



Project manager

Mircea Abrahamsson

Phone +46 (0)10 505 33 41

Mobile +46 (0)70 580 01 90

mircea.abrahamsson@afconsult.com

PM

Date

2012-03-27

Our reference

Lars Svenningsson

1 (1)

Validation of heat exchanger's performance

ÅF Infrastruktur AB commissioned by Lars Svenningsson, has validated the performance of two cross flow air/air heat exchangers. Measurements and calculations were performed by Mircea Abrahamsson and Linda Andreasson during December 2011.

The two heat exchangers are installed at a board and a planks-dryer. The measured airflow through the heat exchangers was 2,2 and 0,95 m³/s respectively. Both heat exchangers utilize saturated air heated by the drying process to preheat the new dry outside air for drying purposes.

The temperature levels of the airflows to and from the heat exchangers were logged during the three days measuring period to provide accurate readings. The calculated temperature efficiency rates at the board and planks-dryer were 97 and 98 % respectively. These values are nearly 100% which is the theoretical maximum possible rate. The extremely high temperature efficiency rates are partly due to the high moisture content of the saturated exhaust air from the dryers.

During measurements the instantaneous pressure drops over the heat exchangers were very low compared to design values, which most likely indicate very low and most probably laminar airflows. The reason is that the two heat exchangers used only approximately 50% of their rated capacities based on the fans' frequency converter levels. The measured heat energy recovery was 145 and 85 kW for board and planks-dryer respectively. Given the low air flows, the two heat exchangers have over 100% more recycling capacity.



Handläggare

Mircea Abrahamsson

Tel +46 (0)10 505 33 41

Mobil +46 (0)70 580 01 90

mircea.abrahamsson@afconsult.com

PM

Datum

2011-12-22

Vår referens

Lars Svenningsson

1 (7)

Derome Såg. Validering av värmeväxlares prestanda för torkar # 2 och 4

1 Sammanfattning

Derome Såg har nyligen installerat två korsströms luft-luft värmeväxlare för Planktork #2 och Brädtork #4. Båda utnyttjar mättad varm frånluft från torkprocessen till att förvärma torr uteluft för torkningsändamål.

Mätningar av ÅF Infrastructure AB utförda av Mircea Abrahamsson och Linda Andreasson avser dagens situation med återvinning och påvisar nedanstående resultat samt med jämförande erfarenhetsvärden utan återvinning:

Mätobjekt	Dimension	Brädtork #4	Planktork #2
Mätt temperaturverkningsgrad återvinning	%	97	98
Mätt återvunnen effekt via värmeväxlare	kW	145	85
Mätt värmeeffekt till torkar	kW	400	270
Mätt specifik energianvändning per volym virke	kWh/m ³	156	105
Mätt specifik energianvändning per uttorkat vatten	kWh/kg H ₂ O	0,52	0,64
Empiriska svenska erfarenhetsvärden utan återvinning (70 % fuktkvot)	kWh/m ³	205	
	kWh/kg H ₂ O	1,0	
Erfarenhetsvärden från Derome utan återvinning	kWh/m ³	260	

Kommentarer till mätresultat ovan och övriga noteringar och synpunkter från mätningarna:

- Temperaturverkningsgraden för värmeväxlarna är strax under 100 % som är den teoretiskt maximalt möjliga nivån
- Uppmätta tryckfall över värmeväxlarna är extremt låga jämfört med liknande installationer, vilket indikerar att luftflödena genom VVX är lägre än nominella värden och luftströmningen med största sannolikhet därmed laminär. Detta medför en avsevärt lägre värmeöverföring jämfört med driftfallet då luftströmningen är turbulent vid högre nominella luftflöden som värmeväxlarna egentligen är dimensionerade för.
- Luftflödena för både tillufts och frånluftsfläkten är låga, knappt 50 % av maximal kapacitet, baserat på fläktarnas frekvensdrift. De båda värmeväxlarna inklusive fläktar utnyttjas därmed under 50 % av sin nominella kapacitet



- Med ökat luftflöde gynnas värmeöverföringen i värmeväxlarna per ytenhet och därmed dess stora ytor på 720 m² effektivare. Detta framgår i ÅF's tidigare rapport daterad 2011-09-20
- Skillnaden mellan pannanläggningens VP-flöde mätt med befintlig fast flödesmätare och portabel clamp-om ultraljudsmätare, uppgår endast till 3 %. Detta indikerar att den fasta flödesmätarens värden verkar rimliga.

2 Beteckningar och förkortningar

- AL Avluft är processluft efter VVX
- FL Frånluft är processluft före VVX
- h Timmar
- RF Relativ Fukt
- SHG Shuntgrupp
- TL Tilluft är uppvärmd uteluft efter VVX
- UL Uteluft till VVX
- VP Värme Primär från panncentral
- VS Värme Sekundär till torkbatterier
- VVX Värmeväxlare
- ÅF ÅF Infrastructure AB
- η_t Temperaturverkningsgrad

3 Projektets syfte

ÅF-Infrastructure AB har blivit ombedd av uppdragsgivare Lars Svenningsson att validera prestandan hos två nyinstallerade VVX vid torkarna #2 och #4 hos Derome Såg i Derome.

4 Mätmetodik

Beräkningarnas indata baseras på mätningar för:

- Brädtork #4 under 2011-12-06 till -16
- Planktork #2 under 2011-12-14 till -16

Samtliga mätningar avser nuvarande situation med installerade VVX och torkcykeltider på 7 h.

4.1 Luftflöden genom VVX

Momentanvärden av UL och AL-flöden genom VVX är uppmätta med prandtelrör vid flera punkter i spirokanalernas tvärsnitt ovan tak. Vidare har detta skett vid stabila förhållanden under pågående torkcykler och fläktarnas frekvenser har noterats parallellt.



PM
2011-12-22

3 (7)

4.2 Lufttemperaturer och RF

Temperaturen för UL, TL, FL och AL vid VVX har loggats under fyra dygn för Brädtork #4 och tre dygn för Planktork #2. Även omgivningens utetemperatur och RF har loggats under samma tidsperiod, liksom RF i UL till VVX.

4.3 Tryckfall över VVX

Statiska tryckfallen över båda VVX har mätts momentant vid stabila luftflöden, både på TL- och FL-sidan.

4.4 Kondensat flöde från VVX

Kondensatflödena från de båda VVX har uppmätts momentant vid stabila torkförhållanden.

4.5 VS-värme till värmebatteri

Torkarnas värmebatterier tillförs värme från panncentralen via VP-vatten som shuntas till rätt VS-temperatur i respektive torks SHG. VS-flödet anses vara stabilt utan större fluktuationer oberoende av SHG's styrventils läge. VS-flödet har mätts med hjälp av en clamp-on ultraljudsmätare. Vidare har VS-flödets tillopp och returtemperaturer loggats under samma tidsperioder som lufttemperaturerna kring de båda VVX.

5 Mätresultat

5.1 Luftflöden genom VVX

Luftflöden för både TL och FL är låga, ca 40-50 % av maximal kapacitet baserat på fläktarnas frekvensdrift. Frekvenserna under torkcykler var:

- Brädtork #4: 21Hz för TL och 24Hz för FL
- Planktork #2: 22,2Hz för TL och 25,5Hz för FL

De uppmätta TL-flödena under pågående torkcykler är:

- Brädtork #4: 2,2 m³/s
- Planktork #2: 0,95 m³/s

Det sannolika medelfelet vid mätning av luftflöde har uppskattats till 15-25 %, det lägre värdet för AL respektive högre för UL med en kortare raksträcka före mätpunkten.

5.2 η_t

η_t har beräknats utifrån loggade temperaturer för UL, TL och FL. Denna definieras som



PM
2011-12-22

4 (7)

$$\eta_t = \frac{Temp_{TL} - Temp_{UL}}{Temp_{FL} - Temp_{UL}}$$

η_t för VVX baserat på mätningarna uppgår under stabila torkförhållanden till:

- 97 % för Brädtork #4
- 98 % för Planktork #2

De förhållandevis extremt höga η_t nära 100 % är en följd av det höga energi eller entalpiinnehållet i FL till följd av den höga absoluta fukthalten samt en effektiv VVX.

5.3 Återvunnen effekt för VVX

Den återvunna effekten via VVX under torkprocessen, baserat på både uppmätt kondensat flöde och temperaturhöjning av TL, är för:

- Brädtork #4: 145 kW. Upptagen och avgiven effekt överrensstämmer väl.
- Planktork #2: 85 kW. Observera att upptagen effekt är 75 kW för TL och avgiven effekt för kondensatet är 97kW. Skillnaden mellan upptagen och avgiven effekt beror på högt mätfel vid mätning av UL-flöde.

5.4 Tryckfall över VVX

Tryckfallen över VVX för Brädtork #4 har uppmätts till:

- 90 Pa för TL-sidan
- 82 Pa för FL-sidan

Tryckfallen över VVX för Planktork #2 har uppmätts till:

- 27 Pa för TL-sidan
- 19 Pa för FL-sidan

Tryckfallen är mycket låga vilket indikerar risk för laminär luftströmning.

5.5 VS-värme till värmebatteri

Den tillförda VS-effekten under torkprocessen till torkarnas värmebatterier uppmättes för:

- Brädtork #4 till 400 kW. VS-temperaturer för tillopp och retur var 100°C respektive 94°C
- Planktork #2 till 270 kW. VS-temperaturer för tillopp och retur var 101°C respektive 95°C

5.6 Bedömd energianvändning för torkprocessen

5.6.1 Dagens situation med VVX

Energianvändningen för torkprocessen kan beräknas baserat på:

- ÅF's mätningar av VS-effekt till torkarna
- Bräd och plank-volym på 15 m³ respektive 18 m³
- Torkcykeltid på 7 h



Specifika energianvändningen per m³ för dagen torkprocess blir för:

- Brädtork #4: $(400 \text{ kW} \times 7 \text{ h}) / (15 \text{ m}^3) = 187 \text{ kWh/m}^3$
- Planktork #2: $(270 \text{ kW} \times 7 \text{ h}) / (18 \text{ m}^3) = 105 \text{ kWh/m}^3$

Specifika energianvändningen för avdunstat vatten kan beräknas baserat på:

- Fuktkvot för brädor på 110 % och för plankor på 60 %
- Virke vid torkat tillstånd har en fuktkvot på 17 %
- Densitet för gran vid torrt tillstånd (0 % fuktkvot) är 385 kg/m³

Specifika energianvändningen per kg uttorkat vatten blir för:

- Brädtork #4: $187 \text{ kWh/m}^3 / (385 \times (1,10-0,17)) = 0,52 \text{ kWh/kg H}_2\text{O}$
- Planktork #2: $105 \text{ kWh/m}^3 / (385 \text{ kg/m}^3 \times (0,60-0,17)) = 0,63 \text{ kWh/kg H}_2\text{O}$

Avdunstningens storlek kan beräknas för:

- Brädtork #4: $385 \text{ kg/m}^3 \times (1,10-0,17) = 358 \text{ kg/m}^3$
- Planktork #2: $385 \text{ kg/m}^3 \times (0,60-0,17) = 166 \text{ kg/m}^3$

5.6.2 Före installation av VVX

En jämförelse kan utföras för situationen före installation av VVX men baserat på allmänt vedertagna teoretiska värden hämtade från lärobok "Praktisk Torkning 1b av Björn Esping, Träteks förlag, sida 563". Mätresultat är från "S Tronstad Teknisk Information #3, NTR 1995) och avse så kallad Vandringstork.

Specifika energianvändningen uppgår till 184 kWh/m³ värme och 21 kWh/m³ el, totalt 205 kWh/m³. Eller baserat på specifik vikt totalt 1,0 kWh/kg H₂O. Observera att värdena gäller för virke med fukthalt 70 % och som torkas ner till fukthalt 17 %.

Erfarenhetsvärden från Derome indikerar ca 260 kWh/m³.

VP flöde och effekt från panncentral

5.7 Mätningar

Totala VP-flödet vid panncentralen är uppmätt med clamp-on ultraljudsmätare. Parallellt med denna mätning noterades det avlästa flödet från Derome Sågs fasta flödesmätare. Även VP tillopp och retur temperaturer noterades momentant.

5.8 Resultat

Differensen mellan VP-flödet uppmätt med clamp-on ultraljudsmätaren och Derome Sågs fasta mätare är 3 %, där den fasta mätaren visar det högre flödet.

VP temperaturer för tillopp och retur var 118°C respektive 91°C. Pannans utgående VP- effekt var 7.200 kW, baserat på ett medelvärde av flödena uppmätta med clamp-on ultraljudsmätaren och den fasta mätaren .



6 Slutsatser och kommentarer

η_t för VVX baserat på mätningarna påvisar värden strax under 100 % och ligger i stort sett på teoretiskt max möjlig nivå. Värden över 100 % är teoretiskt omöjliga att uppnå.

I och med att luftflöden för både TL och FL är låga, knappt 50 % av maximal kapacitet baserat på fläktarnas frekvensdrift, används de båda VVX inklusive fläktar kapacitetsmässigt till strax under 50 % av sin nominella förmåga. Med ökat luftflöde gynnas dessutom värmeöverföringen i VVX per ytenhet och därmed VVX stora yta på 720 m² effektivare. Detta framgår i ÅF's tidigare rapport daterad 2011-09-20.

Uppmätta tryckfall över VVX är extremt låga jämfört med liknande installationer, vilket också indikerar att luftflödena genom VVX är lägre än nominella värden och luftströmningen med största sannolikhet är laminär genom VVX. Detta medför en avsevärt lägre värmeöverföring jämfört med driftfallet då luftströmningen är turbulent vid högre nominella luftflöden som VVX egentligen är dimensionerad för.

Uppmätta VS-effekter för torkarna uppgår till för:

- Brädtork #4: 400 kW
- Planktork #2: 270 kW

Uppmätt återvunnen effekt via VVX är för:

- Brädtork #4: 145 kW
- Planktork #2: 85 kW

Det framgår väl att det finns det ytterligare möjlighet till att låta VVX stå för en betydligt större andel av uppvärmningsbehovet.

Uppmätt specifik energianvändning per volym enhet virke är för:

- Brädtork #4: 187 kWh/m³
- Planktork #2: 105 kWh/ m³

Uppmätt specifika energianvändning per uttorkat vatten är för:

- Brädtork #4: 0,52 kWh/kg H₂O
- Planktork #2: 0,64 kWh/kg H₂O

Empiriska vedertagna erfarenhetsvärden avseende specifik energianvändning för volym enhet virke uppgår till 205 kWh/m³. Liknande värden för uttorkat vatten är 1,0 kWh/H₂O. Observera att värdena avser virke med fuktinnehåll 70 %.

Erfarenhetsvärden från Derome är 260 kWh/m³.

Skillnaden mellan pannanläggningens VP-flöde mätt med befintlig fast flödesmätare och portabel clamp-om ultraljudsmätare, uppgår endast till 3 %. Detta indikerar att den fasta flödesmätarens värden verkar rimliga.

Under platsbesöken observerades att spirokanalen för AL är för kort och fuktig AL förs därmed tillbaka till torken via inblandning i UL när ogynnsamma vindförhållanden råder. Även mätningarna tyder på förhöjda fukthalter i UL till processen i förhållande till omgivningens RF. ÅF rekommenderar att spirokanalen för AL förlängs till ca 1 m högre än spirokanalen för UL för att minska risken för fuktöverföring.



PM
2011-12-22

7 (7)

7 Bilagor

7.1 Brädtork #4

Bilaga 1	Indata och Excel-beräkningar, Tork 4
Bilaga 2	TL temperatur, Tork 4
Bilaga 3	UL temperatur och RF, mätt i spirokanal, Tork 4
Bilaga 4	AL temperatur, Tork 4
Bilaga 5	FL temperatur, Tork 4
Bilaga 6	Omgivningens temperatur och RF
Bilaga 7	Temperatur VS till värmebatteri, Tork 4
Bilaga 8	Temperatur VS från värmebatteri, Tork 4

7.2 Planktork #2

Bilaga 9	Indata och Excel-beräkningar, Tork 2
Bilaga 10	TL temperatur, Tork 2
Bilaga 11	UL temperatur och RF, mätt i spirokanal, Tork 2
Bilaga 12	AL temperatur, Tork 2
Bilaga 13	FL temperatur, Tork 2
Bilaga 14	Omgivningens temperatur och RF
Bilaga 15	Temperatur VS till värmebatteri, Tork 2
Bilaga 16	Temperatur VS från värmebatteri, Tork 2

7.3 Panncentral

Bilaga 17	Indata och Excel-beräkningar, VP
-----------	----------------------------------

Bilaga 1. BERÄKNINGAR, Tork 4, Derome såg 2011-12

Tilluft/ Upptagen effekt, enl momentana värden

densitet luft, 7°C	1,244 [kg/m3]
cp	1,005 [kJ/kg*K]
Area kanal	0,7854 [m2]
Flöde uteluft	2,74 [kg/s]
Flöde uteluft [m³/s]	2,20 [m3/s]
Upptagen effekt	142,2 [kW]
Medelfelsuppskattning, Sannolikt medelfel, +/-	25,5 [%]

Tilluft/ Upptagen effekt, enl loggningar

densitet luft, 7°C	1,244 [kg/m3]
cp	1,005 [kJ/kg*K]
Area kanal	0,7854 [m2]
Flöde uteluft [kg/s]	2,74 [kg/s]
Flöde uteluft [m³/s]	2,20 [m3/s]
Upptagen effekt	148,6 [kW]
Medelfelsuppskattning, Sannolikt medelfel, +/-	25,5 [%]

Avluft/ Avgiven effekt

Area kanal	0,7854 [m2]
densitet vatten 60°C	983,200 [kg/m3]
Flöde kondensat	0,06 [kg/s]
Kondenseringsentalpi	2358 [kJ/kg]
Avgiven effekt vid kondensering	141,4 [kW]
Medelfelsuppskattning, Sannolikt medelfel, +/-	5 [%]

Temperaturverkningsgrad

0,97

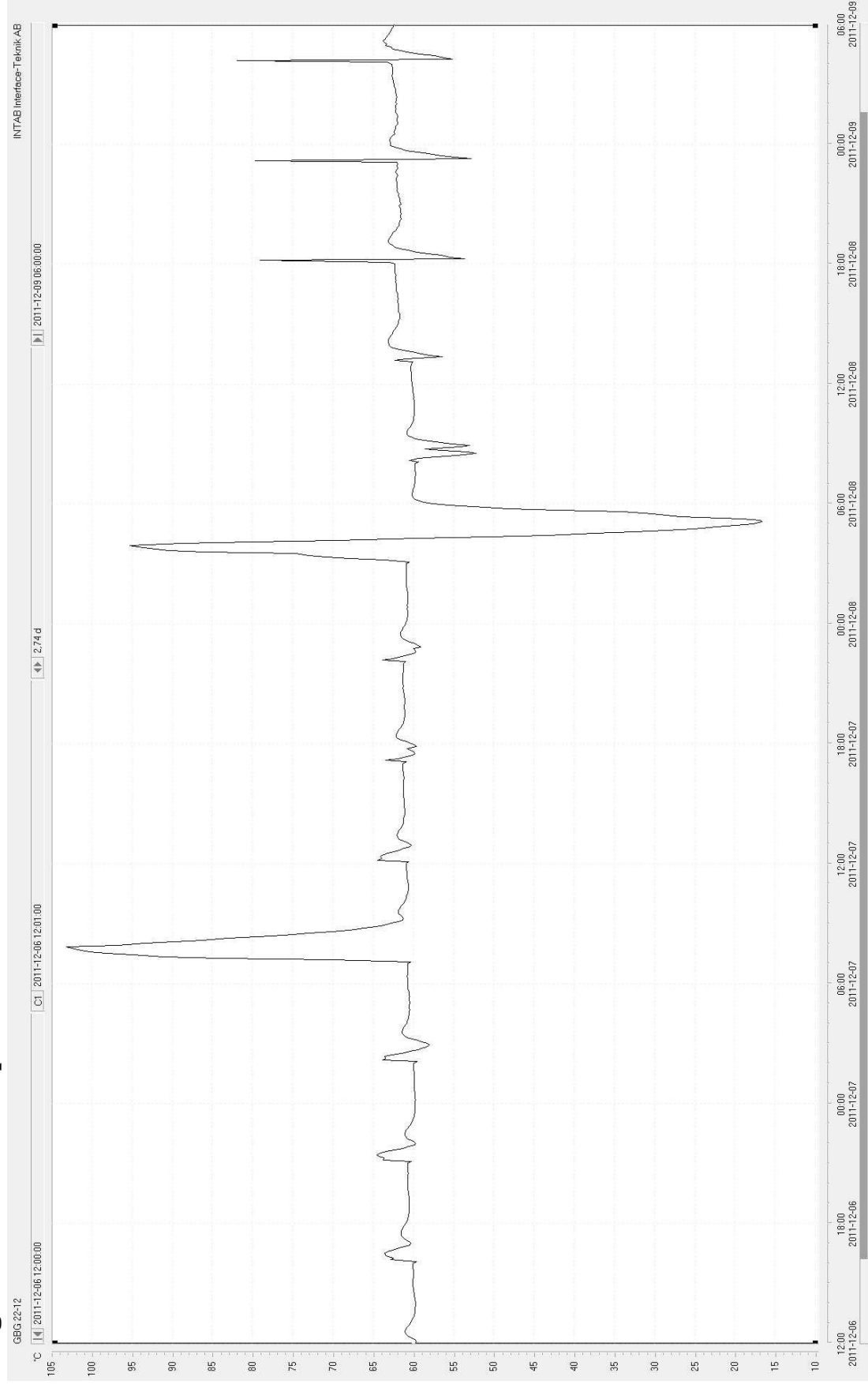
Effekt till torkens värmebatteri

densitet vatten, 100°C	958,4 [kg/m3]
cp vatten, 100°C	4,21 [kJ/(kg*K)]
Effektförbrukning	396,8 [kW]
Medelfelsuppskattning, Sannolikt medelfel, +/-	7,1 [%]

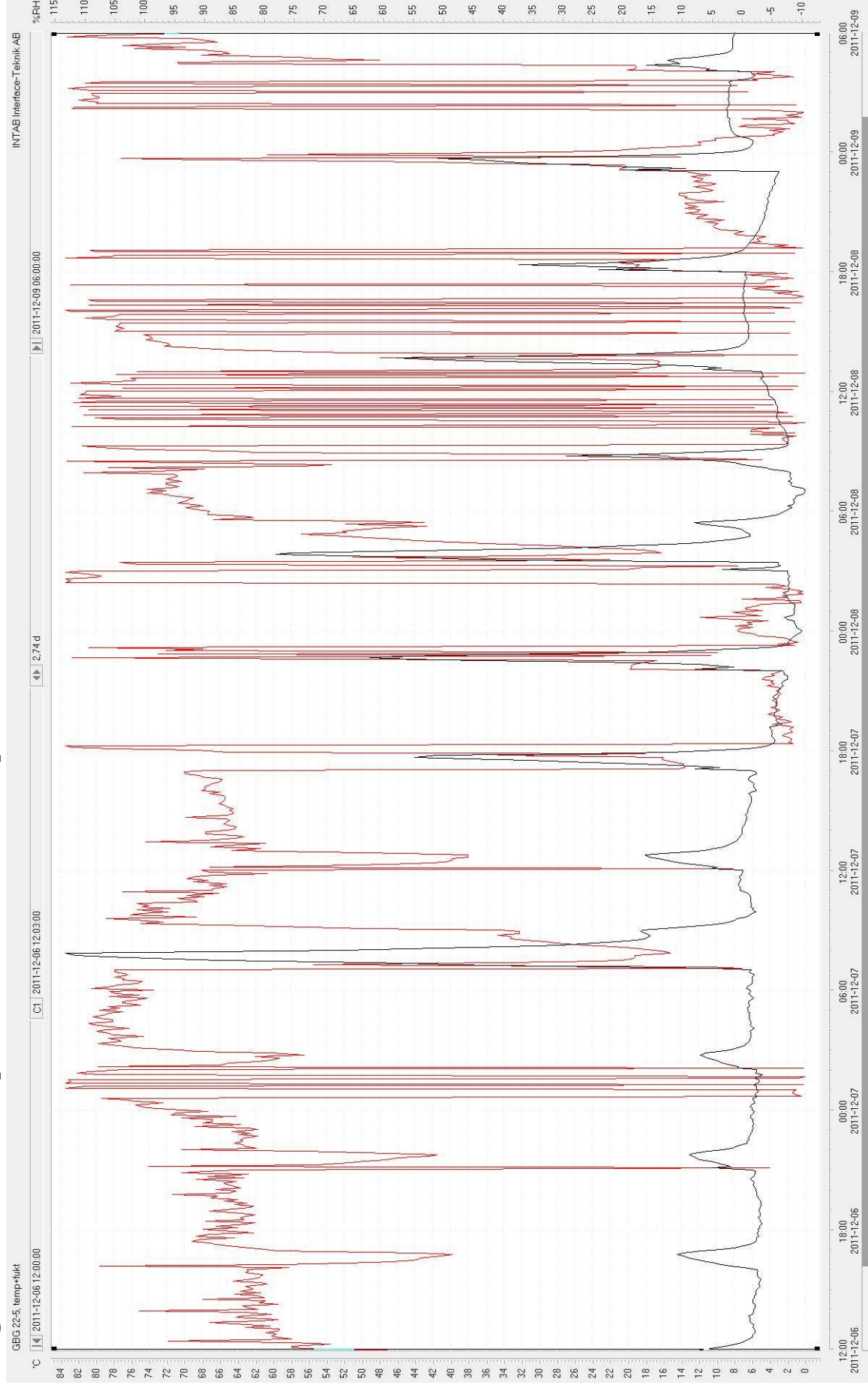
Tryckfall över värmeväxlaren

Flöde till tork	90 [Pa]
Medelfelsuppskattning, Sannolikt medelfel, +/-	8 [%]
Flöde från tork	82 [Pa]
Medelfelsuppskattning, Sannolikt medelfel, +/-	15 [%]

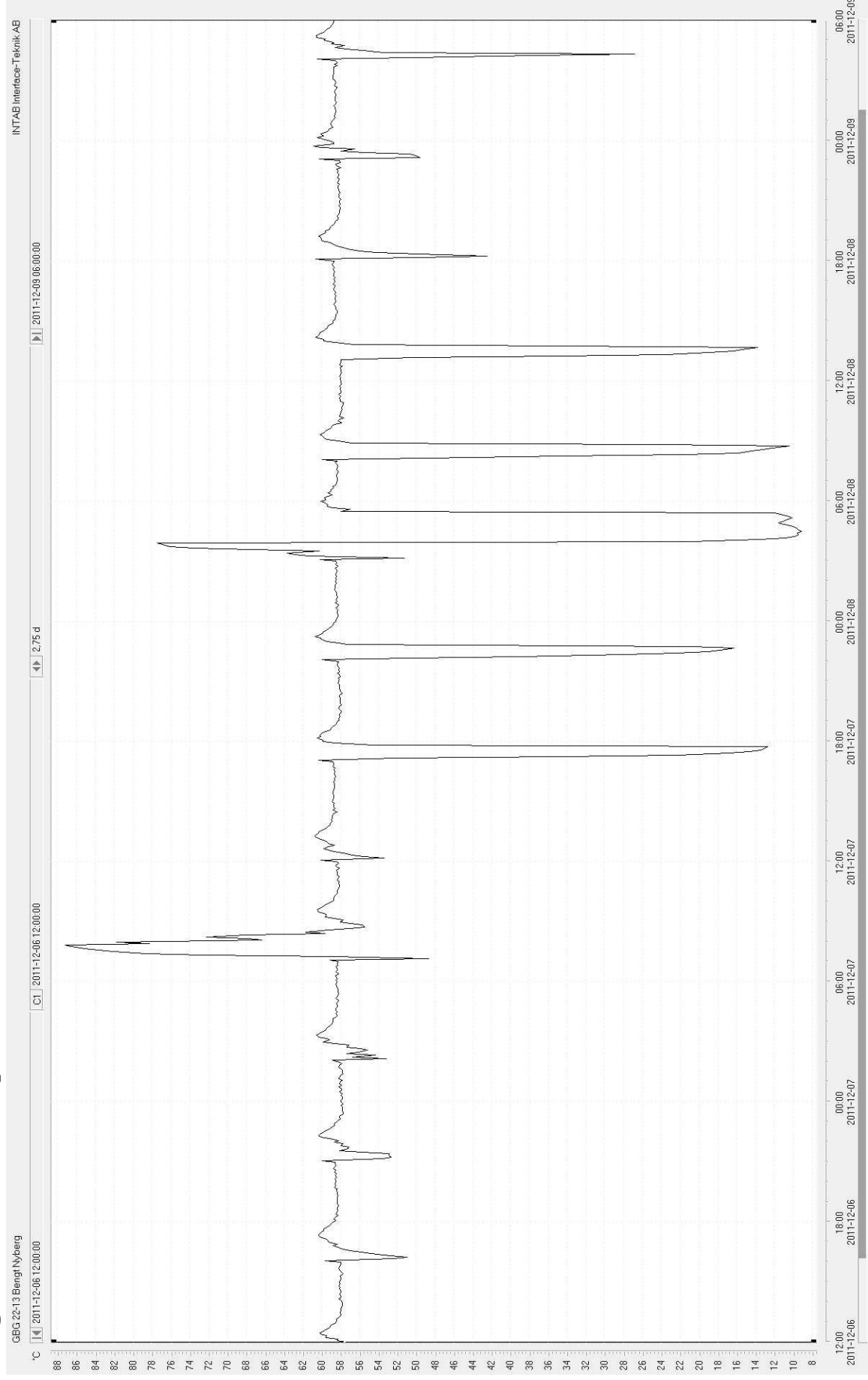
Bilaga 2. Tilluftens temperatur, Tork 4



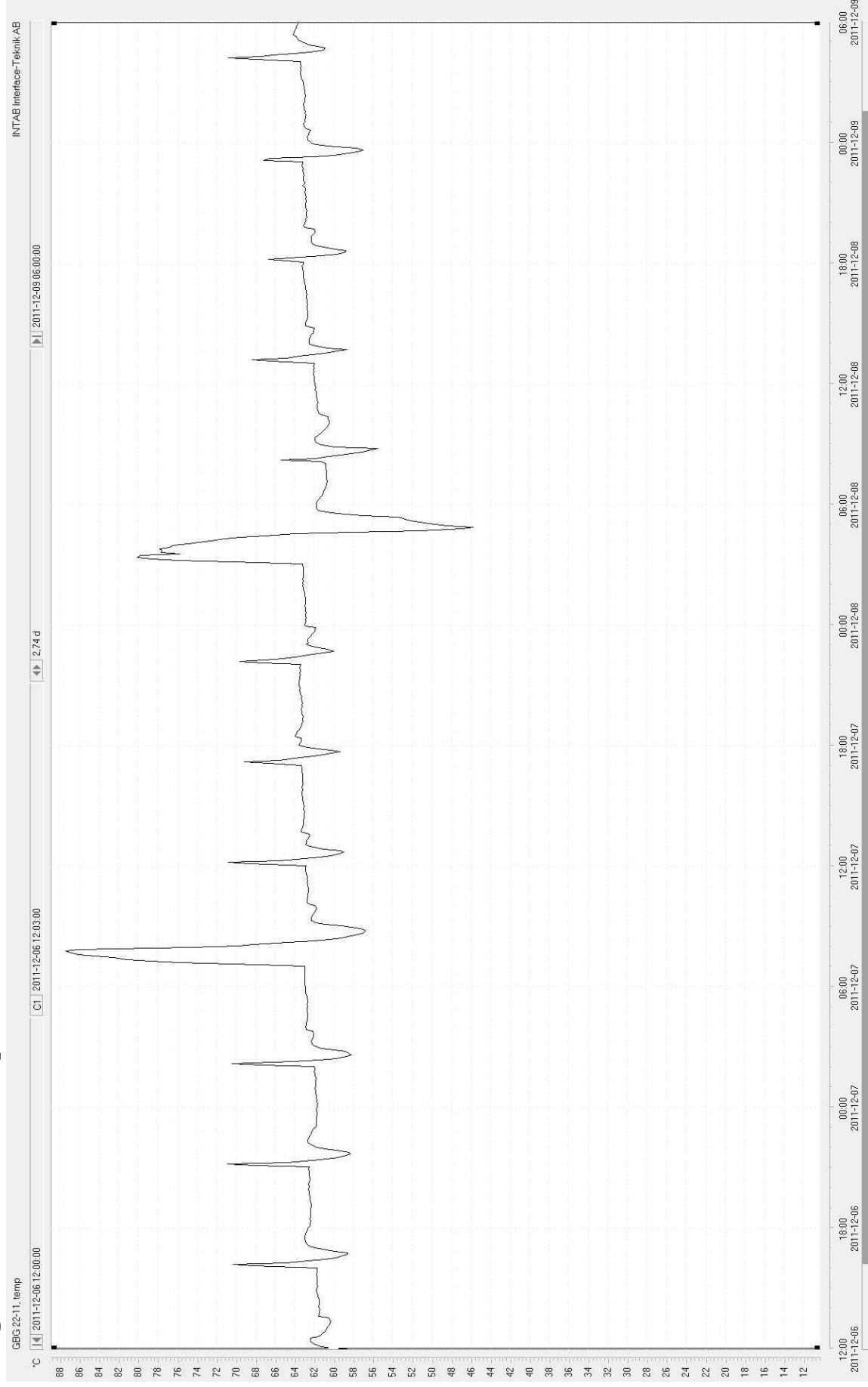
Bilaga 3. Utluftens temperatur och fukt, mätt i spiroröret, Tork 4



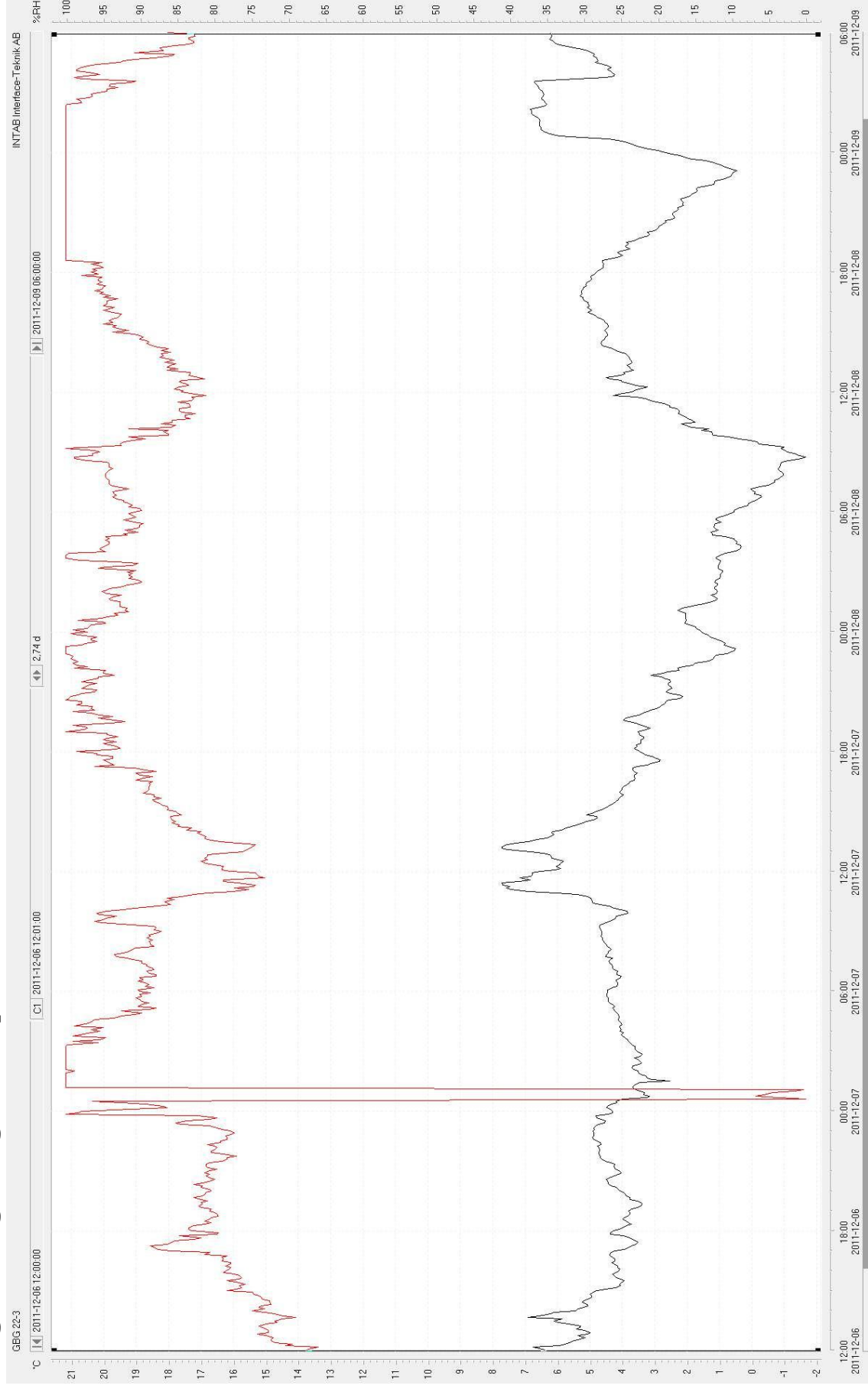
Bilaga 4. Avluftens temperatur, Tork 4



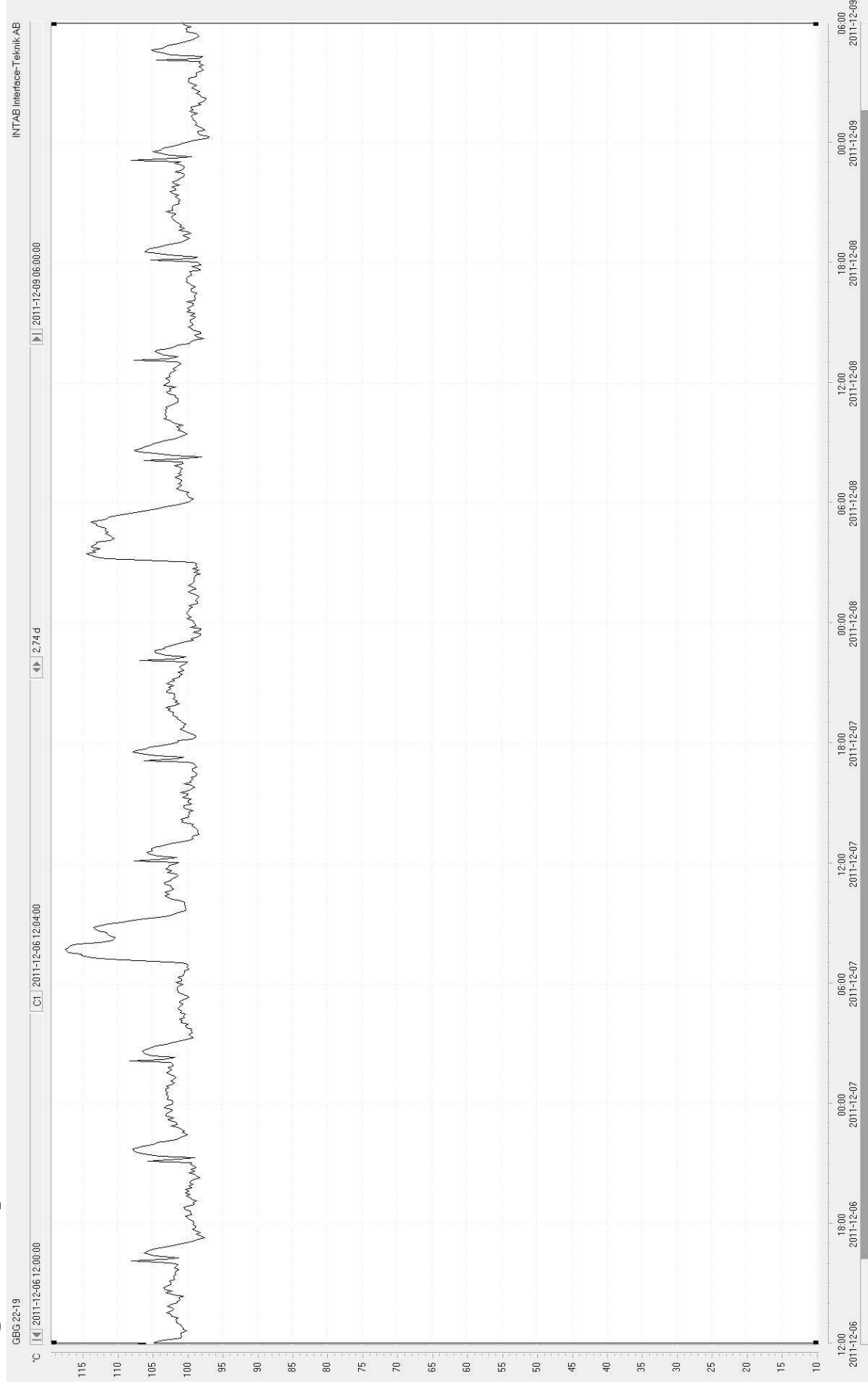
Bilaga 5. Frånluftens temperatur, Tork 4



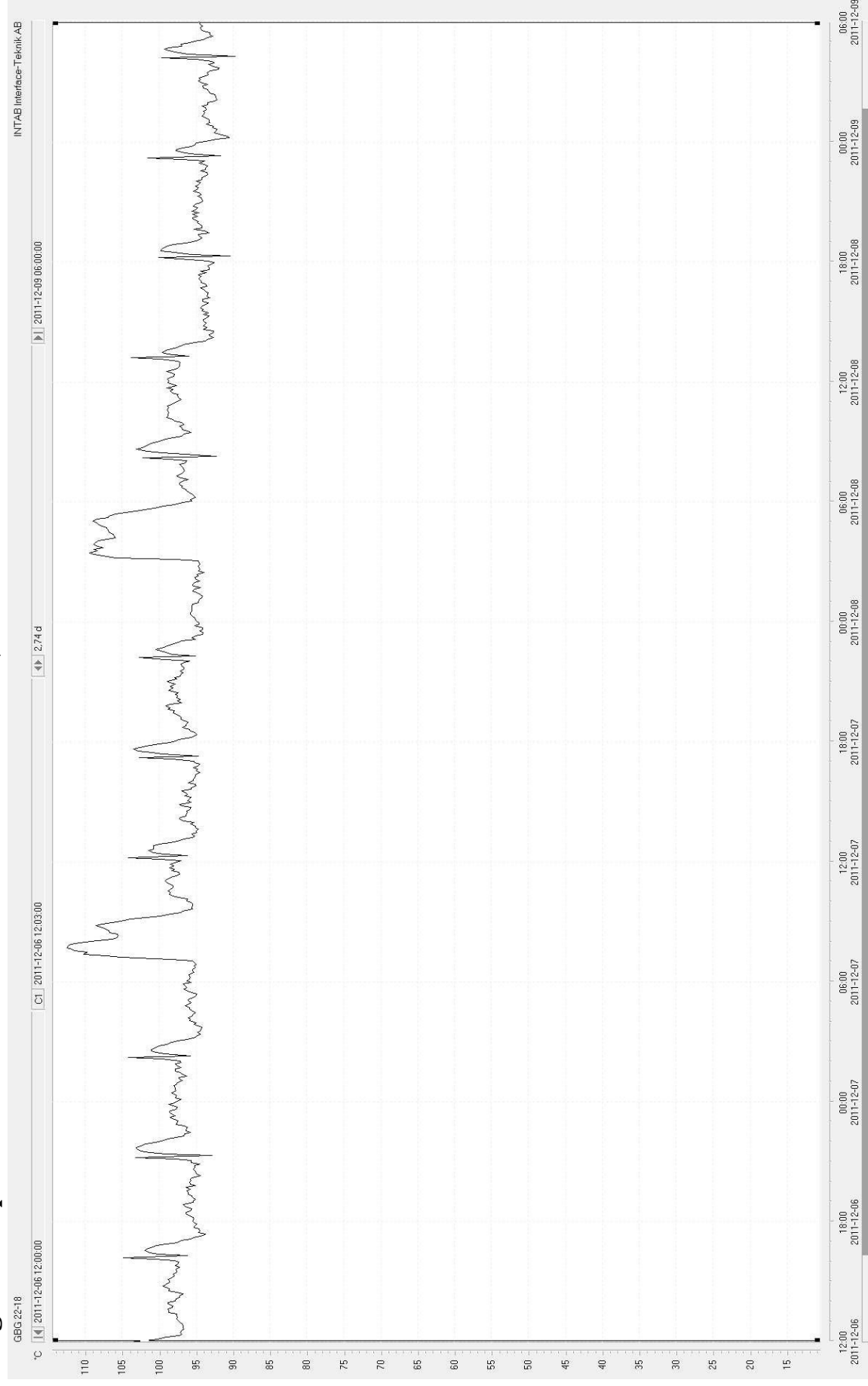
Bilaga 6. Omgivningens temperatur och fukt



Bilaga 7. Temperatur sekundärvatten till värmebatteri, Tork 4



Bilaga 8. Temperatur sekundärvatten från värmebatteri, Tork 4



Bilaga 9. BERÄKNINGAR, Tork 2, Derome såg 2011-12

Tilluft/ Upptagen effekt, enl loggningar

densitet luft, 9°C	1,237 [kg/m ³]
cp	1,005 [kJ/kg, K]
Area kanal	0,3117 [m ²]
Flöde uteluft [kg/s]	1,18 [kg/s]
Flöde uteluft [m ³ /s]	0,95 [m ³ /s]
Upptagen effekt	75,1 [kW]
Medelfelsuppskattning, Sannolikt medelfel, +/-	25,5 [%]

Avluft/ Avgiven effekt

Area kanal	0,3117 [m ²]
densitet vatten 70°C	977,8 [kg/m ³]
Flöde kondensat	0,04 [kg/s]
Kondenseringsentalpi	2333 [KJ/kg]
Avgiven effekt vid kondensering	96,7 [kW]
Medelfelsuppskattning, Sannolikt medelfel, +/-	5 [%]

Temperaturverkningsgrad

0,98

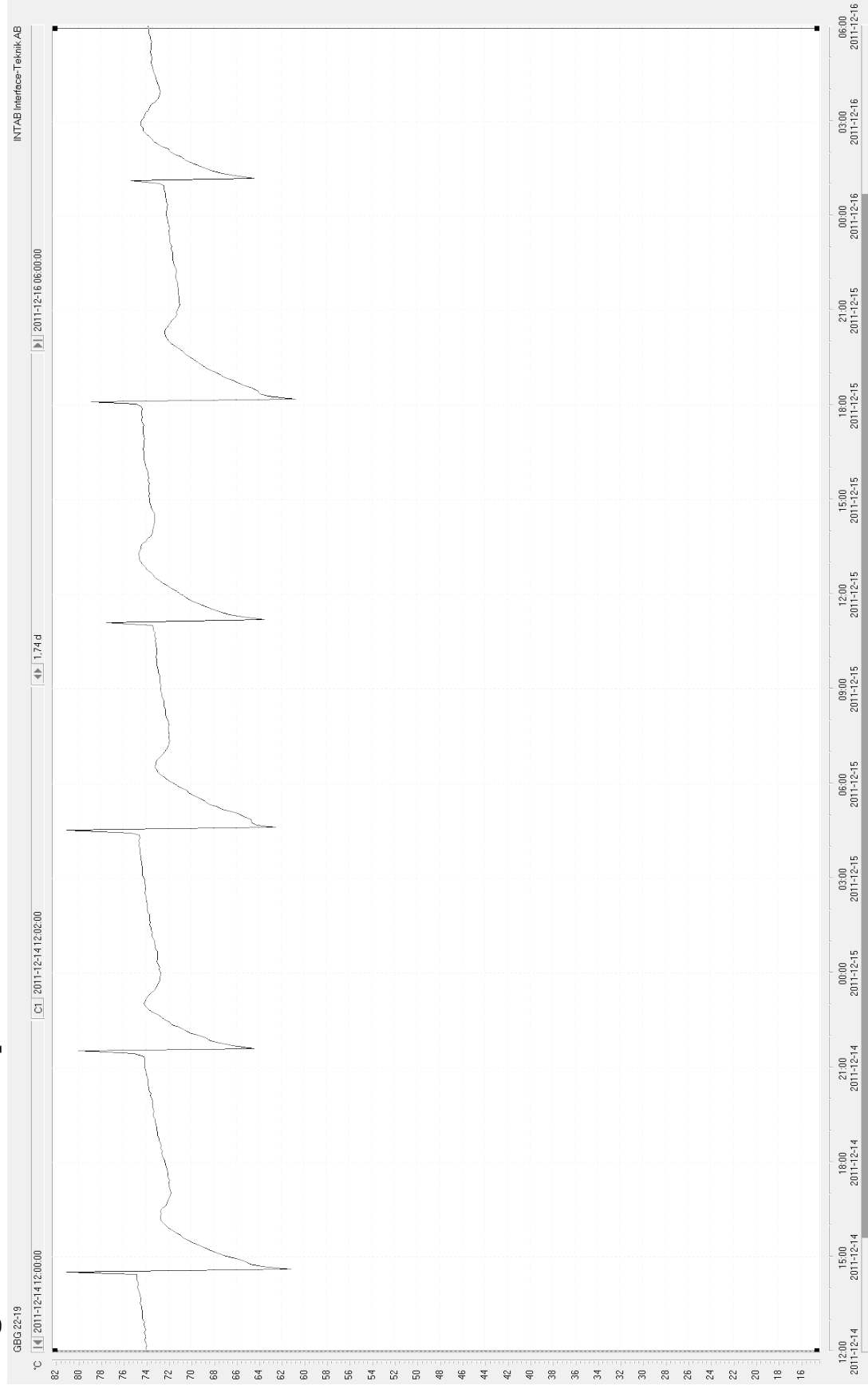
Effekt till torkens värmebatteri

densitet vatten, 95°C	961,9 [kg/m ³]
cp vatten, 100°C	4,21 [kJ/(kg*K)]
Effektförbrukning	268,6 [kW]
Medelfelsuppskattning, Sannolikt medelfel, +/-	7,1 [%]

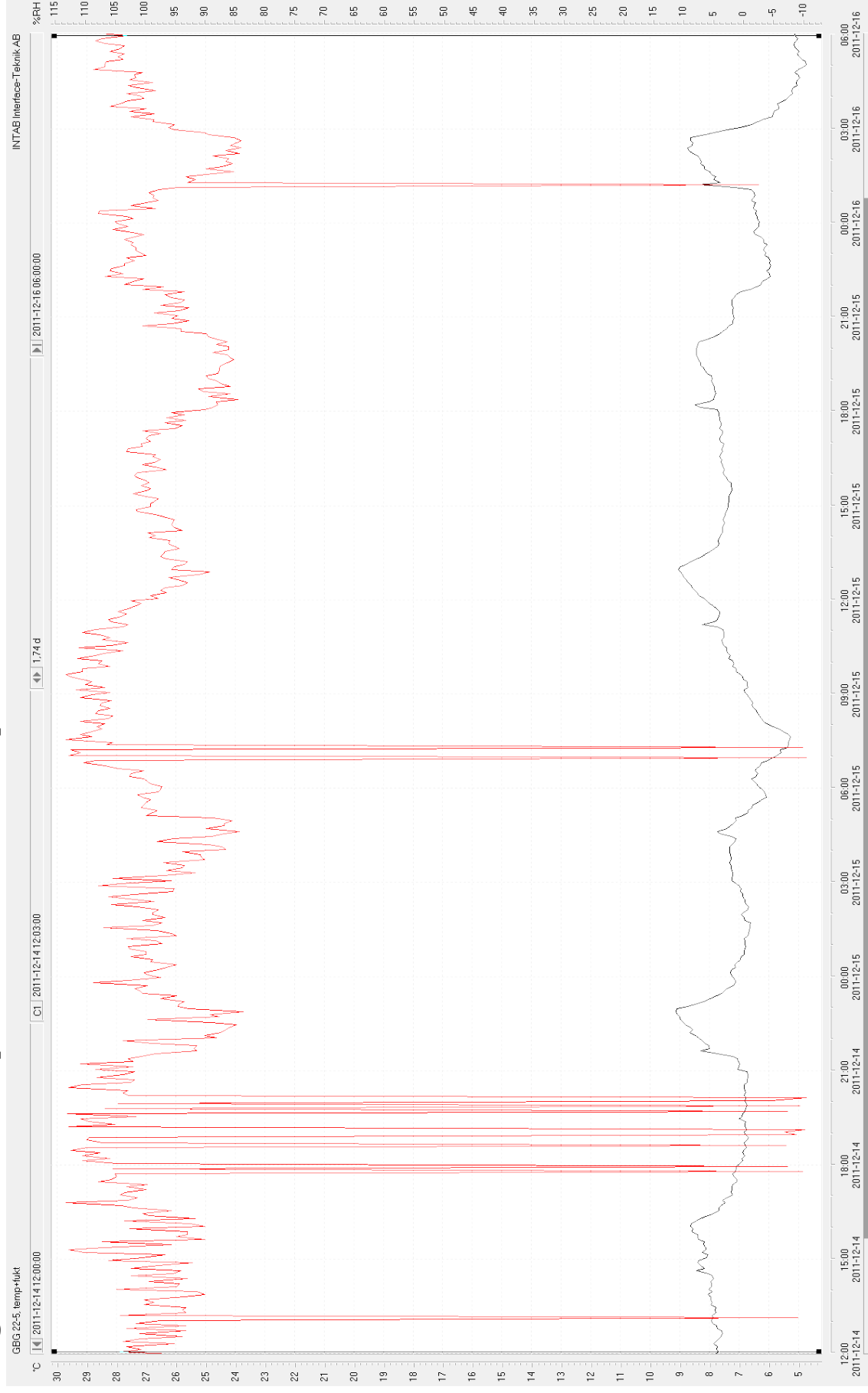
Tryckfall över värmväxlaren

Flöde till tork	27 [Pa]
Medelfelsuppskattning, Sannolikt medelfel, +/-	8 [%]
Flöde från tork	19 [Pa]
Medelfelsuppskattning, Sannolikt medelfel, +/-	15 [%]

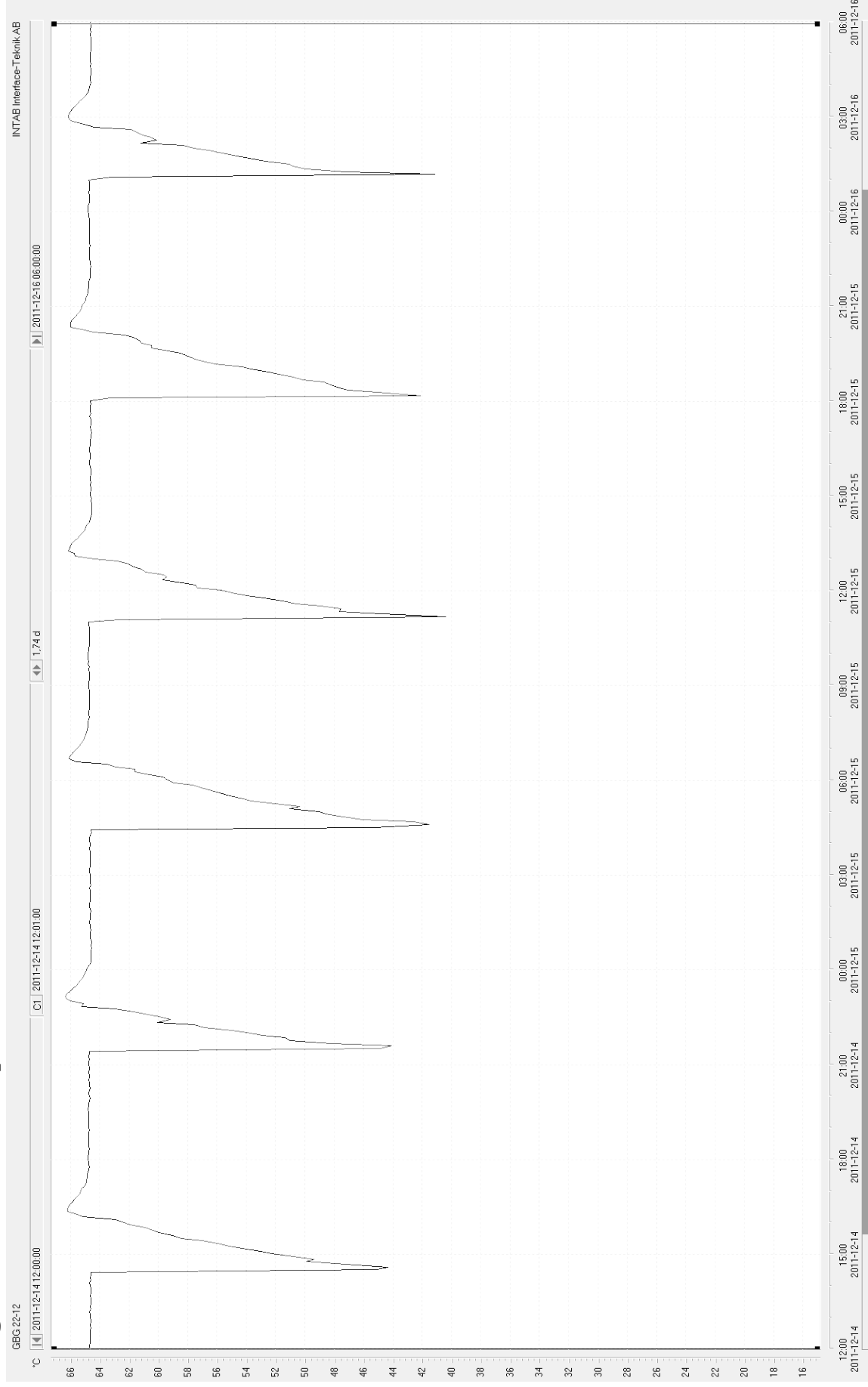
Bilaga 10. Tilluftsens temperatur, Tork 2



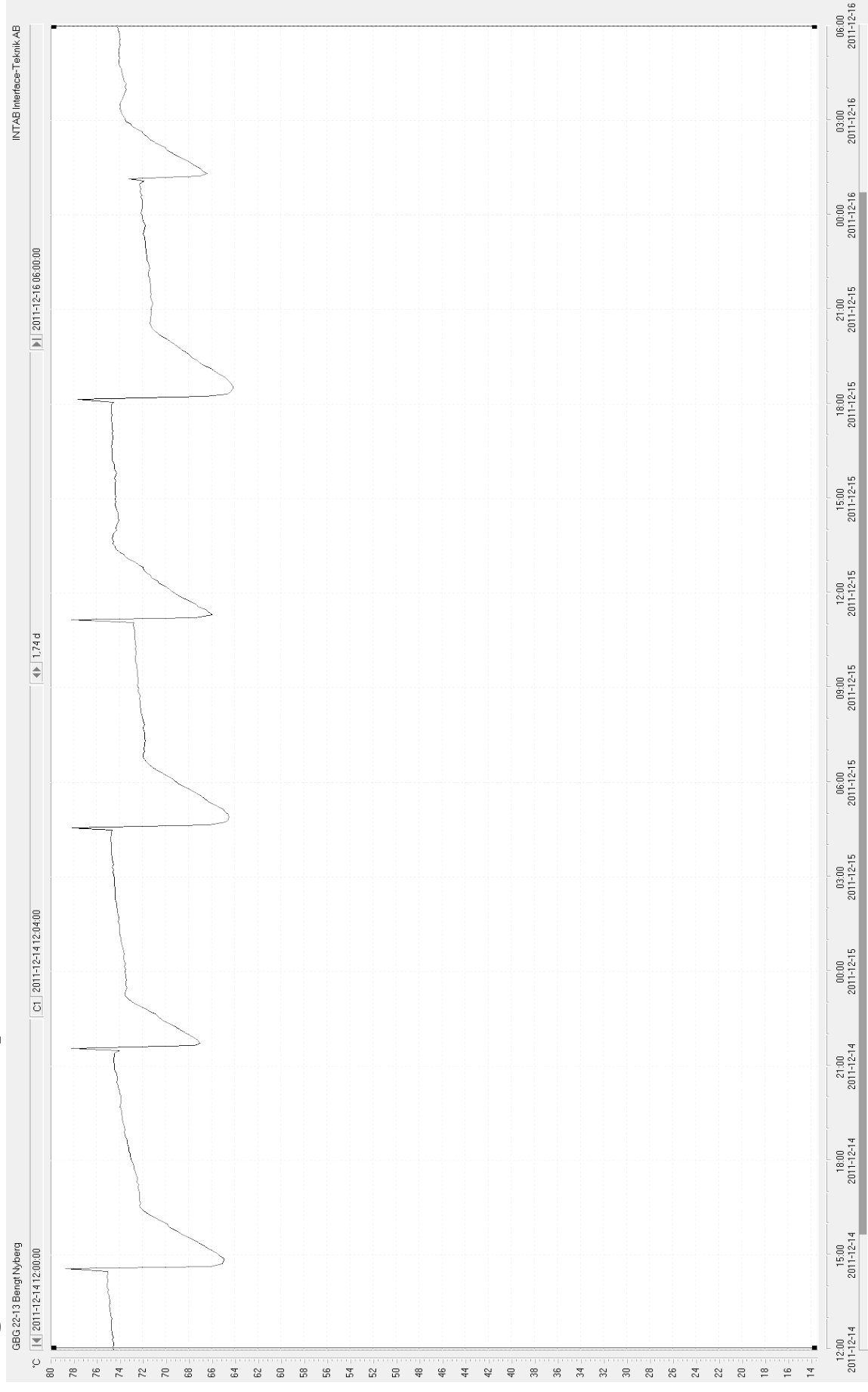
Bilaga 11. Uteluftens temperatur och fukt, mätt i spioröret, Tork 2



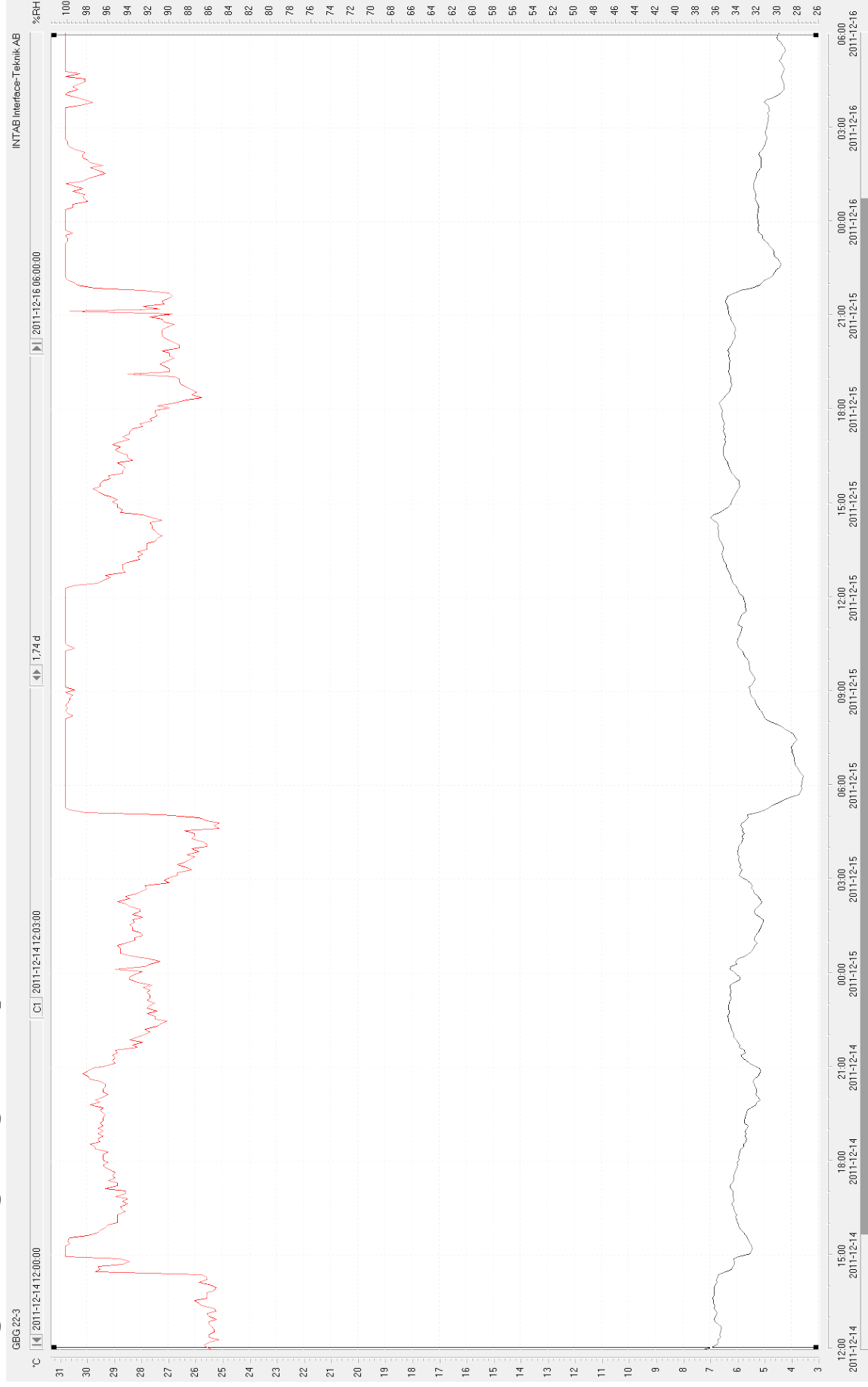
Bilaga 12. Avluftens temperatur, Tork 2



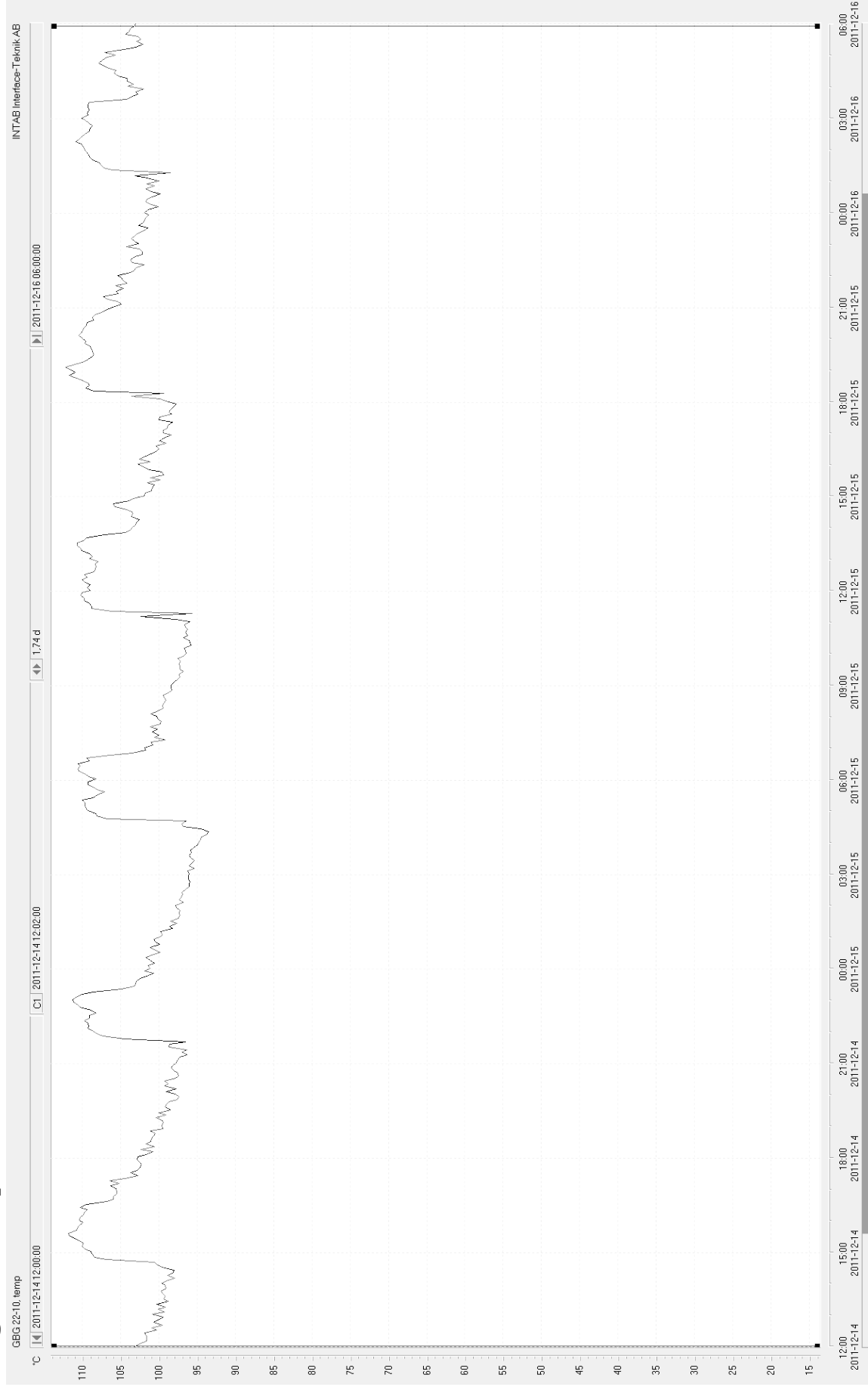
Bilaga 13. Frånluftens temperatur, Tork 2



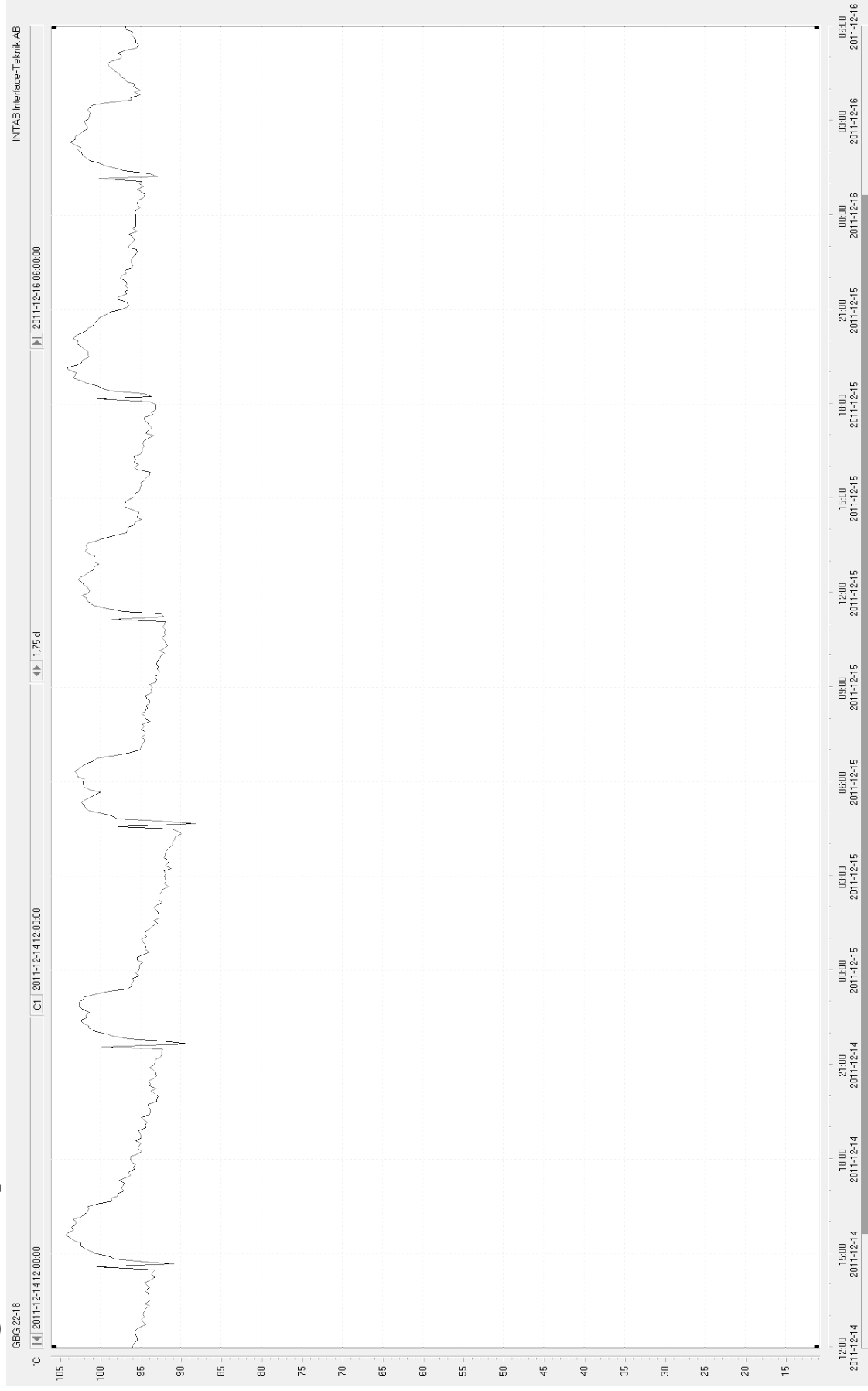
Bilaga 14. Omgivningens temperatur och fukt



Bilaga 15. Temperatur sekundärvatten till värmebatteri, Tork 2



Bilaga 16. Temperatur sekundärvatten från värmebatteri, Tork 2



Bilaga 17. Primärvärme, VP

INDATA

Vid Panncentral, uppmätt 2011-12-09

tilloppstemp	118 [°C]	
returtemp	91 [°C]	
Flöde vid tillopp	245 [m3/h]	Uppmätt av Deromes mätare
Flöde vid retur	232 [m3/h]	Uppmätt m clamp-on-mätare

BERÄKNINGAR

Effekt vid Panncentralen

densitet vatten, 91°C	964,6 [kg/m3]	
densitet vatten, 118°C	944,2 [kg/m3]	
Flöde tillopp	64,26 [kg/s]	Uppmätt av Deromes mätare
Flöde retur	62,25 [kg/s]	Uppmätt av clamp-on-mätare
diff flödesmätning	3,12% [%]	
"Medelflöde"	63,26 [kg/s]	
cp vatten, medeltemp	4,2157 [kJ/(kg*K)]	
Effektförbrukning	7200,0 [kW]	



Handläggare

Mircea Abrahamsson

Tel +46 (0)10 505 33 41

Mobil +46 (0)70 580 01 90

mircea.abrahamsson@afconsult.com

PM

Datum

2012-03-27

1 (1)

Vår referens

Lars Svenningsson

Validering av värmeväxlares prestanda

ÅF-Infrastructure AB har på uppdrag av Lars Svenningsson validerat prestandan hos två korsströms luft-luft värmeväxlare. Mätningar och beräkningar utfördes av Mircea Abrahamsson och Linda Andreasson under december 2011.

Den ena värmeväxlaren används vid en planktork (uppmätt luftflöde genom värmeväxlaren 0,95 m³/s) och den andra värmeväxlaren vid en brädtork (uppmätt luftflöde genom värmeväxlaren 2,2 m³/s). Båda utnyttjar mättad varm frånluft från torkprocesserna till att förvärma torr uteluft för torkningsändamål.

Temperaturerna av flöden till och från värmeväxlarna loggades under tre dygn för att ge säkra mätvärden. Mätningar visar att temperaturverkningsgraden för värmeväxlarna är strax under 100 %, som är den teoretiskt maximalt möjliga nivån.

Temperaturverkningsgraden 97 % uppmättes vid brädtorken och temperaturverkningsgraden 98 % uppmättes för planktorkens värmeväxlare. De extremt höga temperaturverkningsgraderna beror delvis på det stora fukttinnehållet i frånluften.

Vid mätningarna var uppmätta momentana tryckfall över värmeväxlarna mycket låga jämfört med liknande installationer, vilket med största sannolikhet indikerar laminära luftflöden. De båda värmeväxlarna utnyttjades till omkring 50 % av nominell kapacitet, baserat på fläktarnas frekvensdrift. Effektåtervinningen var 85 kW för planktorken respektive 145 kW för brädtorken. Med hänsyn till de låga luftflödena har de båda värmeväxlarna drygt 100 % mer återvinningskapacitet.