

SATAKUNNAN AMMATTIKORKEAKOULU

Ilkka Penttilä

LAUHDELÄMPÖ OSANA TEHDASHALLIN LÄMMITYSTÄ

Tekniikka Pori
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
LVI- ja energiatekniikan suuntautumisvaihtoehto
2006

LAUHDELÄMPÖ OSANA TEHDASHALLIN LÄMMITYSTÄ

Ilkka Penttilä

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

LVI- ja energiatekniikan suuntautumisvaihtoehto

Tekniikka Pori

Tekniikantie 2, 28600 PORI

Marraskuu 2006

Työn teettäjä: Diplomi-insinööri Joni Tarkkinen,
 Oy KWH Pipe Ab

Työn valvoja: Diplomi-insinööri Reino Heinola,
 Satakunnan ammattikorkeakoulu

Asiasanat: Tehtaan lämmitys, lauhdelämpö, kylmätekniikka

UDK: 621.5, 66.045.5, 662.92

Sivut: 27

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Ulvilan tehtaan prosessiveden jäähdytysjärjestelmän rakenne sekä jäähdytysprosessista syntyvän lauhdutuslämmön ja tehon suuruus.

Kohteen jäähdytysprosessista syntyvän lauhdelämmön määrä selvitettiin. Selvityksen jälkeen pohdittiin lauhdelämmön hyödyntämistä tehtaan B-hallin lämmittämiseen sekä rinnakkaista lämmitysvaihtoehtoa tukemaan lauhdelämmöstä jäävää lämmitysvajetta.

B-hallin energiantarve ratkaistiin Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 mukaan.

CONDENSING HEAT AS A PART OF HEATING SYSTEM

Penttilä Ilkka

Satakunta University of Applied Sciences

BSc Degree Programme in Mechanical Engineering

Field of Specialisation HVAC and Energy Engineering

School of Technology Pori

Tekniikantie 2, 28600 Pori

November 2006

Commissioned by: MSc Joni Tarkkinen, (Mech),

Oy KWH Pipe Ab

Supervisor: MSc Reino Heinola,

Satakunta University of Applied Sciences

Keywords: Factory heating, condensing heat, cooling

UDC: 621.5, 66.045.5, 662.92

Pages: 27

ABSTRACT

The aim of this Bachelor's thesis was to solve the structure of the process water system and the quantity of condensing heat efficiency generated from the cooling process at Oy KWH Pipe Ab Ulvila factory.

The quantity of condensing heat efficiency generated from the cooling process was defined. After the survey it was considered how to utilize condensing heat to heat the B hall of Ulvila factory. Moreover, corresponding types of heating systems to support the heat loss from condensing heat were discussed.

The energy need of the B hall was solved by using the Finnish Code of Building Regulations, part D 5.

Tiivistelmä

Abstract

1	JOHDANTO	6
2	KWH PIPE SUOMI.....	7
3	TUOTANTOLINJOJEN JÄÄHDYTYS ULVILAN TEHTAALLA	8
	3.1 Jäähdytystarpeen muodostuminen.....	8
	3.2 Jäähdytysveden valmistus	9
4	JÄÄHDYTYSVEDEN KULKU PROSESSISSA.....	10
	4.1 Jäähdytysverkoston kunto	11
	4.2 Jäähdytysveden suodatus.....	12
5	JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄ.....	14
	5.1 Vedenjäähdyttimet	14
	5.2 Lauhduttimet	15
	5.3 Märkäjäähdytystorni.....	16
6	LAUHDUTUSLÄMPÖ	19
	6.1 Lauhdutuslämmön määrä Ulvilan tehtaalla.....	19
	6.2 Lauhdutuslämmön hyödyntäminen lämmitykseen.....	19
7	JÄÄHDYTYSLAITTEISTON UUSIMINEN.....	21
	7.1 Uudet veden jäähdyttimet.....	21
	7.2 Uudet lauhduttimet.....	21
8	B-HALLIN LÄMMITYSENERGIAN TARVE	23
	8.1 Lauhdutusenergian riittävyys B-hallin lämmitykseen.....	24
9	B-HALLIN LÄMMITYS SÄHKÖENERGIAN HINNALLA	25
	9.1 Lämmitysenergian hinta sähkön hinnalla.....	25
	9.2 Lämmityskustannusten jakautuminen	26
10	RINNAKKAISLÄMMITYSVAIHTOEHTOJA.....	27

11	YHTEENVETO.....	28
	LÄHTEET.....	29

Liitteet

1. Laitevalmistaja Tranen konekortin tiedot
2. Lähtötiedot Mollierdiagrammiin
3. Liitteen 2 tietojen perusteella piirretty Mollierdiagrammi
4. Ulkoilman keskimääräisiä tietoja vuosilta 2005-2006
5. Oy KWH Pipe Ab:n Ulvilan tehtaan B-hallin tehontarpeen ja energiantarpeen laskenta tiedot
6. Pohjakuva: Oy KWH Pipe Ab:n Ulvilan tehtaan tuotantolinjojen sijoittelu ja jäähdytysvesilinjat A ja B
7. Kytchentäkaavio: Oy KWH Pipe Ab:n Ulvilan tehtaan kylmäkoneikkojen kytchentäkaavio
8. Pohjakuva: Oy KWH Pipe Ab:n Ulvilan tehtaan kellari. Kylmäkoneiden sijoittelu kellarissa. Jäähdytysvesilinjat kellarissa
9. Kytchentäkaavio: Rinnakkaislauhdutin järjestelmä

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on selvittää Oy KWH Pipe Ab:n Ulvilan tehtaan (Kuva 1.1). tuotantohalli A:n ja B:n tuotantolaitteiden tarvitsema jäähdytysteho sekä jäähdytystehon teoreettinen jakautuminen eri tuotantolinjojen kesken (Liite 6). Työssä kuvaillaan tehtaan jäähdytysprosessia sekä jäähdytyslatteita ja niiden toimintaa. Ulvilan tehtaan B-hallin lämmitysenergian tarve selvitetään sekä otetaan kantaa mistä ja miten lämmitysenergia tulisi ottaa.



Kuva 1.1: Oy KWH Pipe Ab:n sijainti Ulvilassa. Tehdas sijaitsee pisteestä katsottuna vasemmalla.

2 KWH PIPE SUOMI

KWH Pipe Suomen toiminta ja organisaatio on osa KWH Pipe konsernin emoyhtiötä Oy KWH Pipe Ab:ta. KWH Pipe Suomi valmistaa, markkinoi ja kehittää korkealuokkaisia muoviputkijärjestelmiä ja palveluita talotekniikan, yhdyskuntatekniikan ja teollisuuden tarpeisiin. Tuotevalikoima kattaa putkijärjestelmät paineputkistoihin, viettoputkistoihin, kuivatukseen, putkistosaneeraukseen sekä lukuisiin muihin käyttöalueisiin.

Tuotantolaitokset Suomessa sijaitsevat Vaasassa, Ulvilassa ja Tuusulassa. Vaasan tehdas jalostaa PE ja PP ja Ulvilan tehdas PVC ja PP raaka-aineista valmistettavia tuotteita. Tuusulan toimipiste valmistaa viemäri- ja sadevesikaivoja, kiinteistöjen pienpuhdistamoita sekä myy muoviputkijärjestelmien hitsaustöitä ja vuokraa niihin tarvittavia laitteita ja koneita (<http://www.kwhpipe.fi/Default.aspx?id=312344>.)



Kuva 2.1 Ulvilan tehdas

3 TUOTANTOLINJOJEN JÄÄHDYTYS ULVILAN TEHTAALLA

3.1 Jäähdytystarpeen muodostuminen

Ulvilan tehtaalla muoviputkien valmistukseen käytettävät koneet tarvitsevat jäähdytysvettä. Muoviputken valmistusprosessissa muoviraaka-aine syötetään syöttöruuvien avulla sähkövastuksilla kuumennetun putkityökalun läpi (Kuva 3.1). Työkalussa muoviraaka-aine sulaa, minkä jälkeen sula massa johdetaan putkikaliiperiin. Kaliiperi on kiinnitetty jäähdytysvesialtaan päähän (Kuva 3.2). Kaliiperissa putki saa muotonsa ennen jäähdytysvesialtasta. Jäähdytysvesialtaassa on jatkuva alipaine, jonka tarkoitus on pitää putken muoto pyöreänä jäähdytysprosessin aikana. Jokaisen tuotantolinjan jäähdytysaltailla on jäähdytysvesisuuttimet. Suuttimet sumuttavat jäähdytysveden jäähdyttämään putkityökalun ja putkikaliiperin läpi tullutta kuumaa putkea. Jäähdytysveden tarkoitus on jäähdyttää kuuma muoviputki, jotta putkea voitaisiin jatkokäsittellä nopeammin. Jäähdytysprosessissa kuuma muovimassa myös jähmettyy ja putki saa lopullisen muotonsa. Jäähdytysaltaista putki siirtyy jatkokäsittelyyn, johon kuuluu putken katkaisu määrämittaan, putken tyyppimerkintä sen myöhempää tunnistamista varten sekä putken muhvaus ja tiivisteiden laitto muhvin tiivisturaan.



Kuva 3.1 Putkityökalu



Kuva 3.2 Jäähdytysvesiallas

3.2 Jäähdytysveden valmistus

Jäähdytysvesi pidetään kolmen kylmäkoneikon sekä märkääjähdystornin avulla jäähdytysprosessille sopivassa lämpötilassa. Kolme kylmäkoneikkoa jäähdyttää välillisesti tehtaan jäähdytysprosessin tarvitsemaa jäähdytysvettä käyttäen kylmäaineenaan R22. Jäähdytysvesi on varastoituna 90m³ varastoaltaassa, josta vesi edelleen pumpataan jäähdytysvesiverkkoon. Jäähdytysvesiverkko on kuvattuna liitteessä 6. Liitteestä 7 selviää kylmälaitteiden kytkentä sekä liitteestä 8 kylmälaitteiden sijoittelu Ulvilan tehtaan kellarikerroksessa.

4 JÄÄHDYTYSVEDEN KULKU PROSESSISSA

Jäähdytysvesi pumpataan jäähdytysveden varastoaltaista jäähdytysverkostoon kahden keskipakopumpun avulla. Pumppujen toimintaa ohjataan verkostoon asennetun paineanturin avulla. Verkostopaineen tulee pysyä 4,5 kPa ohjearvossa. Verkostopaineen laskiessa alle ohjearvon antaa paineanturi pumppuja ohjaaville taajuusmuuttajille käskyn lisätä pumppujen kierrosnopeutta, kunnes oikea painetaso ja virtaama taas saavutetaan verkostossa.

Jäähdytysvesiverkoston runkolinja haarautuu joka tuotantolinjan kohdalla siten, että jokaisen tuotantolinjan jäähdytysaltaiden pumput sekä putkityökälyt saavat tarpeellisen määrän jäähdytysvettä toimiakseen.

Poistuessaan putkituotantolinjoista jäähdytysvesi valuu viettoviemäriverkoston kautta kellarikerroksessa sijaitsevaan saostuskaivoon, jossa vedestä erottuvat pois kiinteät likapartikkelit (Kuva 4.1). Saostuskaivosta pumput pumppaavat veden takaisin 90 m³ varastoaltaaseen.



Kuva 4.1 Saostuskaivo

4.1 Jäähdytysverkoston kunto

Jäähdytysveden menoverkosto on toteutettu uudehkolla PE – paineputkella. PE – paineputkisto on tehty sähköhitsaus- ja laippaliitoksin. Menoverkosto silmämääräisesti tarkasteltuna näytti ehjältä ja hyväkuntoiselta (Kuva 4.2 ja kuva 4.3).



Kuva 4.2 PE- paineputkiston sähköhitsausosia



Kuva 4.3 PE- paineputkiston laippaliitososia

Jäähdytysveden viemäriverkostoa on osittain uusittu ja vanhoja betonikanaaleita on korvattu PVC – muoviviemärein (Kuva 4.4 .) Viemäriverkostosta ja sen kunnosta ei saa kokonaiskuvaa, koska verkosto kulkee betonilattian alla.



Kuva 4.4 PVC - viemäriputkea

4.2 Jäähdytysveden suodatus

Jokaisessa jäähdytysvettä tarvitsevassa tuotantolinjassa on omat suodattimensa (Kuva 4.5).



Kuva 4.5 Tuotantolinjan suodatin

Suodattimet puhdistetaan manuaalisesti suodatinyksikön päällä olevaa puhdistusruuvia kääntämällä. Suodattimilla poistettu lika johdetaan poistoputken avulla takaisin jäähdytysveden viettoviemäriverkoston. Tuotantolinjojen suodattimien tarkoitus on estää lian kulkeutuminen tuotantolaitteisiin, mutta laitesuodattimet eivät poista jäähdytysvesikierrosta likaa, vaan siirtävät lian uudelleen jäähdytysvesikiertoon. Epäpuhtauksia jäähdytysveteen pääsee myös, kun jäähdytysvesi poistuu jäähdytysaltaista. Jäähdytykseen palaava jäähdytysvesi on johdettu jäähdytysaltaiden pohjasta putkitettuna paluuviemäriverkoston lattiakaivoihin. Lattiakaivojen kannet ovat ritiläkansia tai kansia ei ole ollenkaan. Putkituksen ja lattiakaivojen liittymäkohdista jäähdytysveden paluuviemäriverkoston pääsee myös epäpuhtauksia.

5 JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄ

Jäähdytysjärjestelmää on kuvattu saatavilla olevien dokumenttien, laitteiden kilpiarvojen sekä silmämääräisen tarkastelun perusteella.

5.1 Vedenjäähdyttimet

Vedenjäähdyttimet ovat laitevalmistaja Tranen valmistamia koneikkoja. Koneikoista kaksi on toiminnassa ja yksi laitevian vuoksi pois käytöstä. Vedenjäähdyttimissä kylmäaineena on R22, joka on luokiteltu otsonikerrokselle haitalliseksi kylmäaineeksi. Huollossa uutta kylmäainetta R22 saa käyttää vuoteen 2010 asti ja sen jälkeen talteen otettua ainetta vielä vuoteen 2015 asti. (Käytännön Kylmäteknikka Suomen kylmäyhdistys ry 2002, 237.)

Vedenjäähdytinkoneikot on sijoitettu Ulvilan tehtaan kellarikerrokseen kiinteiden alustojen päälle ja lauhduttimet, jotka ovat Fincoilin valmistamia, tehdasrakennuksen katolle. Vedenjäähdytinkoneikkojen asettelu selviää liitteestä 8 ja Fincoilin lauhduttimet näkyvät kuvassa 5.1.



Kuva 5.1 Fincoilin lauhduttimet OY KWH Pipe Ab:n Ulvilan tehtaan katolla.

Vedenjäähdyttimet on kytketty ilmalauhduttimien kanssa toimiviksi kokonaisuuksiksi. Vedenjäähdyttimien kompressorit on suojattu uudelleen käynnistymisen hidastimilla. Hidastimien tehtävä on suojata kompressoreja liian tiheältä käynnistymiseltä.

Laitevalmistaja Tranen toimittamien dokumenttien mukaan suurin tehtaan veden jäädytynyksikkö toimiessaan tuottaisi noin 135 kW jäädytystehon. Toiminnassa olevat kaksi pienempää yksikköä tuottavat kumpikin 85 kW jäädytystehon. Ulvilan tehtaan yhteenlaskettu jäädytyskapasiteetti olisi 305 kW, jos kaikki vedenjäädyttimet olisivat toimintakuntoisia. Ulvilassa olevat vedenjäädyttimet ovat kuvan 5.2 kaltaisia laitteita.



Kuva 5.2 Laitevalmistaja Tranen vedenjäädytin

5.2 Lauhduttimet

Tranen vedenjäädytinkoneikoissa on höyrystimeltä lähtevän veden lämpötilamittari sekä lauhduttimelta lähtevän veden lämpötilan seuranta. Vedenjäädyttimestä luettujen lämpötilojen perusteella saatiin laitevalmistaja Tranen konekorttien avulla ratkaistuksi Ulvilan tehtaalla käytössä olevien lauhduttimien teho. Lauhduttimilta lähtevän veden lämpötila oli keskimäärin 30 °C ja höyrystimeltä lähtevän veden lämpötila keskimäärin 9 °C. Sijoittamalla lämpötilat laitevalmistaja Tranen taulukkoon saatiin lauhdutustehot ratkaistuksi (Liite 1.) Toiminnassa olevien lauhduttimien yhteistehoksi saatiin Tranen taulukon mukaan 207 kW ja toimintakyvyttömän lauhduttimen tehoksi 165 kW.

Tranen konekortista selviää myös, että lauhdutuslämpöä nostettaessa myös sähkönkulutus nousee. Lauhdutuslämmön nosto heikentää myös kylmälaitteen jäädytystehoa.

5.3 Märkäähdytystorni

Ulvilan tehtaan prosessiveden jäähdytysprosessiin osallistuu myös märkäähdytystorni, joka jäähdyttää vettä haihduttamalla jäähdytettävästä vedestä osan ilmaan. Haihtuessaan vesi sitoo lämpöenergiaa. Haihduttaminen tapahtuu mahdollisimman suurella kosketuspinnalla veden ja ilman välillä. (Kylmätekniikka Aittomäki ym. 1996, 204) Märkäähdytystorni jäähdyttää Ulvilan tehtaan varastoaltaissa olevaa prosessivettä ulkoilman avulla (Kuva 5.3).



Kuva 5.3 Märkäähdytystorni.

Märkäähdytystornin pumppu siirtää varastoaltaissa olevaa putkenvalmistusprosessin lämmittämää vettä lauhduttimen yläosassa oleville suuttimille. Suuttimet muodostavat jäähdytettävästä vedestä hienoa vesisumua. Näin saavutetaan märkäähdytysvesitornille oleellinen suuri haihdutuspinta jäähdytettävän veden ja jäähdytettävästä vedestä lämpöä vastaanottavan ulkoilman välille.

Ulvilan tehtaan märkäähdyttimessä on kennosto, jonka läpi jäähdytettävä vesi valuu. Kennosto toimii sekä pisaran kaappaajana, että pisaroiden erottajana. Kennoston avulla estetään myös veden liiallinen kulkeutuminen jäähdytystornin ulkopuolelle, kun jäähdyttimen aksiaalipuhaltimen tuottama ilmavirta ja hieno vesisumu kohtaavat. Ilman

kennostoa jäähdytettävä vesi kulkeutuisi tornin puhaltimen tuottaman ilmavirran mukana jäähdyttimen ulkopuolelle.

Kennoston läpi valuvan veden virtaussuuntaa vastaan puhalletaan ulkoilmaa. Suurin jäähdytys tapahtuu, kun vesi ja ilma kohtaavat kennostossa. Tällöin osa jäähdytettävästä vedestä haihtuu ulkoilmaan ja sitoo samalla lämpöä jäähdytettävästä vedestä.

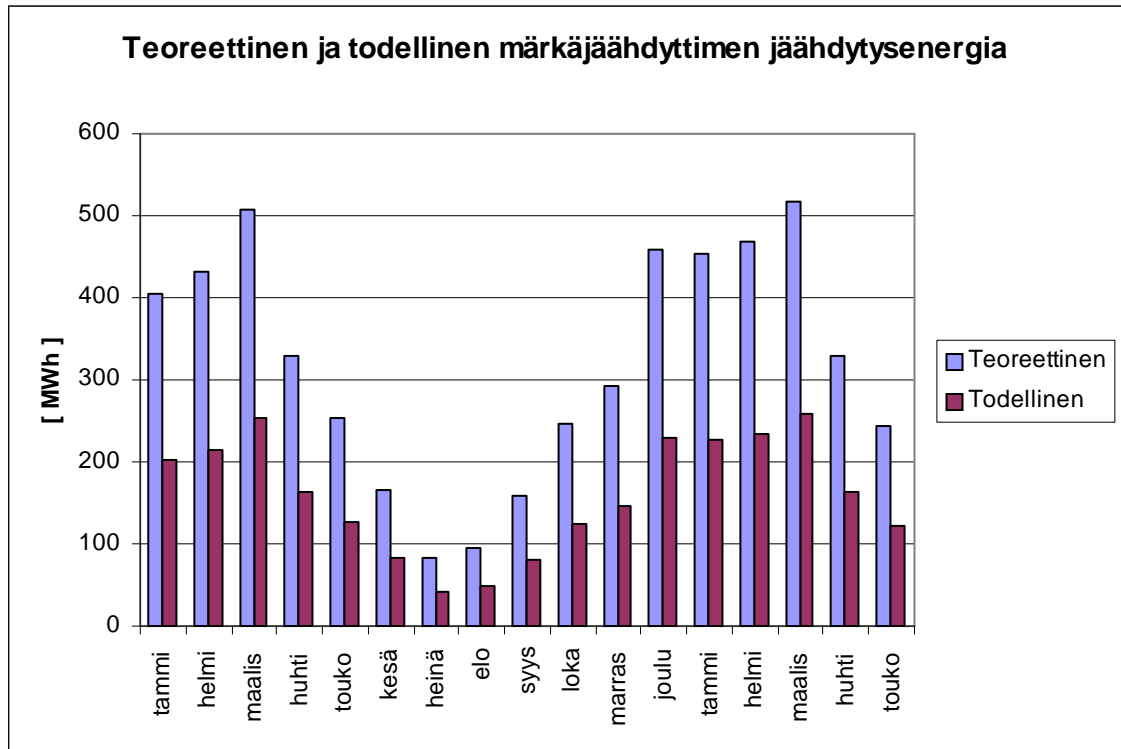
Märkjäähdytystornin maksimiteho määräytyy ulkoilman lämpötilan ja ulkoilman suhteellisen kosteuden arvoista sekä myös jäähdytettävän veden tulolämpötiloista ja virtaamista. Suhteellisen kosteuden määrä ulkoilmassa vaikuttaa olennaisesti haihdutuslauhduttimen jäähdytystehoon. Mitä pienempi ilman suhteellinen kosteusprosentti on sitä enemmän jäähdytettävää vettä voi haihtua ulkoilmaan ja sitä enemmän lämpöenergiaa siirtyy prosessissa ulkoilmaan. Ulvilan tehtaan märkjäähdytin ei kuitenkaan toimiessaan saavuta kuin noin 50 % teoreettisesta maksimijäähdytystehostaan.

Mollierin (i-x)-hx-diagrammiin sijoitettuina ulkoilman lämpötila ja ulkoilman suhteellisen kosteuden arvo saadaan selville ulkoilman märkälämpötila. Märkälämpötila kertoo lämpötilan, johon maksimissaan haihdutusjäähdytyksessä jäähdytettävän veden lämpötila voi laskea. (Liite 2, 3,4)

Mittausten aikana tornin läpi virtasi keskimäärin 10,8 l/s jäähdytettävää vettä. Jäähdytin kykeni mittausaikana jäähdyttämään vettä sen alkuperäisestä lämpötilasta keskimäärin 1,2 °C. Tuona aikana vedenjäähdytin saavutti keskimäärin noin 53 kW jäähdytystehon.

Märkjäähdytystornista kuukausitasolla saatavaa maksimi jäädytysenergia määritettiin Satakunnan ammattikorkeakoulun fysiikan laboratorion sääaseman tietojen perusteella (/6/.) Määrittämisessä käytettiin vuoden 2005 säätietoja sekä vuoden 2006 saatavissa olleita tietoja. Vedenjäähdytystornista kuukausitasolla saatavissa olevista teoreettisista sekä todellisista maksimijäähdytysenergioista tehtiin Excel kaavio (Kuva 5.4.)

Taulukossa näkyy teoriassa sekä todellisuudessa märkjäähdyttimestä saatavat jäähdytysenergian määrät. Todellisuudessa märkjäähdyttimestä hyödyksi saatava jäähdytysenergia on puolet pienempi, kuin mitä teoriassa saadaan märkjäähdyttimestä. Märkjäähdyttimessä vesipisaran lämpösisältö ei käytännössä ehdi kokonaan siirtyä ulkoilmaan haihtuvan veden mukaan. Tornin jäähdytystehoa voitaisiin parantaa tornin korkeutta kasvattamalla. Tällöin jäähdytettävät vesipisarot ja ulkoilma olisivat kosketuksissa pidemmän ajan, jolloin haihtumisjäähdytys olisi tehokkaampaa.



Kuva 5.4 Märkjäähdyttimen teoreettinen ja todellinen jäähdytysenergia

Ulvilan tehtaalla märkjäähdytystornia voidaan käyttää läpi vuoden. Märkjäähdytystornin suuttimet pysyvät tehtaan kunnossapitohenkilökunnan mukaan sulina kovasta pakkasestakin huolimatta.

Märkjäähdyttimen sulana pysyminen on osaksi selitettävissä jäähdytysveden lämpötilalla. Talviolosuhteissakaan tehtaan jäähdytysveden lämpötila ei laske 10°C alapuolelle. Märkjäähdyttimessä olevat vesikanavat sekä vesisuuttimet ovat melko suurikokoisia, mikä myös osaltaan estää jäätymistä. Märkjäähdyttimen aksiaalipuhaltimet pysäytetään tehtaan kunnossapitohenkilökunnan toimesta, kun tehtaalla ei ole lämpöä jäähdytysveden tuottavaa putkituotantoa käynnissä tai tehtaalla on huoltoseisakki. Märkjäähdytystornin pumppua ei pysäytetä edes huoltoseisakkien aikana, mikä estää myös osaltaan jäätymistä talvitilanteessa märkjäähdyttimessä.

6 LAUHDUTUSLÄMPÖ

Lauhduttimessa kompressorilta tuleva korkeapaineinen kylmäainekaasu lauhtuu, eli sen olomuoto muuttuu kaasusta nesteeksi. Lauhtumisprosessi luovuttaa lämpöä, jolloin korkeapaineisen kylmäkaasun sisältämä lämpö siirtyy ulkoilmaan tai mahdollisesti lämmön talteenoton kautta lämmittämään talviaikaan lämmitystä vaativia tiloja.

Uvilan tehtaalla lauhduttimilta tulevaa lauhtumislämpöä on hyödynnetty osittain B-hallin lämmitykseen, mutta laitteistovian vuoksi lauhtelämpöä ei ole nykyään pystytty hyödyntämään. Laitteistovian vuoksi käytöstä poistetun kylmäkoneikon lauhtutin on sijoitettu B-halliin. Kyseinen lauhtutin on toiminut hallissa lämmönlähteenä putkituotantolinjojen luovuttaman lämmön lisäksi.

6.1 Lauhdutuslämmön määrä Uvilan tehtaalla

Uvilan tehtaan kylmäkoneikkojen yhteenlaskettu jäähdytysteho on 305 kW. Koneikkojen käyttämä yhteenlaskettu sähköteho on 66 kW. Kun jäähdytysteho ja laitteiden sähköteho lasketaan yhteen, saadaan Uvilan tehtaan lauhdutustehon määrä selville. Lauhdutustehon määräksi muodostuu tällöin 371 kW. Lauhdutusteho on kuitenkin käytännössä pienempi johtuen yhden kylmäkoneikon rikkoutumisesta. Todellinen lauhdutusteho nykyisellään on siis vain 206 kW.

6.2 Lauhdutuslämmön hyödyntäminen lämmitykseen

Lauhdutuslämmön hyödyntämisen ongelmana lämmitykseen on lauhteen matala lämpötilataso. Jos lauhteen lauhtumislämpötilaa nostetaan on syytä muistaa, että lauhtumislämpötilan nostaminen asteella nostaa kylmäkoneikon käyttökustannuksia noin 3 prosentilla. (Moniste no 38 Kylmälaitoksen energiatalous I, 1996, IV 2.) Energian kulutuksen nousun näkee myös laitevalmistaja Tranen tekemästä konekortin taulukosta (Liite 1.)

Lauhtumislämmön nostaminen tekisi lauhteesta lämmittämiseen helpommin hyödynnettävän, mutta lauhteen lämpötilan nosto aiheuttaa paineen kasvua

kylmälaitoksessa. Lauhdutusputkiston paineen kasvu nostaa kompressorin energiankulutusta ja saattaa aiheuttaa kylmälaitoksessa toimintahäiriöitä.

Kylmälaitoksen päätehtävä on jäähdyttäminen. Jäähdyttämiseen pitää pyrkiä mahdollisimman taloudellisesti kylmälaitteiden järkevällä ja oikealla käytöllä. Taloudellisuuteen päästään, kun kylmälaitosta käytetään mahdollisimman hyvin huollettuna ja laitteisto pidetään oikeissa säädöissä. Kylmälaitteiston säädöt pysyvät oikeina laitteistoautomaatiikan avulla, mutta kylmälaitteet tarvitsevat myös aika-ajoin kylmälaiteasiantuntijan huoltoa.

7 JÄÄHDYTYSLAITTEISTON UUSIMINEN

Ulvilan tehtaan A - ja B - hallin prosesseihin jäähdytystä tuottavissa kylmälaitteissa käytetään R22 kylmäainetta. Kuten jo edellä mainittiin, kylmäaine R22 tulee viimeistään vuonna 2015 käyttökieltoon. Tästä johtuen kylmälaitteiston uusiminen tulee ottaa Ulvilan tehtaalla huomioon.

Laitteita uusittaessa huomiota ei tulisi kiinnittää pelkästään uusien laitteiden hankintahintaan, vaan pitemmän aikavälin kokonaiskustannuksiin. Kokonaiskustannuksissa tulee ottaa muun muassa huomioon laitteiden energiankulutus, laitteiden huoltokustannukset, laitteista lämmön talteenotolla saatava hyöty.

7.1 Uudet veden jäähdyttimet

Uusia kylmälaitteita hankittaessa kannattaa pyrkiä hyödyntämään mahdollisimman hyvin käytettävissä oleva kylmälaitteista lämmitykseen hyödynnettävissä oleva lauhdelämpö. Suunnittelussa tulisi myös huomioida tehtaan mahdollinen laajentaminen sekä laajennuksesta johtuva jäähdytyskuorman nousu.

Kylmäkoneikkoja pitäisi olla vähintään kaksi. Molempien kylmäkoneikkojen tulisi pystyä yksin tuottamaan tehtaan koko jäähdytyskuorma. Näin turvattaisiin jäähdytyksen saanti myös kylmäkoneikkojen huoltoaikoina sekä mahdollisten vikojen korjausaikoina.

7.2 Uudet lauhduttimet

Lauhdutinjärjestelmä tulisi rakentaa sellaiseksi, että talvella lauhdutuslämpöä voisi käyttää lämmitykseen. Kesällä lauhdelämmön voisi johtaa ulkoilmaan. Tämän voisi toteuttaa rinnakkaisella lauhdutinjärjestelmällä.

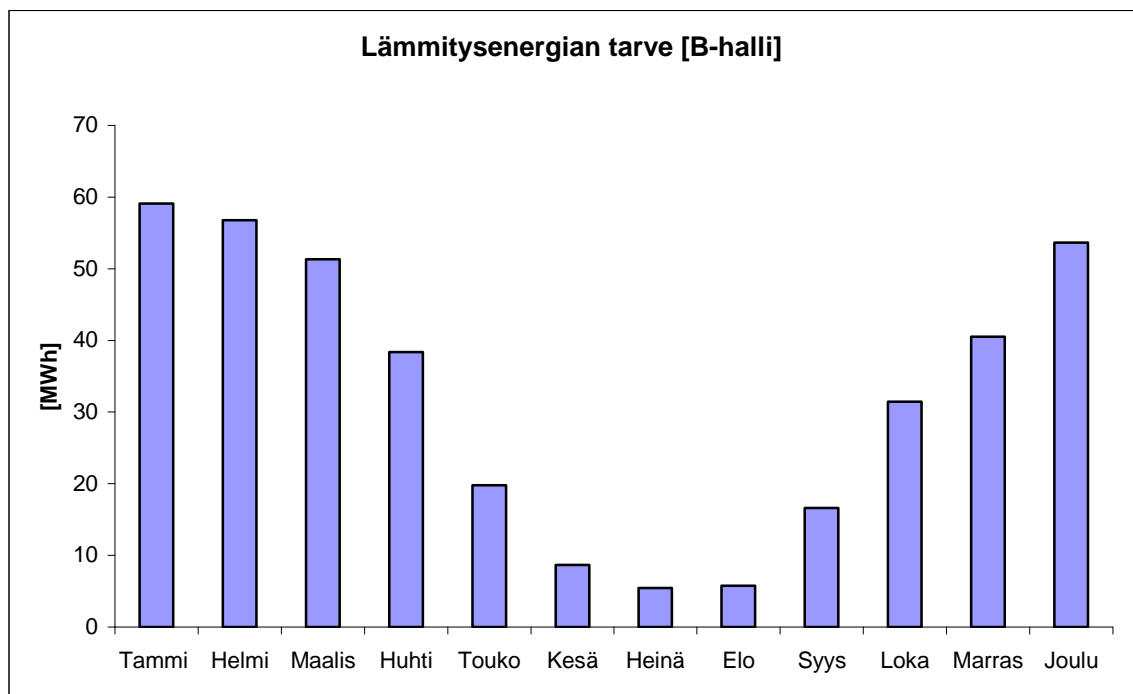
Rinnakkaisessa lauhdutinjärjestelmässä kylmäkoneikoille rakennetaan kaksi lauhdutin piiriä. Toisen piirin lauhduttimet olisivat sisällä tehdashallissa ja toisen piirin lauhduttimet ulkona tehdashallin katolla. Talvella sisällä tehdashallissa olevat lauhduttimet olisivat käytössä ja kesällä taas ulkona olevat lauhduttimet olisivat käytössä. Näin saataisiin talviolosuhteissa arvokas lauhdelämpö hyödynnetyksi hallin

lämmittämiseen ja kesällä, jolloin lämmitystä ei tarvita, ylimääräinen lämpö johdettaisi ulkoilmaan. (Liite 9)

8 B-HALLIN LÄMMITYSENERGIAN TARVE

B-hallista olevista dokumenteista saatujen tietojen perusteella selvitettiin hallin lämmittämiseen tarvittavan tehon suuruusluokka. Tehontarpeeksi saatiin 149 kW. Tehontarpeen perusteella määritettiin kuukausittainen ja vuotuinen energiantarve. Kuukausittaisen energian tarpeenjakauma on esitetty kuvassa 8.1. Vuotuiseksi energian tarpeeksi saatiin noin 390 MWh.

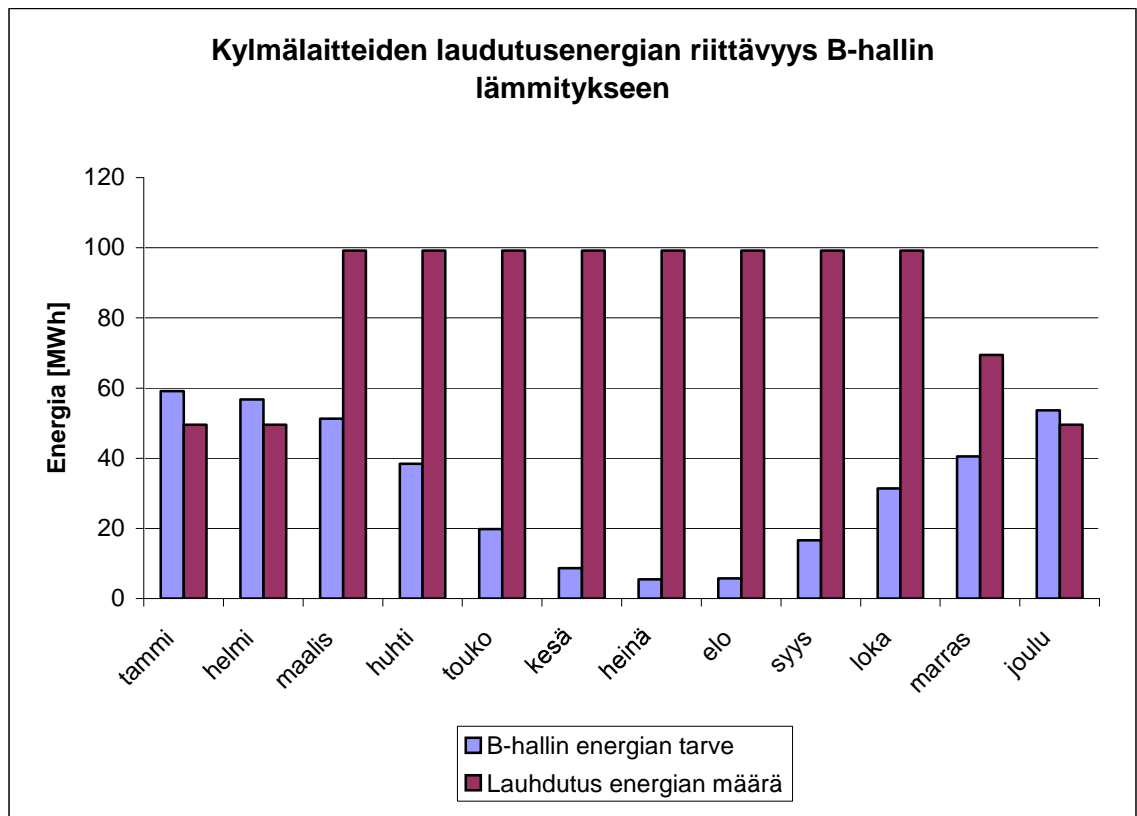
Lämmityksen tehon- ja energiantarpeen laskennassa on käytetty mitoittavana ulkolämpötilana $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja sisälämpötilana $+17\text{ }^{\circ}\text{C}$. Laskelmat on tehty Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 mukaan (Liite 5.)



Kuva 8.1 B-hallin kuukausittainen energiantarve

8.1 Lauhdutusenergian riittävyys B-hallin lämmitykseen

Kylmälaitteista saatava lauhdelämpö muutettuna lauhde-energiaksi riittäisi hyvin lämmittämään kesäaikaan ja tuotannon huippukuukausina Ulvilan tehtaan B-hallia. Maaliskuusta aina Lokakuulle asti, jolloin Ulvilan tehtaan tuotanto toimii lähes täydellä kapasiteetilla lauhde-energiaa lämmitykseen on käytettävissä riittämiin. Marraskuusta Helmikuuhun taas tuotanto Ulvilassa saattaa painua puoleen maksimistaan. Tuotannon pieneneminen aiheuttaa myös kylmälaitteista saatavan lauhdelämmön määrä pienenemisen. Lauhdelämmön saatavuuden tilapäinen katkeaminen aiheuttaa Ulvilan tehtaan lämmityksessä vajeen. Lämmitysvaje on selkeästi havaittavissa kuvassa 8.2. Lämmitysenergiavajetta aiheuttaa myös B-hallissa olevan suuren, pinta-alaltaan 35 m²:n oven avaaminen.



Kuva 8.2 Lauhdutusenergian riittävyys B-hallin lämmitykseen.

9 B-HALLIN LÄMMITYS SÄHKÖENERGIAN HINNALLA

9.1 Lämmitysenergian hinta sähkön hinnalla

Edellä ratkaistun vuotuisen energiatarpeen perusteella laskettiin B-hallin lämmityksen kustannusarvio suoralla sähkölämmityksellä. Laskelmissa ei otettu huomioon mitään sähkölämmitykseen tarvittavien laitteiden kustannuksia. Sähkön hintatiedot saatiin Kauppa- ja teollisuusministeriön nettisivuilta (<http://www.ktm.fi>.) B-hallin lämmitys suoralla sähkölämmityksellä maksaisi vuositasona noin 28 tuhatta euroa. Laskelmissa käytettiin taulukon 9.1.1 teollisuuden keskiuuren yrityksen hintatietoja – eli 7,16 c/kWh.

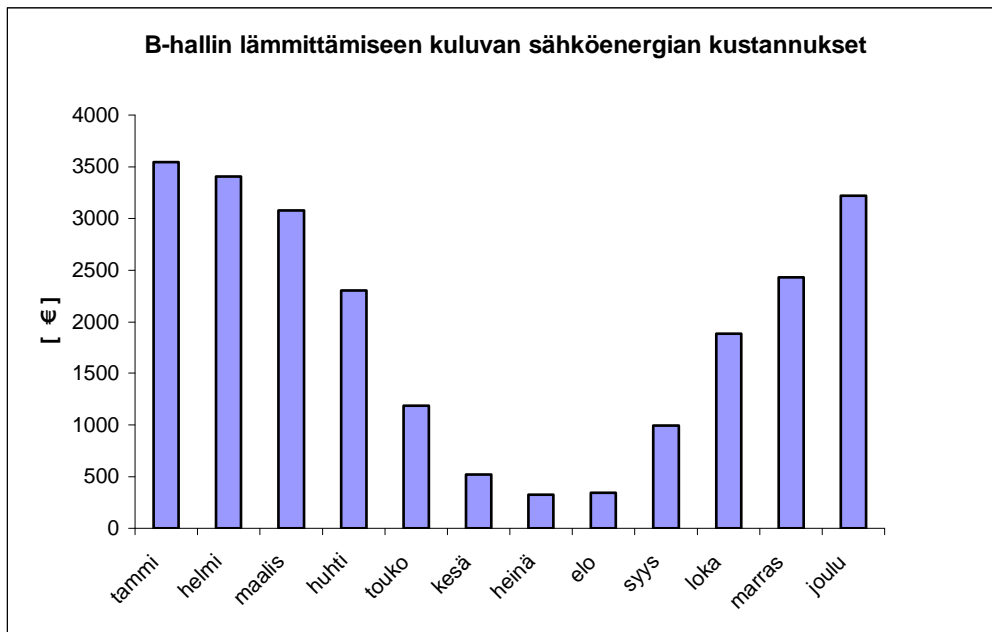
Taulukko 9.1 Sähkön hintatietoja

Päiväaara Datum Date	Kotitalous		Maatilatalous	Sähkölämmitys		Teollisuus		
	Hushåll Household		Lantgård Farm	Eluppvärmning Electric Heating		Industri Industry		
	Kerrostalo Höghusbostad Flat	Pientalo Småhus Detached House		Suora Direkt Direct	Varaava Ackumulerande Accumulating	Pieni Små Small-scale (0,15 GWh/a)	Keskisuuri Medelstor Medium-scale (2 GWh/a)	Keskisuuri Medelstor Medium-scale (10 GWh/a)
1.1.2000	9,47	8,48	7,93	6,37	5,47	6,36	5,14	5,05
1.4.2000	9,45	8,46	7,90	6,35	5,45	6,34	5,12	5,03
1.7.2000	9,44	8,44	7,83	6,33	5,44	6,28	5,11	5,02
1.9.2000	9,44	8,41	7,79	6,31	5,43	6,25	5,08	4,99
1.11.2000	9,47	8,41	7,79	6,30	5,41	6,24	5,07	4,98
1.1.2001	9,48	8,42	7,78	6,30	5,42	6,27	5,08	4,99
1.4.2001	9,50	8,43	7,77	6,31	5,43	6,26	5,08	5,00
1.7.2001	9,77	8,64	7,97	6,44	5,57	6,39	5,19	5,09
1.9.2001	9,92	8,75	8,10	6,58	5,73	6,47	5,32	5,22
1.11.2001	10,04	8,84	8,18	6,66	5,81	6,55	5,38	5,28
1.1.2002	10,11	8,90	8,25	6,75	5,92	6,61	5,46	5,36
1.4.2002	10,14	8,92	8,26	6,77	5,94	6,63	5,47	5,37
1.7.2002	10,18	8,94	8,29	6,78	5,96	6,66	5,48	5,38
1.9.2002	10,34	9,05	8,38	6,80	5,98	6,70	5,56	5,46
1.11.2002	10,39	9,08	8,41	6,82	6,01	6,73	5,58	5,48
1.1.2003	10,77	9,38	8,65	7,08	6,25	7,51	6,72	6,65
1.4.2003	11,60	9,98	9,23	7,75	6,89	7,85	7,00	6,94
1.7.2003	11,63	9,96	9,28	7,79	6,94	7,81	6,86	6,76
1.9.2003	11,66	9,99	9,30	7,80	6,95	7,98	7,08	6,99
1.11.2003	11,71	10,05	9,36	7,83	6,98	8,00	7,14	7,05
1.1.2004	11,77	10,10	9,43	7,88	7,05	8,14	7,20	7,11
1.4.2004	11,60	9,90	9,28	7,73	6,94	7,89	7,00	6,91
1.7.2004	11,56	9,85	9,25	7,69	6,90	7,86	6,96	6,87
1.9.2004	11,56	9,85	9,24	7,68	6,90	7,91	6,99	6,90
1.11.2004	11,54	9,82	9,22	7,65	6,87	7,90	6,97	6,88
1.1.2005	11,52	9,81	9,22	7,66	6,89	7,97	7,09	7,00
1.4.2005	11,37	9,69	9,12	7,57	6,84	7,73	6,81	6,71
1.7.2005	11,28	9,63	9,08	7,52	6,80	7,76	6,81	6,72
1.9.2005	11,44	9,74	9,18	7,66	6,94	7,82	6,94	6,85
1.11.2005	11,57	9,83	9,26	7,74	7,01	7,92	7,04	6,95
1.1.2006	11,76	9,97	9,40	7,90	7,18	8,03	7,10	7,01
1.4.2006	11,79	10,01	9,44	7,97	7,24	8,09	7,16	7,06

LÄHDE Energiemarkkinavirasto
KÄLLA Energi marknadsverket
SOURCE Energy Market Authority

9.2 Lämmityskustannusten jakautuminen

Lämmitysenergian hinnan jakautuminen näkyy kuvassa 9.1. Kaaviosta poiketen Ulvilan tehtaalla ei lämmityksestä ole kustannuksia kuin talvikuukausina huippupakkasten aikana, jolloin tehtaalla saatava ilmaisenergia ei enää pysty pitämään B-hallia lämpimänä. Kesäkuukausina prosessin luovuttamaa ilmaislämpöä joudutaan poistamaan tehtaasta pitämällä tuotantotilojen suuria ovia ja savunpoistoluukkuja auki.



Kuva 9.1 B-hallin lämmittämiseen kuluvan sähköenergian kustannukset

10 RINNAKKAISLÄMMITYSVAIHTOEHTOJA

Kappaleessa 9 kävi ilmi, että lauhdutuslämpö ei yksin talvikuukausina pysty pitämään B-hallia täysin lämpimänä. Lauhdutuslämpö tarvitseekin näin ollen rinnalleen lisälämmönlehteen. Lisälämmönlähteenä Ulvilan tehtaalla on käytetty erillisiä sähkövastuksilla varustettuja sähköpuhaltimia.

Lisälämmönlähteitä kaivataan kuitenkin vain aikana, jolloin tuotannon putkityökalujen sähkövastuksista tuleva ilmaisenergia sekä kylmälaitteilta saatava lauhdelämpö eivät pysty pitämään B-hallia lämpimänä. Lisälämmönlähteiden tarve tulee ilmeiseksi talvikuukausien huoltoseisakkien aikana, jolloin tuotannosta muodostuvaa lämpöenergiaa ei ole saatavilla.

Käytännössä lisälämmönlähteiden tulisi olla riippumattomia tehtaan tuotannosta. Tällaisina lämmönlähteinä voisi olla esimerkiksi öljyllä toimiva ilmalämmitin tai erillinen Ulvilan tehtaalle rakennettava lämpökeskus. Sähkölämmitysikin tietyllä varauksella voisi tulla kysymykseen, tosin sähkön markkinahinta on jatkuvassa nousussa.

Jokaisen erillisen tukilämmönlähteen valinta Ulvilan tehtaalle vaati ennen valintaa tarkkojen laskelmien tekemisen hankintakustannusten sekä lämmitysenergian tuoton kannalta.

11 YHTEENVETO

Työssä tutkittiin ensinnäkin prosessiveden jäähdyttämiseen käytettäviä laitteita sekä niiden kuntoa.

Mittausten ja asiakirjojen avulla määritettiin Ulvilan tehtaan kylmäkoneikkojen tuottaman kylmätehon ja lauhdutustehon suuruus. Työssä pohdittiin lauhdutustehon riittävyyttä tehtaan tuotantohalli B:n lämmitykseen.

B-hallin lämmitystehon ja lämmitysenergian tarve määritettiin ja työssä otettiin kantaa B-hallin tukilämmitysmuotoihin, jotka voisivat toimia yhdessä kylmälaitteilta saatavan lauhdelämmön ja tuotannosta saatavien muiden ilmaisen energioiden kanssa.

Tehtaan kylmäkoneikoista ja niiden sijoituksesta tehtaalla tehtiin kytkentäkaavio sekä pohjakuva (Liite 7 ja liite 8).

LÄHTEET

- 1.020202, karttahaku, [viitattu 02.09.2006] <http://www.020202.fi>
2. Ympäristöministeriö D5 (1985) Rakennusten lämmityksen tehon- ja energiatarpeen laskenta, ohjeet.
3. Oy KWH Pipe Ab:n kotisivut <http://www.kwhpipe.fi/Default.aspx?id=312344>
4. Käytännön kylmätekniikka Suomen kylmäyhdistys ry 2002
5. Kylmätekniikka Antero Aittomäki (toim.) 1996
6. Säättiedot [viitattu 02.09.2006] <http://weather.tp.spt.fi/>
7. Moniste no 38 Kylmälaitoksen energiatalous I, 1996
8. Sähkön hintatiedot [viitattu 02.09.2006] (<http://www.ktm.fi.>)