



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jarno Hyvönen

JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄN KARTOITUS JA OPTIMOINTI

Kemira Oyj Vaasa

Tekniikka ja liikenne
2013

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Jarno Hyvönen
Opinnäytetyön nimi	Jäähdytysjärjestelmän kartoitus ja optimointi
Vuosi	2013
Kieli	suomi
Sivumäärä	44 + 7 liitettä
Ohjaaja	Hannu Hyvärinen

Opinnäytetyö on tehty Kemira Oyj:n Vaasan yksikköön. Työn aiheena oli tutustua tehtaissa oleviin prosesseihin sekä kartoittaa ja optimoida niissä käytettäviä jäähdytysjärjestelmiä. Työn tavoitteena oli perehtyä nykyisiin jäähdytysjärjestelmiin sekä tutkia niissä esiintyviä ongelmia ja pohtia ratkaisuja niihin. Lisäksi uusien investointivaihtoehtojen pohtiminen on osa työtä.

Työ aloitettiin perehtymällä nykyisiin jäähdytysjärjestelmiin, joita ovat järvi-vesijäähdytys ja koneellinen jäähdytys. Työn alussa tutustuttiin myös jäähdytysjärjestelmien teoriaan. Lisäksi työssä on esitelty lyhyesti jäähdytystornin toimintaperiaatetta.

Työn tuloksena on kerätty muutamia nykyisen järjestelmän ongelmakohtia ja esitetty ratkaisuvaihtoehdot niihin. Lisäksi työssä on tutkittu vuodenaikojen sekä eri prosessien vaikutuksia jäähdytysveden lämpötilaan ja miten sen muutokset näkyvät tuotannossa.

Avainsanat jäähdytysjärjestelmä, järvi-vesijäähdytys, vedenjäähdytin

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

ABSTRACT

Author	Jarno Hyvönen
Title	Cooling System Survey And Optimization
Year	2013
Language	Finnish
Pages	44 + 7 Appendices
Name of Supervisor	Hannu Hyvärinen

This thesis was done for Kemira Oyj, Vaasa unit. The topic of thesis was to get familiar with the factories and processes inside them. The purpose was also to survey and optimize the existing cooling systems and to search for flaws in the existing cooling systems and think possible solutions and improvements in them. One part of this thesis was to do research for possible investment solutions.

The work was started by getting familiar with existing cooling systems, which are cooling with lake water and cooling with machinery. At the beginning the theoretical information of cooling systems was researched. The thesis also includes a short presentation of cooling tower system.

As a result, a few flaws were found in the existing cooling system and solutions to them were introduced. The effects of season changes and other processes on the temperature of cooling water were investigated and how these changes are visible in the production.

Keywords cooling system, lake water cooling, machinery cooling

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

LIITELUETTELO

1	JOHDANTO	9
2	KEMIRA, VAASAN TOIMIPISTE	10
	2.1 Alueen historiaa	11
	2.2 Paperikemikaalien historia Vaasassa	12
	2.3 Tuotantolaitokset.....	13
3	ERIKOISKEMIKAALITEHDAS, ERKE	14
	3.1 Yleistä	14
	3.2 Prosessi	14
4	POLYELEKTROLYTTITEHDAS, POLY	16
	4.1 Prosessi	16
	4.1.1 Liuoksen valmistus	16
	4.1.2 Polymerointi	18
	4.1.3 Kuivaus	20
	4.1.4 Jauhatus	20
	4.1.5 Seulonta.....	21
	4.1.6 Pakkaaminen	22
5	KEMIALLINEN TEHDAS, KEM 1	23
6	JÄRVIVESIJÄÄHDYTYS	23
	6.1 Läpivirtausjäähdytys	24
	6.1.1 Suora läpivirtausjäähdytysjärjestelmä.....	24
	6.1.2 Epäsuora läpivirtausjäähdytysjärjestelmä	25
	6.2 Pumppaamo.....	26
	6.3 Järveden hyödyntäminen erikoiskemikaalitehtaan jäähdytysjärjestelmässä	29
	6.4 Järveden hyödyntäminen polyelektrolyyttitehtaan jäähdytysjärjestelmässä	29

6.4.1	Järviveden hyödyntäminen dispo jähdytysjärjestelmässä	31
6.5	Järviveden hyödyntäminen kemiallisen tehtaan jähdytysjärjestelmässä	31
7	JÄÄHDYTYSTORNI	32
8	KONEELLINEN JÄÄHDYTYS.....	34
8.1	Kompressorivedenjähdytin	34
8.2	Nestejähdytin.....	35
8.3	Kylmäveden käyttö erikoiskemikaalitehtaan jähdytysjärjestelmässä ...	37
8.4	Kylmäveden käyttö polyelektrolyyttitehtaan jähdytysjärjestelmässä ...	38
9	JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄN SÄHKÖNKULUTUS	39
10	NYKYISEN JÄRJESTELMÄN ONGELMIA	41
10.1	Jähdytysvesi- sekä kylmävesisäiliöiden kapasiteetti.....	41
10.2	Fennostrenght- reaktorin jähdyttäminen	41
10.3	Lauhdevesi	42
10.4	Jähdytysvesisäiliön ylitäyttö	42
11	YHTEENVETO	43
	LÄHTEET	44
	LIITTEET	

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1.	Vaasan tehdasalue	s. 10
Kuvio 2.	Vaasan tuotantolaitokset	s. 13
Kuvio 3.	Erikoiskemikaalitehtaan tuotantotilaa	s. 15
Kuvio 4.	Liuosreaktorit	s. 17
Kuvio 5.	Polymerointihihna	s. 19
Kuvio 6.	UV-valobokseja	s. 19
Kuvio 7.	Kuivuri	s. 20
Kuvio 8.	Seula	s. 21
Kuvio 9.	Suursäkin pakkaaminen	s. 22
Kuvio 10.	3 vuoden lämpökäyrä järviveden lämpötilasta	s. 23
Kuvio 11.	Suoran läpivirtauksen periaatekuva	s. 24
Kuvio 12.	Epäsuoran läpivirtauksen periaatekuva	s. 25
Kuvio 13.	Pumppaamo ulkoa	s. 26
Kuvio 14.	Järvivesiallas	s. 27
Kuvio 15.	Automaattinen vastavirtahuuhdeltava suodatin	s. 28
Kuvio 16.	Hihnan jäähdytysvesiputkisto	s. 29
Kuvio 17.	Järvivesivaihdin	s. 30
Kuvio 18.	Jäähdytystornin toimintaperiaate 1	s. 33
Kuvio 19.	Jäähdytystornin toimintaperiaate 2	s. 33

Kuvio 20.	Kemiran kompressorivedenjäähdytin	s. 34
Kuvio 21.	Vuokralla oleva kompressorivedenjäähdytin	s. 35
Kuvio 22.	Nestejäähdytin	s. 36
Kuvio 23.	Nestejäähdyttimen puhaltimet	s. 36
Kuvio 24.	Jäähdytysjärjestelmään kuuluvia pumppuja ja putkistoja	s. 37
Taulukko 1.	1.1.2013–31.7.2013 sähkönkulutus	s. 39
Taulukko 2.	Vuoden 2012 sähkönkulutus	s. 40

LIITELUETTELO

- LIITE 1.** Erikoiskemikaalitehtaan jäähdytyskaavio
- LIITE 2.** Polyelektrolyyttitehtaan jäähdytyskaavio
- LIITE 3.** Järviveden lämpötilan vaikutus jäähdytysveteen
- LIITE 4.** Lauhdevesi
- LIITE 5.** Fennosize valmistuksen vaikutus jäähdytysveteen
- LIITE 6.** Fennostrength valmistuksen vaikutus jäähdytysveteen
- LIITE 7.** Fennosize valmistuksen vaikutus hinnan lämpötilaan

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehdään Kemira Oyj Vaasan toimipisteeseen. Työn aiheena on tutustua tehtaissa oleviin prosesseihin sekä kartoittaa ja optimoida niissä käytettäviä jäähdytysjärjestelmiä. Käytössä on järvidesijäähdytys sekä koneellinen jäähdytys. Nykyisten järjestelmien toiminnasta ei ole juurikaan laadittu mitään kirjallista tietoa. Myös laitteistoista laaditut järjestelmäkuvat sekä piirustukset ovat osittain vanhentuneita.

Työn tavoitteena on perehtyä nykyisiin jäähdytysjärjestelmiin sekä tutkia niissä esiintyviä ongelmia ja pohtia ratkaisuja niihin. Toimeksiantajan toivomuksesta työssä on myös esitelty lyhyesti jäähdytystornin toimintaperiaate. Lisäksi työssä on tutkittu vuodenaikojen sekä eri prosessien vaikutuksia jäähdytysveden lämpötilaan ja miten sen muutokset näkyvät tuotannossa.

Lopuksi on syytä mainita, että opinnäytetyön teon aikana Kemira-konsernin johdolta on tullut päätös lopettaa koko Vaasan tuotanto vuoden 2013 loppuun mennessä. Tämä on osaltaan vaikuttanut negatiivisesti työn tekemiseen sekä sen sisältöön. Optimointi osioon liittyviä toimenpiteitä on jäänyt tekemättä rahoituksen puutteen vuoksi.

2 KEMIRA, VAASAN TOIMIPISTE

Yksi Kemira-konsernin toimipaikoista sijaitsee Vaasan Vetokannaksella. Vaasan toimipiste keskittyy tuottamaan palveluita ja tuotteita sellu- ja paperiteollisuudelle, öljy- ja kaivosteollisuudelle, muulle teollisuudelle sekä kunnalliseen vedenkäsittelyyn.

Pääosa tuotteista käytetään paperin valmistuksessa sekä erilaisissa vedenkäsittelyn sovelluksissa.

Henkilöstöä Vaasassa on 111 henkilöä, josta 67 henkilöä työskentelee Kemira Chemicals Oy:n tuotannossa. Markkinointi- ja HR-palvelut ovat Kemira Oyj:n toimintoja, joista Vaasassa työskentelee 44 henkilöä./2/

Kruunan teollisuuspuiston alueella on myös muuta toimintaa, mm. Scott Health and Safety Oy:n tuotantolaitos, kaupungin ympäristölaboratorio sekä Wärtsilän polttoainelaboratorio. Kuviossa 1 on ilmakuva Kemiran alueesta.



Kuvio 1. Vaasan tehdasalue./2/

2.1 Alueen historiaa

Toiminta Vetokannaksen tehdasalueella alkoi jo v.1899. Siihen aikaan alueella valmistettiin olutta, sekä myöhemmin hiivaa ja alkoholia.

Vuosina 1927 - 1938 ei ollut lainkaan teollista toimintaa, vaan alueella toimi lastenkoti ja radioasema.

Sota-aikaan vuosina 1939 - 1945 Helsingistä siirrettiin kaasunsuojeluvarikko Vaasaan. Tänä aikana valmistettiin Kaasunaamareita ja muita sotatarvikkeita.

1950-luvulla tehdas liitettiin valtion yritysryhmään ja palattiin takaisin siviilituotantoon. Suojanaamareiden ja suodattimien, maatalouskemikaalien, limantorjunta- ja puunsuoja-aineiden valmistus alkoi.

Vuonna 1972 konsernin uudeksi nimeksi tuli Kemira. Konsernin nimi muodostuu lyhenteistä KE – kemikaalit, MI – mineraalit, RA – ravinteet.

1980-luvulla muodostui neljä tuotantoalaa:

- maatalouskemikaalit
- puunsuoja-aineet
- erikoiskemikaalit
- suojaimet.

1990-luvulla toiminta keskittyi paperikemikaaleihin ja suojaimiin.

2000-luvulla paperikemikaalien liiketoiminta kehittyi voimakkaasti ja kuului Kemiran strategiaan kasvualueisiin. Suojainliiketoiminta erkaantui Kemirasta v.2000.

Vuodesta 2009 eteenpäin keskittyminen kohdistui tuotantotoimintaan. Tutkimus- ja kehitystoiminta siirtyi Espooseen ja asiakaspalvelukeskus siirtyi Helsinkiin./2/

2.2 Paperikemikaalien historia Vaasassa

Vuonna 1949 syntetisoitiin ensimmäinen paperikemikaali Vaasan tehtaiden laboratoriossa.

1970-luvulla kemikaalien merkitys kasvoi ja tuli uusia sovellusalueita, kuten re-tention hallinta ja vedenpuhdistus.

Vuonna 1979 valmistui polyelektrolyyttitehdas.

1980-luvulla rakennettiin kattava kotimaan myynti- ja asiakaspalveluverkko. Eri-koiskemikaalitehdas valmistui vuonna 1986. Liimausaineet tulivat tuotevalikoimaan.

1990-luvulla vienti kasvoi ja ulkomaan myynti ylitti Suomen myynnin. Verkostoituminen alkoi. Ulkomaille tuli myyntitoimistoja sekä liimatehtaita.

2000-luvulla sellu- ja paperikemikaalit kuuluvat Kemiran ydinliiketoimintaan. Kasvu voimistui yritysostojen kautta. Samalla tuotevalikoima kasvoi. Yritys nousi maailman kärkeen täyden palvelun toimittajana sekä osaaminen keskittyi Vaasaan.

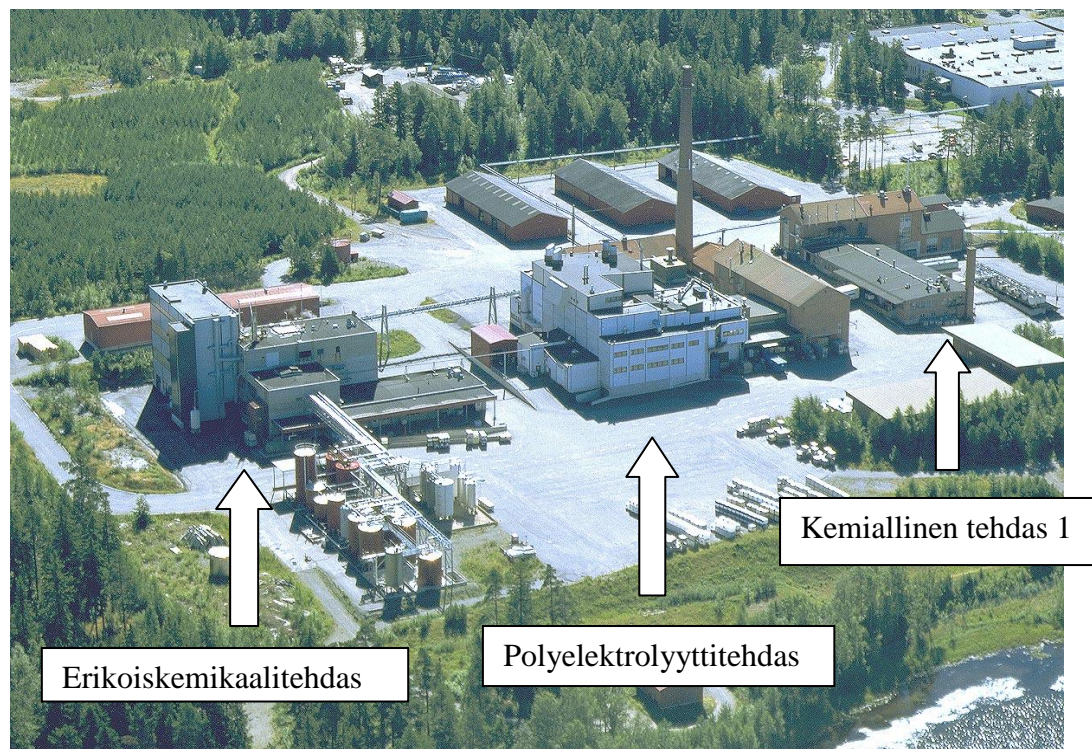
2010-luvulla keskittyminen kohdistui vesi-intensiivisille aloille./2/

2.3 Tuotantolaitokset

Vaasan tehdasalueen tuotantolaitokset jakautuvat kolmeen yksikköön:

- erikoiskemikaalitehdas (ERKE)
- polyelektrolyyttitehdas (POLY)
- kemiallinen tehdas 1 (KEM 1).

Tuotannon käyttämä lämpöenergia hankitaan Adven Oy:n omistamalta lämpövoimalalta, joka sijaitsee tuotantoalueella tehtaiden läheisyydessä, (laitosta ei näy alla olevassa kuvassa, joka on otettu ennen laitoksen rakentamista). Kuviossa 2 näkyy alueen tuotantolaitokset.



Kuvio 2. Vaasan tuotantolaitokset./2/

3 ERIKOISKEMIKAALITEHDAS, ERKE

3.1 Yleistä

Yksi Vaasan toimipisteen tehdasrakennuksista on erikoiskemikaalitehdas, kutsutaan myös nimellä ERKE. Tehdas valmistui v.1986 ja sitä laajennettiin vuonna 2000. Tehtaalla valmistettavia tuotteita käytetään paperinvalmistuksen eri prosesseissa vaikuttamaan tuotteiden ominaisuuksiin, tuotantoprosessin hallintaan sekä jätevesien käsittelyyn. Tuotekategorioita ovat mm.:

- liimausaineet
- dispergointiaineet
- valkaisun apuaineet.

Tuotteet ovat nestemäisiä ja ne toimitetaan asiakkaille pienkonteissa sekä bulkkitoimituksina. Tuotenimiä ovat mm. Fennosize, Fennostrenght ja Fennobrite.

3.2 Prosessi

Tuotanto käsittää erilaisia panosprosesseja eri tuotteiden valmistukseen. Tuotteet valmistetaan säiliöissä, joissa on sekoitus sekä lämmitys- ja jäähdytysmahdollisuudet. Reaktoreihin on myös liitetty erilaisia apulaitteita.

Eri tuotteille on omat reaktorinsa. Joissakin tapauksissa voidaan käyttää samaa reaktoria kun valmistetaan samantyyppistä tuotetta. Reaktoreissa käytetyt valmistusmateriaalit vaihtelevat. Joissakin reaktoreissa on oltava parempi kemikaalikestävyys kuin toisissa. Monissa kemikaalikestävyttä vaativissa reaktoreissa on käytetty valmistusmateriaalina terästä, jossa on emalipinnoitus. Nämä ovat lämpötilan säätelyn kannalta huonoja, koska emalipinnoitetta tukevan teräsrakenteen on oltava paksu. Yleisesti reaktorit on valmistettu pelkästään teräksestä. Säiliöissä käytetään myös lasikuitua.

Reaktoreihin liitetyt apulaitteet myös vaihtelevat. Reaktoreihin johdetaan putkistojen kautta erilaisia raaka-aineita ja kemikaaleja. Osaan tuotteista käytetään säkitavarana olevia kiinteitä raaka-aineita, jotka panostetaan reaktoreihin yleensä reaktorin päällä olevasta luukusta tai siilon ja syöttöruuvin kautta, riippuen raaka-

aineesta, tuotteesta ja reaktorikokoonpanosta. Osaan reaktoreista on liitetty lauhduttimia, joiden tehtävä on estää prosessikaasujen pääsy ulos prosessista.

Valokuvaus on tuotantotiloissa kielletty, koska tuotantotilat ovat Ex-luokiteltuja palo- sekä räjähdysherkkien raaka-aineiden vuoksi. Tästä syystä kuvamateriaalia on vähän. Kuviossa 3 on esimerkki reaktorista ja muusta laitteistosta.



Kuvio 3. Erikoiskemikaalitehtaan tuotantotilaa./2/

4 POLYELEKTROLYYTTITEHDAS, POLY

Vaasan tehdasalueella sijaitsee myös polyelektrolyyttitehdas, jossa valmistetaan kiinteää jauhemaisessa muodossa olevaa polymeeriä. Tehdas valmistui vuonna 1979. Sen jälkeen sitä on laajennettu vuosina 1991, 1996 ja 1998. Prosessi perustuu UV-polymerointitekniikkaan. Prosessi tuottaa useita erilaisia laatuja, riippuen käyttökohteesta.

Tuotteita käytetään mm.

- paperikoneiden retention hallintaan
- juomaveden, jäteveden ja raakaveden puhdistukseen, niin kunnallisella tasolla kuin teollisuuden vesien käsittelyssäkin
- kiintoaineiden poistoon.

Tuotenimi on Fennopol.

4.1 Prosessi

Tässä luvussa kerrotaan pääpiirteittäin polymerointiprosessista. Otsikot on aseteltu siihen järjestykseen miten prosessi etenee. Tekstistä on jätetty pois joitakin prosessin vaiheita, jotka ovat epäolennaisia aiheen kannalta.

4.1.1 Liuoksen valmistus

Prosessi alkaa monomeeriliuoksen valmistuksesta. Kuviossa 4 näkyy tehtaassa olevat kaksi, noin 4 m³ reaktoria. Toisella reaktorilla valmistetaan kationisia liuoksia ja toisella anionisia. Molemmat reaktorit soveltuvat kuitenkin molempien liuoslaatuja valmistukseen. Reaktoreihin pumpataan raaka-aineita säiliöistä. Pannoksiin syötetään myös joitakin kiinteitä raaka-aineita. Raaka-aineet ja määrät vaihtelevat laadun mukaan.

Raaka-aineet sekoitetaan keskenään reaktorissa olevan sekoittimen avulla. Tarpeen mukaan liuosta lämmitetään ja/tai jäädytetään. Reaktoreita lämmitetään tai jäädytetään johtamalla reaktorin vaippaan joko höyryä tai kylmävettä. Valmis liuos pumpataan välisäiliöihin, joita on kolme kappaletta.



Kuvio 4. Liuosreaktorit.

4.1.2 Polymerointi

Välisäiliöistä liuos pumpataan polymerointihihnoille. Hihnoja on neljä kappaletta. Kuviossa 5 on esimerkki hihnan ulkonäöstä. Hihnät on jaoteltu seuraavasti:

- POLY 1: yksi hihna
- POLY 2: yksi hihna
- POLY 3: kaksi hihnaa.

POLY 1:llä valmistetaan pääsääntöisesti anionisia laatuja. POLY 2:lla ja 3:lla valmistetaan kationisia laatuja. POLY 3:lla on kaksi hihnaa, joissa molemmissa kulkee sama liuos eli niillä on yhteinen välisäiliö. Koska hihnoja on kaksi, POLY 3:lta saadaan noin kaksinkertainen määrä tuotetta POLY 1 ja 2 verrattuna.

Hihnojen päällä on säädettävä UV-valaistus, joka on rakennettu useisiin eri yksiköihin, jonka jokaisen valotehoa voidaan erikseen säätää. Kuviossa 6 näkyy muutama UV-valoyksikkö. Polymeroitumisreaktio tapahtuu UV-valon sekä nestemäisen katalyytin vaikutuksesta, joilla polymeroitumista säädetään ja hallitaan. Polymeroitua liuos kiinteytyy läpiluultavaksi matoksi. Mattoa kutsutaan rainaksi. Reaktiossa vapautuvan lämpöenergian vuoksi hihnoja on jäähdytettävä kylmän veden avulla.

Raina johdetaan hihnalta repijäruuviin ja edelleen lihamylyyn. Näiden tehtävänä on pilkkoa raina pienemmäksi, jotta se kulkee helpommin eteenpäin prosessissa.



Kuvio 5. Polymerointihihna.



Kuvio 6. UV-valobokseja.

4.1.3 Kuivaus

Lihamylllyistä polymeeri kulkee kuivureihin. Kuviossa 7 on yksi POLY 3:n kuivureista. Jokaisen hihnan jälkeen kuivureita on kolme kappaletta sarjassa. Kuivureiden koko kasvaa loppua kohden. Kuivureita lämmitetään höyryn avulla. Kuivureissa on tärymoottorit. Täryn avulla polymeeri kulkee kuivureissa eteenpäin.



Kuvio 7. Kuivuri.

4.1.4 Jauhatus

Kuivurien jälkeen kuiva polymeeri kulkee jauhimelle. Jauhimen tehtävänä on jauhaa polymeeri edelleen pienemmäksi. Jauhimen jälkeen tuote muistuttaa hienoa sokeria. Jotkin laadut voivat olla hienojakoisempaa ja näin ollen ne pölyävät enemmän. Tuotteesta poistetaan ylimääräinen pöly.

4.1.5 Seulonta

Ennen pakkaamista tuotteesta seulotaan väärän kokoiset partikkelit pois. Tällä varmistetaan, että raekoko on tasalaatuista. Osa seulonnasta tulevasta pölystä käytetään hyödyksi prosessin aikaisemmassa vaiheessa. Kuviossa 8 on näkyvissä yksi seuloista.



Kuvio 8. Seula.

4.1.6 Pakkaaminen

Tuote pakataan yleensä 500 kg suursäkkeihin. Joistakin laatuja pakataan myös 16 kg tai 25 kg pikkusäkkeihin. Pakkauspäässä on vaaka joka punnitsee säkkiin tulevan tuotteen, esimerkki kuviossa 9. Kun säkissä on oikea määrä tuotetta, venttiili sulkeutuu ja estää säkin ylitäytön. Lopuksi säkki muovitetaan ja lähetetään varastoon.



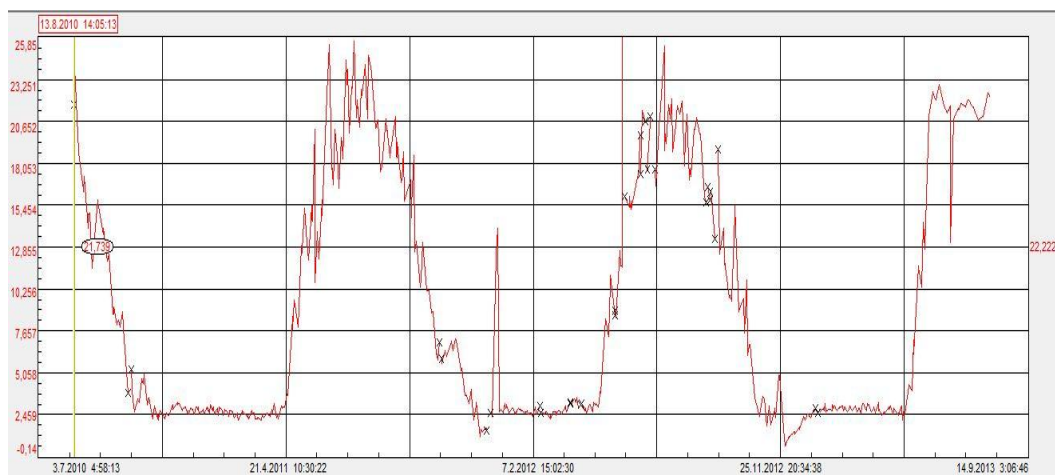
Kuvio 9. Suursäkin pakkaaminen.

5 KEMIALLINEN TEHDAS, KEM 1

Kemiallinen tehdas valmistaa liuosmuodossa olevia tuotteita. Laitteistoon kuuluu samankaltaisia reaktoreita, kuten erikoiskemikaalitehtaalla. Tuotteet lähetetään asiakkaalle bulkkitoimituksina tai pienkonteissa. Osa tuotteista on ns. seosdispoja, mikä tarkoittaa, että raaka-aineet ainoastaan sekoitetaan keskenään eikä varsinaista reaktiovaihetta ole prosessissa lainkaan.

6 JÄRVIVESIJÄÄHDYTYS

Suuri osa prosesseissa vaadittavasta jäähdytysenergiasta otetaan läheisestä järvestä (Infjärden). Järvestä saatava jäähdytysenergia on edullisempaa kuin vedenjäähdyttimillä tuotettu jäähdytysenergia ja näin ollen järven hyödyntäminen jäähdytyksessä on pyritty maksimoimaan. Huonona puolena järvivesijäähdytyksessä on, että jäähdytysteho määräytyy veden lämpötilan mukaan. Tästä syystä järviveden jäähdytysteho ei riitä kesäkuukausina, jolloin jäähdytykseen on otettava mukaan koneellinen jäähdytys. Infjärden on pieni (0,302 km²) ja matala, joten veden lämpötila nousee nopeasti jo alkukesästä. Järvivesijäähdytys perustuu läpivirtausjäähdytykseen. Kuviossa 10 näkyy edellisen kolmen vuoden järviveden lämpötilakäyrä. Järviveden lämpötila vaihtelee n. 0 °C - 26 °C.



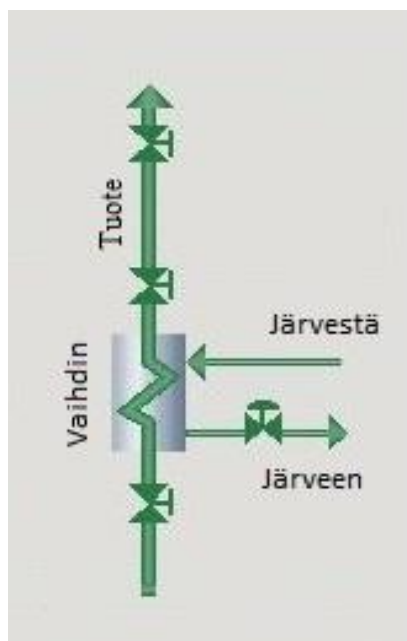
Kuvio 10. 3 vuoden lämpökäyrä järviveden lämpötilasta./3/

6.1 Lämpivirtausjäähdytys

Lämpivirtausjäähdytys on jaettu kahteen eri järjestelmään, suoraan ja epäsuoraan järjestelmään. Molemmissa järjestelmissä on yhteistä se, että jäähdytysvesi kiertää jäähdytettävien kohteiden läpi ja palautetaan takaisin alkulähteeseen. Vesi kiertää putkistoissa, joten sen haihtumisominaisuutta ei käytetä hyväksi lämmön poistamisessa./4, 5/

6.1.1 Suora lämpivirtausjäähdytysjärjestelmä

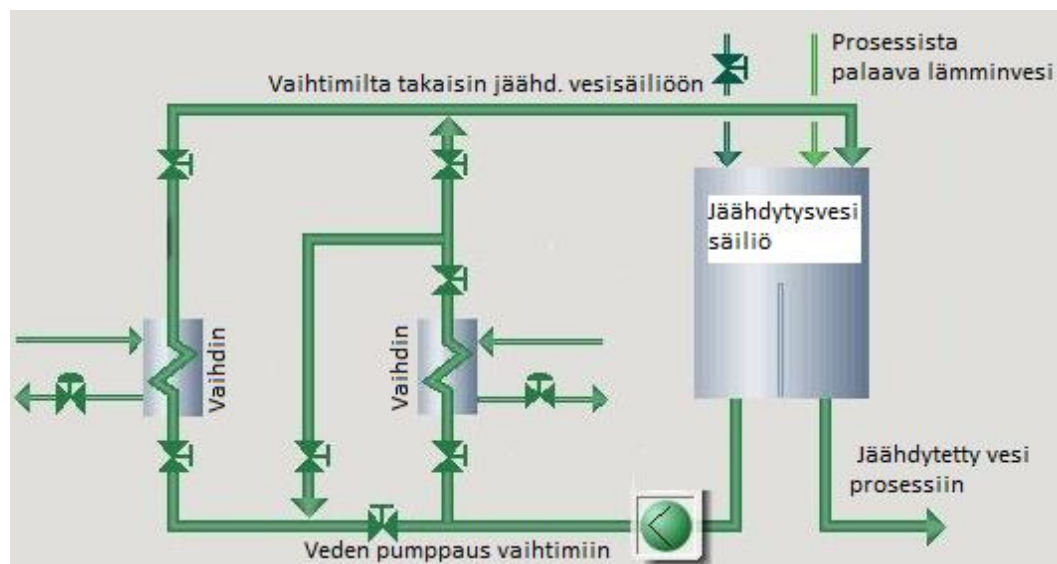
Suoran lämpivirtausjäähdytyksen periaate on, että jäähdytysvesi kierrätetään jäähdytettävien kohteiden (lämmönvaihtimet, reaktorit) läpi, jonka jälkeen se palautetaan lähteeseensä, esimerkiksi järveen. Ero epäsuoraan lämpivirtausjäähdytykseen on, että vaihtimilla jäähdytetään suoraan tuotetta. Kuviossa 11 on esitetty suoran lämpivirtauksen periaate. Lämmönvaihtimen läpi pumpataan jäähdytysvettä järvestä. Lämmennyt vesi palautetaan takaisin järveen. Vaihtimen läpi kulkee lisäksi tuoteliuosta, jota jäähdytetään./4, 5/



Kuvio 11. Suoran lämpivirtauksen periaatekuva./3/

6.1.2 Epäsuora läpivirtausjäähdytysjärjestelmä

Epäsuora läpivirtausjäähdytys toimii siten, että prosessissa kiertävää jäähdytysvetä jäähdytetään järvivedellä. Prosessissa kiertävä jäähdytysvesi kiertää suljetussa piirissä. Epäsuoralla jäähdytysjärjestelmällä on muutamia etuja suoraan jäähdytysjärjestelmään nähden. Esimerkiksi prosessilaitteet pysyvät puhtaampina, koska suljetussa piirissä kiertää puhdas vesi. Merkittävä etu on myös se, että laiterikon (vuodon) sattuessa prosessiliuosta ei pääse virtaamaan jäähdytysveden lähteeseen, tässä tapauksessa järveen. Kuviossa 12 on esitetty epäsuoran läpivirtauksen periaate. Prosessissa lämmennyt vesi kierrätetään jäähdytysvesisäiliön kautta (suljetussa piirissä) vaihtimien läpi ja palautetaan prosessiin./4, 6-7/



Kuvio 12. Epäsuoran läpivirtauksen periaatekuva./3/

6.2 Pumppaamo

Kuviossa 13 on tehdasalueella oleva järvivesipumppaamo, joka sijaitsee järven vieressä. Pumppaamossa on järvivesiallas, joka on tilavuudeltaan n.300 m³. Vesi kulkee karkean suodattimen läpi ennen järvivesiallasta. Suodatin poistaa vedestä suurimmat epäpuhtaudet sekä humusta. Allas toimii välivarastona vedelle, josta se pumpataan tehtaisiin jäähdytysvedeksi. Allas sijaitsee pumppaamon alla. Pumppaamon lattiassa on huoltoluukku altaaseen, joka on näkyvissä kuviossa 14.



Kuvio 13. Pumppaamo ulkoa.



Kuvio 14. Järvivesiallas.

Järvivesialtaassa on kaksi invertteriohjattua uppopumppua. Pumput on asennettu toimimaan siten, että mikäli pelkästään yhden pumpun teho ei riitä, toinen lähtee käyntiin antamaan lisätehoa pumppaukseen. Pumppujen jälkeen linjassa on hienompi, automaattisesti toimiva vastavirtahuuhdeltava suodatin, joka suodattaa järvivedestä lisää epäpuhtauksia. Suodatin on nähtävillä kuviossa 15. Suodatus on tärkeää järjestelmään liitettyjen lämmönvaihtimien sekä reaktoreiden jäähdytyspintojen likaantumisen estämiseksi.

Vastavirtahuuhtelu tarkoittaa veden pumppaamista takaisin tulosuuntaansa päin. Tätä käytetään esimerkiksi suodattimien säännöllisessä pesemisessä. Vastavirtahuuhtelu on osa ennakoivaa huoltoa, jolla estetään suodattimien tukkeutuminen. Vastavirtahuuhtelu on automaattinen prosessi, jota ohjataan ohjelmoitavilla logikoilla. Vastavirtahuuhtelu käynnistyy yleensä silloin, kun suodattimen paine-ero ylittää määritetyn raja-arvon./1/



Kuvio 15. Automaattinen vastavirtahuuhdeltava suodatin.

Tehtaiden sammutusjärjestelmät on myös liitetty pumppaamolla olevaan altaaseen. Pumppaamosta pumpataan omilla pumpuilla sammutusvesi erikoiskemikaalitehtaan sprinklerijärjestelmään sekä tehdasalueen paloposteihin. Järjestelmässä on sähkötoiminen pumppu, sekä sähkökatkon varalta myös dieselpumppu.

Varapumppaamona toimii alueella sijaitseva vanha pumppaamo. Sitä on mahdollista käyttää uuden pumppaamon huoltokatkosten aikana.

6.3 Järviveden hyödyntäminen erikoiskemikaalitehtaan jäähdytysjärjestelmässä

Erikoiskemikaalitehtaalla on suljettu sisäinen jäähdytysjärjestelmä, jota käytetään tehtaan tuotantoprosessien jäähdytykseen. Tuotantoprosesseissa jäähdytystä tarvitaan reaktoreissa (jäähdytysvaipat, lämmönvaihtimet ja lauhduttimet). Suljetussa jäähdytysjärjestelmässä jäähdytysnesteenä toimii glykolivesi (suhde 50/50), jota jäähdytetään järvivedellä ja tarvittaessa tehtaan jäähdytyskoneilla tuotetulla kylmävedellä.

6.4 Järviveden hyödyntäminen polyelektrolyyttitehtaan jäähdytysjärjestelmässä

Polyelektrolyyttitehtaalla on samankaltaiset suljetut sisäiset jäähdytysjärjestelmät, kuten erikoiskemikaalitehtaallakin. Jäähdytystä käytetään neljän hihnan, kahden reaktorin sekä ilmankuivaimen (Munters) jäähdytykseen. Jäähdytysnesteenä toimii vesi. Kuviossa 16 on esimerkki hihnan jäähdytysputkistosta. Putkistot on asennettu hihnan alle. Yksi jäähdytysveden tuloputki on haaroitettu neljään osaan. Jokaisessa haarassa on suuttimia, joista jäähdytysvesi suihkuu hihnan alapintaan, koko sen leveydelle. Jäähdytysvesi kerätään talteen. Putkistot on asennettu koko hihnan pituudelle.



Kuvio 16. Hihnan jäähdytysvesiputkisto.

Järvivettä käytetään tällä hetkellä ainoastaan POLY 3-hihnojen sekä ilman-kuivaimen jäähdyttämiseen epäsuoralla menetelmällä. Muita prosessin osia jäähdytetään koneellisesti tuotetulla kylmäviedellä. Järvivesi johdetaan jäähdytysjärjestelmään liitettyyn järvivesivaihtimeen. Vaihdin on nähtävillä kuviossa 17. Järvivesivaihtimen lisäksi järjestelmässä on kylmävesivaihdin. Näitä kahta vaihdinta voidaan käyttää joko erikseen tai sarjassa siten, että jäähdytysvesi kiertää ensin järvivesivaihtimen läpi ja sen jälkeen kylmävesivaihtimen läpi (katso LIITE 2, piiri 2). Näin saadaan hyödynnettyä järvivedestä saatava jäähdytyskapasiteetti ennen koneellista jäähdytystä.



Kuvio 17. Järvivesivaihdin.

Prosessissa kiertävä jäähdytysvesi kerätään väliseinällä jaettuun säiliöön. Toiselle puolelle kerätään prosessissa lämmennyt vesi ja vastaavasti toiselle puolelle vaihtimen/vaihtimien kautta jäähdytetty vesi, josta se jatkaa takaisin prosessiin.

Tulevaisuudessa oli tarkoitus siirtää kaikkien hihnojen jäähdytys tähän järjestelmään. Perusteluna on se, että hihnojen jäähdytykseen ei tarvita niin kylmää jäähdytysvettä kuin reaktorien jäähdytykseen. Näin ollen säästettäisiin energiakustannuksissa, koska tällaisella järjestelyllä POLY 1- ja 2-hihnoja ei tarvitse jäähdyttää ainoastaan koneellisesti tuotetulla kylmäviedellä, vaan viileämpinä vuodenaikoina on mahdollista käyttää ainoastaan järvivesijäähdytystä.

6.4.1 Järviveden hyödyntäminen dispon jäähdytysjärjestelmässä

Polyelektrolyyttitehtaan yhteydessä toimii tuotantotila, jota kutsutaan disposaliksi. Prosessi on hyvin samankaltainen kuin erikoiskemikaalitehtaalla. Tuotteet poikkeavat kuitenkin hieman erikoiskemikaalitehtaan tuotteista.

Disposalissa on kaksi reaktoria. Molempien reaktorien vaipoissa on suora järvi-vesijäähdytys. Toisin sanoen reaktorin vaippaan pumpataan suoraan järvivettä. Vaipasta se palaa takaisin järveen. Lisäksi kumpaankin reaktoriin on lisätty lauhdutin, joista toiseen johdetaan suoraan järvivesi. Toiseen tulee jäähdytysvesi polyelektrolyyttitehtaan jäähdytysjärjestelmästä.

6.5 Järviveden hyödyntäminen kemiallisen tehtaan jäähdytysjärjestelmässä

Kemiallisen tehtaan kaikkien reaktoreiden vaippoihin pumpataan suoraan järvivesi, samoin kuin em. disposalin reaktoreihin.

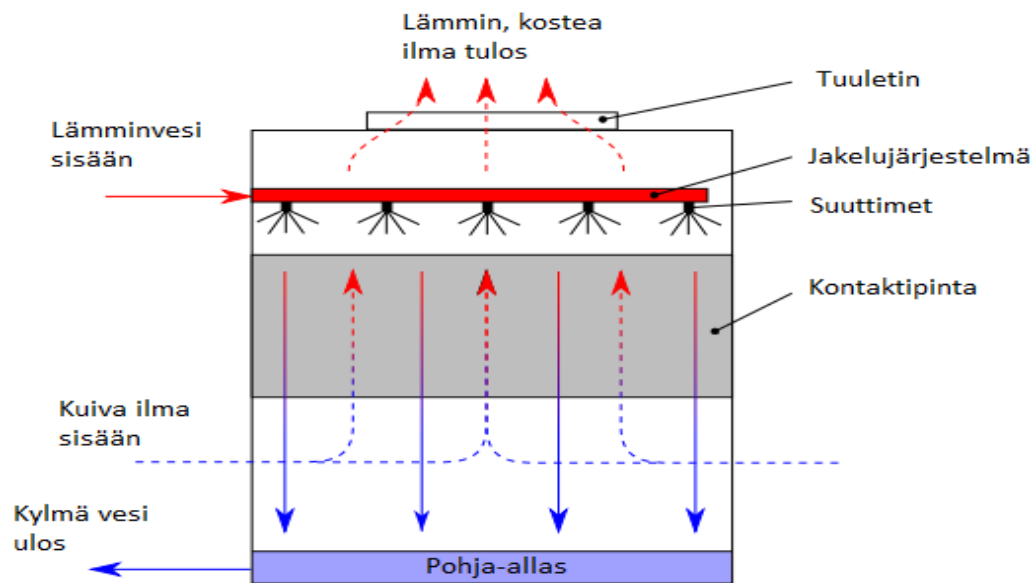
Kemiallisella tehtaalla on lisäksi vaahdonestoaineen tuotantoprosessissa suljettu jäähdytysvesipiiri, jonka jäähdytysvettä jäähdytetään järivedellä. Tässä prosessissa on yksi reaktori ja kaksi tuotejäähdytintä (levylämmönvaihtimia).

7 JÄÄHDYTYSTORNI

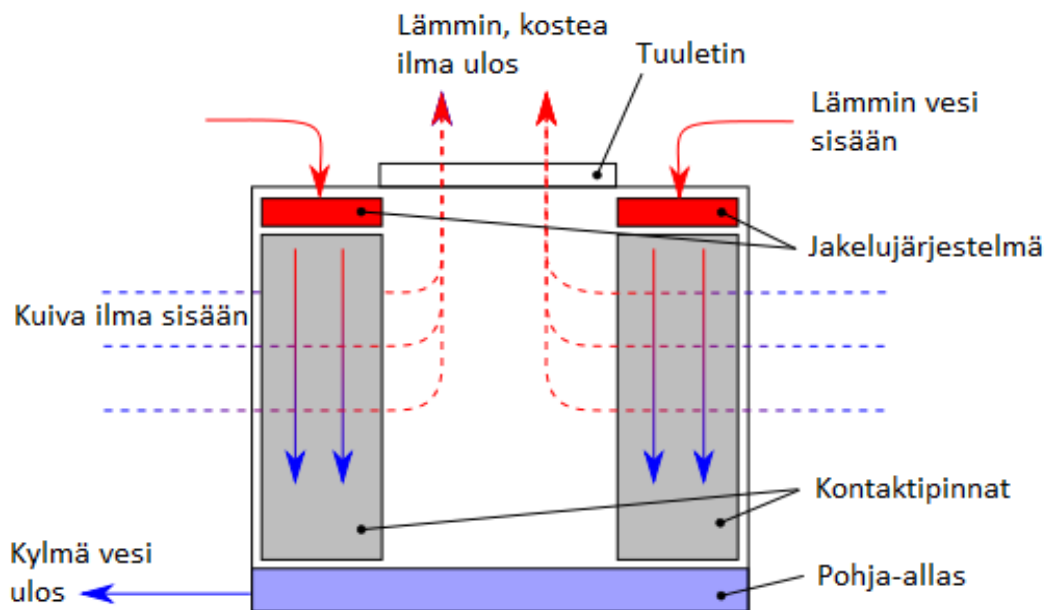
Työn toimeksiantaja on pyytänyt tutkimaan jäähdytystornin toimintaperiaatetta sekä sen mahdollisuuksia toimia osana nykyistä järjestelmää. Jäähdytystorneja on monia erilaisia sekä toimintaperiaatteeltaan kuin rakenteeltaan. Tässä kappaleessa paneudutaan kuitenkin sellaiseen tornityyppiin, joka olisi mahdollista investoida työtä koskevaan järjestelmään.

Jäähdytystornien tarkoituksena on maksimoida prosessissa kiertävän veden kontakti ilman kanssa. Toisin sanoen vedestä ohjataan hukkalämpö ympäröivään ilmaan. Jäähdytystornien kapasiteetti vaihtelee suuresti, riippuen käyttökohteesta (alle 0,1 MW – yli 2000 MW)./4/

Jäähdytystorni toimii siten, että tuleva (lämmin) vesi pumpataan tornin huipulle, josta se suihkutetaan suuttimien läpi alas pohja-altaaseen. Vesi valuu painovoiman vaikutuksesta alas tornin sisällä olevien tasojen läpi. Tasojen tarkoituksena on lisätä kontaktipinta-alaa. Jäähdytysilma otetaan torniin joko pohjalta tai sivuilta, riippuen tornityypistä. Koneellisessa ilmanottomekanismissa jäähdytysilma puhalletaan tornin sisälle erillisten tuulettimien avulla. Kun lämmin vesi on kontaktissa vastakkaiseen suuntaan kulkevan jäähdytysilman kanssa, siitä haihtuu hukkalämpöä, joka johdetaan tornin huipulta ulkoilmaan. Pohja-altaasta jäähdytetty vesi johdetaan takaisin prosessiin. Kuviossa 18 ja 19 toimintaperiaatekuvat kahdesta jäähdytystornityypistä./4/



Kuvio 18. Jäähdytystornin toimintaperiaate 1, jäähdytysilma pohjalta./5/



Kuvio 19. Jäähdytystornin toimintaperiaate 2, jäähdytysilma sivuilta./5/

Tässä tapauksessa jäähdytystorni olisi tarkoitus sijoittaa osaksi järvesijäähdytysjärjestelmää. Järvesi pumpattaisiin jäähdytystornin läpi tehtaissa oleviin lämmönvaihtimiin. Näin ollen jäähdytystornityypiksi tulisi valita märkjäähdytystorni avoimeen vesikiertojärjestelmään. Jäähdytyskapasiteetin tehostamiseksi kannattaa valita koneellinen ilmanottomekanismi.

8 KONEELLINEN JÄÄHDYTYS

Tuotantolaitoksissa on järvidesijäähdytyksen lisäksi käytössä koneellisesti tuotettu kylmävesi. Kylmälaitteita on kolme kappaletta. Koneista kaksi on kompressorivedenjäähdyttimiä. Kolmas kone on nestejäähdytin. Vedenjäähdyttimet sekä siihen liittyvät laitteistot sijaitsevat erikoiskemikaalitehtaan tiloissa. Kuviossa 24 näkyy osa pumpuista ja putkistoista, joilla jäähdytysvesi johdetaan prosesseihin. Laitteiston lämpötilan asetusarvo on $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

8.1 Kompressorivedenjäähdytin

Laite sisältää kaksi ruuvikompressoria. Laitteen oma logiikka ohjaa tehontarpeen mukaan kompressoreiden käyntiä käyttämällä molempia kompressoreita ensisijaisuutta vaihdellen. Toisin sanoen kompressoreita voidaan käyttää joko yhtäaikaista tai vain toista kompressoria kerrallaan, jolloin toinen kompressori on mukana avustamassa tarpeen mukaan. Normaalitilanteessa käynnissä on molemmat kompressorit tehontarpeen mukaan ohjattuina. Ohjaus tapahtuu halutun jäähdytysnesteen lämpötilan mukaan. Kylmäaineena toimii R134a. Laitteen kokonaiskylmäteho on n.500 kW. Kuviossa 20 on kuvattu vedenjäähdyttimen ulkonäköä.



Kuvio 20. Kemiran kompressorivedenjäähdytin.

Vuokralla oleva kompressorivedenjäähdytin toimii itsenäisenä yksikkönä. Laite on teholuokaltaan samankokoinen kuin Kemiran oma vedenjäähdytin. Laite toimii

apulaitteena lämpimään vuodenaikaan ja on kytketty järjestelmään letkuliitännöillä. Kuviossa 21 näkyy koteloituna oleva vuokravedenjäähdyn.



Kuvio 21. Vuokralla oleva kompressorivedenjäähdyn.

8.2 Nestejäähdytin

Kolmas laite on nestejäähdytin. Ulkoilman lämpötilan ollessa alle $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$:ta, nestejäähdyttimeen johdetaan prosessissa lämmennyt jäähdytysnestettä. Jäähdytysvesi kulkee laitteiston sisällä olevien lamellien läpi. Lamelleihin puhalletaan ympäröivää ilmaa kahdentoista puhaltimen avulla. Käytännössä jäähdytin toimii samalla periaatteella kuin auton nestejäähdytin. Samaa nestejäähdytintä käytetään myös kompressoripiirin lauhdutukseen vedenjäähdyttimen ollessa käytössä. Samanlaisesti nestejäähdytintä ei voida käyttää molempiin toimintoihin. Kuviossa 22 näkyy nestejäähdytin, jonka sisällä lamellit ovat. Jäähdyttimen päällä on kaksitoista kappaletta puhaltimia, jotka näkyvät kuviossa 23. Jäähdyttimen takaosaan on liitetty valkoiset veden tulo- ja paluuputket.



Kuvio 22. Nestejäähdytin.



Kuvio 23. Nestejäähdyttimen puhaltimet



Kuvio 24. Jäähdytysjärjestelmään kuuluvia pumppuja ja putkistoja.

8.3 Kylmäveden käyttö erikoiskemikaalitehtaan jäähdytysjärjestelmässä

Erikoiskemikaalitehtaan kaikkien reaktorien vaippoihin ja lauhduttimiin voidaan pumpata kylmävedellä jäähdytettyä jäähdytysvettä. Järjestelmä on jaettu kahteen piiriin (LIITE 1). Piiri 1 käsittää ns. vanhan puolen tehtaasta, johon kuuluu ennen vuotta 2000 asennetut laitteistot. Tehdasta laajennettiin vuonna 2000, minkä seurauksena myös jäähdytysjärjestelmää laajennettiin. Piiriin 2 kuuluvat uudemmat laitteistot. Ensisijaisesti reaktoreita ja lauhduttimia pyritään jäähdyttämään jäähdytysvedellä, mutta joitakin prosesseja on pakko jäähdyttää kylmävedellä, jotta päästään riittävän alhaisiin lämpötiloihin. Kesällä järiveden lämpötilan ollessa korkealla, jäähdytysvettä on jäähdytettävä kylmävedellä siten, että jäähdytysvesisäiliössä olevaa vettä kierrätetään kylmävesivaihtimen läpi, tällöin järveä ei voida jäähdytysjärjestelmässä hyödyntää lainkaan.

8.4 Kylmäveden käyttö polyelektrolyyttitehtaan jäähdytysjärjestelmässä

Järjestelmä on jaettu kahteen piiriin, (LIITE 2). Ensimmäisessä piirissä on kaksi kylmävesivaihdinta, joihin kylmävesi johdetaan erikoiskemikaalitehtaalta. Näistä vaihtimista vain toinen on käytössä, toinen on varalla. Näissä vaihtimissa jäähdytetään prosessissa kiertävä jäähdytysvesi, joka kulkee POLY 1- ja 2-hihnoille sekä kahden reaktorin vaippaan. Tässä osassa prosessissa lämmennyt vesi palautetaan erilliseen keräilysäiliöön, josta vesi pumpataan kylmävesivaihtimen läpi jäähdytysvesisäiliöön. Jäähdytysvesisäiliöstä jäähdytetty vesi palaa takaisin prosessiin.

Toisessa piirissä on kylmävesivaihdin sekä järvivesivaihdin. Näillä vaihtimilla jäähdytetään POLY 3- ja 4-hihnoja sekä ilmankuivainta. Tämän piirin toimintaperiaate on selitetty kappaleessa 6.4.

9 JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄN SÄHKÖNKULUTUS

Tässä luvussa käydään läpi jäähdytysjärjestelmän sähkönkulutusta. Tietoja on kerätty vuodelta 2012 sekä elokuuhun 2013 asti. Taulukoissa 1 ja 2 on esitetty kompressorin vedenjäähdyttimen sekä nestejäähdyttimen (ilmajäähdytin) kuukausittainen sähkönkulutus. Laskelmassa on ainoastaan Kemiran oma kompressorin vedenjäähdytin (liuosjäähdytin). Vuokralla oleva kone kuluttaa yhtä paljon sähköä kuin laskelmassa oleva kone. Lisäksi taulukoissa näkyy pumppaamoiden sähkönkulutus. Kuukausittaisesta kulutuksesta on laskettu kokonaisvuosikulutus. Kulutus on esitetty megawattitunteina (MWh). Kustannuslaskelmaa ei ole tehty siitä syystä, että Kemira käyttää pörssisähköä, jonka hinta on neuvoteltu erikseen. Näihin hintatietoihin ei ole päästy käsiksi. Sähkön siirtäjänä toimii Vaasan Sähkö Oy.

Taulukko 1. 1.1.2013–31.7.2013 sähkönkulutus.

2013								
Liuosjäähdytin			Ilmajäähdytin					
Päivämäärä	Lukema	Mwh		Lukema	Mwh			Mwh
1.1.2013	4545,46	0		540,06	0			0
31.1.2013	4607,09	61,63		547,97	7,91		tammikuu	69,54
28.2.2013	4667,00	59,91		555,12	7,15		helmikuu	67,06
31.3.2013	4678,41	11,41		574,96	19,84		maaliskuu	31,25
30.4.2013	4698,30	19,89		595,19	20,23		huhtikuu	40,12
31.5.2013	4771,88	73,58		605,13	9,94		toukokuu	83,52
30.6.2013	4844,48	72,61		614,60	9,47		kesäkuu	82,07
31.7.2013	4909,46	64,98		623,73	9,13		heinäkuu	74,11
							Yht.	447,68
				Q1	Q2	Q3	Q4	Vuosi yht.
				Mwh	Mwh	Mwh	Mwh	Mwh
ERKE JÄRVIVESIPUMPPAAMO (UUSI)				78,10	76,90	21,60	0,00	176,60
KEM JÄRVIVESIPUMPPAAMO (VANHA)				2,57	2,90	0,00	0,00	5,47
							Yht.	182,07

Taulukko 2. Vuoden 2012 sähkönkulutus.

2012							
Liuosjäähdytin			Ilmajäähdytin				
Päivämäärä	Lukema	Mwh	Lukema	Mwh			Mwh
1.1.2012	3637,13	0	448,67	0			0
31.1.2012	3721,87	84,73	454,84	6,17		tammikuu	90,90
29.2.2012	3780,70	58,83	462,27	7,43		helmikuu	66,26
31.3.2012	3874,99	94,29	470,01	7,74		maaliskuu	102,03
30.4.2012	3966,90	91,92	477,23	7,23		huhtikuu	99,14
31.5.2012	4058,50	91,60	485,87	8,64		toukokuu	100,24
30.6.2012	4144,01	85,50	495,95	10,07		kesäkuu	95,57
31.7.2012	4225,79	81,79	506,87	10,93		heinäkuu	92,71
31.8.2012	4282,22	56,43	514,58	7,71		elokuu	64,14
30.9.2012	4339,11	56,89	520,52	5,93		syyskuu	62,82
31.10.2012	4422,00	82,89	527,80	7,28		lokakuu	90,18
30.11.2012	4498,57	76,57	534,00	6,2		marraskuu	82,77
31.12.2012	4545,47	46,9	540,05	6,05		joulukuu	52,95
						Yht.	999,72
			Q1	Q2	Q3	Q4	Vuosi yht.
			Mwh	Mwh	Mwh	Mwh	Mwh
ERKE JÄRVIVESIPUMPPAAMO (UUSI)			136,24	84,12	57,91	73,31	351,58
KEM JÄRVIVESIPUMPPAAMO (VANHA)			2,57	0,91	0,32	1,74	5,54
						Yht.	357,12

10 NYKYISEN JÄRJESTELMÄN ONGELMIA

Tähän kappaleeseen on kerätty muutamia jäähdytysjärjestelmään liittyviä ongelmia sekä pohdittu ratkaisuja niihin yhdessä Kemiran henkilökunnan kanssa.

10.1 Jäähdytysvesi- sekä kylmävesisäiliöiden kapasiteetti

Yksi suurimmista jäähdytykseen liittyvistä ongelmista on, että jäähdytysvesi- sekä kylmävesisäiliöiden kapasiteetti ei riitä jäähdyttämään monia prosesseja samanaikaisesti. Tämä johtuu siitä, että laitokset sekä laitteistot ovat lisääntyneet hiljalleen ajan saatossa. Seurauksena on, että koko jäähdytysjärjestelmä on jouduttu pilkkomaan pieniin osiin. Tilanpuutteen vuoksi on jouduttu asentamaan useita kokoluokaltaan pieniä säiliöitä. Kun pienestä jäähdytys- tai kylmävesisäiliöstä otetaan jäähdytettyä vettä prosessiin, josta se palaa lämpimänä takaisin tapahtuu niin, että koko säiliössä oleva vesi lämpenee liian korkeaksi.

Tilannetta voisi korjata vaihtamalla useat pienet säiliöt suurempiin säiliöihin, joissa lämmönvaihtelut eivät olisi niin suuria. Tämä on kuitenkin hankalaa tilanpuutteen vuoksi. Myös nykytilanteen huomioon ottaen, investointirahoitusta ei myönnetä. Eräs vaihtoehto on ollut esillä, jossa kesäaikana jäähdytettäisiin ulkona sijaitsevaa 300 m³ järvivesiallasta, mutta tähän ei ole kuitenkaan ryhdytty.

10.2 Fennostrenght- reaktorin jäähdyttäminen

Reaktori on saanut nimensä siinä valmistettavan tuotteen mukaan. Valmistuksessa käytettävien kemikaalien vuoksi reaktorissa on emalipinnoite. Reaktoria jäähdytetään ainoastaan vaippajäähdytyksellä. Ongelmana tässä on se, että emalipinnoiteta tukeva paksu teräsrakenne johtaa huonosti lämpöä. Suuren panoskoon (20 m³) takia liuos jäähtyy hitaasti. Keväällä 2013 oli tarkoitus investoida reaktoriin liitettävään kierrätyslinjaan. Sen oli tarkoitus toimia siten, että linjassa kiertäisi reaktorissa olevaa liuosta. Kiertolinjassa olisi ollut lämmönvaihdin, jota olisi jäähdytetty jäähdytysvedellä tai kylmävedellä. Liuos jäähtyisi mennessään vaihtimen läpi, jonka jälkeen se palaisi reaktoriin. Tällainen kiertolinja on olemassa toisessa, kooltaan pienemmässä reaktorissa. Jäähdytysmenetelmä on huomattavasti tehok-

kaampi kuin pelkkä vaippajäähditys. Investointia ei kuitenkaan toteutettu tuotannon lopettamisen takia.

10.3 Lauhdevesi

Prosesseista syntyvästä hukkalämmöstä kerätään lauhdevesi talteen erilliseen lauhdevesisäiliöön. Kun lauhdevesisäiliöön kerääntyy liikaa lauhdevettä, automaattikka pumppaa osan siitä jäähdytysvesisäiliöön. Ongelmana tässä on se, että lauhdevesi on kuumaa (n. 90 °C), jolloin jäähdytysveden lämpötila nousee huomattavasti (katso LIITE 4). Näin ollen jäähdytyskoneille tulee lisäkuormitusta, mikä tarkoittaa sähkön kulutusta sekä lisääntynyttä saadakseen jäähdytysvesi taas haluttuun lämpötilaan. Ongelmat ilmenevät kustannustehokkuudessa sekä pahimmassa tapauksessa tuotteiden laadussa.

Ongelman voisi ratkaista lämmönvaihtimella, jonka läpi kuuma lauhdevesi kulkee jäähdytysvesisäiliöön. Näin se saadaan jäähdytettyä lähelle jäähdytysveden lämpötilaa.

10.4 Jäähdytysvesisäiliön ylitäyttö

Jäähdytysvesisäiliö sijaitsee erikoiskemikaalitehtaan pohjakerroksessa, joka on 10 metriä merenpinnan tason yläpuolella. Suuri osa tuotantotilojen reaktoreista sijaitsee korkeammalla (15 metriä ja 21 metriä merenpinnan yläpuolella). Tästä syystä jäähdytysvettä joudutaan pumppaamaan putkistoissa suurelta osin suoraan ylöspäin. Kun esimerkiksi 21 metriä korkeammalla olevan reaktorin jäähdytys pysäytetään, vesi pyrkii painovoiman vaikutuksesta takaisin jäähdytysvesisäiliöön. Esimerkiksi jäähdytysvesilinjassa oleva viallinen takaiskuventtiili aiheuttaa tilanteen, jossa vesi palautuu paineella takaisin säiliöön. Sen seurauksena jäähdytysvesisäiliö voi tulvia yli, jolloin glykolivettä pääsee viemäriin. Tästä aiheutuu kustannuksia, koska jäähdytysveden vesi/glykoli suhde joudutaan säätämään uudelleen kohdalleen. Glykolin hinta on n.1000 €/m³. Myös ympäristöhaitat ovat mahdollisia.

11 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kartoittaa nykyisiä järjestelmiä ja etsiä mahdollisia ongelmia. Lisäksi työhön kuului järjestelmien optimointi ja mahdollisten investointiehdotusten pohdinta. Olosuhteet huomioon ottaen tavoitteisiin päästiin yllättävän hyvin. Merkittävimpiin ongelmiin on työssä paneuduttu ja ehdotettu ratkaisuja.

Työhön kuuluvaa optimointia olisi voinut olla enemmän, mutta rahoitusta investointeihin ei nykytilanteessa ollut enää mahdollista saada. Esimerkiksi kappaleessa 10.2 olevaa fennostrenght- reaktorin parannusta ei tästä syystä voitu toteuttaa. Lisäksi jäähdytystornin investoinnista ei kannattanut tehdä tarjouspyyntöä laite-toimittajilta, koska sellainen investointi ei olisi tullut kyseeseen missään tapauksessa. Työn alussa oli keskustelua Kemiran henkilökunnan kanssa, että työn aikana päivitettäisiin laite- ja virtauskaaviot. Näitä olisi voinut työssä hyödyntää. Tätäkään ei toteutettu.

Positiivista työn venymisessä oli, että sen vuoksi nähtiin konkreettisesti kesän tuomat ongelmat jäähdytyksessä. Muuten tietoa olisi pitänyt kerätä aikaisemmilta vuosilta enemmän, mikä olisi vaikeuttanut asian tutkimista. Lisäksi työtä tehdessä sain paljon uutta tietoa jäähdytysjärjestelmistä.

LÄHTEET

/1/ Vastavirtahuuhtelu. Grundforsin verkkosivut. Viitattu 9.4.2013.

<http://fi.grundfos.com/toimialat-ratkaisut/kayttokohteet/vastavirtahuuhtelu.html>

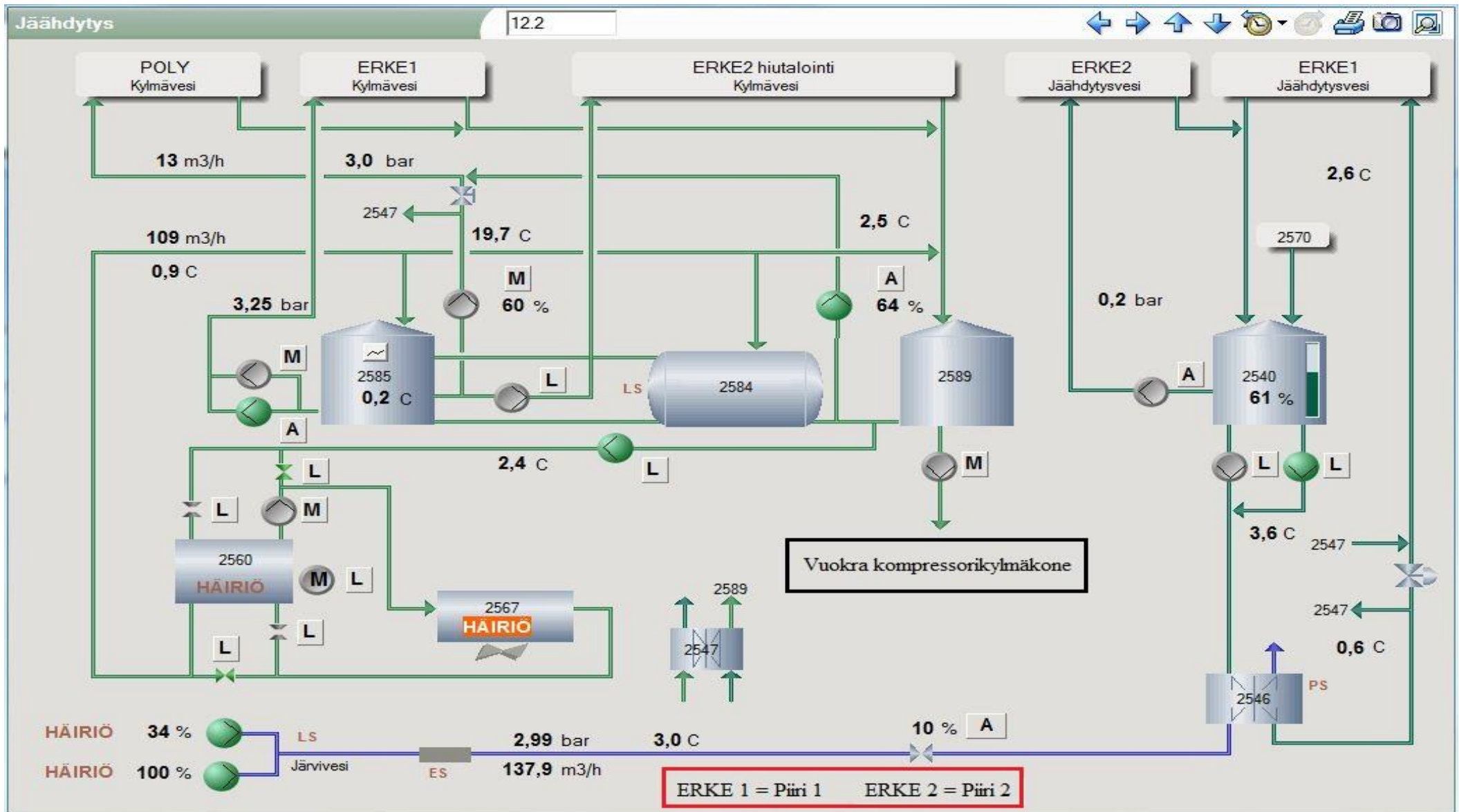
/2/ Kemira esittely. Kemira Intranet.

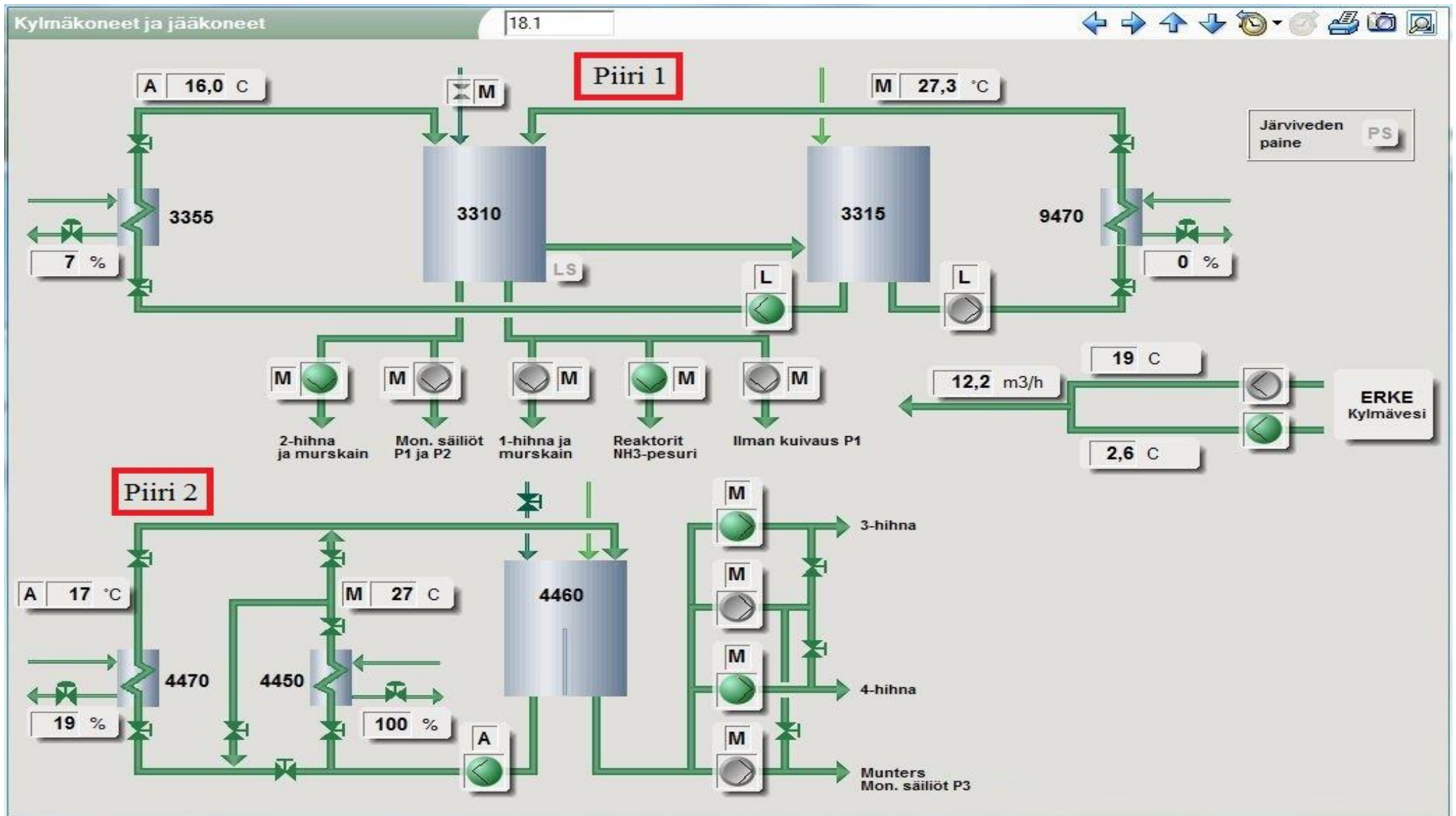
/3/ Metso DNA Client, prosessinohjausjärjestelmä.

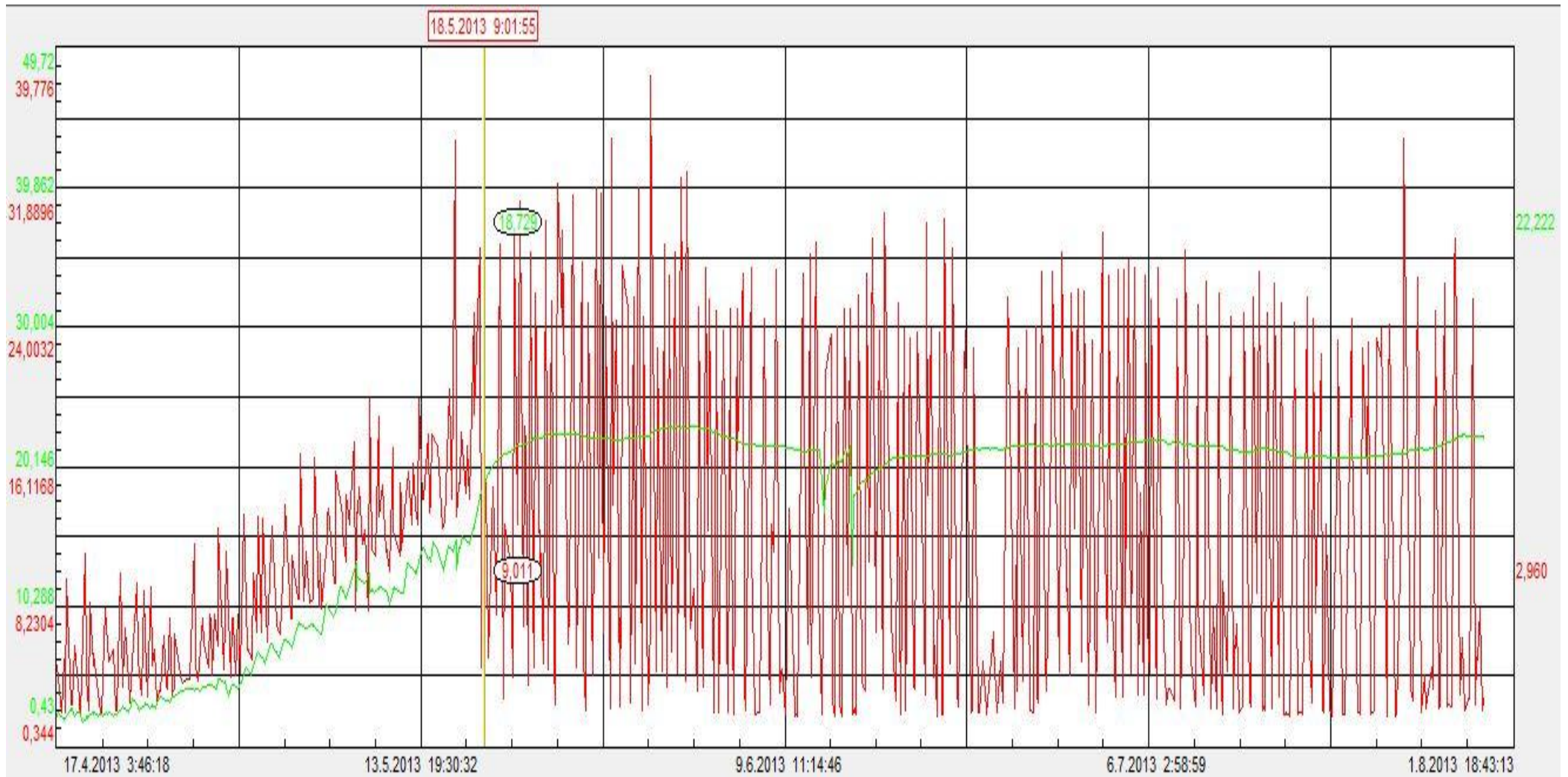
/4/ Pitkänen, H. Teollisuuden jäähdytysjärjestelmät. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Viitattu 3.5.2013

/5/ Jäähdytystorni. Wikipedia. Viitattu 10.7.2013

https://en.wikipedia.org/wiki/Cooling_tower

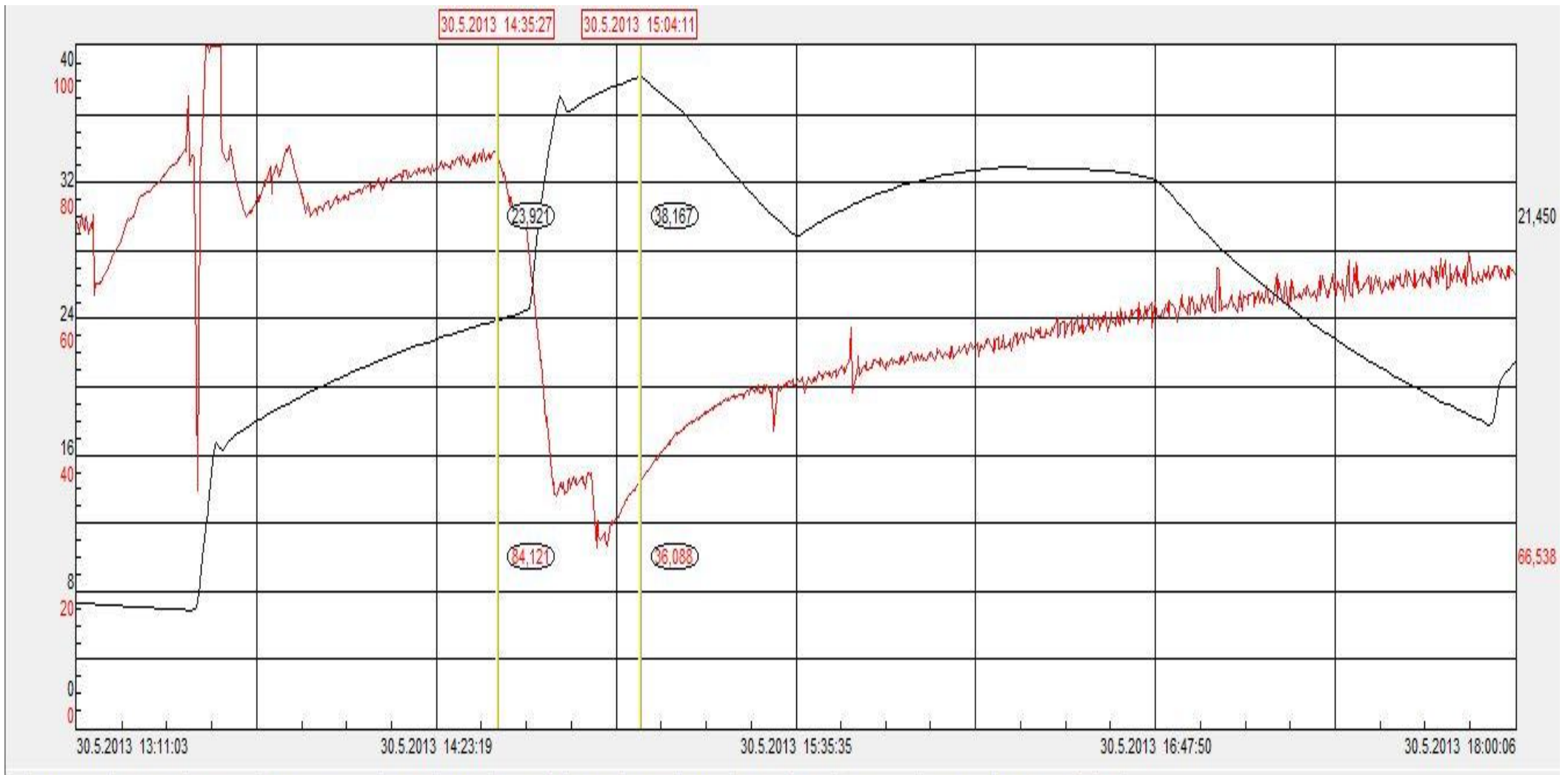






Name	Data Source	Map	Description	Value	Level	Status	Aut	Plot Min	Plot Max	Units	Shift	TZ	Type	Period	Method	Ste	Ext
TI1-2546.av	MEPPI	IP_ANALOG	JÄRVIVESI MENO	22,222	Good	Good	<input checked="" type="checkbox"/>	0,43	49,72	C	0	0:00:0	Best Fit	1 Hour		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
TI3-2546.av	MEPPI	IP_ANALOG	JÄÄHDYTYSVESI	2,960	Good	Good	<input type="checkbox"/>	0,344	39,776	C	0	0:00:0	Best Fit	1 Hour		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

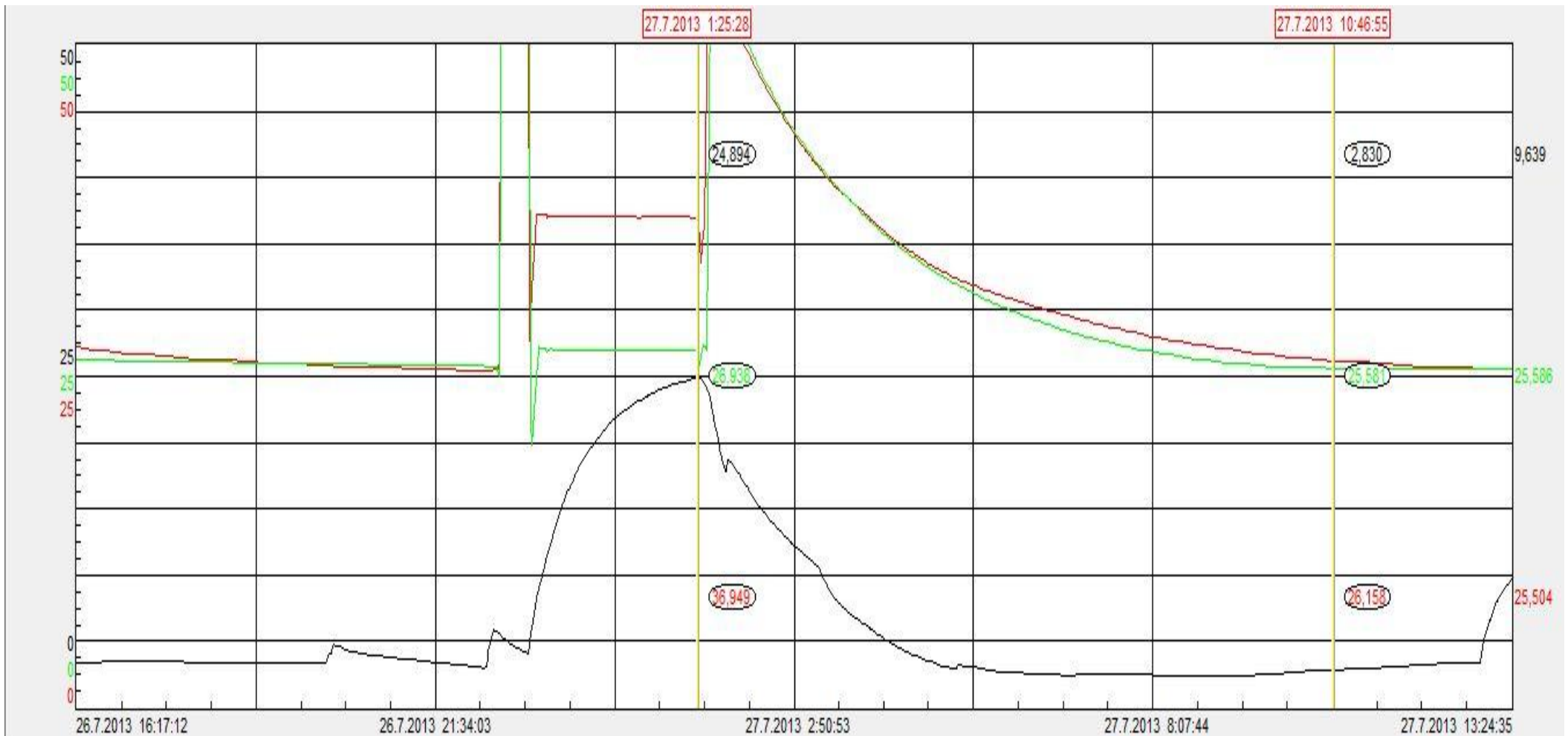
Kuvaajasta nähdään järiveden lämpeneminen, sen vaikutus jäähdytysveden lämpötilaan ja milloin jäähdytysvettä on aloitettu jäähdyttämään koneellisesti. Kuvaaja on ajalta 17.4.2013–1.8.2013. Vihreä viiva kuvaa järiveden lämpötilaa. Punainen viiva kuvaa jäähdytysveden lämpötilaa. Keltainen hiusviiva on kohdassa, jossa koneellinen jäähdytys on otettu käyttöön jäähdyttämään jäähdytysvettä. Kuvaajan perusteella koneellinen jäähdytys on otettu käyttöön 18.5.2013, jolloin järiveden lämpötila on ollut n. 18.8 °C:ta.



Name	Data Source	Map	Description	Value	Level	Status	Aut	Plot Min	Plot Max	Units	Shift	TZ	Type	Period	Method	Ste	Ext
TI3-2546.av	MEPPI	IP_ANALOG	JAAHDYTYSVESI	21,450	Good	Good	<input checked="" type="checkbox"/>	0	40	C	0	0:00:0	Best Fit	1 Hour		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
LI-2570.av	MEPPI	IP_ANALOG	LAUHDEVESIS. PII	66,538	Good	Good	<input type="checkbox"/>	0	100	%	0	0:00:0	Best Fit	1 Hour		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Kuvaajasta huomataan miten kuuman lauhdeveden pumppaus lauhdevesisäiliöstä jäähdytysvesisäiliöön vaikuttaa jäähdytysveden lämpötilaan. Kuvaajassa punainen viiva osoittaa lauhdevesisäiliön pintaa prosentteina. Musta viiva osoittaa jäähdytysvesisäiliön lämpötilaa celsiusasteina. Keltaisten hiusviivojen ohessa näkyy mitaustietoa, siitä kohdasta mihin ne on asetettu.

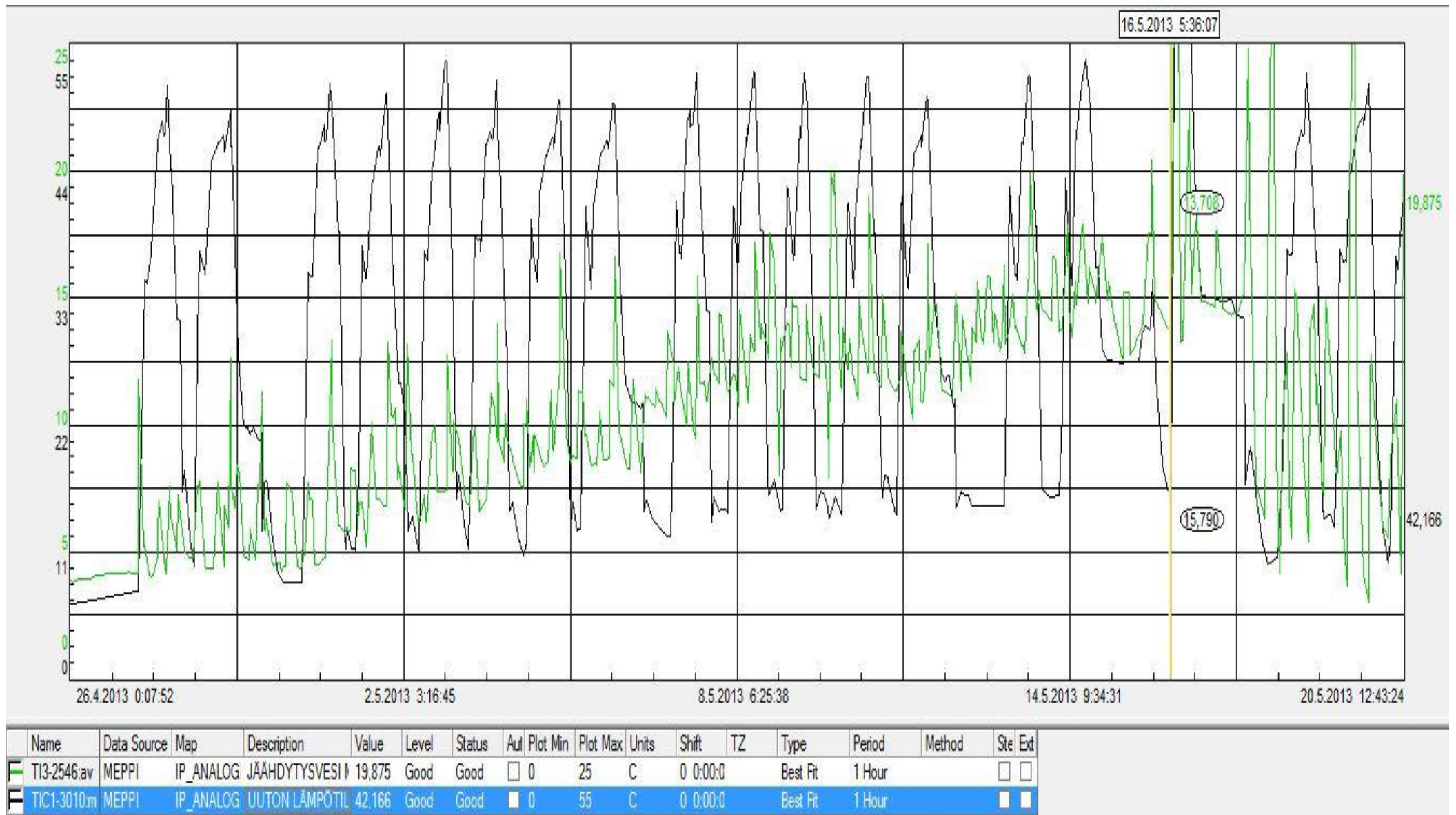
Kohdassa, jossa vasemman puoleinen hiusviiva on, alkaa lauhdeveden pumppaus jäähdytysvesisäiliöön. Tällöin jäähdytysveden lämpötila on n. 24 °C. Pumppauksen jälkeen lämpötila n. 38 °C. Voidaan todeta, että jäähdytysveden lämpötila nousee hetkellisesti huomattavasti. Tämä voi vaikuttaa käynnissä olevien prosessien jäähdytykseen. Lisäksi vedenjäähdyttimeen kohdistuu hetkellisesti suuri kuormitus.



Name	Data Source	Map	Description	Value	Level	Status	Aut	Plot Min	Plot Max	Units	Shift	TZ	Type	Period	Method	Ste	Ext
TIC-2546.av	MEPPI	IP_ANALOG	JÄÄHDYTYSVESI	9,639	Good	Good	<input checked="" type="checkbox"/>	0	50	C	0 0:00:0		Best Fit	1 Hour		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
TIC-2157.me	MEPPI	IP_ANALOG	FS-JÄLKJÄÄHDYT	25,586	Good	Good	<input type="checkbox"/>	0	50	C	0 0:00:0		Best Fit	1 Hour		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TIC-2156.me	MEPPI	IP_ANALOG	FS-ESIJÄÄHDYTY	25,504	Good	Good	<input type="checkbox"/>	0	50	C	0 0:00:0		Best Fit	1 Hour		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

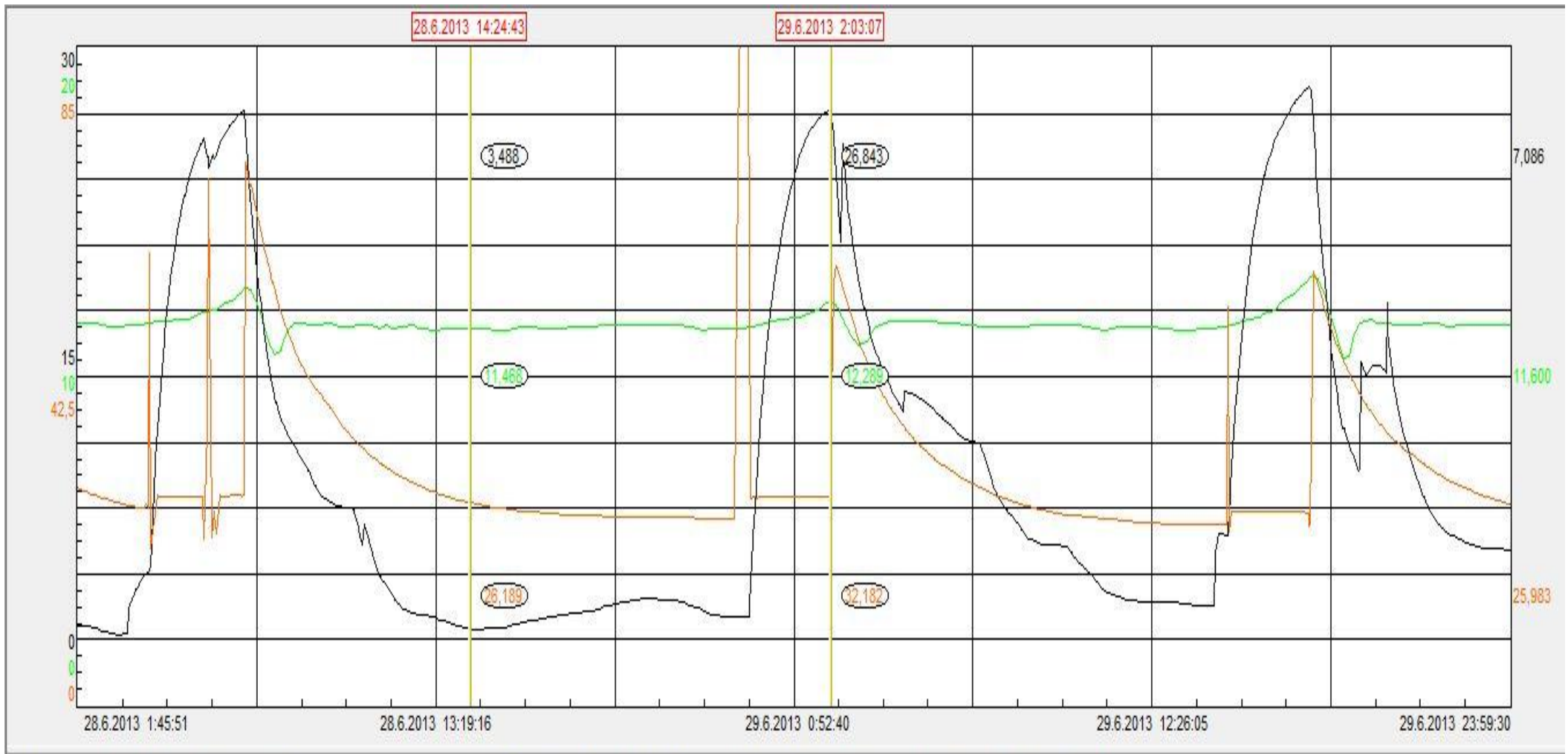
Fennosize- tuotteen valmistukseen kuulu työvaihe, jossa tuote kulkee homogenisattorin läpi emulsiosäiliöön. Tuotteen lämpötila on homogenisattoriin mennessä n. 86 °C:sta. Tuote on saatava n. 27 °C:een, ennen kuin se johdetaan emulsiosäiliöön. Tästä syystä tuote jäähdytetään vaiheittain kahden lämmönvaihtimen avulla. Ensimmäisessä vaihtimessa tuote jäähdytetään jäähdytysvedellä n. 37 °C:een. Toisessa kylmävedellä, lopulliseen n. 27 °C:een. Kesäaikana molempiin vaihtimiin johdetaan kylmävettä.

Kuvaajasta nähdään kuinka tämä vaihe nostaa jäähdytysvesisäiliön lämpötilaa, etenkin kesäaikana. Kuvaaja on otettu 27.7.2013. Kuvaajassa musta viiva osoittaa jäähdytysvesisäiliön lämpötilaa, punainen osoittaa ensimmäisen vaihtimen lämpötilaa ja vihreä osoittaa toisen vaihtimen lämpötilaa. Vasemman puoleinen, keltainen hiusviiva on asetettu kohtaan, jossa tuotteen homogenointi sekä tuotteen jäähdyttäminen loppuu. Käyrästä huomataan, että homogenoinnin aikana tapahtuvan jäähdyttämisen jälkeen jäähdytysvesisäiliön lämpötila on noussut alle 3 °C:sta noin 25 °C:een. Näin suuri kuormitus aiheuttaa sen, että samassa jäähdytyspiirissä olevaa muuta laitteistoa ei voida jäähdyttää samanaikaisesti, joka tarkoittaa että tuotantokapasiteettia ei voida käyttää tehokkaasti.



Fennostrenght on tuotantomäärältään yksi erikoiskemikaalitehtaan merkittävimmistä tuotteista. Tuotteen laadun sekä valmistuksen onnistumisen kannalta on tärkeää saada raaka-aineet mahdollisimman kylmäksi valmistuksen alkuvaiheessa. Talviaikana tämä ei ole ongelma, koska järven lämpötila on niin alhainen että jäähdytyskapasiteettia on riittävästi. Valmistuksen kannalta optimaalinen lämpötila on n. 10 °C tai alle. Kesäaikana järven vesi on niin lämmintä, ettei siitä saatava jäähdytyskapasiteetti riitä jäähdyttämään reaktorissa olevaa tuotetta riittävästi. Tästä syystä jäähdytysvesisäiliössä oleva vesi joudutaan jäähdyttämään vedenjäähdyttimien avulla.

Oheisessa kuvaajassa, joka on ajalta 26.4.2013–21.5.2013, näkyy järviveden lämpötilan (vihreä viiva) nousu. Viivaa seuraamalla huomataan, että fennostrenght-reaktorin minimilämpötila (musta viiva) nousee suhteessa järviveden lämpötilaan. Keltainen hiusviiva on asetettu kohtaan, jossa järviveden lämpötila on niin korkea, ettei raaka-aineita saada jäähdytettyä riittävästi. Järviveden lämpötilan ollessa n. 13,7 °C, saadaan reaktorissa oleva liuos jäähdytettyä n.15,8 °C:een. Tämän jälkeen jäähdytysvesisäiliössä olevaa jäähdytysvettä on aloitettu kierrättämään kylmävesivaihtimen läpi.



Name	Data Source	Map	Description	Value	Level	Status	Aut	Plot Min	Plot Max	Units	Shift	TZ	Type	Period	Method	Site	Ext
TI3-2546.av	MEPPI	IP_ANALOG	JÄÄHDYTYSVESI	7,086	Good	Good	<input type="checkbox"/>	0	30	C	0 0:00:0		Best Fit	1 Hour		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P-TI17-4410	MEPPI	IP_ANALOG	JÄÄHD.V. SISAAN	11,600	Good	Good	<input type="checkbox"/>	0	20	°C	0 0:00:0		Best Fit	1 Hour		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TIC-2157.me	MEPPI	IP_ANALOG	FS-JÄLKJÄÄHDYT	25,983	Good	Good	<input type="checkbox"/>	0	85	C	0 0:00:0		Best Fit	1 Hour		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Kuvaajasta huomataan miten erikoiskemikaalitehtaalla valmistettavan fennosize-tuotteen valmistus vaikuttaa myös polyelektrolyyttitehtaalla sijaitsevien hihnojen jäähtymykseen.

Kuvaajassa musta viiva osoittaa jäähtymysveden lämpötilaa. Vihreä viiva osoittaa hihnan lämpötilaa. Ruskea viiva osoittaa fennosize- tuotteen valmistuksessa käytettävää kylmävesivaihtimen lämpötilaa. Vasemmalla oleva keltainen hiusviiva on asetettu kohtaan, jossa fennosize valmistus ei ole menossa. Tässä vaiheessa hihnan lämpötila pysyy melko vakiona, n. 11.5 °C:ssa. Oikean puoleinen keltainen hiusviiva on asetettu kohtaan, jossa fennosize valmistus on loppuillaan, jolloin jäähtymysveden lämpötila on korkeimmillaan, n. 27 °C:ssa. Samassa kohdassa huomataan että myös hihnan lämpötila on noussut n. 12.3 °C:een. Joissakin polyelektrolyyttitehtaan tuotteissa jo tällainen lämmön nousu voi tuottaa ongelmia prosessissa.

