

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma / energia- ja ympäristötekniikka

Sami Koppila

VOIMALAITOKSEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN KARTOITUS JA ENERGIANSÄÄSTÖ

Opinnäytetyö 2011

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

KOPPILA, SAMI

Voimalaitoksen lämmitysjärjestelmän kartoitus ja energiansäästö

Opinnäytetyö

34 sivua + 15 liitesivua

Työn ohjaajat

Markku Huhtinen, osaamisalapääällikkö

Jani Haukka, päivätyönjohtaja

Toimeksiantaja

Kotkamills Oy

Marraskuu 2011

Avainsanat

höyry, lämminilmakoje, lauhde, energiansäästö, lämmitys-
järjestelmät

Opinnäytetyön aiheena oli kartoittaa voimalaitoksen ja vanhan voimalaitosalueen lämmitysjärjestelmät. Tavoitteena oli laskea kokonaislämmitystekot lämmityksille ja tarkastella mahdollisia säästöpotentiaaleja.

Työ aloitettiin tutkimalla PI- ja konepaikkakaavioita, joiden avulla kartoitettiin höyrylinjat ja lämmittimien sijainnit. Kun kokonaisvaltainen kuva lämmitysjärjestelmästä oli saatu, tutkittiin järjestelmän parantamismahdollisuuksia. Tässä rakennusten vuotopaikat osoittautuivat suureksi energiansäästämahdollisuudeksi. Työn tarkoituksena oli tuoda esille puutteet ja parantamismahdollisuudet, jotta järjestelmää saataisiin päivitettyä energiataloudellisemmaksi.

Lämminilmakojeista etsittiin tarvittavat tiedot tehojen laskemiseksi. Kojneiden tietoja saatiin Solax-järjestelmästä sekä tekemällä mittauksia. Tehoista tarkasteltiin, paljonko lämpöpiirin lämminilmakojeet ottavat kaukolämpötehoa ja kuinka paljon höyryä kuluu höyrylämmitysjärjestelmään.

Lämpöpiirin lämminilmakojeiden kokonaisteho oli 175 kW ja höyrytehoa kului lämmityksiin 253 kW. Lämmitystekoja saataisiin alennettua parantamalla lämmittimien säätölaitteita ja rakennusten eristystä ja ottamalla lauhdeiden lämpöteho talteen. Palauttamaton lauhde aiheuttaa lämmitysjakson ajalla noin 42 420 €:n kustannukset.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Mechanical and Production Engineering

KOPPILA, SAMI

Bachelor's Thesis

Supervisors

Commissioned by

November 2011

Keywords

Power Plant Heating System Survey and Energy Saving

34 pages + 15 pages of appendices

Markku Huhtinen, Manager of Departments

Jani Haukka, Superior

Kotkamills Oy

steam, heater, condensate, energy saving, heating systems

The objective of the thesis work was to survey the heating system of the power plant and the old power plant site. The aim was to calculate the total heating power and examine possible energy conservation.

The work began by examining the charts to help survey the steam lines and the locations of heaters. After a comprehensive picture was obtained of the heating system, the potential for improvements was examined. In this case leaks in the buildings proved to be a great energy-saving opportunity. The purpose of the survey was to bring out the shortcomings and improvements so the system could be upgraded to be more energy-efficient.

The necessary information to calculate the heating power was sought from the heaters. The information was obtained from the Solax system and by making measurements. The power values were examined to find out how much district heating power is used by the thermal circuit heaters and the total consumption of steam in the system.

The total power of the thermal circuit heaters was 175 kW. 253 kW of steam power was spent for heating. Heating power could be reduced by improving the control devices, by improving the insulation in the buildings and by recovering the condensate power. The condensate which is not returned to the system causes the costs of about 42 420 € during a heating period.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1 JOHDANTO	6
2 KOTKAMILLS OY	6
3 HÖYRYN TUOTANTO	8
3.1 Kombivoimalaitos	8
3.2 Mustalipeän ja maakaasun poltto soodakattilassa	8
4 HÖYRYVERKKO	9
4.1 Höyry lämmitysaineena	9
4.2 Matalapainehöyry- ja lauhdeputkistot	9
4.3 Höyry- ja lauhdeputkien mitoitus	10
4.4 Lauhteenpoistimet	11
4.4.1 Lauhteenpoistintyytit	11
4.4.2 Lauhteenpalautus kartoitetuissa kohteissa	13
4.4.3 Lauhteenpalautusjärjestelmä	13
5 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ	14
5.1 Kaukolämpöjärjestelmä	15
5.2 Lämminilmakojeet	16
5.3 Säätolaitteet	17
5.4 Ilman säätolaitteita olevat lämminilmakojeet	18
6 LASKELMAT	18
6.1 Vesikiertoisten lämminilmakojeiden tehot	19
6.2 Lämpöpiirin kokonaisteho	20
6.3 Höyrylämmitteisten lämminilmakojeiden tehot	21
6.3.1 5 baarin verkon lämminilmakojeet	21
6.3.2 3 baarin verkon lämminilmakojeet	21
6.4 Putkipattereiden lämmitysteho	23

6.5	Lauhde lämminilmakeeseen läpi	25
6.6	Lauhteen kustannukset	25
6.7	Lämmitystehot tilavuutta kohden	26
7	ENERGIANSÄÄSTÖ	28
7.1	Rakennuksen vaippa ja ikkunat	28
7.2	Säätölaitteet ja -järjestelmät	29
7.3	Rakennusten vuotopaikkojen tarkastelu	29
8	YHTEENVETO	32
	LÄHTEET	34
	LIITTEET	
	Liite 1. Vesikiertoisten lämminilmakeiden laitetiedot	
	Liite 2. Lämminilmakeeseen (HPL,R) lämmitystiedot	
	Liite 3. Höyrytaulukko	
	Liite 4. Konepaikkakaaviot	

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kartoittaa Kotkamills Oy:n voimalaitoksen sekä vanhan voimalaitosalueen lämmitysjärjestelmät. Kartoituksen tavoitteena oli etsiä mahdolliset korjaus- ja parantamistarpeet energiasäästön kannalta.

Kartoitus jakautui kahteen suurempaan osaan, joista ensimmäinen oli lämminilmakojien tehojen laskeminen, ja toinen osa keskittyi rakenteiden vuotopaikkojen kartoittamiseen. Energiansäästöjä tarkasteltaessa myös lämminilmakojien säätölaitteiden puuttuminen ja lauhdeiden lämpötehon mahdollinen hyödyntäminen otettiin tarkasteluun.

Työn tavoitteeksi asetettiin kokonaislämmitystehon laskenta, kuinka paljon lämpöpörrin lämminilmakojet ottavat kaukolämpötehoa ja kuinka paljon höyrytehoa kuluu höyrylämmitysjärjestelmään. Rakennusten vuotopaikkoja tarkasteltaessa tarkastelussa olivat rakennusten konkreettiset vuotokohdat. Työssä on käytetty lämminilmakojien toimintapaikkanumeroita, jotta työtä tarkastelevat tietävät, mistä kojeista on kyse. Liitteessä 4 on konepaikkakaavioita, joissa on suurin osa lämminilmakojeista. Työssä olevat kuvat on otettu itse, jos muuta lähdettä ei ole merkitty.

2 KOTKAMILLS OY

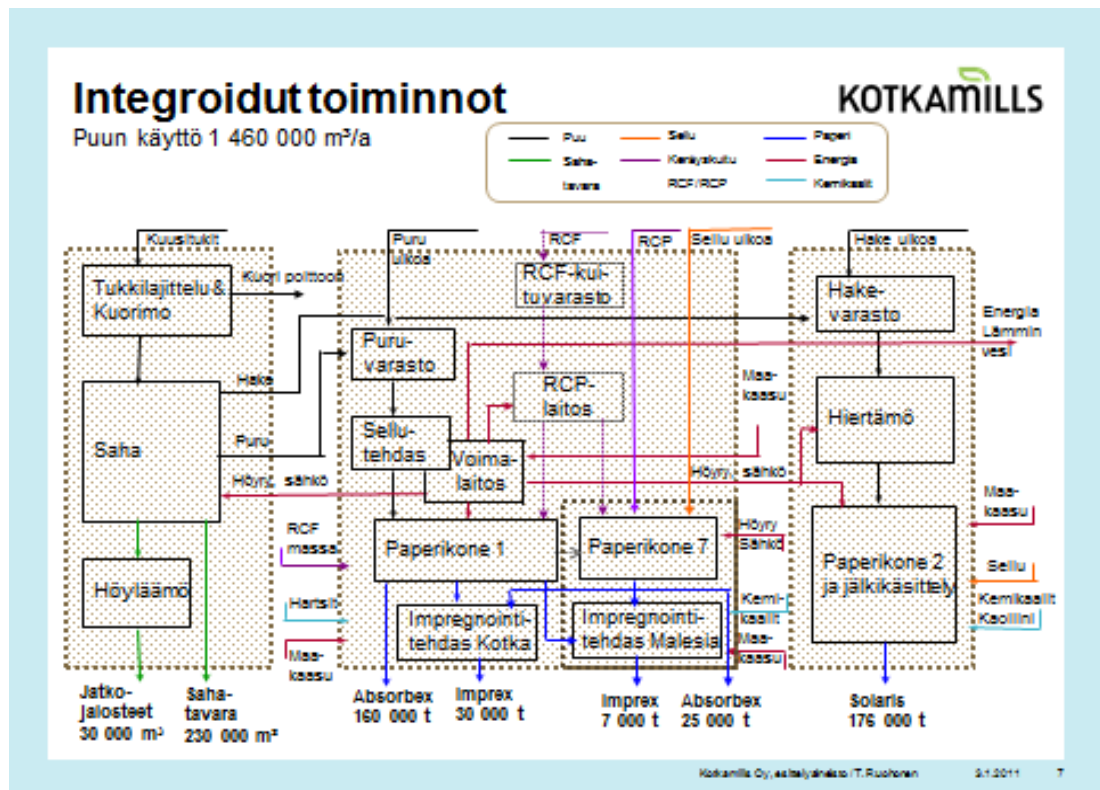
Kotkamills Oy on Opendate Capital -pääomasijoitusyhtiön omistama paperitehdas Kotkassa. Tehdas kuului aikaisemmin Stora Enson omistukseen, mutta heinäkuussa 2010 omistaja vaihtui. Kauppaan kuului Kotkan tehtaan lisäksi Stora Enson laminaattipaperitoiminnot Malesiassa sekä Tainionkosken laminaattipaperikone Imatralla.

1.7.2010 vakituista henkilöstöä oli noin 550, josta 470 Kotkassa, 40 Tainionkoskella ja 40 Malesiassa. Tehtaiden liikevaihto oli noin 250 milj. euroa.

Kotkamills Oy on erikoistunut laminaattipaperin, päällystetyn painopaperin ja sahataran tuotantoon. Vuosittainen tuotanto on 220 000 tonnia laminaattipapereita ja sen jalosteita sekä 176 000 tonnia päällystettyä painopaperia. Sahataravaa ja sen jalosteita tuotetaan 230 000 m³/a. Absorbex, Imprex ja Solaris ovat tunnettuja tuotemerkkejä ympäri maailman. (1.)

Kotkamills Oy käyttää raaka-aineena puuta vuodessa 1,46 milj. km³, josta sahatukkeja 0,5 milj. km³ ja loput kuusihaketta ja sahanpurua. Sellua ja kierrätyskuitua käytetään laminaattipaperin tuotannossa. Sellu saadaan omalta sellutehtaalta, jossa sahanpurusta valmistetaan valkaisuamatonta sellua. Tainionkoskella laminaattipaperi tuotetaan valkaisuamattomasta ostosellusta. Kotkassa ja Tainionkosken tehtailla laminaattipaperin tuotantoon käytetään vuodessa 35 000 tonnia kierrätyskuitumassaa. Painopaperi tuotetaan valkaistulla ostosellulla, jota kuluu noin 19 000 t/a. (1.)

Yhtiö on omavarainen sähkön ja lämmöntuotannon kannalta. Energiantuotanto koostuu kombivoimalaitoksesta ja soodakattilalaitoksesta. Polttoaineena kombivoimalaitoksella käytetään maakaasua ja soodakattilalla mustalipeää. Lähes puolet käytetystä energiasta syntyy uusiutuvilla polttoaineilla. Kotkamills Oy:n Kotkan voimalaitos tuottaa sähköä 70 MW ja höyryä 160 MW. Kuvassa 1 on tarkemmin kaavioitu Kotkamills Oy:n integroidut toiminnot. (1.)



Kuva 1. Kotkamills Oy:n integroidut toiminnot (1).

3 HÖYRYN TUOTANTO

3.1 Kombivoimalaitos

Kombivoimalaitos on sähköä ja prosessihöyryä tuottava voimalaitos. Laitoksen pääpolttoaine on maakaasu. Kombivoimalaitoksen lisäksi höyryä tuotetaan tehtaan soodakattilassa, jonka höyry johdetaan kombivoimalaitoksen korkeapainehöyryn kanssa yhteiseen höyryturbiiniin. Höyryturbiini on ABB:n väliotto-vastapaineturbiini, joka sisältää höyryturbiinin lisäksi generaattorin. Pääasiallinen säätötapa on vastapainesäätö, jolloin höyry otetaan höyryturbiinin väliotosta. Prosessihöyryn lisäksi kombivoimalaitos tuottaa lämpöä tehtaan lämmitysvesikiertoon. Kombivoimalaitoksen pääkomponentit ovat kaasuturbiini, kombikattila ja höyryturbiini. Laitoksen kaasuturbiinin yhteyteen kytketyssä kombikattilassa tuotetaan kaasuturbiinin savukaasujen lämmöllä korkeapaineista höyryä höyryturbiiniin sekä matalapaineista höyryä prosessiin. Kombikattila on varustettu jälkipolttimilla, joiden avulla höyryntuotantoa voidaan tarvittaessa kasvattaa. Kombikattilaa voidaan tarvittaessa myös ajaa raitisilmapoltolla, jolloin prosessin tarvitsema höyry voidaan tuottaa, vaikka kaasuturbiini ei ole käytössä. (2.)

3.2 Mustalipeän ja maakaasun poltto soodakattilassa

Mustalipeähaihduttamalla käsitellään sellutehtaalla syntynyt pesulipeä. Siitä haihdutetaan vettä, kunnes se saadaan soodakattilan polttoaineeksi kelpaavaan väkevyyteen. Haihduttamolta tuleva lipeä poltetaan soodakattilassa. Lipeässä olevat kemikaalit otetaan talteen uudelleenkäyttöä varten ja samalla tuotetaan korkeapainehöyryä.

Kattilan tulipesässä voidaan polttaa myös maakaasua höyryn tuotannon lisäämiseksi. Tulipesästä savukaasut virtaavat tulistimelle, jossa lämpötilaa säädellään. Sieltä kaasut etenevät veden esilämmittimeen ja edelleen sähkösuodattimille. (3.)

4 HÖYRYVERKKO

Höyryverkko koostuu neljästä eripaineisesta höyryjärjestelmästä, joiden suurimmat kulutuskohteet ovat seuraavan taulukon mukaiset.

Taulukko 1. Höyryverkko (3).

Korkeapainepiiri 8,4 MPa	Turbiinin tuorehöyry KP-reduktiot
1,2 MPa-piiri	Sahajauhon keitto Soodakattila
0,5 MPa-piiri	Paperikoneet Hiertämö Lämmitykset
0,3 MPa-piiri	Haihduuttamo Sahan kuivaamo Kaustistamo Lämmitykset

4.1 Höyry lämmitysaineena

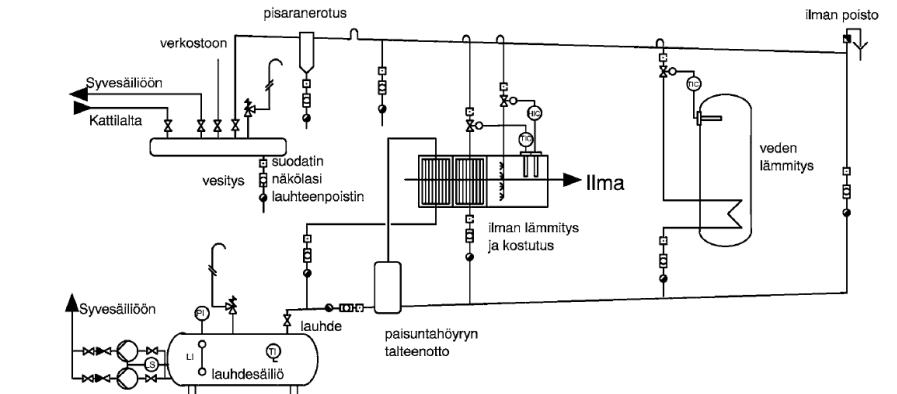
Höyry on erittäin suosittu lämmitysaine teollisuuden prosesseja lämmitettäessä. Höyryn suosio perustuu siihen, että kun höyry lauhtuu vedeksi, lauhtuvaa höyrykiloa kohti vapautuu erittäin suuri määrä lämpöä lämpötilassa, joka riippuu tietyssä lauhtumislämpötilassa vallitsevasta paineesta. Höyryllä on myös paljon muita etuja, kuten esimerkiksi sillä voidaan lämmittää tietyjä kohteita suoraan ilman lämmönsiirtimiä ja kostuttaa ilmaa. Höyry on lämmönsiirtoaineena halpa. (4, s. 80.)

4.2 Matalapainehöyry- ja lauhdeputkistot

Kuvassa 2 on esimerkki höyrylämmitysjärjestelmästä, jossa höyryllä lämmitetään sailiössä olevaa vettä sekä lisäksi lämmitetään ja kostutetaan ilmaa.

Jakotukilla höyry jaetaan rinnakkaisiin höyrylinjoihin. Jakotukki tulee tehdä riittävän suureksi, jotta sen aiheuttama painehäviö jää pieneksi. Jakotukki tulee vesittää tiivis-

tyvän lauhteen poistamiseksi. Höyryjärjestelmään muodostuva lauhde poistetaan höyryputkistosta lauhteenpoistimilla, jotka päästävät lävitseen höyryjärjestelmään muodostuneen veden mutta eivät päästä läpi höyryä. Kuvan 2 järjestelmää pystyisi soveltamaan höyrylämmittämöiden lauhteenpalautukseen, jossa jokaisen lämmittämöiden lauhteet palautettaisiin lauhdelinjoja pitkin lauhteenkeräyssäiliöön ja pumpattaisiin edelleen lauhdesäiliöön. Luvussa 4.4 on kerrottu lauhteenpoistosta ja lauhteenpoistintyypeistä. (4, s.81.)



Kuva 2. Matalapainehöyry- ja lauhdeputkisto (4, s. 81).

4.3 Höyry- ja lauhdeputkien mitoitus

Höyryputkien mitoitukseen on olemassa kaksi perusmenetelmää. Putket voidaan mitoittaa joko höyryn nopeuden tai painehäviön mukaan. Nopeuden mukaan mitoittaessa höyrynpaineen laskulla ei ole ratkaisevaa merkitystä ja tällaisia tapauksia ovat esimerkiksi lyhyiden höyryputkien mitoitukset. Painehäviön mukaan mitoittaessa halutaan olla varmoja käyttöpaineesta höyryn käyttökohteissa. (5, s. 25.)

Höyryputkia mitoittettaessa suositeltavat virtausnopeudet ovat:

- kylläiselle höyrylle 25 - 30 m/s
- tulistetulle höyrylle
 - 30 – 40 m/s, kun paine on 49 baaria.
 - 17 – 22 m/s, kun paine on 80 baaria.
 - 15 – 20 m/s, kun paine on 125 baaria. (4, s. 86.)

Taulukko 2. Höyryputkien valintataulukko (4, s. 86).

Höyry määrä	kg/h	15	30	60	120	250	500	1000	2000	4000
Höyry määrä	kg/s	0,004	0,008	0,016	0,033	0,070	0,14	0,27	0,55	1,11
Ylipaine	Putkikoko DN									
0–0,05	MPa	20	25	40	65	100	125	200	250	350
0,05–0,15	MPa	15	20	32	40	65	80	125	150	250
0,15–0,35	MPa	15	15	25	32	50	65	100	125	200
0,35–0,65	MPa	15	15	20	25	40	50	65	100	150
0,65–1,3	MPa	15	15	15	20	32	40	65	80	125

4.4 Lauhteenpoistimet

Lauhtuessaan höyry luovuttaa lämpönsä. Näin muodostuva lauhde täytyy poistaa höyrylinjoista ja höyryä käyttävistä laitteista, ettei höyryä käyttävä laite joudu vesilastiin. Tällöin laite on vajaassa käytössä, koska vesilastissa olevan osan lämmönsiirtokerroin on huomattavasti pienempi kuin höyrytilan lämmönsiirtokerroin. Vesilastissa olevan osan lämmönsiirtokerroin voi olla jopa kymmeniä kertoja heikompi kuin höyrytilassa. (5, s. 45.)

Höyrylinjojen puutteellinen lauhteenpoisto voi aiheuttaa vesi-iskuja, jotka voivat särkeä höyryjärjestelmässä olevia laitteita, kuten lauhteenpoistimia tai lämmönsiirtimiä. Lauhteenpoistoa ei saa myöskään toteuttaa niin, että höyryä vuotaa suoraan lauhdepuolelle, eli tapahtuu höyryn niin sanottua läpipuhallusta. Läpi mennyt höyry on osittain hukkaan mennyttä energiaa. (5, s. 45.)

Ilma on erittäin haitallista höyryverkostossa, koska se heikentää lämmönsiirtoa joutuessaan höyryn ja lämmönsiirtopinnan väliin. Höyrytilassa oleva ilma laskee myös höyryn lämpötilaa, koska ilma vähentää höyryn osapainetta ja samalla höyryn lämpötilaa. (5, s. 45.)

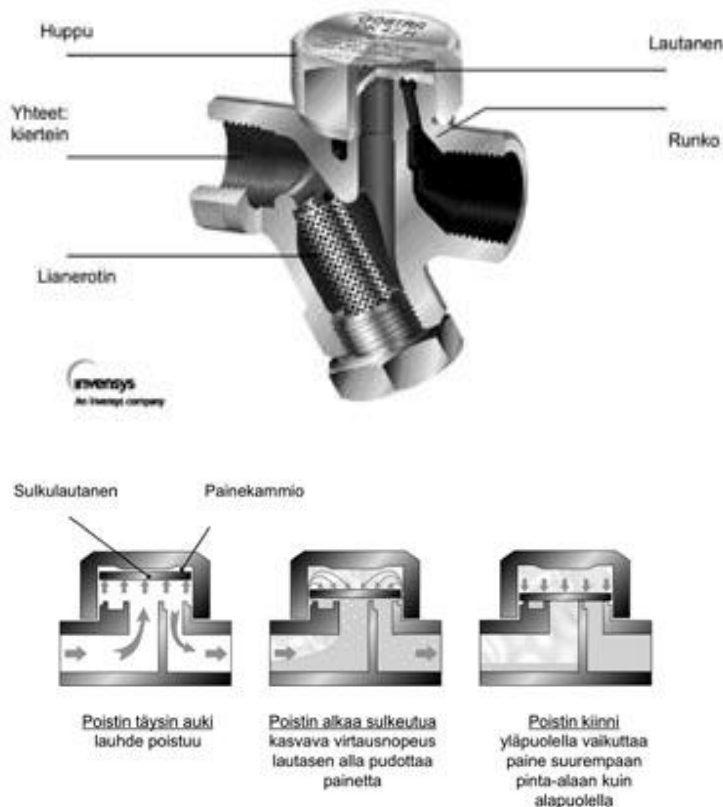
4.4.1 Lauhteenpoistintyyppit

Lauhteenpoistimet ovat automaattisia laitteita, jotka päästävät lauhteen, ilman ja lauh tumattomat kaasut läpi, mutta estävät höyryä pääsemästä pois järjestelmästä. Niiden toiminta voi perustua lämpötilaerojen tunnistamiseen, jolloin niitä kutsutaan termostaattisiksi lauhteenpoistimiksi. Mekaanisten lauhteenpoistimien toiminta perustuu tiheyserojen tunnistamiseen. Kolmantena tyyppinä tulevat termodynaamiset lauhteenpoistimet, joiden toiminta perustuu lauhteen virtauksen aiheuttamiin paineenvaihtelui-

hin ja kuuman lauhteen höyrystymiseen. Kuvassa 3 on termodynaaminen lauhteenpoistin, joita on pääasiassa käytetty lauhteenpoistoon kartoitukseen kuuluvien lämmilmakojien jälkeen. (5, s. 45.)

Lauhteenpoistimen eteen tulisi sijoittaa roskasihti, joka estää putkistosta irtoavien roskien pääsyn lauhteenpoistimeen. Joissakin malleissa roskasihti on kiinteänä lauhteenpoistimen rungossa. Roskat voivat lauhteenpoistimessa estää sitä sulkeutumasta kunolla, jolloin lauhteenpoistin jää vuotamaan. Lauhteenpoistimen eteen on hyvä sijoittaa näkölasia, josta voidaan tarkkailla lauhteenpoistimen toimintaa. Näkölasien lisäksi on myös sähköisiä mittalaitteita, jotka ilmoittavat, onko lauhteenpoistin vesilastissa tai vuotaako se höyryä läpi. (4, s. 81, 83.)

Höyryputkistoon muodostuu kondenssivettä varsinkin otettaessa järjestelmää käyttöön. Tiivistyvä vesi on poistettava höyryputkistoista pisaranerottimilla ja vesityksillä, joita tulee sijoittaa putkistoon noin 25 metrin välein. Jotta vesitykset toimivat hyvin ja poistavat muodostuvan lauhteen, on vesityksen oltava koko putken suuruinen. (4, s. 83-84.)



Kuva 3. Termodynaaminen lauhteenpoistin ja sen toimintaperiaate (4, s. 84).

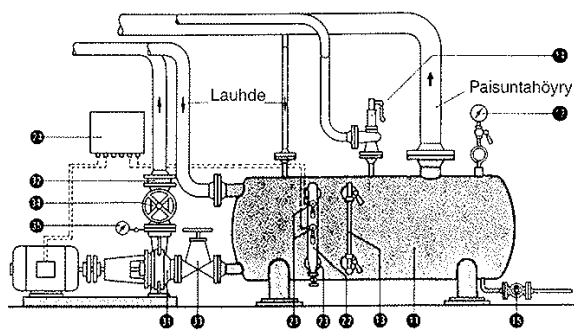
4.4.2 Lauhteenpalautus kartoitetuissa kohteissa

Opinnäytetyön kartoitetuissa kohteissa lauhteenpalautusta ei ole toteutettu muualla kuin prosessihaihduttamon lämminilmakojeista. Muuten lauhde laskee suoraan kanaaliin joko heti kojeen jälkeen tai yhteistä lauhdelinjaa pitkin, johon sarjaan kytkettyjen lämminilmakojeiden lauhteet tulevat.

Haihduttamon alakerran lämminilmapuhaltimeen (232-407) höyry tulee primäärilauhdesäiliöstä ja lauhde on johdettu 3 baarin tukin vesitykseen uimurilauhteenpoistimien läpi. Haihduttamon välikaton lämminilmapuhaltimille (232-411, -412) höyry on otettu 3 baarin höyryverkosta ja lauhde palautetaan primäärilauhdesäiliöön yhteistä lauhdelinjaa pitkin.

4.4.3 Lauhteenpalautusjärjestelmä

Lauhteen palauttaminen höyrykeskukseen edellyttää, että käytävissä on tarpeellinen paine-ero. Kun kyse on suurista lauhdemääristä tai lauhdetta joudutaan nostamaan korkealle, vastapaine saattaa muodostua korkeaksi. Tällöin on käytännöllisempää kerätä lauhteet alueittain tai järjestelmittäin lauhdesäiliöön. Lauhteenkeräyssäiliöstä lauhteet pumpataan pinnansäädöllä ohjattujen pumppujen avulla lauhdesäiliöön tai syöttövesisäiliöön. Kuvassa 4 on esitetty yleisimmin käytetty lauhteenpalautusjärjestelmä. (6, s. 33.)



Rakenne	
1	Lauhteenkeräyssäiliö varusteineen
1.1	GESTRA lauhteenkeräyssäiliö
1.2	Painemittari
1.3	Vedenpinnanosoitin
1.4	Varoventtiili
1.5	Tyhjennysventtiili
2	Pinnansäätö
2.1	GESTRA pinnansäätö-elektrodi
2.2	GESTRA mittapullo
2.3	Sulkuventtiili
2.4	GESTRA kytkentäkotelo
3	Pumppu
3.1	Lauhdepumppu
3.3	Sulkuventtiili
3.4	Sulkuventtiili säätökeilalla
3.5	Painemittari

Kuva 4. Gestra lauhteenkeräys- ja takaisinpumppaussäiliö (6, s. 33).

5 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ

Kotkamills Oy:n voimalaitoksen lämmitysjärjestelmä koostuu vesikiertoisesta ja höyrylämmitteisestä lämmitysjärjestelmästä. Voimalaitoksen uudemmalla puolella lämmitys on toteutettu lämminvesikierrolla, jossa kaukolämpöpiirin paluulinjasta on otettu lämmönvaihtimen kautta lämmitykset kaasuturbiinirakennuksen ja kombikattilan lämmityksiin. Lisäksi höyrynjakokeskuksen, sekä voimalaitoksen ala- ja yläkerran eteisten lämmitykset ovat lämpöpiirissä. POK-säiliön pumppaamon tuloilmakoje on myös lämpöpiirissä, ja se oli ainoa kartoitukseen otettu tuloilmaoje. Lämpöpiirin veden lämpötila oli tarkasteltavana ajankohtana säädetty 62 asteeseen, mutta kuvassa 5 vastaava lämpötila on 57 °C.

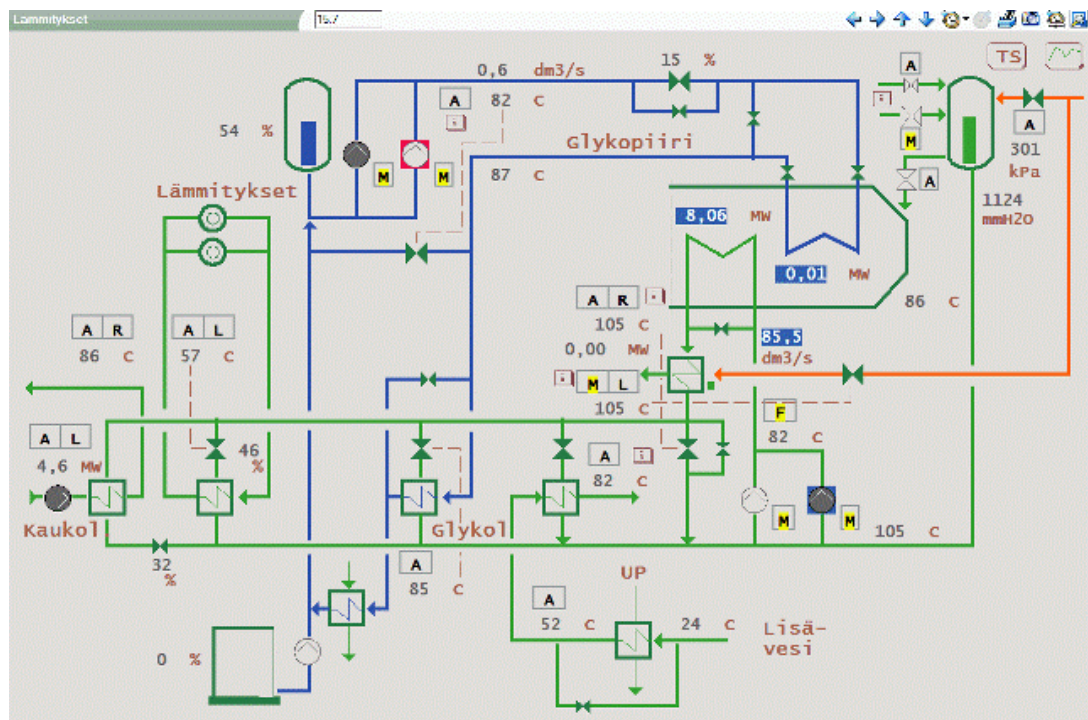
Höyrylämmittimien höyry on otettu 3 tai 5 baarin höyryverkosta. Soodakattilalaitoksen ja voima-aseman lämmittimien höyry on otettu 5 baarin höyryverkosta ja muualla lämmittimissä käytetään 3 baarin höyryä. Kartoitettavan alueen 3 baarin käyttökohteita ovat höyryturbiinisali, prosessihaihduuttamo, vesilaitos, PV-haihduuttamo, kemikaaliasema, vanha lieteasema ja vanha voimalaitosalue.

5.1 Kaukolämpöjärjestelmä

Kaukolämpöjärjestelmän avulla toimitetaan lämpöä kombivoimalaitoksen lämmitysverkkoon. Lämmönlähteenä käytetään pääasiassa kombikattilan savukaasu-kanavan lämmönsiirintä. Kombikattilan kaukolämmönvaihtimen ollessa pois käytöstä tai kaukolämpökuorman ollessa korkea kaukolämpöveden lämmitykseen käytetään lisäksi varalämmönvaihdinta. Järjestelmän kulutuskohteita ovat kaupungin kaukolämpöverkko, lisäveden lämmitys ja rakennusten lämmitys sekä tarvittaessa jäänestopiirin lämmönvaihdin ja polttoöljysäiliön imukuumennin. Kuvassa 5 on kaukolämpöjärjestelmä (3).

Rakennusten lämmityksen lämmönvaihtimen mitoitusarvot ovat:

- lämpöteho	MW	2,4
- kaukolämpöveden lämpötila	°C	115/60
- kaukolämpöveden massavirta	kg/s	10,4
- 20 % glykoli / vesiseoksen lämpötila	°C	40/80
- 20 % glykoli / vesiseoksen massavirta	kg/s	15,6. (3.)

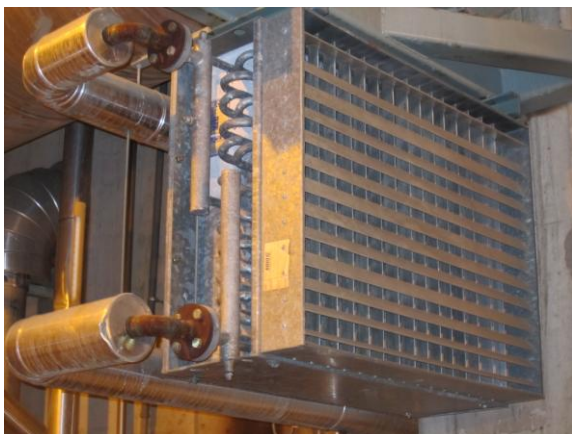


Kuva 5. Lämmitykset (3).

5.2 Lämminilmakojeet

Lämminilmakojeina on käytetty Koja Oy:n HPL- ja HPR-kojeita. Lämminilmakoje HP(L,R) on tarkoitettu esimerkiksi teollisuustilojen lämmitykseen ja ilmanvaihtoon. Tarkempia lämmitystietoja ja teknisiä arvoja lämminilmakojeista on liitteessä 2.

HPL-koje on varustettu lämmityspatterilla, joka on valmistettu kupariputkista ja alumiinilamelleista. Patteri on tarkoitettu pumppukiertoiselle lämpimälle vedelle. Koje voidaan asentaa puhaltamaan joko vaaka- tai pystysuoraan. Kuvassa 6 on vesikiertoinen lämminilmakoje ja kuvassa 8 tuloilmakoje, jossa on myös vesikiertoinen lämmityspatteri. (7.)



Kuva 6. Vesikiertoinen lämminilmakoje

HPR-koje on varustettu teräspatterilla ja on tarkoitettu höyrylle. Kuvassa 7 on höyrylämmitteinen lämminilmakoje. (7.)



Kuva 7. Höyrylämmitteinen lämminilmakoje lauhteenpoistimella



Kuva 8. POK-säiliön pumppaamon tuloilmakoje

5.3 Säätolaitteet

Lämminilmakojeiden lämpötilan säätö toimii termostaattiohjauksella, joka pitää sisälämpötilan halutulla tasolla. Termostaatti käynnistää ja pysäyttää lämminilmakojeen. Termostaatissa on lämpöanturi, joka mittaa tilan lämpötilaa ja ohjaa lämminilmakojeen moottoria asetetun lämpötilan mukaan. Kuvassa 9 on termostaatti varustettuna lämpötila-anturilla.



Kuva 9. Termostaatti

5.4 Ilman säätölaitteita olevat lämminilmakojeet

Lämminilmakojeet, joissa moottorin ohjaus on toteutettu vain ON/OFF-katkaisijalla:

- voima-aseman lämminilmapuhallin (252-404)
- höyryturbiinisalin lämminilmapuhallin (252-405)
- vesilaitoksen putkitunnelin lämpöpuhallin 1 (280-411)
- suolanpoistokerroksen lämminilmapuhallin (210-412)
- mäntyöljyn lämminilmapuhallin (210-416)
- PV-haihduuttamon ilmastointikoje 2 (232-409), 3 (232-410)
- jäähdystornin lämminilmapuhallin (siirrettävä)
- kemikaaliaseman lämminilmapuhallin 1 (210-413)
- varaston lämminilmapuhallin (505571.F5).

6 LASKELMAT

Laskelmissa saadut tulokset on laskettu ulkolämpötilan ollessa noin 10 °C ja sisätilan lämpötilan ollessa noin 20 °C. Tarkasteltavana ajankohtana vain joitakin lämminilmakojeita oli vesi tai höyrylämmityksellä. Tulokset on laskettu ajossa olleiden kojeiden vesivirtojen lämpötiloja ja höyryvirtoja käyttämällä. Höyryvirta on mitattu keskimääräisesti kolmen ja viiden baarin höyryvirtauksista lämminilmakojeen ja lauhteenpoistimen läpi tulleesta lauhteesta. Näissä mittaustilanteissa lauhde laskee suoraan kanaaliin lämminilmakojeen jälkeen. Mittauksissa keskimääräinen lauhdemäärä oli noin 18 l/h ja laskelmissa käytetään höyryvirtausta 0,005 kg/s.

Höyryn ominaisuuksista on käytetty paineita 2,7011 ja 4,155 baaria, joita käytetään laskelmissa 3- ja 5 baarin höyrynpaineista. Höyry jäähtyy lämminilmakojeessa 20 °C molemmissa höyrynpaineissa. Höyryn ominaisuudet näkyvät liitteestä 3.

Vesikiertoisissa lämmönvaihtimissa on käytetty lämpöpiirin tuloveden lämpötilaa 60 °C ja paluueden lämpötilaa 40 °C. Veden tiheys 60 asteisessa vedessä on 0,980 kg/l.

Tilavuusvirrat on laskettu liitteessä 1 olevista laitetietojen vesiviroista (l/min). Vesikiertoisten lämminilmakojien laitetiedot ovat liitteessä 1.

6.1 Vesikiertoisten lämminilmakojien tehot

Vesikiertoisen lämminilmakojien teho lasketaan kaavalla

$$\varphi = \rho_t \cdot q_v \cdot \Delta T \quad (1)$$

jossa φ = lämmönvaihtimen teho (kW)

ρ_t = virtaavan nesteen tiheys (kg/l)

q_v = tilavuusvirta (l/s)

c_t = ominaislämpökapasiteetti (kJ/kg °C)

ΔT = virtaavan nesteen lämpötilan muutos (°C)

Kaasuturbiinirakennuksen lämminilmapuhallin 1 (248-412)

$$\varphi = 0,980 \text{ kg/l} \cdot 0,067 \text{ l/s} \cdot 4,19 \text{ kJ/kg} \cdot \text{C} \cdot (60 - 40) \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$= 5,5 \text{ kW}$$

Kaasuturbiinirakennuksen lämminilmapuhaltimet 2 (248-413) ja 3 (248-414)

$$\varphi = 0,980 \text{ kg/l} \cdot 0,133 \text{ l/s} \cdot 4,19 \text{ kJ/kg} \cdot \text{C} \cdot (60 - 40) \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$= 10,9 \text{ kW}$$

Kattilarakennuksen lämminilmapuhallin 1 (249-411), 2 (-413), 3 (-414), 4 (-415)

$$\varphi = 0,980 \text{ kg/l} \cdot 0,133 \text{ l/s} \cdot 4,19 \text{ kJ/kg} \cdot \text{C} \cdot (60 - 40) \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$= 10,9 \text{ kW}$$

Höyryjakokeskuksen lämminilmapuhaltimet 1 (250-403), 2 (-404)

$$\varphi = 0,980 \text{ kg/l} \cdot 0,183 \text{ l/s} \cdot 4,19 \text{ kJ/kg} \cdot \text{C} \cdot (60 - 40) \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$= 15,0 \text{ kW}$$

Porrashuoneen lämminilmapuhallin 1 (250-422)

$$\varphi = 0,980 \text{ kg/l} \cdot 0,2 \text{ l/s} \cdot 4,19 \text{ kJ/kg} \cdot \text{C} \cdot (60 - 40) \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$= 16,4 \text{ kW}$$

Tuulikaapin lämminilmapuhallin 1 (250-427)

$$\varphi = 0,980 \text{ kg/l} \cdot 0,1 \text{ l/s} \cdot 4,19 \text{ kJ/kg} \cdot \text{C} \cdot (60 - 40) \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$= 8,2 \text{ kW}$$

$$\begin{aligned} & \text{POK-säiliön pumppaamon tuloilmakoje (249-430)} \\ \varphi &= 0,980 \text{ kg/l} \cdot 0,3 \text{ l/s} \cdot 4,19 \text{ kJ/kg} \cdot \text{°C} \cdot (60 - 20) \text{ °C} \\ &= 49,3 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Kokonaisteho lämpöpiirin lämminilmakojeille ja POK-säiliön tuloilmakojeelle} \\ \varphi_{\text{kok}} &= 5,5 \text{ kW} + (2 \cdot 10,9 \text{ kW}) + (4 \cdot 10,9 \text{ kW}) + (2 \cdot 15 \text{ kW}) + 16,4 \text{ kW} + 8,2 \text{ kW} + \\ & 49,3 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\approx \mathbf{175 \text{ kW}}$$

6.2 Lämpöpiirin kokonaisteho

Rakennuslämmityksen lämpöpiirissä lämminilmakojeet kattavat vain osan sen tämänhetkisestä tehosta. Kartoitukseen ei ole laskettu muun muassa tuloilmakojeiden tehoja, lukuun ottamatta POK-säiliön pumppaamon tuloilmakojetta. Seuraavaksi on laskettu lämpöteho lämpöpiirin rakennuslämmityksille. Glykoli-vesiseoksen massavirta on 15,6 kg/s. Laskelmissa on käytetty menoveden lämpötilaa 62 °C ja palaavan veden lämpötilaa 54 °C.

Kiertonesteestä saatava lämpöteho lasketaan kaavalla

$$\varphi_{\text{kiertoneste}} = q_m \cdot c \cdot \Delta T \quad (2)$$

jossa φ = kiertonesteestä saatava lämpöteho (kW)

q_m = massavirta (kg/s)

c = ominaislämpökapasiteetti (kJ/kg °C)

ΔT = lämpötilan muutos (°C)

$$\varphi = 15,6 \text{ kg/s} \cdot 4,19 \text{ kJ/kg} \cdot \text{°C} \cdot (62 - 54) \text{ °C} \approx \mathbf{523 \text{ kW}}$$

Lämpöpiirin lämminilmakojeet ottavat noin kolmanneksen koko rakennuslämmityspiirin tehosta.

6.3 Hörylämmitteisten lämminilmakojeiden tehot

Hörylämmitteisen lämminilmakojeen teho lasketaan kaavalla

$$\varphi = q_m \cdot \Delta h \quad (3)$$

jossa φ = lämmönvaihtimen teho (kW)

q_m = massavirta (kg/s)

Δh = entalpian muutos (kJ/kg)

6.3.1 5 baarin verkon lämminilmakojeet

Höyryturbiinirakennus:

Voima-aseman lämminilmapuhallin (252-404)

$$\begin{aligned} \varphi &= 0,005 \text{ kg/s} \cdot (2738,3 - 524,8) \text{ kJ/kg} \\ &= 11,1 \text{ kW} \end{aligned}$$

Höyryturbiinisalin ilmastointipuhallin (252-405)

$$\begin{aligned} \varphi &= 0,005 \text{ kg/s} \cdot (2738,3 - 524,8) \text{ kJ/kg} \\ &= 11,1 \text{ kW} \end{aligned}$$

Soodakattilarakennus:

Pohjakerroksen ilmastointipuhallin (233-432)

$$\begin{aligned} \varphi &= 0,005 \text{ kg/s} \cdot (2738,3 - 524,8) \text{ kJ/kg} \\ &= 11,1 \text{ kW} \end{aligned}$$

6.3.2 3 baarin verkon lämminilmakojeet

Vesilaitos:

Putkitunnelin lämpöpuhallin 1, mäntyöljy – CE2 (280-411)

$$\begin{aligned} \varphi &= 0,005 \text{ kg/s} \cdot (2718,3 - 461,13) \text{ kJ/kg} \\ &= 11,3 \text{ kW} \end{aligned}$$

Suolanpoistokerroksen lämminilmapuhallin 1 (210-413)

$$\begin{aligned} \varphi &= 0,005 \text{ kg/s} \cdot (2718,3 - 461,13) \text{ kJ/kg} \\ &= 11,3 \text{ kW} \end{aligned}$$

Vesilaitos lämminilmapuhallin (210-416)

$$\varphi = 0,005 \text{ kg/s} \cdot (2718,3 - 461,13) \text{ kJ/kg}$$

$$= 11,3 \text{ kW}$$

Lämmitysilmapuhallin, MB-VIV / dispersiotila (210-417)

$$\varphi = 0,005 \text{ kg/s} \cdot (2718,3 - 461,13) \text{ kJ/kg}$$

$$= 11,3 \text{ kW}$$

Jäähdytystornin lämminilmapuhallin (siirrettävä)

$$\varphi = 0,005 \text{ kg/s} \cdot (2718,3 - 461,13) \text{ kJ/kg}$$

$$= 11,3 \text{ kW}$$

PV-haihduttamo:

PV-haihduttamon ilmastointikoje 2 (232-409)

$$\varphi = 0,005 \text{ kg/s} \cdot (2718,3 - 461,13) \text{ kJ/kg}$$

$$= 11,3 \text{ kW}$$

PV-haihduttamon ilmastointikoje 3 (232-410)

$$\varphi = 0,005 \text{ kg/s} \cdot (2718,3 - 461,13) \text{ kJ/kg}$$

$$= 11,3 \text{ kW}$$

Kemikaaliasema:

Lämminilmapuhallin 1 (210-413)

$$\varphi = 0,005 \text{ kg/s} \cdot (2718,3 - 461,13) \text{ kJ/kg}$$

$$= 11,3 \text{ kW}$$

Lämminilmapuhallin 2 (210-411)

$$\varphi = 0,005 \text{ kg/s} \cdot (2718,3 - 461,13) \text{ kJ/kg}$$

$$= 11,3 \text{ kW}$$

Savukaasutunnelin viereinen varasto:

Varaston lämminilmapuhallin (505571.F5)

$$\varphi = 0,005 \text{ kg/s} \cdot (2718,3 - 461,13) \text{ kJ/kg}$$

$$= 11,3 \text{ kW}$$

Vanha lieteasema:

Kiertoilmakoje 4 (158-550)

$$\varphi = 0,005 \text{ kg/s} \cdot (2718,3 - 461,13) \text{ kJ/kg}$$

$$= 11,3 \text{ kW}$$

Kiertoilmakoje 6 (158-552)

$$\varphi = 0,005 \text{ kg/s} \cdot (2718,3 - 461,13) \text{ kJ/kg}$$

$$= 11,3 \text{ kW}$$

Haihduuttamo:

Haihduuttamon alakerran lämminilmapuhallin (232-407)

$$\varphi = 0,005 \text{ kg/s} \cdot (2718,3 - 461,13) \text{ kJ/kg}$$

$$= 11,3 \text{ kW}$$

Välikaton lämminilmapuhallin 1 (232-411)

$$\varphi = 0,005 \text{ kg/s} \cdot (2718,3 - 461,13) \text{ kJ/kg}$$

$$= 11,3 \text{ kW}$$

Välikaton lämminilmapuhallin 2 (232-412)

$$\varphi = 0,005 \text{ kg/s} \cdot (2718,3 - 461,13) \text{ kJ/kg}$$

$$= 11,3 \text{ kW}$$

Borsig-kattila:

Borsig lämminilmapuhallin 1 (245-532)

$$\varphi = 0,005 \text{ kg/s} \cdot (2718,3 - 461,13) \text{ kJ/kg}$$

$$= 11,3 \text{ kW}$$

Hiilikattilan tunnelin lämmitysilmapuhallin (244-514)

$$\varphi = 0,005 \text{ kg/s} \cdot (2718,3 - 461,13) \text{ kJ/kg}$$

$$= 11,3 \text{ kW}$$

Kokonaisteho höyrylämmitteisille lämminilmakojeille:

$$\varphi_{\text{kok}} = 3 \cdot 11,1 \text{ kW} + 17 \cdot 11,3 \text{ kW}$$

$\approx 225 \text{ kW}$

6.4 Putkipattereiden lämmitysteho

Putkipattereiden tehon laskennassa on käytetty höyryn lämpötilaa 130°C ja lämmitettävän ilman lämpötilaa 20°C . Konvektiivisen lämmönsiirron lämmönsiirtokerroin $\alpha = 10 \text{ W} / \text{m}^2\text{ }^\circ\text{C}$ paikallaan seisovalle ilmalle. Putkien halkaisijat kaikissa pattereissa ovat $0,08 \text{ m}$. Pinta-ala putkelle on $A = \pi \cdot d \cdot L$. Kuvassa 10 on putkipatteri.



Kuva 10. Putkipatteri

Putkipatterin teho lasketaan kaavalla

$$\varphi = \alpha \cdot A \cdot \Delta T \quad (4)$$

jossa φ = lämmönvaihtimen teho (kW)

α = konvektiivisen lämmönsiirron lämmönsiirtokerroin ($\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)

A = putken pinta-ala (m^2)

ΔT = lämpötilan muutos ($^\circ\text{C}$)

Hiilikattilan putkipatteri, $L = 7 \cdot 6 \text{ m} = 42 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \varphi &= 10 \text{ W}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot (\pi \cdot 0,08 \text{ m} \cdot 42 \text{ m}) \cdot (130 - 20) \text{ } ^\circ\text{C} = 11611 \text{ W} \\ &= 11,6 \text{ kW} \end{aligned}$$

Borsig-kattilan putkipatterit:

2kpl putkipattereita, joissa $L = 5 \cdot 5 \text{ m} = 25 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \varphi &= 10 \text{ W}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot (\pi \cdot 0,08 \text{ m} \cdot 25 \text{ m}) \cdot (130 - 20) \text{ } ^\circ\text{C} = 6912 \text{ W} \\ &= 6,9 \text{ kW} \end{aligned}$$

Putkipatteri, jossa $L = 5 \cdot 2 \text{ m} = 10 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \varphi &= 10 \text{ W}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot (\pi \cdot 0,08 \text{ m} \cdot 10 \text{ m}) \cdot (130 - 20) \text{ } ^\circ\text{C} = 2765 \text{ W} \\ &= 2,8 \text{ kW} \end{aligned}$$

Putkipattereiden kokonaisteho

$$\varphi_{\text{kok}} = 11,6 \text{ kW} + 2 \cdot 6,9 \text{ kW} + 2,8 \text{ kW}$$

$$\approx \mathbf{28 \text{ kW}}$$

6.5 Lauhde lämminilmakojeen läpi

Höyrylämmitysjärjestelmässä ei ole lauhteenpalautusta, vaan lauhteet laskevat suoraan kanaaliin, ja tämän takia energiaa menee paljon hukkaan. Yhden kojeen läpi tilanteessa, jossa ulkolämpötila on $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja sisälämpötila $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, tulee lämmitystilanteessa noin 100-asteista lauhdetta lämmittimen läpi 18 litraa tunnissa. Kun lämmitysteho kasvaa, myös lauhtuvan veden määrä lisääntyy. Seuraavaksi on laskettu puolen vuoden lämmitysjakson laudemäärä kanaaliin yhdestä lämminilmakojeesta.

$$\text{päivässä tullut lauhdemäärä} = 18\text{ l/h} \cdot 24\text{ h} = 432\text{ l}$$

$$\text{puolessa vuodessa tullut lauhdemäärä} = 432\text{ l} \cdot 182 = 78624\text{ l} = \mathbf{78,6\text{ m}^3}$$

Tämä lauhdemäärä on vain yhden lämminilmakojeen läpi tullut laudemäärä. Kartoitukseen kuului kaikkiaan 20 höyrylämminilmakojetta, joten puolen vuoden aikana kuumaa lauhdetta kuluu 1572 m^3 .

6.6 Lauhteen kustannukset

Sata asteisen lauhteen energiamäärä lastetaan kaavalla

$$E = m \cdot c_p \cdot \Delta T \tag{5}$$

jossa E = energiamäärä (Mws)

m = vesimäärä (kg)

c_p = ominaislämpökapasiteetti (kJ/kg $^{\circ}\text{C}$)

ΔT = kanaaliin menevän lauhteen lämpötila ($^{\circ}\text{C}$)

$$E = 1572\text{ m}^3 \cdot 1000\text{ kg/m}^3 \cdot 4,19\text{ kJ/kg }^{\circ}\text{C} \cdot 100\text{ }^{\circ}\text{C} = 658668\text{ Mws}$$

$$E = 658668\text{ Mws} / 3600\text{ s} \approx \mathbf{183\text{ Mwh}}$$

Kun oletetaan, että kaasun hinta olisi 30 €/MWh ja veden kuutiohintaa 10 €/m³, saadaan laskettua kokonaiskustannukset puolen vuoden aikana kanaaliin menevälle sataasteiselle vedelle.

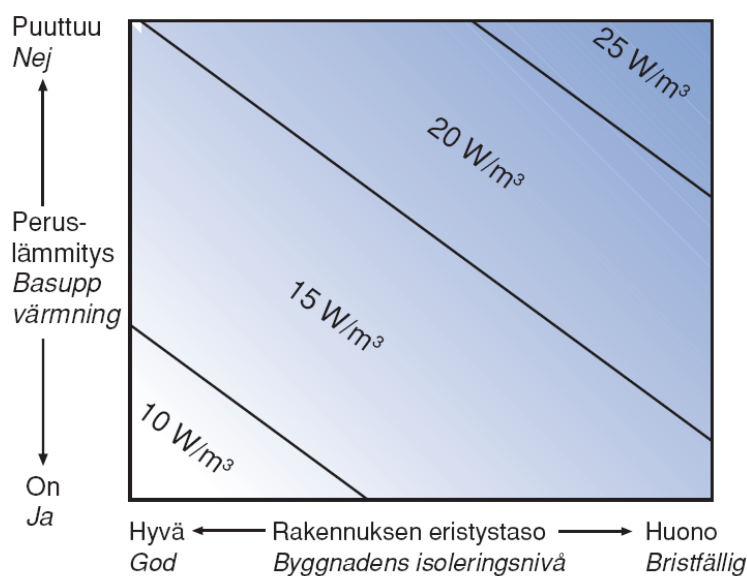
$$\text{kokonaiskustannus} = 183 \text{ MWh} \cdot 30 \text{ €/MWh} + 1572 \text{ m}^3 \cdot 10 \text{ €/m}^3 = \mathbf{21\ 210 \text{ €}}$$

Lämmitysjakson keskimääräinen ulkolämpötila oli 10 °C ja sisälämpötila 20 °C, joten lämpötilaero oli kartoituksen aikana noin 10 °C. Puolen vuoden lämmitysjakson keskimääräinen ulkolämpötila on kuitenkin noin 0 °C ja sisälämpötila pyritään pitämään 20 °C:ssa, joten keskimääräinen lämpötilaero on noin 20 °C, ja tällöin kokonaiskustannukset kaksinkertaistuvat. Tällöin esimerkin kaasun ja veden hinnoilla puolen vuoden lauhdeiden kustannukset ovat noin 42 420 €.

6.7 Lämmitystekot tilavuutta kohden

Lämmitystehoissa ei ole huomioitu tuloilmakojeiden lämmitystehoja, joten tulokset eivät anna kaikissa tapauksissa todellista lämmitystehoa. Tiloissa on myös todella paljon säteilylämmönlähteitä, eivätkä kaikki tilat tarvitsisi lisälämmitystä edes talvella, jos vuodot olisi minimoitu. Koska tehot on laskettu laskennallisessa tilanteessa ja mitausten tulokset eivät päde aivan jokaiseen lämminilmakojeeseen, jotkut tehot ovat ylimitoitettuja. Kuvassa 11 on lämmitystekon määrityksestä esimerkki, joka antaa suuntaa tarvittavalle lämmitystekolle. Normaali sisätilojen lämmitysteho on noin 20 W/m³. Kartoituskohteissa oli paljon tiloja, jotka tarvitsevat vain peruslämmityksen kylmän kauden ajaksi jäätymisen estämiseksi. Taulukon 3 tuloksista voidaan päätellä, että lämmitystekot ovat kohtuullisia. Taulukossa lihavoitujen kohtien tilat ovat olleet lämmityksellä kartoituksen aikana.

Lämmitystehon tarve W/m^3
Värmeeffektbehov W/m^3



Esimerkki lämmitystehon määrittelystä eri rakennustyypeille.
Exempel på uppvärmningseffektens bestämning för olika byggnadstyper

Kuva 11. Lämmitystehon määrittely (8).

Taulukko 3. Lämmitystehot tilavuutta kohden

	tilavuus (m^3)	lämmittimien yhteisteho (kW)	teho (W/m^3)
CE 2	3815	11,1	2,9
voima-asema	1400	11,1	7,9
höyrynjakokeskus	2720	30	11
kaasuturbiini	490	27,3	46,4
kombikattila	8800	43,6	5,0
voimalaitos, porrashuone	55	16,4	210,9
voimalaitos, tuulikaappi	13	8,2	630,8
höyryturbiinisali	7450	11,1	1,5
haihduttamo	16470	11,3	0,7
haihduttamo, välikatto	740	22,6	30,5
PV-haihduttamo	1690	22,6	13,4
vesilaitos	10800	11,3	1
vesilaitos, putkitunneli	260	11,3	43,5
suolanpoistokerros	860	11,3	13,1
dispersio/MB-VIV tila	2990	11,3	3,8
jäähdytystorni	1440	11,3	7,8
borsig-kattila	3400	11,3	3,3
hiilikattila, tunneli	156	11,3	72,4
kemikaaliasema	530	22,6	42,6
vanha lietasema	1530	22,6	14,8
varasto	370	11,3	3,1
POK-pumppaamo	95	49,3	519

7 ENERGIANSÄÄSTÖ

Energian säästöpotentiaali voidaan jakaa neljään energiansäästötoiminnan kannalta erilaiseen alueeseen. Energiasäästöä voidaan saada aikaiseksi:

1. Vähentämällä tuhlausta. Tuhlauksella tarkoitetaan henkilöiden toiminnasta, kuten huolimattomuudesta, laiskuudesta, välinpitämättömyydestä ja ymmärtämättömyydestä, johtuvaa ylimääräistä kulutusta.
2. Poistamalla vikoja. Vikoja ovat esimerkiksi laiteviat, puuttuvat tai huonot säätölaitteet sekä väärät säätö- ja ohjauslaitteiden asetusarvot.
3. Rakennuskantaa korjaamalla, kuten esimerkiksi lisäeristämällä ja ikkunoiden tiivistämisellä tai vaihdolla.
4. Uudistuotantoa parantamalla, kuten esimerkiksi pienentämällä vaipan lämpöhäviöitä ja ilmavuotoja, parantamalla lämpöeristystä ja parantaa lämmitysjärjestelmien toimintaa ja laitteiden eristeitä. (9, s. 403.)

7.1 Rakennuksen vaippa ja ikkunat

Rakennusten ulkoseinien lisäeristäminen ja ikkunoiden uusiminen samoin kuin ikkunoiden lasien lukumäärän lisääminen ovat yleensä vanhassa rakennuskannassa heikosti kannattavia toimenpiteitä, jos rakenteiden eristystaso täyttää tietyt minimivaatimukset, eikä huono kunto pakota niitä muuten uusimaan. Laajempien rakennuksissa suoritettavien julkisivujen ja ikkunoiden kunnostustöiden yhteydessä tulisi kuitenkin selvittää myös mahdollisuudet rakennuksen ulkovaipan lisäeristämiseksi ja ikkunoiden uusimiseksi tai lasilukumäärän lisäämiseksi. Rakennusten yläpohjan lisäeristäminen on yleensä helpommin toteutettavissa kuin ulkoseinien lisäeristäminen ja tästä johtuen myös kannattavampaa. (10, s. 198.)

Rakenteiden tiivistäminen ja rakennevirheistä aiheutuvien kylmäsiltojen korjaaminen ovat usein kannattavia toimenpiteitä. Rakenteiden huono tiiveys aiheuttaa vetoa, sisälämpötilan laskua, muutoksia tilojen välisissä painesuhteissa, mikä haittaa ilmanvaihdon toimintaa, sekä kasvattaa näin rakennuksen energiankulutusta. Vanhoissa raken-

nuksissa rakenteiden tiivistäminen on eräs kannattavimmista energiansäästötoimenpiteistä, ja se tulisi suorittaa ennen lämmitysverkoston perussäätöä. (10, s. 198.)

7.2 Säätolaitteet ja -järjestelmät

Lämmityksen säädöllä pyritään lämmityskauden aikana pitämään rakennuksen lämmitysteho sen tehoisena, että haluttu sisälämpötila saavutetaan. Ilmanvaihdon säädön tarkoituksena on taas pitää rakennuksen ilmavirrat ja niiden lämpötila halutuissa arvoissa.

Vanhojen säätolaitteiden ja -järjestelmien toiminnassa on usein parantamismahdollisuuksia. Säätolaitteiden asetusarvot ovat saattaneet muuttua aikojen kuluessa. Tarkastamalla rakennusten lämmityksen ja ilmanvaihdon säätolaitteiden ja -järjestelmien toiminta ja asetusarvot sekä suorittamalla tarpeelliset huolto- ja korjaustoimenpiteet voidaan rakennusten lämmönkulutusta alentaa tapauskohtaisesti varsin huomattavasti. Vanhempien säätolaitteiden ja -järjestelmien osalta voi kyseeseen tulla myös laitteiden ja järjestelmien uusiminen. (10, s. 199.)

7.3 Rakennusten vuotopaikkojen tarkastelu

Rakennusten vuotopaikkoja kartoitettaessa suurimmiksi vuotopaikoiksi osoittautuivat ikkunat, jotka ovat vanhan voimalaitosalueen rakennuksissa osittain kovin puutteellisia. Jotkut ikkunat ovat vain yksikerroksisia ja joitakin ikkunaruujuja on kokonaan rikki. Korjattavia tai parannettavia ikkunoita on pääasiassa borsig- ja hiilikattilarakennuksissa ja kemikaaliaseman rakennuksessa. Myös soodakattilarakennuksessa on rikinäisiä ikkunaruujuja ja yläkerroksen tuuletusikkunat tulisi sulkea kylmän kauden ajaksi. Kuvassa 12 on esimerkki kemikaaliaseman ikkunasta.



Kuva 12. Kemikaaliaseman alakerran ikkuna

Borsig- ja hiilikattilarakennusten ulko-ovet ovat vaativat korjaamista. Näissä rakennuksissa karmit vuotavat ja ovet eivät mene kunnolla kiinni. Kemikaaliaseman alakerran ovea ei myöskään saa lukittua, joten pienillä toimenpiteillä saisi suuria vuotoja minimoitua. Kuvassa 13 oleva hiilikattilarakennuksen ulko-ovi, on hyvä esimerkki vanhan voimalaitosalueen ovien kunnosta.



Kuva 13. Hiilikattilan ulko-ovi

Eristämistarpeita ja eristyksen parantamista oli lähinnä putkien läpivienneissä ulkoseinien läpi. Eristeet vesilaitoksen seinien läpivienneissä ovat heikossa kunnossa tai niitä ei ole ollenkaan. Vanhan voimalaitosalueen rakennuksissa oli myös läpivientejä, joita ei ole eristetty lainkaan. Kuvasta 14 näkyy vesilaitoksen putkien läpivientejä ulkoseinän lävitse.



Kuva 14. Vesilaitoksen putkien läpivientejä

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyöni keskittyi lämminilmakojeiden tehojen laskemiseen, jotta saataisiin kokonaisvaltainen kuva siitä, kuinka paljon lämpöpiiri ottaa kaukolämpötehoa ja kuinka paljon höyrytehoa lämminilmakojeet ottavat. Tehot ovat teoreettisia, mutta antavat suuntaa tarkasteluille.

Tämän jälkeen tarkasteltiin energiansäästömahdollisuuksia. Tarkasteluun otettiin rakennusten vuotopaikat, joista tehtiin esitys, mitä olisi mahdollisuus parantaa tai korjata. Energiansäästön kannalta suuria säästöjä tulisi lisäämällä kaikkiin lämminilmakojeisiin ohjauslaitteet sekä palauttamalla höyrylämmittimien läpi lauhtunut lauhde järjestelmään.

Ongelmaksi työssä osoittautui ajankohta, koska lämmitystarvetta ei ollut kartoituksen aikana. Muutamia lämminilmakojeita oli kuitenkin lämmityksellä, ja niiden avulla saatiin mitattua laskuihin tarvittavat tiedot. Höyrylämminilmakojeissa höyryn virtaus laskettiin lämminilmakojeen läpi tulleesta lauhdemäärästä, koska höyryvirtaus on sama kuin lauhtuneen höyryn määrä. Mittaukset päästiin tekemään vain muutaman lämminilmakojeen jälkeen tapauksissa, joissa lauhde laski suoraan kanaaliin lämmittimen jälkeen. Muissa tapauksissa lauhteet laskivat yhteiseen lauhdelinjaan, joten niistä ei ollut mahdollista saada tarkkoja lauhdemääriä. Lämpötiloja mitattaessa ennen ja jälkeen lämminilmakojeita olisi tarkemmat tulokset saanut, jos jokaiselle kojeelle olisi pystynyt mittaamaan oikeat lämpötilat. Kuitenkin pääsimme mittaamaan lämpötilat 3 ja 5 baarin lämminilmakojeista muutamassa tapauksessa, ja näistä sai laskettua keskimääräiset lämpötilat.

Lämmitysjärjestelmälle oli tarkoitus saada laskettua kokonaisteho teoreettisessa tilanteessa, ja tämä työn vaihe onnistui hyvin ottamalla huomioon, että jokaiselle höyrylämminilmakojeelle ei saanut tehtyä laitekohtaisia mittauksia. Tehoksi vesikiertoisille lämminilmakojeille saatiin 175 kW, joka on koko lämpöpiirin 523 kW:n tehosta noin kolmannes. Lopun lämpöpiirin tehosta kattavat tuloilmakojeet, joita ei otettu mukaan kartoitukseen. Höyrylämmitteiset lämminilmakojeet ottavat tehoa 225 kW ja höyrypatterit 28 kW, eli höyrytehoa kuluu kokonaisuudessaan 253 kW.

Lämmitystehot laskettiin myös tilavuutta kohden, mutta niitä tarkasteltaessa on huomioitava, että tiloissa on todella paljon säteilylämmönlähteitä, ja sen takia jotkut tehot

ovat alimitoitettuja. Tehot on myös laskettu tämän hetkisten lämpötilojen mukaan, joten lämpötilaerot ovat pieniä, ja siksi tehot ovat pienempiä kuin todellisessa lämmitystilanteessa.

Palauttamaton lauhde aiheuttaa vuositasolla noin 42 420 euron kustannukset. Tulos on laskettu esimerkkiin otetuilla hinnoilla ja voi poiketa todellisista hinnoista. Tulos antaa kuitenkin miettimisen aihetta hukkaan menevästä energiasta.

Tehoja ei otettu muuten tarkasteluihin ja ne jäävät tiedoiksi myöhempiä tarkasteluja varten. Höyrylämmitysten tehon kautta mietitään jatkossa, olisiko tuorehöyryn tilalle muita vaihtoehtoja. Kartoituksen avulla on tarkoitus tuoda esille energiansäästön parantamiseksi mahdollisuuksia, joiden avulla pyritään korjaamaan puutteita ja tekemään mahdollisia päivityksiä järjestelmään.

LÄHTEET

1. Ruohonen, T. 2011. Kotkamills Oy Esittelyaineisto.
2. Enso-Gutzeit Oy, Kotkan tehtaat. Toimintakuvaus.
3. Takala, M. 2003. Kotkamills Oy:n prosessikuvaus. Energian tuotanto.
4. Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T., Urpalainen, S. 2008. Voimalaitostekniikka osa 1. Opetushallitus. Saatavissa:
<http://moodle.kyamk.fi/mod/resource/view.php?inpopup=true&id=143118> [viitattu 23.10.2011]
5. Neste Oy. 1989. Höyryopas. Espoo: Valtion Painatuskeskus.
6. Oy Konwell AB. Höyry- ja lauhdeopas.
7. Kotkamills Oy:n kansio kombi, Lämminilmakoje (HPL,R) lämmitystiedot.
8. Termis-lämminilmapuhallin, esite. Saatavissa:
http://www.koja.fi/data/File/Esitteet/Termis_FS.pdf [viitattu 23.10.2011]
9. Seppänen, O. 2001. Rakennusten lämmitys. Suomen LVI-liitto ry. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.
10. Hellgren, M., Heikkinen, L., Suomalainen, L. 1996. Energia ja ympäristö. Helsinki: Opetushallitus.

Vesikiertoiset lämminilmakojeet

Kaasuturbiinirakennus:

Lämminilmapuhallin 1 (248-412)

Kiertoilmakoje HPL 353-14-1
Ilmamäärä 0,52 m³/s
Lämpeneminen +15...+31°C
Lämpöaine 80/40°C 20% vg
Lämpöteho n. 10kW
Vesivirta n. 4 l/min = 0,067 l/s
Käyttömoottori 0,22 kW, 1500 r/min

Lämminilmapuhaltimet 2 (248-413) ja 3 (248-414)

Kiertoilmakoje HPL 453-14-1
Ilmamäärä
Lämpeneminen +15...+31°C
Lämpöaine 80/40°C 20% vg
Lämpöteho n. 20kW
Vesivirta n. 8 l/min = 0,133 l/s
Käyttömoottori 0,3 kW, 1500 r/min

Kattilarakennus:

Kattilarakennuksen lämminilmapuhallin 1 (249-411), 2 (-413), 3 (-414), 4 (-415)

Kiertoilmakoje HPL 453-14-1
Ilmamäärä 1,15 m³/s
Lämpeneminen +15...+30°C
Lämpöaine 80/40°C 20% vg
Lämpöteho n. 20kW
Vesivirta n. 8 l/min = 0,133 l/s
Käyttömoottori 0,3 kW, 1500 r/min

Höyrynjakokeskuksen lämminilmapuhaltimet 1 (250-403), 2 (-404)

Kiertoilmakoje HPL 563-14-1
Ilmamäärä 2,2 m³/s
Lämpeneminen +15...+22°C
Lämpöaine 80/40°C 20% vg
Lämpöteho n. 30kW
Vesivirta n. 11 l/min = 0,183 l/s
Käyttömoottori 1,1 kW, 1500 r/min

Porrashuoneen lämminilmapuhallin 1 (250-422)

Lämminilmakoje LVDV-50-09

Ilmamäärä 0,78 m³/s

Lämpeneminen +15...+35°C

Lämpöaine 80/40°C 20% vg

Lämpöteho n. 20kW

Vesivirta n. 12 l/min = 0,2 l/s

Käyttömoottori 0,12 kW, 900 r/min

Tuulikaapin lämminilmapuhallin 1 (250-427)

Lämminilmakoje LVDV-40-07

Ilmamäärä 0,40 m³/s

Lämpeneminen +15...+35°C

Lämpöaine 80/40°C 20% vg

Lämpöteho n. 10kW

Vesivirta n. 0,1 l/s

Pok-säiliön pumppaamon tuloilmakoje (249-430)

Patteriosa KLEF

Ilmamäärä 1,0 m³/s

Lämpeneminen -24...+15°C

Lämpöaine 80/40°C 20% vg

Lämpöteho n. 47kW

Vesivirta n. 0,3 l/s

Puhallinosa KLLB

Ilmamäärä 1,0 m³/s

Kokonaispaine n. 500 Pa

Kierrosluku 3200 r/min

Tehontarve 0,7kW



Lämminilmakoje HP(L,R) Lämmitys- ja rakennetiedot

52-0
91-0

Taulukossa sarjajälkisteisten kupari-alumiinipatterilla varustettujen kokeiden tekniset arvot ilman sekoitusosaa.

HPL		352-7-1	352-9-1	352-14-1	452-7-1	452-9-1	452-14-1	562-7-1	562-9-1	562-14-1																		
Pyörimisnopeus (min-1)		660	900	1380	660	900	1400	680	900	1420																		
Ilmavirta (m ³ /s)		0,25	0,35	0,52	0,56	0,76	1,15	1,07	1,41	2,20																		
Moottorin P _N , kW		0,075	0,11	0,18	0,075	0,11	0,30	0,15	0,30	1,1																		
Moottorin I _N , A (380 V)		0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	1,0	0,85	1,0	2,8																		
Lämmi- tysaine	ti °C	P tu qv			P tu qv			P tu qv			P tu qv			P tu qv			P tu qv											
		kW	°C	l/s	kW	°C	l/s	kW	°C	l/s	kW	°C	l/s	kW	°C	l/s	kW	°C	l/s									
pkv 80/60°C (Δt = 20 °C)	-20	21	41	0,22	26	34	0,27	33	25	0,34	45	37	0,46	54	31	0,56	66	21	0,68	76	31	0,78	86	23	0,87	101	13	1,04
	0	16	49	0,18	20	44	0,22	24	36	0,27	33	45	0,36	39	40	0,44	48	32	0,53	55	40	0,62	62	34	0,69	74	26	0,82
	+15	12	54	0,14	15	49	0,17	18	43	0,21	25	51	0,29	30	47	0,35	37	41	0,43	42	47	0,49	47	42	0,55	57	36	0,66
pkv 90/70°C (Δt = 20 °C)	-20	23	46	0,24	29	39	0,30	36	30	0,38	48	41	0,49	59	36	0,61	75	27	0,78	84	36	0,86	96	29	0,99	120	19	1,23
	0	19	57	0,21	23	51	0,26	28	42	0,32	38	53	0,43	46	47	0,52	57	38	0,63	65	47	0,72	73	40	0,81	88	31	0,98
	+15	14	62	0,17	18	57	0,21	21	48	0,25	30	58	0,35	36	54	0,43	44	46	0,51	51	54	0,60	57	48	0,67	67	40	0,79
pkv 80/40°C (Δt = 40 °C)	-20	17	29	0,09	21	23	0,11	27	17	0,14	36	26	0,19	43	21	0,23	55	14	0,28	61	21	0,32	71	16	0,37	86	8	0,44
	0	12	37	0,07	15	32	0,08	18	27	0,10	24	33	0,14	29	30	0,17	36	24	0,20	42	30	0,23	47	26	0,27	54	19	0,30
	+15	8	42	0,05	10	39	0,06	12	34	0,08	17	40	0,10	20	37	0,12	24	32	0,14	29	37	0,17	31	33	0,19	35	28	0,21
pkv 90/50°C (Δt = 40 °C)	-20	19	35	0,10	24	29	0,13	30	22	0,16	41	32	0,21	50	27	0,26	63	19	0,33	70	27	0,36	81	21	0,42	101	13	0,52
	0	14	44	0,08	18	39	0,10	22	32	0,12	29	40	0,16	36	37	0,21	43	29	0,24	51	37	0,29	57	31	0,32	65	23	0,37
	+15	11	49	0,07	13	45	0,08	15	39	0,09	21	46	0,13	25	42	0,15	31	37	0,19	35	42	0,21	41	39	0,25	49	33	0,29

HPL-kojeet valmistetaan normaalisti oikeakätisinä. Tällöin syöttö patteriin tapahtuu alhaalta. Jos oikeakätinen koje asennetaan vasenkätisesti, tulee syötön patteriin tapahtua ylhäältä.

HPL-patterit:
Maks. käyttöpainne 10 bar
Koepainne 13 bar
Maks. käyttölämpötila 120°C

Taulukossa teräspatterin tekniset arvot ilman sekoitusosaa.

HPR		35-7-1	35-9-1	35-14-1	45-7-1	45-9-1	45-14-1	56-7-1	56-9-1	56-14-1									
Pyörimisnopeus (min-1)		660	900	1360	660	900	1390	680	900	1400									
Ilmavirta (m ³ /s)		0,32	0,44	0,66	0,67	0,89	1,38	1,17	1,55	2,40									
Moottorin P _N , kW		0,075	0,11	0,18	0,075	0,11	0,30	0,15	0,30	1,1									
Moottorin I _N , A (380 V)		0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	1,0	0,85	1,0	2,8									
Lämmi- tysaine	ti °C	P tu		P tu		P tu		P tu		P tu									
		kW	°C	kW	°C	kW	°C	kW	°C	kW	°C								
Höyry 1,2 bar (0,2 aty) Z=2	-20	19	23	23	17	29	11	37	20	47	16	58	10	59	16	69	12	94	8
	0	15	36	17	30	22	26	29	33	33	29	43	24	44	29	52	26	68	22
	+15	12	46	14	41	18	37	23	43	27	40	36	36	36	40	42	37	53	33
Ilmavirta (m ³ /s)		0,25	0,37	0,56	0,60	0,81	1,25	0,93	1,22	1,90									
Höyry 1,2 bar (0,2 aty) Z=3	-20	23	46	23	33	35	25	48	37	55	29	73	22	67	32	80	27	106	20
	0	18	55	21	44	27	37	37	48	43	41	56	35	52	43	62	39	81	33
	+15	15	63	17	53	23	48	30	56	35	50	46	45	42	52	49	48	65	43
Ilmavirta (m ³ /s)		0,32	0,44	0,66	0,67	0,89	1,38	1,17	1,55	2,40									
Höyry 3 bar (2 aty) Z=2	-20	24	34	28	26	36	19	47	30	55	24	71	17	72	24	84	19	110	13
	0	20	48	23	41	29	34	39	45	46	40	57	32	61	40	68	34	93	30
	+15	16	57	19	50	24	45	32	54	37	49	47	43	47	48	53	43	74	40
Ilmavirta (m ³ /s)		0,25	0,37	0,56	0,60	0,81	1,25	0,93	1,22	1,90									
Höyry 3 bar (2 aty) Z=3	-20	29	65	36	49	45	38	62	54	71	43	92	33	87	47	104	41	132	30
	0	24	74	29	60	36	50	49	63	59	56	76	47	70	58	84	53	110	45
	+15	20	79	24	67	29	58	41	71	48	63	62	56	57	65	69	61	91	54

HPR-kojeet valmistetaan normaalisti oikeakätisinä ja höyryn syöttö patteriin tapahtuu ylhäältä.

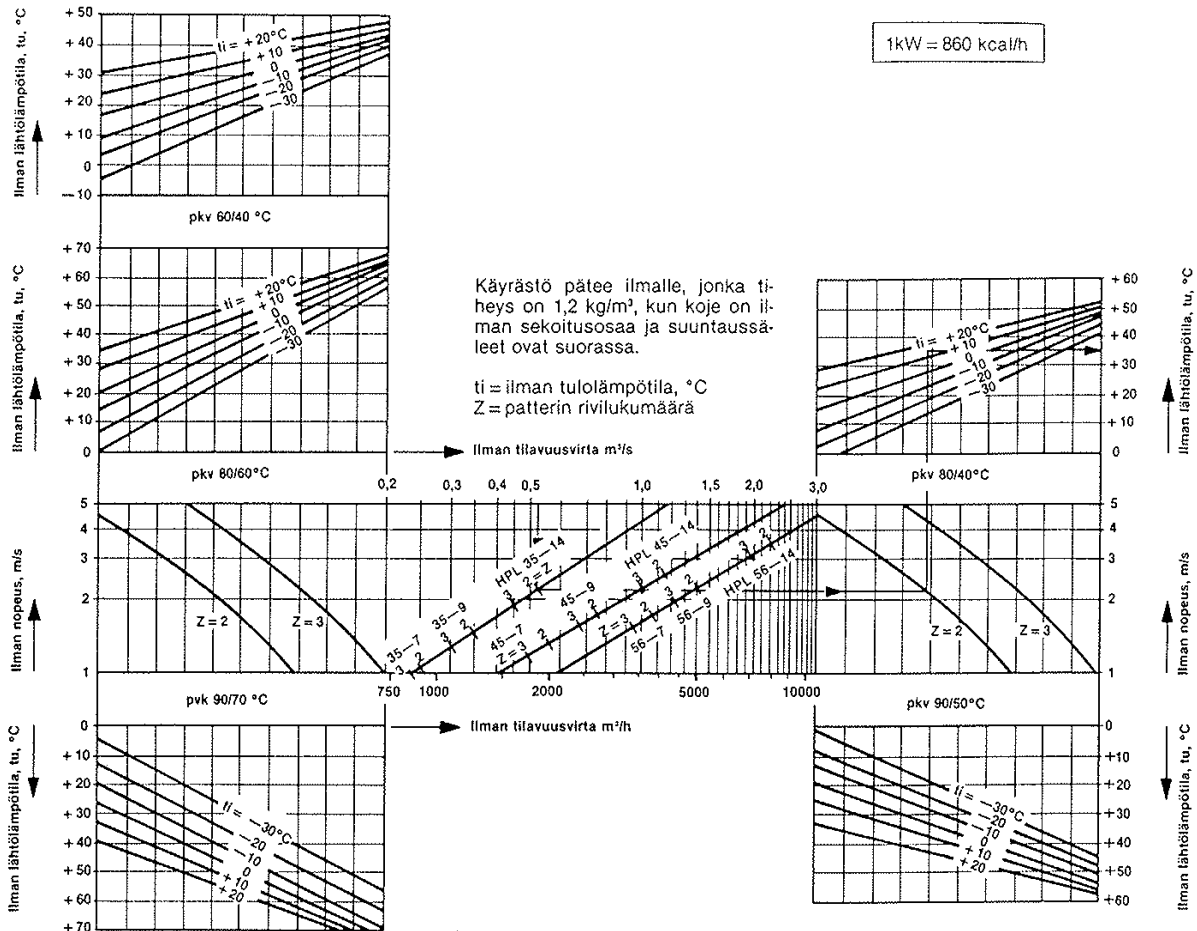
P = ilmaan siirtynyt lämpöteho, kW,
laskettu ilmantiheydelle lämpötilassa ti.
ti = ilman tulolämpötila, °C
tu = ilman lähtölämpötila, °C
qv = vesivirta, l/s

HPR-patterit:
Maks. käyttöpainne 25 bar
Koepainne 32,5 bar
Maks. käyttölämpötila 225°C



Lämminilmakoje HPL

Lämmitys

52-03
91-02

Laskentaesimerkki

Tiedetään:

kiertoilmakoje
pumpputoimiva (Δt₁) 80—40 °C
ilman tulolämpötila (ti) +15 °C
ilman tilavuusvirta (q) 0,5 m³/s
lämpöteho (P) 10 kW

HPL 352-14-1 arvoiksi saadaan:

ilman tilavuusvirta 0,52 m³/s
ilman lähtölämpötila (tu) 34 °C
ilmaan siirtynyt lämpöteho

$$P = q \times C_p \times \rho \times \Delta t_2$$

$$C_p = \text{ilman ominaislämpö} \left[= 1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \right]$$

$$\rho = \text{ilman tiheys tulolämpötilassa } t_i \left[= 1,226 \text{ kg/m}^3 \right]$$

$$\Delta t_2 = \text{lämpötilaero } t_u - t_i \left[= 19 \text{ °C} \right]$$

$$P = 0,52 \times 1 \times 1,22 \times 19 = 12,1 \text{ kW}$$

Valitaan kojeeksi HPL 352-14-1

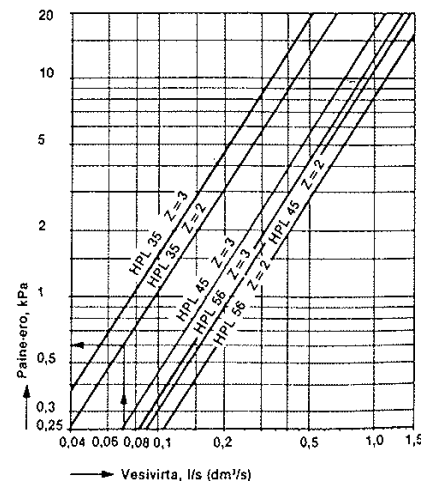
Tarvittava veden tilavuusvirta

$$q_v = \frac{q \times 1,2 \times [t_u - (t_i)]}{4,2 \times \Delta t_1}$$

$$= \frac{0,52 \times 1,2 \times 34 - (15)}{4,2 \times 40} = 0,071 \text{ l/s}$$

Vesipuolen paine-ero viereisen käyrästäön mukaan 0,6 kPa

Paine-ero vesipuolella



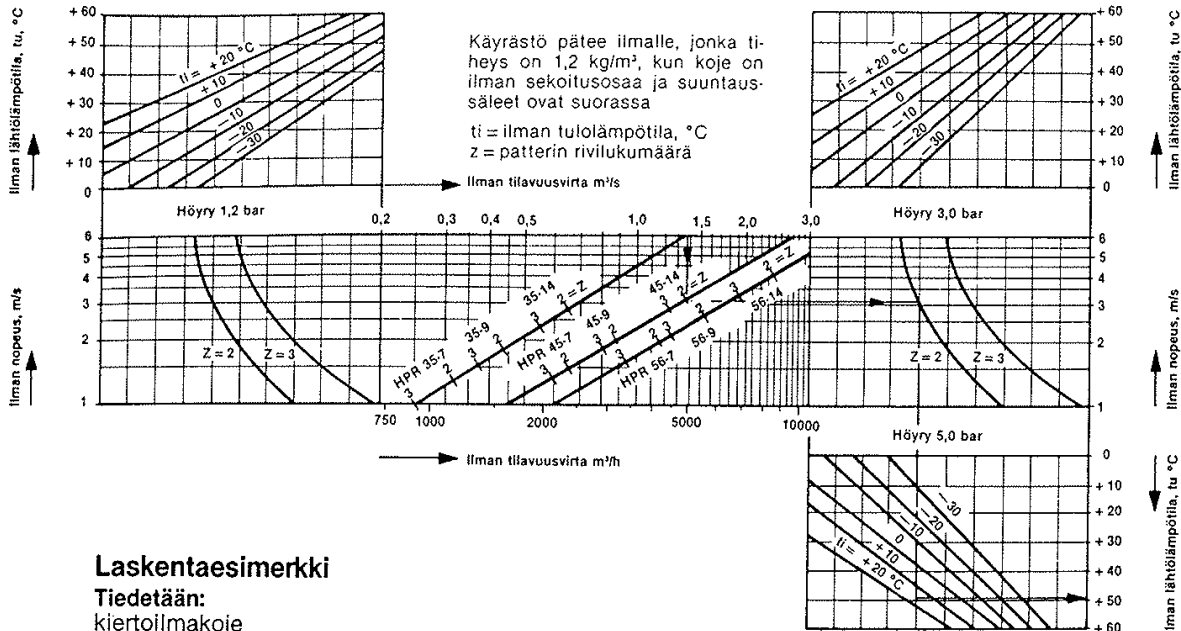


Lämminilmakoje HPR

Lämmitys

52-04
91-02

1 kW = 860 kcal/h



Laskentaesimerkki

Tiedetään:

kiertoilmakoje
lämmitysaine: 5 bar höyry
ilman tulolämpötilä (t_i) +15 °C
ilman tilavuusvirta (q) 1,2 m³/s
lämpöteho (P) 50 kW

HPR 45 2-14-1:n arvoiksi saadaan:

ilman tilavuusvirta 1,37 m³/s
ilman lähtölämpötilä (t_u) +49 °C
ilmaan siirtynyt lämpöteho

$$P = q \times C_p \times \rho \times \Delta t_2$$

$$C_p = \text{ilman ominaislämpö} \left[= 1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \right]$$

$$\rho = \text{ilman tiheys tulolämpötilassa } t_i \left[= 1,226 \text{ kg/m}^3 \right]$$

$$\Delta t_2 = \text{lämpötilaero } t_u - t_i \left[= 34 \text{ °C} \right]$$

$$P = 1,37 \times 1 \times 1,22 \times 34 = 57 \text{ kW}$$

Valitaan kojeeksi HPR 45 2-14-1

$$\text{Höyryn massavirta } q_m = \frac{P}{r}$$

$$r = \text{höyrystymislämpö} \left[5 \text{ bar paineessa} = 2110 \text{ kJ/kg} \right]$$

$$q_m = \frac{57}{2110} = 0,027 \text{ kg/s}$$

Sekoitusosan vaikutus suoritusarvoihin

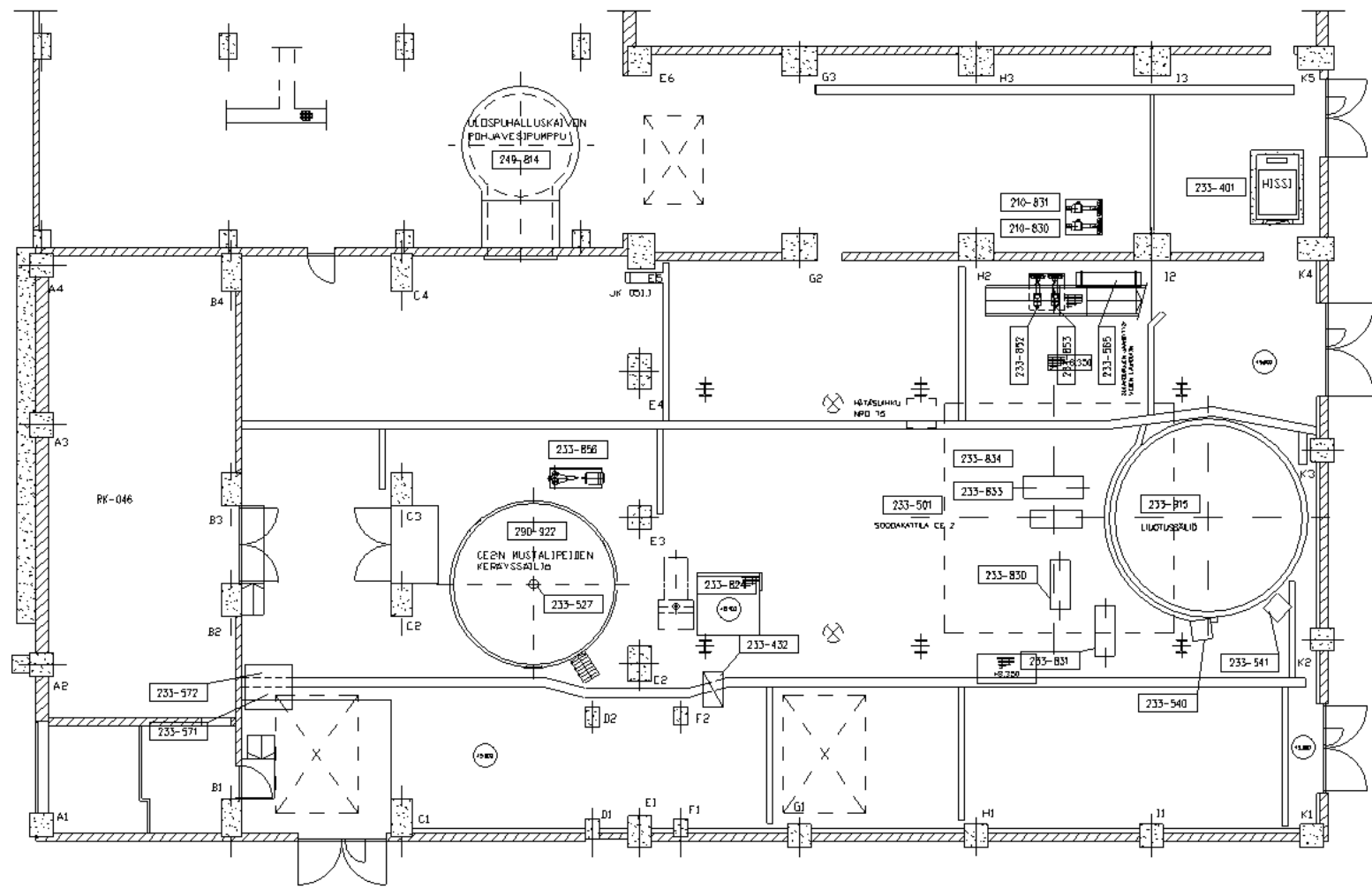
Kun kojeeseen liitetään sekoitusosa ja ulkosäleikkö, pienenee tilavuusvirta viereisen taulukon mukaisesti. Vastaavat lämmitysarvot saadaan lämmityskäyrästä, sivut 3 ja 4.
Huom. Sekoitusosa toimitetaan erillään puhallinosasta!

Koje	Säätöpellien asento	Tilavuusvirran muutos, %
HP(L,R)	Ulkoa ottavana	-8
34, 45, 56	Kiertoilmalla	-10

Höyrytaulukko

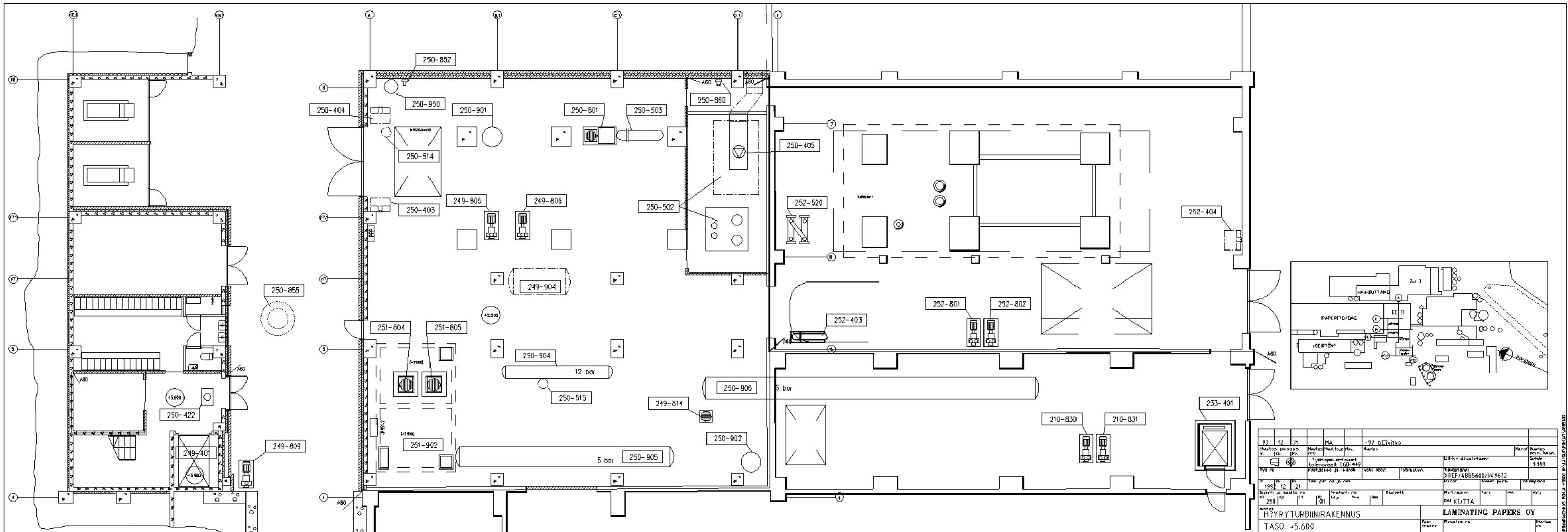
(Kylläisen veden ja höyryn ominaisuuksia)

Lämpötila t °C	Paine p bar	Ominaisilavuus		Entalpia		Höyrystymis- lämpö l kJ/kg
		vesi v' dm ³ /kg	höyry v'' m ³ /kg	vesi h' kJ/kg	höyry h'' kJ/kg	
0	0,006107	1,0002	206,3	0,00	2500,5	2500,5
5	0,008722	1,0000	147,1	21,05	2509,7	2488,6
10	0,012275	1,0002	106,4	42,03	2518,9	2476,9
15	0,017045	1,0008	77,96	62,96	2528,1	2465,1
20	0,02337	1,0017	57,84	83,86	2537,3	2453,4
25	0,03166	1,0029	43,41	104,74	2546,4	2441,7
30	0,04241	1,0043	32,94	125,61	2555,5	2429,9
35	0,05621	1,0059	25,26	146,47	2564,5	2418,0
40	0,07374	1,0078	19,56	167,34	2573,5	2406,2
45	0,09581	1,0099	15,28	188,22	2582,4	2394,2
50	0,12334	1,0121	12,05	209,11	2591,3	2382,2
55	0,15740	1,0146	9,583	230,00	2600,1	2370,1
60	0,1992	1,0172	7,682	250,91	2608,8	2357,9
65	0,2501	1,0200	6,205	271,84	2617,4	2345,5
70	0,3116	1,0229	5,048	292,78	2625,9	2333,1
75	0,3855	1,0260	4,135	313,74	2634,2	2320,5
80	0,4736	1,0293	3,410	334,72	2642,5	2307,8
85	0,5780	1,0327	2,829	355,72	2650,7	2295,0
90	0,7011	1,0363	2,361	376,75	2658,7	2281,9
95	0,8453	1,0400	1,982	397,80	2666,6	2268,8
100	1,0132	1,0438	1,673	418,88	2674,4	2255,5
105	1,2080	1,0479	1,419	439,99	2682,1	2242,1
110	1,4326	1,0520	1,210	461,13	2689,9	2228,5
115	1,6905	1,0563	1,036	482,31	2697,0	2214,7
120	1,9853	1,0608	0,8913	503,5	2704,2	2200,7
125	2,3208	1,0654	0,7700	524,8	2711,4	2186,6
130	2,7011	1,0702	0,6679	546,1	2718,3	2172,2
135	3,131	1,0751	0,5817	567,5	2725,1	2157,6
140	3,614	1,0802	0,5084	588,9	2731,8	2142,9
145	4,155	1,0855	0,4459	610,4	2738,3	2127,9

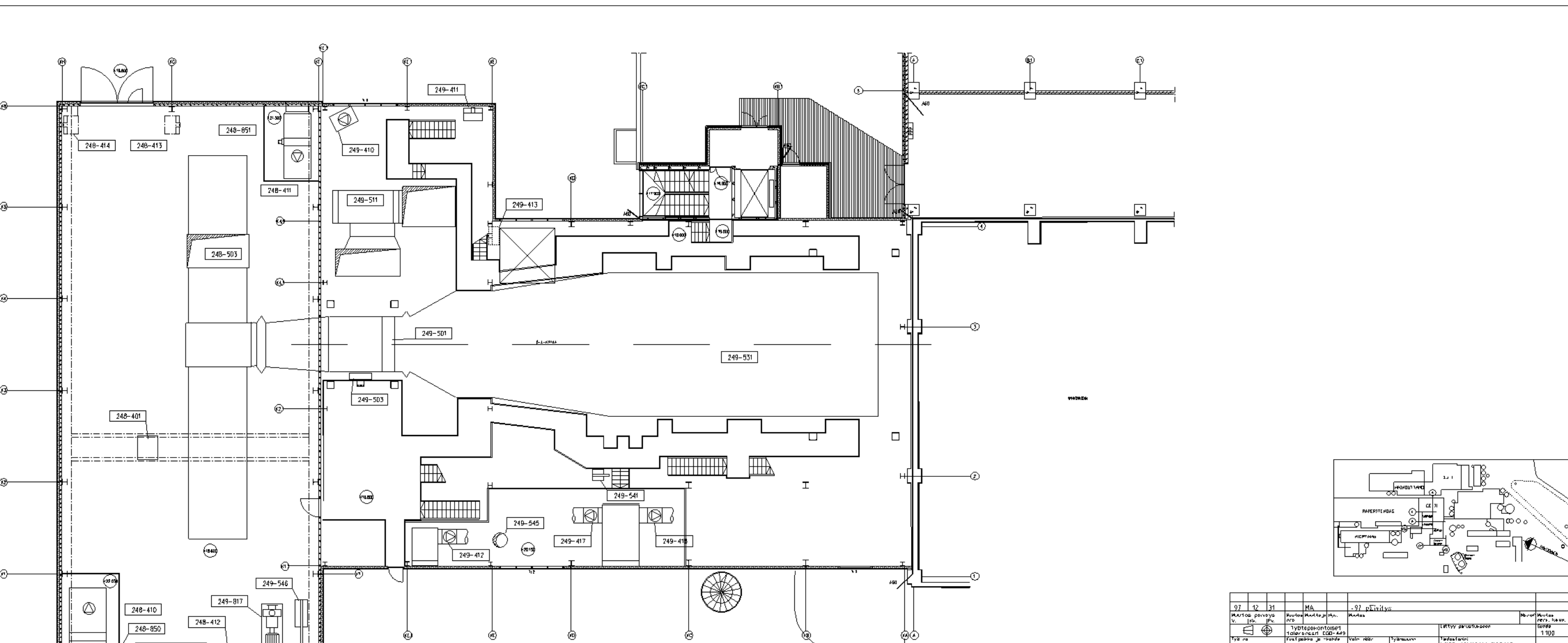


M:\LAYDUIT\POHJAT\CE5600
1-KERROS

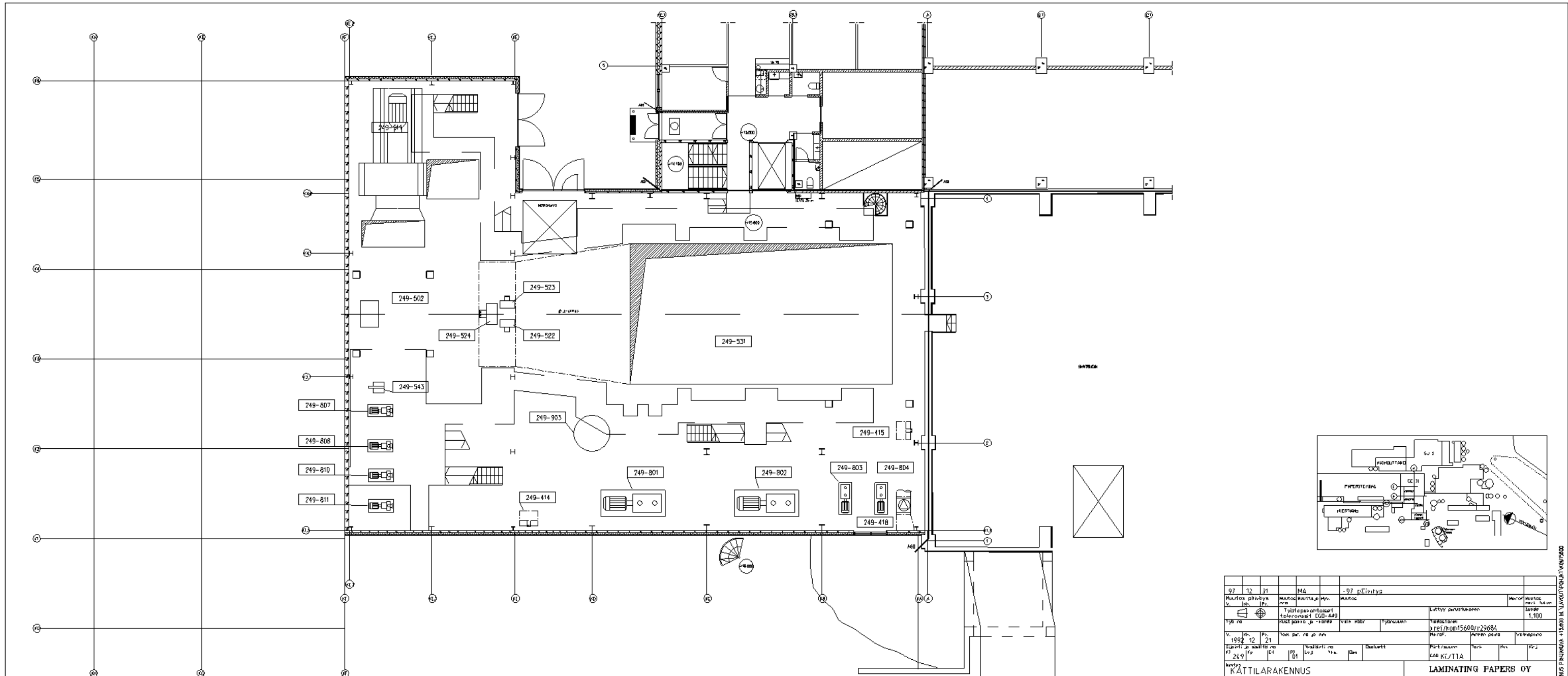
23.10.2003	4	PW		2003- PÄIVITYS					
Projekti	4.2 2002	Yhteistyö	CTS ENGINEERING	Alue	LK	LK			1:100
233	29	29							
STORAENSO	CE 2 SOODAKATTILALAITOS			Pohjakerros +5 800		KONEPAIKKAKARTTA		25	29558
Kolko				ACAD				03	



97	32	31	MA	-97 DEIVIS					
MAUTON	DOIVIS	MAUTON	MAUTON	MAUTON	MAUTON	MAUTON	MAUTON	MAUTON	MAUTON
1984	12	21	18	31	18	31	18	31	18
HÄYRYTURBINIRAKENNUS					LAMINATING PAPERS OY				
TASO +5.600									

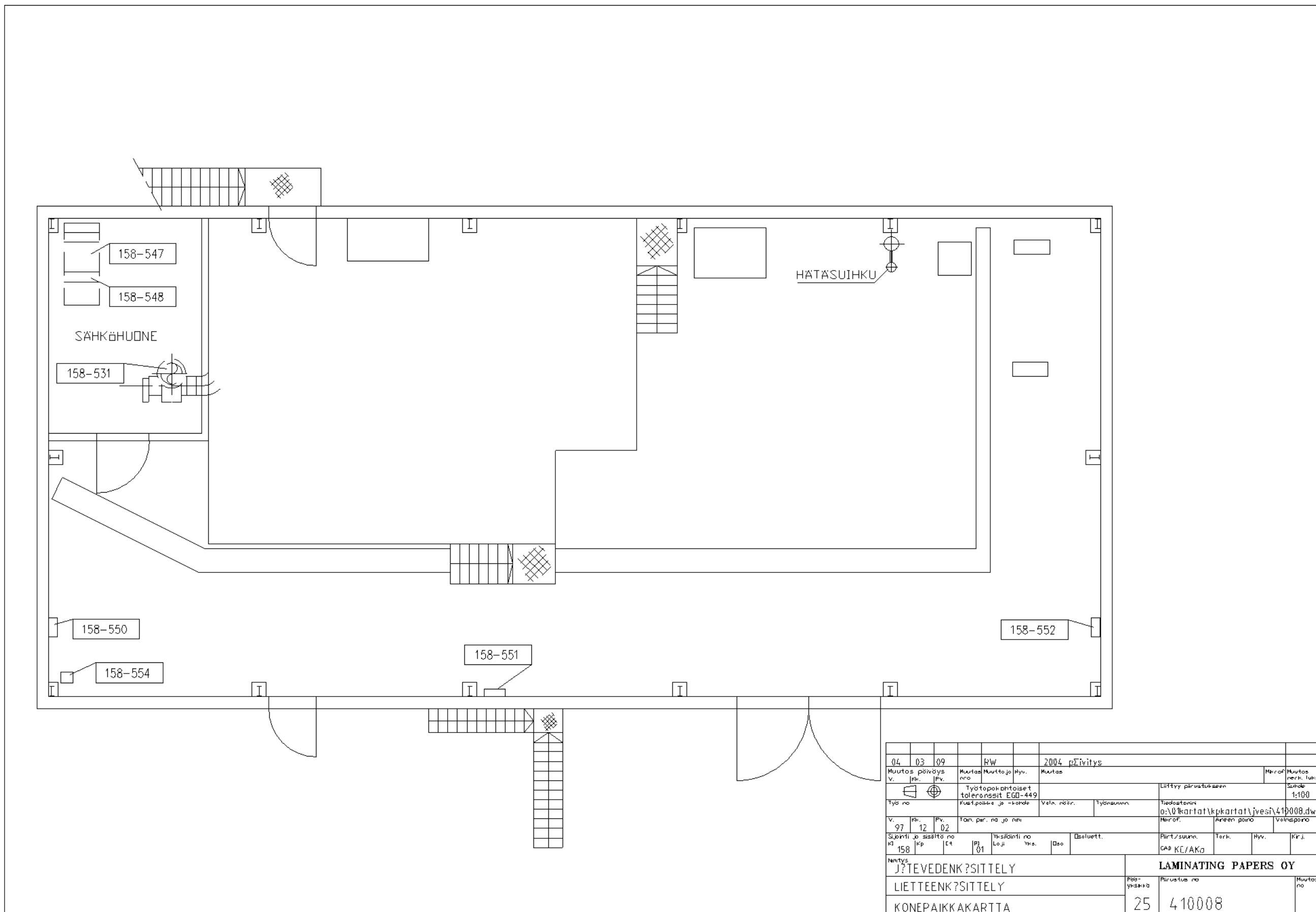


01	12	31	MA	01	01
Muutos	muutos		Muutos	Muutos	
01	12	31	MA	01	01
Muutos	muutos		Muutos	Muutos	
01	12	31	MA	01	01
Muutos	muutos		Muutos	Muutos	
01	12	31	MA	01	01
Muutos	muutos		Muutos	Muutos	
01	12	31	MA	01	01
Muutos	muutos		Muutos	Muutos	



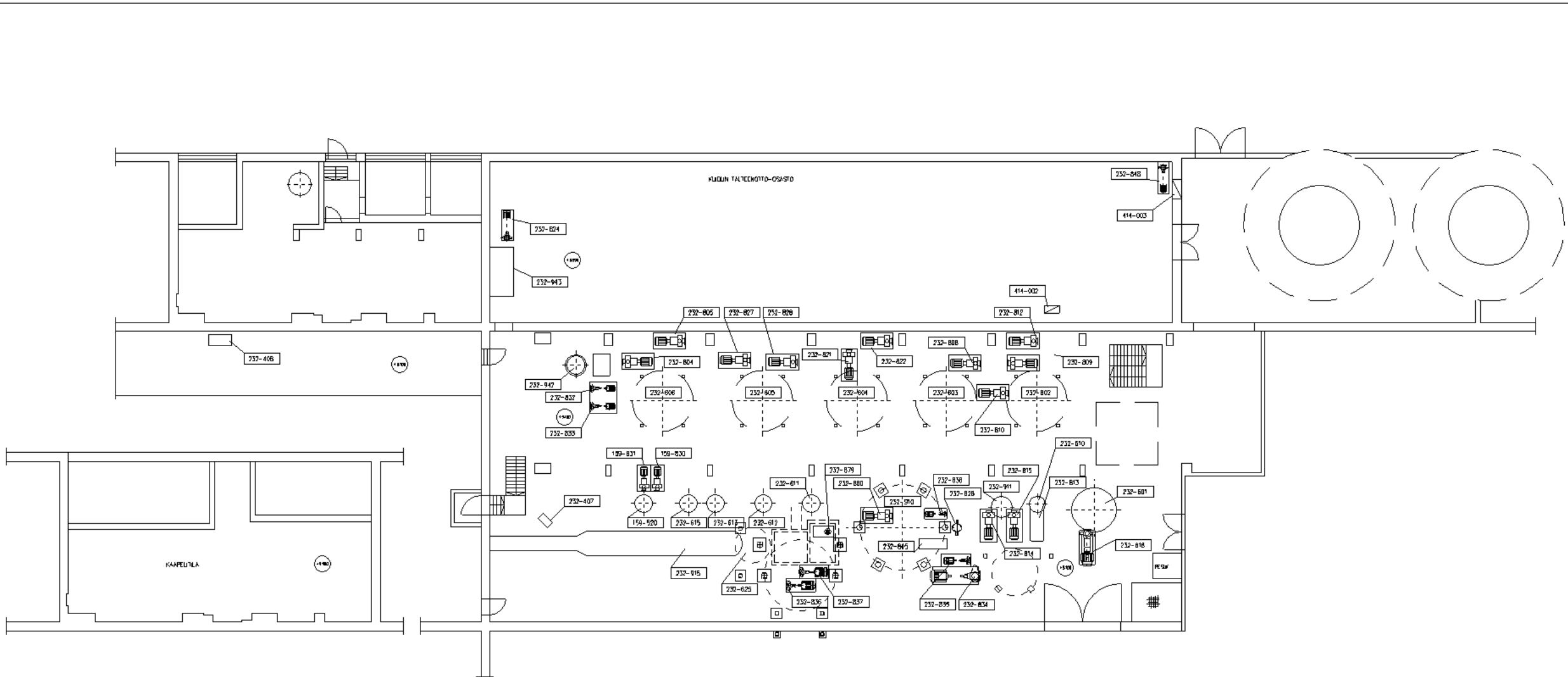
97	12	31		MA		-97 pEivitys		
Muutos päiväys v.	lok.	pu.	no	Muutoskuittin nro	Muutos		Merkitse muutos	1:100
Tytötoppari				Tytötoppari		Lähtö perustukseen		
v. 1992 12 21				lok. pu. no ja nro		Käyttökäyttö nro/kuusi/129684		
Käyttökäyttö nro 249				Käyttökäyttö nro 01		Käyttökäyttö nro		
Käyttökäyttö nro				Käyttökäyttö nro		Käyttökäyttö nro		
KÄTTILARAKENNUS				LAMINATING PAPERS OY				
TASO +15.600				Pivottus no				
				70 00000				

LAPPEENRANTA 115000 M. TUOTOPOJAN VUONNUS

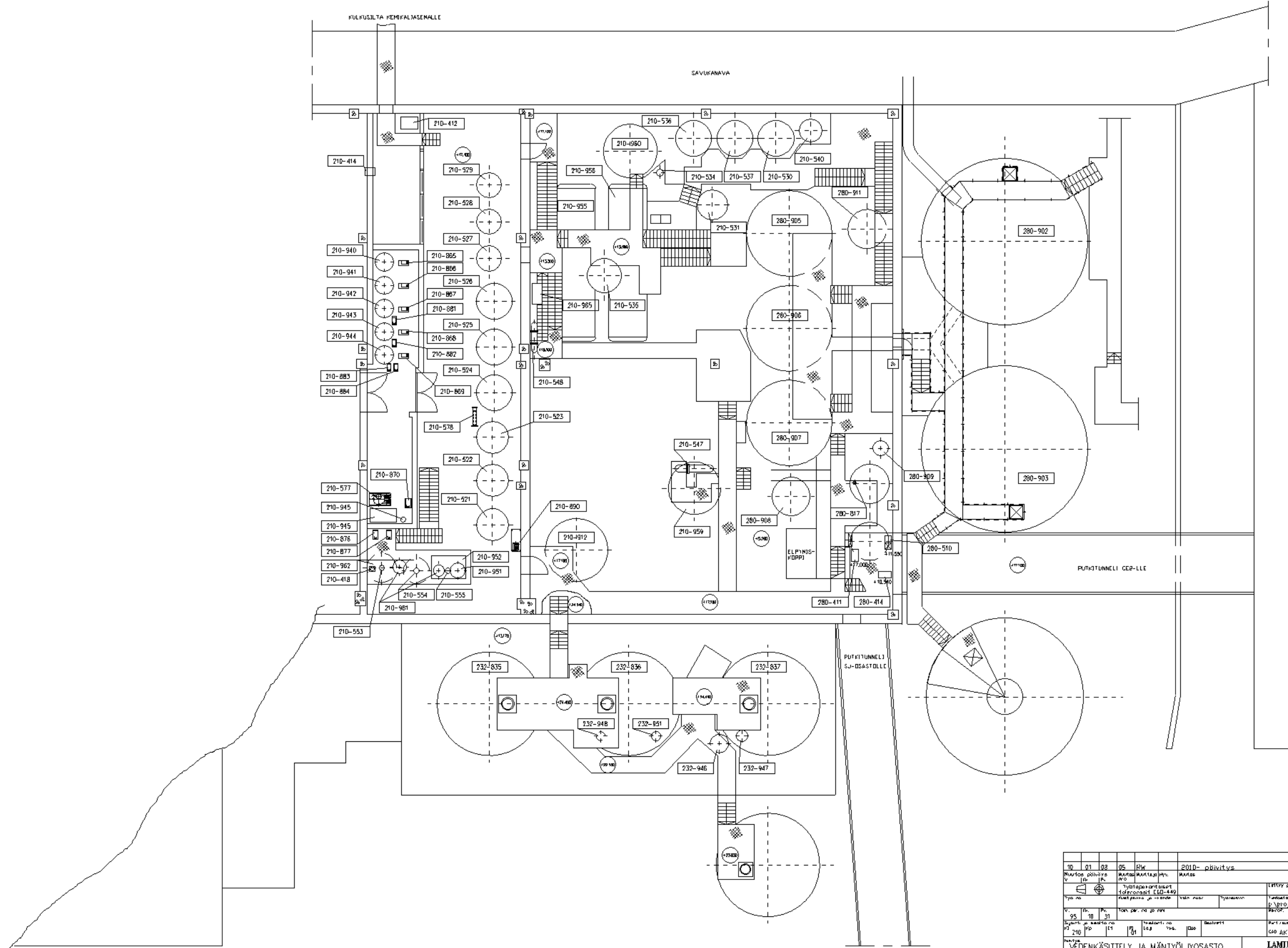


04	03	09	RW	2004	pöivitys				
Muutos päiväys V.	Muutos päiväys Jk.	Muutos päiväys Pk.	Muutos numero	Muutos Hyy.	Muutos	Mikrof.	Muutos merk. lukun.		
			Työtapaohje	Toleranssit EGD-449			1:100		
Työ no	Kust.pöikkö ja -koko	Vela. nro.	Työsuunn.	Tiedostoni	o:\0kartat\kpkartat\ivesi\410008.dwg				
V.	Jk.	Pk.	Ton. par. no ja nimi	Mikrof.	Anten pöikö	Vainpöikö			
Suunn. ja sisältö no			Yksilöinti no	Osueett.	Part./suunn.	Tork.	Hyy.	Kr.j.	
Kd	Kp	Ct	Loji	Vks.	Oso	CAD KC/AKo			
Näyttö						LAMINATING PAPERS OY			
J?TEVEDENK?SITTELY						Pöikö-	Pöivustus no	Muutos	
LIETTEENK?SITTELY						25	410008		
KONEPAIKKAKARTTA									

M:\LAYOUT\POHJAT\JATLIETE



02	02	02	02	PW	2852-P3V11G		
MAKIN... 232-805	MAKIN... 232-806	MAKIN... 232-807	MAKIN... 232-808	MAKIN... 232-809	MAKIN... 232-810	MAKIN... 232-811	MAKIN... 232-812
232-813	232-814	232-815	232-816	232-817	232-818	232-819	232-820
232-821	232-822	232-823	232-824	232-825	232-826	232-827	232-828
232-829	232-830	232-831	232-832	232-833	232-834	232-835	232-836
232-837	232-838	232-839	232-840	232-841	232-842	232-843	232-844
232-845	232-846	232-847	232-848	232-849	232-850	232-851	232-852
232-853	232-854	232-855	232-856	232-857	232-858	232-859	232-860
232-861	232-862	232-863	232-864	232-865	232-866	232-867	232-868
232-869	232-870	232-871	232-872	232-873	232-874	232-875	232-876
232-877	232-878	232-879	232-880	232-881	232-882	232-883	232-884
232-885	232-886	232-887	232-888	232-889	232-890	232-891	232-892
232-893	232-894	232-895	232-896	232-897	232-898	232-899	232-900



10	01	02	05	05	05	2010- pölyitus		
Numeron pohjois V	№	№	№	№	№	Mittaus Mittaus Mittaus		Mittaus Mittaus Mittaus
10	01	02	05	05	05	1.180		1.180
Tyyppi						Työsuojatunnus Tietoturvatunnus	Tuote Lisätuotteet	Yhteystiedot
V. / 95						18 / 31	25 / 01	
Sivut / 2						210	01	
Mittaus						1:1		
Tee / 25						18139	05	
Yhteisö						VEDENKÄSITELLY JA MÄNTYÖLJOSASTO	LAMINATING PAPERS OY	
Tas / Taso						+17.100		
Konepaikkakartta								
Pöytä / 25						18139	05	

KOUSSIPÄIKKA VED-17200 JA LAMINATINGPAPER OY