

Tatu Leino

NARVI OY:N LVI-TEKNIIKAN KUNTOKARTOITUS JA
ENERGIATEHOKKUUDEN PARANNUSEHDOTUKSET

Energiatekniikan koulutusohjelma
LVI –tekniikan suuntautumisvaihtoehto
2011

NARVI OY:N LVI-TEKNIIKAN KUNTOKARTOITUS JA ENERGIATEHOKKUUDEN PARANNUSEHDOTUKSET

Leino, Tatu
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Energiatekniikan koulutusohjelma
Huhtikuu 2011
Ohjaaja: Heinola, Reino
Sivumäärä: 33
Liitteitä: 5

Asiasanat: LVI-kunto, energiatehokkuus, lämmitys, ilmanvaihto

Opinnäytetyössä perehdyttiin Narvi Oy:n Lapin teollisuusalueella Raumalla sijaitsevan tehtaan LVI-laitteiden toimintaan ja tekniseen kuntoon. Perehtyminen tapahtui pääosin katselmoinnin keinoin, vähäisin mittauksin.

Rakennuksen lämmitys perustuu nykyisellään öljyyn ja sähköön. Näiden energiahinta on nousussa ja energiatehokkuuden parantaminen tai joskus myös energiamuodon vaihtaminen kannattaa yhä paremmin.

Katselmoinnin perusteella laadittiin rakennuksen lämmöntarvelaskelma ja energiaselvitys. Energiaselvitystä varten rakennuksen tiedot syötettiin DOF Energia nimiseen laskentaohjelman. Ohjelmalla arvioitiin erilaisten säästöideoiden vaikutusta rakennuksen vuotuisen lämmönkulutukseen.

Selvityksen tuloksena laskettiin muutamien energiatehokkuuden parannusehdotusten kannattavuus ja ehdotettiin merkittävimpiä niistä toteutettavaksi.

ENERGY AUDIT CONSERNING NARVI OY:S HVAC SYSTEM AND SOME SUGGESTIONS TO INCREASE ITS ENERGY EFFICIENCY

Leino, Tatu

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Energy Technology

April 2011

Supervisor: Heinola, Reino

Number of pages: 33

Appendices: 5

Keywords: HVAC constitution, energy efficiency, heating, ventilation

The aim of this thesis work was to study heating and ventilation systems and their technical state of art at Narvi Oy:s Lappi factory in the city of Rauma. This was done mainly via so called “facility walk through” method with minor measurements.

The factory is heated with oil boilers and some electric heaters. Because of increasing prices of those energies, energy saving or other energy forms are coming more and more economical.

After this basic study the needed heating effects and energies of different halls were analyzed. As a tool was used DOF Energy program. Program was used to evaluate the total influence of different energy saving ideas at yearly basis.

As a result some energy saving ideas was analyzed economically and some most significant ideas were suggested to finance.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
1.1	Tausta	5
1.2	Työn tavoite	6
2	TEHTAAN NYKYTILANNE	6
2.1	Konttori- ja sosiaalitilat	6
2.2	Tehdashallit.....	8
2.3	Pannuhuone.....	9
2.4	Energian kulutus ja tehon tarve	11
2.5	DOF-energiälaskentaohjelmalla laskeminen.	11
3	TODETUT PUUTTEET	13
3.1	Lämmitysjärjestelmän ikä ja puutteellinen huolto.....	13
3.2	Lämmön talteenoton mahdollisuus.....	15
3.3	Huolto	15
4	PARANNUSEHDOTUKSET	16
4.1	Tehtaan ilmanvaihdon parantaminen.....	16
4.2	Lämmöntalteenotto emaliuunilta.	17
4.3	Emaliuunin päältä lähtevän ilmaputken tehostaminen.	21
4.4	Energian säästäminen ikkunoiden peittämisellä.....	22
5	YHTEENVETO	23

LIITTEET

1 JOHDANTO

1.1 Tausta

Narvi Oy valmistaa mm. kiukaita, patoja, savustimia, pikkutakkoja, perinteisiä puuliesiä ja takkojen luukkuja Lapin teollisuusalueella Raumalla (kuva 1).

Yrittäjätie 14:ssä sijaitseva tehdas koostuu kolmesta eri tuotantohallista, lähettämöstä, varastosta ja luukustopuolen hallista.



Kuva 1. Narvi Oy, Yrittäjätie 14

Opinnäytetyö on tehty toimeksiantona Narvi Oy:lle. Kiinteistön lämmityskustannukset ovat olleet suhteellisen korkeat, joten on syntynyt tarve energiatehokkuuden parantamiseen. Lämmityslaitteet ovat pääpiirteittäin olleet käytössä hallien rakentamisesta asti ja osittain vaativat päivitystä.

1.2 Työn tavoite

Työn tavoitteena on ottaa selvälle kiinteistön LVI-laitteiden ja järjestelmien kunto, havaita selvät puutteet, tehdä niihin sopivat parannusehdotukset, sekä tehdä kiinteistön energiatehokkuuteen parannusehdotuksia. Osa laitteista on energiatehokkuuden kannalta vanhoja ja tehottomia.

2 TEHTAAN NYKYTILANNE

Kiinteistö koostuu konttori- ja sosiaalityloista, kolmesta tuotantohallista, lähettämöstä, varastosta sekä luukustosta. Konttori- ja sosiaalitylojen yhteispinta-ala on yhteensä n. 517 m². Tehdaspuolen tilojen pinta-ala on yhteensä n. 5100 m².

Lämmitystä hoitaa tällä hetkellä kaksi öljykattilaa, toinen on Högfors 20-malli vuodelta 1975 ja toinen on Högfors 20-malli vuodelta 1979. Kattiloiden tehot ovat 162 kW ja 163 kW. Lisäksi pannuhuoneessa on 1 m³:n vesivaraaja, joka on vuosimallia 1975.

Tehdastilat lämpenevät tuloilmakojeiden avulla, joissa on vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä. Lisäksi tehdashalleissa on kierrätysilmakojeita, joissa on myös vesikiertoinen lämmitys. Yksi suuri tekijä tehdashallien lämmityksessä on 2-hallissa sijaitseva emaliuuni, jonka lämpötila on parhaimmillaan 800°C. Yhtenä työn osana on tarkoitus selvittää, miten emaliuunin lämpöä voitaisiin hyödyntää lämmityksessä.

Varasto ja luukusto lämpenevät Joletek EPS-3200 keskilämpöpaneelien avulla. Varastossa paneeleita on 12 ja luukustossa 24 kappaletta.

2.1 Konttori- ja sosiaalitylat

Konttori- ja sosiaalitylat sijaitsevat tehtaan pohjoispäässä. Konttoritiloihin on oma sisäänkäynti ja työntekijöiden sosiaalityloihin on oma sisäänkäynti. Konttoritilat (kuva 2) on rakennettu vaiheittain.

Ensin oli vain alin kerros, sitten kahdessa kerroksessa ja vuonna 1981 valmistui konttoriosan laajennus kolmeen kerrokseen.



Kuva 2. Konttoritilat.

Konttoria lämmitetään vesikiertoisin patterein, joissa on termostaattiset patteriventtiilit. Patteriventtiilit vaihdettiin yhtiön toimesta ja allekirjoittanut vaihtoi ne vuonna 2010, samalla säädettiin patteriverkosto uudelleen ja näin aloitettiin energiatehokkuuden parantaminen.

Ilmanvaihto konttori- ja sosiaaliiloissa toteutetaan poistoilmajärjestelmän avulla. Katolla on kolme poistoilmapuhallinta (kuva 3), jotka ovat 1980-luvun alussa valmistettuja. Poistoilmakanavisto puhdistettiin ja säädettiin uudelleen vuonna 2010. Raitisilma on alunperin otettu ikkunoiden alla sijaitsevien Spaltex-venttiileiden avulla, mutta sittemmin venttiileiden toimivuus on todettu puutteelliseksi.



Kuva 3. Konttoritilojen poistoilmapuhallin.

2.2 Tehdashallit

Tehdashallit lämmitetään hallien seinillä sijaitsevien lämmintilakojen avulla, joissa on vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä. Lisäksi halleissa on myös kiertoilmakojia, joissa on myös vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä.

Aiemmin mainitusta emaliuunista saadaan paljon lämpöä jo pelkästään häviöinä tehdashalleihin. Tarkoituksena on selvittää emaliuunin savukaasun entistä tehokkaamman hyödyntämisen kannattavuus lämmityksessä.

Seinillä sijaitsevat puhaltimet lämmitysjärjestelmään ovat alkuperäisiä. Puhaltimia ei ole huollettu ja puhdistettu kovin usein. Tämä aiheuttaa pölyn ja likaisen ilman leviämistä halleissa, mikä ei ole sisäilman laadulle suotavaa.

Pääosin toisessa hallissa suoritettava hitsaustyö on ilman laadulle haitallista. Hitsauspisteiden kohdille on järjestetty kohdepoistot, mutta niissä ei ole omia puhaltimia ja muutenkin kohdepoistot pitäisi miettiä ja mitoittaa uudelleen.

Koska toisessa hallissa ei ole yhtään tuloilmapuhallinta ja poistoja ei voi käyttää tehokkaasti talvel- la, ilman laatu on heikko. Tähän tilanteeseen tulee suuri muutos, mikäli suunniteltu lay-out muutos toteutuu. Muutoksessa hitsaustyöt ilmeisesti siirretään kokonaan Narvi Oy:n toiseen tehtaaseen.



Kuva 4. Hitsaustyöpisteitä.

Toisen hallin emaliuunin ympäristön ilmaa on pyritty parantamaan rakentamalla erillinen poistoil- makanava emaliuunilta suoraan ulos, jotta hallin lämpötilaa saataisiin edes jonkin verran laske- maan. Samalla uunin yläpuolelta, hallin katonrajasta on otettu kiertoilmaputki, joka imee lämmintä ilmaa hallin katonrajasta ja puhaltaa sen lähettämön ja varaston väliseen pieneen kulkuväylään.

2.3 Pannuhuone

Tällä hetkellä pannuhuoneessa on kaksi öljykattilaa (kuva 5). Lisäksi pannuhuoneessa on 1m³:n käyttövesivaraaja vuodelta 1975.



Kuva 5. Tehtaan öljykattilat ovat tyypiltään Högfors 20.

Lämmityksen toiminta on seuraava:

Kattiloiden lämmittämä vesi johdetaan verkostoon ja lämpimän käyttöveden varajaan. Käyttövesi lämpenee kupariputkikierukassa. Lämpimän käyttöveden varaaaja on Galvanoimis Oy:n valmistama.

Tehtaan lämpöjohdot lähtevät pannuhuoneesta suoraan tehtaan puolelle. Puhaltimilla on erikseen omat säätöjärjestelmät.

Konttorin lämpöjohdot haarautuvat kattilalta tulevista lämpöjohdoista. Menoveden lämpötilaa säädetään ulkolämpötilan mukaan kolmitieventtiilillä. Kolmitieventtiililtä konttorin lämpöjohdot nousevat kattoon ja tulevat ikkunanpuoleiselle seinälle ja siitä lämpöjohdot menevät työntekijä-aulaan rappusten viereen, siinä lämpöjohdot haarautuvat moneen suuntaan. Rappusten alapäässä on myös konttoripuolen tyhjennysventtiilit. Konttorin lämmönsäädöstä huolehtii seuraavat laitteet.

Säädin:	Siemens RVD 110
Sähköinen toimimoottori:	Siemens SQS35.00
Kolmitieventtiili:	Siemens VXG44.20-6.3

Varastoa ja luukustoa lämmittävät ns. keskilämpöpaneelit, jotka toimivat sähköllä.

2.4 Energian kulutus ja tehon tarve

Tehdas kuluttaa öljyä keskimäärin 42 000 litraa vuodessa, jonka perusteella energian kulutus olisi 420 MWh vuodessa. Seuraavassa on selvitetty energiankulutuksia rakennusosien, sekä ilmanvaihdon aiheuttamien häviöiden ja lämmitystarpeiden mukaan.

2.5 DOF-energiälaskentaohjelmalla laskeminen.

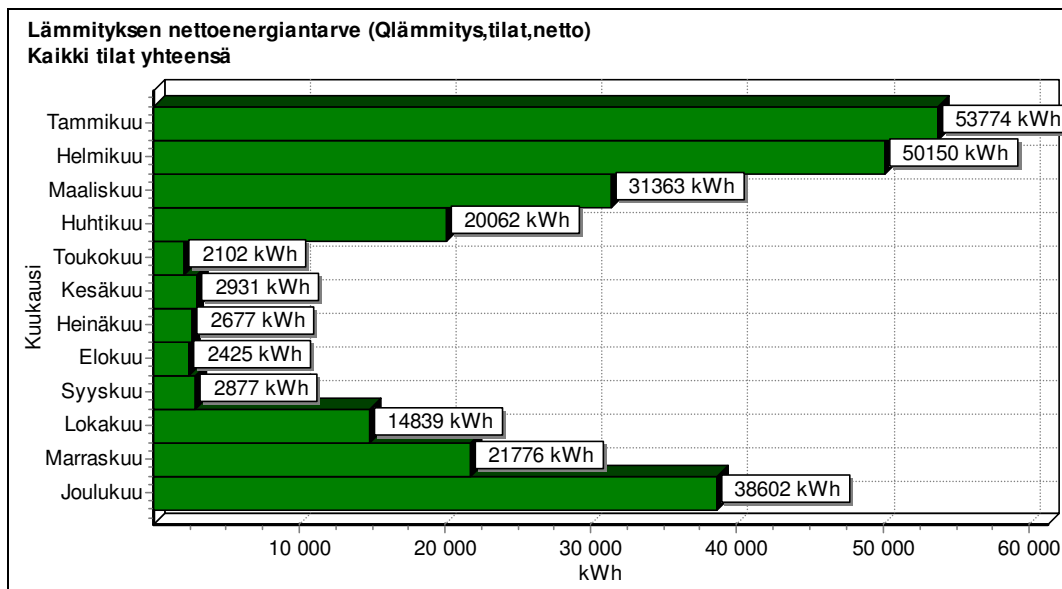
Energiantarve on hyvä laskea DOF -energiälaskentaohjelmalla, jonka avulla sai hyvin laskuihin mukaan mm. valaistuksen, sähkönkulutusten ja auringonsäteilyjen aiheuttamat energiankulutukset ja hyödyt. Kuvassa 6 esitetään DOF -ohjelmalla laskettu öljylämmityksen tarve.

DOF –laskelmien rakenteiden lähtötiedot on esitetty liitteessä 4. Ja muut lähtötiedot ovat liitteenä 5. Malli on tehty siten, että emaliuunin tuottama lämpö on laskettu sähkön kulutuksena. Lämpökuorma (570 MWh) on jaettu arvionvaraisesti hallin 2 (450 MWh) ja lähettämön (120 MWh) kesken.

DOF –mallilla saatu rakennusten ominaisuuksiin perustuva öljylämmön tarve 424 MWh on riittäväällä tarkkuudella sama kuin todettuun öljyn kulutukseen perustuva kulutus eli 420 MWh.

Rakennuksen ostoenergiat	
Kaikki tilat yhteensä	
Kuukausi:	Qlämm,osto:
Tammikuu	79 671 kWh
Helmikuu	74 454 kWh
Maaliskuu	49 872 kWh
Huhtikuu	35 517 kWh
Toukokuu	11 511 kWh
Kesäkuu	10 534 kWh
Heinäkuu	10 445 kWh
Elokuu	10 130 kWh
Syyskuu	12 251 kWh
Lokakuu	29 217 kWh
Marraskuu	39 444 kWh
Joulukuu	60 706 kWh
Yhteensä:	423 752 kWh

Kuva 6a. DOF lämmöntarvelaskelma tilojen ja käyttöveden lämmityksen öljylämmön tarve (brutto)



Kuva 6b. DOF lämmöntarvelaskelma öljylämmön nettotarpeesta. Lämmöntarve on 5 kk marginaalinen. Öljyn kulutus tuona aikana on pääosin (80%) kattilan ja lämmönjaon häviöitä.

3 TODETUT PUUTTEET

3.1 Lämmitysjärjestelmän ikä ja puutteellinen huolto

Lämmitysjärjestelmä on 35 – 40 vuotta vanha. Öljykattilat ovat vuodelta 1975 ja 1979. Niiden pohja on eristämättä, mikä näkyy kattilahuoneen korkeana lämpötilana. Savukaasun lämpötila on 160 °C ja CO₂ –pitoisuus 10 %. Palamisen hyötysuhde on tällöin noin 90%.

Kesäajan lämmöntarve on mallin mukaan luokkaa 3000 kWh/kk ja kuukaudessa on 700 tuntia. Keskimääräinen tehontarve on silloin kesäaikaan 4 kW. Toteutuneeseen kulutukseen sovitettun mallin mukaan kesäaikaan öljylämpöä kuluu kuitenkin 10 000 MWh/kk.

Öljynkäytön kesäajan hyötysuhde on siten suuruusluokkaa 30 % ja öljy kuluu siis lähinnä häviöihin. Olettaen emaliuunin käyttö tasaiseksi koko vuoden, se tuottaa hukkalämpöä 50 000 kWh/kk. Tästä tarvitaan talteen vain 10 %, jotta voidaan kattaa kiinteistön kaikki lämmitysten tarpeet.

Pelkistetysti:

- oleellista on sammuttaa öljykattilat kesäksi
- kiinteistölle riittävä määrä lämpöä saadaan emaliuunin savukaasuista tai lämpöhäviöistä yksinkertaisin lämmön talteenottolaittein
- käytännössä tarvitaan varaaja, koska liika lämpö ja lämmön tarve ovat eriaikaisia.

Öljyn hinta nousee edelleen. Öljy voidaan korvata liki kokonaan myös talviaikaan tehostamalla emaliuunin lämmön talteenottoa.

Emaliuuni kuluttaa vuodessa 600 MWh:n edestä nestekaasua. Keskiteho on silloin vajaa 70 kW. Lämmityksen nettokulutuksen keskiteho on runsas 30 kW.

Ottamalla lämpö tehokkaasti talteen emaliuunista öljystä saadaan korvattua noin puolet. Propani tuottaa n. 60 g vesihöyryä kuivan savukaasun kiloa kohden. Kastepiste on luokkaa 45 °C. Savukaa-

sun kondenssilämmön osuus on luokkaa 5 %. Sen talteenottoon ei kannata investoida paljoakaan. Tutkitaan vain kuivaa lämmön talteenottoa.

Ilmanvaihtoa kannattaa remontoida sekä konttorissa että tehtaassa. Konttorin poistoilman tehoa pystytään säätämään talvella kohtuullisen hyvin. Lämmön talteenotto poistoilmasta on useimmiten kannattavaa. Takaisinmaksuaika on luokkaa 3 vuotta. Ellei konttoriin haluta tuloilmaa, voidaan talteen otettu lämpö ohjata viereisiin teollisuustiloihin.

Tehtaan lämmitysjärjestelmät ovat huonokuntoisia. Puhaltimet kannattaisi huoltaa ja tarkistaa lämmönsäädön toiminnat. Esimerkiksi kolmannen hallin lämminilmakoje länsipäädystä ei ole toiminut kunnolla yli vuoteen. Tällöin raikkaan ilman saanti kolmanteen halliin ei ole riittävää. Lähettämössä puhaltimet puhaltavat päin hyllyissä olevia tavaroita ja lämmönjako heikkenee.

Lisäksi toisessa hallissa hitsaustyön aiheuttamat ilman pilaantumishaitat pitäisi ottaa paremmin huomioon lisäämällä ilmanvaihtoa.

Ehdotettava lämmön talteenotto edellyttää pannuhuoneen toimintojen uudelleen ajattelua. Laitteiden uusista toiminnoista esitetään kaavio. Samalla saadaan vanhat toimimattomat venttiilit korvattua (kuva 7).

Ehdotukset kannattaa aloittaa uusimalla lämpöjohtoverkoston sulkuventtiileitä, jotta verkosto suljettua ja avattua.



Kuva 7. Tämä pannuhuoneessa sijaitseva venttiili ei toimi.

3.2 Lämmön talteenoton mahdollisuus

Myös tehtaassa voidaan pienentää lämmön tarvetta parantamalla lämmön talteenottoa. Toisen hallin emaliuunin savukaasu on noin 100 °C:n lämpötilassa. Tästä on edullista ottaa lämpöä talteen lämmön talteenottojärjestelmän ja varaajan avulla. Lämpö voidaan käyttää tehtaan ja lämpimän veden lämmittämiseen.

Konttorista on tehty kesällä 2010 suunnitelma ja investointiarvio poistoilmajärjestelmän muuttamisesta ilmastoinniksi. Tiedot löytyvät tehtaan arkistoista.

3.3 Huolto

Kiinteistön lämmityksen ja ilmanvaihdon huoltoa kannattaa tehostaa. Ennakkoon korjattu vika säästää itsensä. Öljynkulutuksen puolittaminen pienentää öljylaskua 20 000 €/a. Tarvittavista investoinneista puhutaan jäljempänä.

4 PARANNUSEHDOTUKSET

4.1 Tehtaan ilmanvaihdon parantaminen

Suomen rakennusmääräyskokoelman D2:n mukaan keskiraskaan työpaikan minimiulkoilmavirta on $1,5 \text{ (l/s)/m}^2$.

Narvi Oy:n ulkoilmavirtoina tehdashalleissa pitäisi olla seuraavien laskelmien mukaiset ulkoilmavirrat.

1 -halli :	$1,5 \text{ l/s/m}^2 * 1020\text{m}^2 = 1530 \text{ l/s}$
2 -halli :	$1,5 \text{ l/s/m}^2 * 1020\text{m}^2 = 1530 \text{ l/s}$
3 -halli :	$1,5 \text{ l/s/m}^2 * 1188\text{m}^2 = 1782 \text{ l/s}$
Lähtetäimö:	$1,5 \text{ l/s/m}^2 * 559\text{m}^2 = 839 \text{ l/s}$

Lisäksi pitäisi ottaa huomioon luukusto, jossa työskennellään jatkuvasti.

Luukusto: $1,5 \text{ l/s/m}^2 * 416\text{m}^2 = 624 \text{ l/s}$.

Tällä hetkellä ulkoilmavirta ei toteudu, joten ilmavirrat olisikin syytä mitoittaa uudelleen. Tällä hetkellä poistopuhaltimia ei ole kuin 2 –hallissa. Ne ovat kohdepoistopuhaltimia ja poistavat hitsauksesta ja maalauskipilta syntyviä poistoilmantarpeita.

Poistoilmavirta mitoitetaan yleensä joko yhtä suureksi kuin ulkoilmavirta tai hieman suuremmaksi kuin ulkoilmavirta, jotta ilman painesuhteesta saadaan hieman alipaineinen. Poistoilmavirta lasketaan suuremmaksi, koska kohdepoistopuhaltimet eivät ole päällä jatkuvasti. Ohjeellinen arvo on, että ulkoilmavirta = $0,96 * \text{poistoilmavirta}$. Alla taulukossa laskettu ideaaliset poistoilmavirrat ja ulkoilmavirrat halleihin.

Taulukko 1. Sopivat ilmavirrat tehdashalleihin.

	<u>Ulkoilmavirta (l/s)</u>	<u>Poistoilmavirta (l/s)</u>
1 -halli	1530 l/s	1590 l/s
2 -halli	1530 l/s	1590 l/s (otettava huomioon nykyiset)
3 -halli	1782 l/s	1853 l/s
Lähetämö	839 l/s	873 l/s
Luukusto	624 l/s	649 l/s

Nämä ilmavirrat olisivat sopivat keskiraskaalle työskentelylle, joten ilmanvaihtoa pitäisi huomattavasti parantaa. Kannattaa pohtia kokonaan uutta ilmastointijärjestelmä tehtaaseen. Energian kulu- tusta saataisiin pienennettyä varustamalla ilmastointikoneet lämmön talteenotolla.

Tehtaan lämmitysverkoston voisi tasapainottaa. Tällä hetkellä lämpöverkostossa on ilmaa ja nykyi- set ilmausventtiilit eivät toimi. Samalla kun verkosto säädetään kannattaa tehdä kerralla perusteelli- nen lämpöverkoston ilmaus. Lämmönjako toimisi paremmin.

Välttämätöntä on myös tehtaan puhaltimien nykyisten säätöjärjestelmien uusiminen, sillä säätövent- tiilit eivät toimi ja tämä aiheuttaa turhaa energian kulutusta. Totesin esimerkiksi keväällä 2011, että yhden puhaltimen säätöjärjestelmä pyöritti koko ajan kuumaa vettä puhaltimen lämmityspatterissa, vaikka tehtaassa oli jo muutenkin tarpeeksi lämmintä. Syksyllä 2011 on aloitettu puhaltimien toi- minnan tutkiminen ja todettu, että myöskään termostaatit ja peltimoottorit eivät toimi kunnolla.

4.2 Lämmöntalteenotto emaliuunilta.

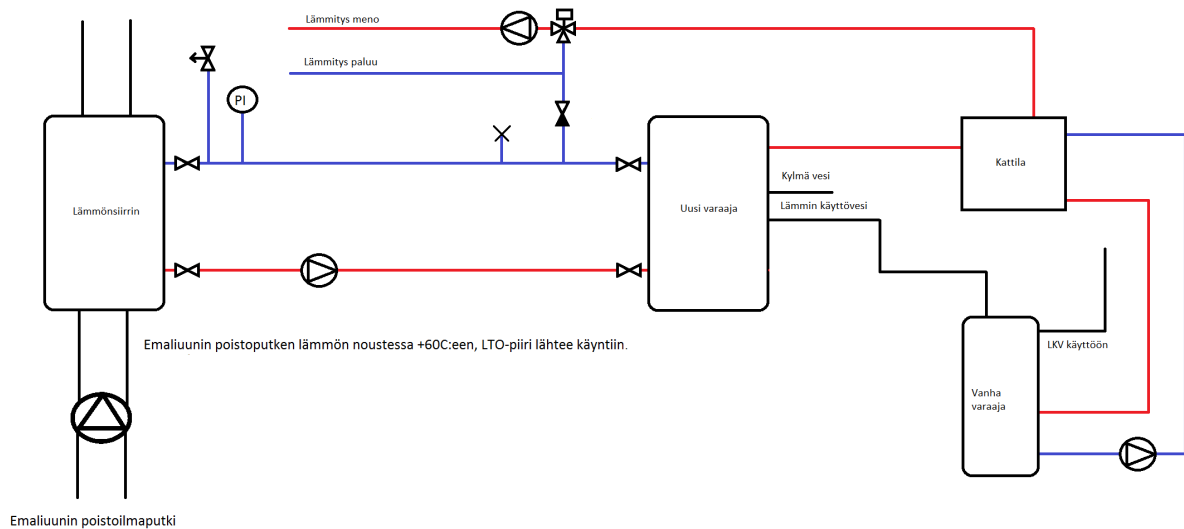
Aiemmin mainittu emaliuuni tuottaa paljon ylimääräistä lämpöä, jota olisi mahdollista käyttää teh- taan lämmityksessä, sekä kesällä lämpimän käyttöveden lämmityksessä.

4.2.1 Savukaasupesurin sijoittaminen emaliuunin poistoilmaputkeen.

Yksi tehokas vaihtoehto olisi laskea ja pohtia, olisiko poistoilmaputkeen mahdollista sijoittaa savu- kaasupesuri, jonka avulla olisi mahdollista saada todella suuri määrä ulos virtaavan ilman lämmöstä talteen. Kuten todettiin, pesurijärjestelmä hyöty on pieni investointiin verrattuna.

4.2.2 Lämmönsiirtimen sijoittaminen emaliuunin poistoilmaputkeen.

Yksi hyvä vaihtoehto saada emaliuunilta lähtevää lämpöä talteen on sijoittaa emaliuunin poistoputkeen kuiva lämmönsiirrin, joka ottaisi lämpöä talteen poistoilmasta ja siirtäisi sen veteen. Vedestä olisi helppo taas siirtää lämpö lämmitysverkoston paluupuolelle auttamaan lämmitysverkoston lämmityksessä. Tästä ideasta on alla piirretty kaavio.



Kuva 8. LTO-piirin kaavio.

Tässä kaaviossa on piirretty pannuhuoneen nykyinen toiminta, josta selviää miten lämmityksen säätö toimii tällä hetkellä ja esitetty LTO -piiri, joka tulisi kytkeä lämmitysverkoston paluuputkeen. Kuvassa näkyvä lämmönsiirtimeltä tuleva putki liitettäisiin uuteen varaajaan. Uunilta tuleva lämpö siirtyisi verkostoa pitkin uuteen varaajaan, silloin sitä olisi mahdollista käyttää hyödyksi sekä lämmityksessä, että käyttöveden esilämmittämisessä. Tämä olisi edullinen keino lämmittää käyttövettä kesällä, kun ei tarvitsisi pitää öljykattilaa lainkaan päällä.

Liitteenä ovat mitoitettun lämmönsiirtimen laskelmat ja tiedot.

Alustavia laskelmia saatavasta hyödystä:

Lämmitysverkostoon saatava teho on 21,6 kW

Jos lasketaan emaliuunin käyntiajan perusteella, saadaan käyntiajaksi 16h/vrk ja 200vrk/vuosi, eli vuodessa emaliuuni käy noin 3 200 tuntia.

Energiansäästö 21,6 kW * 3200 h = 69 120 kWh, eli 69 MWh

Tämä laskettuna öljyn hinnalla 100€/MWh, saadaan vuosittaiseksi säästöksi

69 MWh * 100 € = 6900 €.

Lämmönsiirtimeltä tuleva vesi menisi uudelle varaajalle, joka pystyisi varaamaan yhden työpäivän ajalta saatavan energiamäärän, näin olisi hyödynnettävissä kaikki mahdollinen lämpöenergia, joka emaliuunilta olisi mahdollista saada.

Kesäaikana kaikelle lämmölle ei ole käyttöä. Toisaalta säästö on suunnilleen lasketun suuruinen kun kattilat pysäytetään esimerkiksi viideksi kesäkuukaudeksi. Öljylämmön kulutusmallin mukaan kesällä on kulunut öljyä 50 MWh:n edestä eli 5 m³. Tämä on jopa enemmän kuin lämmön talteenoton energiamäärä samana aikana.

Varaajan mitoitus

Lämmönsiirtimen teho on 21,6 kW

Emaliuunin lasketaan olevan käytössä kahdessa vuorossa. Vuorokautinen käyttöaika on 16 h.

Saadaan yhtenä työpäivänä lämmön talteenoton energiaa 21,6kW * 16h = 345,6 kWh

Varaajan tilavuus saadaan laskettua kaavalla:

$$\frac{\text{veden ominaislämpökapasiteetti}}{3,6} * x * 50^{\circ}\text{C} = 345,6 \text{ kWh}$$

$$\frac{4,2 \text{ kJ/kgK}}{3,6} * x * 50^{\circ}\text{C} = 345,6 \text{ kWh}$$

Tästä lasketaan x, joka on vesivaraajan tilavuus

$$x = \frac{345,6 \text{ kWh}}{58,33} = 5,9 \text{ m}^3$$

Laskelmat putkistosta ja pumpun paineenkorotuksen tarpeesta

Lämmön talteenottopiirin putkiston mitoitus

Putkistossa tarvittava $q_v = 0,21 \text{ dm}^3/\text{s}$ kun lämpötilaero on $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

Putkiston optimaalinen kitkapainehäviö mitoitusuusitus on $R < 50 \text{ Pa/m}$.

Käyrästä katsottuna (Seppänen: Rakennusten lämmitys s.140)

$R = 50 \text{ Pa/m}$, tulee virtauksen nopeudeksi $0,3 \text{ m/s}$.

Sopiva teräsputken koko DN32.

Putkiston painehäviöt ja pumpun nostokorkeus on laskettu seuraavassa taulukossa.

LTO-Putkiston mitoitus							
			Putki Cu35		R = 50Pa/m		
	MENO				PALUU		
OSA	PITUUS (m)	R (Pa/m)	Δp (Pa)	OSA	PITUUS (m)	R (Pa/m)	Δp (Pa)
Putki 1	0,2	50	10	Putki 1	0,15	50	7,5
Putki 2	2	50	100	Putki 2	2	50	100
Putki 3	6,8	50	340	Putki 3	6,6	50	330
Putki 4	34	50	1700	Putki 4	34	50	1700
Putki 5	5,1	50	255	Putki 5	5,2	50	260
Putki 6	2,3	50	115	Putki 6	2,3	50	115
Putki 7	4,5	50	225	Putki 7	4,5	50	225
Putki 8	0,15	50	7,5	Putki 8	0,2	50	10
Yhteensä	55,05	50	2752,5	Yhteensä	54,95	50	2747,5
Putkien painehäviö yhteensä on			5500 Pa	eli 5,5 kPa			
Lämmönsiirtimen painehäviö on			18000 Pa	eli 18 kPa			
Pumpun mitoitukselle riittävän tarkka mitoitus on, kun lasketaan 30% muille putkistossa oleville häviöille lisäksi.							
$0,3 * 5500 \text{ Pa} = 1650 \text{ Pa}$							
Pumpulle laskettava painehäviö putkistossa on yhteensä 25150 Pa, eli 25,2 kPa							
Putkessa virtaavan veden tilavuusvirta on 0,21 l/s							
Pumpun mitoitus			$H = \Delta p / \rho g = 25150 \text{ Pa} / (1000 \text{ kg/m}^3 * 9,81 \text{ m/s}^2) =$				2,5 m

Pumpun nostokorkeus 2,5 m.

Jos lämmön talteenotto toteutetaan kaavion mukaisena, lisättävät laitteet ovat: lämmönsiirrin, putkisto, pumppu, uusi varaaja, putkisto varaajien välille ja venttiilit.

4.3 Emaliuunin päältä lähtevän ilmaputken tehostaminen.

Tällä hetkellä emaliuunin yläpuolelta hallin katonrajasta lähtee halkaisijaltaan 315mm ilmakehanava, joka menee lähettämön ja varaston väliseen kulkukäytävään. Käytävässä on ilmaritilä, josta lämmin ilma jaetaan edelleen.

Nykyisin 2 -hallin hitsausrobotin yläpuolella seinällä on kanavapuhallin, joka on kohtuullisen pienitehoinen kanavan kokoon nähden. Lämmön siirtymistä kannattaisi tehostaa sijoittamalla emaliuunin yläpuolelle huuva, jonka sopiva koko olisi 3x5m. Huuva auttaisi lämpimän ilman kerääntymisessä kanavaan. Kanava menee jo valmiiksi lähettämön läpi, joten tähän olisi hyvä rakentaa lähettämön kahden käytössä olevan nosto-oven yläpuolelle ns. oviverho. Kanavaan tarvitaan vain haarat ovien

kohdalle alaspäin. Kanavassa olisi oven levyiset säleiköt puhaltamassa lämmintä ilmaa oviaukon kohdalle, jotta talvella ei tulisi liikaa kylmää ilmaa kun joudutaan ovia aukomaan rekka-autoja lastatessa. Loput lämpimästä ilmasta voisi johtaa lähettämön ja varaston väliseen käytävään kuten ennenkin. Lisäksi tätä järjestelmää olisi mahdollista tehostaa vaihtamalla nykyinen puhallin tehokkaampaan.

4.4 Energian säästäminen ikkunoiden peittämisellä.

Yksinkertainen keino säästää lämmityskuluissa on peittää osa vanhoista ikkunoista eristelevyillä. Alla on esimerkkilaskelma mahdollisesta säästöstä ikkunoiden peittämisellä.

Tehtaan 3 -hallissa ja lähettämössä on lähes koko takaseinän pituudella ikkunoita, joiden koko on $1,25\text{m} \times 1,3\text{m} = 1,6 \text{ m}^2$. Tehtaan 3 -hallissa ikkunoita on 42 kappaletta ja lähettämössä 30 kappaletta.

Ikkunat ovat kaksilasisia ja niiden U-arvo on 3. Jos ikkuna peitettäisiin uretaanilevyllä, saadaan U-arvoksi 0,5, joten U-arvojen erotukseksi tulisi 2,5.

Säästöksi saadaan lyhyesti laskemalla: U-arvoerotus * $(T_{\text{sisä}} - T_{\text{ulko,mit}})$, eli

$$2,5 * (17^{\circ}\text{C} - (-26^{\circ}\text{C})) = 107,5\text{W}/\text{m}^2$$

$$107,5 \text{ W}/\text{m}^2 * 2 \text{ m}^2 = 215 \text{ kWh}/\text{m}^2,$$

joten tämä laskettuna energian hinnalla (10€/100kWh), tulee ikkunan peittämisellä säästöksi 21,5€/m².

Jos peitetään esimerkiksi 1/3 ikkunoista, saadaan pinta-alaksi: 24 ikkunaa * $1,6\text{m}^2 = 38,4\text{m}^2$.

Säästö olisi silloin $38,4\text{m}^2 * 21,5\text{€/m}^2 = 826 \text{ €}$.

5 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli kartoittaa tehtaan LVI-laitteiden ja energiankulutuksen nykyinen kunto sekä löytää energiatehokkuuden parantamiseen sopivia ratkaisuja. Työn teko oli haastavaa, mutta silti työssä onnistuttiin selvittämään varsinkin pääkohdat sekä LVI-laitteiden kunnosta, että energiankulutukseen liittyvistä asioista.

Kokonaisuudessaan kiinteistön lämmitysjärjestelmä on runsaan 30 vuoden ikäinen. Kaikki laitteet eivät toimi ja hyötysuhde ei ole paras mahdollinen. Konttori- ja sosiaalityötiloissa ei suurempia ongelmia kohdattu, lukuun ottamatta ilmanvaihdon tehokkuuden mahdollista parantamista.

Konttorityötiloihin on jo vuonna 2010 suunniteltu ilmastointijärjestelmä. Ilmanvaihdon lämmön talteenotto on usein kannattava.

Tehtaan ilmanvaihdon uudistamista ei pohdittu tarkemmin. Esille otettiin muutamia selvästi puutteellisia kohtia ja kerrottiin yleisesti, minkälaiset ilmavirrat nykyisten määräysten mukaan olisi hyvä olla.

Teollisuuden ilmastoinnin suunnittelu on haastavaa. Vaihtoehtoja ilman jaon ja lämmön talteenoton toteuttamiseen on monia. Kaikissa tiloissa ja kaikilla prosesseilla on omat erikoisuutensa, jotka asettavat toisaalta omat rajoituksensa, mutta myös antavat mahdollisuuksia toimivan järjestelmän suunnitteluun.

Ehdotetut lämmityksen säätöjen parannukset tasaavat lämpötiloja ja vähentävät energian kulutusta. Työstä sivuaa monia parannusmahdollisuuksia ja konkretisoi emaliumin poistoilman lämmöntalteenottojärjestelmän.

Esitetty suunnitelma antaa käsityksen säästön mittakaavasta ja kannattavuudesta.

LÄHTEET

Ahokas, R. 2010. Suomen rakennusmääräyskokoelman osa C3. Rakennuksen lämmöneristys. Viitattu 30.5.2011.

http://www.finlex.fi/data/normit/34163-C3-2010_suomi_221208.pdf

Ahokas, R. 2003. Suomen rakennusmääräyskokoelman osa C4. Lämmöneristys. Viitattu 30.5.2011.

<http://www.finlex.fi/data/normit/1931-C4s.pdf>

Kalliomäki, P. 2010. Suomen rakennusmääräyskokoelman osa D2. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto.

Viitattu 30.5.2011.

http://www.finlex.fi/data/normit/34164-D2-2010_suomi_22-12-2008.pdf

Kalliomäki, P. 2007. Suomen rakennusmääräyskokoelman osa D5. Rakennusten energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta.

Viitattu 30.5.2011.

<http://www.finlex.fi/data/normit/29520-D5-190607-suomi.pdf>

Seppänen, O. 2004. Ilmastoinnin suunnittelu.

Seppänen, O. 2001. Rakennusten Lämmitys.

LIITTEET

Liite 1 – Pohjapiirros.

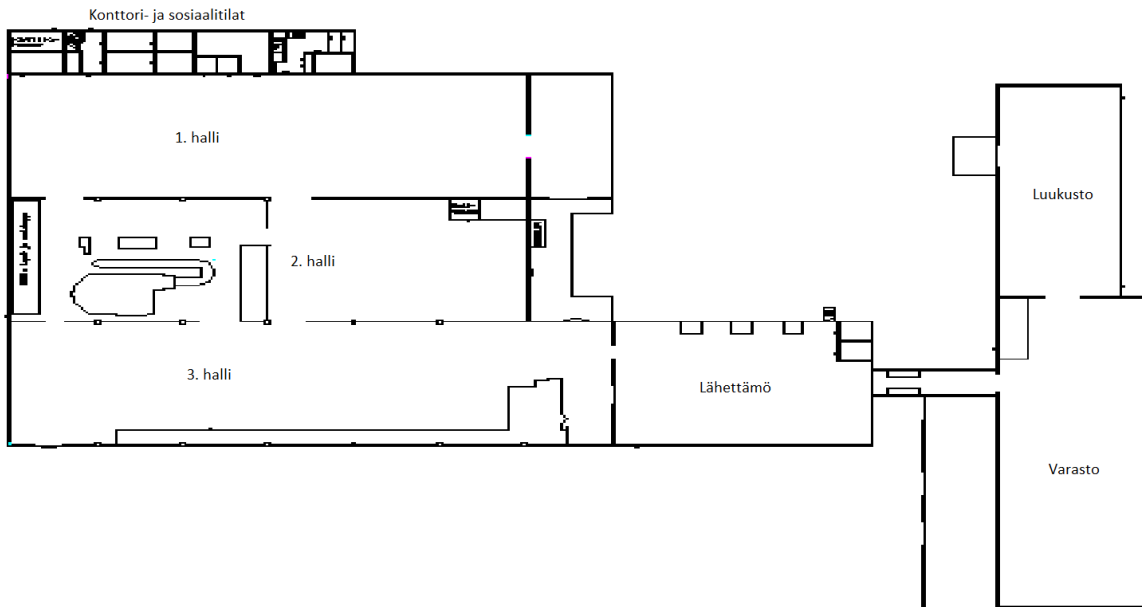
Liite 2 – Emaliuunin poistoilmaputkeen sijoitettavan lämmönsiirtimeen tiedot.

Liite 3 – Lämmönsiirtimellä toteutetun järjestelmän suuntaa antava hinta-arvio.

Liite 4 - Lämmityksen tehontarvelaskelma

Liite 5 – DOF laskelmien syöttötiedot

LIITE 1 - Pohjapiirros



Yllä kuvassa tehtaan pohjapiirros. Vasemmalla ylänurkassa on pannuhuone ja konttori- ja sosiaalitilat, toisen hallin vasemmalla reunalla on emaliuuni ja emaloitavien osien pesulinjasto. Lisäksi lähettämössä sijaitsevat nosto-ovet näkyvät lähettämön yläreunassa.

LIITE 2

Emaliuunin poistoilmaputkeen sijoitettavan lämmönsiirtimen tiedot.



5/23/2011

Luvata Söderköping SE-314 81 Söderköping, Sweden | Phone +46 121 191 00 | Fax +46 121 101 01 | Web
www.luvata.com/coiltech

Your ref

Project/Ref.nr Narvi Oy - QLCB
 Our contact

Coiltech Heat exchanger from Luvata Söderköping

	Id	QLCB
Air	Capacity	21.6 kW
	Flow rate	0.40 m ³ /s
	Temperature in	100.0 deg C
	Temperature out	55.8 deg C
	Condensate	0.0 g/s
	Pressure drop, wet / dry	158 / 157 Pa
	Velocity	1.8 m/s
Liquid	Water	
	Flow rate	0.21 l/s
	Temperature in	55.0 deg C
	Temperature out	80.0 deg C
	Pressure drop	18 kPa
	Velocity	0.6 m/s
Dimensions	Width	700 mm
	Height	500 mm
	No. of tube rows	12
	Fin pitch	2.0 mm
	No. of liquid passes	56
	Connection number	DN 25
	Face area / Heat surface	0.28 / 86 m ²
	Weight / Volume	55 / 16 kg / l
Material	Tube material	Copper
	Fin material	Aluminium
	Header material	Copper
	Casing material	Galvanized steel
Ordering code	QLCB-070-050-12-20-56-0-A	

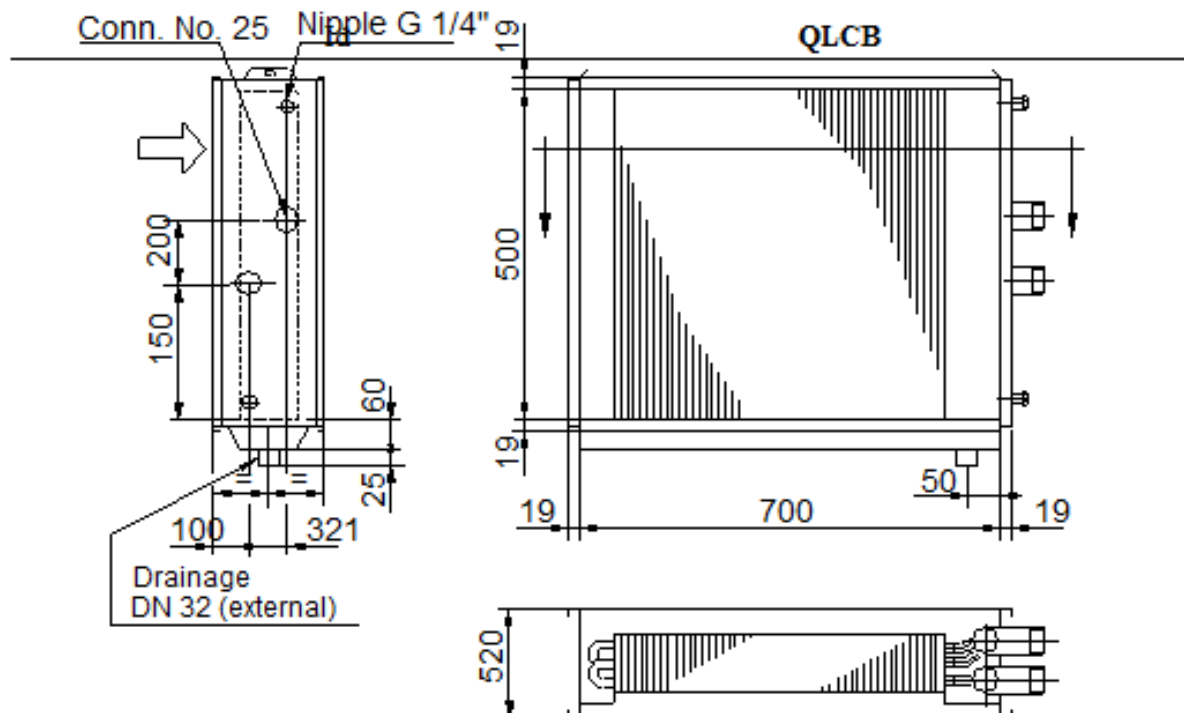
Luvata Söderköping AB 581 14 81 Söderköping, Sweden | Phone +46 121 191 00 | Fax +46 121 101 01 | Web
www.luvata.com/coiltech

Your ref

Project/Ref.nr Narvi Oy - QLCB

Our contact

Coiltech Heat exchanger from Luvata Söderköping



Weight: 55 kg
 Volume: 16 l
 Max op. press.: 1.6 MPa
 Max op. temp.: 110

Right Connection side is shown

LIITE 3

Lämmönsiirtimellä toteutetun lämmön talteenottojärjestelmän suuntaa antava hinta-arvio.

Järjestelmään tarvittavat laitteet ja tarvikkeet:

Lämmönsiirrin	Luvata Coiltech QLCB-070-050-12-20-56-0-A		2000 €
Pumppu	Q = 0.21 l/s, H = 2.56m	esim. Kolmeks	1000 €
Varaaja	V = 6m ³	esim. Jäspi	5000 €
Putkisto	Cu 35, yht. n. 120m	hinta-arvio 120m*13 €/m	1500 €
Muut laitteet	venttiilit, ilmaus yms..		1500 €
Lisäksi työn kesto	asennus 50h		
	säätö/testaus 10h		
	muut työt 10h		
	YHTEENSÄ 70h		3000 €

Näiden arvioiden perusteella LTO-järjestelmän hinnaksi tulisi yhteensä noin 14 000 €.

Laskelman perusteella lämmön talteenotto tuottaisi n. 6 900 € säästöt vuodessa, ja yllä olevan laskelman mukaan järjestelmä tulisi maksamaan n. 14 000 €. Näin ollen järjestelmä maksaisi itse takaisin seuraavan laskun mukaan.

$$14\,000\text{ €} / 6\,900\text{ €} = 2,03$$

Tämän laskelman mukaan LTO-järjestelmän takaisinmaksuaika olisi reilut kaksi vuotta, joka on todella lyhyt aika verrattuna vuosittaiseen säästöön.

LIITE 5

LASKENTAMALLIN LÄHTÖTIEDOT

Kaikki tilat yhteensä

Käytetyt lämpötilatiedot:

LTT-1: Lämmin 21 °C - Vyöhyke I, ulkoilma
 LTT-4: Puolilämmin 17 °C - Vyöhyke I, ulkoilma
 LTT-6: Puolilämmin 17 °C - Vyöhyke I, maa/alap. dTmaa, vuosi=5 °C

Käytetyt säteilytiedot:

ST-1: Säilyvyöhyke I Helsinki-Vantaa 1979

Tehonlaskennan asetukset:

Mitoittava ulkotilan lämpötila:	-26.0 C
Mitoittava sisätilan lämpötila:	17.0 C
Huonelämmitysjärj. hyötysuhde mitoitusolosuhteissa:	0.90
IV:n tuloilman lämmitysjärj. hyötysuhde mit.olosuhteissa:	0.90
Käyttöveden lämmitysjärj. hyötysuhde mit.olosuhteissa:	0.90
Jäteilman lämpötila mitoitusolosuhteissa:	5.0
Lämpimän käyttöveden kiertojohdon ominaisteho:	2.0 W/brm2
Lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama:	50.00 dm3/s
Jäähdytysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusilanteessa:	0.70
Jäähdytyksen maksimitehon suhde keskim. tehoon:	2.00

Tilojen pinta-ala ja tilavuustietojen yhteisummat:

Rakennustilavuus:	22724 rak-m3
Bruttoala:	4482 brm2
Ilmatilavuus:	22724 m3

Tilan nimi/tunnus:**Tehdashalli 1**

Rakennustilavuus:	5661 rak-m3
Bruttoala:	1020 brm2
Ilmatilavuus:	5661 m3
Henkilöiden luovuttama lämpöenergia vuodessa:	0.00 kWh/brm2
Lämpökapasiteetti/bruttopinta-ala:	160.00 Wh/brm2K
Lämmöntuotolaitteen vuosihyötysuhde:	0.80
Ilmanvuotoluku n50:	3.00
Lämmityksen kehityshäviöt:	0.0 kWh/vuosi
Lämmityksen muut häviöt:	5.0 kWh/brm2/vuosi
Lämmityksen varaajahäviöt:	0.0 kW
Käyttöveden kehityshäviöt:	0.0 kWh/vuosi
Käyttöveden kiertohäviöt:	5.00 kWh/brm2/vuosi
Käyttöveden varaajahäviöt:	0.0 kW
Lämmityksen häviöt, lämpökuorman osuus:	100 %
Lämpimän käyttöveden häviöt, lämpökuorman osuus:	100 %

Tilan sisältämät rakenneosat:

	Pinta-ala:	U-arvo:	g:	Fkehä:	
(Tehdashalli 1)	[m2]	[W/m2K]			
YP: Katto	1020.00	0.32	--	--	LTT-4
US: Ulkoseinä	498.00	0.43	--	--	LTT-4
AP: Lattia	1020.00	0.17	--	--	LTT-6
IKK: Ikkuna, kaksinkertainen lasitus (3,0 W/m²K)	36.00	3.00	0.675	0.75	LTT-4, ST-1/P

Koneellinen ilmanvaihto:

(Tehdashalli 1)	Ilmavirta:	LTO:	td*tv*r:	
Koneellinen tuloilma	[m3/h]	[%]		
	6000.00	0	0.30	LTT-4

Sähkölaitteet:

Muut rakennukset, muut laitteet	Kuorma:	Kulutus:
Muut rakennukset, valaistusjärjestelmä	60 %	30.0 kWh/brm2/vuosi
Muut rakennukset, ilmanvaihtojärjestelmä	71.0 kWh/brm2	30.0 kWh/brm2/vuosi
	50 %	8.0 kWh/brm2/vuosi

Tilan nimi/tunnus:	Tehdashalli 2
Rakennustilavuus:	5661 rak-m3
Bruttoala:	1020 brm2
Ilmatilavuus:	5661 m3
Henkilöiden luovuttama lämpöenergia vuodessa:	0.00 kWh/brm2
Lämpökapasiteetti/bruttopinta-ala:	160.00 Wh/brm2K
Lämmöntuotolaitteen vuosihyötysuhde:	0.80
Ilmanvuotoluku n50:	3.00
Lämmityksen kehityshäviöt:	0.0 kwh/vuosi
Lämmityksen muut häviöt:	5.0 kWh/brm2/vuosi
Lämmityksen varaajahäviöt:	0.0 kW
Käyttöveden kehityshäviöt:	0.0 kWh/vuosi
Käyttöveden kiertohäviöt:	5.00 kWh/brm2/vuosi
Käyttöveden varaajahäviöt:	0.0 kW
Lämmityksen häviöt, lämpökuorman osuus:	100 %
Lämpimän käyttöveden häviöt, lämpökuorman osuus:	100 %

Tilan sisältämät rakenneosat:	Pinta-ala:	U-arvo:	g:	Fkehä:	
(Tehdashalli 2)	[m2]	[W/m2K]			
YP: Katto	1020.00	0.32	--	--	LTT-4
US: Ulkoseinä	219.55	0.43	--	--	LTT-4
AP: Lattia	1020.00	0.17	--	--	LTT-6
IKK: Ovi	11.30	1.28	0.500	0.75	LTT-4, ST-1/Itä

Koneellinen ilmanvaihto:	Ilmavirta:	LTO:	td*tv*r:	
(Tehdashalli 2)	[m3/h]	[%]		
Koneellinen ilmanvaihto	3000.00	0	0.28	LTT-4

Sähkölaitteet:	Kuorma:	Kulutus:
Muut rakennukset, muut laitteet	60 %	30.0 kWh/brm2/vuosi
Muut rakennukset, valaistusjärjestelmä	71.0 kWh/brm2	30.0 kWh/brm2/vuosi
Muut rakennukset, ilmanvaihtojärjestelmä	50 %	8.0 kWh/brm2/vuosi
Emaliuuni	80 %	450000 kWh/vuosi

Tilan nimi/tunnus:	Tehdashalli 3
Rakennustilavuus:	6593 rak-m3
Bruttoala:	1188 brm2
Ilmatilavuus:	6593 m3
Henkilöiden luovuttama lämpöenergia vuodessa:	0.00 kWh/brm2
Lämpökapasiteetti/bruttopinta-ala:	160.00 Wh/brm2K
Lämmöntuotolaitteen vuosihyötysuhde:	0.80
Ilmanvuotoluku n50:	3.00
Lämmityksen kehityshäviöt:	0.0 kwh/vuosi
Lämmityksen muut häviöt:	5.0 kWh/brm2/vuosi
Lämmityksen varaajahäviöt:	0.0 kW
Käyttöveden kehityshäviöt:	0.0 kWh/vuosi
Käyttöveden kiertohäviöt:	5.00 kWh/brm2/vuosi
Käyttöveden varaajahäviöt:	0.0 kW
Lämmityksen häviöt, lämpökuorman osuus:	100 %
Lämpimän käyttöveden häviöt, lämpökuorman osuus:	100 %

Tilan sisältämät rakenneosat:	Pinta-ala:	U-arvo:	g:	Fkehä:	
(Tehdashalli 3)	[m2]	[W/m2K]			
YP: Katto	1188.00	0.32	--	--	LTT-4
US: Ulkoseinä	402.35	0.43	--	--	LTT-4
AP: Lattia	1188.00	0.17	--	--	LTT-6
IKK: Ikkuna, kaksinkertainen lasitus (3,0 W/m²K)	60.48	3.00	0.675	0.75	LTT-4, ST-1/Etelä
IKK: Ovi	28.10	1.28	0.500	0.75	LTT-4, ST-1/Itä

Koneellinen ilmanvaihto:	Ilmavirta:	LTO:	td*tv*r:	
(Tehdashalli 3)	[m3/h]	[%]		
Koneellinen tuloilma	6600.00	0	0.28	LTT-4

Sähkölaitteet:	Kuorma:	Kulutus:
Muut rakennukset, muut laitteet	60 %	30.0 kWh/brm2/vuosi
Muut rakennukset, valaistusjärjestelmä	71.0 kWh/brm2	30.0 kWh/brm2/vuosi
Muut rakennukset, ilmanvaihtojärjestelmä	50 %	8.0 kWh/brm2/vuosi

Tilan nimi/tunnus:	Lähetämö
Rakennustilavuus:	3075 rak-m3
Bruttoala:	559 brm2
Ilmatilavuus:	3075 m3
Henkilöiden luovuttama lämpöenergia vuodessa:	0.00 kWh/brm2
Lämpökapasiteetti/bruttopinta-ala:	70.00 Wh/brm2K
Lämmöntuottolaitteen vuosihyötysuhde:	0.80
Ilmanvuotoluku n50:	3.00
Lämmityksen kehityshäviöt:	0.0 kwh/vuosi
Lämmityksen muut häviöt:	16.0 kWh/brm2/vuosi
Lämmityksen varaajahäviöt:	0.0 kW
Käyttöveden kehityshäviöt:	0.0 kWh/vuosi
Käyttöveden kiertohäviöt:	0.00 kWh/brm2/vuosi
Käyttöveden varaajahäviöt:	0.0 kW
Lämmityksen häviöt, lämpökuorman osuus:	100 %
Lämpimän käyttöveden häviöt, lämpökuorman osuus:	100 %

Tilan sisältämät rakenneosat:	Pinta-ala:	U-arvo:	g:	Fkehä:	
(Lähetämö)	[m2]	[W/m2K]			
YP: Katto	559.00	0.32	--	--	LTT-4
US: Ulkoseinä	403.33	0.43	--	--	LTT-4
AP: Lattia	559.00	0.17	--	--	LTT-6
IKK: Ikkuna, kaksinkertainen lasitus (3,0 W/m²K)	43.20	3.00	0.675	0.75	LTT-4, ST-1/Etelä
IKK: Ovi	28.00	1.28	0.500	0.75	LTT-4, ST-1/Itä

Sähkölaitteet:	Kuorma:	Kulutus:
lämpö emaliuunilta	80 %	120000 kWh/vuosi
Muut rakennukset, valaistusjärjestelmä	71.0 kWh/brm2	30.0 kWh/brm2/vuosi
Muut rakennukset, ilmanvaihtojärjestelmä	50 %	8.0 kWh/brm2/vuosi

Tilan nimi/tunnus:	Konttori
Rakennustilavuus:	1734 rak-m3
Bruttoala:	695 brm2
Ilmatilavuus:	1734 m3
Henkilöiden luovuttama lämpöenergia vuodessa:	8.00 kWh/brm2
Lämpökapasiteetti/bruttopinta-ala:	70.00 Wh/brm2K
Lämmöntuottolaitteen vuosihyötysuhde:	0.80
Ilmanvuotoluku n50:	2.00
Lämmityksen kehityshäviöt:	0.0 kwh/vuosi
Lämmityksen muut häviöt:	5.0 kWh/brm2/vuosi
Lämmityksen varaajahäviöt:	0.0 kW
Käyttöveden kehityshäviöt:	0.0 kWh/vuosi
Käyttöveden kiertohäviöt:	5.00 kWh/brm2/vuosi
Käyttöveden varaajahäviöt:	0.0 kW
Lämmityksen häviöt, lämpökuorman osuus:	100 %
Lämpimän käyttöveden häviöt, lämpökuorman osuus:	100 %
Jäähdytysjärjestelmän hyötysuhde:	0.70
Jäähdytyksen asetusarvo:	23.00
Jäähdytyksen vuotuinen kylmäkerroin:	3.00

Tilan sisältämät rakenneosat:	Pinta-ala:	U-arvo:	g:	Fkehä:	
(Konttori)	[m2]	[W/m2K]			
YP: Katto	321.00	0.40	--	--	LTT-1
US: Ulkoseinä	360.75	0.43	--	--	LTT-1
AP: Lattia	695.00	0.17	--	--	LTT-1
IKK: Ikkuna	72.00	1.40	0.500	0.75	LTT-1
IKK: Ovi	8.50	1.00	0.500	0.75	LTT-1

Koneellinen ilmanvaihto:	Ilmavirta:	LTO:	td*tv*r:	
(Konttori)	[m3/h]	[%]		
Koneellinen ilmanvaihto	2590.00	0	0.28	LTT-1

Lämmitetty käyttövesi:	Tkv - Tlqv:	Kuorma:	Kulutus:
Käyttövesi	10 - 55	50 %	900.00 m³/vuosi

Sähkölaitteet:	Kuorma:	Kulutus:
Toimistorakennus, valaistusjärjestelmä	100 %	30.0 kWh/brm2/vuosi
Toimistorakennus, ilmanvaihtojärjestelmä	50 %	10.0 kWh/brm2/vuosi
Toimistorakennus, muut laitteet	60 %	25.0 kWh/brm2/vuosi