



**KANTOMURSKEEN KÄYTETTÄVYYS
SAARIJÄRVEN KAUKOLÄMPÖ OY:N
LEIJUPETIKATTILASSA**

Heidi Tanskanen

Asiantuntijuushanke

Joulukuu 2003



**JYVÄSKYLÄN
AMMATTIKORKEAKOULU**

SISÄLTÖ

1 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET	3
2 OSAPUOLET JA TYÖNJAKO.....	4
3 TOIMENPITEET.....	5
4 POLTTOAINEEN OMINAISUUDET.....	9
4.1 Lämpöarvo	9
4.2 Kosteus.....	9
4.3 Tuhkapitoisuus	10
4.4 Palakoko	11
4.5 Ylite.....	12
5 KOEPOLTTOJAKSO	15
5.1 Lämmöntuottolaskelma	15
5.2 Havaitut ongelmat	16
5.3 Huomiot koepolton jälkeen.....	17
5.4 Lauhdutusjärjestelmä	17
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	18

1 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

Tällä hetkellä pystytään energiantuotantoon hyödyntämään kustannustehokkaasti vain lähinnä suuria lämpölaitoksia sijaitsevat suurehkot kantoerät. Pienet kantoerät ja pitkät kuljetusmatkat hakkuualueelta lämpölaitokselle ovat usein estäneet kustannussyistä kantojen hyödyntämisen energiantuotannossa.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kantomurskeen soveltuvuus pienen kokoluokan lämpölaitoksille.

Kantomurskeen käytettävyyttä selvitettiin Saarijärven Kaukolämpö Oy:llä, jossa on 4 MW:n kiinteän polttoaineen leijupetikattila (Sermet Oy). Laitos on rakennettu vuonna 1987 ja sinne asennettiin vuonna 1994 lauhdutus- ja lämmön talteenottojärjestelmä. Laitos on ainutlaatuinen kokoluokassaan, koska se on varustettu savukaasujen lauhdutusjärjestelmällä. Savukaasujen lämmön talteenotto ja lämmön varastointiakku yhdessä nostavat polttoaineen hyötysuhteen korkeaksi. Absorptiolämpöpumppu kasvattaa lämpötehon turpeella jopa 6 MW:iin. Laitoksen kokonaishyötysuhteeksi (verkostohäviöt mukana) muodostui vuonna 2002 92,3 %. Myyty energiamäärä oli tällöin 23 771 MWh, josta kotimaisten polttoaineiden osuus oli 83,5 % (jyrsinturve 15 001 m³ ja puupolttoaineet 8651 m³), täydentävänä polttoaineena on käytetty öljyä (raskas polttoöljy 354,19 t ja kevyt polttoöljy 18 066 l).

Laitos sijaitsee Saarijärven keskustan alueella. Sijainti tontin pienehkön pinta-alan ohella vaikuttaa olennaisesti polttoaineiden varastointimahdollisuuksiin. Käytännössä lämpölaitoksella ei varastoida polttoainetta, vaan polttoaine puretaan täysperävaunu-
autoyhdistelmästä suoraan siiloihin, joista polttoaine menee polttoon suoraan.

2 OSAPUOLET JA TYÖNJAKO

Työn tilaaja UPM Kymmene Metsä / korjuupäällikkö Matti Markkila vastasi kuusen-kantomurskeen tuottamisesta sekä toimittamisesta Saarijärven Kaukolämmölle sovit-tuna ajankohtana. UPM vastasi myös polttoaine-erän punnitsemisesta.

Saarijärven Kaukolämpö Oy / toimitusjohtaja Eero Mykkänen vastasi lämpölaitoksen puolesta koekäytön järjestelyistä. Koekäytön aikaan Saarijärven Kaukolämmöllä oli laitoshoitajana LVI-tekniikko Raimo Tuominen, jolta työn toteuttaja sai myös merkit-tävää asiantuntija-apua. Saarijärven Kaukolämpö Oy luovutti koepolttoon liittyvän datan ja soveltuvaa vertailuaineistoa työn toteuttajalle. Saarijärven Kaukolämpö mää-ritti myös murske-erän kosteuden.

Selvityksen toteutti Jyväskylän ammattikorkeakoulun Luonnonvarainstituutin bio-energiaan erikoistuva opiskelija Heidi Tanskanen asiantuntijuushankkeenaan. Työn toteuttaja seurasi ja teki havaintoja murskeen toimituksesta koepolttotapahtuman lop-puun saakka, ja keräsi koepolttoa koskevan datan. Työn toteuttaja otti myös tarvittavat polttoainenäytteet ja määrittä näytteistä murskeen palakoon sekä tuhkapitoisuuden erikseen polttoaineen hieno- ja karkeasta aineesta.

Opiskelijan työtä ohjasi Jyväskylän ammattikorkeakoulun Luonnonvarainstituutin yliopettaja Tero Vesisenaho.

3 TOIMENPITEET

Kantomurske tuotettiin Vertainen Oy:n Diamond Z –kaukalomurskaimella (KUVA 1) kuusen kannoista, jotka oli nostettu kesällä 2003. Murskaimessa käytettiin kaikkein tiuhinta seulaa mahdollisimman pienen palakoon ja tasaisen laadun saavuttamiseksi.



KUVA 1. Kantojen murskauksessa käytetty kaukalomurskain (kuva: UPM-Kymmene Metsä).

Kuljetusliike Euroholz Oy toimitti Saarijärven Kaukolämpö Oy:lle 29.10.2003 klo 21.10 n. 40 m³ (kuorman massa 7750 kg) kantomursketta (KUVA 2). Kuorma punnittiin UPM-Kymmene Oy:llä Tervasaassa ennen toimitusta, jotta voitiin määrittää toimitetun polttoaineen määrä. Polttoaine-erästä otettiin myös kosteus-, tuhkapitoisuus- ja palakokonäytteet polttoaine-erän ominaisuuksien määrittämiseksi. Lämpöarvotiedot saatiin UPM-Kymmeneltä.



KUVA 2. Polttoaineen toimitus lämpölaitokselle.

Kuorma toimitettiin kolapohjaisella kuorma-autolla ja purettiin suoraan koko toisen, tyhjennetyin siilon pituudelle kolakuljettimelle mahdollisimman tasaisesti. Ennen koe-polton alkua murskekuormaa jouduttiin tasoittamaan traktorin etukuormaajalla ja lapi-oimalla. Toisessa polttoainesiihossa oli purua, jotta laitoksen häiriötön käyttö voitiin mahdollisissa ongelmatilanteissa varmentaa. Siihossa murske-erä jaettiin kahteen yhtä suureen osaan merkitsemällä erän puoliväli spray-maalilla (KUVA 3).



KUVA 3. Murske-erän puoliväli merkittiin spraymaalilla.

Osat 1 ja 2 ajettiin käyttöön erilaisilla seula-asetuksilla. Koekäyttö aloitettiin kiek-koseulan tiuhemmalla asennolla. Ylitelavalle ohjautuneen murskeen määrä todettiin kummankin ajojakson jälkeen (KUVA 4).



KUVA 4. Tiheämmällä seula-asetteella ylitelavalle ohjautunut karkea jae.

Koepoltto suoritettiin 30.10.2003 Saarijärven Kaukolämmöllä. Koekäytöstä vastasi Saarijärven Kaukolämpö omalla henkilökunnallaan ja selvityksen toteuttaja oli alusta loppuun mukana seuraamassa ja tekemässä havaintoja kaikesta toiminnasta koekäytön aikana. Työntoteuttaja kirjasi ”lokikirjaan” (LIITE 1) ylös kaiken normaalista poikkeavan henkilökunnan avustuksella.

Laitosraportti koejaksolta on liitteessä 2. Selvityksen toteuttaja keräsi polton aikana myös muun kertyneen palamistapahtuman seurantadatan analysoitavaksi. Kertyneistä murskeen ominaisuuksien analyysitiedoista, muistiinpanoista ja datasta tehtiin johtopäätökset kantomurskeen käytettävyydestä.

4 POLTTOAINEEN OMINAISUUDET

4.1 Lämpöarvo

Kuusenkantomurskeen tehollinen lämpöarvo kuiva-aineessa on UPM-Kymmenen kokemusten mukaan noin 5,3 kWh/kg eli 19,1 MJ/kg. Lämpöarvoon vaikuttaa paljolti polttoaineen epäpuhtaudet eli tuhkapitoisuus. Toimituskosteudessa kuusenkantomurskeen energiatiheys on keskimäärin 3,6 MWh/t. Tässä kokeessa käytetyn polttoaineen kosteudella energiatiheys on n. 3,5 MWh/t, koska polttoaine oli keskimääräistä kosteampaa.

4.2 Kosteus

Työn toteuttaja määrittä polttoaineen kosteuden standardiin ISO 589 –mukaisella menetelmällä. Kuivattiin 2 kpl 200 gramman ja 1 kpl 100 gramman saapumistilaista polttoainenäytettä. Punnitustarkkuus oli 0,01 g. Näytteet kuivattiin ilmastoidussa lämpökaapissa 105 ° C lämpötilassa 23 tuntia. Näytteet punnittiin välittömästi kuivauksen päätyttyä.

Märkápainoa kohti laskettu kosteus saapumistilassa oli kolmen näytteen keskiarvona 30,4 %, josta 100 gramman näytteet 1. 30,0 % ja 2. 30,5 % ja 200 gramman näytteellä 30,7 %.

Saarijärven Kaukolämmöllä tehty määrittäys 500 gramman ja 100 gramman näytteistä antoi keskiarvoksi 30,5 %.

Kosteusarvot ovat normaalit tämänkesäiselle kannolle. Ylivuotisena kantomurskeen kosteus jää alle 30 %:n.

4.3 Tuhkapitoisuus

Työn toteuttaja määrittä tuhkapitoisuuden standardien ISO 1171 ja DIN 51719 – mukaisella menetelmällä. Ensin seulottiin murskeen hieno ja karkea aines erilleen. Kumpikin jae jauhettiin alle 0,5 mm:n hiukkaskokoon. Lisäksi tuhkapitoisuus määritettiin samaan tapaan mahdollisimman edustavasta näytteestä. Jauhetuista näytteistä määritettiin analyysinäytteen kosteus. Analyysinäytteistä punnittiin kaikista laaduista kahdesta kolmeen kappaletta 3 - 4 gramman näytettä, vähintään 0,001 gramman tarkkuudella. Näytteitä kuivattiin lämpökaapissa 105 °C lämpötilassa 3 tuntia. Kuivauksen jälkeen näytteet punnittiin.

Seuraavaksi kuivia analyysinäytteitä punnittiin 0,0001 g:n tarkkuudella etukäteen hehkutettuihin polttoupokkaisiin, kuhunkin 1-2 g. Upokkaat asetettiin sisältöineen huoneen lämpötilassa olevaan uuniin. Ensimmäisessä vaiheessa uunin lämpötila nostettiin 60 minuutissa 500 ° C:een. Seuraavien 60 minuutin aikana lämpötila nostettiin 815 ° C:een, jossa näytteitä pidettiin 60 minuuttia. Tämän jälkeen uunin annettiin jäähdyä itsekseen suljettuna pari tuntia, jonka jälkeen näyteupokkaiden jäähdyttäminen jatkui eksikaattorissa ennen viimeistä punnitusta. Lopulta näytteistä tehtiin rinnakkaismääriytykset, joiden perusteella laskettiin tuhkapitoisuudet.

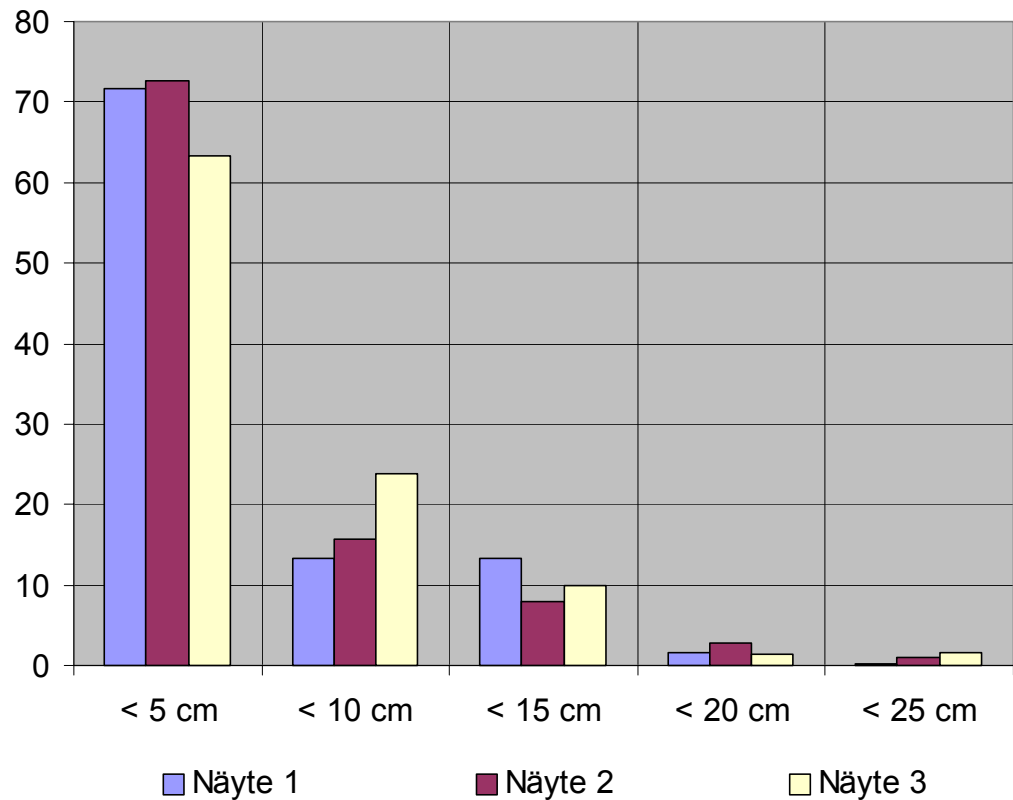
Tuhkapitoisuus määritettiin erikseen mahdollisimman edustavasta näytteestä sekä hienosta ja karkeasta aineesta. Edustavien näytteiden tuhkapitoisuudet olivat 1. näytteellä 11,74 % , 2. näytteellä 11,44 % ja 3. näytteellä 12,39 %. Karkean jakeen näytteillä 1. näyte 0,70 % ja 2. näyte 0,79 %. Hienon aineksen näytteillä tuhkapitoisuudet olivat 1. näytteellä 25,78 % ja 2. näytteellä 29,15 %

Keskiarvoltaan edustavan näytteen tuhkapitoisuus oli 11,9 %, karkean aineksen tuhkapitoisuus oli 0,7 % ja hienoaineen 27,5 %. Koska edustavaksi arvioidun näytteen tuhkapitoisuus vaikutti varsin suurelta, voitiin epäillä, että näytteeseen on joutunut hienoainesta kuitenkin liikaa. Tämän vuoksi tarkistettiin käsin erottelemalla palakokonäytteistä hienoaineen osuus ja todettiin sen olevan 29,5 % koko materiaalimäärästä. Tällä osuudella tuhkapitoisuuden painotettu keskiarvo olisi noin 8,6 %. Hienoaineen osuuteen on saattanut vaikuttaa turvemaa, jolta kannot oli nostettu.

4.4 Palakoko

Palakokonäytteitä otettiin kolme edustavaa pussillista lapiolla. Näistä jokaisesta määritettiin palakoot käsin erottelemalla ja mittaamalla kaikki yli viiden sentin mittaiset kappaleet. Näytteiden joukkoon ei sattunut yhtään yli 25 cm:n mittaista kappaletta.

Näytteiden kokonaispainoon (5517 g) suhteutettuna alle 5 cm:n mittaisia kappaleita oli 60,9 %, 5 -10 cm:n 22,66 %, 10-15 cm:n 12,69 %, 15 - 20 cm:n 2,45 % ja 20 - 25 cm:n kappaleita oli vain 1,3 % (KUVA 5).



KUVA 5. Kantomurskeen palakokojakauma (%).

4.5 Ylite

Kiekkoseulalla (KUVA 6) polttoainevirrasta erotettu ylite kerättiin talteen tarkasti levittämällä ylitelavalle pressu, jolloin ylite saatiin helposti siirrettyä lavalta tarkempaa tarkastelua varten. Ylitteet punnittiin Kolkanlahdessa Bioenergiakeskuksen tiloissa. Ylitteeseen ohjautui osin palakokonäytteitä selvästi suurempia kappaleita, pisin kappale oli 78 cm ja paksuimmat halkaisijaltaan 14 cm:n kokoluokkaa. Suurin osa ylitteen kappaleista mahtuu pituudeltaan kokoluokkaan 15-35 cm ja halkaisijaltaan alle 10 cm:n.



KUVA 6. Kiekkoseula.

Koeajon ensimmäisessä osassa ajettiin tiuhemmalla seula-asetuksella, jolloin ylitelavalle ohjautui 21,45 kg mursketta (KUVA 7). Suhteutettuna puoleen koko murskeerän massasta 3875 kg, ylitteen osuus oli noin 0,6 %.



KUVA 7. Koeajon ensimmäisen osan ylite.

Koeajon toisessa osassa ajettiin löyhemmällä seula-asetuksella, jolloin ylitettä syntyi 2,5 kg eli 0,06 % (KUVA 8). Vaikka ylitteen määrät muuttuivat seula-asetusten mukana, niin käytettävyys oli kuitenkin samanlainen molemmilla asetuksilla.



KUVA 8. Koeajon toisen osan ylitettä.

5 KOEPOLTTOJAKSO

5.1 Lämmöntuottolaskelma

PVM	30.loka	
AIKA	7:45 - 17:35	
KPA		
Alkulukema	40234,30	
Loppulukema	40254,02	
		19,72
Keitin		
Alkulukema	14439,71	
Loppulukema	14445,19	
		5,48
Tuotto		
Yht. (MWh)		25,20
Hyötysuh. mukana (MWh)		28,97
Ostettu		
m ³		40
tn		7750
Hyötysuhde mukana		
MWh/m ³		0,72
Lauhde		
Alkulukema	27175,47	
Loppulukema	27184,80	
Keittimen teho	5,48	
		3,85
Hyötysuhde mukana		29,05
Lauhde %		
KPA+keitin		13,29
Koko tehosta		13,25
Energiaa		
MWh		28,97
MWh/tn		3,737
Lauhdevettä litraa		3650

5.2 Havaitut ongelmat

Koska polttoainetta holvaantui syöttöruuveilla (KUVA 9 & LIITE 3), kattila sai epätasaisesti mursketta, jolloin savukaasujen happipitoisuus heilahteli jyrkästi edestakaisin (LIITE 4). Sen seurauksena palaminen häiriintyi selvästi, vaikka automaatiojärjestelmä pyrkikin ohjaamaan sekundääri-ilmaventtiileillä palamisilmaa kulloistakin polttoainemäärää vastaavaksi (LIITE 5).

Kantomurskeella ei siis saatu ajossa riittävästi tehoa (LIITE 6) epätasaisen polttoaineen syötön vuoksi. Koska murske on kuivaa ja säikeistä, syöttöruuvit eivät pureet kunnolla murskeeseen, jolloin syöttö oli epätasaista ja holvaantumista esiintyi aika ajoin. Tästä aiheutui lämpöakun lämpötilan lasku (LIITE 7), ja klo 11.50 jouduttiin käynnistämään öljypoltin lisätehon tuottamiseksi ja lämmönjakelun turvaamiseksi kaukolämpöverkkoon. Polttoainevirran ja palamisilmamäärien epätasaisuuden takia leijupedin lämpötila kohosi kantomursketta käytettäessä ajoittain tavanomaista korkeammaksi (LIITE 8).



KUVA 9. Syöttöruuvien alkupään (vasen) kierteet ovat loppupäätä tiheimät. Alkupään kierteet tarttuvat kantomurskeeseen, mutta loppupään eivät, jolloin murske alkaa holvaamaan. Kuvassa testataan olkea – ei kantomursketta. (Kuva: Saarijärven Kaukolämpö Oy)

5.3 Huomiot koepolton jälkeen

Koepolton jälkeen oli todettavissa, että laitoksella leijupedin petipaineet olivat nousseet 90:stä 95:een millibaariin. Tämän aiheutti kantomurskeen mukana kattilaan kulkeutunut maa-aines. Karkeasti arvioiden petihiekan vaihtotarve kolminkertaistuisi kantomursketta käytettäessä verrattuna turpeen käyttöön. Näin pienen kokoluokan lämpölaitoksella ero on huomattava, varsinkin kun hiekkaa poistetaan käsityönä.

5.4 Lauhdutusjärjestelmä

Saarijärven Kaukolämmöllä on käytössä savukaasujen lauhdutusjärjestelmä, joka lieinee ainutlaatuinen tämän kokoluokan lämpölaitoksilla. Havupuuta (etenkin mäntyä) runsaasti käytettäessä on riskinä tervan muodostuminen lauhdutusyksikössä. Tässä kokeessa poltettiin kuusenkantomursketta tervaamisongelman välttämiseksi. Ongelmia ei havaittu tämän suhteen ennen, eikä jälkeen koepolttojakson.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Murskeen kosteus ja palakoko oli varsin hyvää ja tasaista puupolttoaineeksi. Murskeen joukossa ei esiintynyt vierasta materiaalia. Kiviä ei ollut ylitteessä, ainoastaan palakokonäytteistä löytyi muutama sepelikokoluokkaa oleva kivi. Suuremmat puukappaleet olivat lähinnä yksittäisiä. Palakoko voidaan saada vielä pienemmäksi ja pitkät tikut poistettua murskausvaiheessa muuttamalla seuloja aiempaa tiuhemmiksi.

Yksittäiset suuremmat kappaleet aiheuttivat holvaantumista syöttöruuvilla. Holvaantuminen ja siitä aiheutuvat ongelmat voitaisiin poistaa muuttamalla hieman polttoaineen syöttöjärjestelmää. Kokeen loppupuolella holvaantumista esiintyi hieman vähemmän, ilmeisesti murskeen laatu muuttui tasaisemmaksi loppua kohden. Polttoaineen syöttöjärjestelmä on yksilöllinen jokaisella lämpölaitoksella, joten mahdollisesti muilla pienehköillä lämpölaitoksilla ei esiinny samaa ongelmaa.

Maa-aineksen verrattain runsas osuus saattaa aiheuttaa myös ongelmia. Maa-aines vaikuttaa osaltaan laitteiden kulumiseen, sekä leijupetipoltossa petihiekan vaihtotarpeeseen. Hienoaineen osuus pienenee, kun käytetään ylivuotista ja ”hyvin huuhtoutunutta” kantoa murskeen valmistuksessa. Toisaalta myös murskaustekniikka kehittyy ja kenties tulevaisuudessa on mahdollista seuloa maa-ainesta ja/tai ylisuuria kappaleita tarkemmin erilleen jo murskauksen yhteydessä.

Yhteenvedona käyttökoikeesta voidaan todeta, että mikäli:

- maa-aineksen määrää kantomurskeessa saataisiin hieman laskettua ja
- pitkät kappaleet seulottua eroon tai murskattua hienommiksi tai
- laitoksen polttoaineen syöttöruuveille tehtäisiin muutoksia

on kantomurske myös Saarijärven Kaukolämmölle ja muille vastaavan kokoluokan lämpölaitoksille varsin varteen otettava, edullinen ja tehokas polttoainevaihtoehto.

Liite 1. Lokikirja

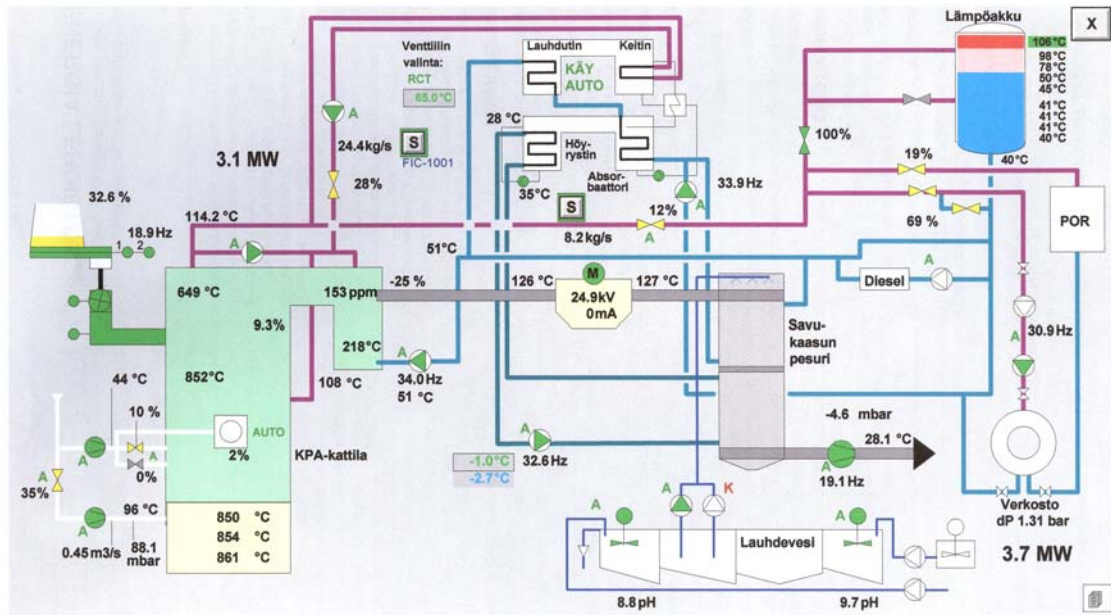
- 7.33 Kolapurkain liikkeelle, kiekkoaseula jysinturveasennolla ulkolämpötila 4,3 °C
- 7.45 Kantomurske lähti palamaan. (käsiöjous edellisen polttoaineen loppumisen takia) Polttoaineen syöttöruuvi 10 Hz. Kokeen alussa lämpötilanotkhdus, koska puru loppui (628 °C).
- 7.53 Nosto 12 Herziin ja hetken kuluttua 13:een
- 8.02 Hz nosto 15 = 13.8 Hz, petilämpötilan asetusarvoksi 750 °C. Vaikuttaa siltä, ettei murske tule siilosta läpi - happea liikaa. Murskeessa liian pitkiä kappaleita.
- 8.12 Hz 14.5
- 8.14 Petilämpötila 797 °C nousee 803 °C:n
- 8.17 Kpa menoveden lämpötila automaattiohjaukselle 2,5 MW, asetusarvo 115 °C
- 8.25 Petilämpötila 845 °C, 16.7 Hz
- 8.28 Hz rajoitin 19
- 8.30 Petilämpötila 892 °C
- 8.32 Petilämpötila 903 °C, nosto 21 Hz
- 8.42 Menoveden lämpötila 115,7 °C
- 8.48 Teho nosto 2,8 MW
- 9.03 Teho nosto 3 MW
Petilämpötila 871 °C
menovesi 116 °C
savukaasut ulos 33,4 °C
- 9.07 Teho 3,1 MW
ulkolämpötila 4,5 °C
menoveden lämpötila 115 °C
petilämpötila 889 °C
- 9.15 Teho 3 MW
ulkolämpötila 4,5 °C
menoveden lämpötila 113,4 °C
petilämpötila 903 °C
savukaasut ulos 31,3 °C
- 9.32 Happi 0,9 % ja lähtee nousuun; syy: holvaantuminen
- 9.38 Pudotettiin polttoainesiilon täyttörajaa alemmaksi ja katsotaan auttaako se holvaantumiseen
- 10.07 Happi laski taas 3,6 %:iin
- 10.09 Happi 3,0 % ja nousee
- 10.13 Happi 1,7 %
- 10.24 Happi - 0,0 %

- 10.27 Nostetaan tehoa 3,2 MW:iin
- 10.39 Nostetaan tehoa 3,4 MW:iin Happi sahaa edelleen huimasti edestakaisin.
- 11.07 22 Hz syöttöruuvin raja-arvoksi
- 11.10 Menovesi 110 °C
Happi 4,2 %
Petilämpötila 863 °C
Savukaasut ulos 32,2 °C
Ulkolämpötila 4,7 °C
Teho 3,1 MW
- 11.23 Menovesi 106,4 °C
Happi 10 %
Petilämpötila 876 °C
Savukaasut ulos 32,2 °C
Ulkolämpötila 4,6 °C
Teho 1,5 MW
- 11.50 Öljypoltin käyntiin
- 12.00 Seulaasetuksen muutos
Ylitelavan tyhjennys
- 13.45 Menovesi 116,2 °C
Happi 4,2 %
Petilämpötila 819 °C
Savukaasut ulos 30,2 °C
Ulkolämpötila 4,7 °C
Teho 3,1 MW
Mahdollisesti murske erän laatu muuttui tasaisemmaksi ja palakoko pienemmäksi kokeen loppua kohden.
- 14.37 Petilämpötila 907 °C
teho 3 MW
happi 6 %
- 14.47 Happi 0 %
- 17.28 Aloitettiin purun syöttö
- 17.35 Ruuvi tyhjenedi kantomurskeesta.
- Koepoltto päättyi.

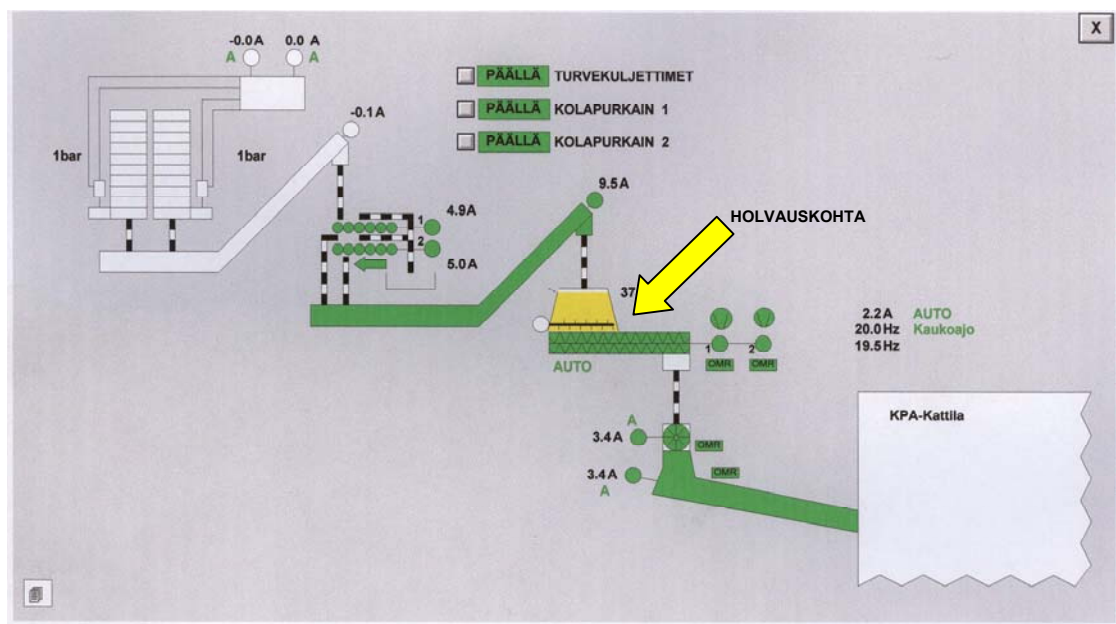
Liite 2. Laitosraportti.

Kello	Ulkolämpötila °C	Laitos MW	Meno °C	Paluu °C	ABSteho MW	AKKU piste	POR MW	KPA MW	Meno °C	Virt. kg/s	Sk °C	O2 %	Peti 1 °C	Peti 2 °C	Peti 3 °C	Tulip. °C	Turve %
00:00	3.7	2.7	82	44	0.7	4	0.0	2.9	111	10.2	50	4.4	687	684	686	758	33
01:00	3.8	2.7	83	45	0.8	4	0.0	2.9	112	10.2	50	4.4	688	684	686	760	33
02:00	3.5	2.7	83	45	0.8	4	0.0	2.9	113	10.2	50	4.5	700	687	689	766	33
03:00	3.3	2.7	83	45	0.8	4	0.0	2.9	113	10.1	50	4.4	689	685	688	764	33
04:00	3.5	2.9	83	45	0.8	4	0.0	2.9	113	10.1	50	4.4	701	687	690	765	33
05:00	3.5	3.0	83	45	0.8	4	0.0	2.9	112	10.0	50	4.4	701	687	689	763	33
06:00	3.6	3.5	83	44	0.8	4	0.0	2.9	112	10.0	50	4.4	701	687	690	761	33
07:00	3.9	3.6	82	43	0.6	4	0.0	1.8	107	5.7	41	8.7	682	678	674	675	33
08:00	4.3	3.8	83	42	0.6	3	0.0	2.0	112	6.2	37	6.3	842	839	835	808	33
09:00	4.6	3.7	82	41	0.5	3	0.0	2.6	112	8.4	35	5.4	878	870	866	874	33
10:00	4.6	3.8	82	41	0.6	2	0.0	2.7	114	8.3	34	5.2	855	847	840	882	33
11:00	4.6	3.8	82	41	0.5	2	0.0	2.5	109	8.4	33	5.0	872	867	860	888	33
12:00	4.6	4.2	83	37	0.6	2	1.1	2.8	115	8.2	32	4.6	858	851	844	903	33
13:00	4.7	4.1	83	37	0.6	2	1.4	2.7	115	8.1	30	4.6	852	848	839	892	33
14:00	4.6	4.1	83	37	0.5	2	1.5	2.7	115	8.2	30	5.3	877	870	866	902	33
15:00	4.5	4.1	83	37	0.5	2	1.5	2.8	115	8.3	29	4.6	867	859	856	886	33
16:00	4.3	4.0	83	37	0.5	2	1.5	2.8	114	8.4	30	5.1	868	860	856	885	33
17:00	4.2	3.8	83	38	0.5	2	1.5	2.4	112	7.6	30	5.7	843	835	831	837	33
18:00	3.9	4.0	84	38	0.8	2	1.5	2.8	115	8.5	42	4.3	779	758	764	792	33
19:00	3.5	3.8	84	38	0.9	2	1.5	2.9	116	8.6	45	4.5	750	717	724	740	33
20:00	3.3	3.8	84	38	0.9	3	1.5	3.0	115	9.0	47	4.3	757	715	725	740	33
21:00	3.2	3.4	84	39	0.9	3	1.0	3.0	115	9.4	47	4.3	760	727	736	750	33
22:00	3.1	2.8	84	44	0.9	3	0.0	3.1	115	10.4	50	4.2	757	718	728	749	33
23:00	2.9	2.7	84	45	0.9	4	0.0	3.1	115	10.4	50	4.3	751	724	734	760	33
SUMMA	83.8				16.8		14.0	86.0		766.4							
KESKJARVO	3.9	3.5	83	41	0.7	3	1.4	2.8	113	8.9	41	4.9	781	766	766	804	33
MAKSIMI	4.7	4.2	84	45	0.9	4	1.5	3.1	116	10.4	50	8.7	878	870	866	903	33
MINIMI	2.9	2.7	82	37	0.5	2	0.0	1.8	107	5.7	29	4.2	682	678	674	675	33

Liite 3. Saarijärven Kaukolämpö Oy:n prosessikaaviot.

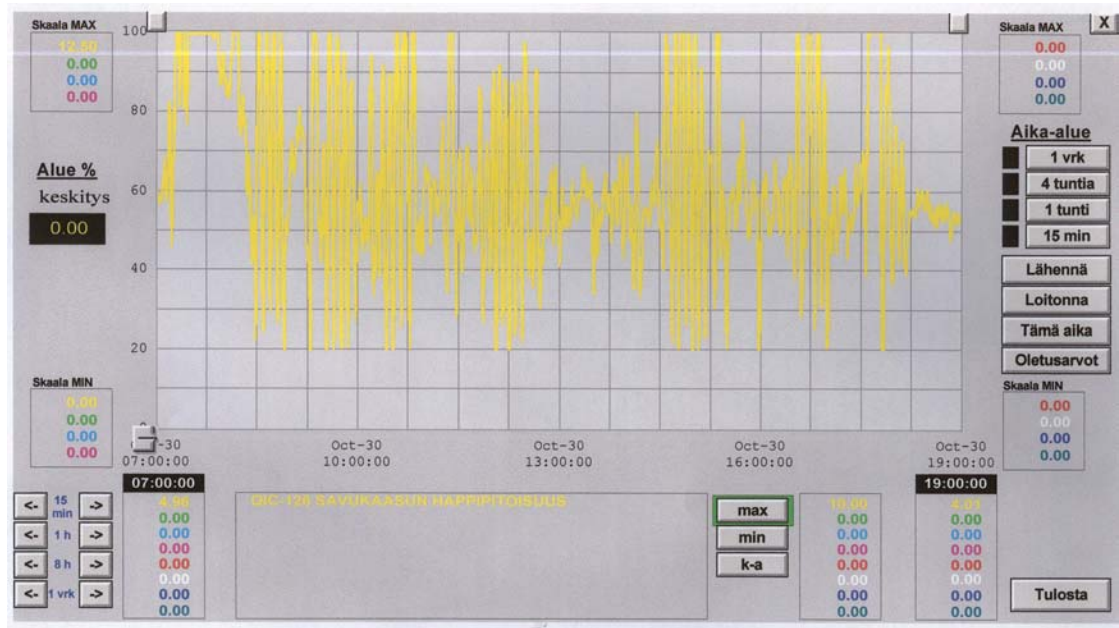


Lämpölaitoksen prosessikaavio.

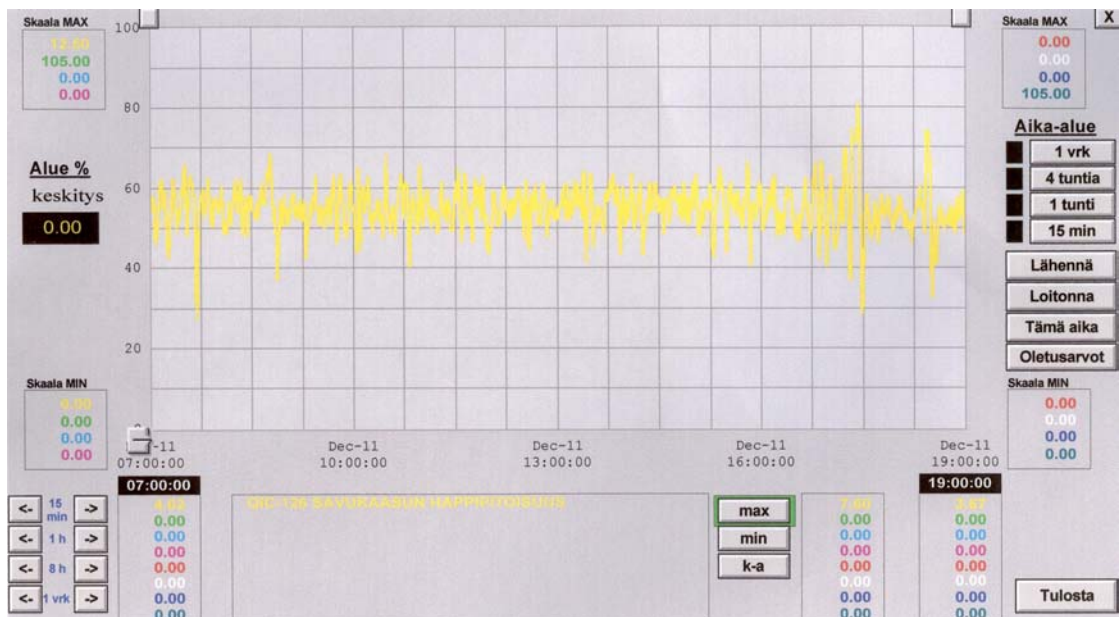


Kaavakuva polttoaineen syöttöjärjestelmästä. Holvauskohtanuoli lisätty.

Liite 4. Savukaasun happipitoisuus.

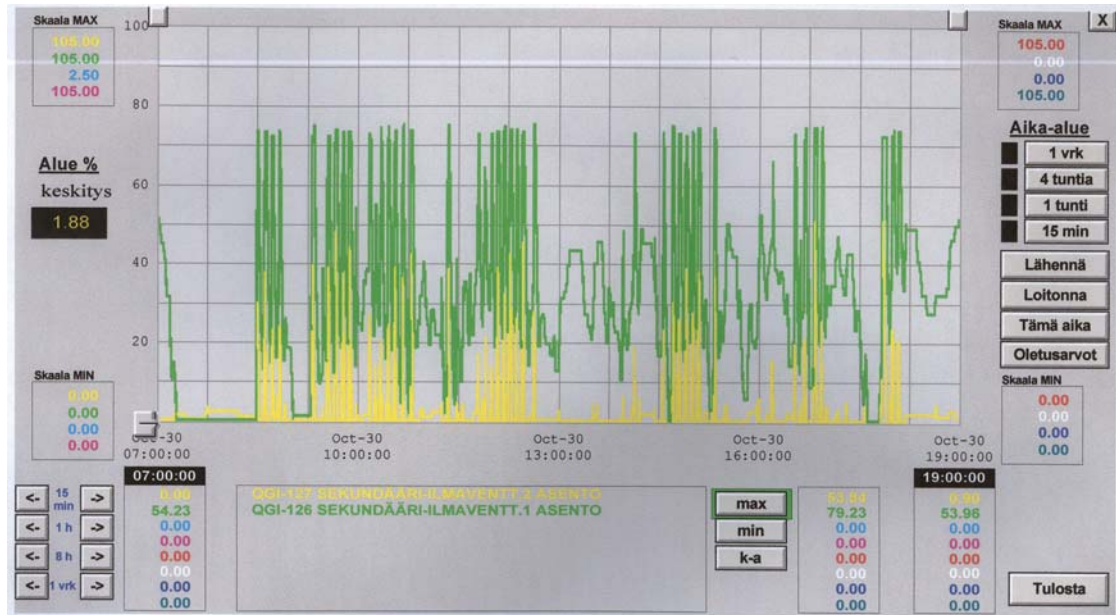


Savukaasun happipitoisuus kantomurskeella.

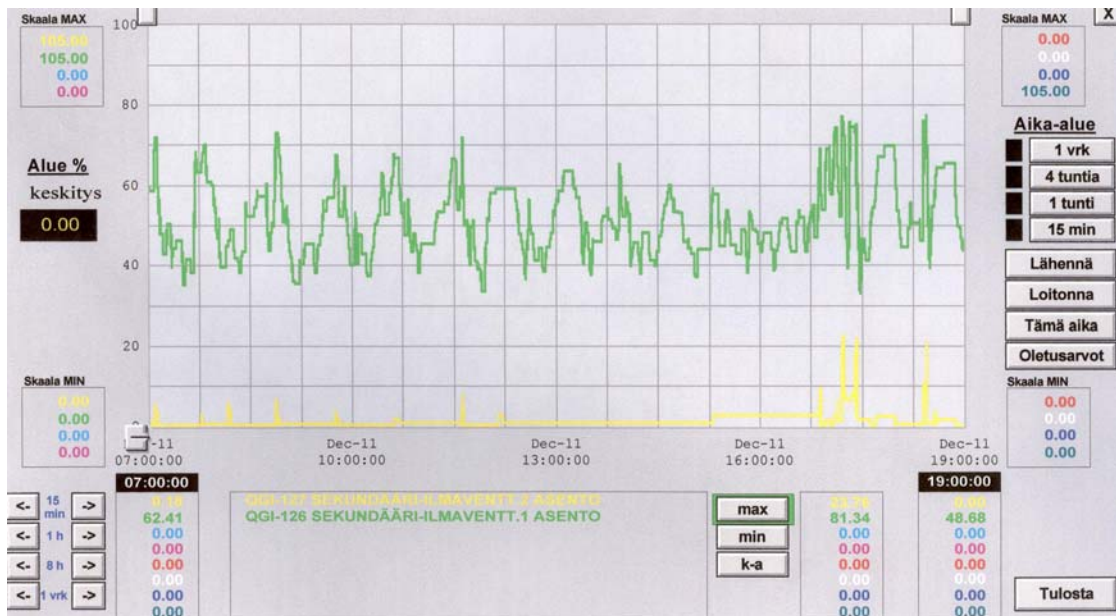


Savukaasun happipitoisuus turpeella.

Liite 5. Sekundääri-ilmaventtiilien asennot.

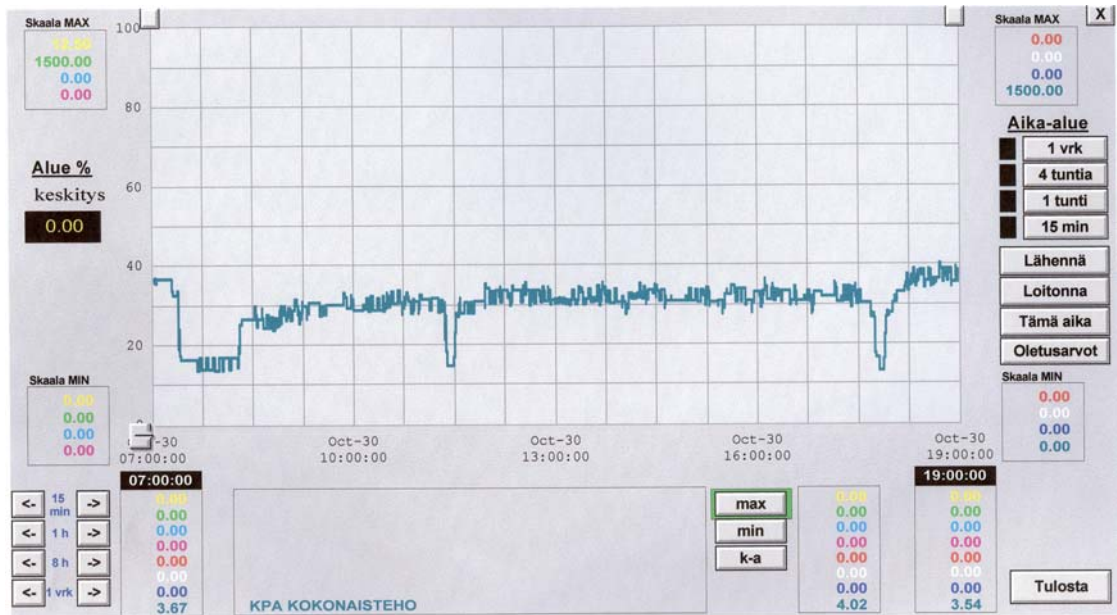


Venttiilien asennot kantomurskeella koeajon aikana.



Venttiilien asennot jyrksinturvetta käytettäessä.

Liite 6. Kattilatehot koeajon aikana.



KPA-kattilan teho kantomurskeella.



Raskasöljykattilan teho koejakson aikana.

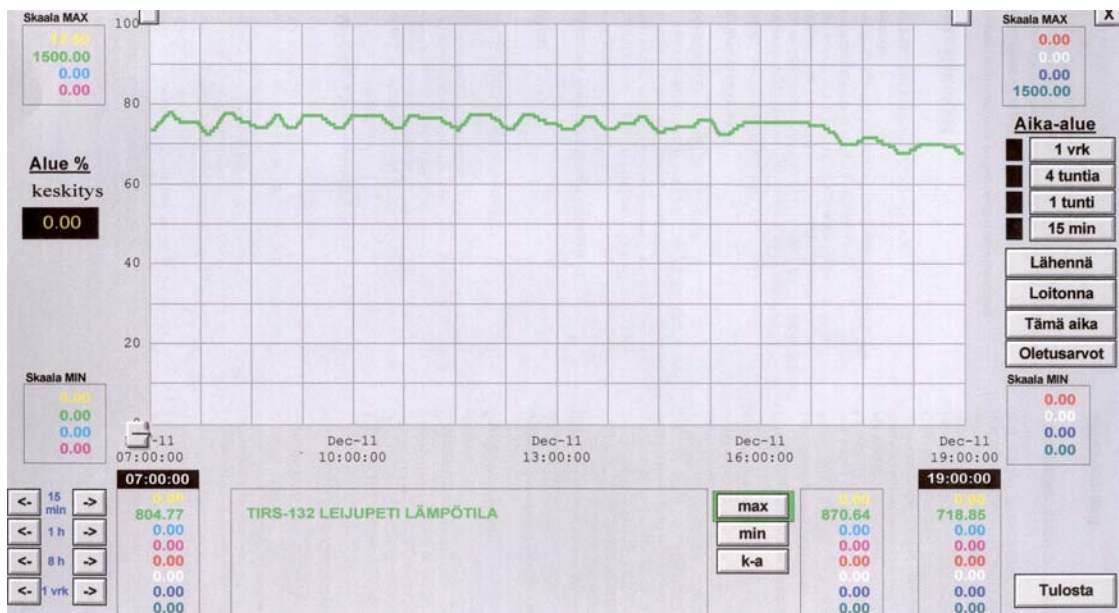
Liite 7. Lämpöakun lämpötilan kehitys.



Liite 8. Leijupedin petilämpötilat.



Petilämpötila kantomurskeella koeajojaksolla.



Petilämpötila jyrshinturpeella.