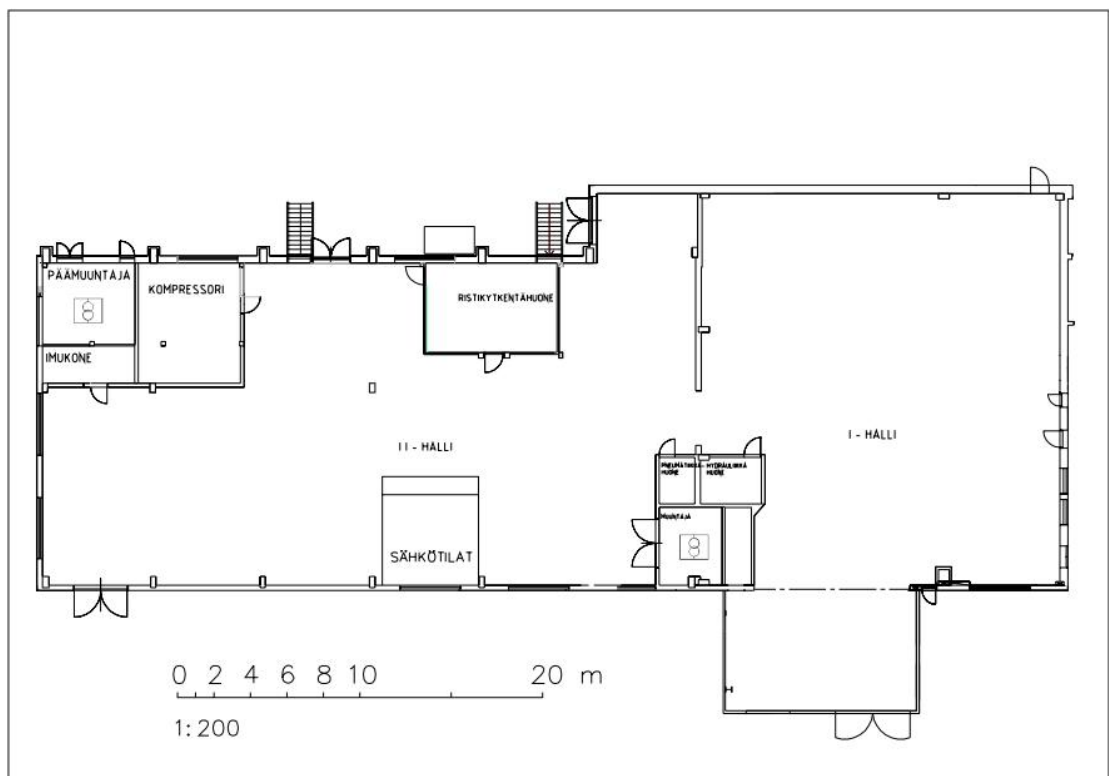
$$\text{Lämmitysenergian vuosikustannus (€)} = \frac{x \text{ €}}{\text{kWh}} * X \text{ kWh} = X \text{ €} \quad (1)$$

4 KOETEHTAAN TILAVUUS JA NYKYINEN LÄMMITYSLAITTEISTO

Pyrometallurgisen koetehtaan lämmitysalan tilavuuden laskennassa on huomioitu varsinainen hallitila, josta on vähennetty erilliset sähkötilat, valvomot, hydraulikka-, pneumatiikka- ja kompressorihuoneet. Näissä hallitilasta erillään olevissa huoneissa lämmitys on toteutettu omilla ratkaisuillaan, joten niitä ei huomioida laskennassa. Tilavuuden laskennassa on käytetty paikanpäällä mitattuja rakenteiden mittoja ja etäisyyksiä (kuva 8). Hallitila on erotettu väliseinällä ja paljeovilla kahdeksi erilliseksi tilaksi, ykköshalliksi ja kakköshalliksi.

Hallien tilavuudet ovat:

- ykköshalli 4300 m³
- kakköshalli 6100 m³



Kuva 8. Pyrometallurgisen koetehtaan pohjapiirustus.

Koetehtaan nykyinen lämmitys on toteutettu sähköllä toimivilla lämpöpuhaltimilla. Tarkoitus on korvata puhaltimet maakaasulla toimivalla lämmitysjärjestelmällä. Kor-

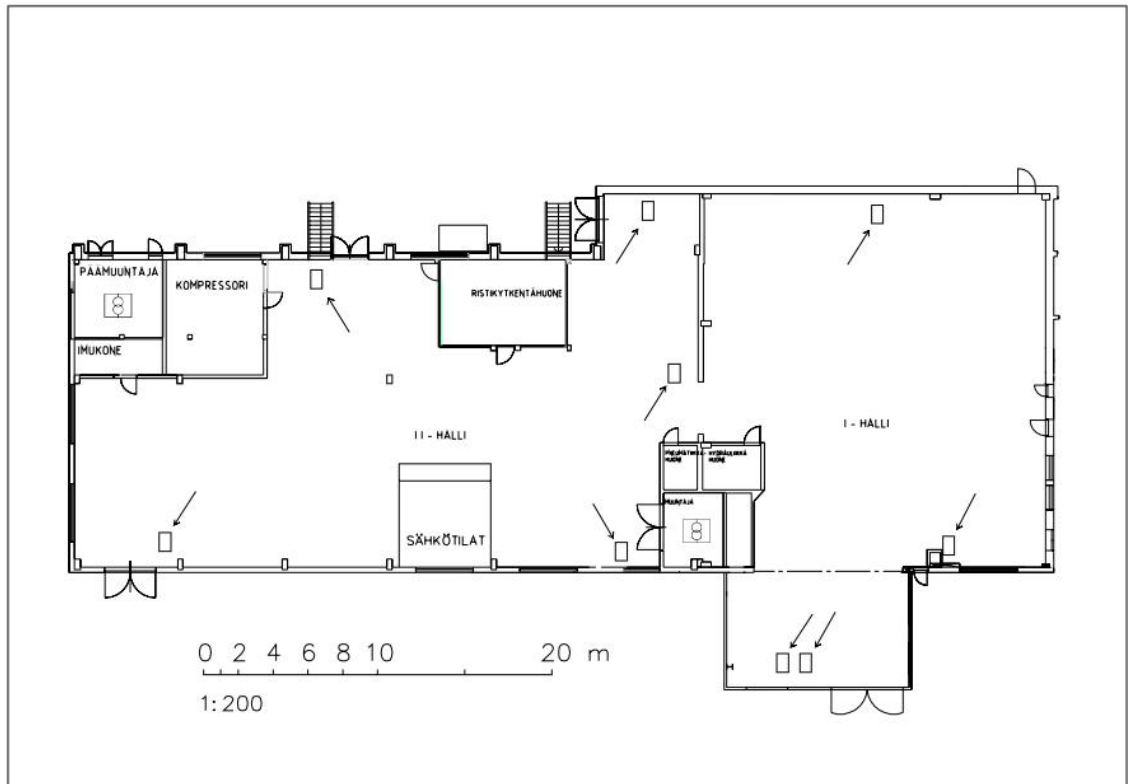
vaavaksi lämmitysjärjestelmäksi valittiin maakaasu, koska kaasu tulee rakennukseen muuhunkin prosessin lämmityskäyttöön.

Koetehtaan nykyinen lämmitys on toteutettu yhdeksällä sähkökäyttöisellä 18 kW:n Remko Elkomat – lämpöpuhaltimella (kuva 9). Puhaltimet on sijoitettu kuvassa 10 esitetyille paikoille halleihin lattiapinnan tasolle tai noin kahden metrin korkeuteen. Puhaltimista neljä on sijoitettu ykköshalliin ja viisi kakkoshalliin. Yhteenlasketut lämmitystehot ovat:

- ykköshalli $4 \times 18 \text{ kW} = 72 \text{ kW}$
- kakkoshalli $5 \times 18 \text{ kW} = 90 \text{ kW}$



Kuva 9. Remko elkomat 18 kw:n sähkökäyttöinen lämpöpuhallin. (7)



Kuva 10. Sähkökäyttöisten lämpöpuhaltimien sijoittelu hallissa.

Polarthermin edustajan mukaan $10\,000\text{ m}^3$ hallitilan laskennallinen lämmitystarve on 300 kW . Halliin tulee lisälämpöä myös muista kohteista, näistä lämpölähteistä johtuen lämmityskapasiteetti on alhaisempi kuin laskennallisesti olisi tarvetta. Tämä on aiheuttanut lämmityksen riittämättömyyden kovimpina pakkasjaksoina talvisin, jolloin lämmityskapasiteettia on väliaikaisesti lisätty ylimääräisillä puhaltimilla.

Suurin lisälämpöä tuottava kohde on rakennuksen konttoriosan ilmanvaihdon ulospuhallusilma, joka puhalletaan ykköshalliin. Lisäksi valvomoiden sekä sähkö- ja hydraulikkatilojen omat lämmitysjärjestelmät tuottavat halleihin lämpöä. Lisälämmönlähteet ovat kuitenkin niin vähäisiä, että laskennassa niitä ei ole huomioitu.

5 UUDEN LÄMMITYSLAITTEISTON VALINTA JA ASENNUSVAATIMUKSET

Rakennuksen uuden lämmitysjärjestelmän tärkeimpinä valintakriteereinä pidettiin:

- Lämmittimen polttoaineena käytetään maakaasua.
- Lämmitin pitää voida asentaa hallitilaan ilman erillistä sille rakennettavaa laitehuonetta.
- Järjestelmä ei tarvitse erillistä kaasunvarastointisäiliötä sijoitettavaan tilaan.
- Järjestelmä mahdollistaa lämmitettävän ilman kierrättämisen hallitilassa ilman erillistä kierrätysjärjestelmää.
- Vähäinen perushuollon tarve, jonka oma henkilökunta pystyy tarvittaessa tekemään.
- Järjestelmän saa toimimaan täysin automaattisesti.

Valinnassamme päädyimme paikallisen Polarthermin valmistamaan Remko VRS130 –mallisiin maakaasukäyttöisiin lämminilmakehittäjiin. Valintaa puolsi yrityksen paikallisuus ja hyvät kokemukset siltä aiemmin hankituista lämmittimistä. Lämmittäjiä tulee 2 kappaletta. Toinen lämmittäjä sijoitetaan ykköshalliin ja toinen kakkoshalliin. Kahteen samanlaiseen lämmittäjiin päädyimme huolto- ja käyttövarmuuden vuoksi. Vikatilanteissa yhden lämmittimen ratkaisu olisi ollut liian häiriöherkkä ja aiheuttaisi koko lämmitysjärjestelmän toimimattomuuden. Käytettävien laitteiden nimellisteho on 149 kW per laite. Kyseisillä lämmitinvalinnoilla lämmityskapasiteetti nousee Polarthermin edustajan ilmoittamaan 300 kW lämmitystehtävään, joka vaaditaan hallien tilavuuden (10 000 m³) lämmittämiseen. Tällä tavoin voimme olla huomiomatta mahdolliset lisälämmityksistä tulevat lämmöt ja niiden mahdolliset muutokset.

5.1 Kaasukäyttöinen lämminilmakehitin Remko VRS 130

Lämmityslaitteeksi valittiin maakaasulla toimiva lämminilmakehitin Remko VRS 130 (kuva 11). Laitteisto toimii täysin automaattisesti. Laite soveltuu esimerkiksi kiertoilmakäytölle, jossa ilma otetaan lämmitettävästä tilasta ja puhalletaan putkikanavien kautta lämmityskohteisiin. Laitteessa on yksiportainen puhallin ilmankierrättämiseen. Laitteessa on puhaltimella varustetut polttimet, mistä johtuen laite on liitettävä savupiippuun. Kyseinen laite on CE-tyyppihyväksytty kaasukäyttöön kaasulaitedirektiivin

(90/296/EU) mukaan. Tyyppihyväksynnän on tehnyt DVGW laboratorio (CE-0085AR0112).(9) Kaasukäyttöisen lämminilmakehittimen CE-hyväksyntädokumentti on liitteenä (liite1).

Kyseisen lämminilmakehittimen nimellislämpökuormitus on 160 kW ja nimellislämpöteho on 149 kW. Tästä saadaan laskettua laitteen hyötysuhde, jakamalla nimellislämpöteho nimellislämpökuormituksella.

$$\frac{149 \text{ kW}}{160 \text{ kW}} = 0,93125$$



KUVA 11. Kaasukäyttöinen lämminilmakehitin Remko VRS 130 (8)

Lämmittimen sijoitusedellytys ja paikan valinta

Lämmittimen paikan valinnassa käytetään sisäasiainministeriön määräystä A:47 (Lämminilmakehittimien ja viljakuivaamoiden paloturvallisuus). Asennus ja sijoitusratkaisuissa on oltava palo- tai rakennustarkastajan hyväksyntä. Kaasupolttimella varustetut laitteistot saa asentaa vain hyväksytty asennus- ja huolto liike. (9,5.)

Sijoituspaikassa tulee olla riittävästi vapaata tilaa lämmittimen ympärillä. Erityisesti on kiinnitettävä huomiota siihen, että nuohous- ja puhdistusluukkujen edessä on riittävästi tilaa toimenpiteiden suorittamiseen. Lämmitin on sijoitettava palamattomalle alustalle. Jos lämmitin sijoitetaan erilliseen huoneeseen, huoneen tulee täyttää kattila-huoneelle asetetut vaatimukset. Ilmakanavien on täytettävä paloturvallisuusmääräykset. On myös huomioitava laitteen polttimen tarvitsema paloilmalla riittävä saanti. Laitteen ollessa toiminnassa on sen välittömään läheisyyteen sijoitettava minimissään AB III-E luokan käsiammutin. (9,5.)

Lämmittimen savuhormi

Savuhormin tulee olla viranomaismääräysten mukainen. Hormi on varustettava sadehatulla, jonka voi tarvittaessa poistaa nuohouksen ajaksi, jos nuohous tehdään yläkautta. Hormi on mitoittettava riittävän pitkäksi luonnonvedon saavuttamiseksi, kun puhallin on pysäytetty. Hormin pään on oltava riittävän korkealla rakennuksen räystäästä. Hormin eristäminen ei ole toiminnan kannalta välttämätöntä, mutta on suositeltavaa kondenssiveden muodostumisen estämiseksi. (9,6)

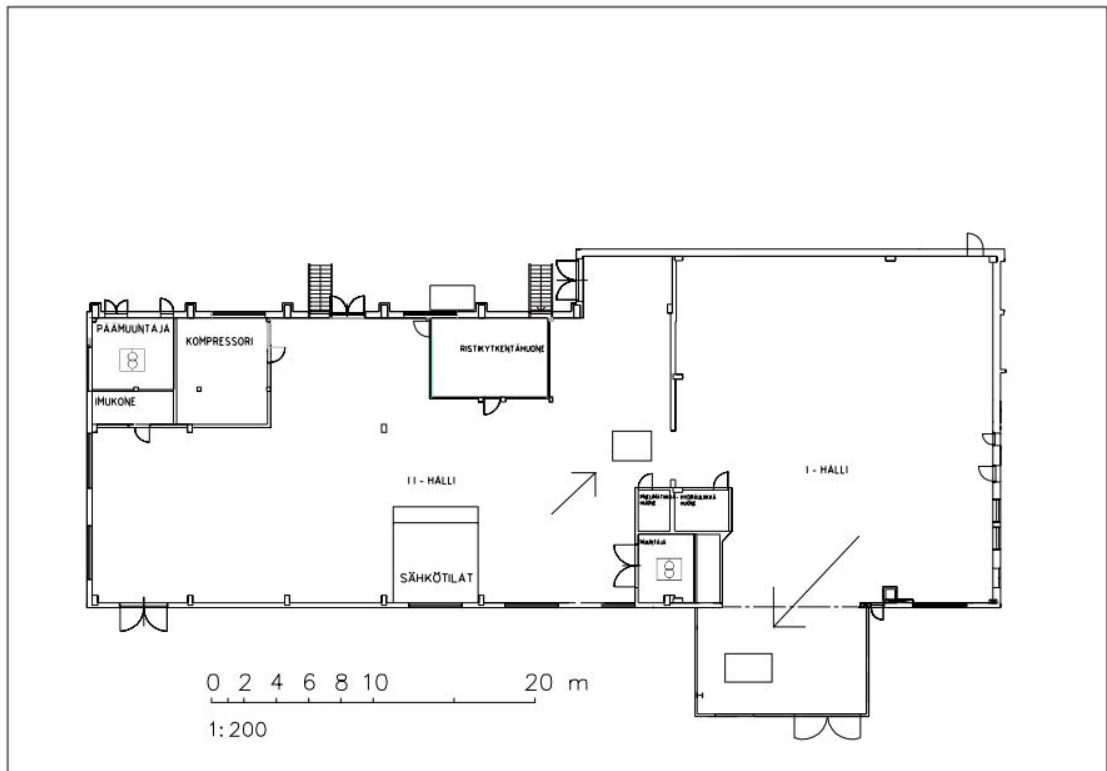
Polttimen palamisilma

Polttimen palamisilma otetaan ulkoa tai suodattimilla puhdistettuna hallitilasta. Ilmanottoaukon koon on oltava vähintään 1,5 kertaa lämmittimen savukaasun poistoputken kokoinen. Ulkoilmasta otettaessa on huomioitava imuputken painehäviö suhteessa puhaltimen imukykyyn. Putkisuosituksen miniminä on halkaisijaltaan 200 mm putki, jos pituus ei ylitä viittä metriä. (9,7.)

5.2 Lämmittimien sijoitus halleihin

Lämmittimet on tarkoitus sijoittaa mahdollisimman ylös, josta lämmitetty ilma puhalletaan ilmakehien avulla hallin alaosiin. Näin saadaan lämmitetty ilma kierrätettyä hallin alaosaan. Tällä toimenpiteellä on tarkoitus saada hallin lämpötila mahdollisimman tasaiseksi.

Ykköshallin lämmittimen paikan sijaintiin (kuva 12) pystytään käyttämään jo olemassa olevaa tasoa. Paikka sijaitsee hallin yläosassa metallisella tasolla, josta on helppo ohjata savukaasut ulos savupiipun avulla suoraan katon lävitse. Polttimen palamisilma on myös tarvittaessa helppo ottaa katolta



KUVA 12. Lämminilmakehittimien sijoituspaikat halleissa.

Tasolla nyt olevat vanhat laitteistot puretaan pois uuden lämmittimen edestä (kuva 13). Lämmittimen paikan valintaan vaikuttivat seuraavat tekijät:

- jo olemassa olevat tasot
- vanhat lämmitysilmakanavat, joita mahdollisesti voidaan osittain hyödyntää uuden lämmittimen toiminnassa

- uusien kanavien hyvät asennusmahdollisuudet
- hallin yläosa sijaintina on parempi ilman kierrätettävyyden vuoksi.



KUVA 13. Lämmittimen sijoituspaikka ykköshallissa.

Kakkoshalliin sijoitettavalle lämmittimelle on tarkoitus rakentaa uusi taso kuvan 14 osoittamalle paikalle. Taso on hallin yläosassa, josta on helppo ohjata savukaasut ulos savupiipun avulla suoraan katon lävitse. Lisäksi polttimen palamisilma on helppo ottaa katolta tarvittaessa. Tärkeimmät kriteerit kyseisen paikan valinnalle olivat:

- riittävä tila
- hyvät asennusmahdollisuudet laitteiston putkistolle
- hallin yläosa sijaintina on parempi ilman kierrätettävyyden vuoksi.



KUVA 14. Lämmittimen sijoituspaikka kakkoshallissa.

5.3 Lämmitysjärjestelmän asennus koetehtaalle

Tehdasalueelle tulevan maakaasu-aseman rakentaminen on suunnitelmissa aloittaa vuoden 2016 alkupuolella. Koetehtaan lämmityslaitteiston asennus tulee ajankohtaiseksi, kun maakaasulinjat saadaan koetehtaalle ja runkolinjat rakennettua laitoksen sisälle. Tällä hetkellä lämmittimien asennus voisi olla ajankohtaista aikaisintaan vuoden 2016 loppupuolella.

6 MAAKAASUJÄRJESTELMÄN KUSTANNUKSET JA VERTAILU

6.1 Perustamiskustannukset

Uuden järjestelmän perustamiskustannukset jakaantuvat pääpiirteittäin seuraaviin osakustannuksiin.

- lämmittimien hankinta
- lämmittimien perustuskustannukset
- ilmansiirtokanavien hankinta- ja asennuskustannus
- sähkö-, LVI - ja instrumentointiasennus
- suunnittelukustannukset.

Lämmittimien hankintakustannukset ovat Polartherm Oy:lta saadun tarjouksen perusteella Remko VRS 130 mallin osalta X €(0% alv)/kappale eli X €(0% alv). Lisäksi on huomioitava lämmittimiin tarvittavat asennustarvikkeet ja lisäominaisuudet. Lämmittimien ja tarvikkeiden yhteishinta on X €(0% alv).

Lämmittimen perustamiskustannukset pitävät sisällään tarvittavat tilat, lattiatasot sekä vanhoille tasoille tarvittaessa tehtävät muutokset. Lämmittimen sijoittaminen ratkaisee tarvitaanko täysin uudet tasot vai voidaanko asennuksessa hyödyntää jo olemassa olevia tasoja. Tasot ja tarvittavat muutokset tekee yhteistyökumppanimme. Tarjousten perusteella saatu kustannusarvio on X €(0% alv).

Ilmansiirtokanavien hankinta- ja asennuskustannus pitää sisällään imuilmakanavat ja niiden asennuksen, savupiiput ja niiden asennuksen ja lämmitetyn ilman jakelukanavat ja niiden asennuksen. Putkiston hankinnasta ja asennuksesta vastaa yhteistyökumppanimme ns. avaimet käteen periaatteella. Tarjousten perusteella saatu kustannusarvio on X €(0% alv).

Sähköasennus pitää sisällään koneille tarvittavat sähkösyötöt kaapelointineen ja asennuksineen. LVI- asennus pitää sisällään lämmittimeen tarvittavat vesi- ja kaasu- linjojen asennukset. Instrumentointiasennus pitää sisällään lämmittimelle tarvittavat pienjänniteasennukset ja niiden kaapeloinnit. Kyseiset kokonaisuudet tilataan yhteistyökumppaneiltamme tarjousten perusteella. Tarjousten perusteella saatu kustannusarvio on X €(0% alv).

Suunnittelukustannukset pitävät sisällään järjestelmän suunnittelusta aiheutuvat kustannukset X €(0% alv).

6.2 Lämmityskustannukset

Maakaasulla toimivan lämmitysjärjestelmän vuosittainen kustannus koostuu polttoaineen hinnasta ja määrästä sekä vuosittaisista huoltokustannuksista, jotka on arvioitu olevan X €

Laskentaan käytetty lämmittimen kaasunkulutuksen arvo on saatu lämmittimen ohjekirjasta(9), maakaasun lämpöarvo Gasum Oy:n verkkosivuilta.(2) ja maakaasun hinta-arvio Gasum Oy:n edustajalta puhelinkeskustelussa 2.4.2015.

Lämmittimen kaasunkulutus LNG:tä poltettaessa on 15,4 m³/h, joten kahden puhaltimen kulutus on 30,8 m³/h. Maakaasun lämpöarvo on 10,38 kWh/m³. Kahden lämmittimen tunnissa tuottama lämpö saadaan kertomalla maakaasun lämpöarvo kaasunkulutuksella.

$$\text{Nimellislämpökuormitus (kW)} = \frac{30,8 \text{ m}^3}{\text{h}} * 10,38 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3} = 319,7 \text{ kW} \quad (2)$$

Todellinen lämmittimen tuottama nimellislämpöteho saadaan kertomalla nimellislämpökuormitus hyötysuhteella. Lämmittimen hyötysuhde on 0,93

$$\text{Nimellislämpöteho (kW)} = 319,7 \text{ kW} * 0,93 = 298 \text{ kW} \quad (3)$$

Laskettu vuosittainen lämmitysenergian kulutus on X kWh/vuosi. Vuosittainen maakaasun kulutus on lämmitysenergia/vuosi jaettuna maakaasun lämpöarvolla.

$$\text{Maakaasun kulutus (m}^3\text{)} = \frac{X \text{ kWh}}{10,38 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3}} = X \text{ m}^3 \quad (4)$$

Maakaasun hinta on 0,4671 €/m³. Vuoden kokonaiskustannus saadaan kertomalla kaasun vuosikulutus kaasun hinnalla

$$\text{Vuosittainen kaasukustannus} = 0,4671 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} * X \text{ m}^3 = X \text{ €} \quad (5)$$

6.3 Lämmitysjärjestelmän kokonaiskustannus

Maakaasulämmitysjärjestelmän perustuskustannukset ovat yhteensä:

- Kattilat = X €
- Perustuskustannukset X €
- Putkisto X €
- Sähkö- LVI- ja instrumentointi X €
- Suunnittelu X €

Yhteenlaskettuna investoinnin kustannusarvioksi muodostuu X €

7 INVESTOINNIN KUSTANNUSVERTAILU

Investoinnissa sijoitetaan rahaa johonkin kohteeseen pitkähköksi aikaa. Rahojen sijoittaja maksaa menoja, joiden avulla on mahdollista saada tuloja. Investointi on itse asiassa sama asia kuin mikä tahansa ostos, joka tehdään tulojen saamiseksi. Yleensä investointi käsitteenä tarkoittaa suurehkoa rahan sijoittamista pitkäksi aikaa tulon hankkimisen mahdollistamiseksi. Investoinnin pitkä sijoitusaika tuo tullessaan epävarmuustekijöitä ja suuremman riskin. Riskinhallintaa varten on tehty erilaisia investointilaskelmatapoja, joilla voidaan kartoittaa investoinnin kannattavuutta. (11, 206.)

Investointilaskelma on investoinnin koko elinajalle tehtävä laskelma, jonka tavoitteena on selvittää kuinka kannattava investointi on sen tekijälle. Jos investointi sisältää eri vaihtoehtoja, laskennan tehtävänä on saada ne järjestykseen ja helpottaa eri vaihtoehtoista tehtävää valintaa. Laskelmat perustuvat investoinnin kustannuksista, tuotoista ja pääoman tarpeesta tiedettyihin tai arvioituihin tietoihin. Yleisesti ottaen, mitä isommasta investoinnista on kyse sitä tarkemmat investointilaskelmat on hyvä tehdä. (11, 213.)

Yleisimmin käytössä olevat investointilaskelmamenetelmät ovat:

- nykyarvomenetelmä
- annuiteettimenetelmä
- sisäisen korkokannan menetelmä
- pääoman tuottoastemenetelmä
- takaisinmaksuajan menetelmä

Investointilaskelmamenetelmät jaetaan kahteen eri ryhmään. Kolme ensimmäistä on nimeltään peruslaskentamenetelmiä ja kaksi alinta on yksinkertaistettuja menetelmiä. (11, 214.)

7.1 Peruslaskentamenetelmät

Nykyarvomenetelmä

Käytettäessä kyseistä menetelmää, kaikki investoinnista tulevat tuotot ja kustannukset diskontataan valitulla laskentakorkokannalla nykyhetkeen. Investointi tulee kannattavaksi, jos laskennan tuloksena saadaan positiivinen summa. Kun summa on positiivinen, investoinnista syntyvien tuottojen nykyarvo, jäännösarvo mukaan laskettuna, on isompi kuin investoinnista syntyvät kustannukset. (11, 218.)

Annuiteettimenetelmä

Annuiteettimenetelmä on tietyllä tavalla käännteismenetelmä nykyarvomenetelmälle. Tässä laskentamallissa investoinnin kustannus jaetaan tasaeräkustannuksiksi eli vuosieriksi, joita kutsutaan annuiteeteiksi. Annuiteetit lasketaan jokaiselle vuodelle pitäjän mukaan. Investointi on kannattava jos vuosittaiset tuotot ovat suuremmat kuin vuosittaiset pääomakustannukset eli annuiteetit. (11, 220.)

Sisäisen korkokannan menetelmä

Sisäisellä korkokannalla tarkoitetaan laskentamallia jossa investoinnin nykyarvo on nolla. Kun käytetään sisäistä laskentakorkokantaa, on investoinnista kertyvien nettotuottojen nykyarvo yhtä suuri kuin investoinnin hankintameno. Investointia voi pitää kannattavana, kun sen sisäinen korkokanta on minimissään tavoitteeksi laitetun pääoman tuottoprosentin kokoinen. (11, 221.)

7.2 Yksinkertaistetut menetelmät

Pääoman tuottoastemenetelmä

Tämä on yksinkertaistettu menetelmä sisäisen korkokannan menetelmästä. Pääoman tuottoaste eli ROI on saatavissa jakamalla vuoden investointituotto keskimääräisellä

investoinnilla. Tällä tavoin voidaan jättää sisäisen korkokannan menetelmässä käytettävä suoritusten eriaikaisuus huomioimatta. Tämä voidaan korvata investoinnin poistolla. Yksinkertaistetussa sisäisen korkokannan menetelmässä on laskennassa mahdollista käyttää joko investointiin sijoitettua pääomaa tai keskimääräistä pääomaa. Menetelmä on yksinkertainen ja se antaa suuntaa-antavan arvion kannattavuudesta. Menetelmä on käyttökelpoinen, kun halutaan tehdä suuntaa-antava arvio investoinnin kustannuksesta, eikä haluta suorittaa tarkempaa laskelmaa sen työteliäisyyden vuoksi. (11, 222.)

Takaisinmaksuaikamenetelmä

Takaisinmaksuaikamenetelmässä otetaan selvää mikä on se aika, jolloin investoinnin yhteenlasketut tuotot ylittävät hankinnan kustannukset. Menetelmässä käytetään seuraavanlaista laskentakaavaa. (11, 223.)

$$\textit{Takaisinmaksuaika} = \frac{\textit{hankintakustannus}}{\textit{vuosittainen tuotto}}$$

Kyseinen laskentamenetelmä on hyvin yleinen helppoutensa ansiosta. Suurimpana puutteena on koron huomiotta jättäminen. Korko voidaan huomioida laskennassa diskonttaustekijää käyttämällä. Kyseinen menetelmä suosii nopeasti itsensä takaisin maksavia investointeja, eikä niinkään ota huomioon kannattavuusvaikutuksia, koska se ei huomioi mitä tapahtuu, kun investointi on maksanut itsensä takaisin. (11, 223.)

7.3 Lämmitysjärjestelmän investointilaskelmat

Tässä työssä investointilaskennassa päädyttiin arvioimaan investointikustannusta kahdella eri menetelmällä. Menetelmiksi valikoitui takaisinmaksuajan menetelmä ja nykyarvomenetelmä. Kyseiset menetelmät ovat yleisimmin käytössä edellä esitetyistä menetelmistä (11, 224). Ne antavat mielestämme riittävän kattavan kuvan investoinnin kannattavuudesta. Valitut menetelmät sopivat kyseisen tyyppisen ja kokoisen investoinnin arviointiin riittävän tarkasti.

Investoinnin kannattavuutta laskettaessa huomioon on otettava seuraavat luvut:

- Lämmityssähkön vuosikustannus $X \text{ €}$
- Maakaasun vuosikustannus $A \text{ €}$
- Maakaasulaitteiston investointikustannus $B \text{ €}$
- Maakaasulämmityksen vuosittainen huoltokustannus $C \text{ €}$

Lämmitysjärjestelmän uusinnan jälkeinen vuosittainen nettosäästö lasketaan vähentämällä nykyisestä lämmityskustannuksesta ($X \text{ €}$) investoinnin jälkeiset vuosikustannukset ($A \text{ €}$) ja laitteiston uusinnasta johtuvat vuosittaiset huoltokustannukset ($B \text{ €}$).

$$X \text{ €} - A \text{ €} - C \text{ €} = x \text{ €}$$

Vuosittainen nettotuotto uudistuksen jälkeen on $x \text{ €}$

Takaisinmaksuaikamenetelmällä laskettaessa jaetaan maakaasulaitteiston investointikustannus ($B \text{ €}$) vuosittaisella säästöllä ($x \text{ €}$).

$$\frac{B \text{ €}}{x \text{ €}} \approx X \text{ vuotta}$$

Nykyarvomenetelmälaskelmassa (taulukko 2) on laskettu investoinnin nykyarvot eri laskentakorkokannoille. Nykyarvon laskennassa on käytetty seuraavanlaista laskenta-kaavaa.

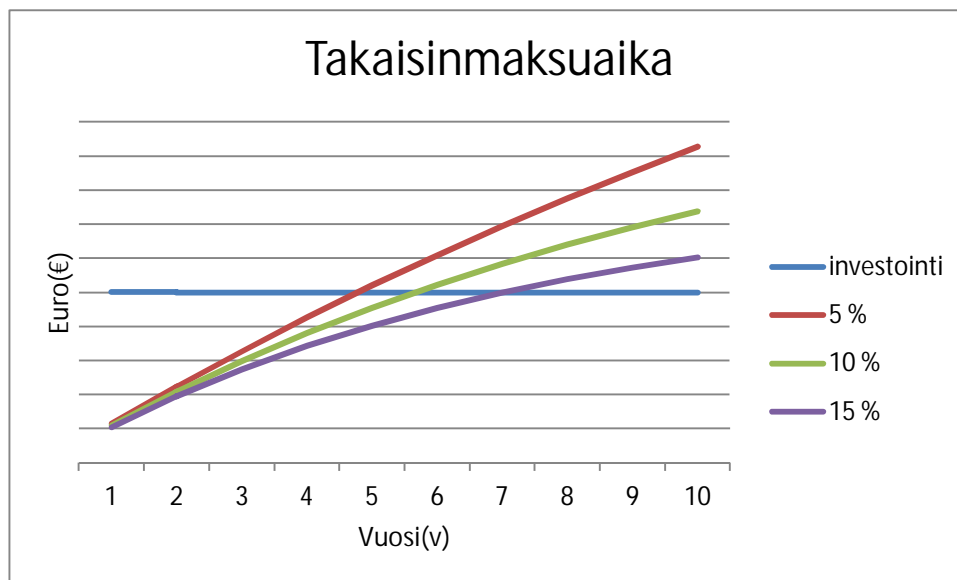
$$PV = \frac{a}{(1+i)^1} + \frac{a}{(1+i)^2} + \frac{a}{(1+i)^3} + \dots + \frac{a}{(1+i)^{10}} - A \quad (6)$$

- i = korko%
- a = vuotuinen tuotto
- PV = nykyarvo
- A = investointikustannus

Laskentakorkokannoiksi on valittu 5%, 10% ja 15%. Laskennassa käytettäväksi pitäjäksi on valittu 10 vuotta. Investoinnille ei laskettu lainkaan jäännösarvoa. Kaaviossa 2 on esitetty investoinnin takaisinmaksuajat graafisesti.

Vuosituotto (€)		X
Tuotto-odotus 5%		5 %
Tuotto-odotus 10%		10 %
Tuotto-odotus 15%		15 %
Kokonaistuotto 5%:n korolla (€)		X
Kokonaistuotto 10%:n korolla (€)		X
Kokonaistuotto 15%:n korolla (€)		X
Investointikustannus		-x
Nykyarvo	5 %	X
Nykyarvo	10 %	X
Nykyarvo	15 %	X

Taulukko 2. Investointilaskennan tulokset nykyarvomenetelmällä



Kaavio 2. Investoinnin takaisinmaksuaika nykyarvomenetelmällä laskettuna.

7.4 Johtopäätökset

Koetehtaan lämmitysenergian kulutuksesta aiheutuvia kuluja voidaan merkittävästi laskea lämmitysjärjestelmän uusinnalla. Uusinnassa poistetaan vanhat sähköllä toimi-

vat puhaltimet ja korvataan ne kahdella maakaasulämmittimellä. Tämä uudistus parantaa huolto- ja toimintavarmuutta saattamalla järjestelmä keskitetyksi ja selkeämmäksi. Lämmitysjärjestelmän ohjattavuus paranee koko hallien pinta-alan osalta ja osaltaan mahdollistaa tulevaisuudessa laitteiden liittämisen kiinteistöautomaatiikkaan, jonka avulla lämmityksen säätäminen ja mahdollisten häiriöiden seuraaminen helpottuu vielä merkittävästi lisää.

Vanhan järjestelmän energiankulutuksen seurannan olisi saanut vielä tarkemmaksi kustannuslaskentaa varten, mutta vuosikohtaiset muutokset ja pienet lisälämmönlähteet eivät kokonaiskulutuksessa näyttele kuin hyvin marginaalista osaa. Lisäksi, jos haluaisimme tietää tarkan kulutuksen, se vaatisi vähintään vuoden mittaiset mittausjaksot joka puhaltimelta erikseen. Joten yhdessä työn tilaajan kanssa päädyimme työssä käytettyyn menetelmään, todettuamme sen riittävän tarkaksi tavaksi toteuttaa laskenta.

Kyseinen järjestelmä mahdollistaa samalla ilman kierrättämisen hallissa ja tällä tavoin tasaa sisäilman lämpötilaa hallin eri kerroksissa. Nykyisellä järjestelmällä hallin sisälämpötilan tasaisuus eri kerroksissa on tuottanut ongelmia, joten tämä ongelma poistuu laitteiston uusimisen jälkeen.

Lämmitysjärjestelmän uusinnassa maakaasu oli alusta asti selvän vaihtoehto, johtuen koetehtaalte muuhunkin lämmityskäyttöön tarvittavasta maakaasusta. Maakaasun käyttö tuo myös ympäristöystävällistä lisäarvoa yritykselle, mikä sinällään on hyväksittäen huomioon yrityksen toimialan ja toimintamallin.

8 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja mitoittaa Pyrometallurgisen koetehtaan lämmitysjärjestelmä maakaasulla toimivaksi ja hakea muutoksen avulla säästöjä koetehtaan vuosittaisiin lämmityskustannuksiin.

Pyrometallurginen koetehdas liitetään maakaasuverkkoon tulevaisuudessa, joten on selvää, että maakaasu lämmitysjärjestelmän polttoaineena on hyvin perusteltua. Järjestelmä on laskettu kattamaan koko koetehtaan lämmitysenergian tarve sekä on mitoitettu riittäväksi ottamatta huomioon lisälämmönlähteitä. Lämmittimeksi valittu lämminilmakehitin Remko VRS 130 mahdollistaa oikealla sijoittelulla sisäilman kierrättämisen laitoksen sisällä, mikä osaltaan tasaa eri kerrosten välisiä lämpötilaeroja. Muutos parantaa laitoksen työskentelyoloja ja lisää energiatehokkuutta.

Lämmittimien asentaminen jo olemassa oleviin tiloihin on suhteellisen yksinkertaista ja helppoa, eikä vaadi suuria investointeja jo olemassa oleviin tiloihin. Kahden erillisen lämmittimen hankinta yhden sijaan on turvallisempi toimintamalli. Kahden lämmittimen järjestelmässä syntyvä vikatilanne yhdellä lämmittimistä ei pysäytä koko koetehtaan lämmitystä. Huoltovarmuus on hyvällä tasolla molempien lämmittimien ollessa malliltaan samanlaisia, mikä selkeyttää huoltohenkilökunnan toimintaa ja mahdollistaa samanlaisten varaosien käytön molempiin laitteisiin. Polarthermin valinta lämmittimien toimittajaksi myös parantaa huoltovarmuutta, johtuen yrityksen läheisestä sijainnista. Lisäksi aiemmat positiiviset kokemukset Polarthermin valmistamien lämmittimien toiminnasta vahvistavat toimintavarmuutta.

Opinnäytetyössä arvioitiin investoinnin kustannusta kahdella eri menetelmällä. Käytämällä investoinnin koron huomioivaa menetelmää (nykyarvomenetelmä) ja koron huomiotta jättävää menetelmää (takaisinmaksumenetelmä) saatiin riittävän kattava tulos päätelmien tekemiseksi. Taloudelliselta näkökannalta voidaan investoinnin todeta olevan kannattava. Takaisinmaksuaika ilman korkojen huomioimista jää alle viiden vuoden ja vielä 15%:n korkokannalla ja kymmenen vuoden investointiajalla investointi olisi kannattava. Maakaasun käyttöönotto koetehtaalla on selkeä viesti yrityksen halusta siirtyä puhtaampien ja kestävämpien energiaratkaisuiden suuntaan ja on linjassa yrityksessä käytössä olevien ympäristöarvojen kanssa.

LÄHTEET

1. Tilastokeskus www-sivut. 2015. Tilastot. Energia.
<http://www.stat.fi/til/ene.html>
[Viitattu 18.1.2015]
2. Gasum. 2014. Www-sivut.
<http://www.gasum.fi/>
[Viitattu 22.1.2015]
3. Outotec. 2015. Www-sivut. Historia.
<http://www.outotec.com/en/About-us/History/>
[Viitattu 28.10.2014]
4. Outotec. 2015 Www-sivut. Intranet.
<http://www.myoutotec.com/en/Locations/Europe/Finland/Pori/>
[Viitattu 15.11.2014 (ei avoin)]
5. Gasum. 2014. Www-sivut. LNG.
<http://www.gasum.fi/Kaasutietoutta/Nesteytetty-maakaasu-LNG/>
[Viitattu 21.11.2014]
6. Suomen maakaasuyhdistys. 2014. Www-sivut. Maakaasukäsikirja Helmikuu 2014.
http://kaasuyhdistys.fi/sites/default/files/kuvat/kirja/MaakaasuKasikirja_helmi2014.pdf
[Viitattu 6.10.2015]
7. Remko Elkomat 18 sähkökäyttöinen lämpöpuhallin.
Kuva saatavilla:
http://products.onninen.com/catalog/202477/product/176595/ABA952_FIN1.html
[Viitattu 13.2.2015]
8. Remko VRS 130 lämminilmakehitin.
Kuva saatavilla:

<https://www.wolf-online-shop.de/Remko-Universal-Heizautomat-VRS-130-m-Oelbrenner-Ausblas-oben::45206.html>

[Viitattu 26.1.2015]

9. Polartherm oy. Käyttöohje (10/03). Remko VRS 25-200

Viitattu 13.2.2015]

10. Metaanin molekyylikuva.

Kuva saatavilla:

<https://peda.net/heinola/lyseonmaenkoulu/e-opin-oppikirjat/kemia3/oppikirja/kuvat/kuvagalleria-iii/9mm/ch4>

[Viitattu 4.2.2014]

11. Neilimo, K - Uusi-Rauva.,E. 2005. Johdon laskentatoimi. Helsinki: Edita Prima

Oy. 6.painos

[Viitattu 7.10.2015]

12. Maakaasuverkosto Suomessa.

Kuva saatavilla:

<http://biomode.fi/>

[Viitattu 25.8.2015]

LIITE 1. CE – tyyppihyväksyntätodistus kaasukäytölle

CE-tyyppihyväksyntätodistus kaasukäytölle;

CE 0085

EG-Baumusterprüfbescheinigung

gemäß der EG-Gasgeräte-richtlinie (90/396/EWG)

EC type examination certificate

according to the EC Gas Appliance Directive (90/396/EEC)



Produkt-ID-Nummer
Product-ID-Number

CE-0085AR0112

Hersteller <i>manufacturer</i>	Remko GmbH & Co. KG Im Seelenkamp 12, D-32791 Lage
Produktart <i>product category</i>	Heiz- oder Klimageräte, ortsfester Warmluftzeuger mit Wärmetauscher
Produktbezeichnung <i>product name</i>	Ortsfester Warmluftzeuger mit Wärmetauscher für den Anschluß an Luftkanal-systeme oder frei ausblasend für den Anschluß eines Gas-Gebälsebrenners
Baureihe / Modell <i>model</i>	VRS-SA ...
Prüfgrundlagen <i>basis of type examination</i>	DIN 4794-1 (12. 1980) DIN 4794-3 (12. 1980)
Bestimmungsländer Geräte-kategorien Versorgungsdrücke <i>countries of destination</i> <i>appliance categories</i> <i>supply pressures</i>	AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IS IT LU NL NO PT SE
Aktenzeichen <i>file number</i>	LE 431-439 (TÜV Bau- und Betriebstechnik, München) 96-0303-GEE (DVGW)
Überwachung <i>surveillance procedure</i>	Kontrollprüfung, jährlich durch den DVGW

03.03.1997 Ry

Datum, Leiter der Zertifizierungsstelle



DVGW Deutscher Verein des
Gas- und Wasserfaches e.V.
Technisch-wissenschaftliche
Vereinigung

Josef-Wirmer-Straße 1-3
D-53123 Bonn
Telefon (+49) 228-9188-807
Telefax (+49) 228-9188-993

DVGW - Zertifizierungsstelle - von der deutschen Bundesregierung benannt und von der
EG-Kommission offiziell notifizierte Stelle für die Konformitätsbewertung von Gasgeräten
DVGW - notified by the government of the Federal Republic of Germany and officially
registered by the EC Commission for conformity assessment of gas appliances