

---

**HAAPAMÄEN LÄMPÖLAITOKSEN  
KUNNOSSAPITOSUUNNITELMA**



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Valkeakoski, kevät 2014

*Atte Mönkäre*

Atte Mönkäre



Valkeakoski  
Automaatiotekniikan koulutusohjelma

---

<b>Tekijä</b>	Atte Mönkäre	<b>Vuosi</b> 2014
<b>Työn nimi</b>	Haapamäen lämpölaitoksen kunnossapitosuunnitelma	

---

## TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön aiheena oli Keuruun lämpövoima Oy:n uuden lämpölaitoksen kunnossapitosuunnitelman luominen. Lämpölaitos valmistui Haapamäelle vuoden 2013 alussa, eikä sille ollut olemassa minkäänlaista kunnossapitosuunnitelmaa.

Opinnäytetyö aloitettiin kokoamalla kaikki laitoksen laitteet samaan taulukkoon. Laitekannan kartoitus suoritettiin kuvaamalla laitteet ja niiden tyyppikilvet paikan päällä. Apuna käytettiin myös laitoksen automaatiosta vastanneen Radiki Oy:n koostama aineistoa, jonka pohjalta suurin osa laitepositioista luotiin.

Laitekannan kartoituksen ja hierarkioiden luonnin jälkeen alkoi huoltosuunnitelman tekeminen. Suurin osa huolloista löytyi valmistajien toimitamista käyttöohjeista ja kotisivuilta, mutta suurena apuna toimi myös Keuruun Lämpövoima Oy:n Varissaaren lämpövoimalaitokselle aikaisemmin tehty huoltosuunnitelma sekä kunnossapitohenkilöstön ammattitaito.

Kolmas työn vaihe oli varaosalistan luonti. Siinä selvitettiin, mitä varaosia varastossa on ja mihin laitteisiin osat käyvät. Viimeisessä kokonaisuudessa luotiin Haapamäen taajaman kaukolämpöverkostolle positiot ja tehtiin verkostolle kaaviomuotoinen esitystapa.

Aineisto koottiin Excel-taulukko-ohjelmaan, jonka jälkeen se toimitettiin Keuruun Lämpövoima Oy:n ARROW Maint -kunnossapitojärjestelmästä vastaavalle ylläpidolle. Huoltosuunnitelma siirrettiin järjestelmään ja otettiin käyttöön.

**Avainsanat** Kunnossapito, positointi, lämpölaitos, kaukolämpö

**Sivut** 35 s. + liitteet 1 s.

Valkeakoski  
Degree Programme in Automation Engineering

---

<b>Author</b>	Atte Mönkäre	<b>Year</b> 2014
<b>Subject of Bachelor's thesis</b>	Maintenance program for Haapamäki heat power plant	

---

ABSTRACT

The main idea of this Bachelor's thesis project was to create a maintenance program for Keuruun Lämpövoima and its new heat power plant. The power plant started its operations in January 2013. It had no existing maintenance program before this thesis project.

The first step in this project was to get each machine listed and to create one worksheet containing information on each machine. To get this information all the machines and their type plates were photographed on site. Radiki Ltd commissioned the automation for the power plant and Radiki materials were also very helpful when conducting the positioning.

Creating a maintenance plan was started after all the required information was gathered and a hierarchy created. The biggest help for maintenance information gathering was found in the manuals of the machine manufacturers and their web pages. The maintenance program of Keuruun Lämpövoima Ltd Varissaari power plant which had been completed earlier helped a lot too. Also the maintenance staff of Keuruun Lämpövoima Ltd was very helpful.

The third part in this project was to create a spare part list. Into this list were documented of both the spare parts in the storage and which machines they were for.

The fourth stage in this work was to create positions for the Haapamäki conurbation district heating network and to plan a schematic presentation for the network.

The material was collected into an Excel spreadsheet program and after that sent to the ARROW Maint administrator at Keuruun Lämpövoima Ltd and the maintenance system there. Arrow Maint is a maintenance system which is used by Keuruun Lämpövoima Ltd.

**Keywords** Maintenance, positioning, heat power plant, district heat  
**Pages** 35 p. + appendices 1 p.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	HAAPAMÄEN LÄMPÖLAITOS JA SEN TOIMINTA.....	1
2.1	Polttoaineen syöttö.....	2
2.2	Palaminen.....	3
2.3	Palamisjäte.....	3
2.4	Paisuntajärjestelmä.....	4
3	LAITEPOSITIOIDEN LUONTI.....	4
3.1	Tunnusten luonti.....	4
3.2	Hierarkia.....	5
3.3	Lisätiedot.....	6
4	HUOLTOSUUNNITELMA.....	6
4.1	Taajuusmuuttajat.....	7
4.2	Kalibroittavat laitteet.....	8
4.2.1	Painelähettimet.....	8
4.2.2	Painekytkimet.....	9
4.2.3	Lämpötilamittaukset.....	9
4.2.4	Palokaasun happianalysaattori.....	11
4.3	Hydrauliikka.....	11
4.4	Tankopurkaimet.....	12
4.5	Kolakuljetin.....	13
4.6	Giljotiinipelti.....	13
4.7	Välisäiliö.....	14
4.8	Stoker-syötin.....	14
4.9	Kattila.....	14
4.10	Arina.....	15
4.11	Kattilan puhaltimet.....	15
4.12	Lämminilmapuhaltimet.....	17
4.13	Multisykloni.....	17
4.14	Kompressori.....	19
4.15	Tuhkavesikolakuljetin.....	19
4.16	Tuhkalava.....	19
4.17	SEW-Eurodrive-vaihdemoottorit.....	20
4.18	Shunttiventtiili.....	20
4.19	Verkoston pumput.....	20
4.20	Viemäripumppu.....	22
4.21	Paloturvallisuuslaitteet.....	22
4.22	Varavoimageraattori.....	23
4.23	Poistoimuri.....	24
4.24	Ilmalämpöpumppu.....	24
4.25	Hätä-seis.....	25
4.26	GSM-hälytyskeskus.....	25
4.27	Turvavalokeskus.....	25
4.28	Keskukset.....	25

---

4.29 Turvalukitusjärjestelmä.....	25
4.30 Lakisääteiset tarkastukset.....	26
5 VARAOSALUETTELO .....	27
5.1 Varastossa olevat varaosat .....	27
5.2 Mahdollisesti tarvittavat varaosat.....	28
6 KAUKOLÄMPÖVERKOSTON POSITIOINTI .....	28
6.1 Positointi .....	29
6.2 Kaavio .....	30
7 POHDINTA.....	32
LÄHTEET .....	34

Liite 1 Laitoksen PI-kaavio

## 1 JOHDANTO

Keuruun Lämpövoima Oy otti vuoden 2013 alussa käyttöön Haapamäellä uuden lämpölaitoksen. Laitokselle ei ollut kuitenkaan tehty samalla kunnossapitosuunnitelmaa. Kunnossapitosuunnitelma tehtiin osana tätä opinnäytetyötä. Työn aloittamista helpotti edellisten vuosien aikana kesätöiden kautta tullut kokemus lämpölaitoksesta ja yleisestä toiminnasta Keuruun Lämpövoima Oy:n palveluksessa.

Keuruun Lämpövoima Oy on Keuruun sähkö Oy:n omistama tytäryhtiö, joka tuottaa lämpöä Keuruun keskustan ja Haapamäen taajaman alueille. Kaukolämpöverkoston pituus on Keuruun keskustan alueella 39 km ja Haapamäellä 7 km. Vuonna 2013 sen lämmöntuotanto oli noin 75 GWh, lisäksi se tuotti sähköä noin 10 GWh. Energiatuotannosta 98,2 prosenttia tuotetaan kotimaisilla polttoaineilla: hakkeella, turpeella ja pelletillä. Loppu 1,8 prosenttia tuotetaan öljyllä, jota joudutaan käyttämään kovilla pakasilla ja poikkeustilanteissa. (Lämmöntuotanto Keuruulla n.d)

Lämpölaitoksen toiminnan ymmärtäminen oli työn tekemisen kannalta olennaista ja siksi tässä työssä käsitellään ensin Haapamäen lämpölaitoksen toimintaperiaatetta.

Koska itse työ jakautui neljään isompaan kokonaisuuteen, jokainen vaihe on käyty läpi omana päälukunaan. Kolme työvaihetta, laitepositioiden luonti, huoltosuunnitelma ja varaosaluettelo liittyvät läheisesti toisiinsa ja ne koskevat ainoastaan laitosta ja sen sisäpuolista toimintaa. Työn pääpaino on huoltosuunnitelman teossa, sillä se oli työn vaativin ja aikaa vievin osuus.

Neljäs työvaihe, Haapamäen kaukolämpöverkoston positiointi, on muusta työstä irrallinen osuus. Lämpölaitokseen liittyvillä töillä ei ollut tätä vaihetta tehdessä merkitystä. Verkoston positioinnin lisäksi työn vaiheeseen kuului verkoston muokkaaminen helpommin tulkittavaan kaaviomuotoon. Tämä työ helpottaa jatkossa verkostolle mahdollisesti tehtävää huoltosuunnittelua ja vikailmoitusten kohdentamista.

Yhteistä laitosta ja verkostoa koskeville töille on, että molemmista saadut tulokset syötettiin samaan kunnossapitojärjestelmään. Ero tulee siitä, että molemmat ovat oma eriyvä kokonaisuutensa järjestelmässä.

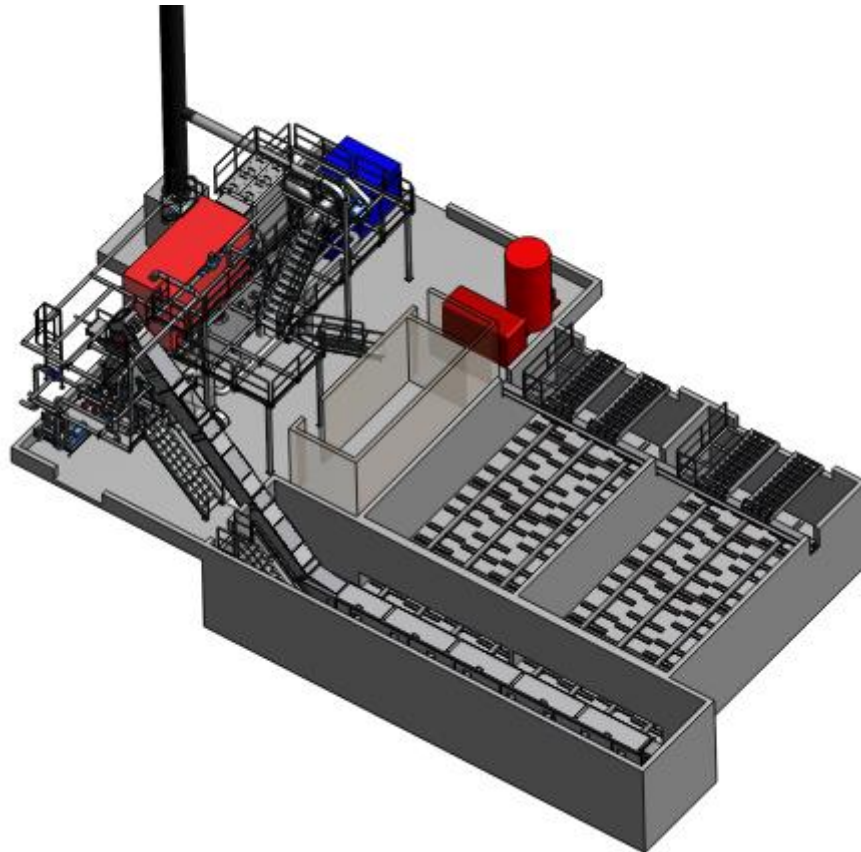
## 2 HAAPAMÄEN LÄMPÖLAITOS JA SEN TOIMINTA

Keuruun Lämpövoima Oy:n rakennuttama lämpölaitos valmistui vuoden 2013 alussa Haapamäelle. Rakennuksen rakentamisesta vastasi Rakennusliike M. Mäkinen Oy, kattilalaitteiston valmisti Vaasan Kuljetuskanavat Oy. Emoyhtiö Keuruun Sähkö Oy vastasi sähkötöistä ja saman konsernin Radiki Oy automaatiosta. Kokonaiskustannukset liittymisputken kanssa olivat 1,7 miljoonaa euroa. (Keuruun lämpövoima Oy 2013.)

Lämpölaitoksen nimellisteho on 2,0 MW, mutta hyvällä polttoaineella tehoa voidaan saada jopa 2,5 MW. Vuotuinen kokonaistuotanto on noin 6 GWh. Polttoaineena käytetään haketta, mutta tulevaisuudessa laitoksella on tarkoitus tehdä myös turpeen koepoltto. (Keuruun Lämpövoima Oy n.d.)

Ennen laitoksen valmistumista Haapamäen kaukolämpö tuotettiin pelletin ja öljyn avulla. Pellettilämpökeskukset ovat edelleen toimintakunnossa ja ne on saneerattu vara- ja huippukuormille (Hietanen, sähköpostiviesti 17.4.2014).

Haapamäen lämpölaitos on täysin automatisoitu laitos, jonka etävalvonta suoritetaan n. 16 kilometrin päässä Keuruulla Varissaaren lämpövoimalaitoksella. Yleiskuva laitoksen rakenteesta on nähtävissä kuvassa 1. Laitoksen tarkempi toimintaperiaate selviää liitteenä 1 olevasta laitoksen PI-kaaviosta.



Kuva 1. Haapamäen lämpölaitos (Vaasan kuljetuskanavat Oy 2012)

### 2.1 Polttoaineen syöttö

Polttoaine puretaan kahdesta 200 m<sup>3</sup>:n kokoisesta betonirakenteisesta sillosta. Molempien pohjassa on neljä tankopurkajaa, joiden liike perustuu hydrauliseen voimansiirtoon. Eri silloissa olevat tankopurkajat ovat eri hydraulipiireissä. Mahdollinen vikatilanne, kuten esimerkiksi hydrauliletkun vuoto, ei siis halvaannuta kuin puolet järjestelmästä.

Tankopurkaimet siirtävät polttoaineen siilosta kolakuljettimelle, joka siirtää polttoaineen stoker-syöttimen välisäiliöön. Stoker-syötin on kolmesta ruuvista koostuva syötin, joka purkaa polttoaineen välisäiliöstä kattilan tulipesään. Giljotiinipelti toimii palosuojana kuljetin- ja syöttöjärjestelmän välissä. (Käyttö- ja huolto-ohje 2012, 3.)

Välisäiliöstä polttoaine siirretään stoker-ruuveilla arinan yläpäähän. Takapalovaaran vuoksi stoker-syöttimessä on automaattinen sprinklerijärjestelmä, joka toimii, jos jonkin ruuvin lämpötila nousee liian korkealle. Ruuvien syöttäessä polttoainetta kattilaan välisäiliön pinta laskee. Pinnan laskiessa tarpeeksi matalalle mikroaaltopintakytkin lähettää tiedon järjestelmälle, joka käynnistää polttoaineen syötön. (Käyttö- ja huolto-ohje 2012, 3, 6.)

Täydellä teholla ajettaessa hakkeen kulutus on n. 2,5 m<sup>3</sup>/h (Pekkanen, sähköpostiviesti 17.3.2014).

### 2.2 Palaminen

Polttoaine saapuu kattilan tulipesään hydraulisesti liikkuvan porrasarinan yläpäähän. Ensiöilma, jonka tarkoitus on polttaa polttoaine, puhalletaan arinan alapuolelta. Automatiikka ohjaa ensiöpuhaltimen kierroslukua menoveden lämpötilan mukaan ja samalla muuttuu stoker-ruuvien pyörimisnopeus. Syöttönopeuden ja palamisilman määrän säätöessä yhdessä, pysyy polttoainepatja koko ajan sopivan paksuisena ja ehtii palaa ennen tuhkarinaa. Alimmilla 2–3 arinarivillä ei saa olla enää palavaa polttoainetta, vaan sen on täytynyt jo palaa tuhkakksi. (Käyttö- ja huolto-ohje 2012, 3, 6.)

Suoraan liekkeihin puhallettava toisioilma säätyy savukaasun jäännöshapen mukaan, jonka kuuluisi olla 3–5 prosenttia parhaan hyötysuhteen aikaansaamiseksi. Jäännöshapen sopivan määrän voi karkeasti päätellä myös savukaasun väristä, sillä parhaalla hyötysuhteella sen tulisi olla harmaata. Mikäli piipusta tulee kellanruskeaa tai mustaa savua, toisioilman määrä on liian pieni. Polttoaineen syöttöä ja puhaltimia säädetään taajuusmuuttajien avulla. (Käyttö- ja huolto-ohje 2012, 3, 6.)

Arinoilta n. 800 asteen lämpöiset palokaasut kulkeutuvat tulipesän kautta kattilan konvektio-osaan, jossa siitä otetaan lämpö talteen. Konvektio-osan jälkeen savukaasun lämpötila on vain 150–200 astetta. Tämän jälkeen savukaasupuhallin puhalttaa palokaasut savukanavaa pitkin savupiippuun. Osan savukaasuista kiertokaasupuhallin palauttaa takaisin arinan jäähdytykseen, näin pystytään hallitsemaan palamislämpötilaa. Toimenpide ei nosta kattilan happipitoisuutta. (Käyttö- ja huolto-ohje 2012, 3.)

### 2.3 Palamisjäte

Lämmön talteenoton jälkeen savukaasu puhdistetaan multisyklonissa, josta savukaasupuhallin puhalttaa sen savukaasukanavan kautta piippuun ja ulos. Multisyklonissa erottautunut lentotuhka putoaa tuhkavesikolakuljettimelle, samaan paikkaan tippuu myös hydraulistoimisen tuhkarinan



työntämä palamisjäte. Veteen tippuessaan palamisjäte jäähtyy, jonka jälkeen kolakuljetin kuljettaa jätteen tuhkalavalle. (Käyttö- ja huolto-ohje 2012, 3.)

Haapamäen laitokselta tuleva tuhkaa voidaan käyttää lannoitteena metsiin. Lannoitteena käytettävä tuhka pitää analysoida vuosittain lain vaatimuksesta. Analyysissä tarkistetaan, että tuhkan sisältämien haitallisten metallien määrä on sallituissa rajoissa. (Pekkanen, sähköpostiviesti 17.3.2014.)

### 2.4 Paisuntajärjestelmä

Paisuntajärjestelmän tarkoitus on taata kaukolämpöverkoston paluupaineen pysyminen tasaisena silloin, kun veden lämpötila ja tilavuus muuttuvat. Painetasoa voidaan säätää ylivirtausventtiilien ja taajuusmuuttajakäyttöisten pumppujen avulla. (Käyttö- ja huolto-ohje 2012, 7.)

Kun verkostossa kiertävän veden lämpötila kasvaa, myös veden tilavuus kasvaa. Tästä johtuen verkoston paine nousee, jolloin ylimääräinen vesi purkautuu ylivirtausventtiilin kautta paisunta-astiaan tasaten paineen entiselleen. Veden lämpötilan laskiessa tilavuus pienenee, jolloin pumput alkavat pumpata paineastiasta lisää vettä verkostoon. Pumppujen toimintaa ohjaa paisuntajärjestelmään kuuluva painemittaus. (Käyttö- ja huolto-ohje 2012, 7.)

Paisuntasäiliössä on veden pinnan alarajamittaus. Mikäli veden pinta laskee alarajan tasolle, esimerkiksi verkostossa olevan vuodon takia, alkaa säiliöön virrata vesijohtoverkosta magneettiventtiilin kautta vettä. (Käyttö- ja huolto-ohje 2012, 7.)

## 3 LAITEPOSITIOIDEN LUONTI

Positioita luotaessa hyödynnettiin Radiki Oy:n tekemiä sähkökuvia sekä valvomon näyttöä. Näistä lähteistä saatiin osalle laitteista, kuten esimerkiksi lähes kaikille moottoreille, taajuusmuuttajille ja antureille, tunnuksat valmiiksi. Suuri osa näistä tunnuksista oli myös valmiiksi merkattu kentällä oleviin laitteisiin. Ongelmana oli kuitenkin se, että tunnuksia ei ollut koottu samaan paikkaan, vaan jokainen oli etsittävä erikseen.

### 3.1 Tunnusten luonti

Tunnusten yhteen kokoamisen jälkeen selvisi, että näytöiltä kootut tiedot eivät aina vastanneet sähkökuvissa vastaavien laitteiden positioita. Nämä virheet merkattiin ylös, jotta ne voitaisiin korjata. Myös sähkökuvissa esiintyi muutamia painovirheitä. Ristiriitatilanteissa valittiin sähkökuvien merkattuja tunnuksia, sillä niissä oli vähemmän virheitä ja ne vastasivat paremmin oikeissa laitteissa olevia merkintöjä. Suurelle osalle laitteista tunnuksat luotiin ensimmäistä kertaa, sillä niillä ei ollut aiempia tunnuksia.

Kattavan laitelistan puutteen vuoksi suoritettiin laitekartoitus. Kartoitus suoritettiin kuvaamalla jokainen laite ja laitekilpi erikseen. Näin saatiin laitteet ja niiden tyypit talteen mahdollisimman tarkasti.

Laitekartoituksen jälkeen aloitettiin tunnusten luonti. Tunnuksien luomisessa ei ollut muita rajoitteita kuin se, että jokaisella laitteella tunnus on yksilöllinen sekaannusten välttämiseksi. Yleisen selkeyden vuoksi tunnuksia luotaessa pyrittiin käyttämään laitteisiin liittyviä loogisia lyhenteitä. Mikäli jonkin laitteen osalle, yleensä moottorille, oli tunnus valmiina, laite nimettiin moottorin tunnusta hyödyntäen. Laitteelle nimettiin sama tunnus kuin moottorille, mutta laitteen tunnuksen eteen lisättiin HP. Esimerkiksi ensiöpuhaltimen tunnus on HP14M01, koska sen moottorin tunnus on 14M01.

### 3.2 Hierarkia

Positioita luotaessa on tärkeää ymmärtää laitteiden hierarkia. On osattava erottaa suuremmat kokonaisuudet toisistaan ja tämän jälkeen sijoitettava pienemmät osat osaksi suurempaa kokonaisuutta. Hierarkia luodaan asettamalla eri asiat eri tasoille.

Tässä työssä käytettiin enimmillään viittä seuraavaa eri tasoa, jotka ovat

- Osasto
- Kustannuspaikka
- Taso 3
- Taso 4
- Taso 5.

Osasto on ylin taso, joka on tässä työssä Haapamäki. Se käsittää koko laitoksen ja on siten kunnossapitojärjestelmässä samalla tasolla kuin esimerkiksi Varissaaren lämpövoimalaitos.

Kustannuspaikka on toiseksi suurin kokonaisuus, joka jakaa laitteet niiden kokonaisuuden kannalta katsotun tehtävän mukaan. Kustannuspaikkoja ovat esimerkiksi polttoaineen syöttö, kattilalaitteet ja puhaltimet.

Loput tasot ovat laitteita ja laitekokonaisuuksia, jotka järjestyvät hierarkian mukaisesti, joko yksittäisiksi laitteiksi tai osaksi toista laitetta. Kuvassa 2 (s. 6) on esitetty pieni osa hierarkian ja laitepositioiden kokoamiseen käytetystä Excel-tilukosta.

# Haapamäen lämpölaitoksen kunnossapitosuunnitelma

	A	B	C	D	E	F	G
1	Osasto	Kust.paikka	Laitetunnus	Nimi	Taso 3	Taso 4	Taso 5
2	Haapamäki	Polttoaineen syöttö	HPTP	Tankopurkain	HPTP		
3	Haapamäki	Polttoaineen syöttö	HYD1	Hydrauliikka 1	HPTP	HPTP-HYD1	
4	Haapamäki	Polttoaineen syöttö	09S06	Hydrauliikka 1 öljyn lämpötila/pintahälytin	HPTP	HPTP-HYD1	HPTP-HYD1-09S06
5	Haapamäki	Polttoaineen syöttö	256B1	Hydrauliikka 1 painelähetin 1	HPTP	HPTP-HYD1	HPTP-HYD1-256B1
6	Haapamäki	Polttoaineen syöttö	258B1	Hydrauliikka 1 painelähetin 2	HPTP	HPTP-HYD1	HPTP-HYD1-258B1
7	Haapamäki	Polttoaineen syöttö	106Y00	Hydrauliikka1 suuntaventtiili 1	HPTP	HPTP-HYD1	HPTP-HYD1-106Y00
8	Haapamäki	Polttoaineen syöttö	106Y02	Hydrauliikka1 suuntaventtiili 2	HPTP	HPTP-HYD1	HPTP-HYD1-106Y02
9	Haapamäki	Polttoaineen syöttö	03M01	Hydrauliikka 1 moottori 1	HPTP	HPTP-HYD1	HPTP-HYD1-03M01
10	Haapamäki	Polttoaineen syöttö	04M01	Hydrauliikka 1 moottori 2	HPTP	HPTP-HYD1	HPTP-HYD1-04M01
11	Haapamäki	Polttoaineen syöttö	HYP1	Hydrauliikka 1 hydraulipumppu 1	HPTP	HPTP-HYD1	HPTP-HYD1-HYP1
12	Haapamäki	Polttoaineen syöttö	HYP2	Hydrauliikka 1 hydraulipumppu 2	HPTP	HPTP-HYD1	HPTP-HYD1-HYP2
13	Haapamäki	Polttoaineen syöttö	SY1	Sylinteri 1	HPTP	HPTP-HYD1	HPTP-HYD1-SY1
14	Haapamäki	Polttoaineen syöttö	SY2	Sylinteri 2	HPTP	HPTP-HYD1	HPTP-HYD1-SY2
15	Haapamäki	Polttoaineen syöttö	SY3	Sylinteri 3	HPTP	HPTP-HYD1	HPTP-HYD1-SY3
16	Haapamäki	Polttoaineen syöttö	SY4	Sylinteri 4	HPTP	HPTP-HYD1	HPTP-HYD1-SY4
17	Haapamäki	Polttoaineen syöttö	SY5	Sylinteri 5	HPTP	HPTP-HYD1	HPTP-HYD1-SY5
18	Haapamäki	Polttoaineen syöttö	SY6	Sylinteri 6	HPTP	HPTP-HYD1	HPTP-HYD1-SY6
19	Haapamäki	Polttoaineen syöttö	SY7	Sylinteri 7	HPTP	HPTP-HYD1	HPTP-HYD1-SY7
20	Haapamäki	Polttoaineen syöttö	SY8	Sylinteri 8	HPTP	HPTP-HYD1	HPTP-HYD1-SY8
21	Haapamäki	Polttoaineen syöttö	TPU1	Tankopurkaja 1	HPTP	HPTP-TPU1	
22	Haapamäki	Polttoaineen syöttö	TPU2	Tankopurkaja 2	HPTP	HPTP-TPU2	
23	Haapamäki	Polttoaineen syöttö	TPU3	Tankopurkaja 3	HPTP	HPTP-TPU3	
24	Haapamäki	Polttoaineen syöttö	TPU4	Tankopurkaja 4	HPTP	HPTP-TPU4	
25	Haapamäki	Polttoaineen syöttö	TPU5	Tankopurkaja 5	HPTP	HPTP-TPU5	
26	Haapamäki	Polttoaineen syöttö	TPU6	Tankopurkaja 6	HPTP	HPTP-TPU6	
27	Haapamäki	Polttoaineen syöttö	TPU7	Tankopurkaja 7	HPTP	HPTP-TPU7	
28	Haapamäki	Polttoaineen syöttö	TPU8	Tankopurkaja 8	HPTP	HPTP-TPU8	
29	Haapamäki	Polttoaineen syöttö	09S00	Ruuhkaraja 1	HPTP	HPTP-09S00	
30	Haapamäki	Polttoaineen syöttö	09S01	Ruuhkaraja 2	HPTP	HPTP-09S01	

Kuva 2. Laitepositiot ja hierarkia

## 3.3 Lisätiedot

Laitepositoiden lisäksi taulukkoon kirjattiin laitteen tyyppi, malli ja valmistaja. Tyypin tarkoitus on jakaa laitteet isompiin kokonaisuuksiin, kuten esimerkiksi antureihin, moottoreihin ja taajuusmuuttajiin. Tällä tavalla halutut laitteet on helpompi löytää järjestelmästä.

Listaan lisättiin myös laitevalmistajien sivuille vieviä internet-linkkejä lisätietojen hakemisen helpottamiseksi. Linkkien lisäksi laitteista koottiin käyttöohjeita ja muita lisätietoja sisältäviä pdf-tiedostoja tulevaisuuden tarpeen varalle.

## 4 HUOLTOSUUNNITELMA

Huoltosuunnitelman teko aloitettiin kartoittamalla laitteiden huoltotarpeita. Huolto-ohjeita sai laitteiden mukana tulleista käyttöohjeista, valmistajien kotisivuilta ja kunnossapitohenkilöstöltä. Lisäksi Varissaaren lämpövoimalaitokselle tehdystä huoltosuunnitelmasta löytyi vastaavia laitteita, joista katsottiin mallia.

Huoltoja suunnitelmassa on 273, mutta koska laitoksessa on monia samantyyppisiä laitteita, samat huollot esiintyvät useaan otteeseen.

ARROW Maint -kunnossapitojärjestelmässä huollot voivat jakautua kolmeen tasoon. Esimerkiksi kuvassa 3 (s. 7) ylimmäinen huolto, ”Tuloilma-puhaltimen huolto”, on valittuna huoltolistasta. Huollon toinen taso on ”osahuolto”. Osahuoltoja voi olla monta erilaista, ja ne voivat koskea eri laitteita. Esimerkiksi, jos päätaso on kalibrointi, osahuoltoina voisi olla 1 ulkoilman lämpömittarin kalibrointi ja 2 menoveden lämpömittarin kalib-

rointi. Osahuollot voivat siis koskea eri kohteita, kunhan niille tehtävä toiminta mahtuu samaan kategoriaan päätason kanssa.

Osahuollosta hiiren oikealla näppäimellä painettaessa aukeaa kohta laitteet, josta painettaessa voidaan tarkastella, mitä laitteita huolto koskee. Näin samat huollot eivät esiinny huoltolistassa moneen kertaan.

Kolmas huoltotaso on ”toimenpide”, jossa esitetään tehtävä toimenpide tarkemmin. Toimenpiteitä voi laittaa yhden osahuollon alle halutun määrän. Joissain tapauksissa voi olla, että huoltoa varten on hyvä olla tarkemmat ohjeet, kuin toimenpidekenttään mahtuu. Tällaisissa tapauksissa toimenpidetason kohdasta ”huolto”, painetaan hiiren oikealla painikkeella ja valitaan ”materiaalit”. Tällöin aukeaa tarkempi selitys, jossa on mahdollisesti selitetty käytettävät materiaalit ja yksityiskohtaisemmat työohjeet.

Kuvan 3 kuvakaappaus on otettu Keuruun Varissaaren lämpövoimalaitoksen huoltolistasta.

The screenshot shows a software window titled 'HUOLLOT' with a menu bar (Tiedosto, Muokkaa, Toiminto, Ulkoasu) and a toolbar. The main area contains two tables. The first table lists maintenance tasks with columns: Huolto, Nimi, and Laite. The second table shows task details with columns: Osahuolto, Selite, Työlaji, Huoltov, Aikayks., Tuntiarv., Kesto, and Tekijä. A third table at the bottom shows task details with columns: Numero, Toimenpide, and Tekijä.

Huolto	Nimi	Laite
16	Tuloilmapuhaltimen huolto	
17	Tuloilmakoneen huolto	
18	Tuloilmakoneen huolto	
19	Lämminilmapuhaltimen huolto	
20	Pussisuodattimen huolto	PUSSISUODIN KLV PRO
21	Hälytysventtiilin koelaukaisu	
??	Kondenssi-venttiilin koelaukaisu	

Osahuolto	Selite	Työlaji	Huoltov	Aikayks.	Tuntiarv.	Kesto	Tekijä
10	Tuloilmapuhaltimen puhdistus	MAÄRÄAIKAINEN KUNNOS	0	Tyyppih.	0	1	
30	SEISOJKKITYÖ Moottorilaakereiden v	VUOSIHUOLTO	0	Tyyppih.	0	1	

Numero	Toimenpide	Tekijä
1	Puhdistu puhaltimen pinnat	

Kuva 3. Huoltokortti ARROW Maint -kunnossapitojärjestelmässä

Seuraavissa luvuissa käsitellään tarkemmin laitoksen laitteita ja niille suunniteltuja huoltoja.

### 4.1 Taajuusmuuttajat

Laitoksessa käytetään Vacon NXL -taajuusmuuttajia ohjaamaan puhaltimia, pumppuja ym. moottorikäyttöisiä laitteita. Vacon NXL on vakiotaaajuusmuuttaja, joka sopii sekä teollisuus- että asuinkiinteistöihin. Sitä on saatavana sekä IP54-suojattuina, että IP21-suojattuina (Vacon Oy 2007, 14).

IP54-suojaus ilmaisee, että laite on pölysuojattu ja kestää vesiroiskeita. IP21-suojatut laitteet puolestaan ovat suojassa yli 12,5 mm suuremmilta kappaleilta sekä pystysuoraan tippuvalta vedeltä. (IP-numeroiden merkitys n.d.)

Haapamäellä on päädytty käyttämään IP21 suojattua mallia, sillä taajuusmuuttajat sijaitsevat suojaisassa teknisessä tilassa, jonka olosuhteet ovat verrattavissa tavalliseen varastotilaan.

Vaconin oman huolto-ohjeen mukaan NXL-taajuusmuuttajat eivät tarvitse normaaleissa olosuhteissa huoltoa. Erikseen kuitenkin suositellaan, että jäähdytyslementti puhdistettaisiin tarpeen vaatiessa. (Vacon Oy 2007, 14.) Koska teknisen tilan ilma on melko puhdasta, huolto-ohjeessa päädyttiin kerran vuodessa suoritettavaan lian ja pölyn poistamiseen.

### 4.2 Kalibroittavat laitteet

Kalibroinnin määritelmä standardin (SFS 5223) mukaan: ”Toimenpiteet, joiden avulla annetuissa olosuhteissa saadaan mittalaitteen, mittausjärjestelmän tai kiintomitan näyttämien arvojen ja mittasuureen vastaavien arvojen välinen yhteys.” (Jaarinen & Niiranen 2005, 18.) Haapamäen tapauksessa kalibrointiväliksi valittiin yksi vuosi, koska sen katsottiin riittävän halutun mittaustarkkuuden ylläpitämiseksi.

#### 4.2.1 PAINELÄHETTIMET

Painelähtimiä laitoksessa on neljää erilaista mallia. Kaukolämpöverkoston ja kattilan paineen mittauksissa käytetään painelähetintä Trafag NAT 10.0A, jonka toimintaa ja teoreettista kalibrointia käsitellään seuraavaksi tarkemmin.

Lähtimen lähtö on 4–20 mA ja sen mittaalue on 0–10 baria. Arvoista voidaan laskea yhtälön 1 mukaisesti, että yhden barin muutos paineessa merkitsee 1,6 mA:n muutosta lähdössä. Valmistajan antama tarkkuus lähtimen täydestä alueesta on ±0,2 prosenttia. (Trafag Oy 2008.)

$$\frac{(20 \text{ mA} - 4 \text{ mA})}{10 \text{ bar}} = 1,6 \text{ mA / bar} \quad (1)$$

Teoreettisesti kalibrointi toimii siten, että lähtimelle syötetään tiedetty paine ja sitä verrataan saatuun lähtöviestin arvoon. Esimerkiksi 5 barin kohdalta kalibroitaessa lähtimelle syötetään varmaksi tiedetty 5 barin paine, jolloin lähdön arvon olisi yhtälön 2 mukaisesti oltava 12 mA.

$$5 \text{ bar} * 1,6 \text{ mA/bar} + 4 = 12 \text{ mA} \quad (2)$$

Kun mukaan lisätään epätarkkuus yhtälöiden 3 (s. 9) ja 4 (s. 9) mukaisesti, tulokseksi saadaan 11,984...12,016 mA. Bareissa esimerkin epätarkkuus on 0,01 baria. Mikäli saadut arvot eivät sovi virhemarginaaliin, lähtetin on viritettävä.

$$(1-0,002) * 5 \text{ bar} * 1,6 \text{ mA/bar} + 4 \text{ mA} = 11,984 \text{ mA} \quad (3)$$

$$(1 + 0,002) * 5 \text{ bar} * 1,6 \text{ mA/bar} + 4 \text{ mA} = 12,016 \text{ mA} \quad (4)$$

Käytännössä kalibrointi suoritetaan kuitenkin kalibraattorilla, joka vertaa syöttämäänsä tarkkaa painetta ja samaansa ulostulon tietoa keskenään automaattisesti. Kalibrointia suorittavan henkilön tehtäviksi jäävät kalibroimiseen vaadittavien kytkentöjen suorittaminen, painelähettimen tietojen syöttäminen kalibraattorille ja tarpeen vaatiessa lähettimen virittäminen.

Painelähetinten kalibrointi ja kalibrointipisteiden valinta tehdään kaikille lähettimille samankaltaisesti suhteutettuna jokaisen mittausalaan ja tarkkuusvaatimuksiin. Joissakin tapauksissa kalibrointipisteitä on enemmän, kun lähettimeltä vaaditaan tarkempia arvoja. Esimerkiksi NAT 10.0 A-lähettimen kalibrointimalliksi valittiin kolmipistekalibrointi, joka suoritetaan kalibroimalla lähetin 0 ja 5 sekä 10 barin kohdista.

Ainoa painelähetin, jonka koko painealaa ei kalibroida, on hydrauliiikan painetta mittaava painelähetin, Trafag NAT 250.0 A. Tässä painelähettimessä kalibrointi lopetetaan 200 bariin, vaikka painealue ylettyy 250 bariin saakka. Yli 200 barin alue jätetään kalibroimatta, sillä hydrauliiikan paine ei nouse missään tapauksessa niin korkealle.

### 4.2.2 Painekeytkimet

Painekeytkin on rajakytkin, joka toimii sille asetetun painerajan ylittyessä. Haapamäen laitoksessa painekeytkimiä käytetään muun muassa kaukolämpöverkon paineen säätöön sekä suojaamaan tulipesän ylipaineelta.

Painekeytkimet testataan kerran vuodessa syöttämällä niille toimintarajan ylittymiseen vaadittava paine. Paine mitataan ja sitä verrataan painekeytkimelle asetettuun arvoon.

### 4.2.3 Lämpötilamittaukset

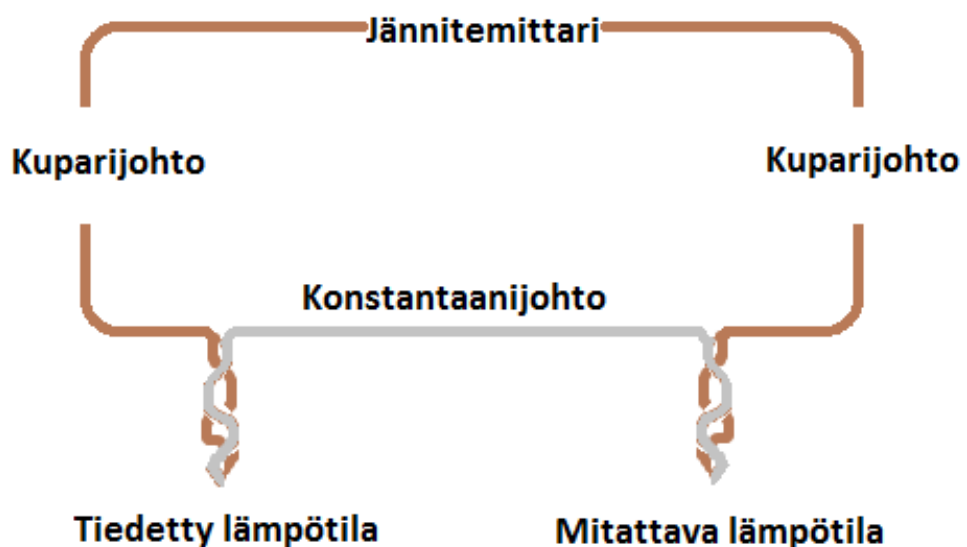
Lämpötilamittaukset ovat tärkeitä laitoksen toiminnan seuraamisen kannalta, mutta niillä on iso merkitys myös laitoksen suoraan toimintaan. Esimerkiksi lähtevän kaukolämpöveden lämpötila säätyy ulkolämpötilan mukaan.

Haapamäen laitoksessa käytetään PT-100-antureita muun muassa huoneiden, ulkoilman ja kaukolämpöveden lämpötilojen mittaamiseen. Anturityyppi on yleinen sen suuren mittausalueen, -250–850 °C, ansiosta (Hietanen 2009, 3).

PT-100 anturi on vastusanturi, joka on valmistettu platinasta. Sen toiminta perustuu platinan resistanssin suurenemiseen lämpötilan kasvaessa. Anturin parhaita puolia on resistanssin kasvun suhteellisen hyvää lineaarisuutta laajalla lämpötila-alueella. (Hietanen 2009, 3.)

Kattilan tulipesän lämpötilan mittaamiseen PT-100 anturia ei voi käyttää, sillä tulipesässä anturin pitää pystyä mittaamaan yli tuhannen asteen lämpötilaa. Siksi tulipesässä käytetään termoelementtianturia, jonka mitta-alue ulottuu 1 200 asteeseen saakka (Nokeval Oy n.d.).

Termoelementtianturin toiminta perustuu kahteen eri metalliin, esimerkiksi kupari ja rauta, jotka ovat liitetty toisiinsa kiinteästi siten, että ne muodostavat silmukan. Kun liitoskohtia pidetään kahdessa eri lämpötilassa, ne muodostavat lämpöparin eli termoelementin. Tällöin silmukkaan kehittyy heikko jännite, joka pystytään mittaamaan herkällä jännitemittarilla. Kun toisen liitoskohdan lämpötila tiedetään, pystytään laskemaan myös toisen liitoskohdan lämpötila jännitteen avulla. Termoelementtianturin kytkentäperiaate on esitetty kuvassa 4. (Heikkinen 2007, 18.)



Kuva 4. Termoelementin kytkentäperiaate

Lämpötilamittausten kalibrointi suoritetaan uunikalibraattorin avulla. Anturi laitetaan uuniin, jonka lämpötila saadaan säädettyä täsmälleen halutuksi. Seuraavaksi halutut kalibrointipisteet käydään lävitse ja anturit viritetään tarpeen vaatiessa.

Hankaluuksia aiheuttaa tulipesän anturi, sillä normaalin uunin lämpötilaa ei saa nostettua tarvittavan korkealle. Tulipesäanturin kalibrointia varten on kaksi vaihtoehtoa: Vuokrataan erikoisuuni, jolla lämpötila saadaan tarpeeksi korkealle tai ostetaan kalibrointi ulkopuoliselta firmalta (Pekkanen, sähköpostiviesti 17.3.2014).

Stoker-ruuvien termostaattien lämpötila-antureita, jotka ohjaavat takapaloa estävien vesiventtiilien toimintaa, ei kalibroida uunissa. Näiden anturien mittaustuloksissa muutaman asteen virheellä ei ole suurta käytännön merkitystä. Riittää, että niiden tarkkuuden tiedetään olevan sellaisella tasolla, ettei lämpötila pääse nousemaan vaaralliseksi. Löysemmästä vaatimustasosta johtuen näiden antureiden tarkkuus testataan mittaamalla pintalämpötila laserpintamittarilla kohdasta, jossa anturi sijaitsee ja vertaamalla sitä anturilta saatuun arvoon.

Kuvassa 5 on vasemmalla kattilan vedenpainelähetin ja oikealla menoveden lämpötilaa mittaava anturi.



Kuva 5. Trafag Nat 10.0 A -painelähetin ja Termotech PT100 -lämpötila-anturi. (Kuva Atte Mönkäre 2013)

#### 4.2.4 Palokaasun happianalysointori

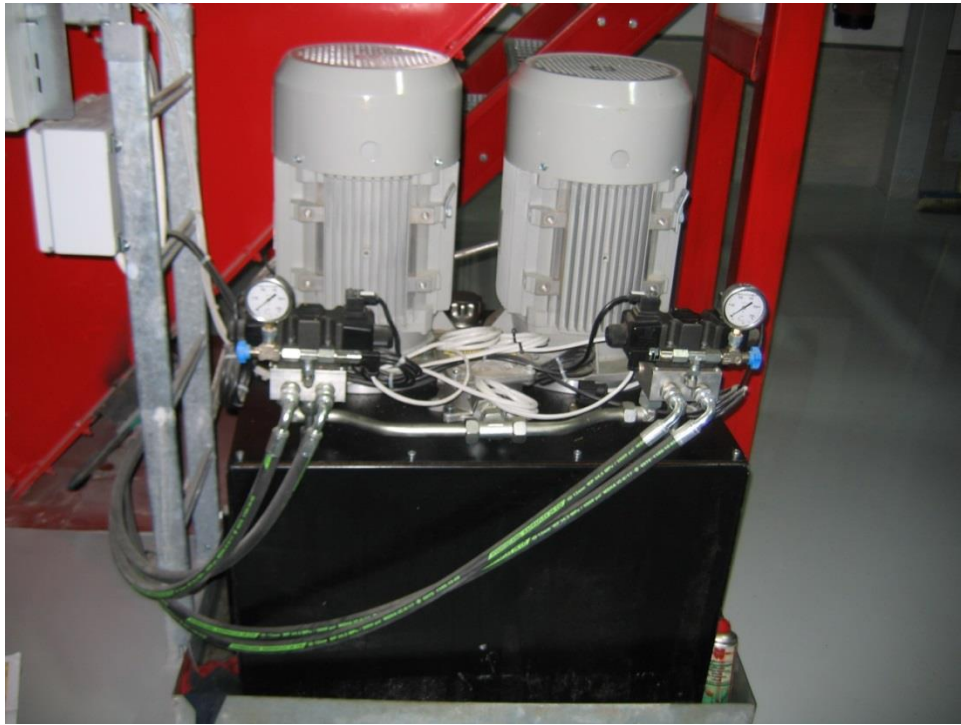
Palokaasun happianalysointorin avulla seurataan savukaasun jäännöshappipitoisuutta. Jäännöshappipitoisuuden seuraaminen on tärkeää hyvän palamistuloksen aikaansaamiseksi. Haapamäen lämpölaitoksessa käytössä olevan ABB:n valmistaman Endura AZ20 -happianalysointorin huollosta ja kalibroinnista vastaa ABB:n oma henkilöstö kerran vuodessa.

#### 4.3 Hydrauliikka

Laitoksessa on kaksi hydraulikoneikkoa, joista toinen on tankopurkaimien ja toinen arinoiden sekä giljotiinipellin voimansiirtoa varten.

Tankopurkaimien voimansiirrosta vastaava hydraulikoneikko on kuvassa 6 (s. 12). Sillä on kaksi 11 kW:n moottoria, joista kumpikin vastaa neljän tankopurkajan liikkeestä. Koneikossa on siis kaksi toisistaan riippumatonta piiriä, joilla ei ole muuta yhteistä, kuin sama öljysäiliö. Tällä tavalla polttoaineen syöttö siilosta kolakuljettimelle on turvattu, vaikka toinen piiri olisi epäkunnossa.





Kuva 6. Tankopurkaimien hydraulikoneikko (Kuva: Atte Mönkäre 2013)

Toisen hydraulikoneikon moottorit ovat vähäisemmän voiman tarpeen vuoksi pienemmät. Arinakoneikon voimansiirto toimii 2,2 kW:n moottorilla ja giljotiinipellin toiminnasta vastaa 0,55 kW:n moottori. Samaan tapaan kuin toisessa koneikossa, molemmat moottorit hoitavat oman piirinsä toimintaa. Piirien eriävän tehtävän vuoksi kaksinkertaista varmistusta ei kuitenkaan ole.

Hydraulisylintereitä järjestelmässä on yhteensä 11. Kahdeksan tankopurkaimilla, yksi giljotiinipellillä ja kaksi arinakoneikkoa varten. Niiden nivellaakerit rasvataan kuukauden välein ja samalla tarkistetaan niiden kiinnitykset.

Hydrauliikalle suoritetaan kuuden kuukauden välein yleisen kunnan tarkastus, joka sisältää öljyn määrän, laadun ja lämpötilan sekä suotimien puhtauden tarkistamisen.

Vuosittain tarkastetaan moottoreiden kunto silmämääräisesti ja kokeillaan, etteivät kiinnitykset ja kytkennät ole päässeet löystymään. Tarvittaessa suoritetaan värähtelymittaukset.

Öljynvaihto, öljyn pinta- sekä lämpötila-hälyttimen testaus, suodatuselementtien vaihto ja säiliön pesu ovat suurempia huoltoja, jotka suoritetaan kesäseisokin aikana.

#### 4.4 Tankopurkaimet

Tankopurkain on laite, jonka tehtävä on purkaa polttoaine kolakuljettimelle. Se koostuu siilojen pohjissa olevista tankopurkajista, joita on molemmissa siiloissa neljä kappaletta. Tankopurkajia liikuttavat hydraulitoimiset

sylinterit, ja kuten hydraulikoneikkoja käsittelevässä luvussa 4.3 mainittiin, sillojen purkajat ovat eri piirissä. Polttoaineen liiallisen syötön kolakuljettimelle estävät ruuhkarajoina toimivat rajakytkimet.

Tankopurkaimen laakerit voidellaan puolen vuoden välein ja samalla sen rajakytkimet tarkistetaan.

Kesäseisokin aikaan silot ovat tyhjiä, tällöin tarkistetaan tankopurkajien kunto ja suoritetaan niiden korjaus tarpeen vaatiessa.

### 4.5 Kolakuljetin

Kolakuljetin on 4 kW:n vaihdemoottorilla toimiva kuljetin, jonka tehtävänä on kuljettaa hake tankopurkaimilta giljotiinipellille.

Sen sujuvan toiminnan takaamiseksi kolakuljettimen laakereille päätettiin valita kahden kuukauden voiteluväli.

Neljän kuukauden välein kolakuljettimen ketju rasvataan kaatamalla öljyä ketjun päälle. Öljy suojaa ketjua kulumiselta ja ruosteelta.

Kerran vuodessa tarkastetaan kolakuljettimen kolien, kiskojen, ja pohjan kuluneisuus, mekaaniset vauriot, ketjupyörät ja ketjut. Lisäksi kolakuljettimen ketju täytyy kiristää, koska se löystyy vuoden käytön aikana.

Kolakuljettimeen kuuluu kaksi ruuhkarajaa ja pyörintävahti. Nämä kolme ovat induktiivisia antureita, ja niiden toiminta testataan kerran vuodessa. Antureista etenkin ruuhkarajojen testaus on tärkeää, sillä niiden vika voi jäädä piileväksi ilman testausta.

Lisäksi kolakuljettimen vaihdemoottori vaatii huoltoa kahden vuoden välein. Vaihdemoottoreiden huoltoa käsitellään tarkemmin luvussa 4.17 SEW-Eurodrive-vaihdemoottorit.

### 4.6 Giljotiinipelti

Giljotiinipelti on kolakuljettimen purkupään ja välisäiliön välissä oleva hydraulitoiminen pelti, joka pudottaa polttoaineen välisäiliöön. Pelti toimii ilmalukkona ja palosuojana kuljetin- ja syöttöjärjestelmän välissä. (Käyttö- ja huolto-ohje 2012, 3.)

Giljotiinipellissä on kaksi induktiivista anturia, joista toinen ilmaisee pellin olevan auki ja toinen sen olevan kiinni. Anturit ovat vastaavia kuin kolakuljettimen anturit, mutta giljotiinipellin antureiden liitäntä on toteutettu liittimellä, mikä nopeuttaa antureiden vaihtamista. Näiden anturien toiminta testataan kerran vuodessa.

Myös pellin mekaaninen toiminta tarkistetaan kerran vuodessa. Tarkistukseen sisältyy liukukiskojen kunnan, pellin sulkeutumisen ja yleisen toiminnan tarkistus.

#### 4.7 Välisäiliö

Välisäiliöstä polttoaine jakautuu kolmelle stoker-ruuville. Sillä on oma rajakytkin, joka ohjaa polttoaineen syöttöä siiloista säiliöön, mutta reaaliaikaista pinnanmittausta ei ole.

Välisäiliön tilavuus on melko pieni, joten jos polttoaineen syöttöön tulee ongelmia, ei varakapasiteettiä juuri ole. Täydellä teholla ajettaessa hakkeen kulutus on 2,5 m<sup>3</sup>/h, joten n. 1 m<sup>3</sup>:n kokoinen välisäiliö tyhjenee parissakymmenessä minuutissa. (Pekkanen, sähköpostiviesti 17.3.2014.)

Välisäiliön mikroaaltopintakytkimen toimintakunto tarkistetaan kerran vuodessa. Vaikka pintakytkimen toiminta on kriittinen, sen tarkistus useammin on tarpeetonta. Kytkin joko toimii tai ei toimi ja sen vikaantumisen huomaa välittömästi. Siksi vuosittaisessa tarkistuksessa kiinnitetäänkin enemmän huomiota kytkimen yleiseen kuntoon, kuten esimerkiksi johdinten kiinnitykseen. Kytkimen vikaantuessa polttoaineen syöttö alkaa nopeasti kangerrella, sillä kytkin ohjaa polttoaineen syöttöä siilosta välisäiliöön saakka.

#### 4.8 Stoker-syötin

Stoker-syöttimessä on 3 ruuvia, jotka siirtävät polttoaineen välisäiliöstä tulipesän arinan yläpäähän. Ruuvien pyörimisnopeus säätyy ensiöpuhallin 1:n mukaan. (Käyttö- ja huolto-ohje 2012, 3.)

Takapalovaaran vuoksi stoker -ruuvien suojakuorissa on termostaattien lämpötila-anturit. Lämpötilan noustessa liian korkealle, sprinklerijärjestelmä sumuttaa vettä hakkeen joukkoon.

Stokerin laakerit voidellaan kahden kuukauden välein. Lisäksi stoker -ruuveja pyörittävät vaihdemootorit vaativat säännöllistä huoltoa. Niiden huolto on selitetty tarkemmin luvussa 4.17 SEW-Eurodrive vaihdemootorit.

#### 4.9 Kattila

Kaukolämpövesi lämmitetään 2 MW:n tehoisella LAKA PS -porrasarina kattilalla.

Kattilassa on automaattinen paineilmanuohous. Pidemmällä aikavälillä kattilan lämmitysteho alkaa kuitenkin heiketä, sillä paineilmanuohous ei ole manuaalisen veroinen. Tämän vuoksi kattila nuohotaan käsin 3–6 kuukauden välein.

Kattilaa manuaalisesti nuohottaessa se täytyy pysäyttää kolme tuntia ennen nuhousta, jotta polttoaine ehtii palaa arinalta loppuun ja liekki sammua. Nuohous suoritetaan kattilan päältä harjaamalla konvektio-osa. Savukaasupuhallin on päällä koko ajan, jotta nuohouksen vuoksi pollyvävä tuhka kulkeutuu tuhka-altaaseen. Kaikki tuhka ei kuitenkaan mene tuhka-

altaaseen vaan valuu pohjalle. Pohjalle kasautunut tuhka poistetaan konvektio-osan luukkujen kautta. Arinalle kerääntynyt tuhka varistetaan tuhkakuljettimelle ja suuremmat kappaleet poistetaan. (Käyttö- ja huolto-ohje 2012, 7.)

Palamistapahtuma kärsii, mikäli kattilan luukut vuotavat. Siksi niiden tiiveys tarkistetaan vuosittain.

### 4.10 Arina

Arinahydrauliikka siirtää polttoainetta palamisarinan portaalta toiselle, jotta palaminen tapahtuisi mahdollisimman tasaisesti. Arinan loppuosaa kutsutaan tuhka-arinaksi sillä viimeisille portaille mennessä polttoaineen kuluu olla jo palanut kokonaan tuhkaksi (Käyttö- ja huolto-ohje 2012, 7).

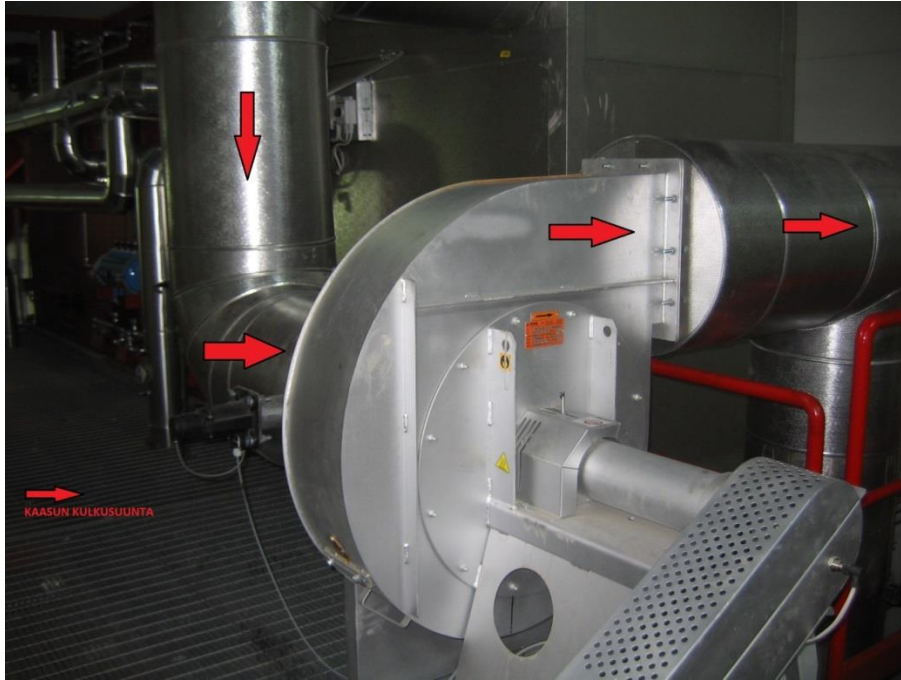
Arinahydrauliikka jakautuu kahteen osaan siten, että yläosan ja alaosan arinat ovat samassa piirissä, mutta eri suuntaventtiilin takana. Omat suuntaventtiilit mahdollistavat polttoaineen liikuttamisen eri tahtiin ylä- ja alaosassa.

Arinan huoltoihin kuuluu kuukausittainen arinarautojen tarkastus. Lisäksi tarkastetaan, etteivät sylinterien kiinnitykset ole löystyneet ja että arinoiden liikerata kulkee rajalta rajalle. Myös arinan alapuoli tarkastetaan, ettei sinne ole päässyt vuotamaan palamatonta polttoainetta.

Kolmen kuukauden välein voidellaan arinoiden laakerit ja puolen vuoden välein arinan alapuoli puhdistetaan imuroimalla sinne pudonnut jäte pois. Lisäksi arinoille tehdään täydellinen tarkastus kerran vuodessa. Siinä käydään läpi arinoiden kuluneisuus ja muurausten kunto ja arinaraudat irrotetaan ja puhdistetaan.

### 4.11 Kattilan puhaltimet

Kattilassa käytetään taajuusmuuttajaohjattuja radiaali- eli keskipakopuhaltimia. Standardin UNI EN ISO 13349 kohdassa 3.6.1 mukaan keskipakopuhallin määritellään ”puhaltimeksi, jossa ilma kohtaa siipipyörän aksiaalisessa suunnassa tämän kanssa ja lähtee pois päin tämän akselin kanssa kohtisuoraan suuntaan”. Puhaltimen toiminta on esitetty kuvassa 7 (s. 16). (F.lli Ferrari Ventilatori Industriali S.p.A 2013, 11.)



Kuva 7. Keskipakopuhaltimen toiminta, kuvassa on kiertokaasupuhallin. (Kuva: Atte Mönkäre 2013)

Kattilassa on

- kaksi ensiöpuhallinta
- toisiopuhallin
- kiertokaasupuhallin
- savukaasupuhallin.

Ensiöpuhaltimet puhaltavat ensiöilman, jolla polttoaine poltetaan. Automaattikka säättää niiden kierroslukua menoveden lämpötilan mukaan. Syötettävän polttoaineen määrä säätyy samalla, sillä ensiöilma- ja polttoainemäärän täytyy olla sopivassa suhteessa, jotta polttoainepatja saadaan pidettyä sopivan korkuisena. (Käyttö- ja huolto-ohje 2012, 6.)

Toisiopuhallin puhaltaa toisioilman suoraan liekkiin, jotta jäljelle jääneet palavat kaasut palaisivat täydellisesti. Toisioilman määrä ohjautuu savukaasun jäännöshapen mukaan, jonka kuuluisi olla 3...5 prosenttia parhaan mahdollisen hyötysuhteen saamiseksi. (Käyttö- ja huolto-ohje 2012, 3, 6.)

Kiertokaasupuhallin on puhallin, joka kierrättää osan savukaasuista takaisin arinan jäähtytykseen, tällä tavalla pystytään hallitsemaan palamislämpötilaa (Käyttö- ja huolto-ohje 2012, 3). Rakenteellisesti kiertokaasupuhaltimen erottaa ensiö- ja toisiopuhaltimista sen hihnan avulla tapahtuva voiman siirto.

Savukaasupuhaltimen tehtävä on puhaltaa savukaasut piipun kautta ulos. Kiertokaasupuhaltimen tapaan se on hihnakäyttöinen. Kierto- ja savukaasupuhaltimen hihnakäyttöisyys perustuu hihnakäyttöisten puhaltimien

edullisempaan hintaan. Ensiö- ja toisiopuhaltimet ovat pienempi kokoisia, minkä takia hinta jää suorakäyttöisyydestä huolimatta huokeammaksi.

Kaikille puhaltimille yhteisiä huoltoja ovat siipipyörän kuluneisuuden tarkastus, siipipyörän puhdistus, suodattimen puhdistus, ja moottorin vuositarkastus (F.Ili Ferrari Ventilatori Industriali S.p.A 2013, 136). Lisäksi ulkopuolinen firma suorittaa kaikille kattilan puhaltimille värähtelymittaukset kolmen kuukauden välein.

Huollot on määritelty F.Ili Ferrarin omassa keskipakopuhaltimien huolto-ohjeissa. Huoltovälit ovat riippuvaisia puhaltimen käytön raskaudesta. Käytön raskaus on jaettu kolmeen kategoriaan: korkea, keskitaso ja matala. Käyttäjän päätettäväksi jää mihin kategoriaan oma puhallin kuuluu, sillä ohjeissa ei ole annettu erikseen käyttötuntimäärää käytön raskauden määrittämiseen. (F.Ili Ferrari Ventilatori Industriali S.p.A 2013, 136.)

Puhaltimien käytönraskaudeksi arvioitiin keskiraskas, poikkeuksena kiertokaasupuhallin jonka huoltovälit määritettiin matalan käytönraskauden mukaan. Matalan käyttöasteen vaikutus huoltoväliin keskiraskaaseen verrattuna on kaksinkertainen huoltoväli (moottorin vuositarkastusta lukuun ottamatta). Esimerkiksi siipipyörän ja suodattimen puhdistusväli on keskiraskaalla kolme kuukautta ja matalalla käytöllä kuusi kuukautta. (F.Ili Ferrari Ventilatori Industriali S.p.A 2013, 136.)

Hihnakäyttöisille kierto- ja savukaasupuhaltimille tulee yhteisten huoltojen lisäksi hihnan kireyden tarkastus, laakereiden voitelu ja pyörintävahdin toiminnan tarkastus. Kiertokaasupuhaltimen huolloilla on kaksinkertainen huoltoväli näissäkin huolloissa savukaasupuhaltimeen verrattuna. Ainoana poikkeuksena pyörintävahdin testaus, joka tehdään molemmissa tapauksissa kerran vuodessa. (F.Ili Ferrari Ventilatori Industriali S.p.A 2013, 136.)

### 4.12 Lämminilmapuhaltimet

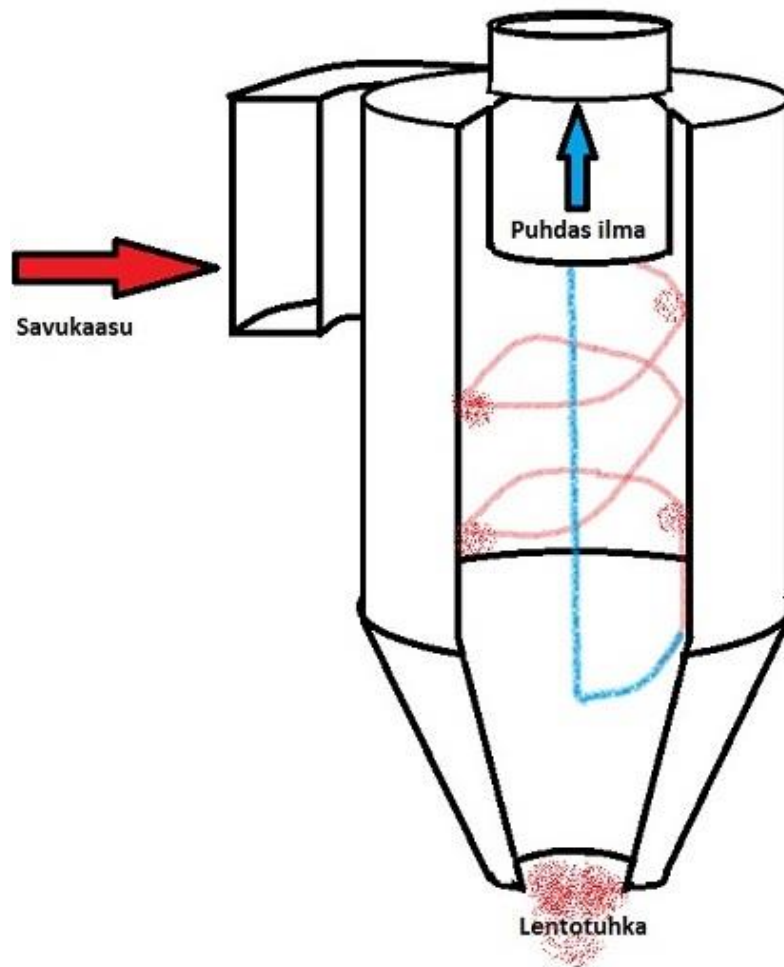
Rakennuksen kattilasalin lämmittämistä varten on kaksi Kojan valmistamaa lämminilmapuhallinta. Lämminilmapuhaltimet ovat seisokin aikaista käyttöä varten, sillä laitoksen toimiessa ylimääräistä lämpöä ei tarvitse kattilasaliin tuottaa. Molemmilla puhaltimilla on omat huoneilman lämpötilaa aistivat termostaatit, jotka ohjaavat puhaltimien toimintaa.

Lämminilmapuhaltimet huolletaan kerran vuodessa. Huollot ovat lähinnä yleisiä tarkastuksia ja puhdistuksia. Niiden epäkriittisen merkityksen vuoksi termostaatteja ei tarvitse kalibroida, riittää, että niiden toiminta testataan kerran vuodessa.

### 4.13 Multisykloni

Multisykloni on useista sykloneista koostuva laite, jonka tehtävä on erottaa lentotuhka savukaasuista. Haapamäen laitoksessa erotettu tuhka putoaa

suoraan tuhkavesikolakuplettijelmälle. Yksittäisen syklonin toiminta on selvitetty kuvassa 8.



Kuva 8. Syklonin toiminta

Syklonissa savukaasu saatetaan pyörivään liikkeeseen, jolloin keskipakoisvoima ja hitausvoimat aiheuttavat hiukkasten ajautumisen virtauksen ulkoreunalle. Reunalla hiukkaset törmäävät syklonin seinämiin ja liukuvat sitten pohja-aukosta ulos. (Ohlström, Tsupari, Lehtilä & Raunemaa 2005, 18–19.)

Syklonin tehokkuutta parantavat kierrosten lukumäärää ja keskipakoisvoimaa kasvattavat tekijät sekä seinien sileys. Mitä sileämmät seinät syklonissa on, sitä paremmin hiukkaset liukuvat säiliöön. Parhailta sykloneilla voidaan saavuttaa 98 prosentin erotusaste hiukkasille, joiden halkaisija on yli 5  $\mu\text{m}$ , tavallinen erotusaste on kuitenkin noin 90 prosenttia yli 10  $\mu\text{m}$ :n hiukkasille. (Ohlström ym. 2005, 19–20.)

Sykloneita valmistetaan halkaisijaltaan noin 10 cm:stä useaan metriin. Syklonin erotuskyky kuitenkin heikkenee halkaisijan kasvaessa. Ilmiön takia valmistetaan multisykloneita. Multisyklonissa samaan savukaasun tulo- ja poistoyhteeseen asennetaan useita pikkusykloneja, joiden erottamat hiukkaset tippuvat samaan paikkaan. (Ohlström ym. 2005, 19.)

Pudotusputkeen kertynyt tuhka poistetaan kolmen kuukauden välein, tiiveys tarkastetaan kerran vuodessa ja erotinsyklonien kuluneisuus kolmen vuoden välein. Multisyklonissa ei ole liikkuvia osia, joten se on lähes huoltovapaa.

### 4.14 Kompressori

Kompressori kehittää paineen automaattista paineilmanuohousta varten. Sen huoltoihin kuuluu viikoittainen lauhdeveden poisto paineilmasäiliöstä, kerran kuukaudessa tarkistettava öljymäärä ja vetohihnojen kireys sekä ilmansuodattimen puhdistus. Lisäksi kompressorin öljy vaihdetaan kerran vuodessa.

### 4.15 Tuhkavesikolakuljetin

Tuhkavesikolakuljetin on kattilan alla oleva kuljetin, joka kuljettaa arinoita ja multisyklonista tippuneen jätteen tuhkalavalle. Sen laakerit voidellaan puolen vuoden välein (Käyttö- ja huolto-ohje 2012, 13).

Vuosihuoltona tarkistetaan kolakuljettimen liitosten, laakerien yms. tiiveys, kiristetään kuljettimen ketju, testataan pyörintävahdin, pintarajan ja täyttöventtiilin toiminta sekä mitataan veden pH. Veden pH-arvon olla yli seitsemän, sillä hapan vesi syövyttää kuljettimen rakenteita. Veteen lisätään kalkkia nostamaan pH:ta, mikäli mitattu arvo on liian matala. Lisäksi kolien kunto tarkastetaan kahden vuoden välein ja ne vaihdetaan tarvittaessa. (Käyttö- ja huolto-ohje 2012, 13.)

Kolakuljettimella on SEW-Eurodriven moottori, jonka huoltoa käsitellään tarkemmin luvussa 4.17 SEW-Eurodrive-vaihdemoottorit.

### 4.16 Tuhkalava

Palamisjäte siirtyy kolakuljettimelta tuhkalavan etuosaan. Lavan tasaisen täyttymisen takaa moottoritoiminen ”lasta”, joka työntää keräytyvän kasan huippua tuhkalavan takaosaan. Tuhkalavan takaosan yläreunassa on pelti, jonka kasautuva tuhka nostaa ylös. Rajakytkin reagoi pellin nousuun, jolloin ylärajahälytys toimii. Kolakuljetin pysähtyy ja käynnistyy vasta, kun lava on tyhjennetty ja hälytys kuitattu.

Tuhkalava tyhjennetään täyttymisen mukaan ja palamisjäte käytetään lannoitteena metsiin.

Tuhkalavan pintarajakytkin pysäyttää aktivoituessaan tuhkavesikolakuljettimen. Tällä tavalla pystytään estämään tuhkalavan täyttyminen yli äyräiden. Rajan toiminta testataan vuosittain, sillä lava tyhjennetään välillä jo ennen pintarajan aktivoitumista. Tämän vuoksi pintarajan toiminnassa oleva vika voi jäädä piileväksi.



Tuhkakasan tasaajan moottorina toimii SEW-Eurodriven moottori, jonka huoltoa käsitellään tarkemmin luvussa 4.17 SEW-Eurodrive-vaihdemoottorit.

### 4.17 SEW-Eurodrive-vaihdemoottorit

Haapamäen laitoksessa on kuusi vaihdemoottoria, joista kaikki ovat saksalaisen vaihdemoottorivalmistaja SEW-Eurodriven toimittamia. Vaihdemoottoreita käytetään kolakuljettimen, stoker-ruuvien, tuhkalavan ja tuhkakolan liikuttamiseen. Moottorivalmistajan oman huolto-ohjeen mukaan moottori on tarkastettava 10 000 käyttötunnin välein. 10 000 käyttötuntia on noin 417 vuorokautta, joten sopivaksi tarkastusväliksi valittiin kaksi vuotta. 10 000 käyttötuntia ei kahdessa vuodessa ehdi laitoksessa käytetyille vaihdemoottoreille tulla, mutta kaksi vuotta on ajanjaksona niin pitkä, että moottorit on hyvä tarkastaa.

Tarkastukseen sisältyy liitäntäkaapelin kunnan tarkastus, akselitiivisteiden vaihto ja jäähdytysilmakanavien puhdistus. Lisäksi ohjeessa neuvotaan tarkastamaan ja tarvittaessa vaihtamaan vierintälaakerit. Laakereiden tarkastus on kuitenkin jätetty tästä huollosta pois, sillä Keuruun Lämpövoima Oy on ostanut ulkopuolisen palvelun, joka suorittaa värähtelymittaukset neljästi vuodessa Varissaaren laitoksessa ja Haapamäellä. Värähtelymittauksien tuloksista nähdään laakerien kunto, joten sitä ei tarvitse erikseen selvittää. (SEW-Eurodrive Oy 2011, 76.)

Vaihteosan tarkastus on suoritettava puolen vuoden välein. Tarkastukseen kuuluu öljyn laadun ja määrän tarkastus ja silmämääräinen tiivisteiden kunnan tarkastus. Lisäksi momenttituella varustetuissa vaihteissa tarkastetaan kumivaimennin ja se vaihdetaan tarvittaessa. Haapamäen laitoksella ainoastaan tuhkalavan moottori on varustettu momenttituella. (SEW-Eurodrive Oy 2010, 63.)

### 4.18 Shunttiventtiili

Shunttiventtiili sekoittaa osan verkostosta palaavasta paluuedestä kattilasta tulleen menoveden joukkoon, näin pystytään säätämään lähtevän kaukolämpöveden lämpöä. Sekoitussuhde määräytyy ulkolämpötilan mukaan. Shunttiventtiilin ääriasennot ajetaan läpi kerran vuodessa, mutta käytännössä se on täysin huolto vapaa.

### 4.19 Verkoston pumput

Laitoksessa on neljänlaisia verkostoon liittyviä pumppuja. Yhteensä verkostoon liittyviä pumppuja on kuusi kappaletta.

**Kiertovesipumput** vastaavat kaukolämpöveden kierrättämisestä laitoksesta käyttökohteisiin. Pumppuja on kaksi kappaletta ja niiltä vaadittu tilavuusvirta on 72 m<sup>3</sup>/h per pumppu. Kriittisen tehtävän vuoksi käytössä on kahdennettu järjestelmä, eli toisen pumpun käydessä toinen on varalla.

Pumppujen toiminta vuorottelee 48 tunnin välein. Vuoropohjaisen toiminnan ansiosta pysytään selvillä koko ajan molempien pumppujen toimintakyvystä, eikä piileviä vikoja pääse syntymään.

**Sekoituspumppu** pumppaa osan menovedestä takaisin paluuveden joukkoon, jotta paluuvesi saadaan halutun lämpöiseksi. Näin saadaan estettyä eri lämpöisten lämpötilakerrosten muodostuminen.

**Sivuvirtaussuodattimen pumppu** pumppaa veden suodattimen lävitse, joka poistaa kaukolämpöveden mahdolliset epäpuhtaudet.

Paisuntajärjestelmään kuuluvat kaksi **paineenkorotuspumppua** ovat normaalitilassa pysähdyksissä. Verkoston lämpötilan jäähtyessä veden tiilavuus pienenee, tällöin painekeytkimen ohjaamat pumput käynnistyvät ja pumppaavat vettä paisuntasäiliöstä verkkoon, kunnes paine palaa säädetylle tasolle. Paineenkorotuspumput on kuvattu kuvassa 9, niiden takana näkyy punainen paisuntasäiliö. (Käyttö- ja huolto-ohje 2012, 7.)

Mainittu toiminta on esimerkki rajojen avulla toimivasta ohjauksesta. Toinen mahdollisuus on suorittaa pumppujen ohjaus asetusarvon avulla, jolloin pumput pyrkivät pitämään paineen koko ajan asetusarvon mukaisena. (Hietanen, sähköpostiviesti 17.4.2014.)



Kuva 9. Paineenkorotuspumput (Kuva: Atte Mönkäre)

Kaikkien pumppujen moottorit tarkastetaan kerran vuodessa. Tarkastuksessa todetaan silmämääräinen kunto ja kokeillaan, etteivät kiinnitykset ja kytkennät ole päässeet löystymään. Lisäksi pumpuille ja niiden moottoreille tehdään värähtelymittaukset 3 kk:n välein. Paineenkorotuspumpuille ei muita huoltoja tarvitse tehdä, ellei vikoja ilmene.

Muiden pumppujen staattiset tiivisteet ja akselintiivisteet tarkastetaan neljän kuukauden välein vuotojen varalta.

Joustavan kytkimen avulla estetään vääntöväärhtelyn syntymistä. Sen takia joustavat osat tarkistetaan vuosittain ja vaihdetaan tarvittaessa. Muita vuosihuoltoja ovat suodattimien puhdistukset sekä siipipyörän ja kotelon välysten mittaaminen. Sallitun välityksen ylittyessä pumppuun asennetaan uusi rakorengas. (KSB Oy 2009, 39.) Lisäksi kiertovesipumppujen laakerit voidellaan kahden vuoden välein.

### 4.20 Viemäripumppu

Viemäripumppu KSB Ama-Porter on käsitelty erillään verkoston pumppuista sen täysin erilaisen tehtävän vuoksi. Se sijaitsee laitoksen alimmaisessa kerroksessa, tankopurkainten hydraulisynteritilassa olevassa jätevesikaivossa. Viemäripumppu on uimurin ohjaama ja sen tehtävä on pitää kaivon pinnan korkeus sopivana.

Viemäripumpun omien ohjeiden mukaan pumppu on huollettava, joko 4 000 käyttötunnin tai vuoden välein. Laitoksen viemäripumpun huoltovälikäsi päätettiin vuosi, sillä sen käyntiaika ei täytä 4 000 tuntia vuodessa.

Johdinten pään ja maadoituksen välinen eristysvastus mitataan, mikäli kaikki on kunnossa, mittaustulos on 1 MΩ tai enemmän. Eristysvastuksen mittauksen lisäksi pumppu puhdistetaan, sille suoritetaan silmämääräinen tarkastus ja mahdollisesti vioittuneet osat vaihdetaan uusiin. Lisäksi liukurengastiivisteiden voitelu suoritetaan vuoden välein. (KSB Oy 2013, 34, 35.)

Ama Porterin huolto-ohjeessa kehoitetaan suorittamaan viiden vuoden välein ”täyskorjaus”. Tarkempaa selitystä täyskorjaukselle ei kuitenkaan ole annettu, joten viiden vuoden välein on suoritettava tarkempi arvio pumpun kunnosta ja sen tarvitsemasta huollosta. Pumpun kunnan tarkastuksen jälkeen päätetään kannattaako pumppua huoltaa vai onko viisaampaa vaihtaa koko pumppu uuteen. (KSB Oy 2013, 34.)

### 4.21 Paloturvallisuuslaitteet

Laitoksessa on Lisimar Oy:n valmistama Protec Algo-Tec™ 6300 **paloilmoitinjärjestelmä**. Järjestelmä suorittaa hälytyksen tarpeen vaatiessa ja keskuksen näytöltä nähdään mikä ilmaisinsäilytyksen aiheuttaa.

Protec Algo-Tec™ 6300 järjestelmä on suunniteltu oppimaan vastaanottamansa tiedon pohjalta. Esimerkiksi, jos ilmaisinsäilytyksen tasaisella aikavälillä, järjestelmä mukautuu likaantumiseen nostamalla hälytystoleranssia. Samalla tavalla järjestelmä reagoi huonelämpötilan luonnolliseen nousuun. Tämä järjestelmän kyky mukautua vallitseviin olosuhteisiin vähentää väärin hälytysten määrää. Järjestelmä ei kuitenkaan mukautu loputtomiin, esimerkiksi likaantumiseen, vaan tietyn kynnyksen ylittyttyä se ilmoittaa ilmaisimen tarvitsevan huoltoa. (Lisimar Oy n.d, 4.)

Kuukausittain testataan järjestelmän toimintakunto, tekemällä ”valehälytys”, joka päättyy Keuruun Varissaaren lämpövoimalaitoksen keskusvalvomoon. Oikeatkaan hälytykset eivät mene suoraan aluehälytyskeskukseen, joten hätätilanteissa palohälytyksen suorittaa keskusvalvomossa vuorossa oleva työntekijä.

Automaattiset palonilmaisulaitteistot on Suomen lain mukaan tarkastettava laitteistosta riippuen kolmen tai viiden vuoden välein (Inspecta Oy n.d).

Tästä syystä Haapamäen laitoksen palonilmoitinjärjestelmälle suoritetaan kolmen vuoden välein määräaikaistarkastus. Tarkastuksen suorittaa Turvatekniikkakeskuksen hyväksymä tarkastuslaitos Inspecta Oy.

Kattilahuoneessa on neljä automaattisesti avautuvaa **savunpoistoluukku**a. Niiden toiminta testataan puolen vuoden välein kahdella tapaa. Ensimmäisessä testissä luukkujen avautuminen ja sulkeutuminen testataan savunpoistonlaukaisukeskuksen laukaisupainiketta ja luukkujen sulkunappia painamalla.

Toisessa testissä testataan, että luukut aukeavat myös savutunnistimien avulla. Savutunnistimelle tuotetaan vaadittava määrä savua, jolloin luukkujen tulee aueta n. 20 sekunnissa. Toimenpiteen voi toistaa muutamalla tunnistimella, jolloin tulee samalla testattua savutunnistimien toimivuus.

### 4.22 Varavoimageneraattori

Sähkökatkojen varalta laitoksella on oma 80 kW:n tehoinen, dieselkäyttöinen varavoimageneraattori. Varavoimageneraattori tarkkailee koko ajan sähkönlaatua ja käynnistyy, mikäli verkon syöttämän sähkönlaatuun tulee häiriöitä. Häiriötilanteiden jälkeen verkon syöttämän sähkön on oltava 40 minuuttia moitteetonta, ennen kuin generaattori sammuu.

Varavoimageneraattorin tärkeän tehtävän vuoksi sen toiminta testataan kuukausittain käynnistämällä se puolen tunnin ajaksi sen vieressä sijaitsevasta ohjausyksiköstä. Ohjausyksikkö näkyy kuvan 10 (s. 24) oikeassa laidassa. Samalla tarkastetaan moottoriöljyn, jäähdytysnesteen ja akkunessteen pinnan korkeus sekä ilma-suodattimen ja välijäähdyttimen puhtaus. Säännöllisillä tarkastuksilla pyritään pitämään generaattorin toimintavarmuus mahdollisimman korkeana.



Kuva 10. Varavoimageraattori (Kuva: Atte Mönkäre)

Vuosittain vaihdetaan moottoriöljy, öljy- ja polttoainesuodatin. Tarkistettava on myös generaattorin muiden suodattimien, kuten esim. ilmasuodattimen, puhtaus ja laturin sekä tuulettimen hihnojen kireys ja kunto. Lisäksi jäähdytysneste vaihdetaan kahden vuoden välein.

### 4.23 Poistoimuri

Laitoksen siilotilan katossa on poistoimuri, jonka toiminta ohjautuu siilon lämpötilan mukaan. Poistoimuri kierrättää ilmaa ja vähentää samalla hakeen mukana tulevaa kosteutta.

Huolto-ohjeen mukaisesti poistoimuri täytyy tarkistaa ja puhdistaa 1–2 kertaa vuodessa. Huomiota on kiinnitettävä etenkin siipipyörään, jonka jokainen siipi on huolellisesti puhdistettava epätasapainon syntymisen välttämiseksi. (Koja Oy 2011, 3.)

Haapamäen tapauksessa riittäväksi huoltoväliksi valittiin yksi kerta vuodessa, sillä imurin toiminta on laitoksen toiminnan kannalta epäkriittinen, eikä lievä tehon aleneminen siten aiheuta ongelmia.

### 4.24 Ilmalämpöpumppu

Sähkökaappien komponentit tuottavat yhdessä huomattavan määrän lämpöä. Sen takia sähköhuoneeseen on asennettu ilmalämpöpumppu, jonka tarkoituksena on pitää lämpötila viileänä ylikuumentumisen välttämiseksi.

Ilmalämpöpumpun suodatin puhdistetaan alkuun kerran kuukaudessa. Sähkötilan ilma on kuitenkin melko puhdasta, joten on hyvin mahdollista, että huoltoväliä tullaan tulevaisuudessa pidentämään.

### 4.25 Hätä-seis

Laitoksessa on kuusi hätä-seis-painiketta ja yksi hätä-seis-pysäytys, joka toimii turvavaijerista nykäisemällä. Yksi hätä-seis on koko laitokselle, kolme polttoaineen syötölle ja kolme kattilalle. Yksi polttoaineen syötön hätä-seiseistä on vaijeritoiminen. Vaijeri on sijoitettu kolakuljettimen vierelle, jotta se on koko ajan käden ulottuvilla. Jokaisen hätä-seisin toiminta testataan vuosittain.

### 4.26 GSM-hälytyskeskus

GSM-hälytyskeskus lähettää hälytyksen tullessa ilmoituksen sille annettuihin puhelinnumeroihin. Keskus lähettää tekstiviestin ja soittaa vielä perään, jotta hälytys tulee varmasti huomioiduksi. Viestissä ei lue hälytyksen syytä, koska GSM-hälytys on lähinnä varajärjestelmä. Hälytyksen tärkeimmät tiedot päätyvät Keuruun Varissaaren valvomoon.

Hälytyskeskuksen toiminta testataan kerran vuodessa syöttämällä 24 VDC jännite hälytyksen aiheuttavalle kärjelle.

### 4.27 Turvalokeskus

Turvalokeskuksen tarkoitus on pitää turvalat kuten hätäpoistumistien ilmoittavat opasteet aina valaistuina. Keskukseen toiminta on tärkeää etenkin sähkökatkojen aikana. Sen takia turvalajojärjestelmän toimintaa testataan kolmen kuukauden välein pitämällä turvalat tunti pelkkien akkujen varassa.

### 4.28 Keskukset

Laitoksessa on paljon erilaisia sähkökomponentteja sisältäviä kaappeja, esimerkiksi varavoimageneraattorin ohjauskaappi, sähköpääkeskus ja edellisessä kappaleessa käsitelty turvalokeskus.

Isommat kaapit keräävät sisälleen pölyä, joten niiden ilmanvaihtoaukot puhdistetaan kahden vuoden välein, joko imurilla imien tai paineilmalla puhaltaen. Tällä tavalla pidetään ilmanvaihto kunnossa ja vältetään keskusten ylikuumentuminen. Lisäksi keskuksille suoritetaan lämpökuvaus kerran vuodessa mahdollisten vikojen löytämiseksi.

### 4.29 Turvalukitusjärjestelmä

Turvalukitusjärjestelmä eli TLJ on automaattisesti toimiva järjestelmä, jonka tehtävä on turvata laitoksen turvallinen toiminta vikatilanteissa. Esimerkiksi kattilan mennessä ylikuumenemiseen TLJ pysäyttää polttoaineen syötön ja sammuttaa puhaltimet savukaasupuhallinta lukuun ottamatta. Puhaltimien sammuminen vähentää kattilan hapen määrää, jolloin tuli pesässä hiipuu ennen kuin lämpö pääsee nousemaan vaaralliselle tasolle. Savukaasupuhallin jää kuitenkin päälle, jotta savu kulkisi yhä kokonaisu-

nessaan piipusta ulos. Yleensä TLJ:n toiminnot ajavat laitoksen alas ja vaativat käyttäjän puuttumista asiaan ennen kuin laitoksen voi ajaa uudelleen ylös. Turvalukitusjärjestelmän toimivuus testataan kerran vuodessa käymällä kaikki sen piiriin kuuluvat vikatilat lävitse.

#### 4.30 Lakisääteiset tarkastukset

Kauppa ja teollisuusministeriön päätöksessä (953/1999) 2. luvun 3 §:ssä määritellään rekisteröintivelvolliset painelaitteet. Koska Haapamäen kiinteän polttoaineen kattila täyttää rekisteröintivaatimukset, sille on lain mukaisesti suoritettava myös määräaikaistarkastukset.

Ensimmäinen määräaikaistarkastus laitteistolle suoritettiin laitoksen käyttöönoton yhteydessä, koska lain mukaan rekisteröintiä vaativa painelaite on ilmoitettava rekisteröitäväksi ensimmäisessä määräaikaistarkastuksessa (KTMp 953/1999 2:4§).

Säännöllisistä määräaikaistarkastuksista seuraavaksi vuorossa on vuoden 2015 alussa suoritettava Kauppa ja teollisuusministeriön päätöksen (953/1999) 4. luvun 13 §:n mukainen kattilan käyttötarkastus. Kattilan käyttötarkastus suoritetaan kahden vuoden välein ja se sisältää myös varoventtiileiden koestukset.

Lisäksi kattilalla suoritetaan Kauppa ja teollisuusministeriön päätöksen (953/1999) 4. luvun 14 §:n mukainen sisäpuolinen tarkastus neljän vuoden välein ja saman luvun 15 §:n mukainen painekoe kahdeksan vuoden välein. Tarkastukset on käsitelty tarkemmin taulukossa 1. Tarkastukset suorittaa Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (Tukes) hyväksymä tarkastuslaitos.

Taulukko 1. Lakisääteiset huollot (Tukes 2000, 2)

	Toimenpide	Tavallinen aikaväli	
		Painesäiliöt	Kattilat
Ensimmäinen määräaikaistarkastus	Tarkastetaan, että painelaite voidaan ottaa turvallisesti käyttöön	Käyttöönoton yhteydessä	Käyttöönoton yhteydessä
Käyttötarkastus	Käyttöä vastaavissa olosuhteissa tarkastetaan, että painelaitteen ja sen käytön osalta asiat ovat kunnossa	4 vuotta	2 vuotta
Sisäpuolinen tarkastus	Laite tyhjennetään, puhdistetaan ja sen kunto tarkastetaan perusteellisesti	4 vuotta	4 vuotta
Määräaikainen painekoe	Tehdään painekoe ja tutkitaan mahdollisia vuotoja ja muodonmuutoksia	8 vuotta	8 vuotta
Muutostarkastus	Kunto ja turvallisuus tarkastetaan korjausten ja erilaisten muutosten yhteydessä	Tarvittaessa	Tarvittaessa

## 5 VARAOSALUETTELO

Kunnossapidon kannalta on tärkeää tietää vallitseva varaosatilanne. Sen takia yksi osa työstä oli varaosien luettelointi ja niiden järjestäminen selkälaiseen muotoon, että ne voidaan syöttää osaksi kunnossapitojärjestelmää.

Varaosaluettelo jakautui kahden tyyppisiin osiin, niihin jotka varastossa ovat valmiina ja niihin joita varastossa ei ole, mutta saadaan nopeasti hankittua. Tulevaisuudessa varastoon hankittaneen lisää varaosia kertyvien käyttökokemusten perusteella.

### 5.1 Varastossa olevat varaosat

Ensimmäisessä vaiheessa selvitettiin, mitä Haapamäen laitokseen liittyviä varaosia varastosta löytyy. Selvitystyö oli melko nopeasti tehty, sillä varastotavaran määrää pyritään pitämään mahdollisimman vähäisenä turhien hankinta- ja varastointikulujen välttämiseksi. Varastossa on ainoastaan pienempää käyttötavaraa, kuten esimerkiksi painelähettimeä, ja induktiivisiä kytkimiä.

Olemassa olevien varaosien selvityksen jälkeen tiedot syötettiin Excel-  
taulukkoon. Taulukon sarakkeet ovat:

- Koodi
  - o Varaosan järjestysnumero kunnossapitojärjestelmässä.
- Varaosan nimi
  - o Osasta yleisesti käytettävä nimi, esim. painelähetin.
- Tyyppi/malli
  - o Osan tarkka tyyppi.
- Ryhmä
  - o Kertoo osan lajin, esimerkiksi lähettimet, hihnat.
- Luokka
  - o Ylin taso joka jakaa osat mekaanisiin ja sähköisiin osiin.
- Varaosan laitteet
  - o Kertoo laitteiden positiot joihin osat käyvät.
- Valmistaja
  - o Varaosan valmistanut yritys.
- Sijainti
  - o Mihin varaosa on varastoitu.
- Hälytysraja
  - o Kun varaosien määrä varastossa laskee rajalle, ohjelma ilmoittaa asian.
- Saldo
  - o Samanlaisten osien määrä varastossa.
- Yksikkö
  - o Varaosista puhuttaessa aina kpl.
- Lisätieto 1
  - o Kertoo sanallisesti mihin laitteisiin positio liittyy, pelkän position sijaan.
- Lisätieto 2.
  - o Linkki internetsivustolle, jossa kerrotaan osasta tarkemmin.



## 5.2 Mahdollisesti tarvittavat varaosat

Varaosalistaan lisättiin erilaisten sähköisiä komponentteja sisältävien kaappien kuten esimerkiksi sähkökaappien ja ohjauskaappien sisältö. Tämä tehtiin, jotta vaihdettavat komponentit olisi vikatilanteissa helppo selvittää. Selkeyden takia luettelointi tehtiin varaosien puolelle. Komponentteja listattaessa ”varaosan laitteeksi” laitettiin osan sisältävä kaappi, esimerkiksi moottorikeskus, eikä laitetta, johon osa liittyy.

Kaappien sisältöä listattaessa kuvattiin ensin kaikki kaapit ja niiden sisältö siten, että jokaisen komponentin merkki ja malli selviää kuvasta. Tämän jälkeen tarkasteltiin olemassa olevia sähkökuvia ja verrattiin niitä valokuviiin. Näillä kahdella toimenpiteellä saatiin mahdollisimman hyvin oikeat komponentit selville, sillä ne täydensivät toisiaan. Kuvan ollessa epäselvä, sähkökuvista saatiin varmistus asialle, vaikka työtä tehdessä sähkökuvista paljastui muutamia virheitä.

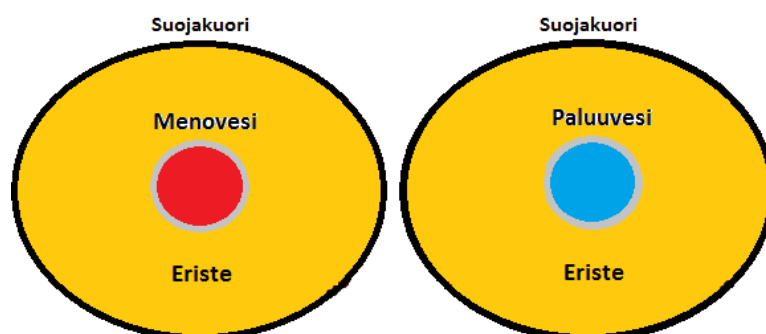
Tietojen keräyksen jälkeen tiedot syötettiin samaan taulukkoon olemassa olevien varaosien kanssa. Erona oli, että sijainti-kohta jätettiin tyhjäksi, hälytysrajaksi asetettiin nolla ja lisätieto 1:n kohdalle laitettiin, montako kappaletta samaa osaa kussakin kaapissa on.

Listasta on helppo katsoa, mitä komponentteja missäkin on, ja mitkä ovat yleisiä. Yleisyyden ja komponenttien kriittisyyden perusteella voidaan tulevaisuudessa miettiä, pitäisikö joitain hankkia varmuuden vuoksi valmiiksi varastoon.

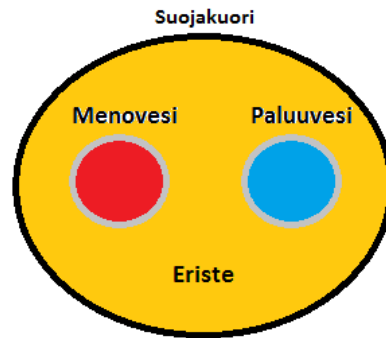
## 6 KAUKOLÄMPÖVERKOSTON POSITIOINTI

Haapamäen kaukolämpöverkostolle luotiin positiot, koska niitä ei ennestään ollut olemassa. Lisäksi verkostosta luotiin Excel-pohjainen kaavio positioiden tulkitsemisen helpottamiseksi ja verkoston rakenteen selkeyttämiseksi.

Haapamäen alueella on kahden tyyppistä putkea MPukia ja 2MPukia, joista MPuk on yleisempi. Numero 2 tyyppin alussa tarkoittaa, että meno ja paluuvesi kulkevat omissa eristeissään (kuva 11), jos numeroa ei ole, molemmat putket kulkevat samassa eristeessä (kuva 12, s. 29). MPukin etu on sen edullisempi hinta ja helpompi toteutus.



Kuva 11. 2MPuk



Kuva 12. MPuk

Loppuosa tyyppin tulkitaan siten, että M tarkoittaa polyeteenistä suojakuorta, Pu polyuretaanivaahdosta koostuvaa eristettä ja k sitä, että putket ovat kiinni eristyksessä (Energiateollisuus ry 2006, 4).

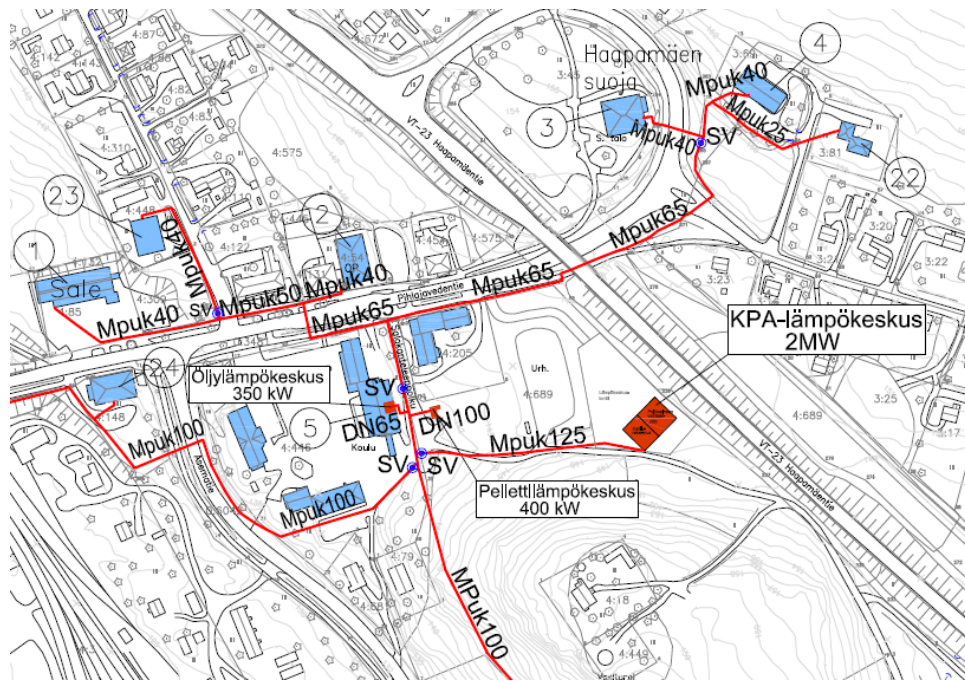
## 6.1 Positiointi

Kaukolämpöverkoston positiointi, eli putkien ”osoitteiden” luonti, aloitettiin tutkimalla Haapamäen taajaman karttaa, johon on merkattu putkilinjat, putkien koot, sulkuventtiilit ja kaukolämmön piiriin kuuluvat kiinteistöt. Tältä pohjalta aloitettiin positioiden ja hierarkian luonti.

Ylimmäiseksi tasoksi valittiin HPKV, joka sisältää koko Haapamäen kaukolämpöverkon. Tämä on järjestelmässä samalla tasolla muun muassa Haapamäen lämpölaitoksen kanssa.

Toisella tasolla verkosto jaettiin kolmeen pääalueeseen pohjoiseen, läntiseen ja eteläiseen. Pohjoinen lyhennettiin P:ksi, läntinen L:ksi ja eteläinen E:ksi, koska Arrow Maint -kunnossapitojärjestelmässä position pituus on rajattu 30 merkkiin. Ilman lyhenteitä 30 merkkiä tulisi nopeasti täyteen, eri tasojen yhdistymisen myötä.

Pohjoinen ja läntinen ovat alueena niin yksinkertaisia, että ne ovat käyviä sellaisenaan. Sen sijaan eteläinen alue pilkottiin vielä viiteen alueeseen, jotka sijoittuvat siis tasolle kolme. Kuvassa 13 (s. 30) MPuk125 ja siitä ylöspäin oleva osio on kokonaan pohjoista aluetta, lukuun ottamatta vasemmalle lähtevää MPuk100 runkolinjaa joka kuuluu läntiseen alueeseen. Kuvasta alaspäin menevä putki on osa eteläistä aluetta.



Kuva 13. Haapamäen kaukolämpöverkosto

Aluejaon jälkeen siirryttiin putkitasolle. Putkitasolta valittiin ensin runkoputket, jotka muodostavat seuraavan tason. Runkoputkien positiot nimettiin putken tyyppin ja halkaisijan mukaan, esim. MPuk100. Runkoputket määriteltiin siten, että kaikki putket, jotka eivät ole talohaaroja, ovat runkoputkia. Tällä tavoin positiot onnistuttiin pitämään mahdollisimman yksinkertaisina, lyhyinä ja helposti tulkittavina.

Runkoputkien positioimisen jälkeen seuraavalle tasolle kuuluvat runkoputkissa olevat sulkuventtiilit ja talohaarat. Runkoputkia luettiin putken alusta verkoston laidalle päin ja sulkuventtiilit positioitiin sitä mukaa, kun niitä tuli kartalta vastaan. Esimerkiksi, jos runkoputkessa on 3 sulkuventtiiliä, ensimmäinen on SV1 toinen SV2 ja kolmas SV3. Talohaarojen positiointi suoritettiin samalla tavalla. Talohaarojen putkien tiedot merkattiin lisätietoihin merkkien säästämiseksi. Mikäli talohaarassa itsessään on sulkuventtiili, se merkattiin seuraavalle tasolle sen haaran alle.

Positioiden luonnin jälkeen putket, haarat ja sulkuventtiilit nimettiin siten, että nimestä on helppo tulkita niiden sijainti. Useimmiten nimet luotiin teiden nimien pohjalta ja esimerkiksi talohaarat nimettiin suoraan kiinteistön osoitteen mukaan.

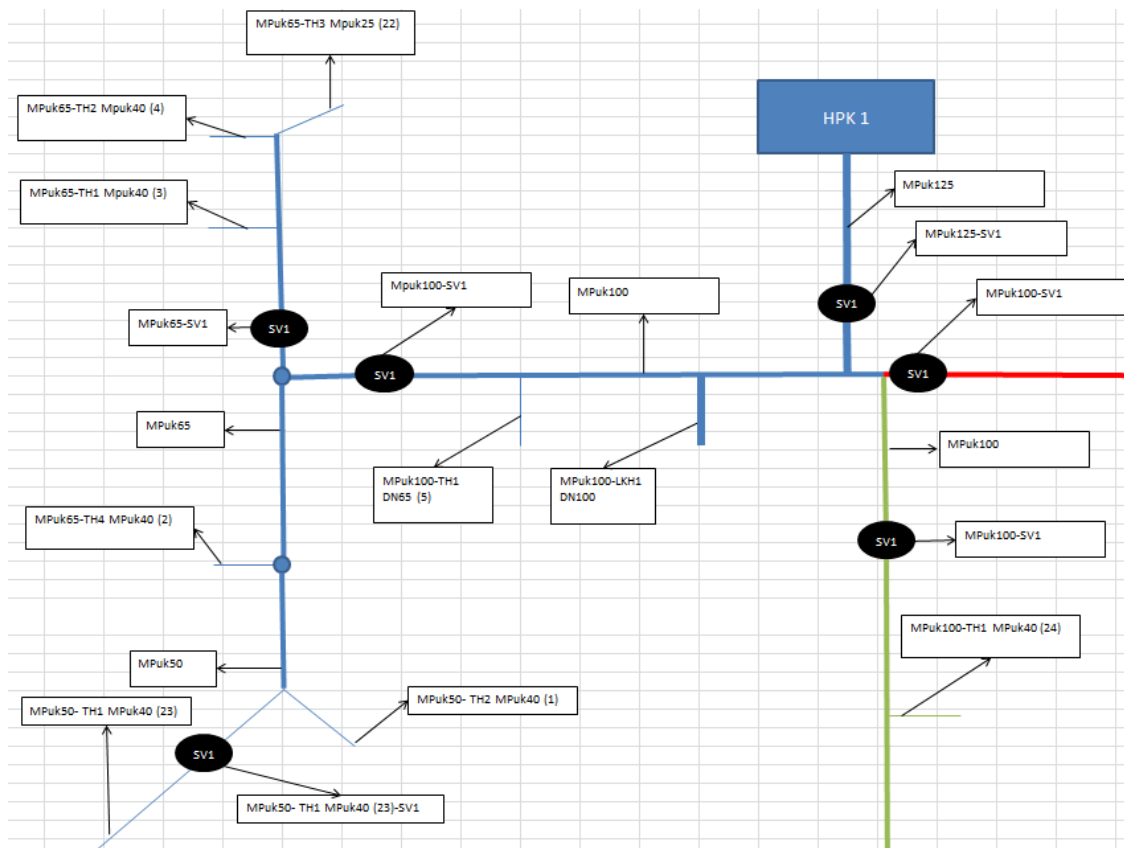
## 6.2 Kaavio

Verkoston positioinnin tulkittamiseksi siitä luotiin lisäksi Excel-pohjainen kaavio. Kaavion luonnissa kartta ”riisuttiin” sellaiseen muotoon, että kaikki turhat mutkat ja mittasuhteet poistettiin. Kaavion päätarkoitus on, että siitä pystyy nopeasti näkemään putkien ja sulkuventtiilien riippuvuussuhteet. Kaavioon on merkitty myös positiot omille paikoilleen, mikä helpottaa niiden tulkittamisessa.

Runkolinjat merkittiin vahvemalla viivalla ja talohaarat ohuemalla.  
Kuvassa 14 on selitetty kaavion merkinnät ja kuvassa 15 on pieni osa kaaviota.

Merkkien selitykset:	
Sulkuventtiili	
Runkoputken koko vaihtuu	
Pohjoinen verkko	
Läntinen verkko	
Eteläinen verkko	
Terveysaseman seutu	
Aseman seutu	
Kaskikankaan ympäristö	
Teollisuusalue 1	
Teollisuusalue 2	

Kuva 14. Kaavion merkien selitykset



Kuva 15. Kuvan 13 (s. 30) alue kaaviomuodossa

## 7 POHDINTA

Työn tavoitteena oli luoda kattava kunnossapitosuunnitelma Keuruun Lämpövoima Oy:n uusimmalle lämpölaitokselle, sekä luoda Haapamäen alueen kaukolämpöverkostolle positiot.

Työhön lähdettäessä tekijällä ei ollut minkäänlaista kokemusta kunnossapidosta ja positioinnin tietouskin perustui lähinnä muutamiin yksinkertaisiin oppitunneilla tehtyihin harjoituksiin. Lähtöasetelmista johtuen työn alkuun pääseminen vei oman aikansa ja ensimmäiset viikot menivät lähinnä materiaalia hankkiessa sekä työn sisältöä määriteltäessä. Materiaalin ja tiedon karttuessa kokonaiskuva alkoi vaihe kerrallaan hahmottua ja siten työskentely muuttui määrätietoisemmaksi.

Ensimmäisessä työvaiheessa suoritettavat kuvaukset olisi kannattanut hoitaa toisella tavalla. Kuvauksessa käytettiin vanhaa digikameraa, jonka resoluutio aiheutti useaan otteeseen hankaluuksia. Lisäksi yleiskuvia olisi täytynyt ottaa enemmän, jotta kokonaisuuden hahmottaminen olisi ollut helpompaa. Jälkikäteen ajateltuna paras työväline tuossa kohtaa olisi ollut korkean resoluution omaava älypuhelin, sillä internetiin pääseminen laitoksella ollessa olisi helpottanut monen laitetyypin määrittämisessä.

Positioinnin suorittaminen kuvien pohjalta onnistui melko hyvin ja käsitys hierarkian rakentamisesta vastasi päällisin osin myös työnantajan näkemyksiä. Etenkin positiointivaiheessa työn tekemistä helpotti edellisinä kesinä hankittu työkokemus, jonka ansiosta laitteistosta ja sen toiminnasta oli yleiskäsitys valmiina.

Huoltosuunnitelman tekeminen oli koko työn suuritöisin osuus. Aiemmat kokemukset huolloista perustuivat vaihdemoottoreiden öljynvaihtoon, joten taustatietoa siltä saralta ei juuri ollut. Ongelma ei ollut, ettei tietoa olisi, se vain täytyi ensin löytää.

Huolloista pääsi parhaiten alkuun selaamalla kaikki arkistoista löytyvät valmistajien käyttöohjeet ja listaamalla niitä sitä mukaa ylös. Samantyyppisiä laitteita tarkastellessa pystyi välillä hyödyntämään eri laitevalmistajien huolto-ohjeita ja etenkin Varissaaren lämpövoimalaitoksen huolto-ohjelman tutkiminen osoittautui hyödylliseksi. Suurin osa tarvittavasta tiedosta löytyi kuitenkin valmistajien omilta kotisivuilta. Lisäksi kunnossapitohenkilökunnan ammattitaito huoltojen suunnittelussa ja suunnitelmien varmistamisessa oli tärkeää.

Lopputuloksena syntynyt suunnitelma vaatii todennäköisesti jatkossa hieman muokkausta käyttökokemusten osoittaessa, mitä huoltovälejä voi pidentää tai mitä pitää lyhentää. Kokonaisuudessaan suunnitelmaan voi olla melko tyytyväinen, sillä sen rungon varaan on tulevaisuudessa helppo rakentaa.

Varaosaluettelon tekemisessä kameraongelma vielä korostui, sillä pienikokoisempia sähkökomponentteja kuvattaessa tarvittiin vakaata kättä ja yksityiskohtaisia kuvia. Varaosien kohdalla merkittävänä apuna olivat

keskuksista olemassa olevat sähkökuvat, joiden pohjalta pystyi tarkistamaan suttuisempien kuvien tietoja. Sähkökuviin ei kannattanut kuitenkaan aina sokeasti luottaa, sillä niissä esiintyi muutamia virheitä. Yksi työn opettavaisimpia asioita oli sähkökuvien ja muidenkin tietojen kriittisen tulkitsemisen oppiminen. Lisäksi oli huojentavaa huomata, että myös ammattilaiset tekevät välillä virheitä.

Haapamäen kaukolämpöverkon positiointi oli omalla tavallaan selkein ja mukavin osio työstä. Kaukolämpöverkoston lukeminen oli helppoa ja hierarkian päättely helppoa, etenkin laitoksen positiointiin verrattuna. Kaukolämpöverkoston muuttaminen kaaviomuotoon sujui sekin vaivatta ja oli mukava huomata työntekoon tulleen hieman rutiinia ja kokemusta, jolla pystyi ratkomaan ongelmallisempia kohtia.

Kokonaisuudessaan työn lopputulokseen voi olla melko tyytyväinen ja uskon sen täyttäneen myös Keuruun lämpövoima Oy:n odotukset.

## LÄHTEET

- Energiateollisuus ry. 2006. Kaukolämpö- ja kaukojäähdytysverkoston dokumentointi. Viitattu 13.4.2014.  
<http://energia.fi/sites/default/files/suositusl92006.pdf>
- F.lli Ferrari Ventilatori Industriali S.p.A. 2013. Keskipakopuhaltimet. Varoitukset ja käyttöohjeet. Käännös alkuperäisestä kielestä.
- Heikkinen, T. 2007. Lämpölaajenemislaitteiston modernisointi. Helsingin ammattikorkeakoulu. Tekniikan ja liikenteen toimiala. Viitattu 9.3.2014. Insinööriyö. <http://www.doria.fi/handle/10024/37277>
- Hietanen, T. 2009. Lämpötilamittausten kalibrointi. OAMK. Tekniikan yksikkö. Automaatiotekniikan laboratorio.
- Hietanen, T. 17.4.2014. VS:Opinnäytetyö. Vastaanottaja Atte Mönkäre. [Sähköpostiviesti] Viitattu 20.4.2014.
- Inspecta Oy. n.d. Palonilmaisulaitteistojen tarkastus. Viitattu 11.4.2014. <http://www.inspecta.com/fi/Palvelut/Tarkastus/Palo-ja-pelastustoimen-turvallisuustarkastukset/Palonilmaisulaitteistojen-tarkastus/>
- IP-numeroiden merkitys. n.d. Sähköturvallisuuden edistämiskeskus. Viitattu 9.3.2014.  
[http://www.stek.fi/sahkoturvallisuus/sahkolaitteiden\\_ip\\_luokitus/fi\\_FI/ip\\_numeroiden\\_merkitys/](http://www.stek.fi/sahkoturvallisuus/sahkolaitteiden_ip_luokitus/fi_FI/ip_numeroiden_merkitys/)
- Jaarinen, S. & Niiranen, J. 2005. Laboratorion analyysitekniikka. 5. painos. Helsinki: Edita.
- Keuruun lämpövoima Oy. 2013. Avoimet ovet Haapamäen hakelaitoksella. Haapamäki. 25.10.2013. Keuruun lämpövoima Oy. Esite.
- Keuruun Lämpövoima Oy. n.d. Haapamäen voimalaitos. Viitattu 20.1.2014. <http://www.keuruunsahko.fi/lampovoima/tuotanto/haapamaen-lampokeskus>
- Koja Oy. 2011. Hifek 03-12 ATEX -huippuimuri Asennus-,käyttö- ja huolto-ohje. Tampere.
- KSB Oy. 2009. Käyttö-/asennusohje Etanorm. Frankenthal.
- KSB Oy. 2013. Uppopumppu Ama Porter Käyttö-/asennusohje. Frankenthal.
- KTMP, Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös painelaiteturvallisuudesta nro 953/1999. 18.10.1999.
- Käyttö- ja huolto-ohje. 2012. Vaasan Kuljetuskanavat Oy. [Sisäinen dokumentti]

Lismar Oy. n.d. Protec Algo-Tec™ 6300. Interaktiivinen, digitaalinen, osoitteellinen paloilmoitinjärjestelmä. Viitattu 11.4.2014. [http://www.lismar.fi/pdf/6300\\_Brochure\\_FI%2011.23.pdf](http://www.lismar.fi/pdf/6300_Brochure_FI%2011.23.pdf)

Lämmöntuotanto Keuruulla. n.d. Keuruun Lämpövoima Oy. Viitattu 18.3.2014. <http://www.keuruunsahko.fi/lampovoima/tuotanto>

Nokeval Oy. n.d. K-termoelementti. Viitattu 9.3.2014. [http://www.nokeval.com/products.php?product\\_id=395&sid=26&mid=10&family=36&language=finnish](http://www.nokeval.com/products.php?product_id=395&sid=26&mid=10&family=36&language=finnish)

Ohlström, M., Tsupari, E., Lehtilä, A. & Raunemaa, T. 2005. Pienhiukkaspäästöt ja niiden vähentämismahdollisuudet Suomessa. VTT Tiedotteita. Viitattu 25.3.2014. Saatavissa VTT julkaisut tietokannassa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2005/T2300.pdf>

Pekkanen, J. 17.3.2014. Vs:Arrow. Vastaanottaja Atte Mönkäre. [Sähköpostiviesti]. Viitattu 18.3.2014.

SEW-Eurodrive Oy. 2010. Asennus- ja käyttöohje. Vaihteet, tyyppisarjat R..7, F..7, K..7, S..7, SPIROPLAN® W

SEW-Eurodrive Oy. 2011. Käyttöohje. Kolmivaihemootorit DR.71-225, 315.

Trafag Oy. 2008. 8251 Industrial Pressure Transmitter NAT. Viitattu 8.3.2014. [http://wexon.fi/sites/default/files/pdf/trafag\\_nat-\\_a\\_ ja \\_v\\_sarja.pdf](http://wexon.fi/sites/default/files/pdf/trafag_nat-_a_ ja _v_sarja.pdf)

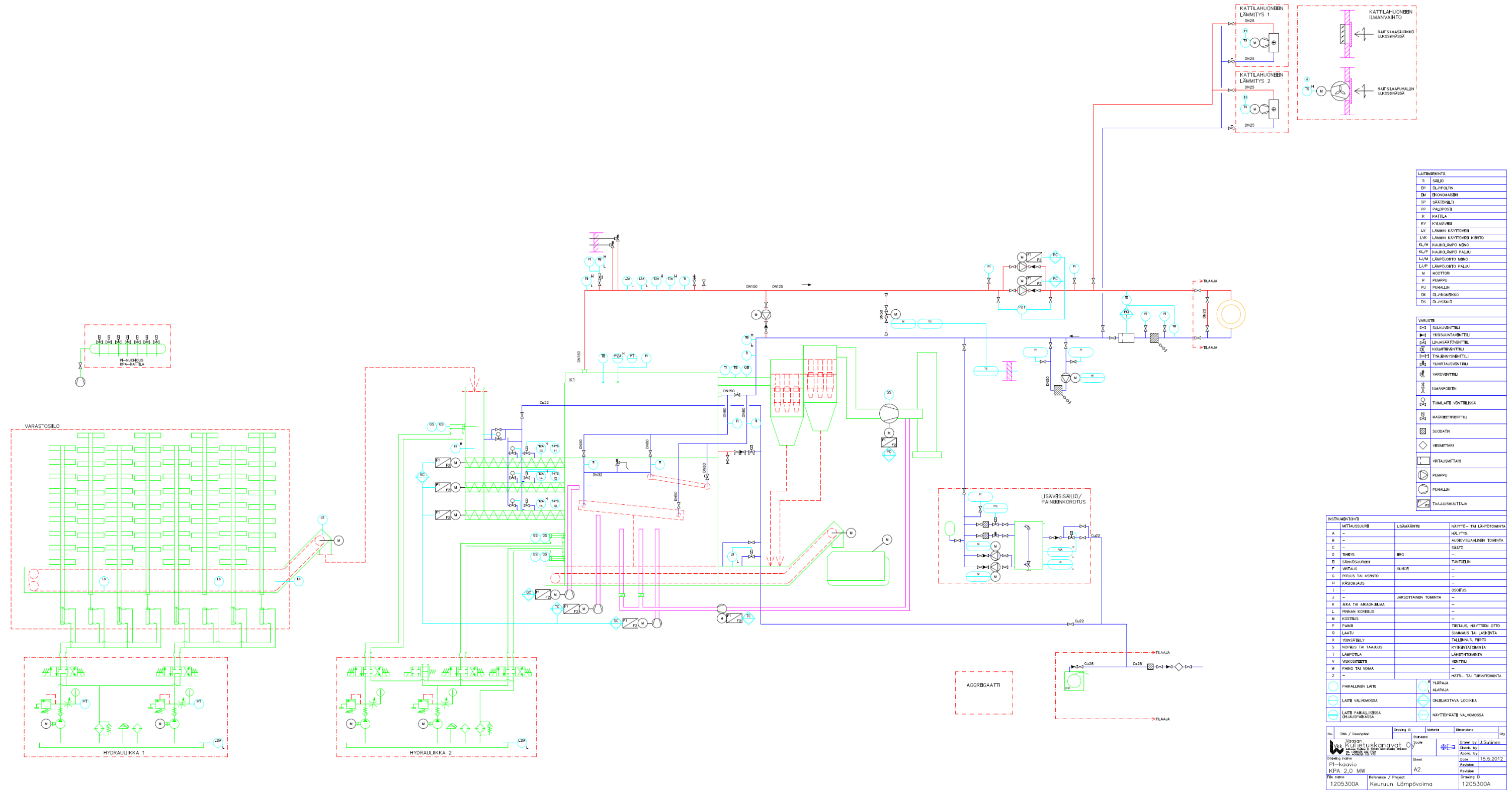
Tukes. 2000. Painelaitteiden määräaikaistarkastukset. Helsinki. Viitattu 12.4.2014. [http://www.tukes.fi/Tiedostot/painelaitteet/esitteet\\_ ja \\_oppaat/Painelait.mr aikaist.pdf](http://www.tukes.fi/Tiedostot/painelaitteet/esitteet_ ja _oppaat/Painelait.mr aikaist.pdf)

Vaasan kuljetuskanavat Oy. 2012. Viitattu 12.4.2014. [http://www.keuruunsahko.fi/filebank/169-haapamaen\\_voimala.pdf](http://www.keuruunsahko.fi/filebank/169-haapamaen_voimala.pdf)

Vacon Oy. 2007. Vacon NXL taajuusmuuttajat käyttöohje. Viitattu 9.3.2014. [http://www.vacon.com/ImageVaultFiles/id\\_2823/cf\\_2/Vacon-NXL-User-Manual-UD00794K-FI.PDF?634852850279030000](http://www.vacon.com/ImageVaultFiles/id_2823/cf_2/Vacon-NXL-User-Manual-UD00794K-FI.PDF?634852850279030000)



LAITOKSEN PI-KAAVIO



LAITTEIDEN MERKINNÄT	
S	SÄILIÖ
DP	OLJYOLIN
DM	OHJAIN
SP	SÄÄTIN
PP	PALLOSTI
K	KATILA
KV	KYLÄKÄBI
LV	LÄMMIN KÄYTTÖKÄBI
LV/M	LÄMMIN KÄYTTÖKÄBI MOOTTORI
LV/P	LÄMMIN KÄYTTÖKÄBI PUMPU
LV/M	LÄMMIN KÄYTTÖKÄBI MOOTTORI
LV/P	LÄMMIN KÄYTTÖKÄBI PUMPU
M	MOOTTORI
P	PUMPU
PU	PUMPU
OK	OLJYOLIN
OS	OLJYOLIN

VARUSTE	
DN2	SÄILIÖVENTTIILI
DN3	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN4	KAUKASÄÄNTVENTTIILI
DN5	KOLMIVENTTIILI
DN6	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN7	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN8	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN9	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN10	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN11	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN12	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN13	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN14	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN15	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN16	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN17	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN18	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN19	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN20	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN21	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN22	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN23	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN24	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN25	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN26	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN27	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN28	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN29	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN30	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN31	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN32	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN33	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN34	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN35	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN36	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN37	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN38	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN39	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN40	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN41	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN42	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN43	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN44	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN45	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN46	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN47	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN48	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN49	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN50	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN51	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN52	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN53	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN54	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN55	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN56	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN57	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN58	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN59	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN60	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN61	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN62	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN63	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN64	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN65	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN66	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN67	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN68	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN69	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN70	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN71	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN72	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN73	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN74	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN75	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN76	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN77	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN78	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN79	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN80	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN81	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN82	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN83	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN84	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN85	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN86	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN87	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN88	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN89	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN90	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN91	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN92	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN93	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN94	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN95	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN96	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN97	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN98	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN99	YKSISÄÄNTVENTTIILI
DN100	YKSISÄÄNTVENTTIILI

INSTRUMENTTI	USKASINTE	NÄYTO- TAI LAITTOIMINTA
A	-	NÄYTO
B	-	NÄYTO
C	-	AUTOMAATTINEN TOIMINTA
D	TRYS	-
E	OHJAIN	TOIMINTA
F	YKSISÄÄNT	-
G	KÄYTTÖ TAI ASENTO	-
H	KÄYTTÖ TAI ASENTO	-
I	-	OSOITUS
J	-	JAKSOTTAMINEN TOIMINTA
K	ALUE TAI ARKISTO	-
L	ALUE TAI ARKISTO	-
M	KÄYTTÖ	-
N	YKSISÄÄNT	YKSISÄÄNT
O	LAATU	SÄÄNTÖ TAI LAATU
P	YKSISÄÄNT	YKSISÄÄNT
Q	YKSISÄÄNT	YKSISÄÄNT
R	YKSISÄÄNT	YKSISÄÄNT
S	YKSISÄÄNT	YKSISÄÄNT
T	YKSISÄÄNT	YKSISÄÄNT
V	YKSISÄÄNT	YKSISÄÄNT
W	YKSISÄÄNT	YKSISÄÄNT
Z	-	YKSISÄÄNT

No.	Tit / Description	Drawn by	Checked by	Approved by	Date
1	PI-kaavio	J. Sallinen	J. Sallinen	J. Sallinen	15.5.2012
2	KPA 2,0 MW				

File name: 1205300A  
 Reference / Project: Keuruun Lämpövoima  
 Drawing ID: 1205300A