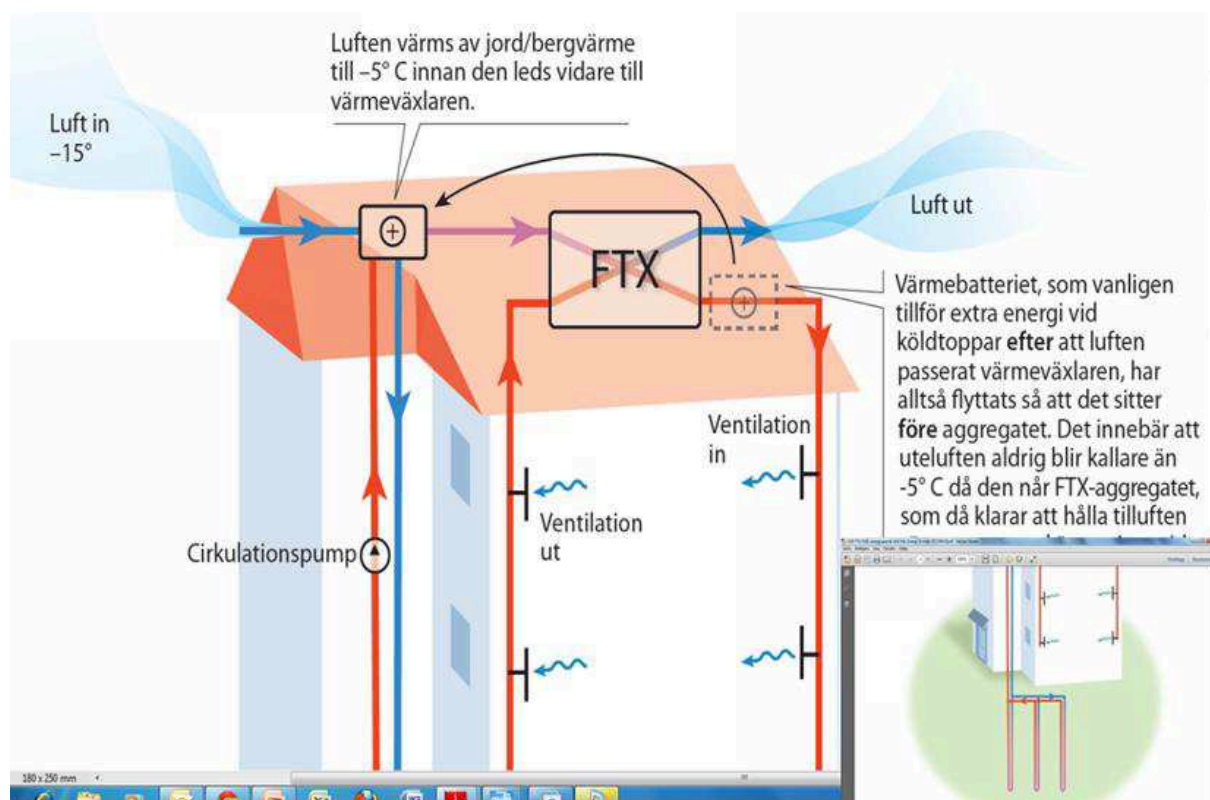


Energimyndighetens titel på projektet – svenska Utvärdera HSB-FTX för flerbostadshus - Funktion, energi- och effektbesparing	
Energimyndighetens titel på projektet – engelska Evaluate HSB-FTX for apartment buildings - Performance, energy and power savings	
Universitet/högskola/företag Projektengagemang Energi&Klimatanalys AB	Avdelning/institution
Adress Box 24, 182 11 Danderyd	
Namn på projektledare Per Kempe	
Namn på ev övriga projektdeltagare	
Nyckelord: 5-7 st Geotermisk, förvärmning, förkylning, ventilation, värmeeffektbesparande, flerbostadshus, avfrostning, fjärrvärmeabonnemangskostnad	



Förord

Utvärderingsprojektet har finansierats av Energimyndigheten och med aktivt deltagande i arbetet av Roland Jonsson, HSB Riksförbund och Thomas Kullander, HSB Göteborg. Thomas Kullander har varit kontaktperson i Göteborg för alla objekten och ordnat allt praktiskt på plats, så mätningarna skulle fungera så bra som möjligt samt gjorde det möjligt för mig att besöka de sex ventilationsaggregaten med förvärmning i de tre aktuella områdena.

Utvärderingsprojektet hade inte kunnat genomföras om inte

- HSB Göteborg
- HSB Levande Lab utveckling HB

hade tagit extrainvesteringar och satsat på energi- och effekteffektiv teknik samt installerat extra givare och mätare, som normalt inte installeras i flerbostadshus. Det är främst HSB-FTX, geotermisk förvärmning av uteluften till ventilationsaggregaten, som bidrog till ett lägre värmeeffektbehov när det är kallt ute samt lägre värmeenergibehov.

Detta utvärderingsprojekt möjliggjordes av Roland Jonsson HSB Riksförbund koppla ihop mig med olika personer inom HSB, som har varit väsentliga för projektets genomförande inklusive tillgång till mätdata från jämförelseprojektet Finnboda Hamnplan.

På startmötet diskuterades givare och mätare, som fanns i respektive projekt och status på dessa. Vid denna genomgång insågs att det inte var möjligt att mäta luftens fuktinnehåll och då inte bedöma hur stor fuktutfällning som erhöles i ventilationens värmeåtervinning samt i förvärmningsbatteriet/ förkylbatteriet varma sommartid. Efter startmötet tog HSB Göteborg beslut om extrainvesteringar som ger bättre möjligheter att se hur absoluta fuktinnehållet varierar i uteluften, tilluften, frånluften samt avluften. Detta hade inte varit möjligt med de ursprungliga givare och mätare som hade installerats. Dessa mätningar är redovisade i Bilaga D samt ett väsentligt bidrag till analysen.

Det har i utvärderingsprojektet inte funnits någon formell referensgrupp, men det har fortlöpande varit en diskussion med Roland Jonsson och Thomas Kullander.

Jag vill även tacka alla deltagare i Workshop om HSB-FTX hos HSB Göteborg den 8 nov. 2016, där preliminära resultat presenterades och diskuterades. Bl.a. fanns en representant för ett fjärrvärmebolag, som såg möjligheten i HSB-FTX för att kunna återansluta gamla kunder vilka tidigare konverterat till bergvärmepump. I samband med att de kunderna behöver göra en reinvestering i bergvärmepump finns möjligheter att byta till fjärrvärme. Kunderna skulle då kunna använda sina gamla borrhål till HSB-FTX (geotermisk förvärmning), så deras (värmeeffektbehov) abonnemangskostnader kan sänkas.

Roland Jonsson och Thomas Kullander tackas även för kommentarer och synpunkter på rapporten mm.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	4
Summary	5
Inledning/Bakgrund	6
Genomförande	7
Sammanfattning av BeBo-projekt ”Utvärdering nybyggt flerbostadshus med förvärmning med borrhålsvatten”,	8
Teori: Fuktig luft och avfrostning i FTX-aggregat	13
Beräkningar av energi och effektbehov för några idealiserade fall	14
Förvärmning av ventilationsluften med borrhålsvatten	19
Beskrivning av mätobjekt	20
Styrning Flatön, Studio 1 samt HSB Living Lab	20
Styrning Finnboda Hamnplan	20
Nomenklatur driftbilder	21
Driftbilder Flatön	22
Driftbilder Studio 1	23
Driftbilder HSB Living Lab	24
Driftbilder Finnboda Hamnplan	25
Jämförelseobjekt: Fyra ventilationsaggregat utan förvärmning	26
Mätningar	27
Analys mätdata	28
Analyser Flatön	31
Analyser Studio 1	34
Analyser HSB Living Lab	37
Analyser Finnboda Hamnplan	41
Analyser referensobjekt utan förvärmning	46
Teoretisk beräkning värmeeffektbehov med och utan förvärme samt under avfrostning	48
Resultat	49
Diskussion	50
Förslag på fortsatt arbete	51
Referenser	52
Bilagor	53

Sammanfattning

De sista årtiondena har det installerats mycket energibesparande teknik, men många av teknikerna har sämre funktion när det är kallt ute eller ger konstant effektbesparing, ”baslast”, och behöver således spetseffekt när det är kallt ute. Denna spetseffekt är ofta dyr att producera samt med hög CO₂-belastning. För att möta denna ändrade energi- och effektanvändning har många fjärrvärmebolag ändrat balansen i sina taxestrukturer: sänkt energikostnaden och höjt effektavgiften (abonnemangskostnaden).

Denna förändring av taxestrukturen gör att ekonomin för geotermisk förvärmning blir bra i många fall. Vidare får installationssystemen bättre driftförutsättningar i bostadsbyggnader när ventilationsaggregatens avfrostning inte går in när det är kallt ute, så eftervärmningen snabbt måste öka sin effekt, vilket kan ge störningar i tilluftstemperaturen, etc. Utvärdering pekar mot en minskning på 15 - 20 kW /kWh/sek tilluftsflöde av värmeeffektbehov. Dock måste man ta hänsyn till aktuella platsens förutsättningar, lokalt klimat samt brukarbeteende.

För att få fler goda exempel på geotermisk förvärmning och dess funktion samt energi- och effektbesparing har i detta projekt utvärderats totalt sex plus två ventilationsaggregat. Sex nya ventilationsaggregat med HSB-FTX i Göteborgsområdet samt två ventilationsaggregat i Finnbo Hamnplan, Nacka. Därutöver jämförs funktionen med fyra ventilationsaggregat i flerbostadshus, som inte har förvärmning. Jämförelsen med ventilationsaggregaten utan förvärmning är för att se hur mycket avfrostningen går in i de ventilationsaggregaten.

Förvärmning har fungerat bra för alla åtta HSB-FTX aggregat samt under sommaren har sval tilluft tillförts i lägenheterna under värmeböljorna. När det är 27 – 30 °C utomhus kan tilluftens hålla en temperatur runt 20-23°C.

KB-temperaturnivå påverkas ganska mycket (upp till 5 °C) av effektuttaget av värme respektive kyla från borrhålen. Dock har förvärmningen och förkylningen fungerat bra. Men skulle det bli en större belastning på förvärmningen (kallare än -11 °C i Göteborg), så finns en risk att avfrostningen går in.

Mätdata som huvudsakligen har loggats med 5 min sampling har varit en framgångsfaktor för att kunna göra en bra analys. För mätdataanalysen har BELOK Driftanalys använts.

För att få en god funktion på förvärmningen behövs en temperaturverkningsgrad på förvärmningsbatteriet runt 60 % och ett litet temperaturfall på KB-kretsen samt att KB-temperaturen till förvärmningsbatteriet ligger nära markens temperatur.

Summary

The last decades have energy-saving technologies been installed, but many of the techniques have poorer function when it is cold outside or provides constant power savings, "base load", and thus need peak power when it is cold outside. This peak power is often expensive to produce and have a high CO₂ load. To meet this changing energy and power use many district heating suppliers has changed the balance of their tariff structures: reduced energy costs and increased power fee.

This change in the tariff structure makes the economics of geothermal preheating is good in many cases. Furthermore, installing the systems better operating conditions in residential buildings when air handling unit defrost not go in when it's cold outside, so the reheater quickly have to increase its power, which can cause disruptions in the supply air temperature, etc. The evaluation points to a reduction of 15 - 20 kW / cbm / sec supply air heat power needs. However, one must take into account the current site conditions, local climate, and user behavior.

To get more good examples of geothermal preheating and its function, and energy and power savings in this project evaluated a total of six plus two ventilation units. Six new ventilation units with "HSB FTX" in the Gothenburg area and two ventilation units in Finnboda Hamnplan, Nacka. In addition, compared to the function with four ventilation units in apartment buildings, which does not have preheating. The comparison with the ventilation units without preheating is to see how much defrosting the ventilation units have. Preheating has worked well for all eight HSB FTX units, and during the summer cool supply air into the apartments during warm weather conditions. With an outdoor temperature of 27 to 30 °C the supply air maintain a temperature around 20-23 °C.

KB-temperature level affected quite a lot (up to 5 °C) of the power output of heat respectively cold from the boreholes. However, preheating and cold worked well. But it would be a greater burden on the preheating (colder than -11 °C in Gothenburg), so there is a risk that the defrost starts.

Measurement data mainly has been logged with 5 min sampling has been a success in order to do a good analysis. For data analysis, BELOK driftanalys has been used.

To get a proper function of preheating coil needed temperature efficiency around 60% and a small temperature drop in at KB-circuit and that KB temperature to the pre heating coil is close to the ground temperature.

Inledning/Bakgrund

De sista årtiondena har det satsats mycket på energibesparande teknik, men många av teknikerna har sämre funktion när det är kallt ute eller ger konstant effektb sparing, ”baslast”, och behöver således spetseffekt när det är kallt ute. Denna spetseffekt är ofta dyr att producera samt med hög CO₂-belastning. För att möta denna ändrade energi- och effektanvändning har många fjärrvärmebolag ändrat balansen i sina taxe-strukturer: sänkt energikostnaden och höjt effekttavgiften (abonnemangskostnaden).

Denna förändring av taxestrukturen gör att ekonomin för geotermisk förvärmning blir bra i många fall. Vidare får installationssystemen bättre driftförutsättningar i bostadsbyggnader när ventilationsaggregatens avfrostning inte går in när det är kallt ute, så eftervärmningen snabbt måste öka sin effekt, vilket kan ge störningar i tilluftstemperaturen, etc.

När Roland Jonsson, HSB Riksförbund, för fem år sedan lansera HSB-FTX var det i och för sig inte ny teknik. Geotermisk förvärmning med borrhålsvatten är en mindre känslig lösning än ”jordrör” (90-tal), men har haft en för hög kostnad.

Ett av problemen med ”jordrör”/ markkanal är att man behöver ha en relativt stor kanallängd i marken för att få en tillräcklig värmeöverföring för balansering mot marktemperaturen annars får jordrören inte tillräcklig effekt på inkommande ”uteluftstemperatur”. När man använder geotermisk förvärmning med borrhål så behöver man inte en stor plats på tomten att gräva ner ”jordrör”, men plats för ett lite längre ventilationsaggregat (utrymme för kylbatteri, som brukar användas till förvärmning) samt möjlighet att borra.

Geotermisk förvärmning har funnits, som standardlösning hos vissa leverantörer, men det var svårt att räkna hem det ekonomiskt. Så vad Roland Jonsson, HSB, visa var att den ändrade taxe-strukturen, som en del fjärrvärmebolag infört, gjorde det ekonomiskt fördelaktigt samt ligger rätt i tiden med minskningen av värmeeffektbehovet och CO₂-belastningen.

Dock finns det inte så mycket drifterfarenheter av geotermisk förvärmning (goda exempel), för att ge byggherrar och entreprenörer trygghet i att använda lösningen. Dvs. det behövs detaljerade drift- och energiuppföljningar av några installationer, som använder geotermisk förvärmning, HSB-FTX, med lite skiftande förutsättningar (ort, storlek, etc.).

Problematiken har bl.a. beskrivits i en SBUF-rapport ”Installationssystem i energieffektiva byggnader – Förstudie” samt i artikel i Tekniktidningen Energi&Miljö, s.52-54, nr 9/2014.

Det finns ett par projekt med geotermisk förvärmning där funktionen följts upp.

Under vintern 2014/15 genomfördes ett BeBo-projekt ”Utvärdering nybyggt flerbostadshus med förvärmning med borrhålsvatten”, som delvis berörde förvärmningen. Resultatet från utvärderingen visar på fastighetsenergin var något högre än den beräknade för byggnaden, vilket delvis kan förklaras av en lägre hyresgästel, som ger lägre internlast och troligast är det även lägre närvaro (personvärme) i byggnaden.

Förvärmningen med HSB-FTX visade på en mycket god funktion. Värmeåtervinningen har gått för fullt hela vintern. Dock har det inte varit riktigt kallt, endast 5 dygn med en temperatur under -5 °C och det var aldrig kallare än -10 °C.

I ett SBUF-projekt där man jämförde två mindre flerbostadshus i Örebro, som renoverades och det ena flerbostadshuset fick geotermisk förvärmning. Dock kunde de inte i energimätningarna se någon skillnad, men då tittade man på hela husets energianvändning och flerbostadshuset hade lite olika omgivning. Det hade varit bättre om man hade försökt att räkna fram skillnaden i värmeeffekt för att hålla en viss tilluftstemperatur mellan ventilationsaggregatet med respektive utan förvärmning.

Bakgrunden till HSB-FTX finns att läsa i Bilaga A, som är skriven av Roland Jonsson, HSB.

Genomförande

För att få fler goda exempel på geotermisk förvärmning och dess funktion samt energi- och effektbesparing utvärderas i detta projekt totalt sex plus två ventilationsaggregat. De sex nya ventilationsaggregat med HSB-FTX finns i Göteborgsområdet samt två ventilationsaggregat i Finnboda Hamnplan varav det ena har utvärderats för två år sedan i ett BeBo-projekt. Finnboda hamnplan ligger strax utanför Stockholm i Nacka. Det finns extra mätutrustning installerad samt fungerande loggning, som pågår. Finnboda Hamnplan Hus 1 och Hus 3 (88 lgh).

Därutöver jämförs funktionen för ventilationsaggregaten med fyra ventilationsaggregat i flerbostadshus med detaljerad loggning, som inte har förvärmning. Jämförelsen med ventilationsaggregaten utan förvärmning är för att se hur mycket avfrostningen går in i de ventilationsaggregaten.

De sex ventilationsaggregaten med förvärmning i Göteborg har kompletterats med fyra temperatur- och fuktgivare vardera vilka har bekostats av HSB Göteborg. Extragivarna är för att kunna mäta/bedöma hur luftens fukttinnehåll förändras när den passerar genom ventilationsaggregatet med förvärmning/förkylning. Dvs. i sommarfallet kondenserar det fukt i förkylningsbatteriet och i vinterfallet kondenserar det fukt i värmeväxlaren på frånluftssidan samt hur mycket ökar fukttinnehåll i luften när den passerar lägenheterna.

De tre flerbostadshusen i Göteborgsområdet med två HSB-FTX-system vardera är:

- HSB Living lab (29 lgh) vid Chalmers
- Brf Flatön (88 lgh) Norra Älvstranden
- Brf Studion 1 (65 lgh) Örgryte. Några km öster om Liseberg

Rapporten är uppdelad enligt följande:

- Sammanfattning av BeBo-rapport ”Utvärdering nybyggt flerbostadshus med förvärmning med borrhålsvatten”.
- Teori fuktig luft och avfrostning och vad innebär för energi- och effektbehov.
- Beskrivning av mätobjekten (ventilationsaggregaten)
- Analys mätdata och jämförelser
- Resultat, diskussioner och förslag på fortsatt arbete

Mätdata till analyserna och jämförelserna finns delvis redovisade i Bilaga C och D. Mätdata från de 12 flerbostadshusen utvärderas i BELOK Driftanalys och skärmdumpar från analyserna finns i Bilaga C samt utvärderingen av skillnaderna i fukttinnehåll i olika delar av ventilationsaggregaten beräknas från de extra temperatur- och fuktgivarna. De utvärderingarna är beräknade och redovisade i Excel, Bilaga D.

I bilaga B har Henrik Jönsson, Bengt Dahlgren analyserat HSB-FTX ekonomiska påverkan för BRF

Diskussioner pågår med Tekniktidningen Energi&Miljö för att skriva en uppföljningsartikel senare i år till Teknik och Forskningsartikeln om HSB-FTX, Energi&Miljö, nr 7-8, 2015.

Dessutom pågår diskussioner inom BeBo att det behövs en design-guide till HSB-FTX, geotermisk förvärmning och då kan denna utvärderingsrapport vara ett bra underlag.

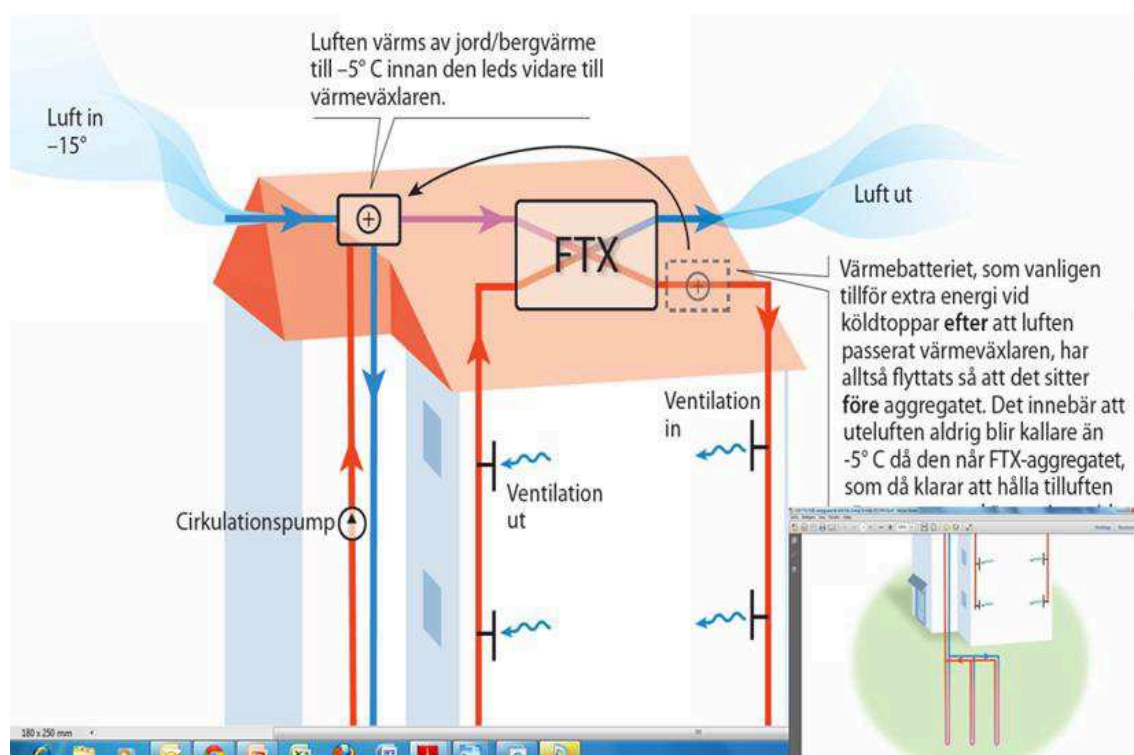
Sammanfattning av BeBo-projekt "Utvärdering nybyggt flerbostadshus med förvärmning med borrhålsvatten",

Resultatet från utvärderingen visar på fastighetsenergin var något högre än den beräknade för byggnaden, vilket delvis kan förklaras av en lägre hyresgästel, som ger lägre internlast och troligast är det även lägre närvaro (personvärme) i byggnaden.

Förvärmningen med HSB-FTX visade på en mycket god funktion. Värmeåtervinningen har gått för fullt hela vintern. Dock har det inte varit riktigt kallt, endast 5 dygn med en temperatur under $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ och det var aldrig kallare än $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Förvärmningen värmer uteluften med $5\text{--}10\text{ }^{\circ}\text{C}$ beroende på utetemperaturen. Vid $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ute förvärms inkommande uteluft till $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ samt vid $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ute förvärms inkommande uteluft till $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, vilket var projekteringsförutsättningarna. Se Figur 1, principskiss HSB-FTX.

Flerbostadshuset sparar ungefär 25 kW i fjärrvärmeeffekt samt $5\text{--}8\text{ kWh/kvm,år}$ beroende på vilken avfrostningsfunktion man utgår ifrån.



Figur 1 Principskiss HSB-FTX, geotermisk förvärmning

I en detaljerad driftuppföljning behöver man logga alla (de flesta) signaler i installations-systemen driftbilder, vilket ger goda förutsättningar att optimera och utvärdera funktionen för installationsystemen. Utan loggningen hade det varit svårt att följa upp styrningen av ventilationsaggregatet, förstå verklig funktion samt föreslå förbättringar.

Figur 3 nedan är ett exempel på en värmeväxlare med påfrysning, som behöver avfrostning. Om man försöker optimera värmeåtervinningen och inte har förvärmning typ HSB-FTX, så kommer man när det är kallt ute att ibland ha påfrysning i större eller mindre omfattning beroende på avfrostningsfunktion.

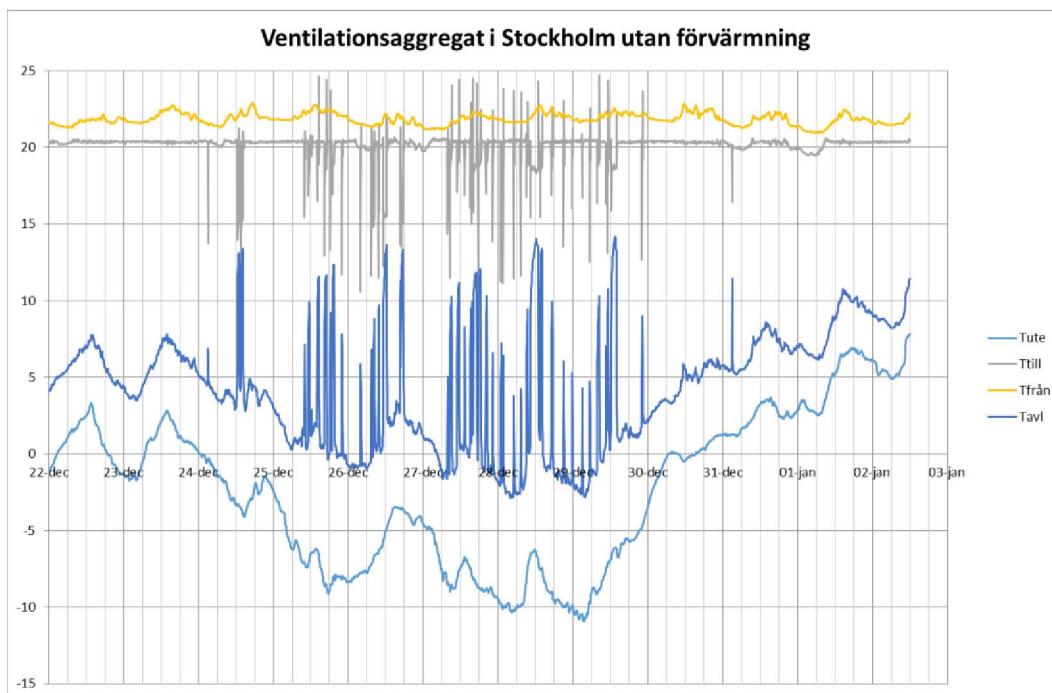


Figur 2 Finnboda Hamnplans ventilationsaggregat LB03 med HSB-FTX. Rördragningen från borrhålen med värme- och kylmängdsmätare ses upp till vänster i bilden.

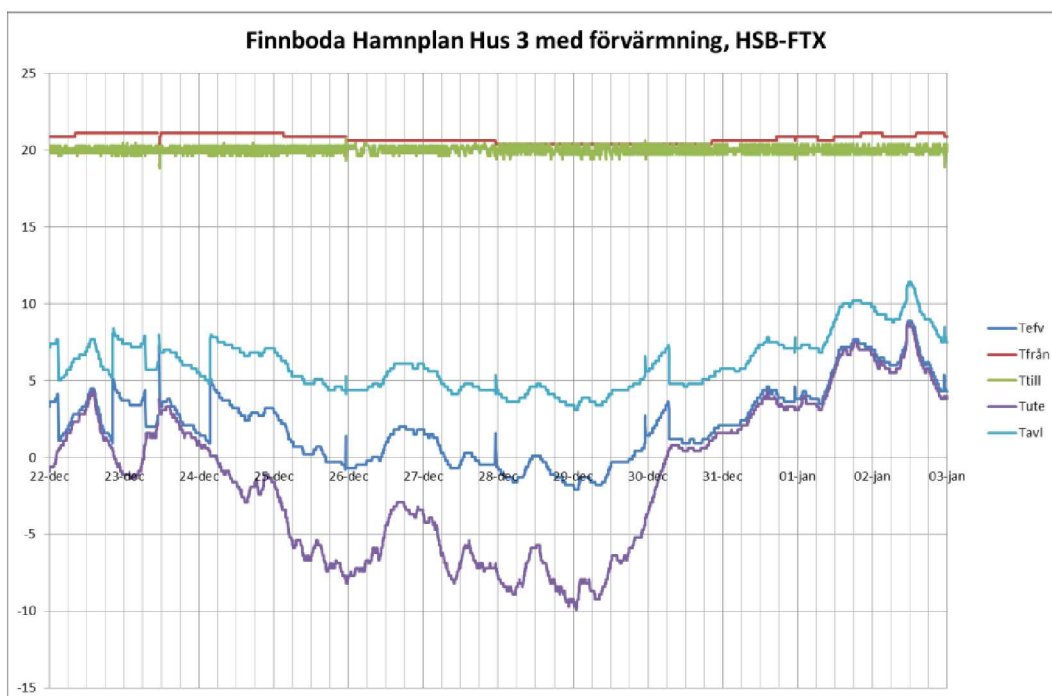


Figur 3 Exempel på batteri med påfrysning i värmeväxlaren, när det är kallt ute och man inte har en förvärmning etc. Bild från Bengt Bergqvist, Energianalys AB.

Figur 4 visar mätdata för ett aggregat med avfrostning som går in och begränsar värmeåtervinningen samt Figur 5 visar för samma tidsperiod när man har förvärmning, HSB-FTX, så klarar man utan att avfrostningen går in och begränsar värmeåtervinningen. Avfrostning på detta ventilationsaggregat innebär att en bypass öppnar, som släpper förbi halva luftflödet och halva värmeväxlaren blockeras i taget, så att frånluften smälter bort isen i den halvan av värmeväxlaren.

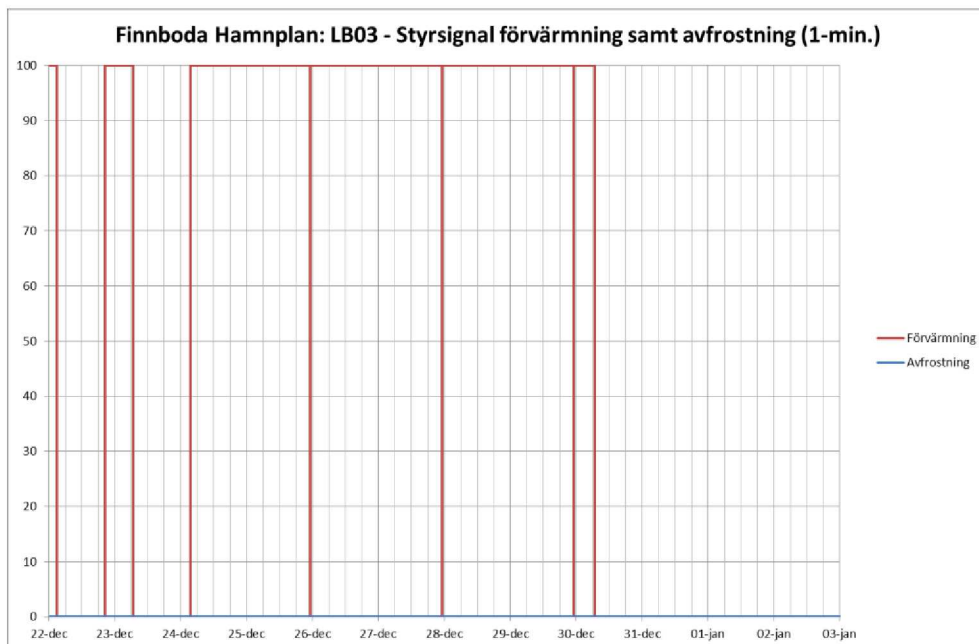


Figur 4 Mätdata från Bengt Bergqvist, Energianalys på ventilationsaggregat i Stockholm, som avfrostar ofta under den kallare perioden 25 - 30 dec 2014.

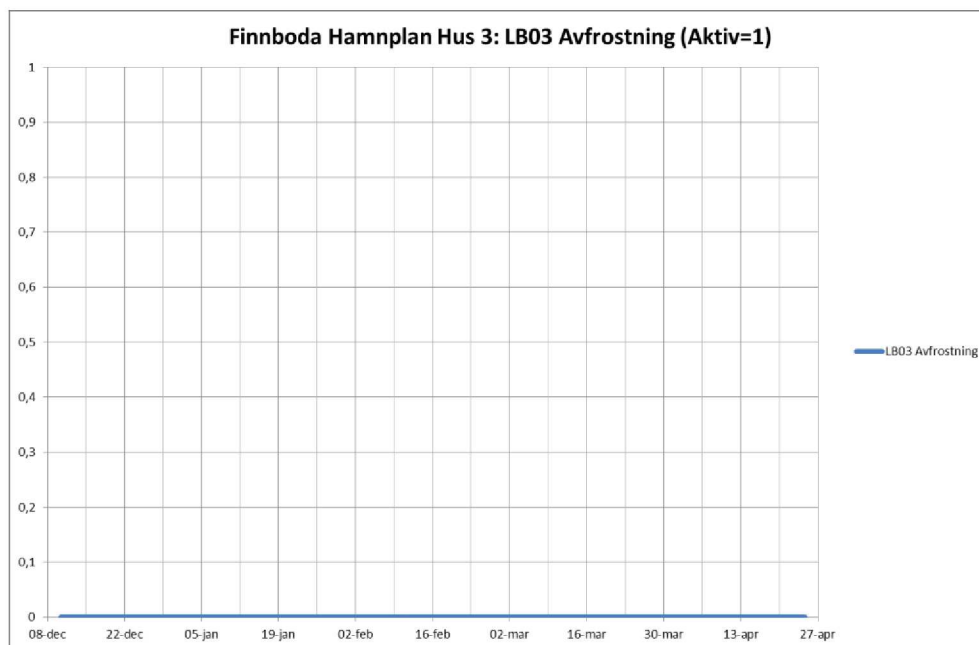


Figur 5 Mätdata från Finnboda Hamnplan Hus 3, HSB-FTX där avfrostningen inte går in utan förvärmning höjer inkommande lufttemperatur till ventilationen.

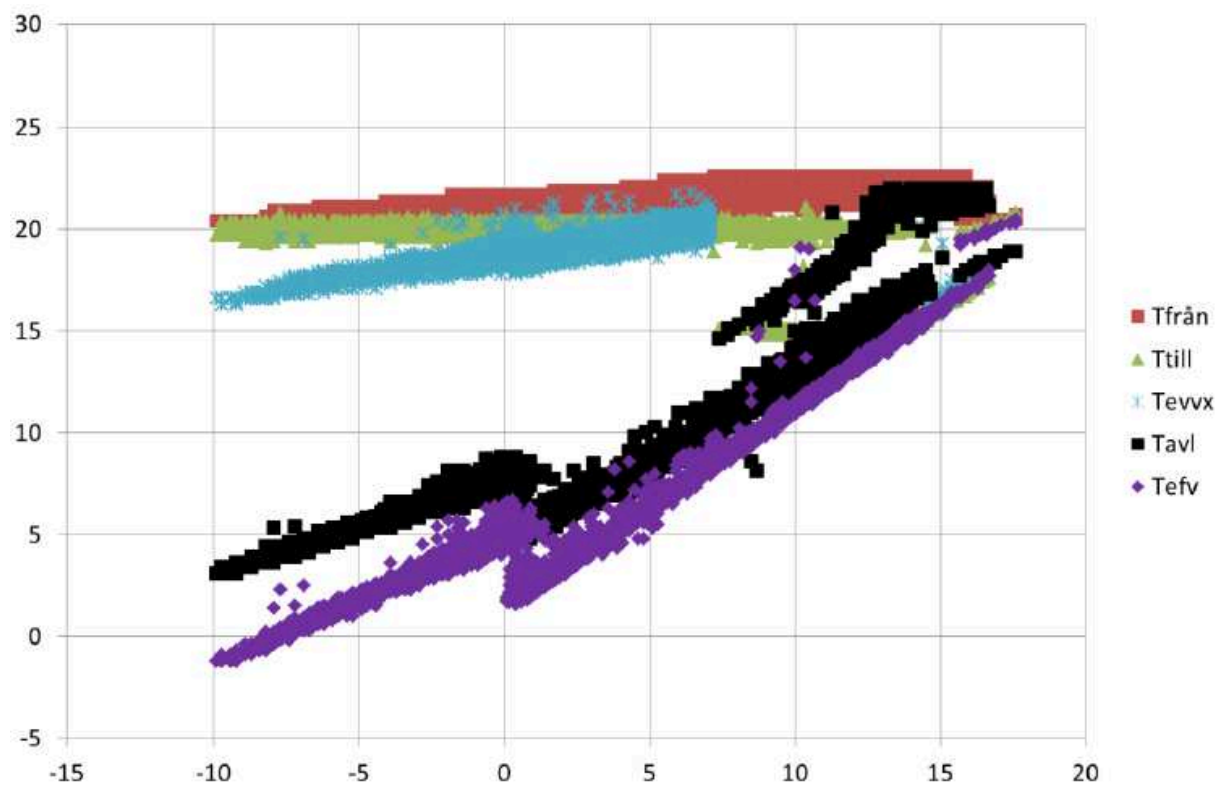
I figurerna 6 - 7 visar loggningar från LB03 med HSB-FTX och där ses att avfrostningsfunktionen inte gått in. Avfrostningsfunktionen är konst. "0" under den kalla perioden samt resten av våren.



Figur 6 Förvärmningen går in under +1 °C samt avfrostningen har inte gått in under den kallare perioden (2014-12-25 – 30).



Figur 7 Avfrostningen har inte aktiverats någon gång under vintern, 2014/15. Dvs. max värmeåtervinning hela vintern, vilket ger lågt eftervärmebehov.



Figur 8 Temperaturerna i ventilationsaggregat, LB03, visar att under +1 °C går förvärmningen in. (Hacket i lila temperturpunktskurvan). Avluftstemperaturen (svart temperturpunktskurva) ökar också till 7 – 8 °C. Vid Utomhustemperaturen –10 °C blir temperaturen efter förvärmningen -1 °C och avluftstemperaturen +3 °C.

Teori: Fuktig luft och avfrostning i FTX-aggregat

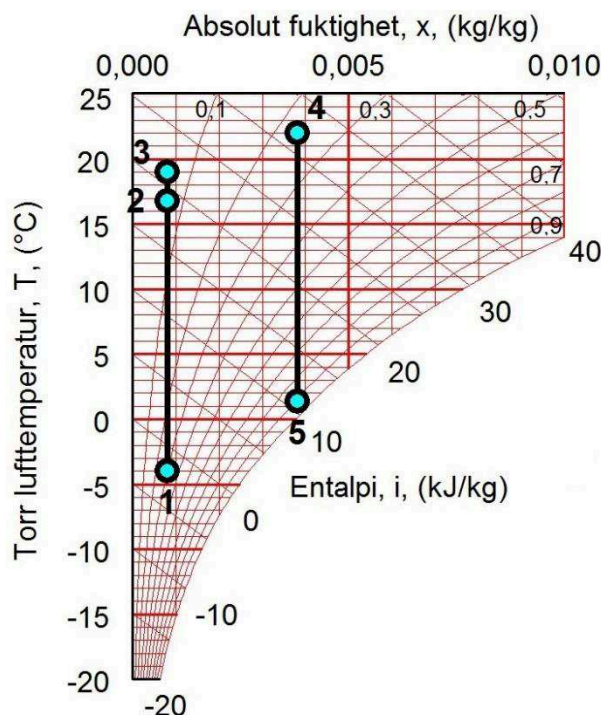
Behov av avfrostning av ventilationsvärmexlare beror på att avluftstemperaturen närmar sig 0 °C och man har en uppfuktning av inomhusluft/frånluft i byggnaden, som kan kondensera och frysa i värmexlaren och det är främst ett problem i bostadsbyggnader. Kontor har normalt en låg uppfuktning av inomhusluften/frånluften medan bostäder har en betydligt högre. Kontor som har ett ventilationsaggregat med lämpligt val av avfrostningsfunktion erhåller ingen eller en mycket liten påverkan av avfrostningsfunktionen på värmeåtervinningen. Bostäder har en betydligt större uppfuktning, som varierar mellan 1,5 - 4 g/kg luft med ett medelvärde på 3 g/kg luft för småhus och 2,5 g/kg luft för flerbostadshus, Fukthandboken 1994. I beräkningarna har en uppfuktning med 3 g/kg luft använts. Uppfuktningen inomhus i bostäder beror bl.a. på:

- Avdunstning från människor
- Disk, tvätt, dusch,
- Matlagning
- Avdunstning från växter

Så brukarbeteende i bostäder påverkar hur fuktavgivningen varierar samt att inredningen kan ge en viss buffring/ lagring. Dvs ta upp och avge fukt, för att befinna sig i jämvikt med sin omgivning.

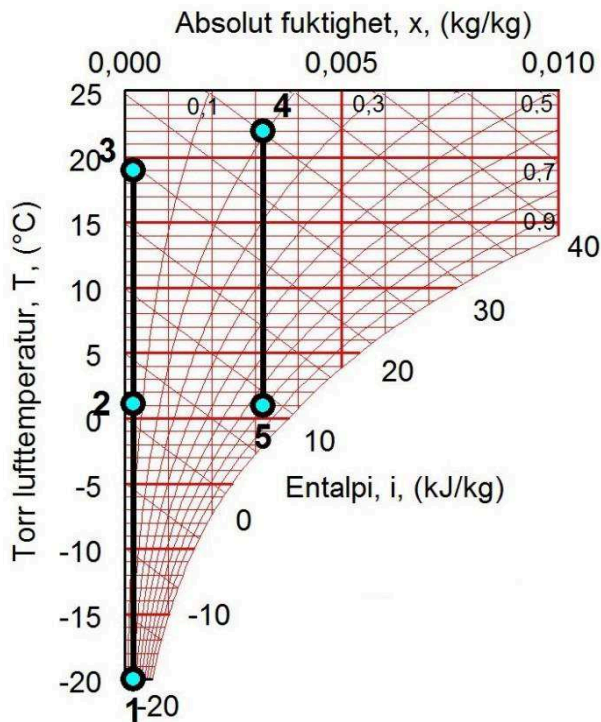
För analys av luftens tillståndsförändringar (temperatur, fukt, entalpi) i ventilationsaggregat kan Mollier-diagram användas och beräknas med 1 kbm/sek och luftflödesbalans.

Figur 9 visar hur luftens tillstånd förändras när utomhustemperaturen är -4°C, 30 % RF, "1", värmexlats mot frånluft 22 °C, 23,3 % RF, "4", med en värmexlare med 80 % temperaturverkningsgrad. Då värms uteluften till 16,8 °C, 6,9 % RF, "2", för att sedan behöva eftervärmas 2,7 kW (0,93 W/kvm) till önskad tilluftstemperatur på 19 °C, "3". Samtidigt kyls frånluften av värmexlaren ner till 1,4 °C, 91,5% RF, "5". Skulle det vara kallare utomhus än -4 °C är risken stor att det fryser i värmexlaren, så då behöver avfrostningsfunktionen gå in och begränsa värmeåtervinningen.



Figur 9 Tillståndsförändringar av ventilationsluften framräknat och redovisat med Mollier Sketcher 2.1b, IV Produkt AB

I Figur 10 är det samma förutsättningar som i fallet ovan, Figur 9, men med en utomhus-temperatur på $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ samt det finns en ideal avfrostningsfunktion som styr på avlufts-temperaturen mot $1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Man kan se att eftervärmningsbehovet ”2”-”3” har ökat rejält och den blir $21,6\text{ kW}$ ($7,6\text{ W/kvm}$).



Figur 10 Tillståndsförändringar av ventilationsluften med utomhustemperaturen $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ och ideal avfrostningsfunktion, $1\text{ }^{\circ}\text{C}$. framräknat och redovisat med Mollier Sketcher 2.1b, IV Produkt AB

Beräkningar av energi och effektbehov för några idealiserade fall

Nedan redovisas några idealiserade fall och avfrostningsfunktionens påverkan på energiprestandan beräknas. För att beräkna hur stor påverkan detta kan ge för ett verkligt aggregat behövs dels se på aggregatets typ av avfrostningsfunktion, hur avfrostningen styrs samt vilka börvärden som är inställda och styr aggregatets avfrostningsfunktion, brukarbeteende, etc. Beräkningarna nedan anges eftervärmningsbehovet i kWh/kvm,år , för att ge en känsla hur stor del av energiprestandan, som kommer från ventilationen. Max effektbehov är också relaterat till $\text{kvm } A_{\text{temp}}$ ($0,35\text{ l/s,kvm}$) samt kW per kbm/sek luftflöde. Därutöver använder ventilationen el till fläktar etc. och normalt ligger SFP-talet mellan $1,2$ och 2 kW/kbm/sek . Detta ger vid luftflödet $0,35\text{ l/s,kvm}$ och 8760 timmars drift per år $3,7 - 6,1\text{ kWh/kvm,år}$. Med en bra energieffektiv design av ventilationssystemet får man en lägre elanvändning till ventilationen samt mindre ljud från ventilationssystemet, då fläktarna går lugnare/ energieffektivare och lägre hastigheter i ventilationskanalerna. Denna elanvändning motsvarar en uppvärmning på $0,3-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ av luften i respektive fläkt, som är försummade i nedanstående beräkningarna.

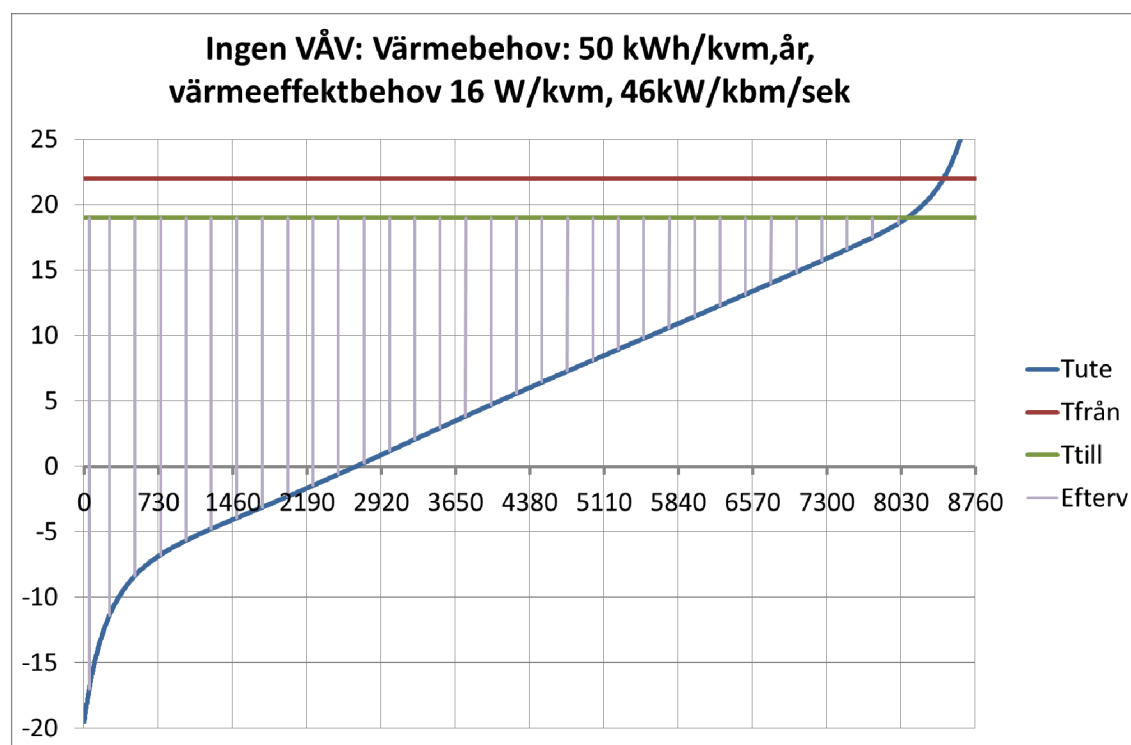
Några olika typer av värmeåtervinning och avfrostningsfunktion har räknats igenom, för att skaffa sig en uppfattning om vilken påverkan olika typer av avfrostningsfunktioner har på värmeåtervinningen, vad de behöver i eftervärmningsenergi samt behovet av eftervärmningseffekt för att kompensera för den lägre återvinningsgraden när det är kallare än $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Vid beräkning av en byggnads energiprestanda med energiberäkningsprogram bör man kontrollera hur energiberäkningsprogrammet modellerar avfrostningsfunktion och styrning av avfrostningen i det tänkta/ installerade ventilationsaggregatet. Exempelvis IDA ICE använder en ideal avfrostningsfunktion med börvärdet för avluftstemperaturen på 1 °C.

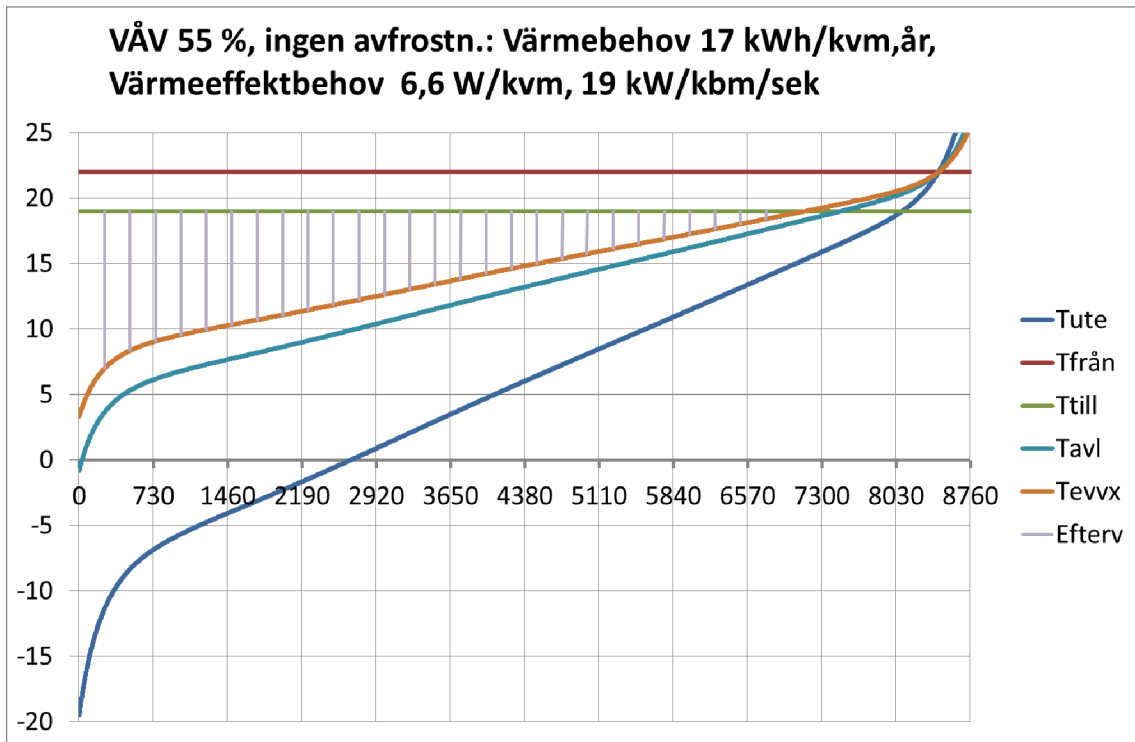
I analyserna nedan är $T_{\text{från}} = 22 \text{ °C}$, $T_{\text{till}} = 19 \text{ °C}$ och luftflödet är 1 kbm/sek (0,35 l/s,kvm). Analyserna är beräknade för en ort i Mellansverige med en årsmedeltemperatur på 6 °C och för utomhustemperaturens varaktighetskurva är Tomas Halléns varaktighetsekvation från 1981 använd.

Tabell 1 Sammanställning av värme och värmeeffektbehov, Tutemedel 6 °C, 1 kbm/sek.

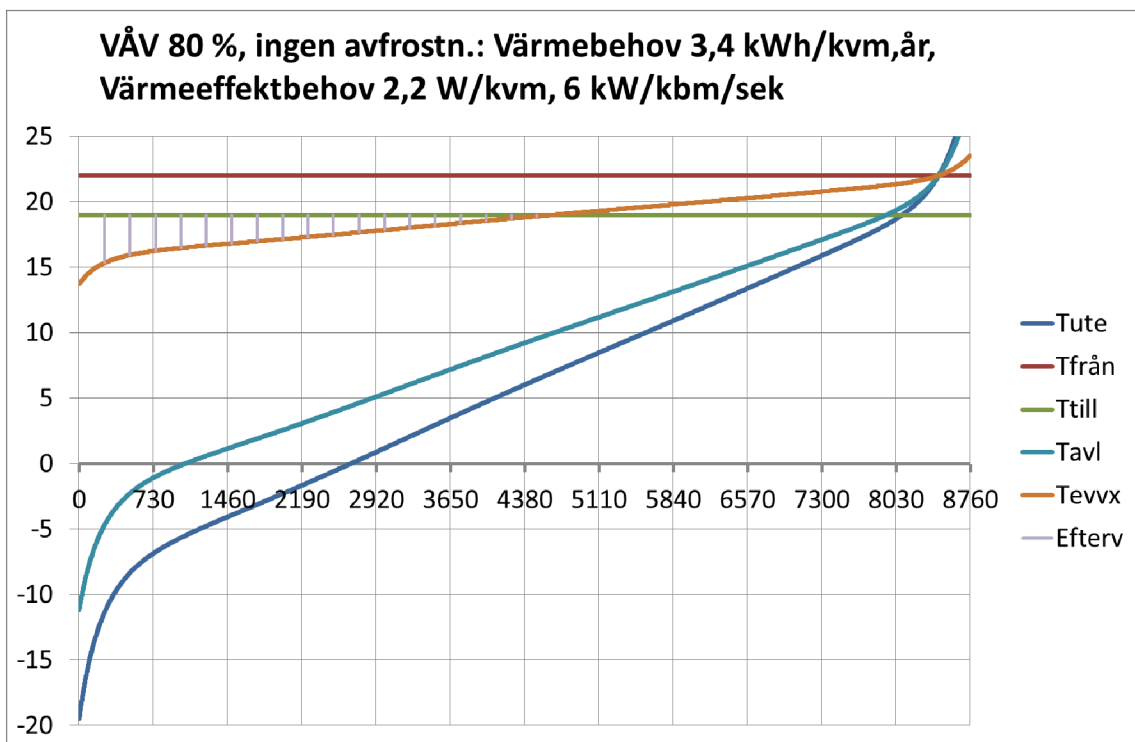
	Värmebehov kWh/kvm,år	Effektbehov kW/kbm/sek	Figur
Ingen VÅV	50	46	11
VÅV 55%, ingen avfr	17	19	12
VÅV 80 % ingen avfr	3,4	6	13
VÅV 80 % Ideal avfr Tavl 1 °C	5,2	21	14
VÅV 80 % Ideal avfr Tavl 5 °C	8,9	26	-
VÅV 80 % Bypass 50 %, Tute -4 °C	10	24	15
VÅV 80 % Bypass 50 %, Tute +1 °C	15	24	-
Förv 5 °C, 60 %, VÅV 80 %	1,0	2,8	16



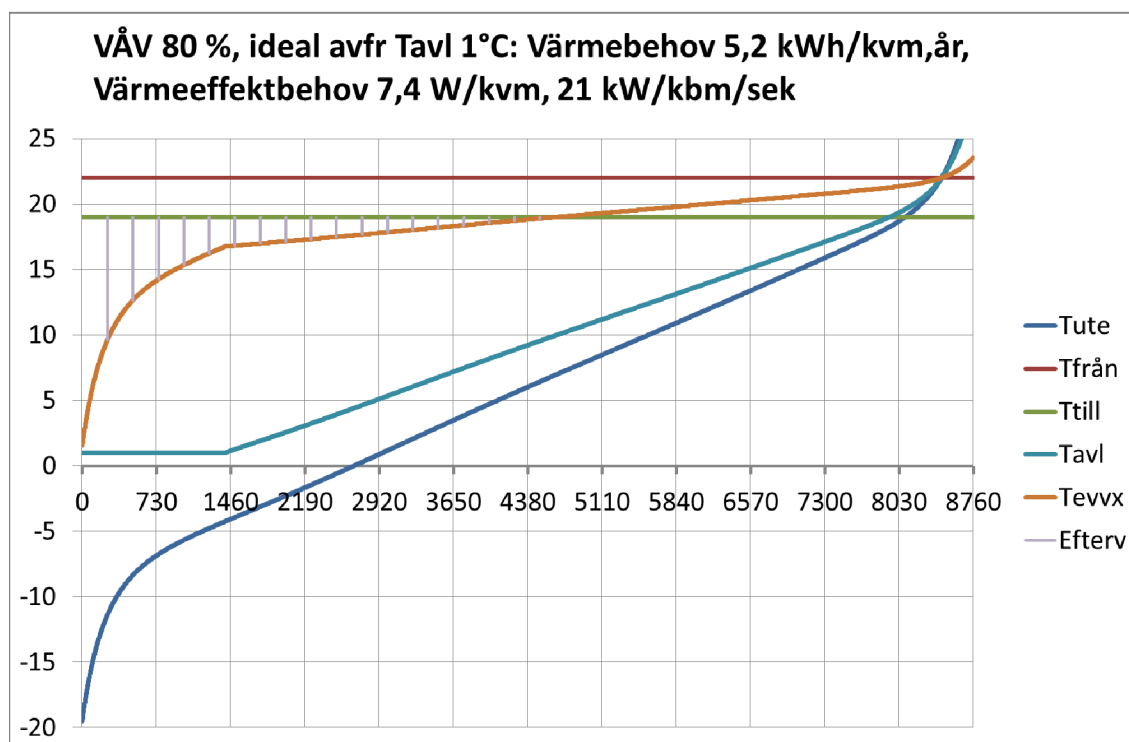
Figur 11 Utan värmeåtervinning från frånluften till tilluften blir eftervärmningsbehovet 50 kWh/kvm,år och ett maximalt effektbehov på 46 kW/kbm/sek (16 W/kvm). Det totala energiinnehållet i frånluften relaterad till utomhustemperaturen är 60 kWh/kvm,år.



Figur 12 Värmeåtervinning med 55 % temperaturrektningsgrad (korströmsväxlare) erhålls ett eftervärmningsbehov på 17 kWh/kvm,år och maximalt effektbehov på 19 kW/kbm/sek (6,6 W/kvm). Detta ger ett minskat värmebehov med 33 kWh/kvm,år jämfört med utan värmeåtervinning, Figur 11, 27 kW/kbm/sek mindre värmeeffektbehov och en lite högre elanvändning.

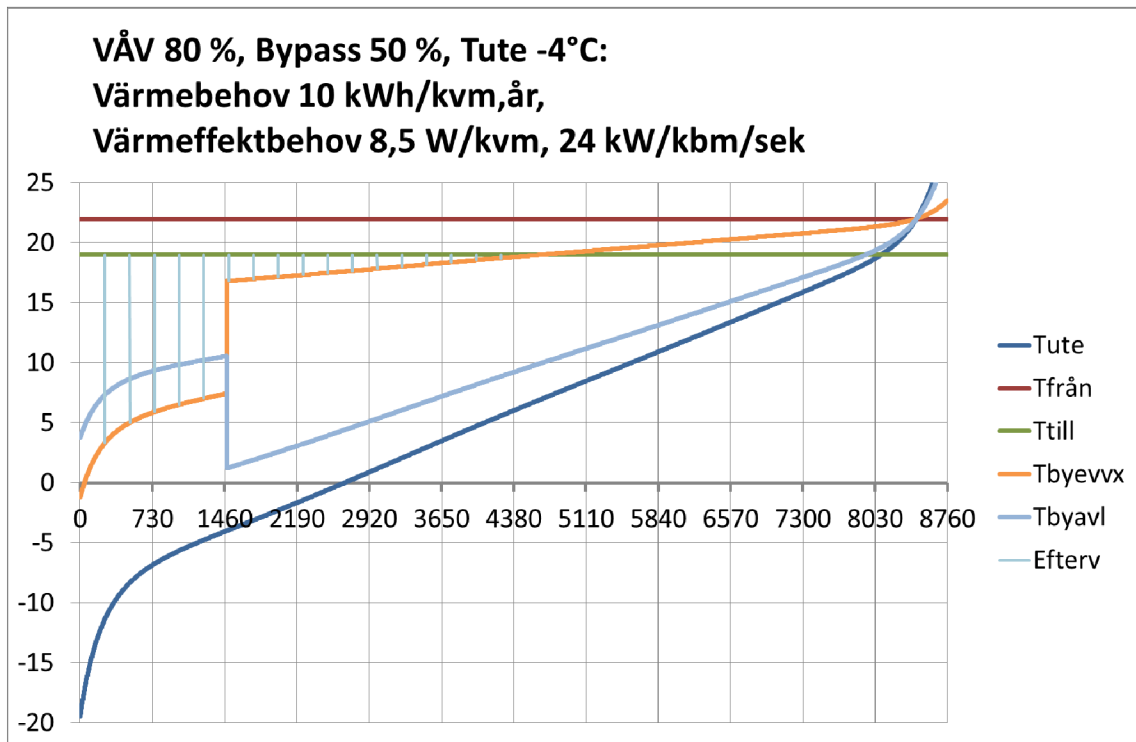


Figur 13 Värmeåtervinning med temperaturverkningsgraden 80 % och ingen avfrosthing. Då erhåller man ett eftervärmningsbehov på 3,4 kWh/kvm,år och maximalt effektbehov på 6 kW/kbm/sek (2,2 W/kvm). (Förutsätter låg uppfuktning).



Figur 14 Värmeåtervinning med temperaturverkningsgraden 80 % och ideal avfrostningsfunktion, som styr mot T_{avl} 1 °C. Då erhåller man ett eftervärmningsbehov på 5,2 kWh/kvm,år och maximalt effektbehov på 21 kW/kbm/sek (7,4 W/kvm). Avfrostningsfunktionen behövs för att värmeväxlaren inte skall frysa, men ger en ökat värmebehov med 1,8 kWh/kvm,år jämfört med Figur 13. Den största förändringen är att maximalt effektbehov för eftervärmningen ökar stort från 6 kW/kbm/sek till 21 kW/kbm/sek.

Vid ett dåligt utförande av isoleringen av frånluftskanalen på kall vind erhålls stora värmeförluster från frånluftskanalerna på kallvinden. Exempelvis ett temperaturfall på 15 % av temperturskillnaden mellan frånluften och utomhusluften ger ett eftervärmningsbehov på 12 kWh/kvm,år och maximalt effektbehov på 29 kW/kbm/sek (10 W/kvm). Pga. av dåligt isolerade frånluftskanaler på kallvind kan värmeenergiebehovet öka från 5,2 kWh/kvm,år till 12 kWh/kvm,år och effektbehovet från 21 till 29 kW/kbm/sek.



Figur 15 Värmeåtervinning med temperaturverkningsgraden 80 % och en bypass-avfrostning som öppnar vid utomhustemperaturen -4 °C. Eftervärmningsbehov blir 10 kWh/kvm,år och maximalt effektbehov på 24 kW/kbm/sek (8,5 W/kvm).

Med ett bypassavfrostning finns en risk att luft läcker förbi spjället när det är stängt. Säkerligen finns det leverantörer av bypass-avfrostning som har betydligt bättre funktion än den enkla som är använd här.

Slutligen två exempel där börvärdet på avfrostningsfunktionen felaktigt blivit lite för högt, vilket ger en högre energianvändning och värmeeffektbehov.

Likadan avfrostningsfunktion som i Figur 14, men börvärdet avluftstemperaturen för den ideala avfrostningen råkade ställas in på 5°C i stället för 1 °C. Då erhålls eftervärmningsbehov på 8,9 kWh/kvm,år och maximalt effektbehov på 26 kW/kbm/sek (8,5 W/kvm). Pga. av det felaktiga börvärdet ökar värmeenergiebehovet från 5,2 kWh/kvm,år till 8,9 kWh/kvm,år, vilket är 3,7 kWh/kvm,år och värmeeffektbehovet ökar med 5 kW/kbm/sek.

Likadan avfrostningsfunktion som i Figur 15, men börvärdet på utomhustemperaturen då bypass-spjället öppnar råkade ställas in på 1°C i stället för -4 °C. Då erhåller man ett eftervärmningsbehov på 15 kWh/kvm,år och maximalt effektbehov på 24 kW (8,5 W/kvm). Pga. av det felaktiga börvärdet ökar värmeenergiebehovet från 10 kWh/kvm,år till 15 kWh/kvm,år, vilket är 5 kWh/kvm,år. Värmeeffektbehovet blir lika i båda fallen.

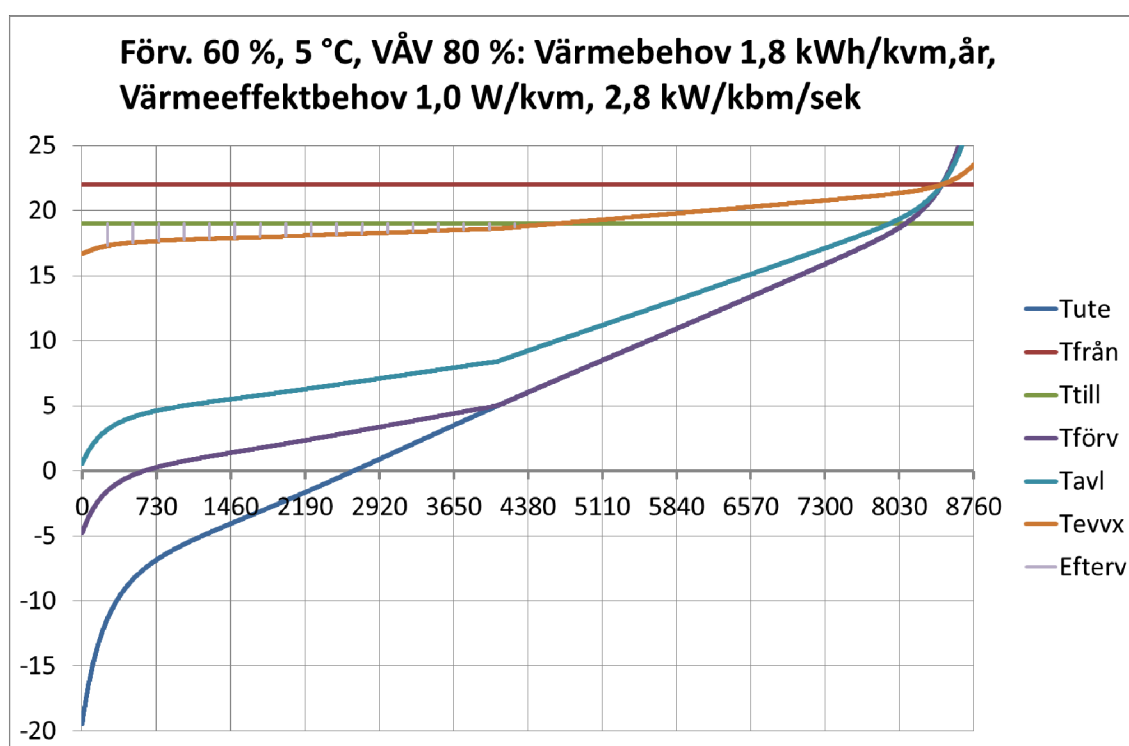
Alla fall som har en avfrostningsfunktion som gått in och begränsat värmeåtervinningen har ett värmeeffektbehov på 20 – 30 kW/kbm/sek (7 - 8 W/kvm). För att minska denna behöver man någon typ av förvärmning av uteluften till ventilationsaggregatet.

Förvärmning av ventilationsluften med borrhålsvatten

Figur 16 redovisar vad som händer i ett ventilationsaggregat om man har möjlighet att förvärma ventilationsluften med en lågtemperad ”värmekälla”, exempelvis borrhål. Lite beroende på hur hårt belastat borrhålet är och storleken på förvärmningsbatteriet men har kan man eventuellt förvärma uteluften till $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ när det är $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ och då behöver inte avfrostningsfunktionen gå in och begränsa värmeåtervinningen.

Skulle temperaturen i borrhålet vara lite varmare, ca $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, skulle man inte behöva någon eftervärme för att erhålla en tilluftstemperatur på $19\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Huruvida tilluftstemperaturen $19\text{ }^{\circ}\text{C}$ kan användas eller om högre önskas, för att minska dragkänslan från tilluftsdonen, beror på hur tilluftssystemet i lägenheten designas och val samt placering av tilluftsdon.



Figur 16 Förvärmning med $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ värmekälla och 60 % temperaturverkningsgrad på förvärmningsbatteriet. Värmeåtervinning med temperaturverkningsgraden 80 % Då erhåller man ett eftervärmningsbehov på $1,8\text{ kWh/kvm,år}$ och maximalt effektbehov på $2,8\text{ kW/kbm/sek}$ ($1,0\text{ W/kvm}$).

Beskrivning av mätobjekt

Ventilationsaggregat med motströms plattvärmväxlare och förvärmningsbatteri kopplat till borrhål (geoenergi utan värmepump) enligt principalskiss från Roland Jonsson, HSB. (Figur 1)

Styrning Flatön, Studio 1 samt HSB Living Lab

Principer styrning tilluftstemperaturen och luftflödena för ventilationen på Flatön, Studio 1 samt HSB Living Lab nedan samt driftbilder finns i Figur 17 - 22

Temperaturreglering

Frånluftsreglering 21 °C (GT11) med min/max (17 °C / 19 °C) för tilluftstemperaturen GT43. Tilluften värms i tre steg efter behov för att hålla börvärdet på tilluften

- Värmeåtervinning (0-100 %)
- Förvärmning (borrhål) (0-100 %)
- Eftervärme (FJV) (0-100 %)

Man har valt att använda förvärmningen som ett andra steg i värmningen av tilluften för att minimera behovet av eftervärme.

Fläktarna (luftflödena) styrs med att hålla sina tryck-börvärden för över- respektive undertrycket i till-/från-kanalerna (GP11/GP12).

Vid analys av avfrostningsfunktioner verkar avfrostningen aktiveras när GP71 blir ca 50 % högre än frånluftssidans tryckfall (funktion av frånluftsflödet) för torr värmväxlare.

Styrning Finnboda Hamnplan

Principer styrning tilluftstemperaturen och luftflödena för ventilationen, Finnboda Hamnplan nedan samt driftbilder finns i Figur 23 – 24

Temperaturreglering

Tilluftsreglering 20 °C (GT1). När det är varmare ute kan den växla till ett kyläge och inte eftervärma tilluften.

Tilluften värms i två steg efter behov för att hålla börvärdet på tilluften

- Värmeåtervinning (0-100 %)
- Eftervärme (FJV) (0-100 %)

Förvärmningen är ett separat steg och är i drift när utetemperaturen är lägre än +1 °C.

- Förvärmning (borrhål) (CP11/SV11 ON/OFF)

När utetemperaturen är högre än 20 °C startar CP11 och SV11 öppnar då blir förvärmningsbatteriet ett förkylbatteri.

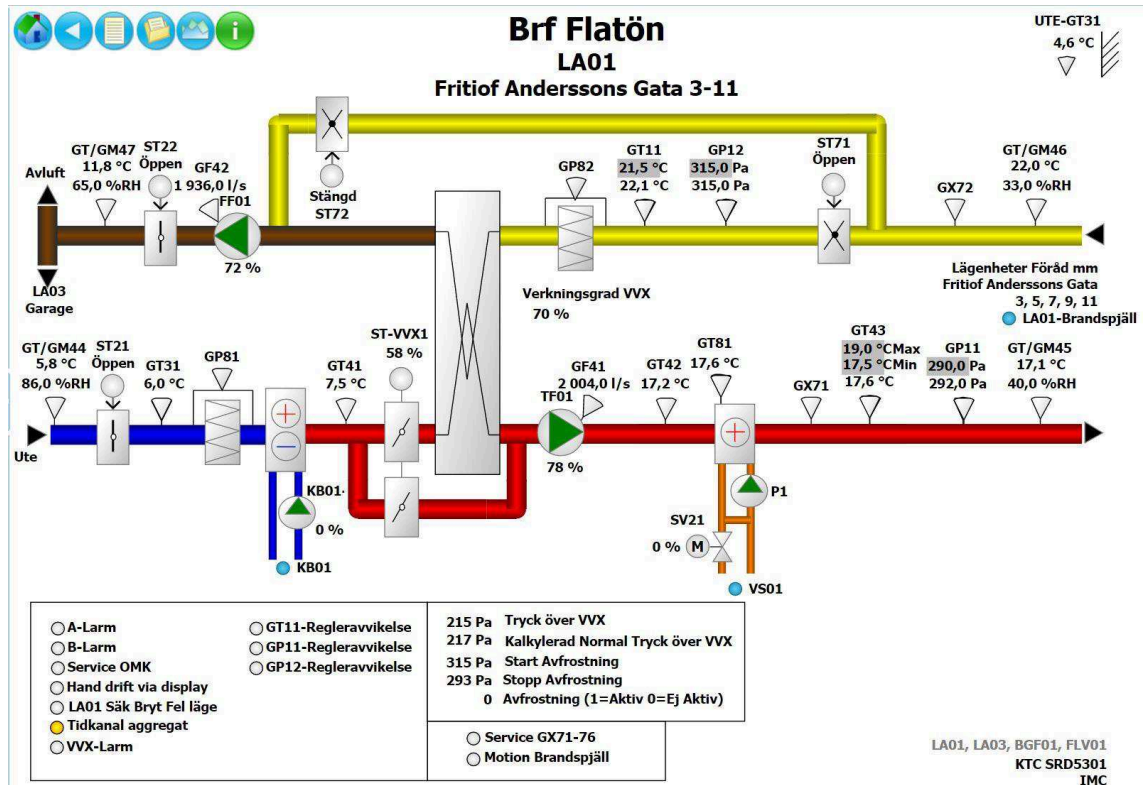
Fläktarna (luftflödena) styrs med att hålla sina tryck-börvärden för över- respektive undertrycket i till-/från-kanalerna (GP3/GP4).

Vid analys av avfrostningsfunktioner verkar avfrostningen aktiveras när GP8 blir ca 50 % högre än frånluftssidans tryckfall (funktion av frånluftsflödet) för torr värmväxlare.

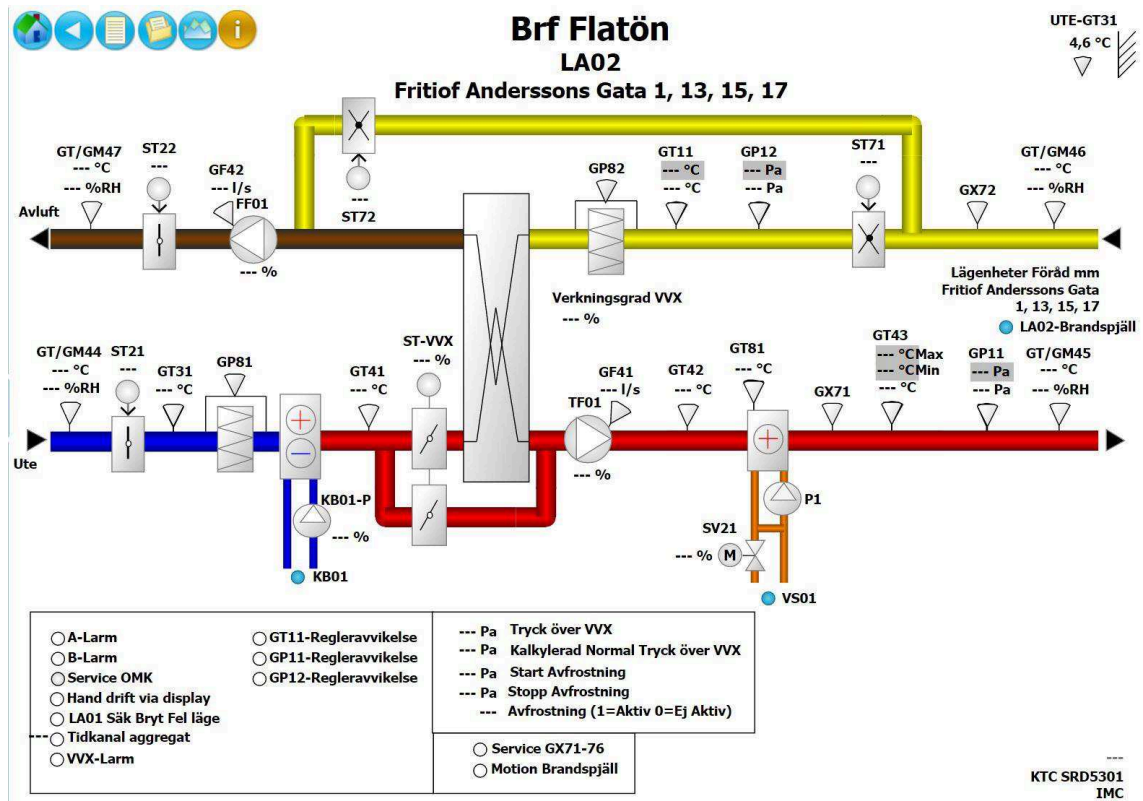
Nomenklatur driftbilder

TF / FF	Tilluftsfläkt / Frånluftsfläkt
GP	Tryckgivare
GT	Temperaturgivare
GTGM	Temperatur och fuktgivare
GF	Flödesgivare
ST	Spjäll
P / CP	Pump / Cirkulationspump
KB	Köldbärarsystem
VS	Värmesystem sekundär
GX	Rökdeckare etc.
SV	Styrventil
VVX	Värmeväxlare

Driftbilder Flatön

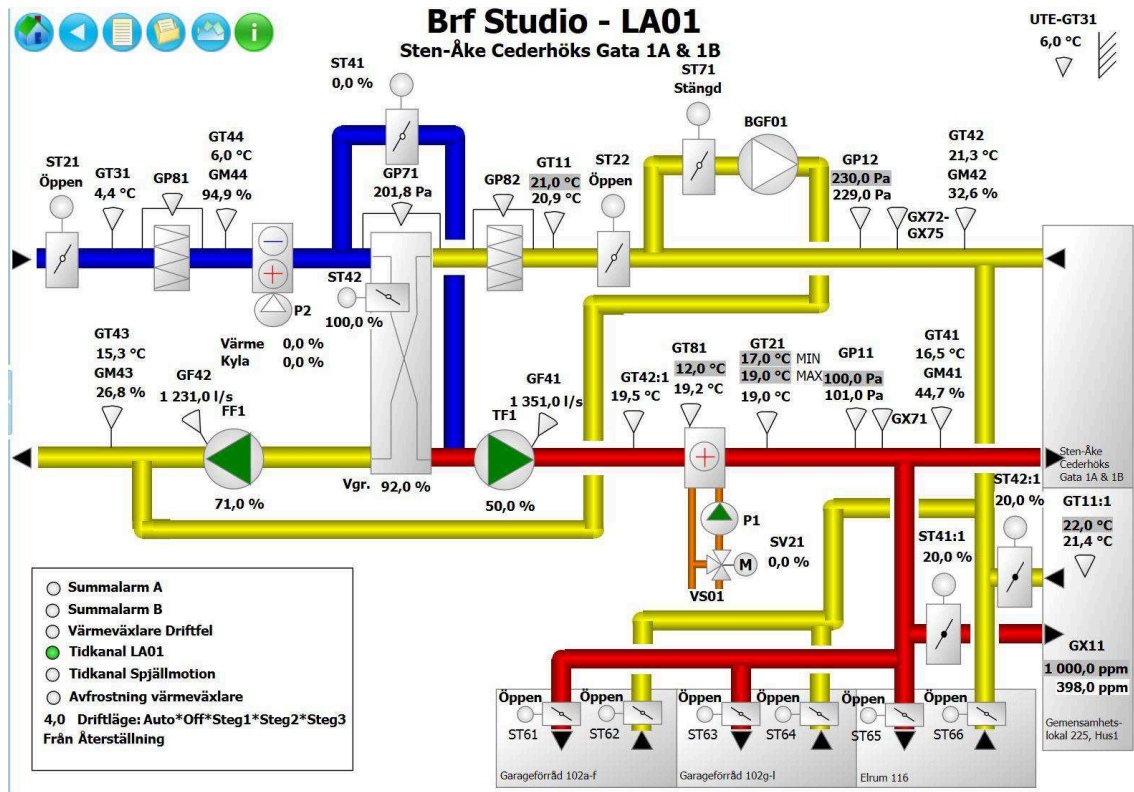


Figur 17 Driftbild Brf Flatön LA01

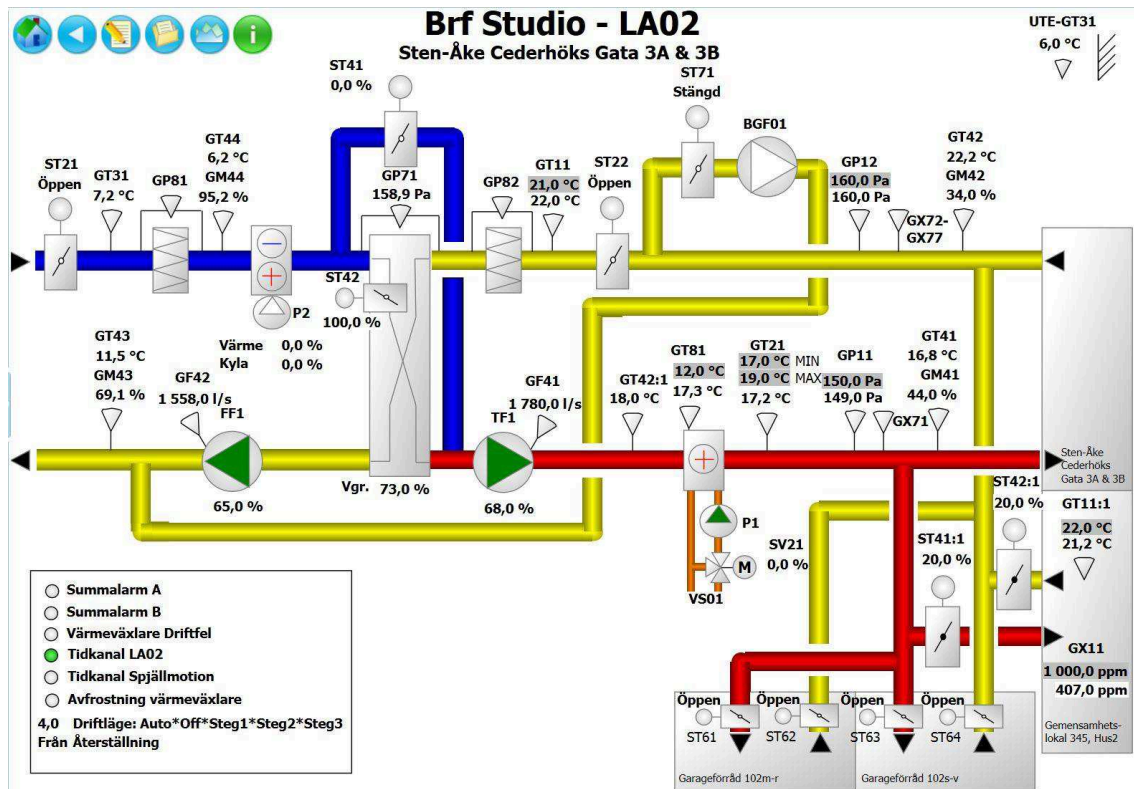


Figur 18 Driftbild Brf Flatön LA02

Driftbilder Studio 1

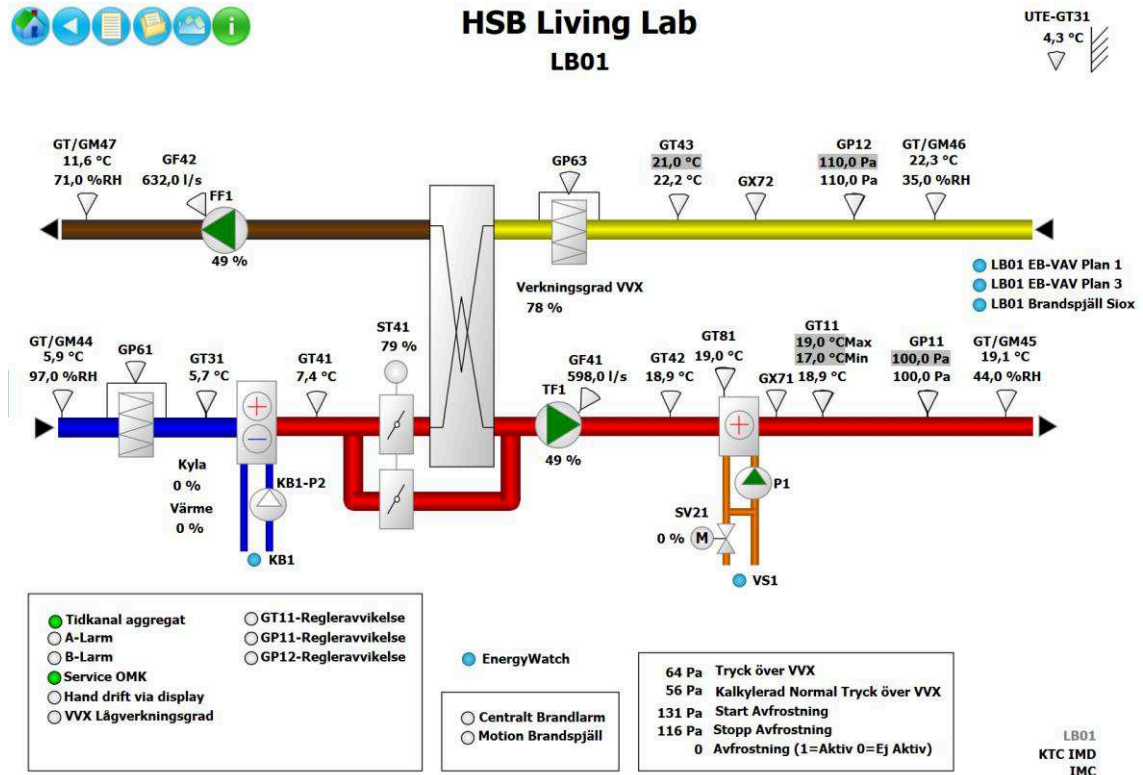


Figur 19 Driftbild Brf Studio 1 LA01

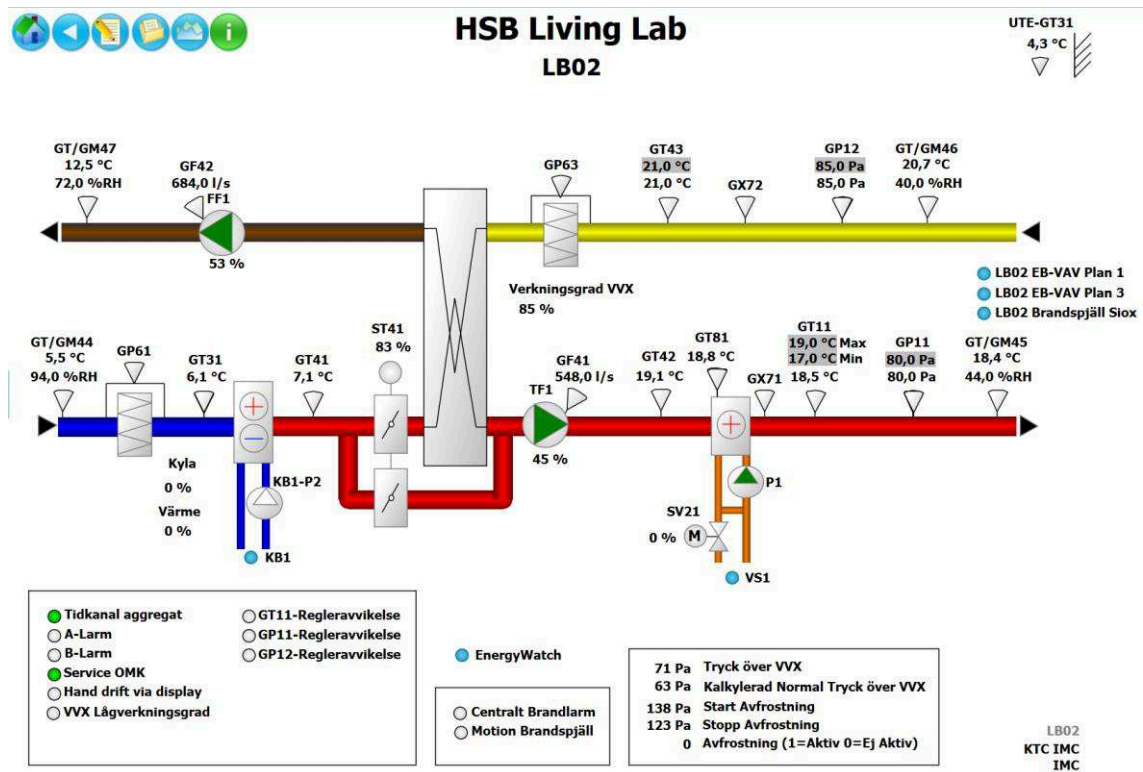


Figur 20 Driftbild Brf Studio 1 LA02

Driftbilder HSB Living Lab

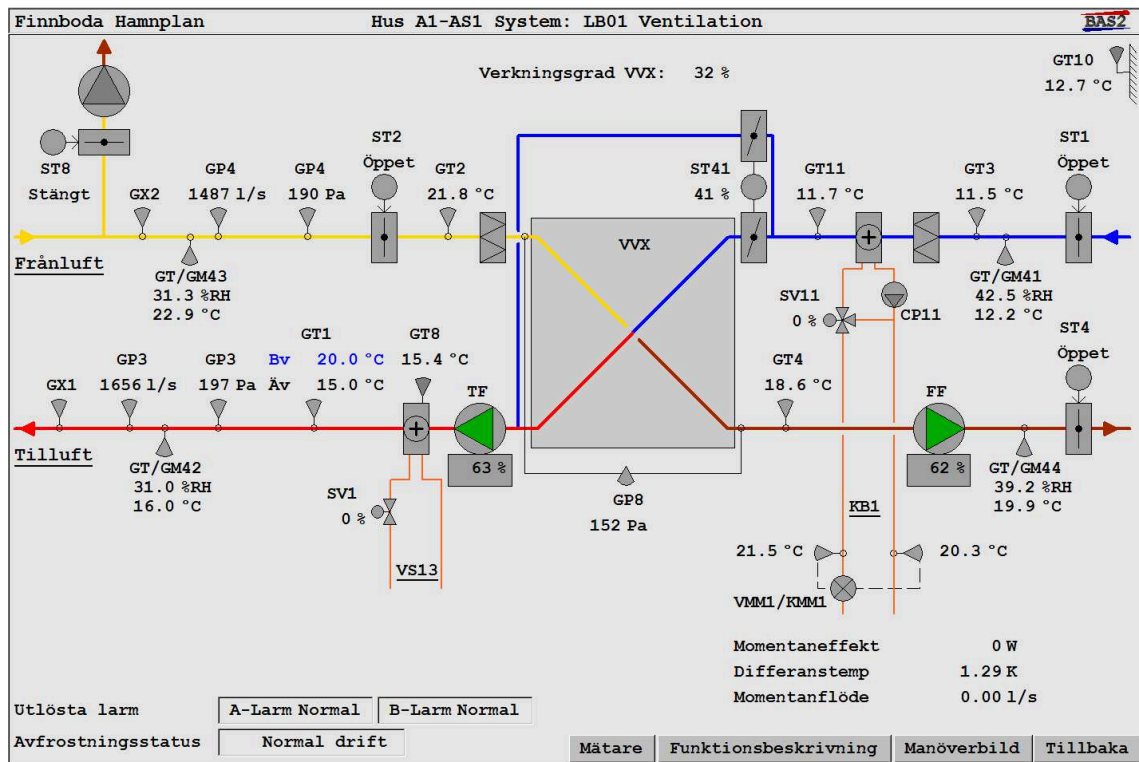


Figur 21 Driftbild HSB Living Lab LB01

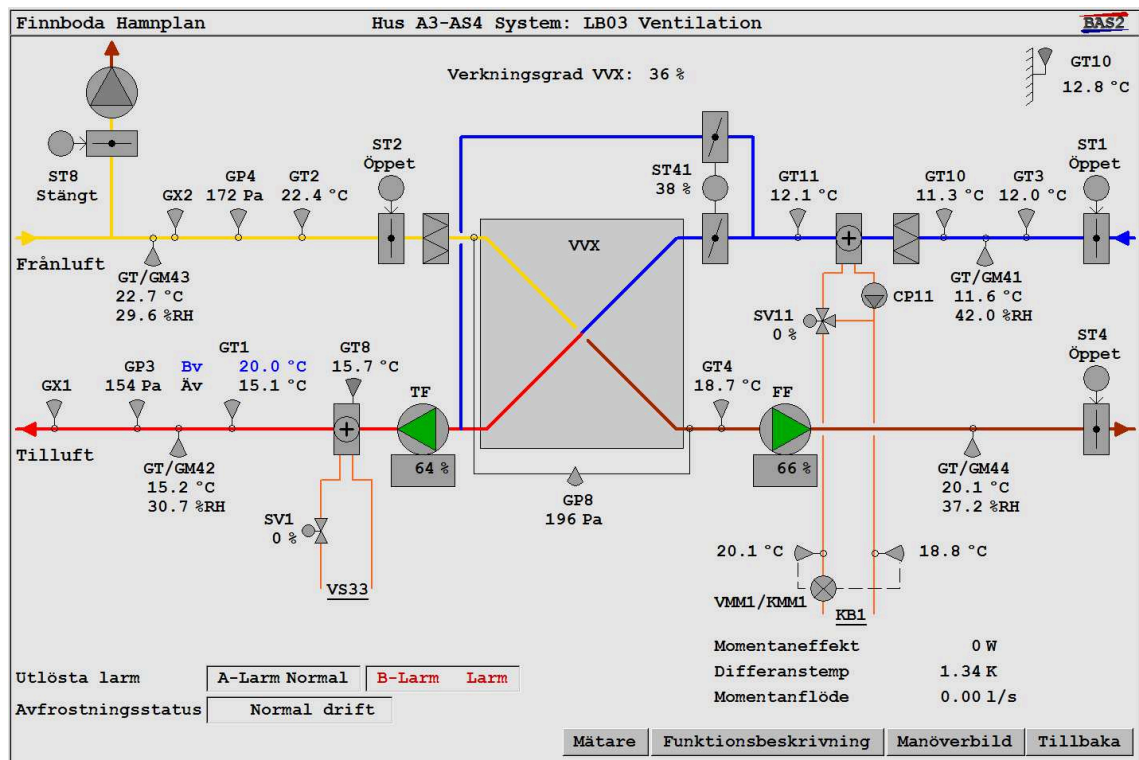


Figur 22 Driftbild HSB Living Lab LB02

Driftbilder Finnboda Hamnplan



Figur 23 Driftbild Finnboda Hamnplan LB01



Figur 24 Driftbild Finnboda Hamnplan LB03

Jämförelseobjekt: Fyra ventilationsaggregat utan förvärmning

Ventilationsaggregat utan förvärmning är av samma fabrikat och modellserie, som ovanstående ventilationsaggregat, men är en storlek mindre.

Ventilationsaggregaten utan förvärmning betjänar 12 – 16 lägenheter.

Ventilationsaggregaten utan förvärmning har en liknande uppbyggnad som driftbilderna för Finnboda hamnplan visar, förutom förvärmningen och de fyra temperatur- och fuktgivarna.

Mätningar

Loggning av alla signaler vilka redovisas i driftbilderna för installationssystemen ger goda förutsättningar att optimera och utvärdera funktionen för installationssystemen. Utan loggningen hade det varit svårt/ omöjligt att följa upp styrningen av ventilationsaggregatet och föreslå förbättringar.

Belok Driftanalys innehåller funktioner, som tar hand om missade värden och ger ett hål i kurvan, men tillfälliga fel på mätvärden att en temperatur i ett värde blir exempelvis 32000 °C fångas inte upp och autoskalningen gör att all normala värden blir ungefär noll i grafen. Det går manuellt att sätta om skalningen i grafen. I Excel ger missade mätvärden ett merarbete om inte speciella rutiner är framtagna för det ändamålet.

I Finnboda hamnplan erhöles inloggning i styrdatorn och det var iordningsställt en speciell loggsida där man kunde gå in och välja vilka loggar man önskade hämta och tidsperiod (exv. 3 månader) och 5 minutersvärden erhöles i Excelformat, vilka konverterades till Belok Driftanalys.

I HSB Göteborgs inloggning till deras ”styrdatorportal” kunde signaler väljas men endast hämtas för kortare period. 5 minuter värden kunde hämtas ett dygn åt gången och tim-värden en månad åt gången, så det tog lång tid för att hämta mätvärden. Dessutom innehöll mätvärdena mer störningar/ bortfall av data, vilket är irriterande och tar betydligt mer tid att analysera.

Värme- och kylmängds mätare har lite väl dålig upplösning, 10 kWh, för att granska ett effektuttag på ca 30 kW. Det som ser ut att vara 30 kan vara någonstans mellan 25 - 35 kW.

I Finnboda Hamnplan har de ett skalfel på 10 på ena värmemängdsmätaren. Visar en tiondel av vätskeflödet genom förvärmningsbatteriet. Detta fel finns inte på den andra värmemängdsmätaren som installerades någon månad tidigare. Trots att jag ar pekat ut felet för styrelektrikern, så kunde han inte åtgärda problem (förstod inte inställningarna på mätaren).

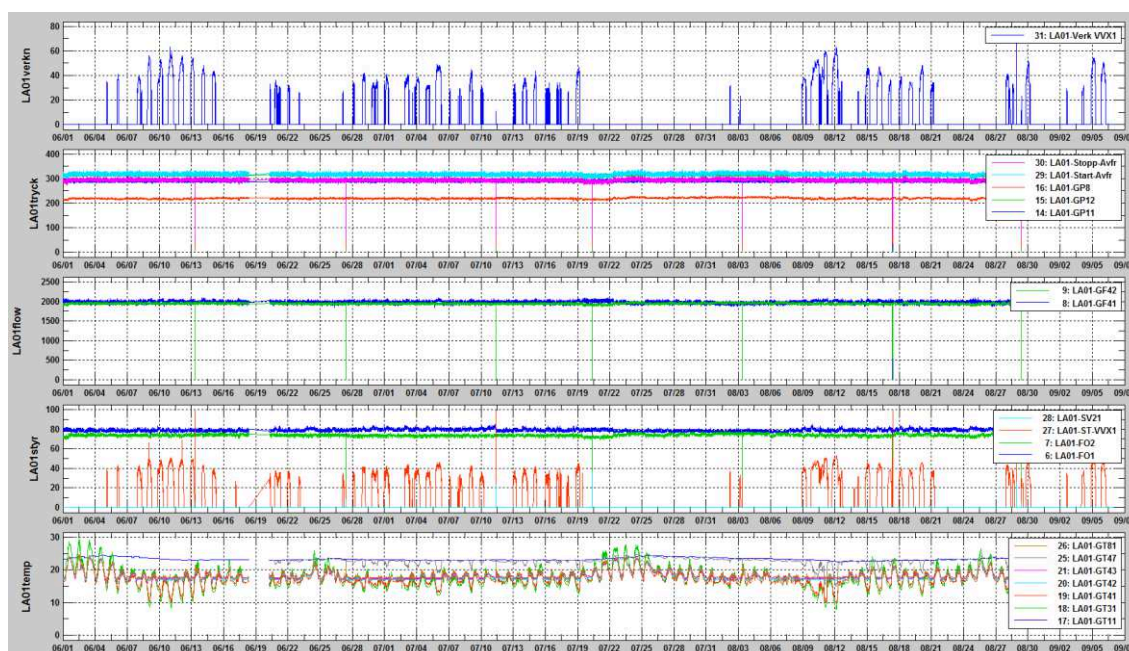
Mätningarna gett ett stort bidrag till kunskapen om hur HSB-FTX fungerar och hur systemen reagerar på olika inställningar. Dock har strul med mätningarna som kostat mer tid, för analyserna.

Analys mätdata

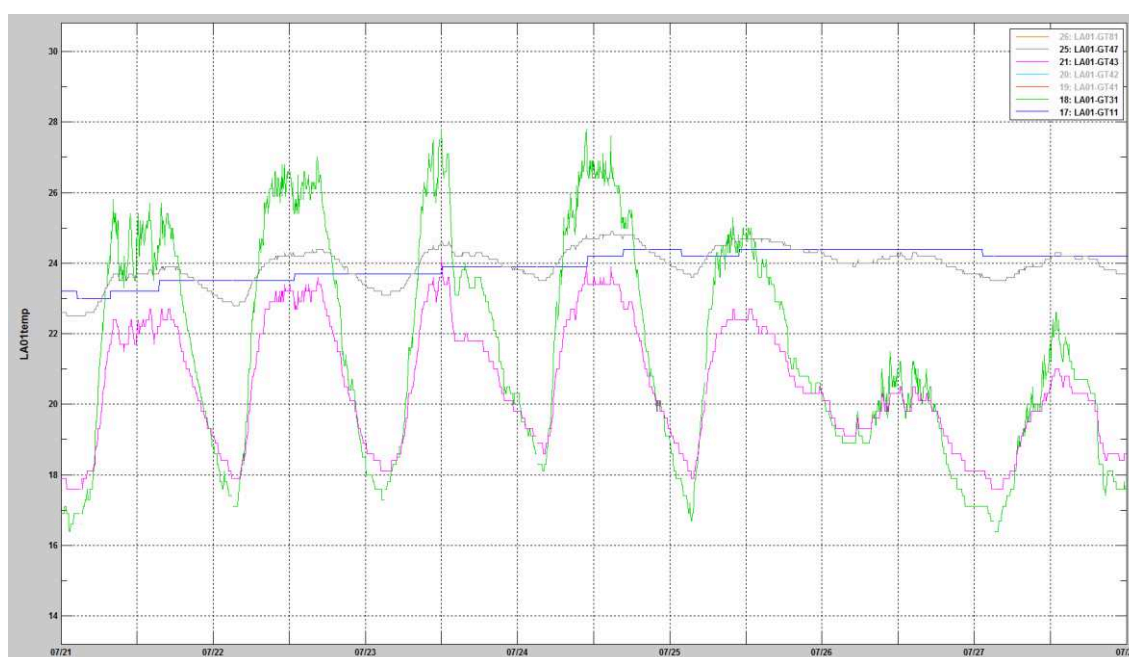
BELOK Driftanalys har använts för analysera ventilationsaggregatens funktion, vilket redovisas i Bilaga C. Främst används databrowsern för att visualisera och zooma in på intressanta dagar/vecka.

I databrowsern sorteras mätdata/signalerna med fördel enligt:

- Temperaturer
- Styr signaler
- Luftflöden
- Tryck
- Verkningsgrad eller annan relevant signal



Figur 25 Flatön LA01 sommaren 2016, där en varm period är 21 -25 juli



Figur 26 Flatön LA01 21 -27 juli 2016, där det är som varmest ute med ca 27 °C och tilluftstemperaturen blir ca 23 °C och frånluftstemperatur 24 °C.

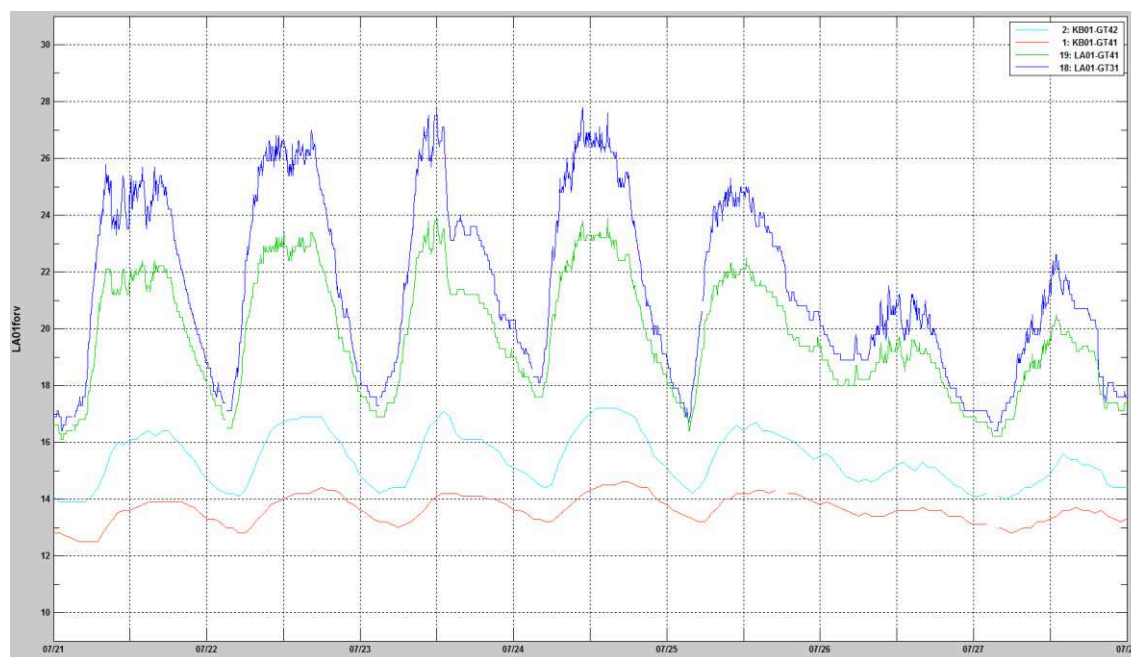
I Figur 26 är hälften av signalerna nedsläckta för att de viktigaste signalerna skall synas bättre. Driftbilden för Flatön LA01 är i Figur 18, där man kan se var respektive givare är placerad. Signalerna i Figur 26 är GT31 – Uteluft; GT43 – Tilluft; GT11 – Frånluft; GT47 – Avluft.

Den ”torra” kyleffekt som tillförs tilluften är: $1,95 \cdot 1,2 \cdot 1,01 \cdot (26,8 - 23,2) = 8,5 \text{ kW}$.

I Bilaga D är beräkningar utifrån de fyra temp/fukt-givarna för respektive ventilationsaggregat redovisade. Skillnaden i absolut fuktinnehåll för Flatön LA01 är ca 0,7 g fukt / kg torrluft och med luftflödet 1,95 kbm/sek och desiteten 1,2 kg/kbm ger detta 4,3 kW. Så totalt kyleffekt är 12,8 kW till LA01 tilluft.

Från Bilaga D är två diagram redovisade i Figur 28 och Figur 29. I Figur 28 är Flatön LA01 absoluta fuktinnehåll redovisat och i Figur 29 är skillnaden för tilluften respektive frånluften när den passerar ventilationsaggregatet samt uppfuktningen i lägenheterna.

Kylmängdsmätaren som visar levererad kylenergi från borrhålen visar en kylenergiförändring på 0,03 MWh/timme (upplösning 0,01 MWh). Denna kylenergi fördelas på båda ventilationsaggregaten, så ungefär hälften, 15 kW, går till LA01 förkylning. Onoggrannhet i avläsning på värmemängdsmätaren för en enskild timme blir ca 30 % pga. dålig upplösning.

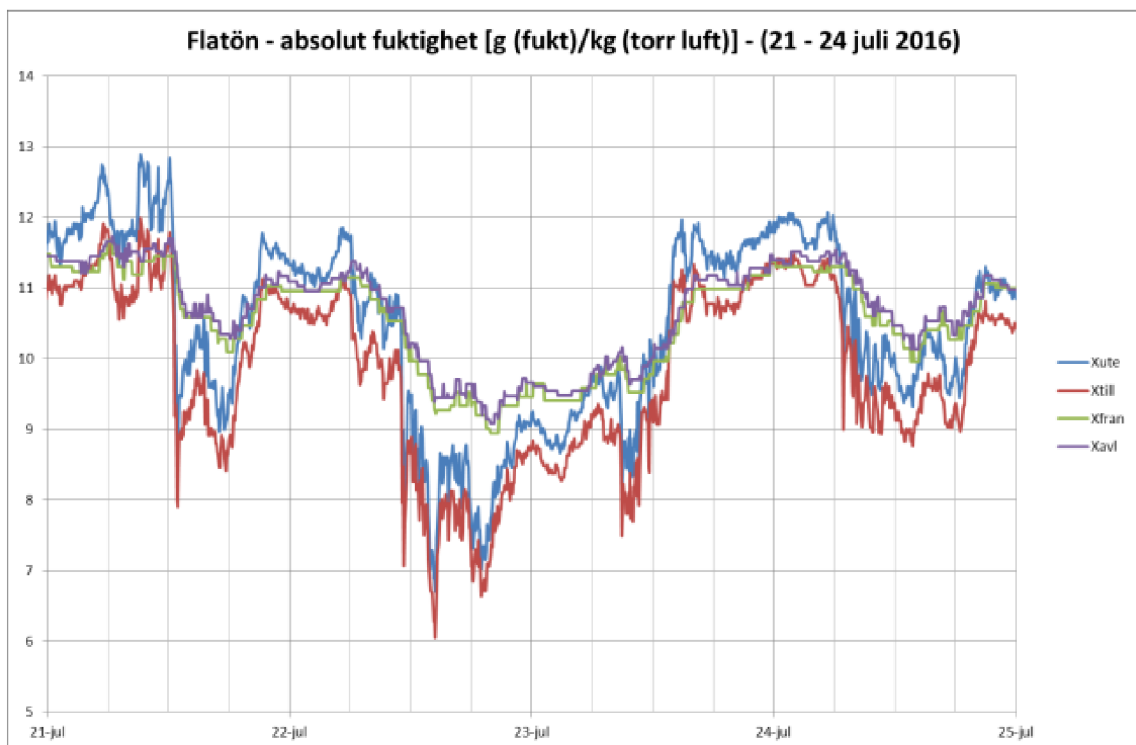


Figur 27 Flatön LA01 temperaturerna runt förvärmningsbatteriet, 21-27 juli.

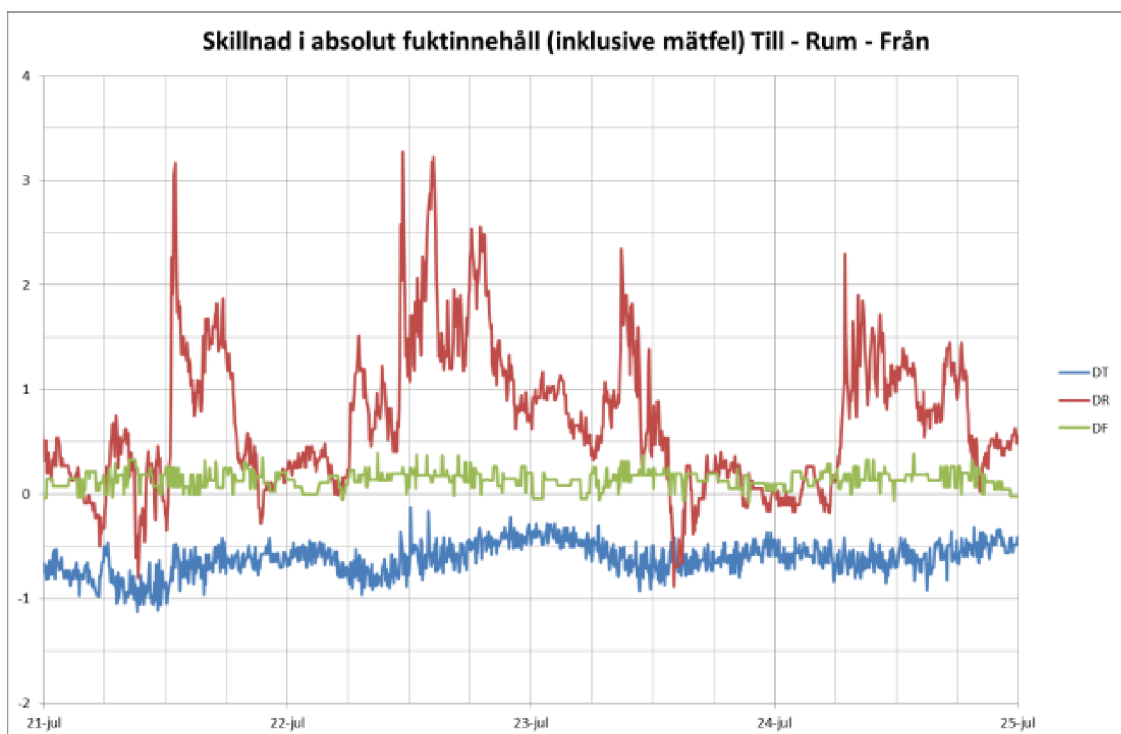
Det man kan se i Figur 27 är att KB01 (borrhålen) var lite varmt (24/7 kl.15) 14,6 °C/ 17,2°C.

Huvuddelen av mätdatadiagrammen finns i Bilaga C som analyserats i BELOK Drifanalys och intressanta diagram kommer att lyftas fram och redovisas i kommande delkapitel för respektive flerbostadshus. Samt i Bilaga D läggs analyserna av fuktig luft i ventilationsaggregaten.

Analyserna omfattar sommar och vinterperiod och under vinterperioden kommer även avfrostningen att analyseras. Avfrostningsindikeringen kan missas om man har för lång samplingsintervall, men avfrostningen styrs av tryckfallet över värmeväxlaren på frånluftsidan, så GP8 respektive GP71 kan analyseras, för att se om avfrostningen går in.



Figur 28 Absolut fukttinnehåll i ventilationsaggregat Flatön LA01 luftflöden



Figur 29 Skillnad i fukttinnehåll i ventilationsaggregat Flatön LA01 luftflöden

Analys Flatön

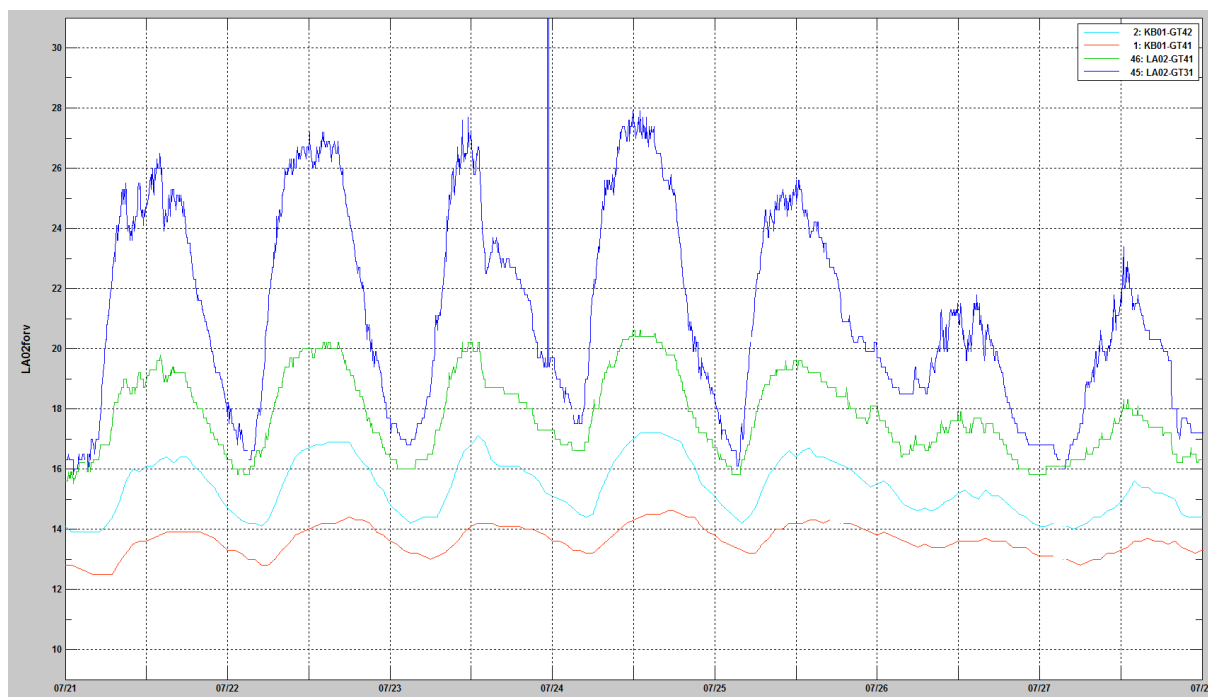
Sommardygn

Ventilationsaggregat LA02 har luftflöden på ca 2 kbm/sek.

Den ”torra” kyleffekt som tillförs tilluften är: $2 \cdot 1,2 \cdot 1,01 \cdot (27,4 - 20,4) = 16,8 \text{ kW}$.

I Bilaga D är beräkningar utifrån de fyra temp/fukt-givarna för respektive ventilationsaggregat redovisade. Skillnaden i absolut fukttinnehåll för Flatön LA02 är ca 0 g fukt / kg torrluft och med luftflödet 2 kbm/sek och desiteten 1,2 kg/kbm ger detta 0 kW. Så totalt är kyleffekt 16,8 kW som tas från LA02 tilluft.

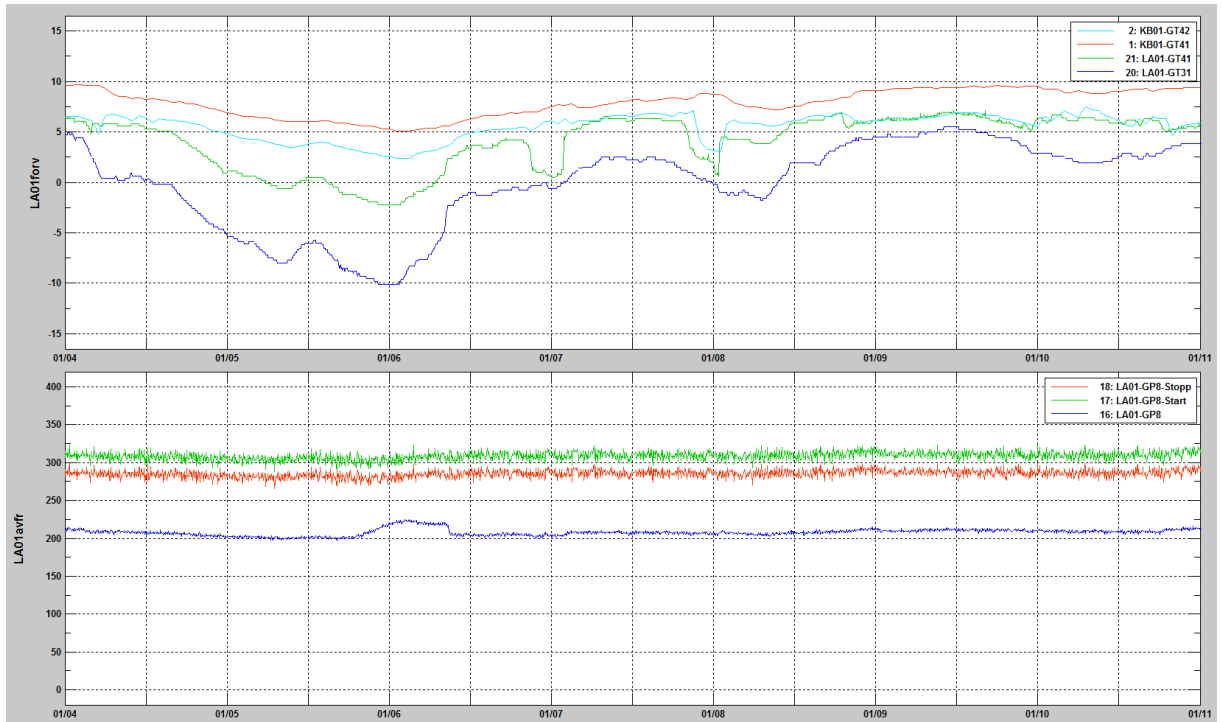
Detta ger kyleffekten till LA01 och LA02 på ca 30 kW, vilket stämmer överens med KB01 kylmängdsmätaren för Flatön.



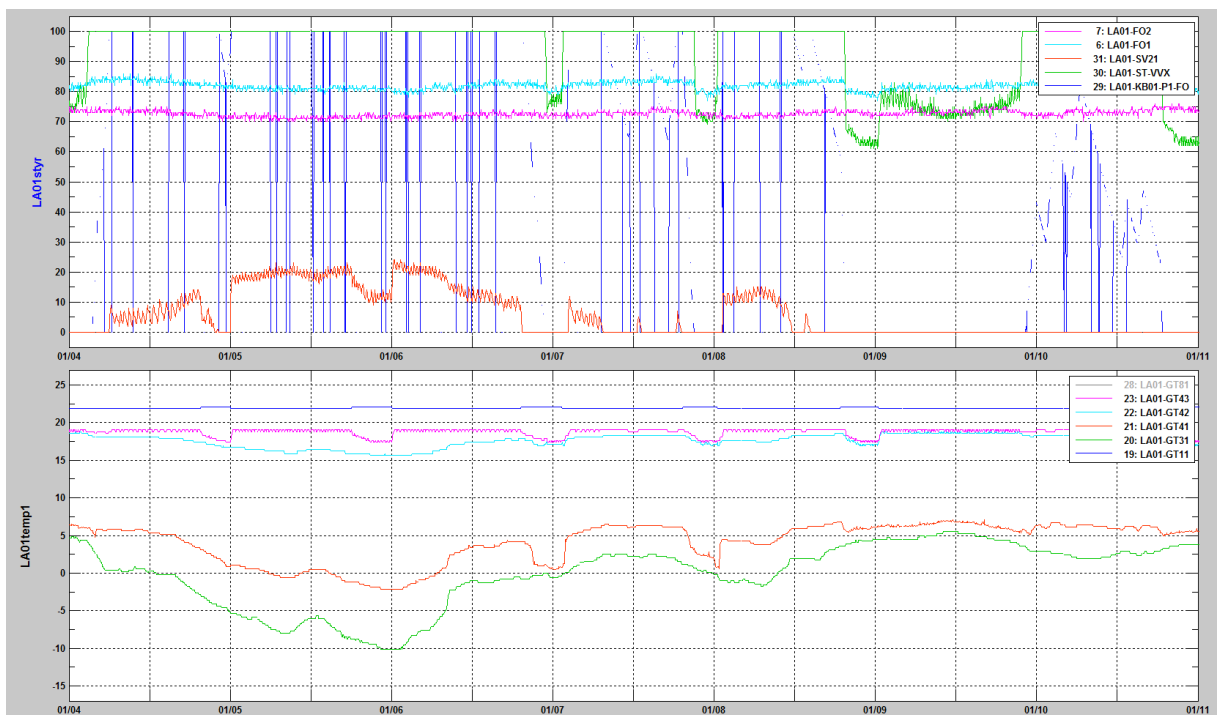
Figur 30 Flatön LA01 temperaturerna runt förvärmningsbatteriet, 21-27 juli.

Vinterdygn

LA01 har fått ett lite högre tryckfall över vvx (GP8) natten 5 – 6 januari och vi kan se att KB-vätskan sjunker ca 5 °C när det är som kallast ute (-10 °C). När det är -10 °C ute går förvärmningen in och värmer luften till -2,5 °C och framledningen från borrhålet sjunker från 10 °C vid Tute 5 °C till 5 °C vid Tute -10 °C.

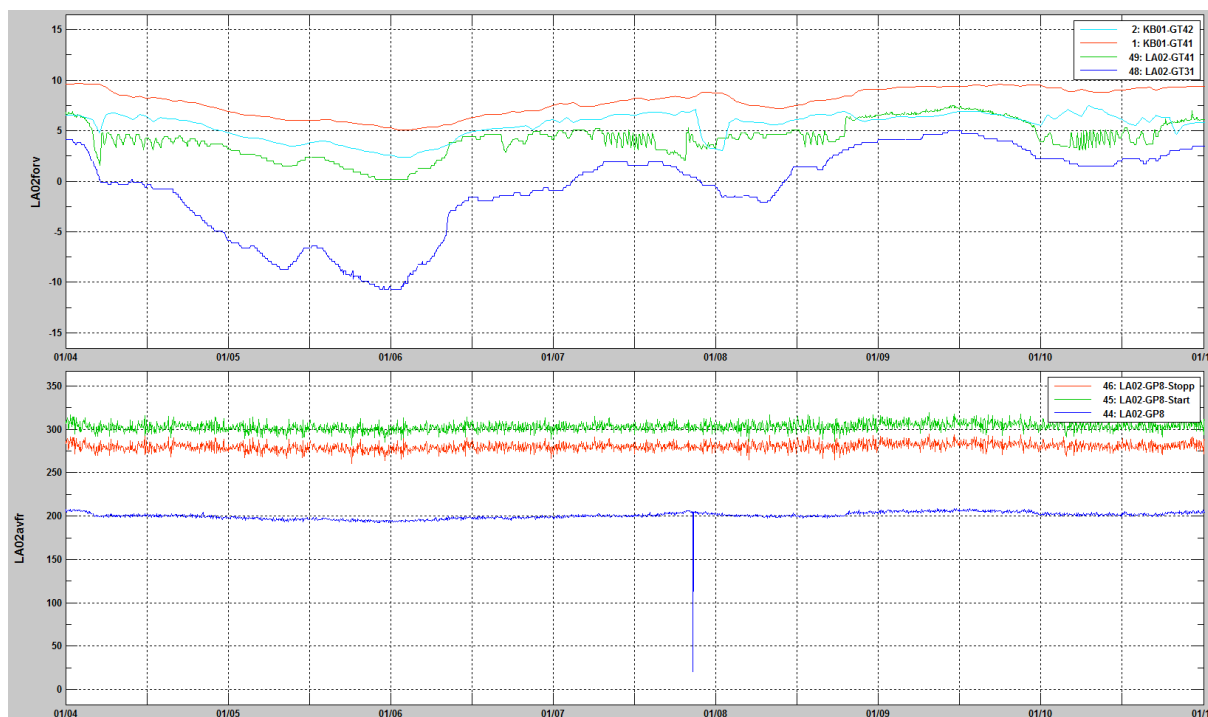


Figur 31 Temperaturerna kring LA01 förvärmningsbatteri och tryckfallet över vvx på frånluftssidan (avfrosthningsindikering)



Figur 32 Här ser vi att värmeventilen stänger och förvärmningen slår ifrån när börvärdet ändras för tilluften.

I Figur 32 ses att dipparna på temperaturen efter förvärmningsbatteriet kommer från Kaskadregleringen av tilluftstemperaturen. Frånluftstemperaturen stiger något på kvällen, vilket troligast beror på ökade internlaster från hyresgästerna och då sänks börvärdet på tilluftstemperaturen.



Figur 33 Det finns ingen indikering på LA02 att GP8 skulle öka när det var som kallast ute, som för LA01. Förvärmningen är något större för LA01 än LA02 och temperaturen efter LA01 förvärmning blev 0 °C (LA02 -2,5 °C). Dessutom kan man se att temperaturen efter förvärmningsbatteriet tandar vilket indikerar att förvärmningen reglerar. Reglering på tilluftstemperaturen med hjälp av förvärmningsbatteriet som sitter före värmväxlare blir taggig därför att vvx blir en tröghet för regleringen.

För respektive LA01 och LA02 ger förvärmningsbatteriet $2 \cdot 1,2 \cdot 1,01 \cdot 7,5 = 18$ kW.

Antag Tute -11 °C, Ttill 19 °C, Tfrån 22 °C, Verkn.gr 82 %/ 41 % samt vid Tefv -1 °C. Max effektbehov om förvärmning blir för de tre fallen med tilluftsflöde på 2 kbm/sek

	Temperatur efter värmeåtervinning	Eftervärmningsbehov till 19 °C
Förvärmning till -1 °C, 82 %	17,9 °C	2,7 kW
Ingen förvärmning 82 %	16,1 °C	7,1 kW
Under avfrostning 41 %	2,5 °C	40 kW

Eftervärmningsbehovet med geotermisk förvärmning är ca 3 kW och utan förvärmning kommer eftervärmningen att variera mellan 7 kW och 40 kW beroende på om ventilationsaggregatet är i avfrostningsläge eller inte. Så beroende på brukarbete kommer eftervärmebehovet att hamna någonstans mellan 7 och 40 kW per ventilationsaggregat. Förvärmning reducerar eftervärmeeffektbehovet med upp till $(40-3)/2 = 19$ kW/kbm/sek luftflöde.

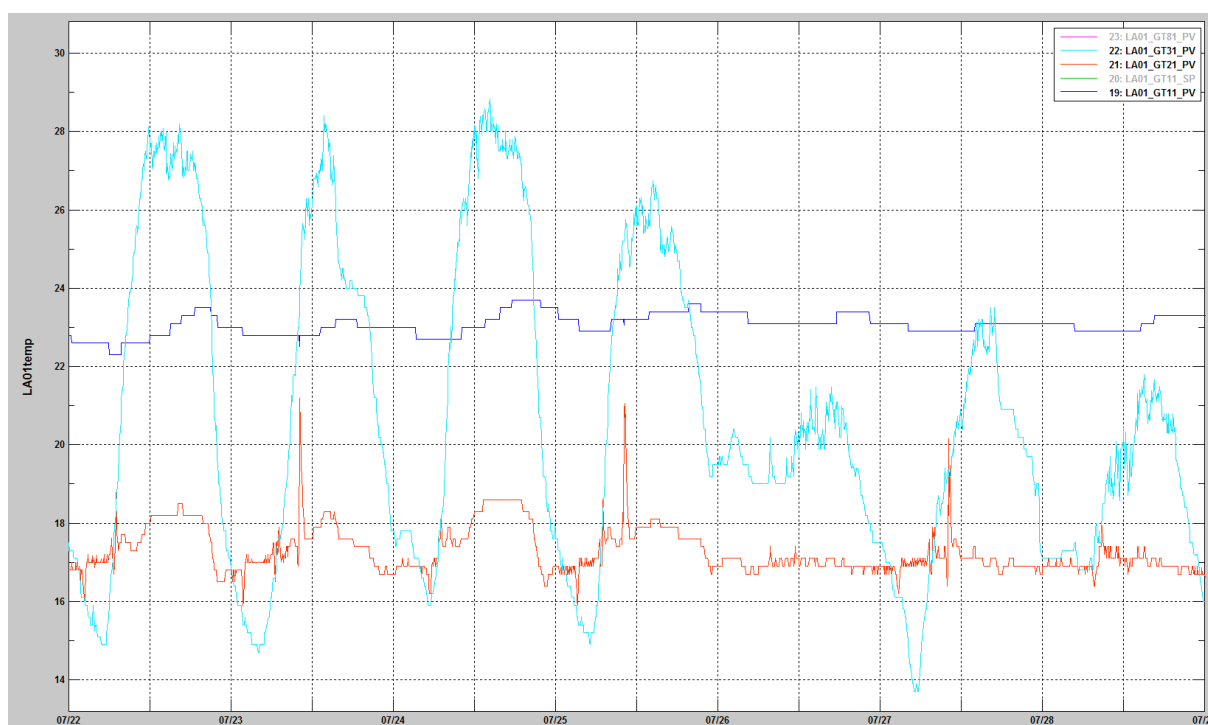
Analys Studio 1

Sommardygnet

Uppkoppling till HSB överordnat system fungerade inte under sommaren, så mätdata för sommarperioden exporterades från det lokala styrsystemet till uppföljningsprojektet. Dessutom saknas några givare som finns på de andra aggregaten. Exempelvis temperaturgivaren efter förvärmningsbatteriet. GT41 i Figur 19, 20, 22, 23 resp. GT11 i Figur 23, 24

Luftflöden LA01 1,25 kbm/sek och LA02 1,9 kbm/sek

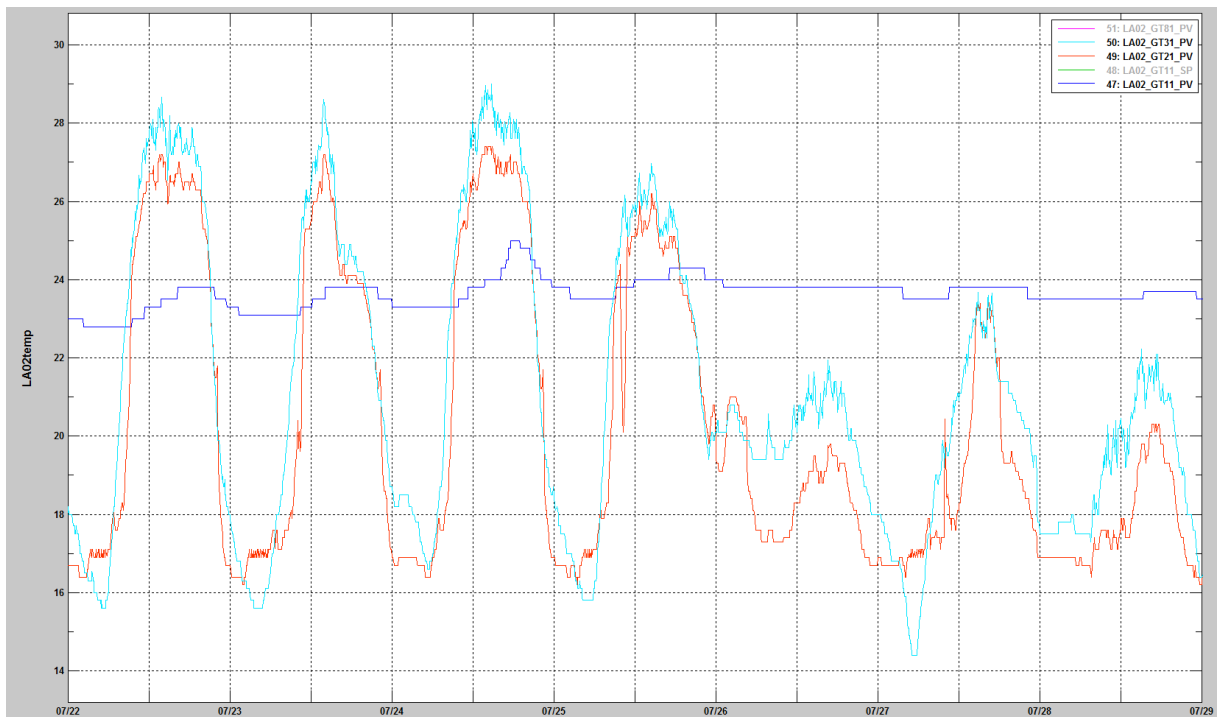
Den ”torra” kyleffekt som tillförs LA01 tilluft är: $1,25 * 1,2 * 1,01 * (28,3 - 18,6) = 14,7 \text{ kW}$. I Bilaga D är beräkningar utifrån de fyra temp/fukt-givarna för respektive ventilationsaggregat redovisade. Skillnaden i absolut fukttinnehåll för Studio 1 LA01 är ca 0,3 g fukt / kg torrluft och med luftflödet 1,25 kbm/sek och desiteten 1,2 kg/kbm ger detta 1,3 kW. Så totalt är kyleffekt 16 kW som tas från LA01 tilluft.



Figur 34 Studio 1 LA01 temperaturerna i ventilationsaggregatet, 21-27 juli.

Från Figur 35 kan den ”torra” kyleffekt som tillförs LA02 tilluft beräknas:
 $1,25 * 1,2 * 1,01 * (28,3 - 27,4) = 1,4 \text{ kW}$.

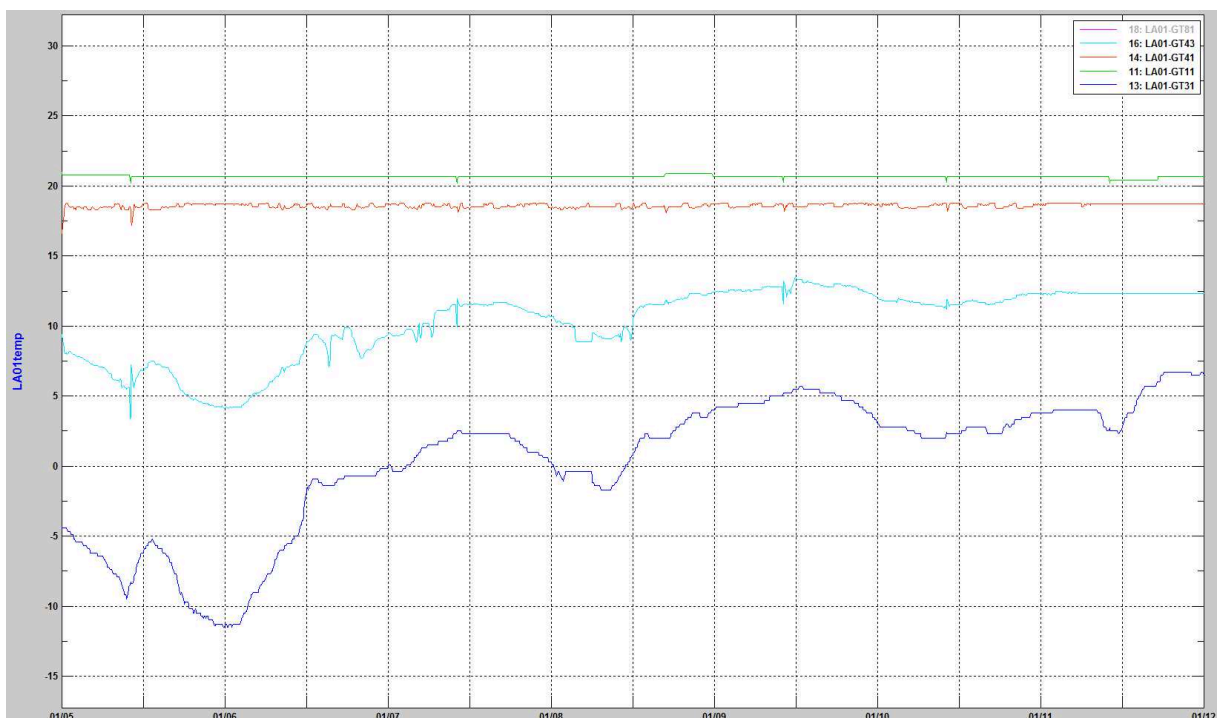
Av någon anledning är den endast 10 % av vad den borde vara. Flödesproblem?
 Detta problem ses även i mätdata i Bilaga C och Bilaga D.



Figur 35 Studio 1 LA02 temperaturerna i ventilationsaggregatet, 21-27 juli.
Den höga tilluftstemperaturen när det är varmt ute indikerar dålig förkylning.

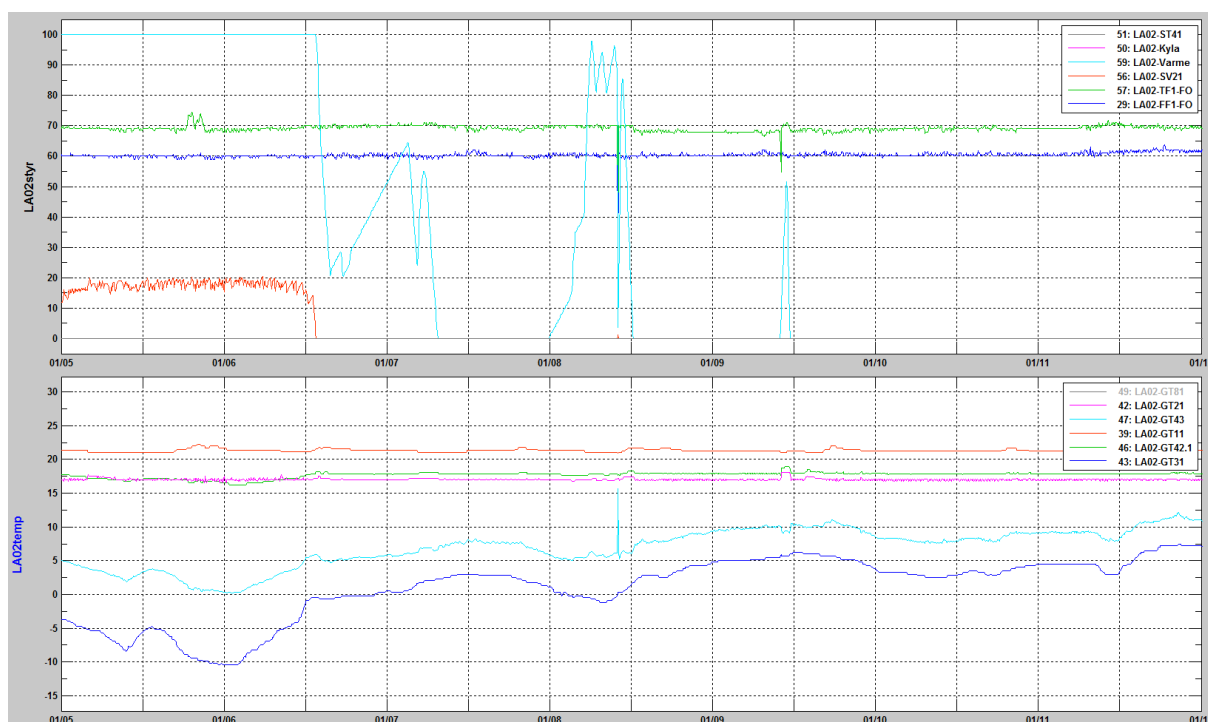
Vinterdygn

Temperaturmätningen efter förvärmningsbatteriet saknas på LA01, men det kan ses på avluftstemperaturerna och luftflödena att förvärmningen fungerar.



Figur 36 Studio 1 LA01 temperaturerna i ventilationsaggregatet, 5-11 januari 2017

Temperaturmätningen efter förvärmningsbatteriet saknas på LA02, men det kan ses på avluftstemperaturerna och luftflödena att förvärmningen fungerar.



Figur 37 Studio 1 LA02 temperaturerna och styrsignaler, 5-11 januari 2017

Förvärmningseffekten

Antag Tute -11 °C, Till 19 °C, Tfrån 22 °C, Verkn.gr 82 %/ 41 % samt vid Tefv -1 °C.

Max effektbehov om förvärmning blir för de tre fallen med tilluftsflöde på 1,3 / 1,8 kbm/sek

Temperaturerna efter förvärmningsbatteriet beräknas vara ungefär 0 °C / -4 °C utgående från andra mätningar i ventilationsaggregaten.

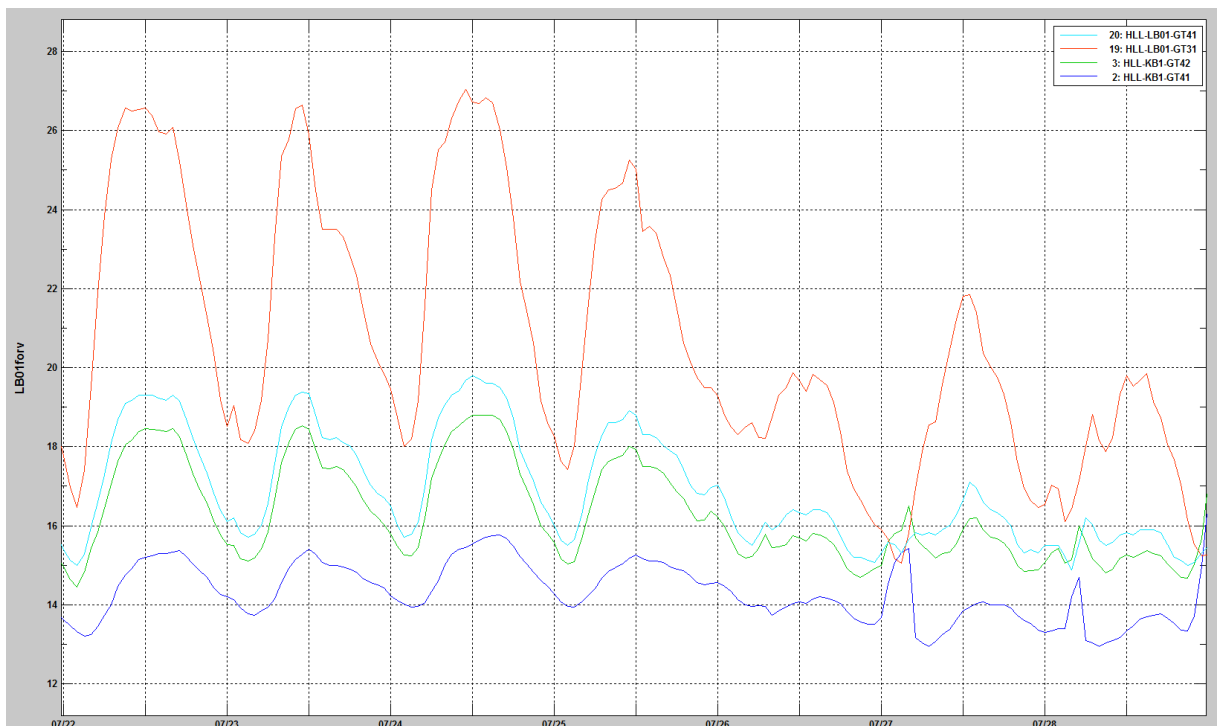
	Temperatur efter värmeåtervinning		Eftervärmsbehov till 19 °C	
	LA01	LA02	LA01	LA02
Förvärmning till 0 °C / -4 °C, 82 %	18	17,3	1,5	3,6
Ingen förvärmning 82 %	16,1	16,1	4,6	6,4
Under avfrostning 41 %	2,5	2,5	26	36

Eftervärmsbehovet med geotermisk förvärmning för båda ventilationsaggregaten, 3,1 kbm/sek, är ca 5 kW och utan förvärmning kommer eftervärmsbehovet att variera mellan 11 kW och 62 kW beroende på om ventilationsaggregatet är i avfrostningsläge eller inte. Så beroende på brukarbeteende kommer eftervärmsbehovet att hamna någonstans mellan 11 och 62 kW per ventilationsaggregat.

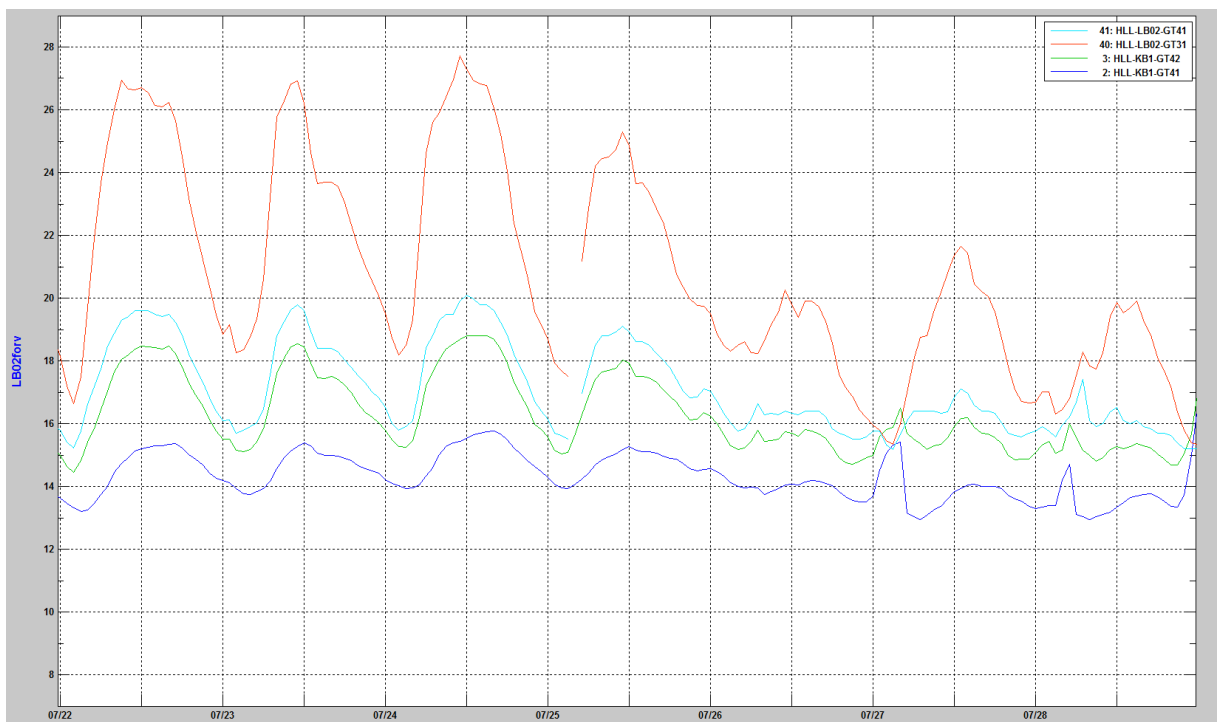
Förvärmning reducerar eftervärmsbehovet med upp till $(62-5)/3 = 19$ kW/kbm/sek luftflöde.

Analys HSB Living Lab

Sommardrygn



Figur 38 HSB Living Lab LB01 temperaturerna runt förvärmningsbatteriet, 21-27 juli.



Figur 39 HSB Living Lab LB02 temperaturerna runt förvärmningsbatteriet, 21-27 juli.

Ventilationsaggregat LB01 har luftflöden på ca 0,78 kbm/sek

Den ”torra” kyleffekt som tillförs tilluften är: $0,78 * 1,2 * 1,01 * (26,8 - 19,6) = 6,8 \text{ kW}$.

I Bilaga D är beräkningar utifrån de fyra temp/fukt-givarna för respektive ventilationsaggregat redovisade. Skillnaden i absolut fuktinnehåll för HSB Living Lab LB01 är ca 0,3 g fukt / kg torrluft och med luftflödet 0,78 kbm/sek och densiteten 1,2 kg/kbm ger detta 0,8 kW. Så totalt är kyleffekt 7,6 kW som tas från LB01 tilluft.

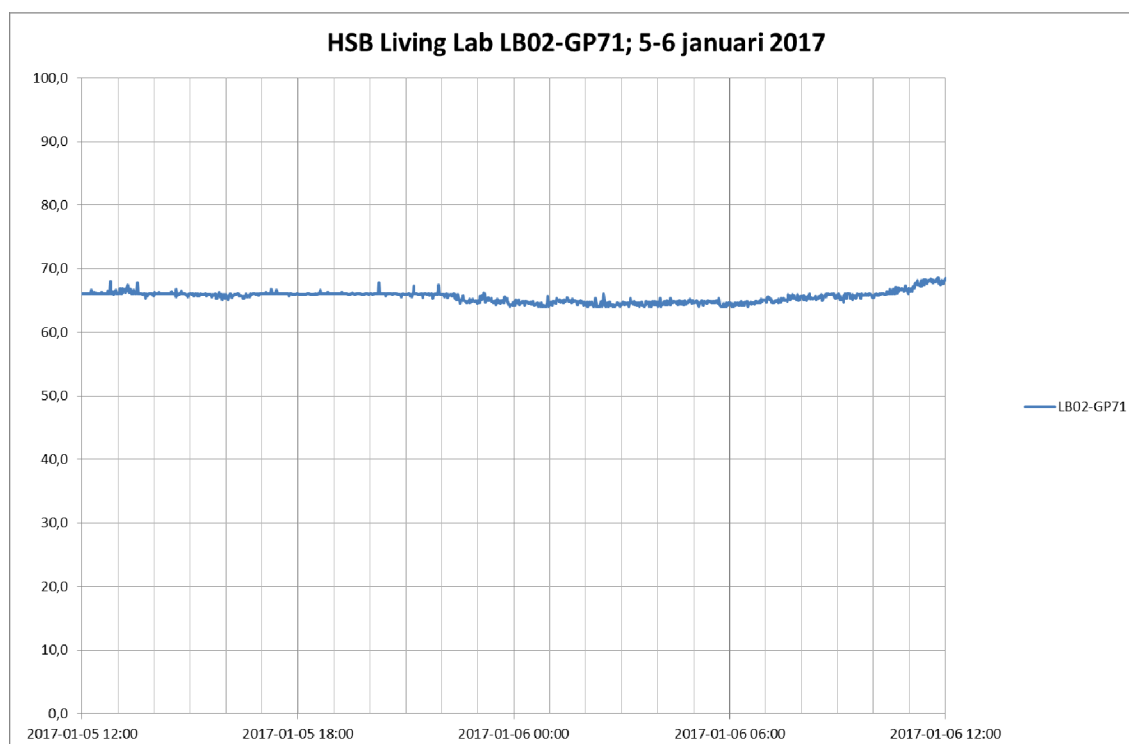
Ventilationsaggregat LB02 har luftflöden på ca 0,74 kbm/sek

Den ”torra” kyleffekt som tillförs tilluften är: $0,74 * 1,2 * 1,01 * (26,9 - 19,8) = 6,4 \text{ kW}$.

I Bilaga D är beräkningar utifrån de fyra temp/fukt-givarna för respektive ventilationsaggregat redovisade. Skillnaden i absolut fuktinnehåll för HSB Living Lab LB02 är ca 0,3 g fukt / kg torrluft och med luftflödet 0,74 kbm/sek och densiteten 1,2 kg/kbm ger detta 0,7 kW. Så totalt är kyleffekt 7,1 kW som tas från LB02 tilluft.

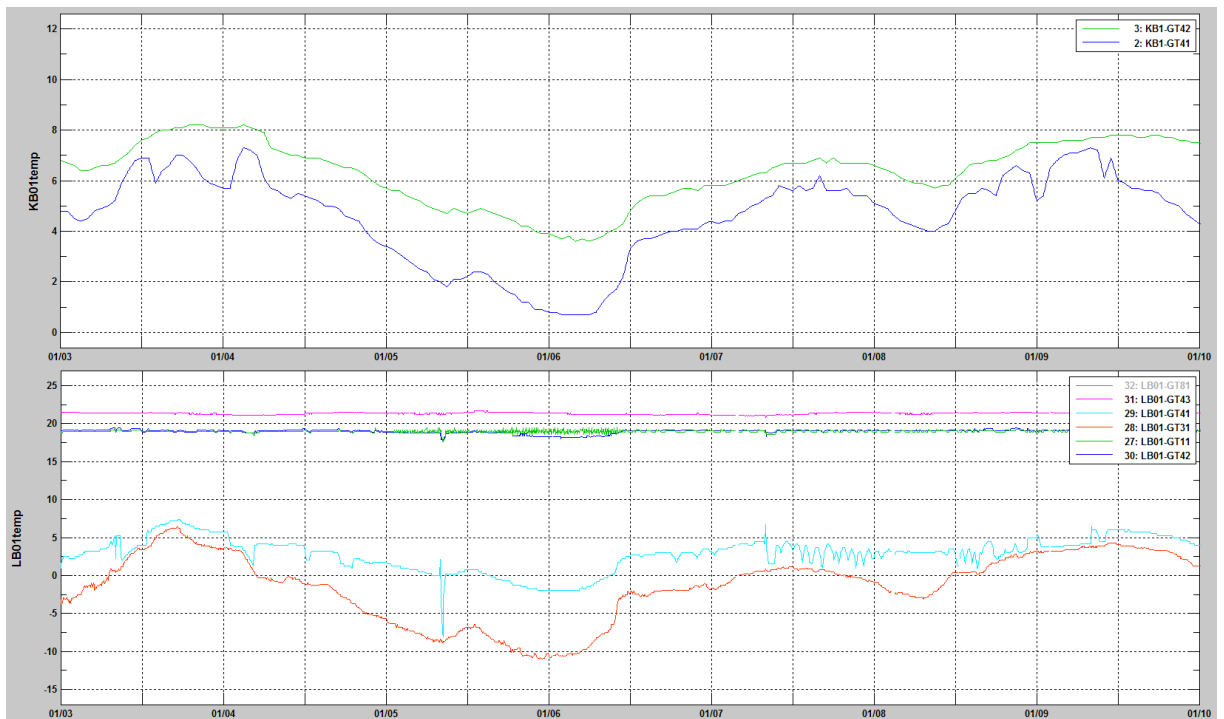
Det finns inga energi- eller effektmätvärden från kylmängdsmätaren från sommaren att jämföra med. Endast KB01 fram- och returledningstemperaturer.

Vinterdygn

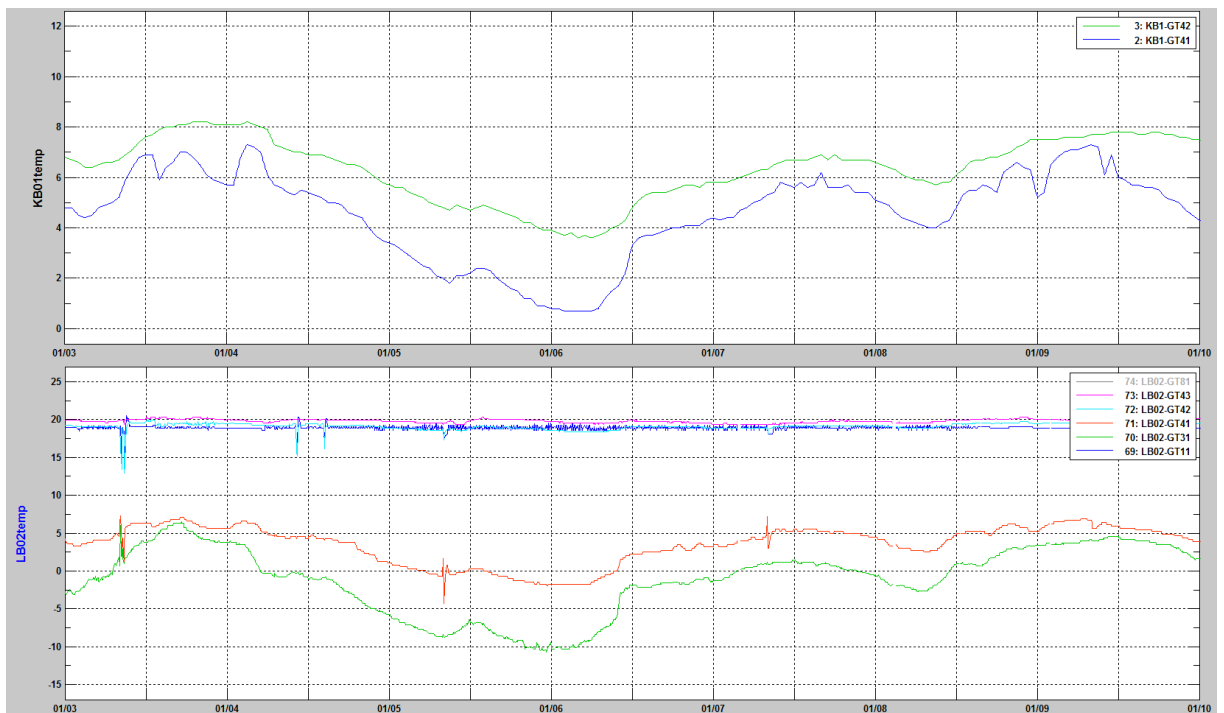


Figur 40 Tryckfallet över värmeväxlaren den kallaste natten under vintern 2016/17

GP71 finns endast tillgänglig på ena ventilationsaggregatet LB02-GP71.



Figur 41 Temperaturerna för ventilationsaggregat LB01 samt KB01-temperaturerna 3-9 januari 2017.



Figur 42 Temperaturerna för ventilationsaggregat LB02 samt KB01-temperaturerna 3-9 januari 2017.

Fövärmningseffekten

LB01 Tute -11 °C, Ttill 19 °C, Tfrån 21,6 °C, Tefv -2 °C, Luftflöde 0,73 kbm/sek.

LB02 Tute -10,3 °C, Ttill 19 °C, Tfrån 20 °C, Tefv -2 °C, Luftflöde 0,55 kbm/sek.

	Temperatur efter värmeåtervinning		Eftervärmningsbehov till 19 °C	
	LB01	LB02	LB01	LB02
Fövärmning till -2 °C, 82 %	17,7	16	1,2	2,0
Ingen fövärmning 82 %	16,1	14,5	2,6	2,9
Under avfrostning 41 %	2,5	2,1	14	11

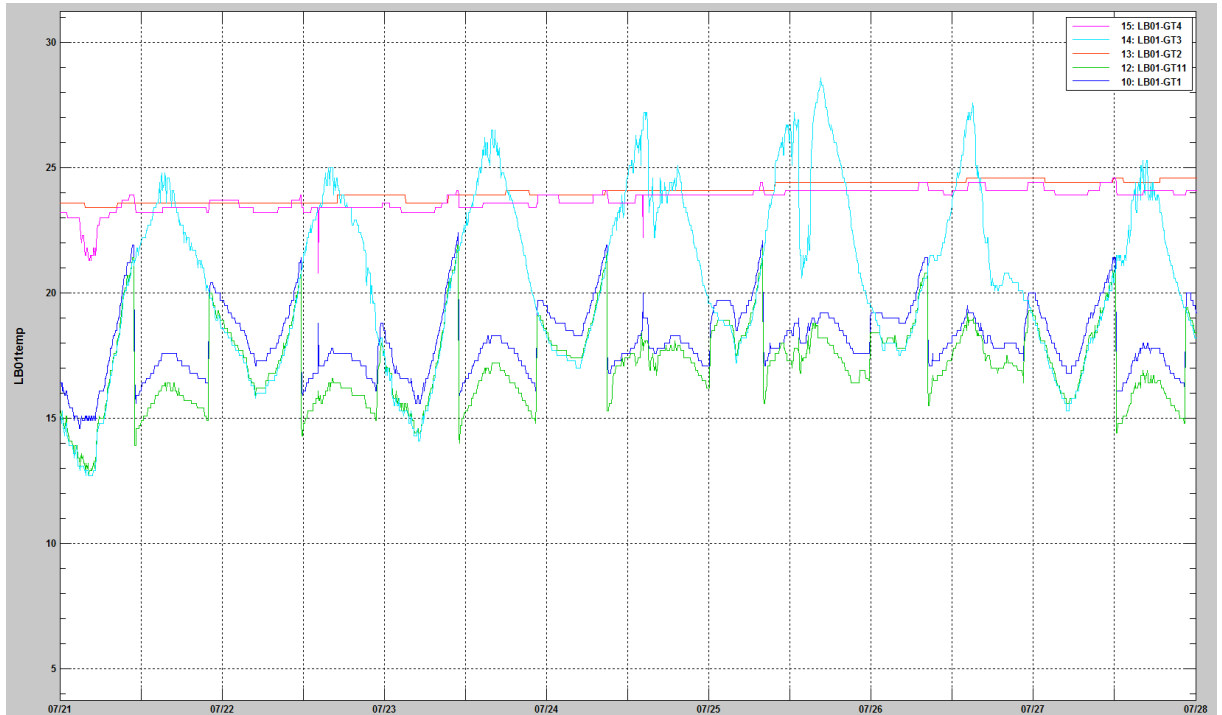
Eftervärmningsbehovet med geotermisk fövärmning för båda ventilationsaggregaten, 1,3 kbm/sek, är ca 3,2 kW och utan fövärmning kommer eftervärmningen att variera mellan 5,5 kW och 25 kW beroende på om ventilationsaggregatet är i avfrostningsläge eller inte. Så beroende på brukarbeteende kommer eftervärmebehovet att hamna någonstans mellan 5,5 och 25 kW.

Fövärmning reducerar eftervärmeeffektbehovet med upp till $(25-3)/1,3 = 17$ kW/kbm/sek luftflöde.

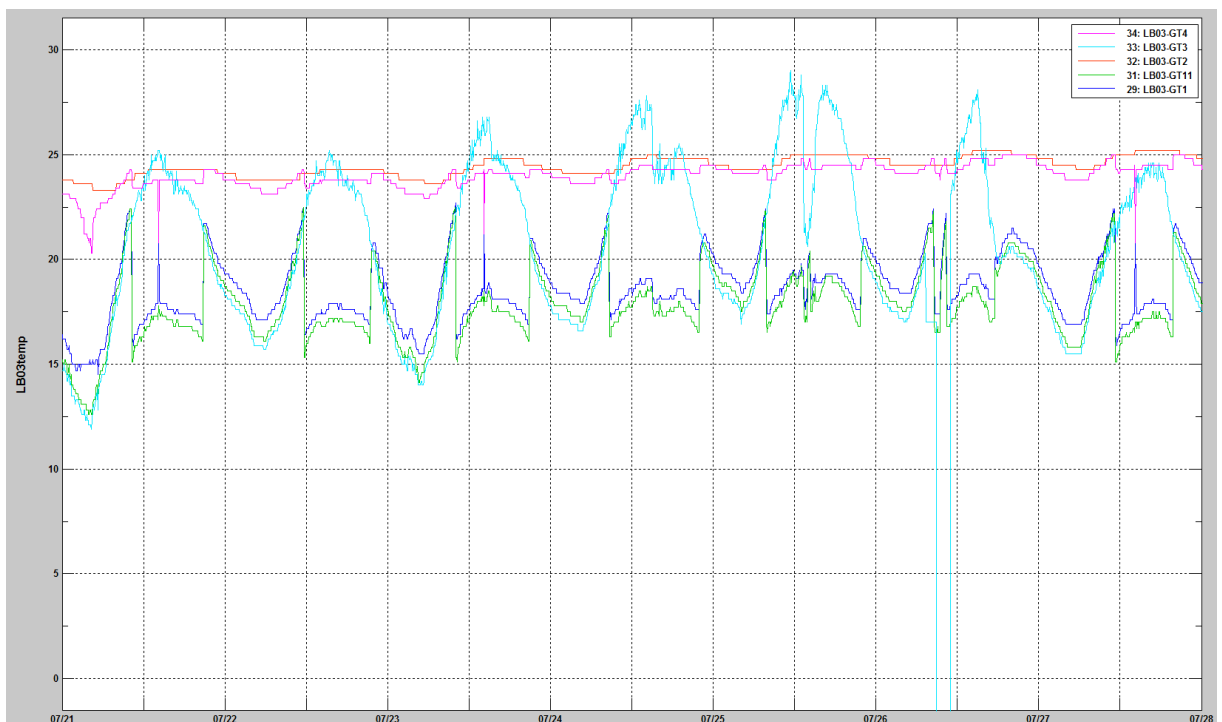
Analys Finnboda Hamnplan

Sommardygn

Det är en annan styrstrategi till förvärmningen och förkylning. När utetemperaturen överstiger + 20 °C startar förkylningen och tilluftstemperaturen sjunker ca 5 °C.

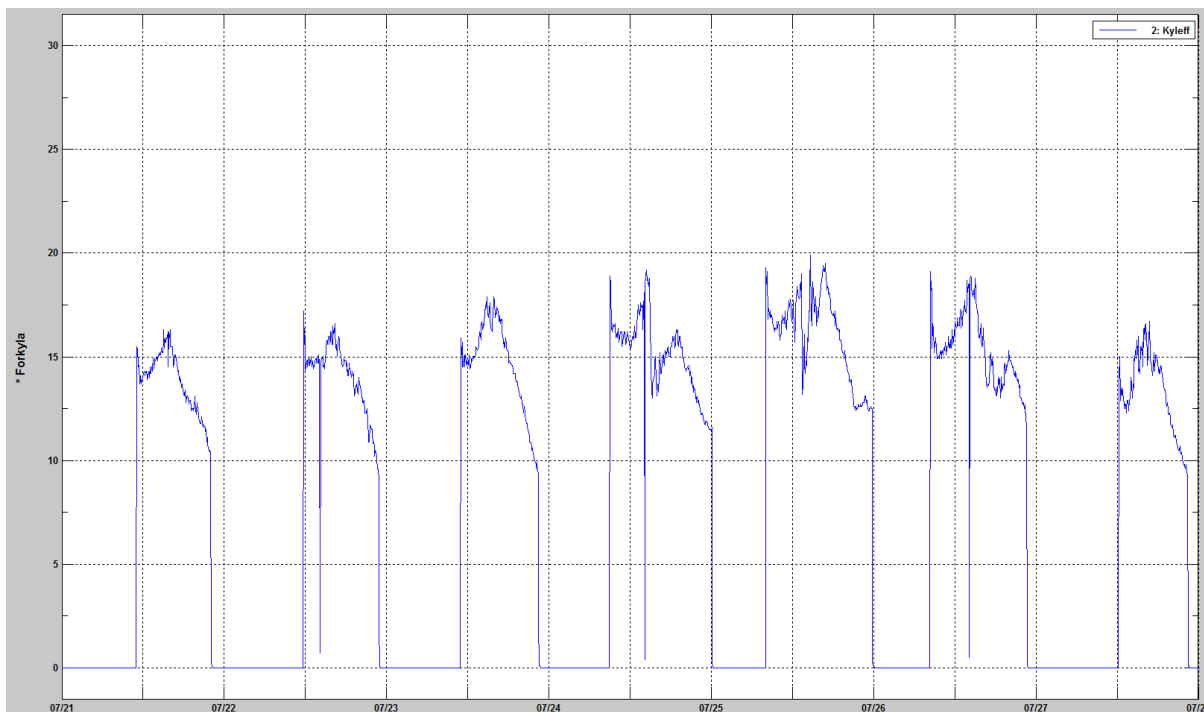


Figur 43 Finnboda Hamnplan LB01 temperaturer, 21-27 juli.

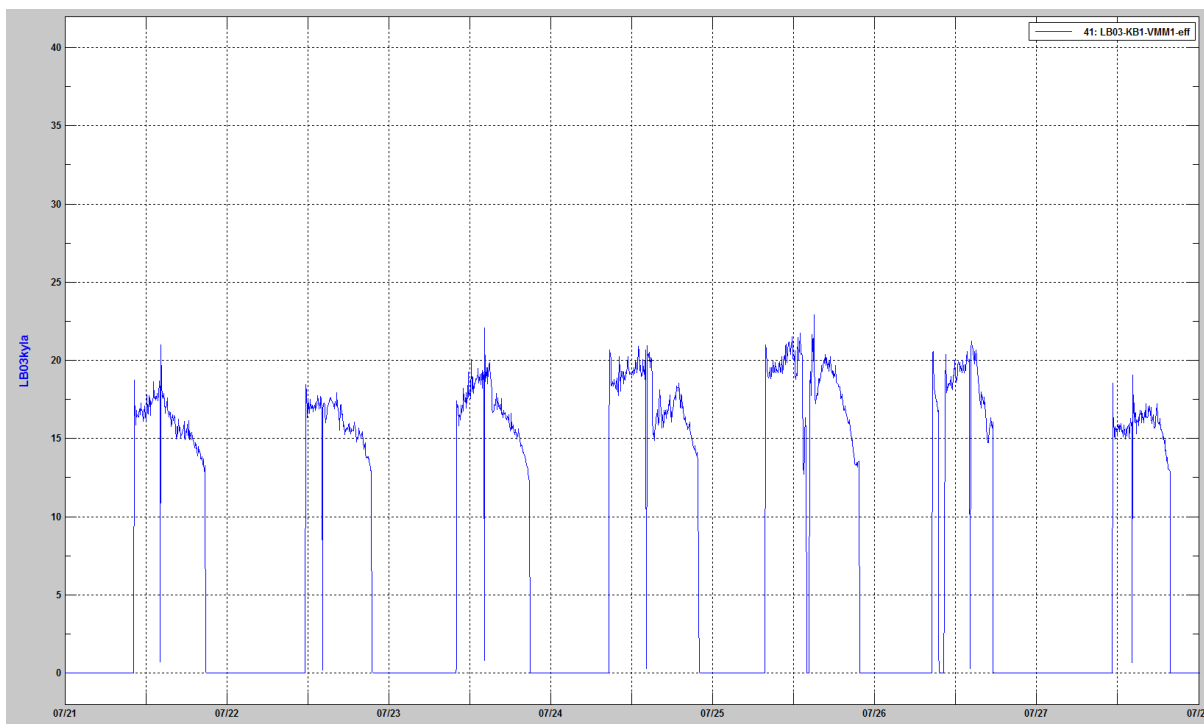


Figur 44 Finnboda Hamnplan LB03 temperaturer, 21-27 juli.

LB01 har luftflödet 1,7 kbm/sek och LB03 har 1,9 kbm/sek, så en största kyleffekt på 19 respektive 22 kW stämmer överens med luftflödena. Det motsvarar en tilluftstemperatursänkning på ca 9 °C.



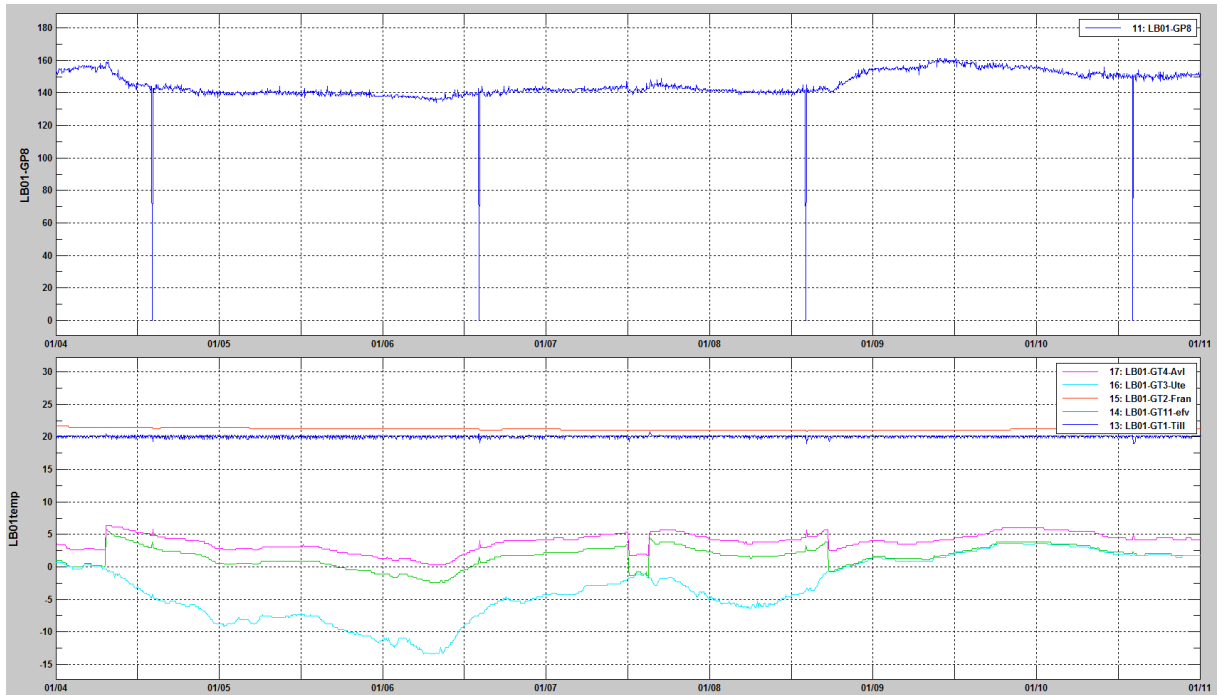
Figur 45 Finnboda Hamnplan LB01 förkyleffekt med geoenergi, 21-27 juli 2016.



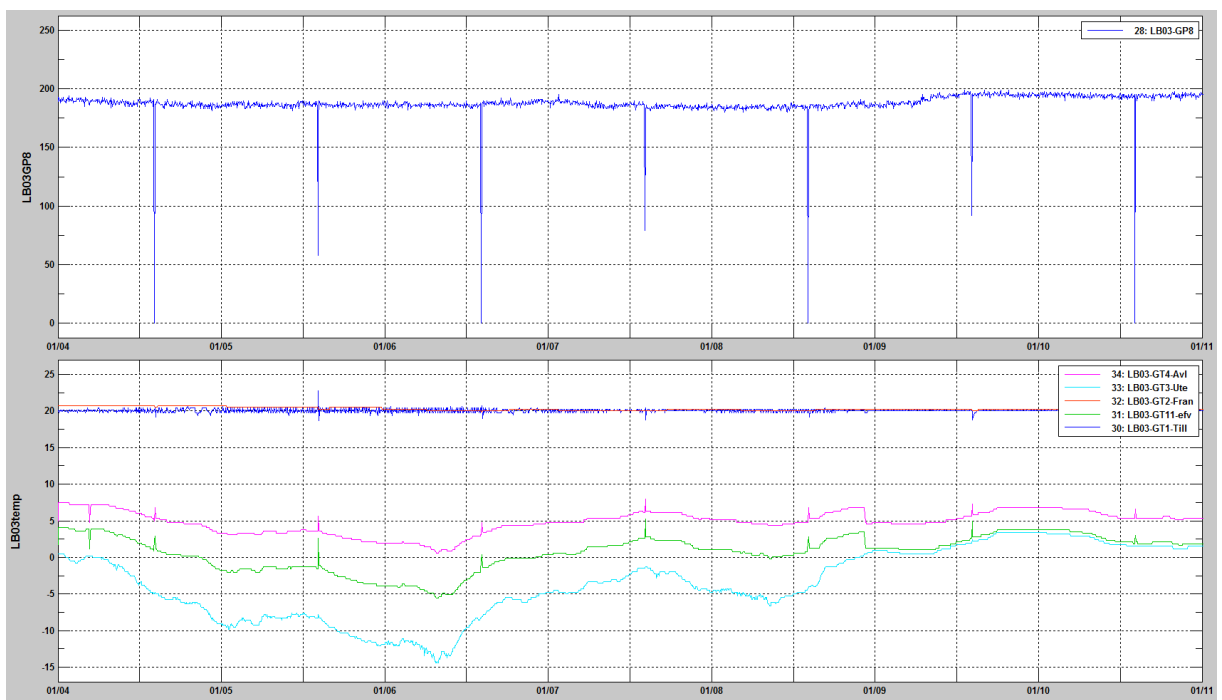
Figur 46 Finnboda Hamnplan LB03 förkyleffekt med geoenergi, 21-27 juli 2016.

Vinterdygn

Det är en annan styrstrategi till förvärmningen och förkylning. När uttemperaturen understiger +1 °C startar förvärmningen och temperaturen efter förvärmningen stiger med ca 5 °C.

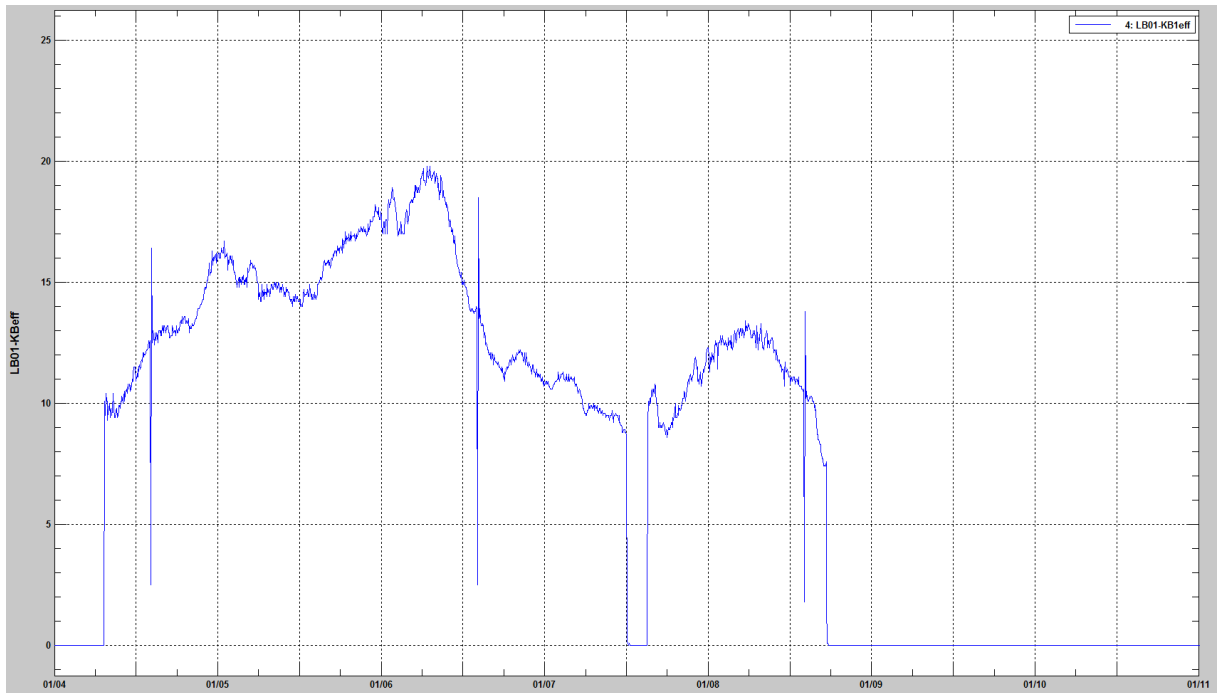


Figur 47 Finnboda Hamnplan, Tryckfall över vvx samt temperaturerna i LB01.



Figur 48 Finnboda Hamnplan, Tryckfall över vvx samt temperaturerna i LB03.

LB01 har luftflödet 1,7 kbm/sek och LB03 har 1,8 kbm/sek, så en största värmeeffekten på 20 respektive 18 kW ger en temperaturhöjning på ca 11 °C respektive 9°C.



Figur 49 Finnboda Hamnplan LB01 förvärmeeffekt med geoenergi, 4-11 januari 2017.



Figur 50 Finnboda Hamnplan LB03 förvärmeeffekt med geoenergi, 4-11 januari 2017.

Fövärmningseffekten

LB01 Tute -13,4 °C, Ttill 19 °C, Tfrån 22 °C, Tefv -2,4 °C, Luftflöde 1,7 kbm/sek.

LB02 Tute -14,4 °C, Ttill 19 °C, Tfrån 22 °C, Tefv -5,6 °C, Luftflöde 1,8 kbm/sek.

	Temperatur efter värmeåtervinning		Eftervärmningsbehov till 19 °C	
	LB01	LB02	LB01	LB02
Fövärmning till -2,4 / -5,6 °C, 82 %	17,6	17	2,8	4,3
Ingen fövärmning 82 %	15,6	15,4	6,9	7,7
Under avfrostning 41 %	1,1	0,5	36	40

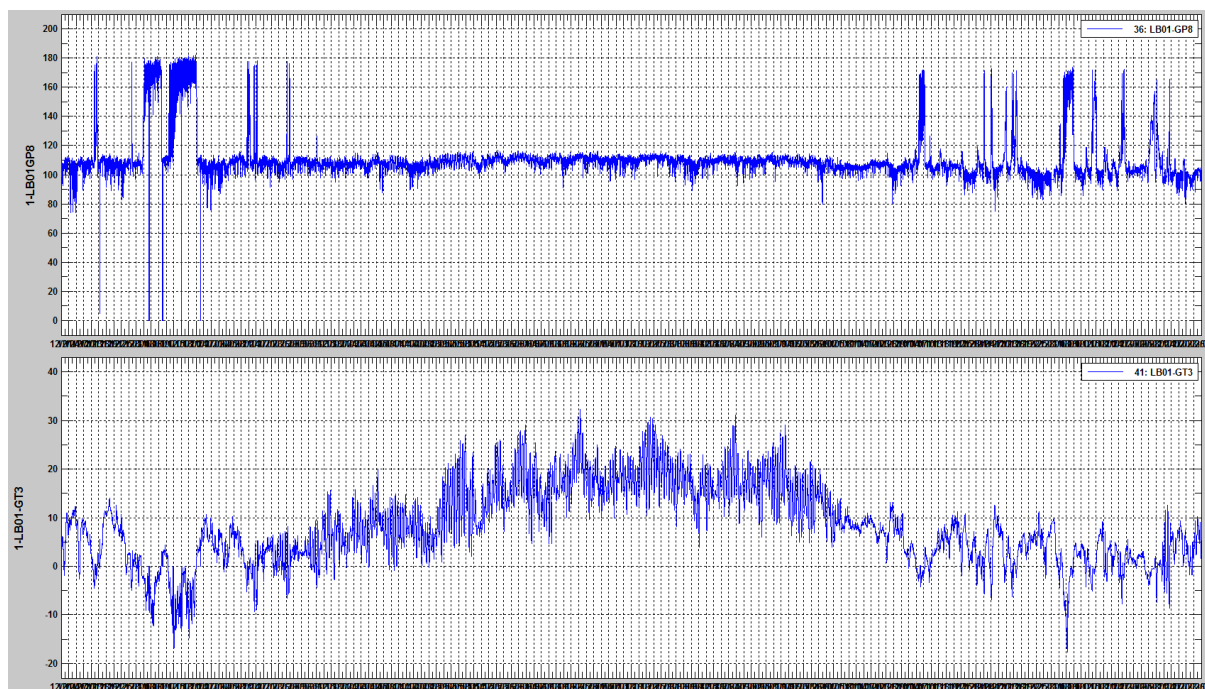
Eftervärmningsbehovet med geotermisk fövärmning för båda ventilationsaggregaten, 3,5 kbm/sek, är ca 7 kW och utan fövärmning kommer eftervärmningen att variera mellan 15 kW och 76 kW beroende på om ventilationsaggregatet är i avfrostningsläge eller inte. Så beroende på brukarbeteende kommer eftervärmebehovet att hamna någonstans mellan 15 och 76 kW.

Fövärmning reducerar eftervärmeeffektbehovet med upp till $(76-7)/3,5 = 20$ kW/kbm/sek luftflöde.

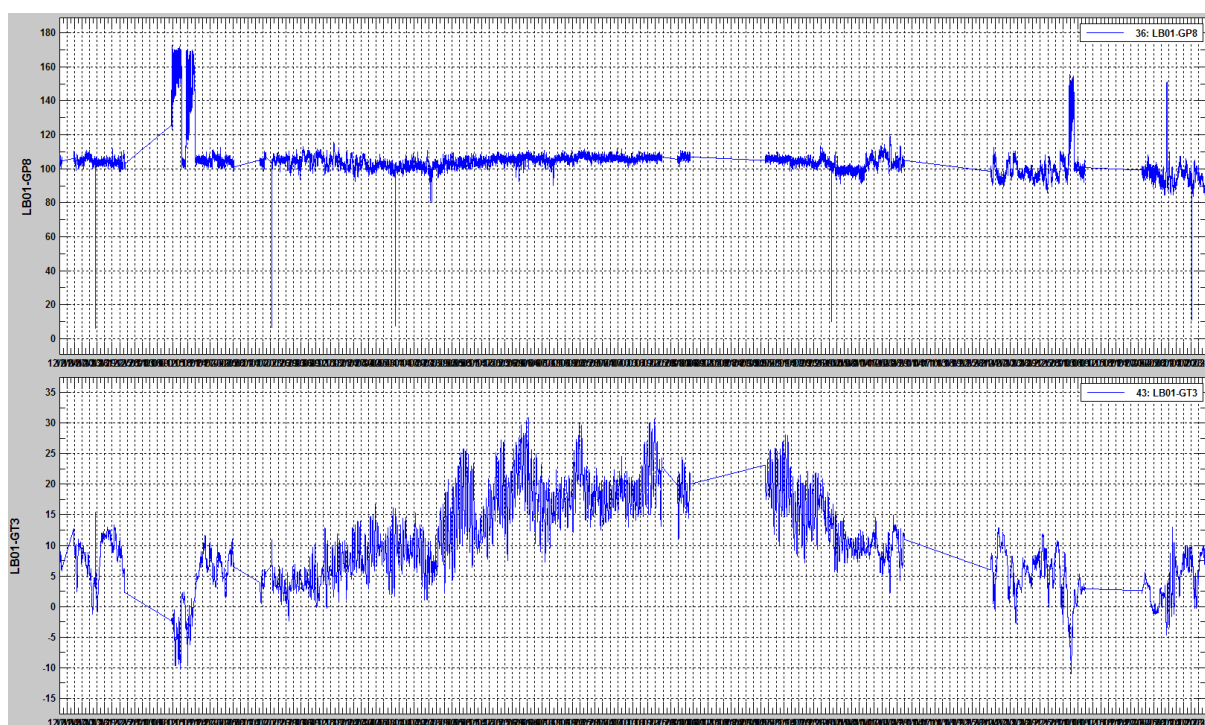
Analys referensobjekt utan förvärmning

Objekt 1: Avfrostningsfunktionen börjar aktiveras när utomhustemperaturen går under $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ och slår till och från relativt ofta när temperaturen är under $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Objekt 2 verkar fungera lika Objekt 1: Avfrostningsfunktionen börjar aktiveras när utomhustemperaturen går under $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ och slår till och från relativt ofta när temperaturen är under $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Figur 51 Objekt 1; Utomhustemperatur och tryckfall över vvx; 2015-12-01 – 2017-03-01.

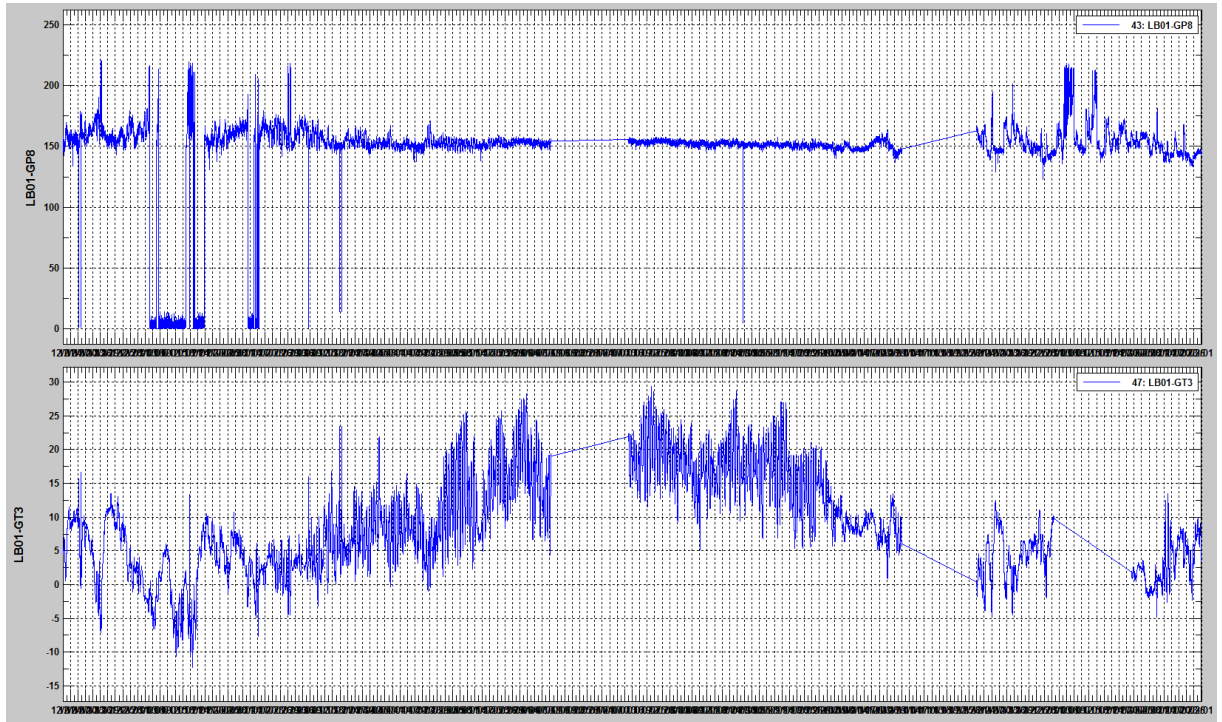


Figur 52 Objekt 2; Utomhustemperatur och tryckfall över vvx; 2015-12-01 – 2017-03-01.

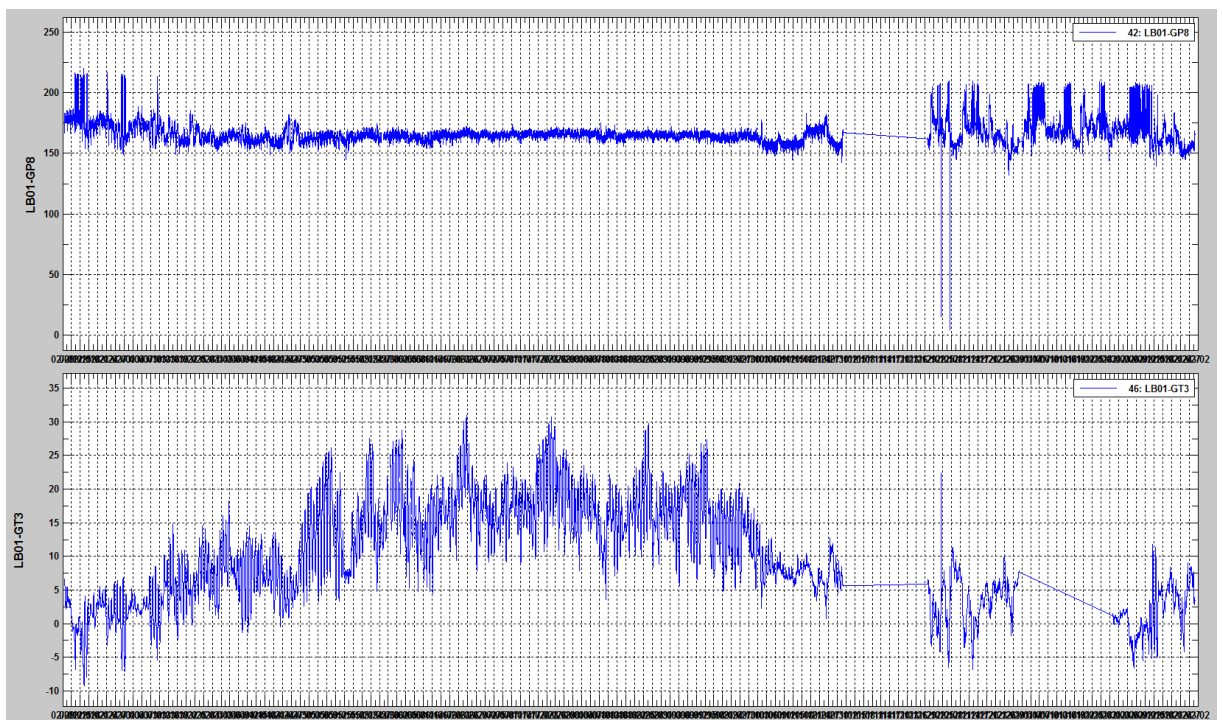
Objekt 3 har en del störningar i mätdata: GP8 har inte lika högt värde som för Objekt 1 och 2.

Objekt 4 har en del störningar i mätdata: GP8 är något lägre än Objekt 3.

Objekt 1 har klart högst tryckfall över GP 8 och under lång tid. Det skulle ha varit intressant att haft temp/ fuktmätning på detta ventilationsaggregat, men det finns inte för att se uppfuktning i lägenheten och hur mycket som kondenserar i ventilationsaggregatet.



Figur 53 Objekt 3; Utomhustemperatur och tryckfall över vvx; 2015-12-01 – 2017-03-01.



Figur 54 Objekt 4; Utomhustemperatur och tryckfall över vvx; 2016-02-09 – 2017-03-01.

Teoretisk beräkning värmeeffektbehov med och utan förvärme samt under avfrostning

Förutsättningar: Ttill 19 °C, Tfrån 22 °C, Luftflöde 1,0 kbm/sek, luftflödesbalans.

	Fövärmningsbatteri effektivitet 50 % samt KB-temp 6 °C VVX 82 %			Fövärmningsbatteri effektivitet 60 % samt KB-temp 6 °C VVX 82 %		
Utomhus- temperatur	Tefv	Tavl	Värme- effekt	Tefv	Tavl	Värme- effekt
-10 °C	-2,0	2,3	1,6	-0,4	3,6	1,2
-12 °C	-3,0	1,5	1,8	-1,2	3,0	1,4
-14 °C	-4,0	0,7	2,0	-2,0	2,3	1,6
-16 °C	-5,0	-0,1	2,2	-2,8	1,7	1,8
-18 °C	-6,0	-1,0	2,4	-3,6	1,0	1,9
-20 °C	-7,0	-1,8	2,7	-4,4	0,4	2,1

	Fövärmningsbatteri effektivitet 50 % samt KB-temp 8 °C VVX 82 %			Fövärmningsbatteri effektivitet 60 % samt KB-temp 8 °C VVX 82 %		
Utomhus- temperatur	Tefv	Tavl	Värme- effekt	Tefv	Tavl	Värme- effekt
-10 °C	-1,0	3,1	1,4	0,8	4,6	1,0
-12 °C	-2,0	2,3	1,6	0,0	4,0	1,2
-14 °C	-3,0	1,5	1,8	-0,8	3,3	1,3
-16 °C	-4,0	0,7	2,0	-1,6	2,6	1,5
-18 °C	-5,0	-0,1	2,2	-2,4	2,0	1,7
-20 °C	-6,0	-1,0	2,4	-3,2	1,3	1,8

	VVX 82 %			Avfrostning VVX 41 %		
Utomhus- temperatur	Tefv	Tavl	Värme- effekt	Tefv	Tavl	Värme- effekt
-10 °C	-10,0	-4,2	3,3	-10,0	8,9	19,1
-12 °C	-12,0	-5,9	3,7	-12,0	8,1	20,5
-14 °C	-14,0	-7,5	4,2	-14,0	7,2	21,9
-16 °C	-16,0	-9,2	4,6	-16,0	6,4	23,3
-18 °C	-18,0	-10,8	5,0	-18,0	5,6	24,7
-20 °C	-20,0	-12,4	5,5	-20,0	4,8	26,1

Tabellen nedan är ett försök att se vad som är viktigt för att få en god funktion när det är lite kallare ute. Dvs. teoretisk vid vilken utomhustemperatur avluftstemperaturen blir +1 °C. För att säkerställa god funktion för förvärmningen är det viktigt att ha en bra temperaturverkningsgrad på förvärmningsbatteriet. Samt att KB-temperaturen som går in i förvärmningsbatteriet ligger nära bergets temperatur. För att erhålla det behöver KB-flödet var lite högre samt temperturskillnaden mellan berg och borrhålsslangar minskas. HSB Karlstad diskuterar att de ska prova en ny metod att släppa luftbubblor i borrhålet.

Tute	KB-temp 2 °C	KB-temp 4 °C	KB-temp 6 °C	KB-temp 8 °C
VVX 50 %	-9,3 °C	-11,3 °C	-13,3 °C	-15,3 °C
VVX 60 %	-12,0 °C	-15,0 °C	-18 °C	-21,0 °C

Resultat

Fövärmning har fungerat bra för alla åtta HSB-FTX aggregat. Det enda var att förkylningen inte fungerade på ett ventilationsaggregat under sommaren, men till vintern fungerade förvärmningen. Det kan ha varit så enkelt som en stängd avstängningsventil och inga klagade. Överföring av mätdata fungerade inte under sommaren, så ingen märkte felfunktionen.

Tryckfallsmätningen över värmväxlarens frånluftssida GP71/ GP8 ökade 5-10 % på ett par ventilationsaggregat när det var som kallast. (För att aktivera avfrostningen behöver den öka upp mot 50 %.) Det indikerar att det var fuktutfällning i värmväxlaren, men inte speciellt mycket och det frös inte på.

KB-temperaturnivå påverkas ganska mycket (upp till 5 °C) av effektuttaget av värme respektive kyla från borrhålen. Dock har förvärmningen och förkylningen fungerat bra. Men skulle det bli en större belastning på förvärmningen (kallare än -11 °C i Göteborg), så finns en risk att avfrostningen går in.

Mätdata som huvudsakligen har loggats med 5 min sampling har varit en framgångsfaktor för att kunna göra en bra analys. För mätdataanalysen har BELOK Driftanalys använts, som är ett kraftfullt verktyg. När större omräkningar behövts har Excel används. Exempelvis har luftens temperatur och relativ fuktighet räknats om till ett absolut fuktinnehåll hos luften i ventilationsaggregaten, vilket redovisats i Bilaga D. Skärmdumpar från BELOK Driftanalys som visar HSB-FTX-aggregatens funktion finns i Bilaga C.

Uppfuktningen av inneluften i lägenheterna varierar mycket med brukarna.

I de två av de fyra referensaggregaten (utan förvärmning) gick avfrostningen in relativt ofta, vilket betyder att de ventilationsaggregaten har gått den tid med reducerad värmeåtervinning.

Ändrad taxestruktur gör geotermisk förvärmning till en bra investering på många platser då värmeeffekten har blivit dyr hos många fjärrvärmeleverantörer.

Geotermisk förvärmning ger stabil och jämn drift för ställdon, ventiler, etc., då inga snabba lastväxlingar/ kompenseringar behövs när ventilationsaggregatet går in i avfrostning. En stor del av vinsten med geotermisk förvärmning, HSB-FTX, är en stor besparing i abonnerad värmeeffekt. Utvärdering pekar mot en minskning på 15 - 20 kW /kbm/sek tilluftsflöde. Dock måste man ta hänsyn till aktuella platsens förutsättningar, lokalt klimat och brukarbeteende.

Under sommaren kan sval tilluft blåsas in i lägenheterna under värmebölja. När det är 27 – 30 °C utomhus kan tilluftens blåsa in en temperatur runt 20-23°C.

Några av de styrfunktioner som använts skulle kunna göras lite mjukare (kaskadregleringen), så aggregatet inte snabbt behöver byta mode. Det fanns dippar i förvärmningen när det var kallt ute, vilket visa sig härröra från kaskadregleringen av tilluftstemperaturen. På kvällarna/ natten gjorde internlasterna från hyresgästerna att frånluftstemperaturen steg och då sänkte kaskad-regleringen tilluftstemperaturens börvärde med 2 °C, vilket ledde till att förvärmningen slog ifrån ett tag.

För att få en god funktion på förvärmningen behövs en temperaturverkningsgrad på förvärmningsbatteriet runt 60 % och ett litet temperaturfall på KB-kretsen samt att KB-temperaturen till förvärmningsbatteriet ligger nära markens temperatur.

Diskussion

Ventilationsaggregat utan förvärmning kan ha mycket avfrostningscykler och det är brukarrelaterat. Är de boende barnfamiljer kommer det tvättas, duschas, kokas mer pasta etc. som ökar fukthalten i inneluften. Vilket kommer göra att avfrostningen går in mer och tidigare jämfört med ett +55-boende. Detta kommer att påverka energianvändningen och värmeeffektbehovet. Hur normalårskorrigeras ökad avfrostning pga. av ökad VV-användning?

Ett sätt att komma runt det och inte vara beroende av hur väl olika aggregatleverantörer har lyckats optimera sina avfrostningsfunktioner är att använda geotermisk förvärmning. Då är risken inte så stor att flerbostadshuset behöver onödigt höga värmeeffekter.

Den förändring av taxestrukturen som många som installerat värmepumpar protesterat mot är en fördel för geotermisk förvärmning, som ger stora värmeeffektbesparingar.

För att få en god funktion på förvärmningen behövs en temperaturverkningsgrad på förvärmningsbatteriet runt 60 % och ett litet temperaturfall på KB-kretsen samt att KB-temperaturen till förvärmningsbatteriet ligger nära bergets temperatur.

HSB Karlstad funderar att komplettera sin HSB-FTX lösning de bygger med en utrustning för att släppa luftblåser i borrhålet. Detta för att minska temperaturdifferensen mellan berget och köldbäraren i slangarna. Finns det andra sätt att reducera temperaturdifferensen?

Det finns ett behov att få till en bättre verifiering av funktionen hos installationssystemen och deras mätsystem. Värmemängdsmätare behöver en bättre upplösning (bättre än 1 % av mätt värde) samt att de har ett integreringsverk som kan leverera mätdata med åtminstone 5-min sampling. En del värmemängdsmätare som finns är primärt debiteringsmätare, så upplösning och kommunikationshastighet är anpassat till detta. Här behövs bättre kunskap i branschen.

Det är bra om det från mätsystem (styrssystem) som används snabbt kan hämtas ut 1-6 månaders detaljerade mätdata med få förlorade mätvärden, så att tiden kan användas till analys av mätdata och inte att få fram mätdata för analys. Finns störningar i mätdatasystemet kan förlusterna av mätdata bli stora.

Med mätdata kan funktionen för installationssystem verifieras att det stämmer överens med det projekterade, driftkortet för de aktuella systemen. Avviker funktionen från det projekterade kan med stöd av mätdata avvikelse påtalas och entreprenören/leverantören får åtgärda. Skulle mätdata inte finnas är risken stor att det blir ett stort antal möten under garantitiden, men inget händer.

En optimal mätinstallation för verifiering av funktionen för exempelvis ett ventilationsaggregat hämtar mätvärden och börvärden från ventilationsaggregatets inbyggda styrssystem. Därutöver finns ca fem meter ut i kanalsystemet (uteluft, tilluft, frånluft, avluft) från ventilationsaggregatet samkalibrerade temperatur och fuktgivare, så luftens tillståndsförändringar kan beräknas när luften gått genom aggregatet. Därutöver mäts energi- och effekt-användning för ventilationsaggregatet. Värme och kylmängdsmätare till förvärmning, eftervärme etc. samt aggregatets elenergi- och eleffektanvändning. Om en värmemängdsmätare ska användas till både värme och kyla, måste den vara utrustad med ”dubbla register”, då en värmemängdsmätare slutar räkna när temperaturdifferensen blir liten (exv. mindre än 0,03 °C). Ska en värmemängdsmätare användas till både värme och kyla behöver den kunna räkna på både positiva och negativa temperaturdifferenser.

Förslag på fortsatt arbete

Allmänt behövs det ett fortsatt arbete med att få bättre idrifttagning av installationssystem i flerbostadshus och mer tid för idrifttagningen samt att HSB-FTX behöver testas under lite kallare förhållanden.

Det är inte endast något för installationsbranschen utan även byggprojektledning, som ska kunna driva projekt på ett sådant sätt att bättre helhetslösningar kommer fram och förutsättningar finns för väl drifttagna byggnader.

Inom BeBo finns en diskussion om behovet av en design-guide till HSB-FTX (geotermisk förvärmning). Den behöver även omfatta hur man skall få ner temperturdifferensen mellan KB-temperaturen som går in i förvärmningsbatteriet och markens temperatur, för att få en god funktion när det är kallt ute. Samt förslag på mätningar och uppföljningar, för att verifiera korrekt funktion för den färdiga anläggningen.

HSB FTX, geotermisk förvärmning, bör utvärderas på en ort där det är betydligt kallare. Exempelvis på en ort med DVUT (1 dygn) runt $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ kanske kan HSB Karlstads nya installation vara ett möjligt objekt. Särskilt om de kompletterar sin HSB FTX med ”bubbelutrustning” för att öka värmeutbytet i borrhålet: Finns möjlighet bör det följas upp i detalj och utvärderas, vilken påverkan ”bubbelutrustning” får för den geotermiska förvärmningens funktion samt hur HSB-FTX funkar där det är kallare på vintern.

Det behöver även tas fram ett underlag till projekt för att de skall erhålla ett bättre idrifttagningsarbete och samordnad funktionsprovning, som styrs upp hårdare och börjar i systemhandlingsskedet. Det skall finnas väl beskrivet i handlingarna, som entreprenaden handlas upp på. Exempelvis ska slutbesiktningen vara en månad före hyresgästernas inflyttning och den sista månaden har ett ordentligt schema för avluftning, injustering, idrifttagning etc. Fastighetsägarens driftpersonal skall ha full kontroll på flerbostadshuset och dess installationssystem i deras överordnade system innan hyresgästerna flyttar in. Då kan lätt obalanser i värmesystem mm identifieras på referenstemperaturgivare etc. Allt ska fungera och vara dubbelkontrollerat innan hyresgästerna flyttar in.

I systemhandlingsskedet skall bestämmas vad som skall följas upp och verifieras, vilka metoder som skall användas, vilka noggrannhetskrav och upplösningar som behövs. Då kan mätutrustningen projekteras in i detaljprojekteringen så den hamnar på rätt plats, etc.

Referenser

SBUF-rapporter

<http://sbuf.se>

SBUF-rapport 12930 – Förvärmning av ventilationsluft mha borrhålsvärme utan värmepump, fallstudie, Vivalla, Örebro, Juni 2016, Branko Simanic

SBUF-rapport 12746 – Drift- och Energiuppföljning, April 2016, Per Kempe

SBUF-rapport 12541 – Installationssystem i energieffektiva byggnader, Nov 2013, Per Kempe

BeBo-rapporter

<http://www.bebostad.se>

BeBo-utvärdering: Nybyggt flerbostadshus med borrhålsvatten – HSB-FTX geoenergi utan värmepump, BeBo-rapport, Juni 2015, Per Kempe, Roland Jonsson

BeBo-förstudie: Vidareutveckling av metoder för idrifttagning och driftuppföljning av installationssystem i flerbostadshus, Sep 2014, Per Kempe

Artiklar i Tekniktidningen Energi&Miljö

Teknik och Forskning, HSB-FTX – förvärmning med geoenergi utan värmepump s.48-51, Energi&Miljö Nr 7 - 8, 2015, Per Kempe, Roland Jonsson

Erfarenheten, Installationer i energieffektiva byggnader – del 4, Försämrad återvinning för FTX vid kall väderlek, s.48-50, Energi&Miljö Nr 9, 2014, Per Kempe

BELOK Driftanalys

<http://belok.se/verktyg-hjalp/driftanalys/>

Bilagor

- Bilaga A HSB FTX Historia av Roland Jonsson HSB Riksförbund
- Bilaga B HSB-FTX ekonomisk påverkan för BRF, Henrik Jönsson Bengt Dahlgren
- Bilaga C Analyser med BELOK Driftanalys
- Bilaga D Temperatur och fuktmätningar i ventilationsaggregaten

HSB FTX historia

Av Roland Jonsson HSB Riksförbund

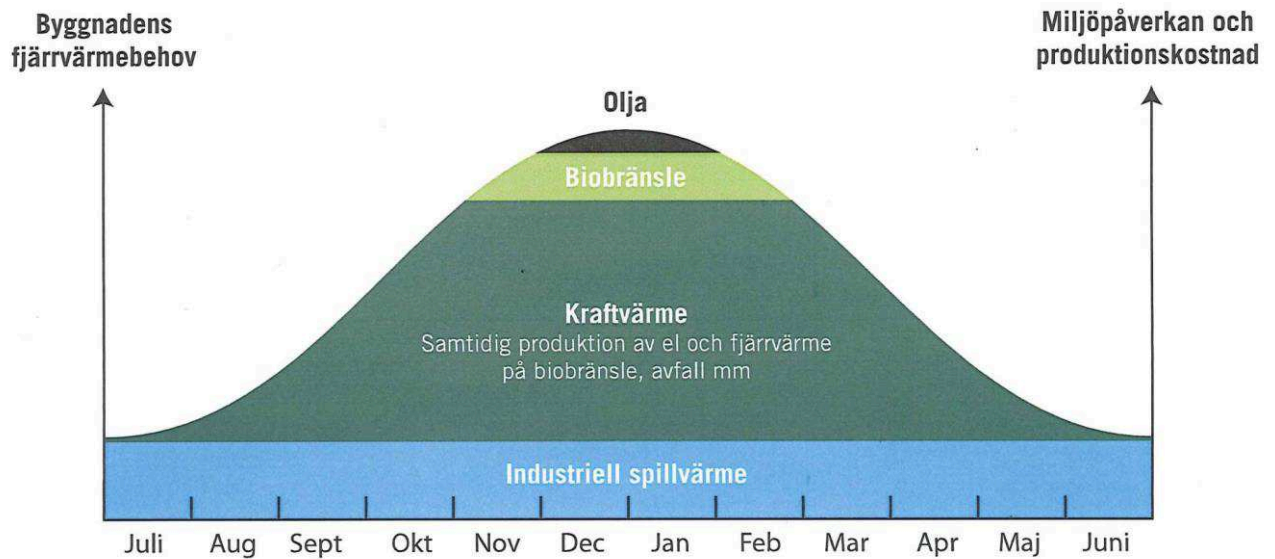
Från ide till verklighet.

Sedan år 2008 har HSB ett mål om en halvering av koldioxidutsläppen till år 2023. Andra aktörer i fastighetsbranschen har andra mål som oftast är kopplade till kilowattimmar. HSB har bedömt att växthusgaser påverkar klimatet mer än kilowattimmar. Nu är det dock flera som också sneglar på att minska koldioxidutsläppen och ha detta som mål.

Under hösten 2010 körde HSB klimattåg genom hela Sverige och stannade på 22 orter. Under de dagliga stoppen kunde besökarna titta på den mobila utställning och lyssna på många intressanta föredrag om energi. Till Klimattåget tog Roland Jonsson fram 5K mallen som är ett sätt att bestämma/sätta mål.



Det som man kunde konstatera är de flesta bostadsrättsföreningar fokuserar på målet kronor. HSB är en part i Nils Holgerssonutredningen som årligen sedan över 20 år flyttar runt ”ett hus” till alla 290 kommuner och gör jämförelser alla nyttigheter och dess kostnader. Bland annat kunde en trend skönjas och det var att fjärrvärmebolagen började ta betalt för effekt vilket ökade kostnaderna mot tidigare. Då väcktes tanken på vilka åtgärder som ger en minskad effekt och minskad koldioxidbelastning.



Många större fjärrvärmesystem har någon form av kraftvärme för att kunna producera el. Söföbränningen pågår året runt och behöver kylning. Varje kilowattimme som produceras här ersätter en dyrare och smutsigare kilowattimme någon annanstans. Så en hög varmvattenanvändning sommartid ger en bra elproduktion. Så under sommaren så ger använda kilowattimmarna ett negativt utsläpp av koldioxid. Så att spara energi för varmvatten sommartid är av miljöskäl inte det optimala. Låter inte helt normalt men allt är inte logiskt. Den stora vinsten är att minska energianvändningen under de riktigt kalla dagarna när fjärrvärmens eldar fossilt.

För att kunna studera vilka åtgärder som både ger låga kostnader för effekt/energi och låga koldioxidutsläpp måste man ha ett lämpligt objekt. Jag kollade med HSB Bostad som bygger i Stockholm om de inte hade ett lämpligt projekt under projektering som man kunde titta närmare på. Valet föll på BRF Finnboda hamnplan.



BRF FINNBODA HAMNPLAN



HSB Stockholm bygger

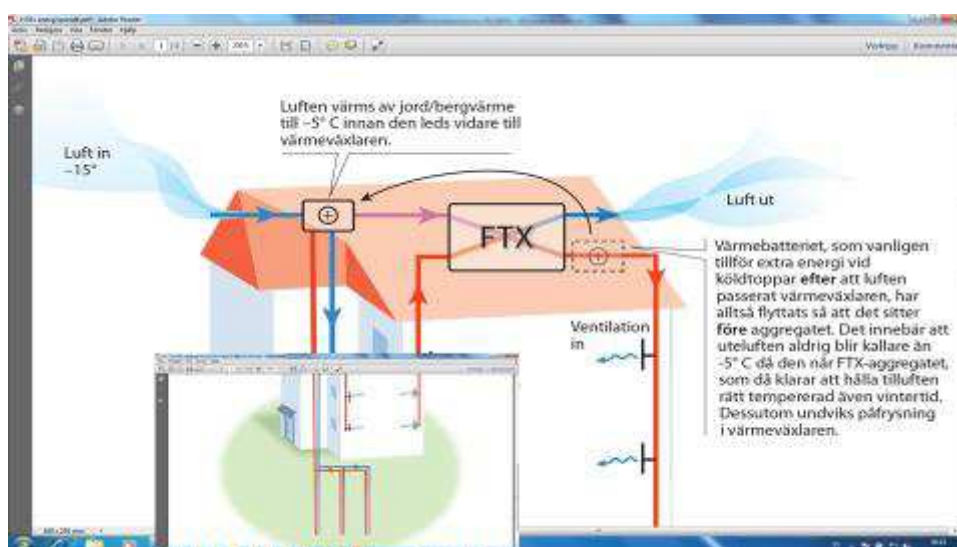
Entreprenör är HSB Bostad

85 lägenheter
Inflyttning från okt -13
och sista feb -14.

Det som man kunde konstatera efter en del beräkningar var att den planerade lösningen med FTX ventilation (Frånluft och Tilluft med värmeåtervinning genom värmeväxling) gav en ogynnsam effekttopp vid kall väderlek.

Den stora frågan är hur gör man detta? Diskussion fördes med flera leverantörer av ventilationsaggregat men en förstod vad vi var ute efter. Normalt sett avfrostas FTX med energi ur frånluften, för att inte riskera påfrysning av värmeväxlare under kalla perioder. Under avfrostningen tappar FTX kraftigt i verkningsgrad och dyr energi och effekt måste användas.

I HSB FTX görs istället avfrostning genom att hämta värme från djupa borrhål. Vätska cirkulerar i hålen och får sedan avge värmen i ett värmebatteri, som är placerad innan värmeväxlaren i FTX-aggregatet. Detta gör att tilluften blir tillräckligt förvärmad för att förhindra isbildning i värmeväxlaren.



HSB FTX Historia

Detta har utvärderats praktiskt för Bebo (Energimyndighetens beställargrupp för energieffektiva flerbostadshus) i ett nybyggt hus i Nacka. Rapporten beskriver att förvärmningen visar mycket god funktion, och att den sparar energi och reducerar behovet av spetseffekt från fjärrvärmen. Rapporten noterar att det inte var riktigt kallt under den vintern då man utvärderade, så det kan krävas mer utvärdering av avfrostningen. Början av 2016 gav dock rejält kalla veckor, som satte installationen i Nacka på prov: Trots utetemperaturer under -14 C denna vinter har vi inte fått någon påfrysning i värmeväxlaren,

Minskat effektbehov vid riktiga köldknäppar är en intressant egenskap, då allt fler fjärrvärmebolag får effektinslag i taxemodellen. Det är till och med så att fjärrvärmebolag uppskattar HSB-FTX, främst då för att tekniken bromsar effektuttaget. -Som fjärrvärmebolag är vi ålagda att spara energi och CO₂-utsläpp. Om man då tittar på den totala nyttan så ger HSB-FTX mycket bättre verkningsgrad än värmepumpar, säger Hans Andersson, affärsutvecklare vid Södertörns Energi. -Det är rätt att spara effekt, för både ekonomin och miljö. När det är kallt och behövs effekt måste vi använda det dyraste och fulaste bränslet. För husen ändrad effektprofil genom HSB FTX minskar vi också behovet av extra pannor i reserv, säger han. Kan fjärrvärmebolagen få hjälp att hålla igen effektbehovet, skulle det till och med betyda lägre effektagifter för kunder, menar Hans Andersson. De driftserfarenheter som gjorts visar att tekniken fungerar. Men HSB går vidare med installationer i tre byggen i Göteborg, som även beskrivs som testning. HSB-FTX har utvecklats i samarbete med IV-Ventilation. Idag finns tekniken att köpa, även från andra ventilationsleverantörer. Och försäljningen är inte begränsad till HSB, den är tillgänglig för vem som vill köpa. Roland Jonsson konstaterar att tekniken nu sprids utanför HSB, han nämner ett flertal större bolag inom Sabo-sfären som är överväger, eller som redan installerar HSB-FTX.

Effektreduktionen kan grovt sättas till 18 kW vid ett flöde på 1 m³/s. Fortum debiterar ca 500 kr per kW vilket då ger 9000 kr med ett flöde på 1 m³/s. Vattenfall tar ca 1000 kr per kW och då är besparingen 18000 kr med ett flöde på 1 m³/s. Ser man bara till energibesparingen så är den lägre och många glömmer att ta med effektkostnaden och då är det svårare att räkna hem lösningen. Men om man däremot kan ta ut merkostnaden för installationen på lägenhetspriset blir läget något annat. Eftersom man får kyld tilluft under de riktigt varma dagarna kanske man är beredd att betala 10000 kr extra för en lägenhet i mångmiljonklassen. Då belastar inte investeringen bygget och lösningen är oändligt lönsam.

Om man har behov av att kunna värma luften kan man enkelt koppla in en värmeväxlare på stigaren till förvärmningsbatteriet.

Vad händer med koldioxiden? De beräkningar vi gjort är att det blev en halvering av koldioxidutsläppen.

HSB-FTX ekonomisk påverkan för bostadsrättsföreningen

Nedan redogörs i korthet för hur ett system med "HSB-FTX" kan påverka driftsekonomi m.a.p. årlig värmekostnad för en bostadsrättsförening som har tillgång till denna systemlösning. Det bör observeras att det resultat som redovisas är utgående från nu gällande prissättningsmodell och nu gällande taxor avseende fjärrvärme i Göteborg.

Fjärrvärme från Göteborg energi

Nuvarande prismodell för fjärrvärme från Göteborg energi är tredelad:

1. Energiförbrukning = en kostnad per köpt kWh med separata priser för vinter (dec t.o.m. mar), vår/höst (apr, okt & nov), samt sommar (maj t.o.m. aug).
2. Effekt = Utgående från de tre högsta dygnsmedeleffekterna fås en fast årlig kostnad baserad på vilken effektnivå samt en rörlig kostnad per kW. En total årskostnad kalkyleras och fördelas ut per månad.
3. Effektivitet = Ett kostnadstillägg/kostnadsavdrag som görs beroende på hur hög/låg returtemperaturen från fastigheten är. Påverkar normalt inte den totala prisbildningen med mer än +/- 5 %.

HSB-FTX

Vid system med HSB-FTX används pumpat lågtempererat vatten från borrhål (geoenergi) för att förvärma alternativt kyla den luft som tas in till en byggnads ventilationssystem. Systemet förutsätter att byggnaden har från- och tilluftsventilation med värmeväxling (FTX). Vintertid lyfter vattnet på borrhålen temperaturen på den intagna luften vilket gör att ventilationssystemets värmeväxlare kan jobba effektivare. Detta innebär att effektbehovet för värmeförsörjning till ventilationsluften minskar, därmed kommer även de prisgrundande dygnsmedeleffekterna att sänkas. Övertid innebär sedan effektminskningen även en minskning av inköpt energimängd, vilket medför minskad kostnad avseende energiförbrukning enligt ovan.

Exempel

Nedanstående exempel utgår från en bostadsrättsförening omfattande 47 lägenheter och med ett behov av ett totalt ventilationsluftflöde på 2,3 m³/s. Byggnaden är utrustad med FTX-ventilation och förses med HSB-FTX bestående 3 borrhål om ca 600 m aktiv borrhållslängd.

Beräknad energibesparingspotential med HSB-FTX är ca 18 000 kWh/år. En för byggnaden totalt sett mindre värmebesparing som uppskattas utgöra ca 0,8 % av det totala värmebehovet. Merparten av denna besparing (uppskattningsvis 90 % fås under den tid Göteborg energi har vintertaxa avseende energiförbrukning, resterande under den vår/höst-perioden.

Effektbesparingen blir större och uppskattningsvis kan dygnsmedeleffekten för de tre kostnadsmässigt dimensionerande dygnen sänkas med ca 20 kW.

I Tabell I till III redovisas hur anläggningen påverkar värmekostnaderna för föreningen (hänsyn tas här ej till effektivitetsdelen i Göteborg energis prismodell).

**HSB FTX ekonomisk
betydelse för Brf**


Sida: 2 (2)

HSB Göteborg

Datum: 2017-01-19

Tabell I – FSB-FTX påverkan på kostnad för "Energiförbrukning"

	Vinter (dec t.o.m. mar)	Vår/Höst (apr, okt, nov)	Sommar (maj t.o.m. sep)	Summa
Värmebehov utan HSB-FTX, kWh/år	120 700	59 600	41 100	221 300
Värmebehov med HSB-FTX, kWh/år	104 500	57 800	41 100	203 300
Besparing, kWh/år	16 200	1 800	0	18 000
Kostnad "Energiförbrukning", kr/KWh	0,516	0,355	0,099	
Besparing, kr/år	8 359	639	0	Ca 9 000

Tabell II – FSB-FTX påverkan på kostnad för "Effekt"

	Vinter (dec t.o.m. mar)	Vår/Höst (apr, okt, nov)	Sommar (maj t.o.m. sep)	Summa
Medeleffekt (P3dygn) utan HSB-FTX, kW				Ca 75
Fast effektkostnad utan HSB-FTX, kr*	2 836	2 127	3 544	8 507
Rörlig effektkostnad utan HSB-FTX, kr	17 500	13 125	21 875	52 500
Total effektkostnad utan HSB-FTX, kr	20 336	15 252	25 419	61 007
Medeleffekt (P3dygn) med HSB-FTX, kW				Ca 55
Fast effektkostnad med HSB-FTX, kr*	2 836	2 127	3 544	8 507
Rörlig effektkostnad med HSB-FTX, kr	12 833	9 625	16 042	38 500
Total effektkostnad med HSB-FTX, kr	15 669	11 752	19 586	47 007
Besparing total effektkostnad, kr/år	4 667	3 500	5 833	Ca 14 000

* Båda fallen ligger i detta exempel inom effektintervall 51 – 100 kW m.a.p. prissättning. Där av ingen påverkan på fast effektdel.

Tabell III – FSB-FTX påverkan på total kostnad

	Vinter (dec t.o.m. mar)	Vår/Höst (apr, okt, nov)	Sommar (maj t.o.m. sep)	Summa
Besparing "Energiförbrukning", kr/år	8 359	639	0	9 000
Besparing "Fast effektkostnad", kr/år	0	0	0	0
Besparing "Rörlig effektkostnad", kr/år	4 667	3 500	5 833	14 000
Total besparing, kr/år	13 026	4 139	5 833	23 000

Slutsats

Då Göteborg energis prissättning för närvarande premierar byggnader med lågt effekt behov och HSB-FTX är ett system som effektivt sänker detta fås största besparingen just kopplat till effektdelen. Systemet sparar bara energi på vintern men sparar "plånboken" hela året då årlig effektkostnad sprids ut per månad.

Totalt sett fås 1,27 sparade kronor per sparad kWh och år.

/Henrik Jönsson

Bilaga C

Analyser med BELOK Driftanalys

Innehållsförteckning

Beskrivning av Bilagan.....	1
Flatön KB01.....	2
Flatön LA01.....	3
Flatön LA02.....	7
Studio 1 LA01.....	10
Studio 1 LA02.....	14
HSB Living Lab KB01.....	18
HSB Living Lab LB01.....	19
HSB Living Lab LB02.....	23
Finnboda Hamnplan LA01.....	27
Finnboda Hamnplan LB03.....	30
Referensobjekt.....	33

Beskrivning av Bilagan

Analysen/ kontrollen med BELOK Driftanalys börjar med att man tittar på några månader under sommaren respektive vintern för att identifiera några dagar som är intressanta att titta mer på i detalj.

Det blir i princip en varm period runt den 24 juli samt en kall period runt 6 januari, som analyseras i detalj.

Från analyserna från en kall period och en varm period kan man dra slutsatser om ventilationssystemens funktion.

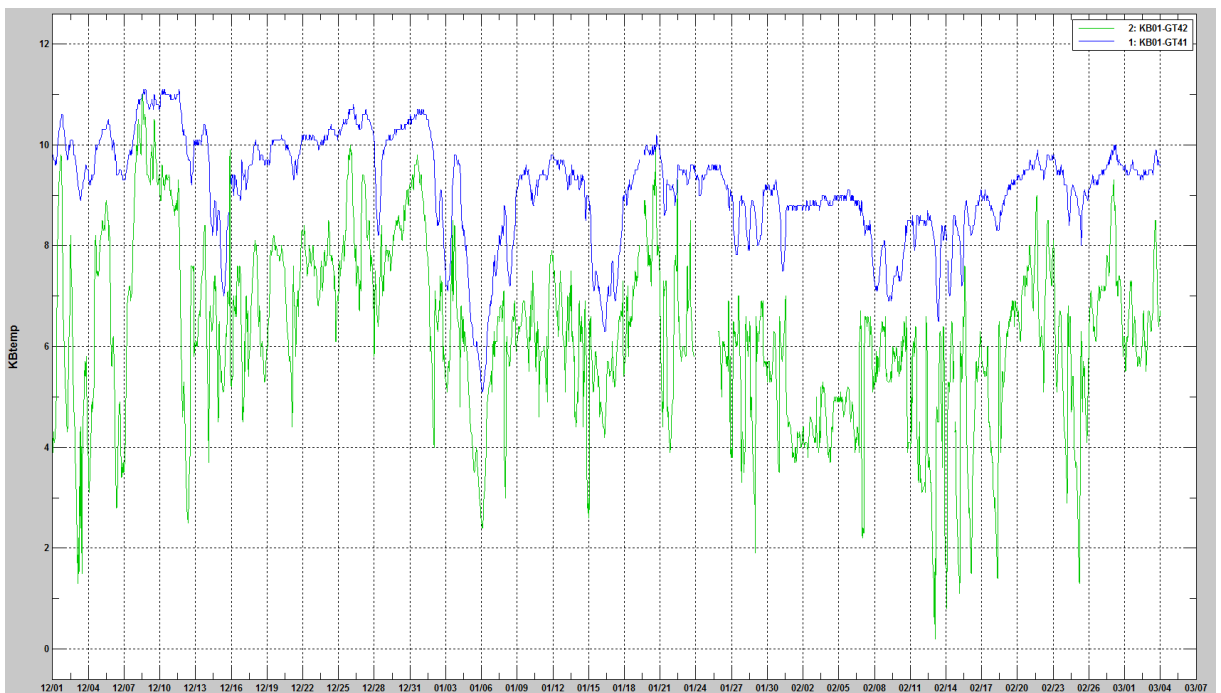
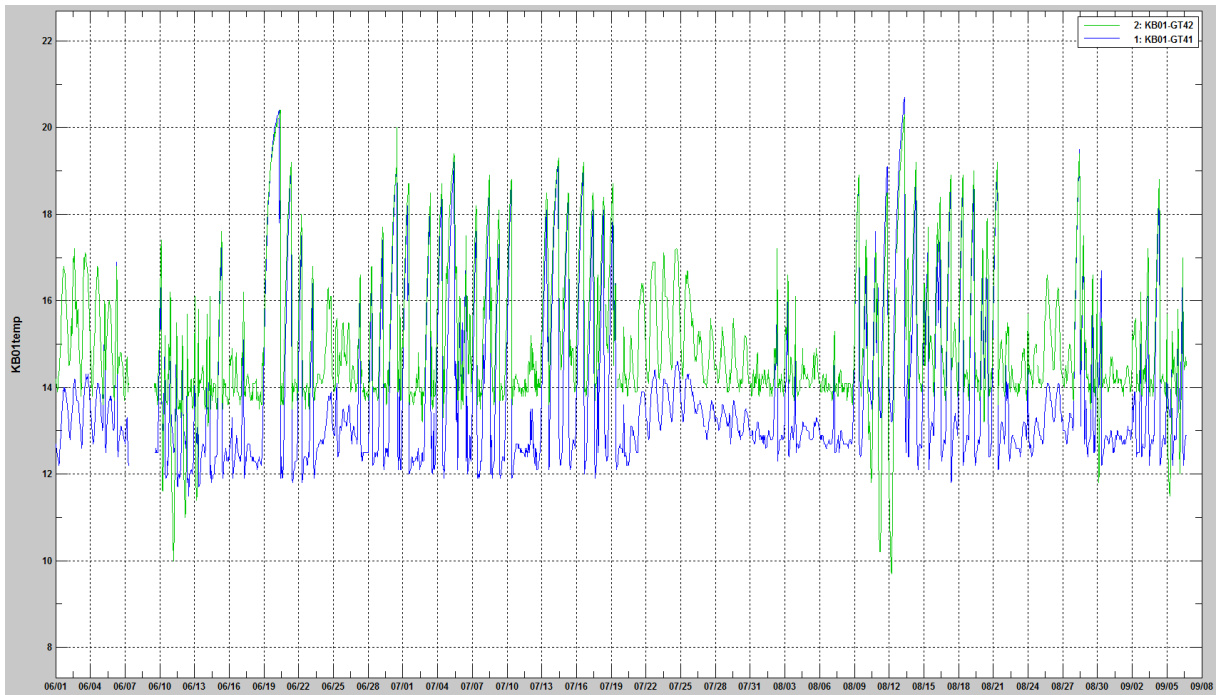
Vilka givare som finns tillgängliga för loggning varierar lite mellan systemen. Bl.a. Finnboda hamnplan har man valt att logga temperaturdifferensen mellan fram och returledningen till borrhålen i stället för att logga båda temperaturerna. Detta beror på att man i projektet inte har definierat vad man skall logga utan bara sagt att man skall logga. Så det blir upp till styr att bestämma vad som skall loggas.

Flatön KB01

KB-kretsen är relativt varm. Marktemperaturen verkar vara ca 11 C.

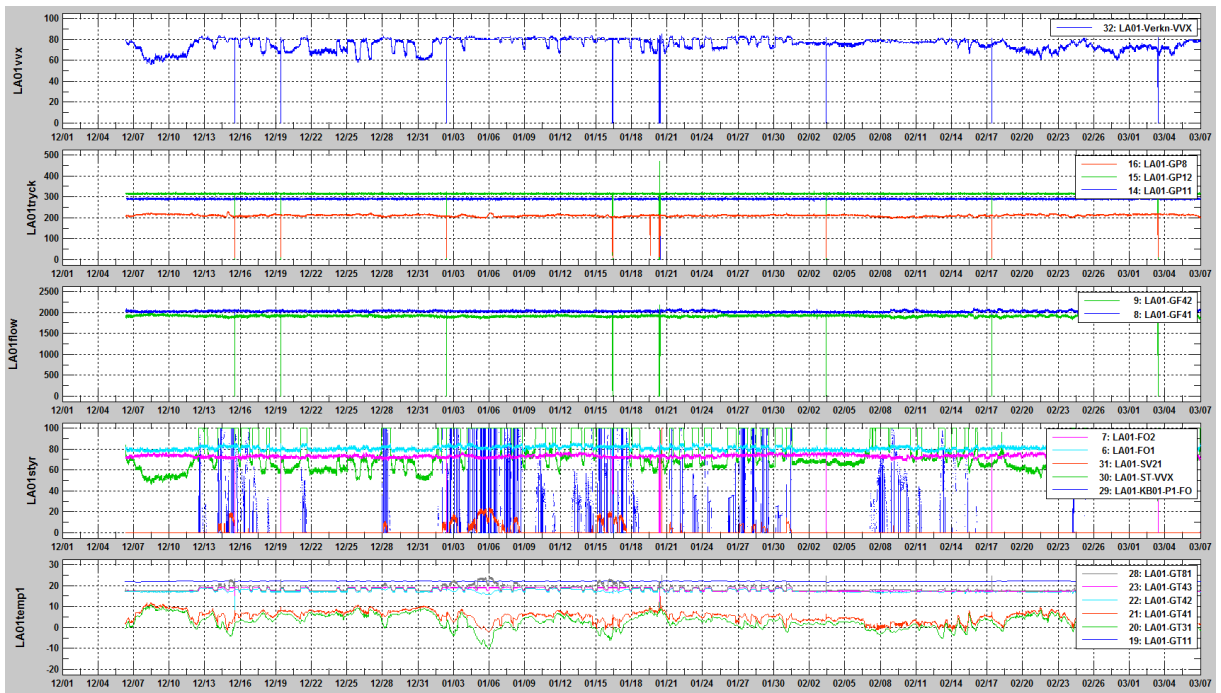
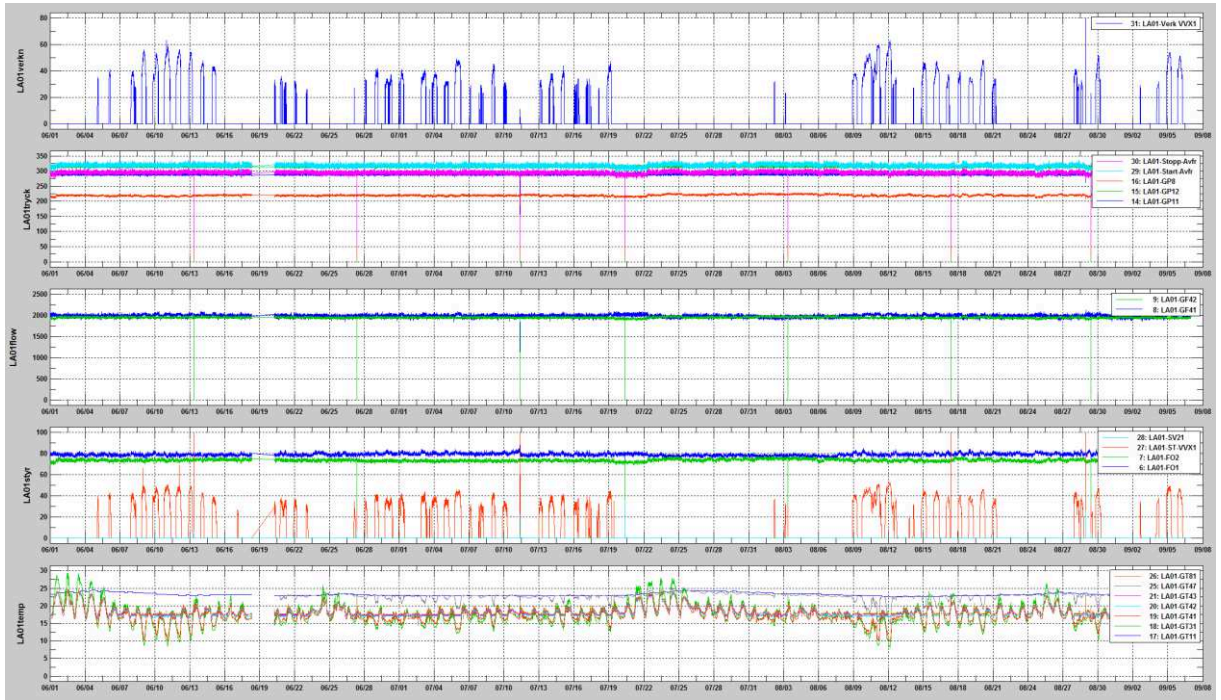
Under sommaren är ”bottennivån” 12 C på temperaturen från borrhålen samt är som varmast 14,6 C. Vid två tillfällen under sommaren är utetempererauren så låg att inkommande uteluft förvärms.

Under vintern är högstanivån för temperaturen från borrhålet ca 10 C och som lägst 5 C.



Flatön LA01

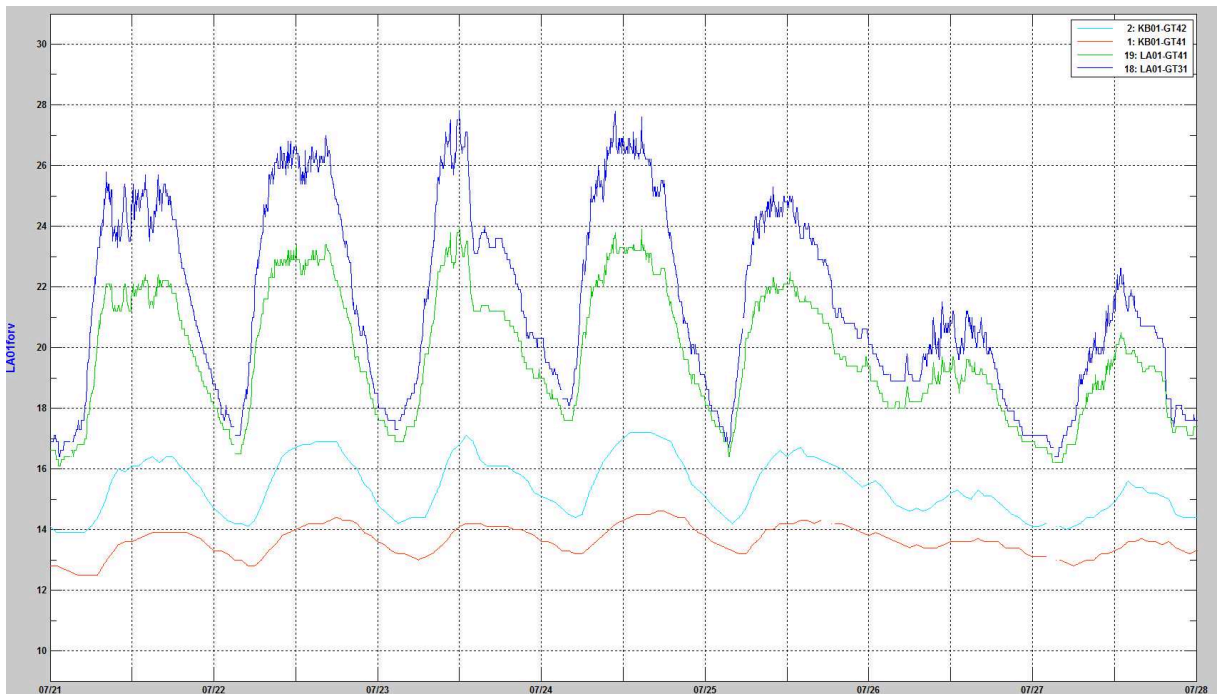
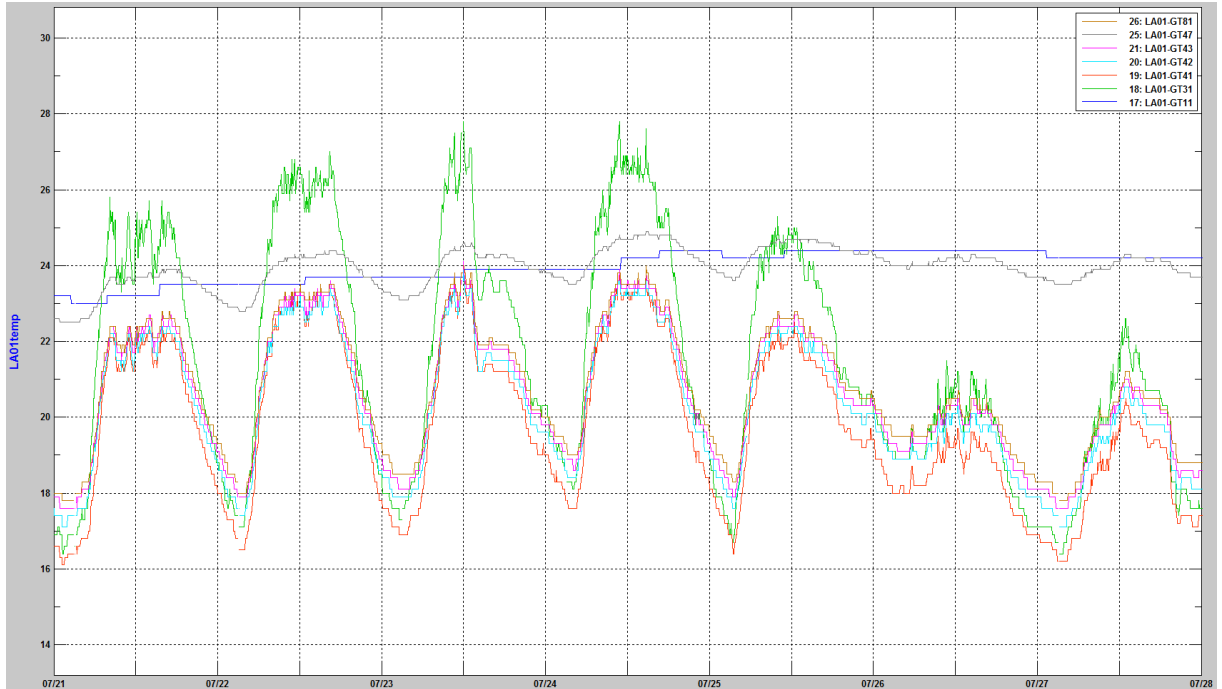
Två perioder är intressanta att titta närmare på 21-24 juli samt 5-6 januari.



Analyser med
BELOK Driftanalys

Flatön LA01 sommar

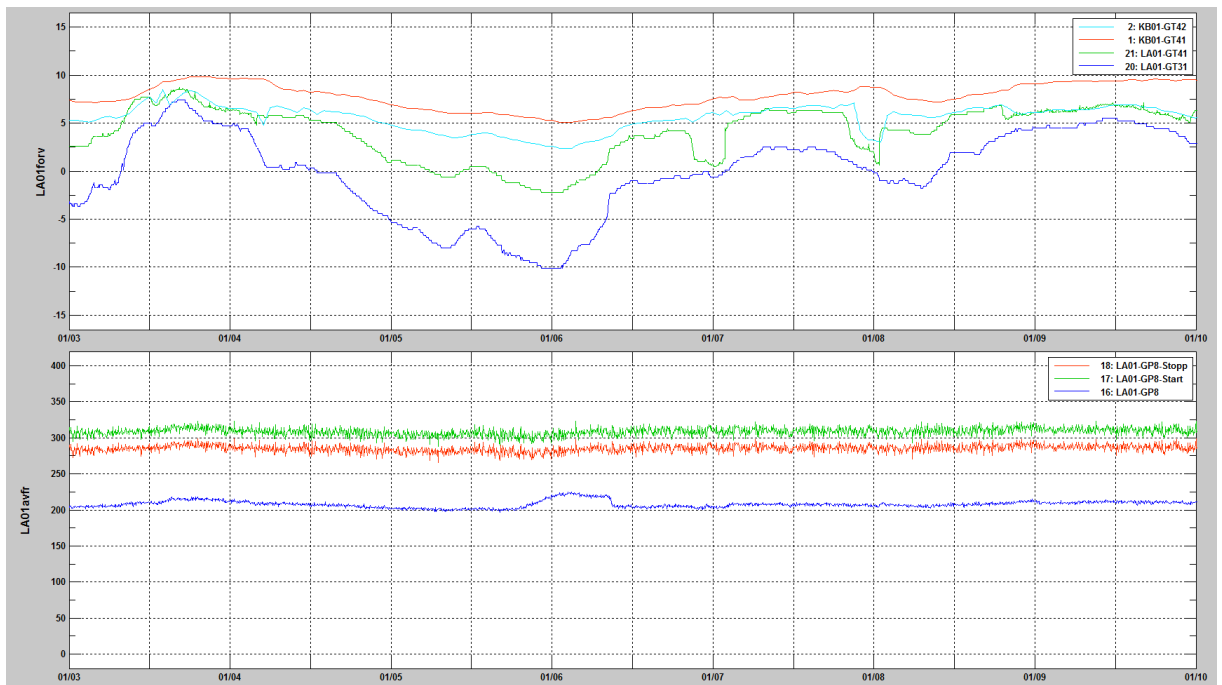
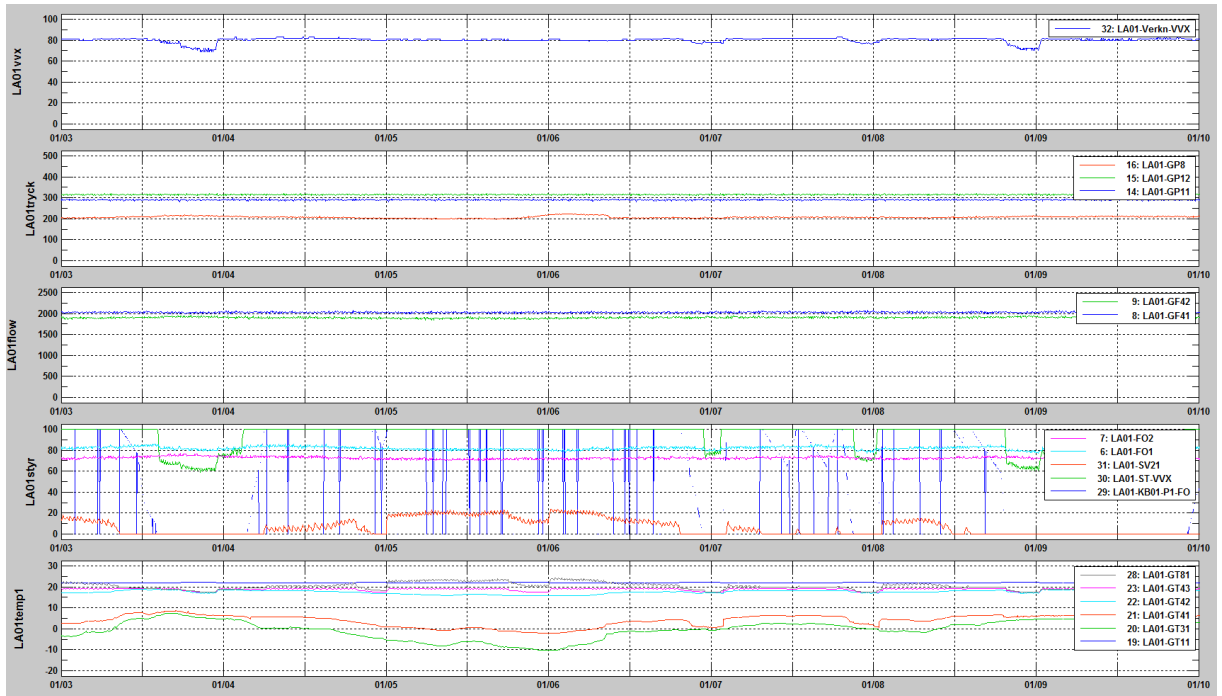
Köldbärartemperaturen är relativt hög, så kyleffekten blir inte så hög. Tilluftstemperaturen blir 23 C när det är 27 C ute.



Flatön LA01 vinter

Tryckfallet över värmväxlarens frånluftside ökar något, när Tute är under -8 C , vilket betyder att fukt börjar kondensera i värmväxlaren.

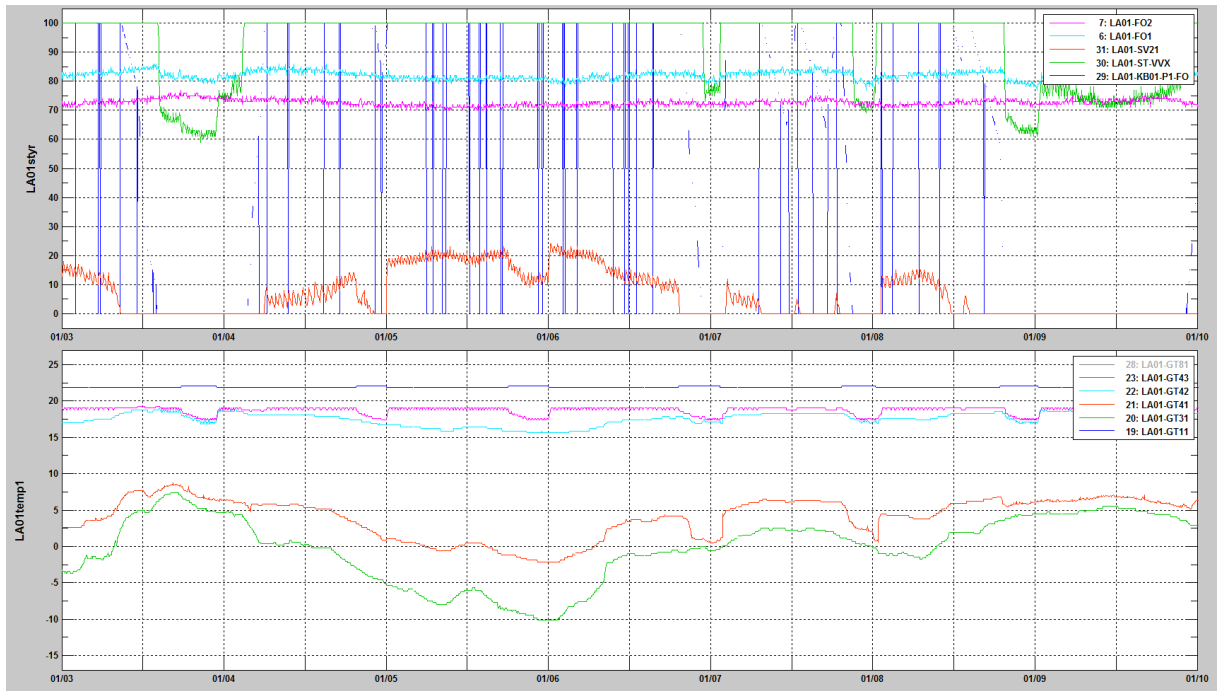
Dessutom är det ”dippar” på GT41 på nätterna 6-7 januari respektive 7-8 januari.



Analyser med
BELOK Driftanalys

Kaskadregleringen ger dippen på GT41 de två nätterna. Frånluftstemperaturen blir för hög och tilluftstemperaturen byter börvärde, så behovet av värme minskar. Sv21 (värmeventilen) stänger, förvärmningen slår ifrån samt värmeåtervinningen reglerar ner till ca 78 %. Detta ger dippen på GT41, temperaturen efter förvärmningsbatteriet.

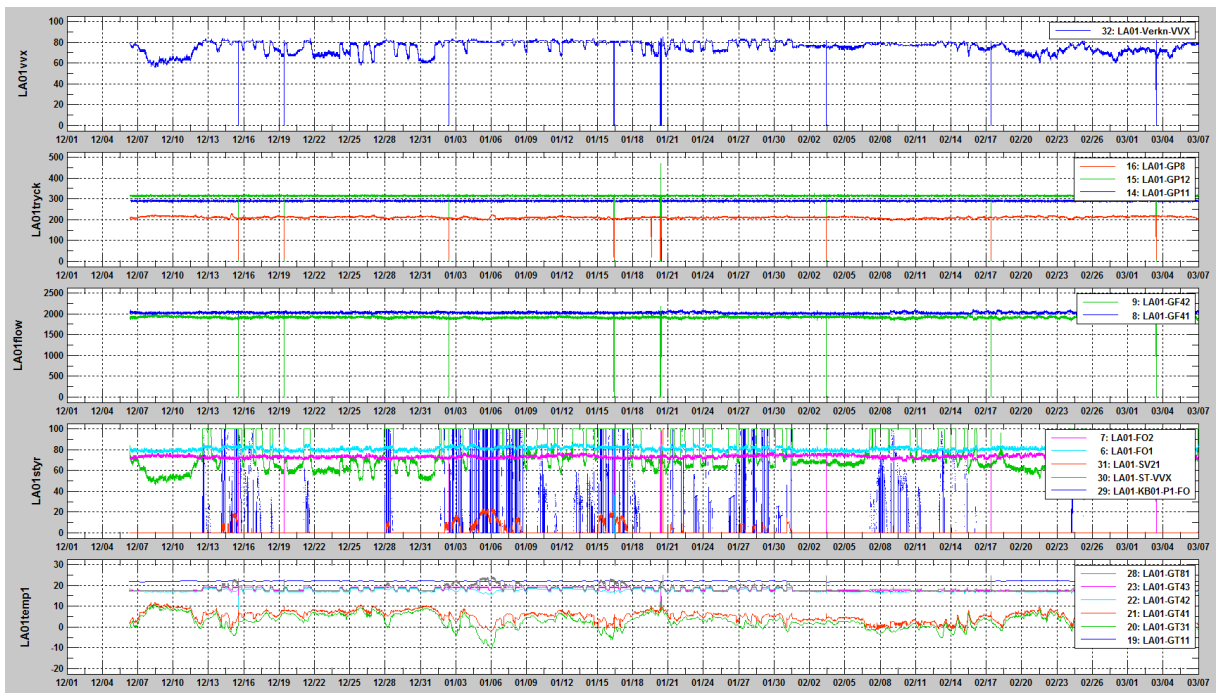
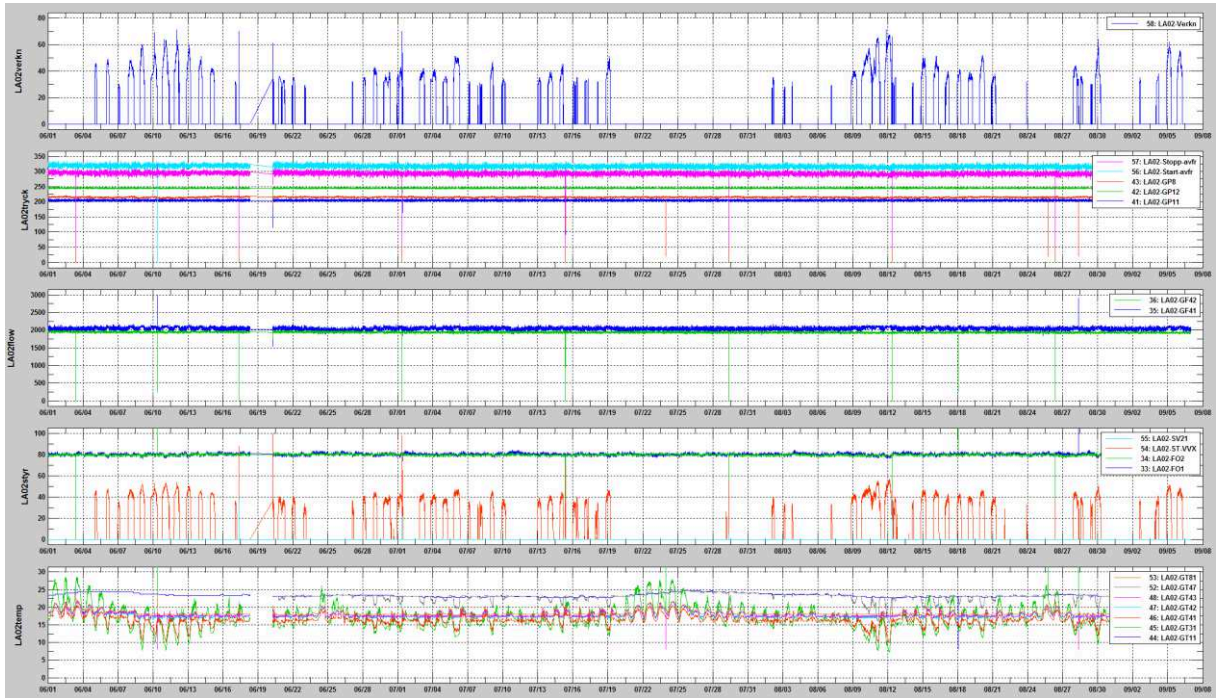
I figuren nedan ser man att de flesta kvällar/ nätter stiger frånluftstemperaturen något och tilluftstemperaturen sjunker något, men i många fall räcker det att värmeventilen stänger lite.



Analyser med
BELOK Driftanalys

Flatön LA02

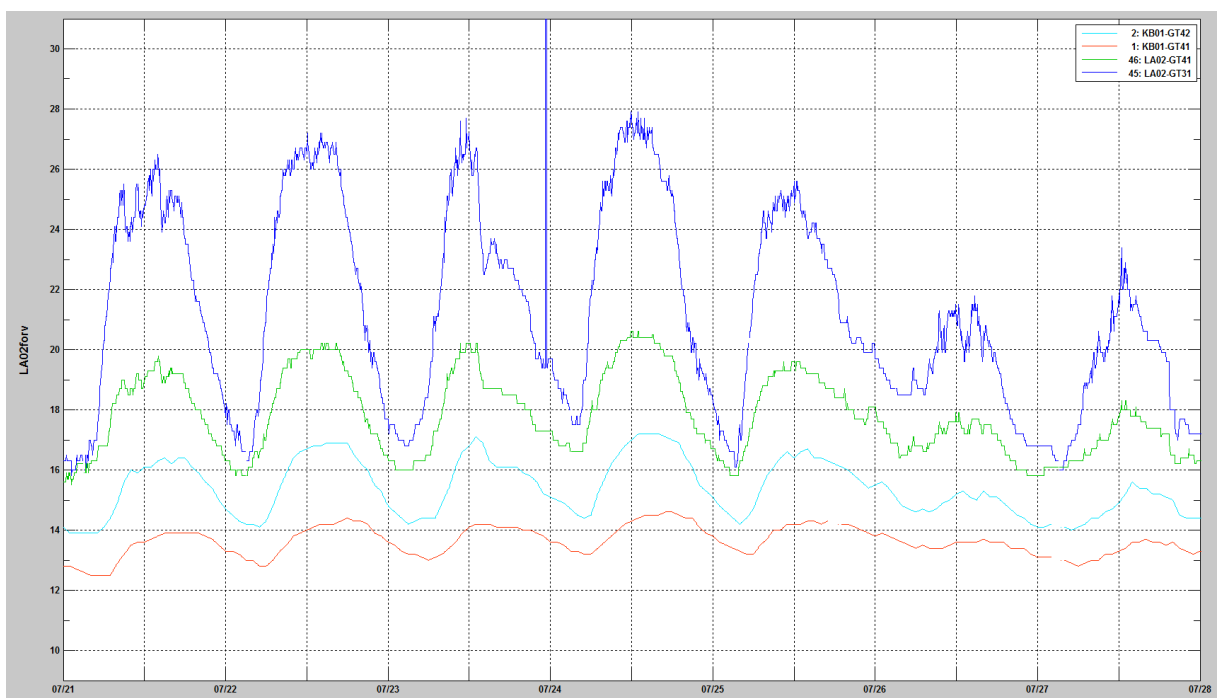
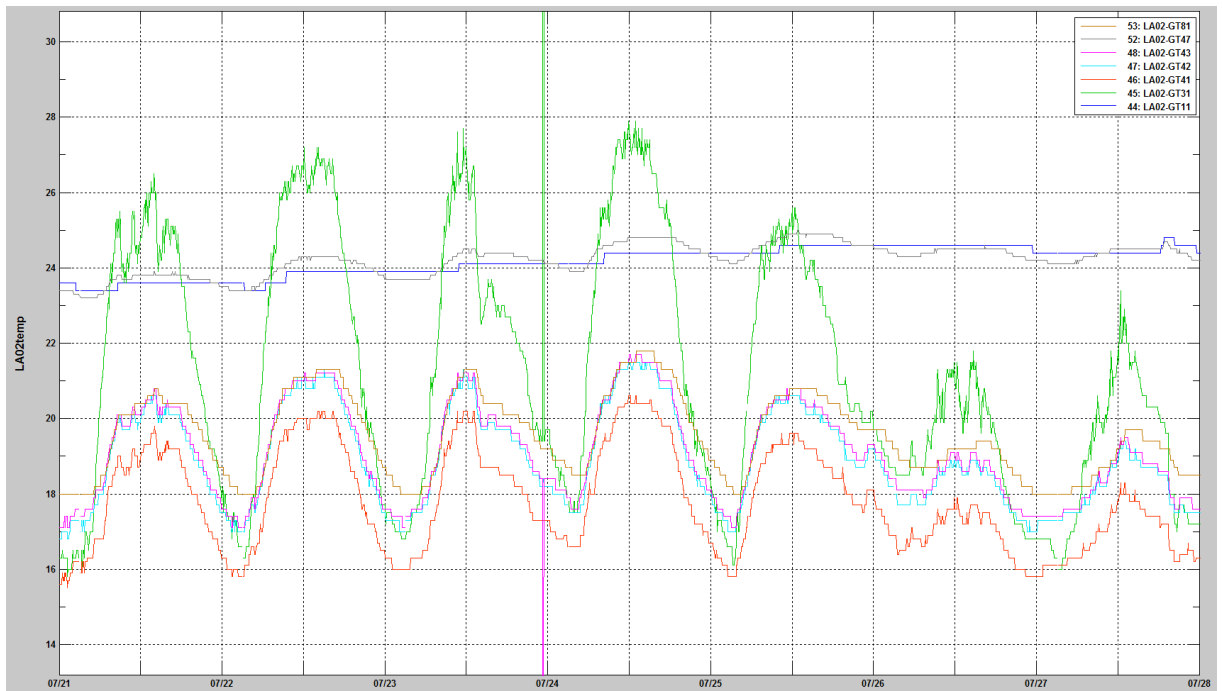
Två perioder är intressanta att titta närmare på 21-24 juli samt 5-6 januari.



Analyser med
BELOK Driftanalys

Flatön LA02 sommar

Köldbärartemperaturen är relativt hög, så kyleffekten blir inte så hög. Tilluftstemperaturen blir 22 C när det är 27 C ute. LA02 tilluftstemperatur är något lägre än LA01 tilluftstemperatur.

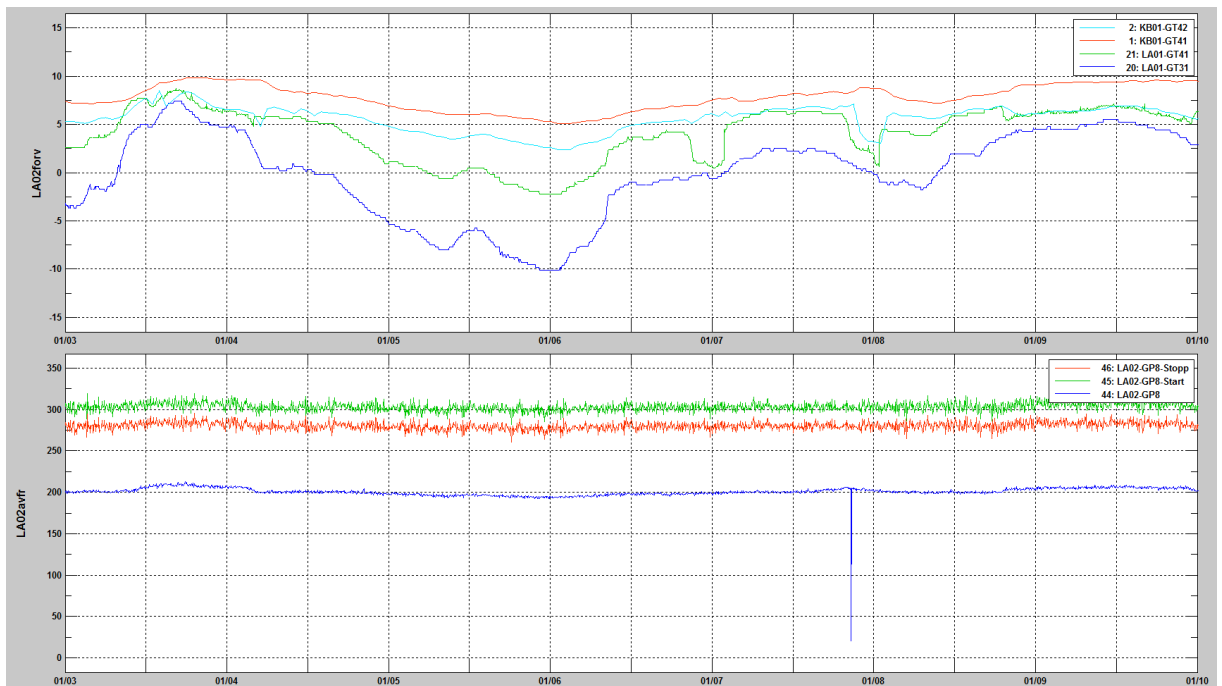
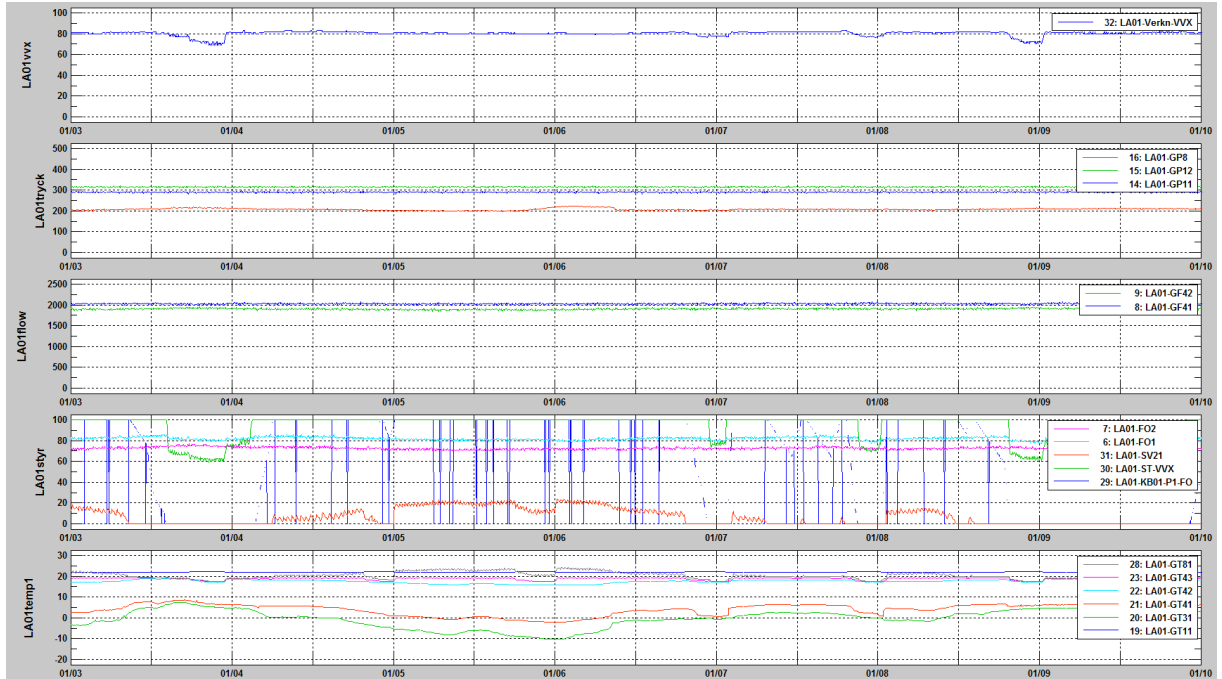


Analyser med
BELOK Driftanalys

Flatön LA02 vinter

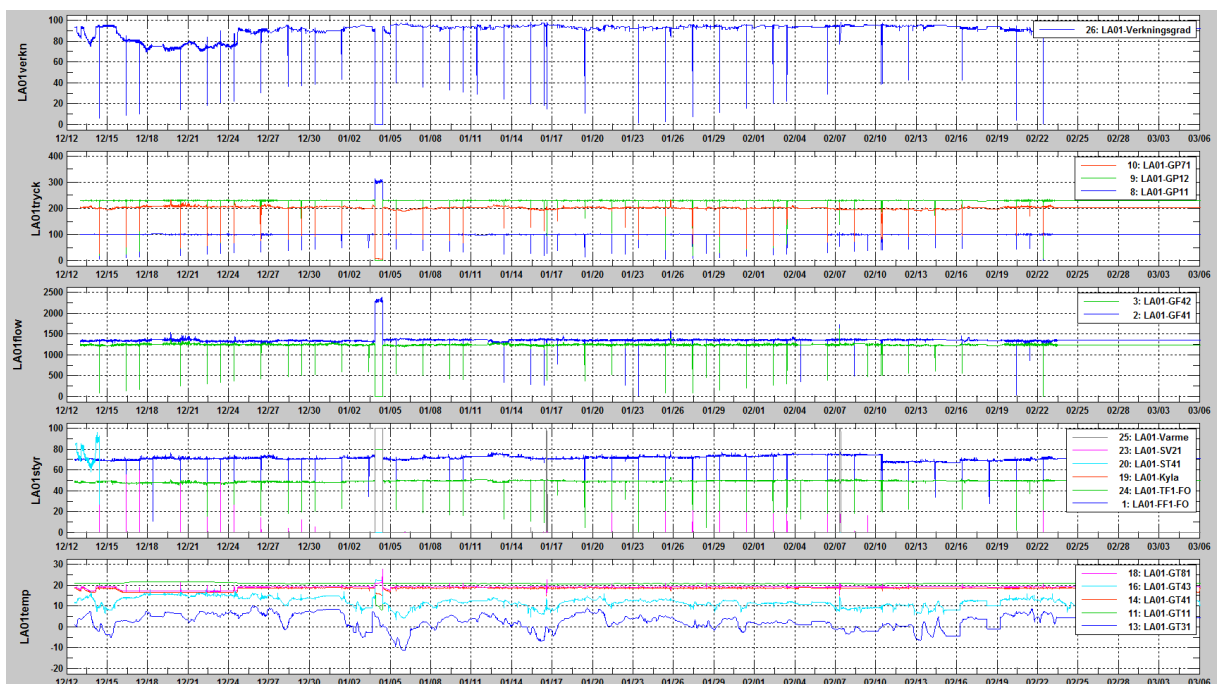
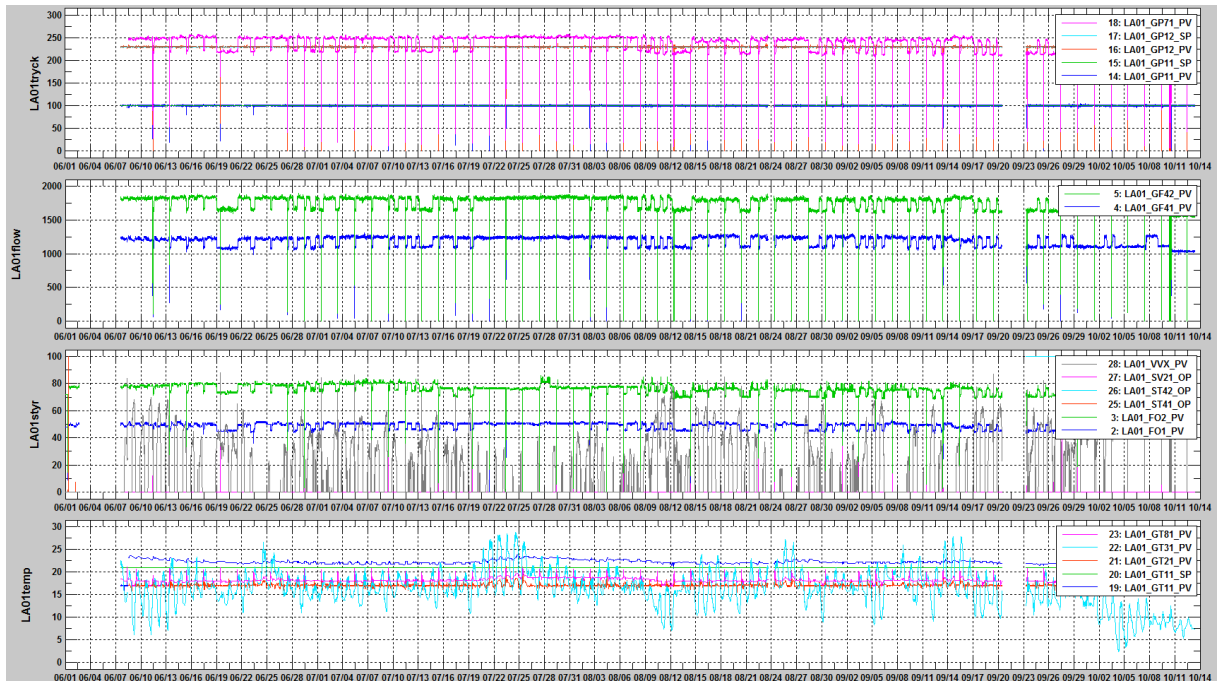
Tryckfallet över värmeväxlarens frånluftside ökar något den 3 januari på eftermiddag och kväll då värmeåtervinningen reglerar ner något.

Dessutom är det ”dippar” på GT41 på nätterna 6-7 januari respektive 7-8 januari. Samma orsak som för LA01.



Studio 1 LA01

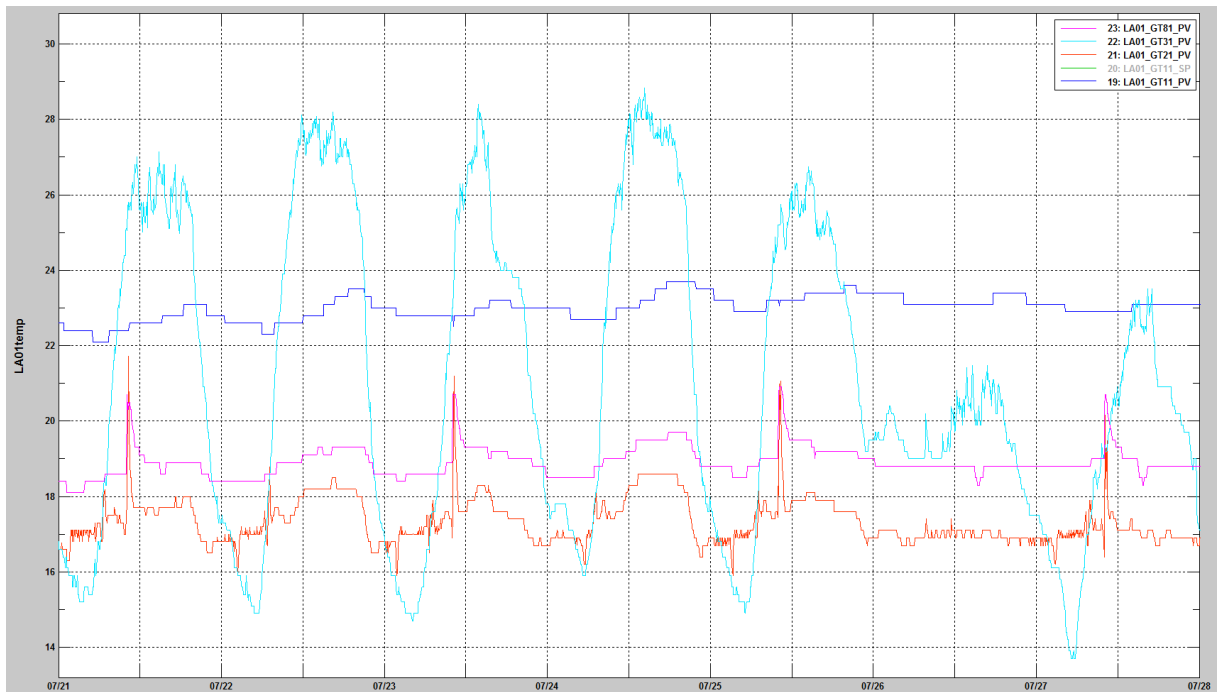
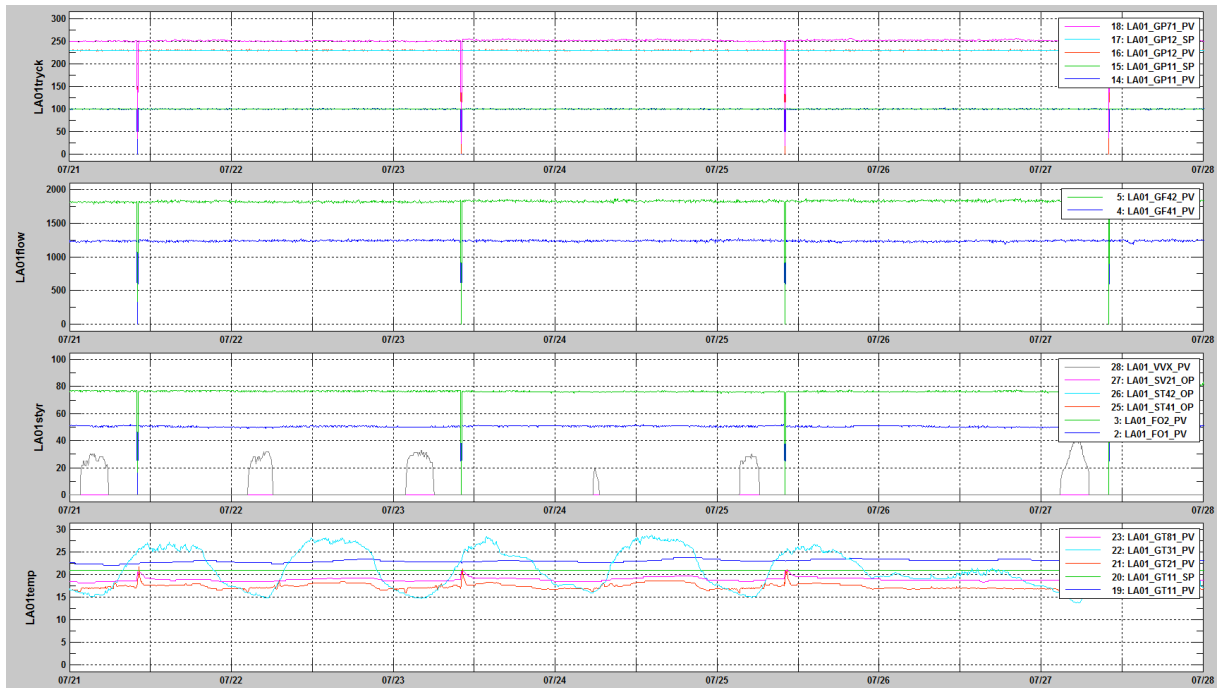
Tre perioder är intressanta att titta närmare på 21-24 juli, 13-15 september samt 5-6 januari.



Analyser med
BELOK Driftanalys

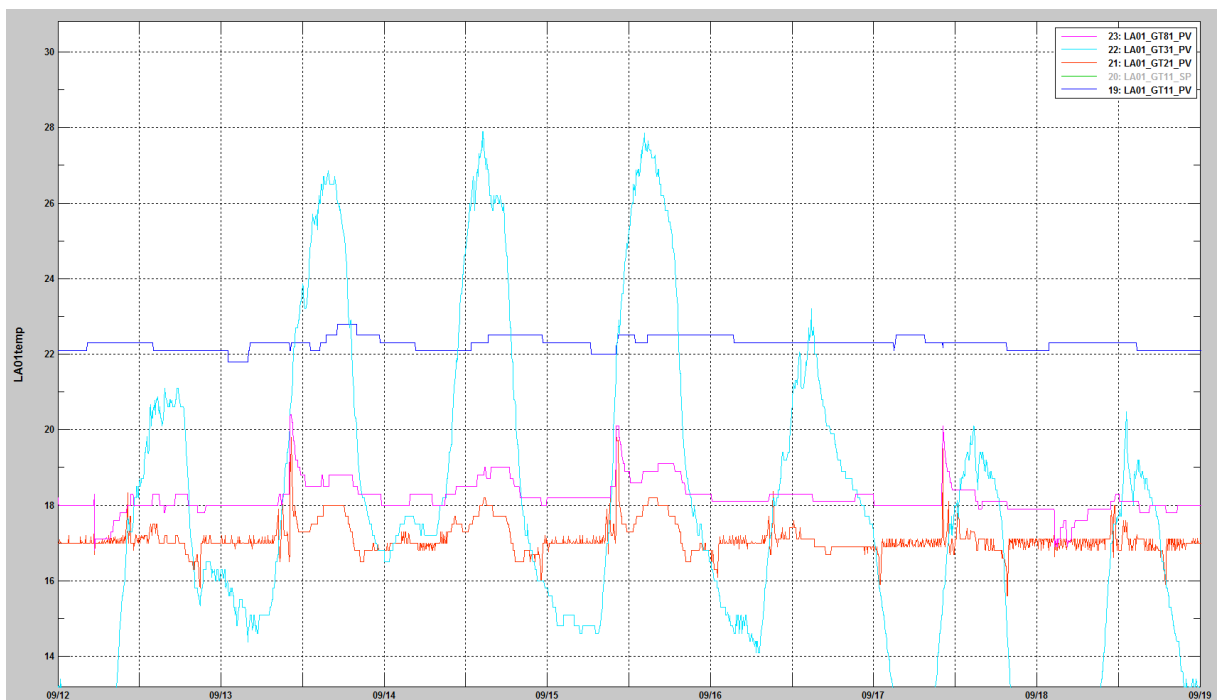
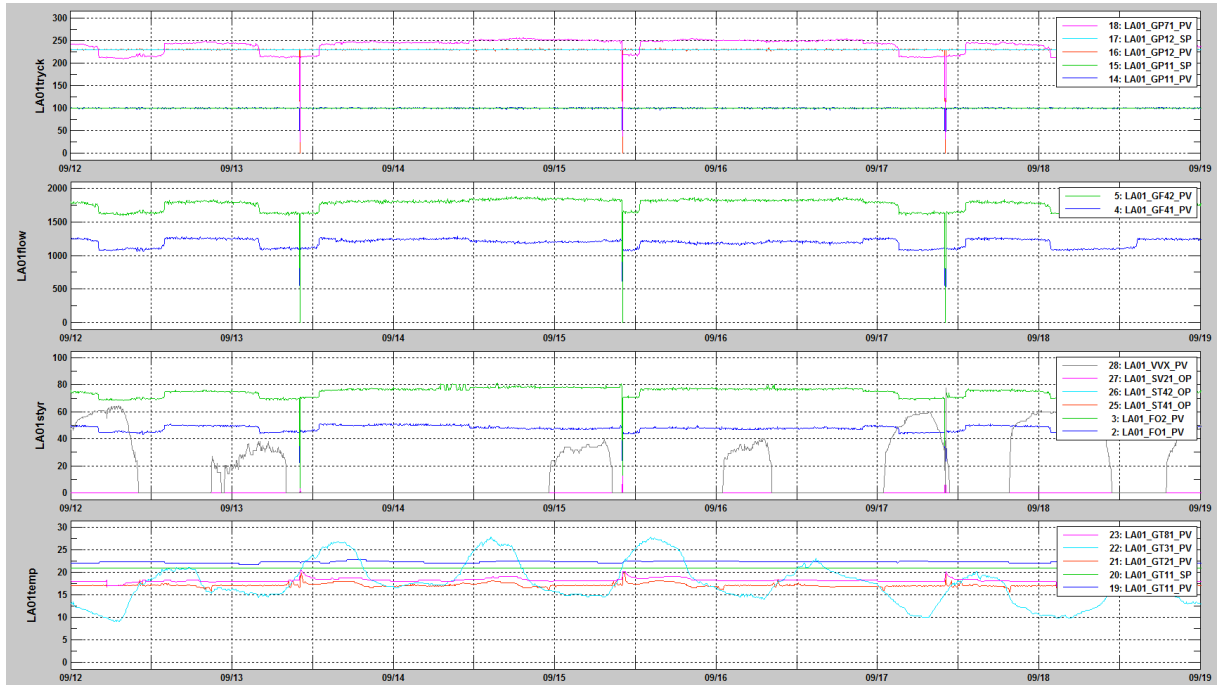
Studio 1 LA01 sommar

Tilluftstemperaturen blir 19 °C när det är 28 °C ute.



Analyser med
BELOK Driftanalys

Tilluftstemperaturen blir 19 °C när det är nästan 28 °C ute.

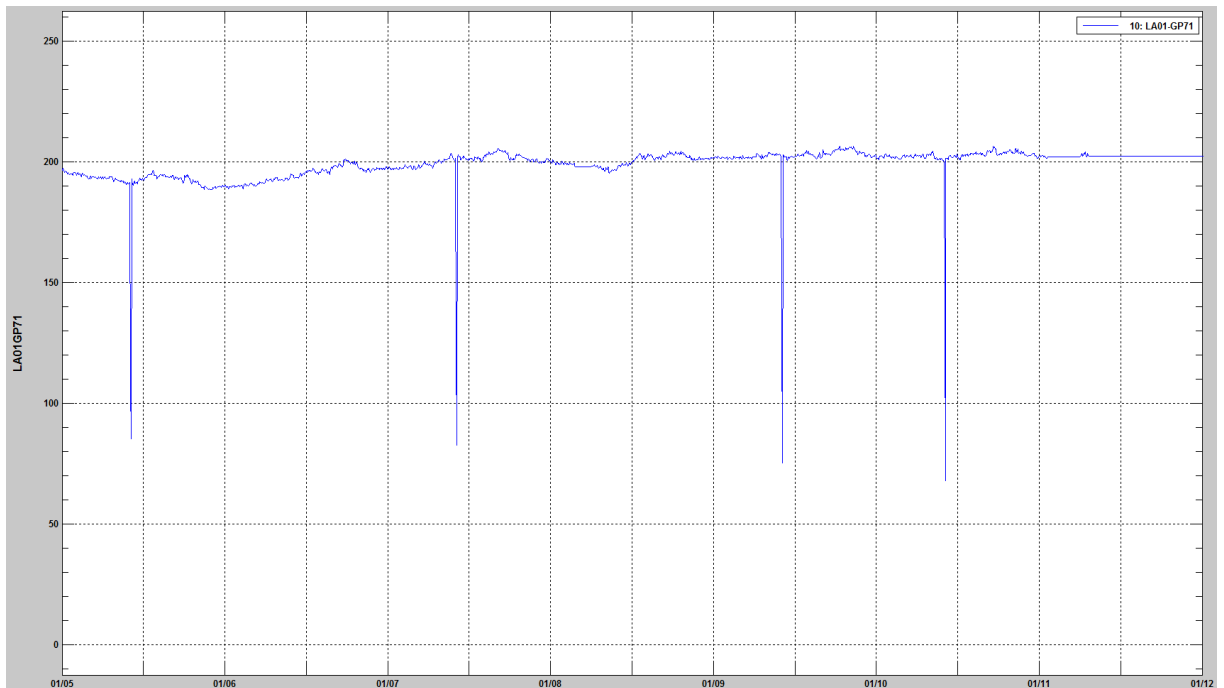
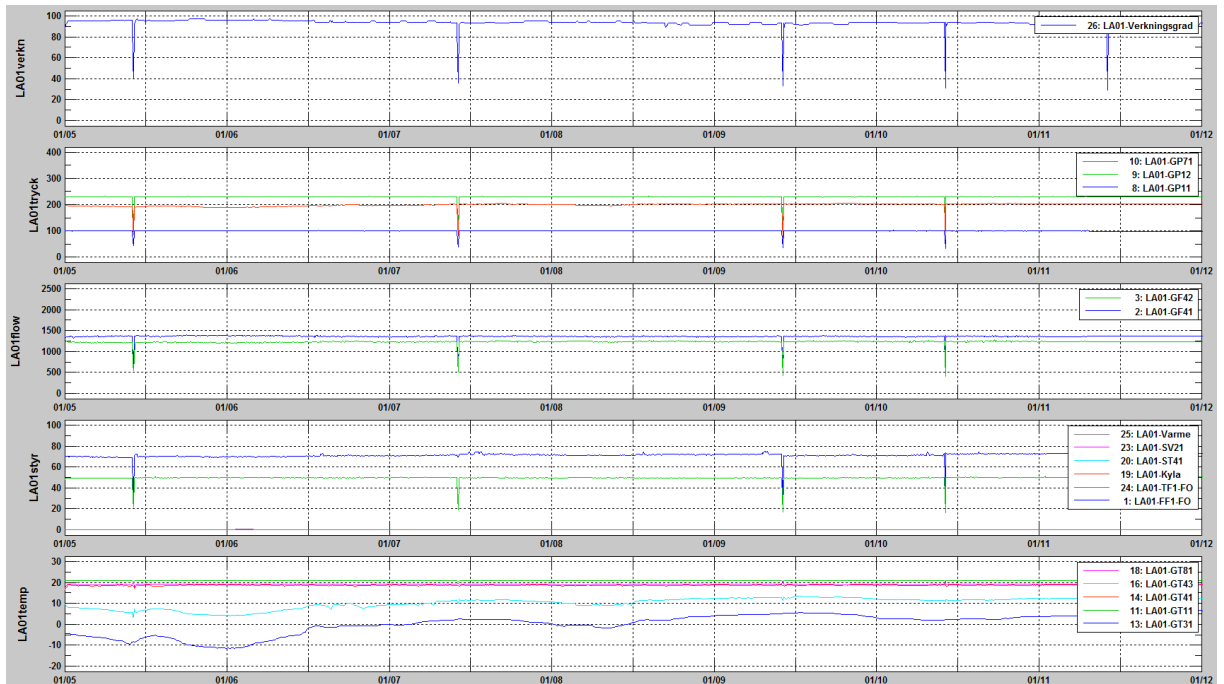


Analyser med
BELOK Driftanalys

Studio 1 LA01 vinter

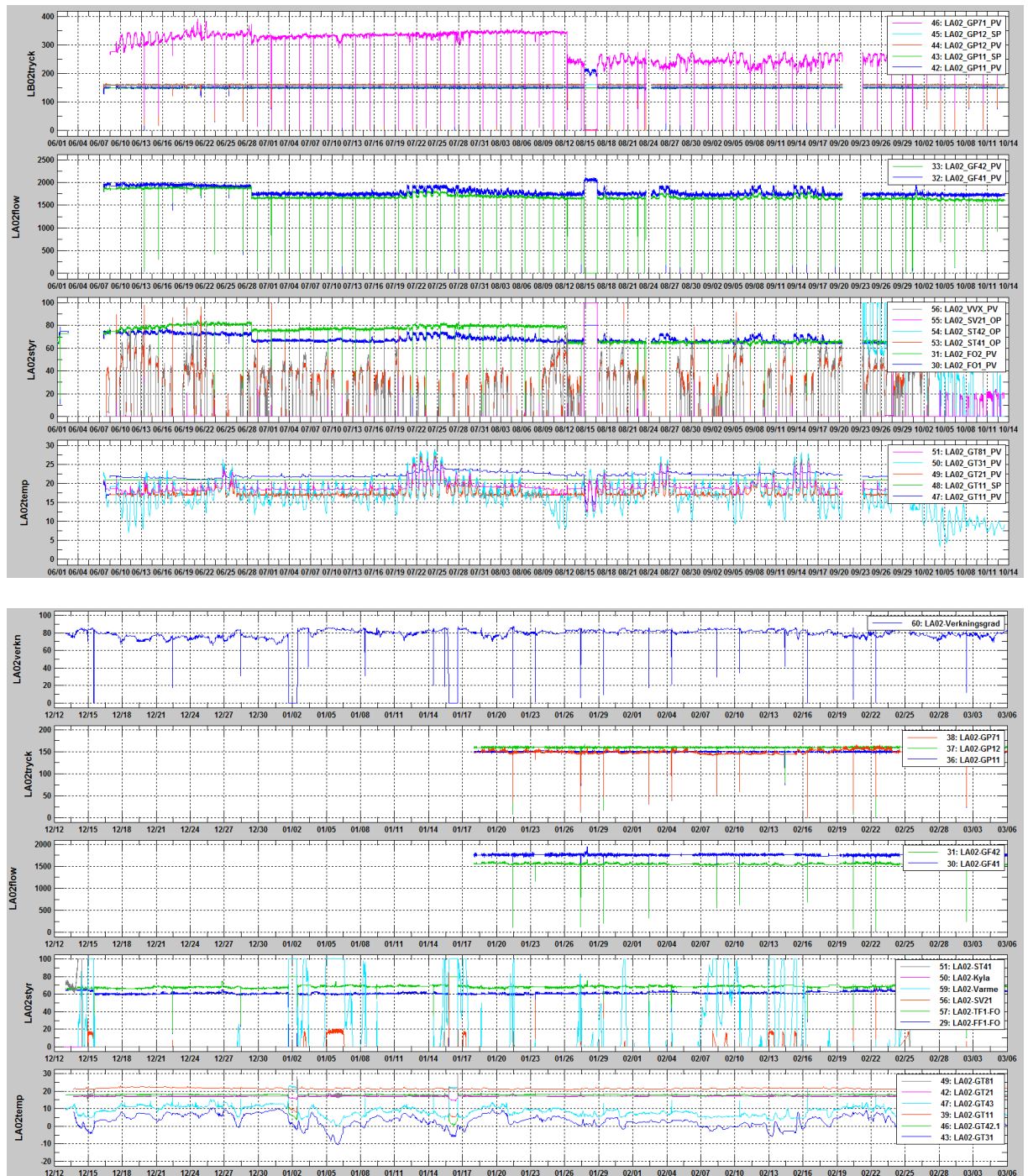
Tryckfallet över värmväxlarens frånluft sida är relativt konstant, vilket indikerar att det inte finns någon större kondensering i vvx.

Dipparna (spikarna nedåt) på kurvorna indikerar funktionstest av brandgasevakuering-funktion var 48:e timme.



Studio 1 LA02

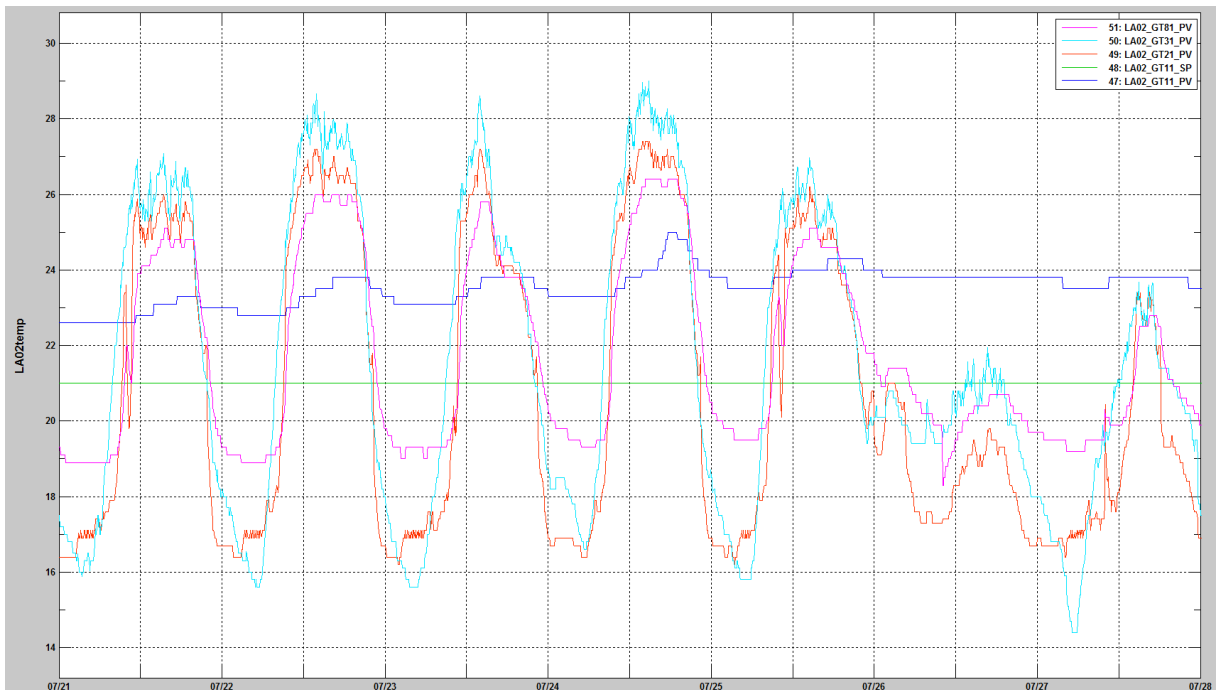
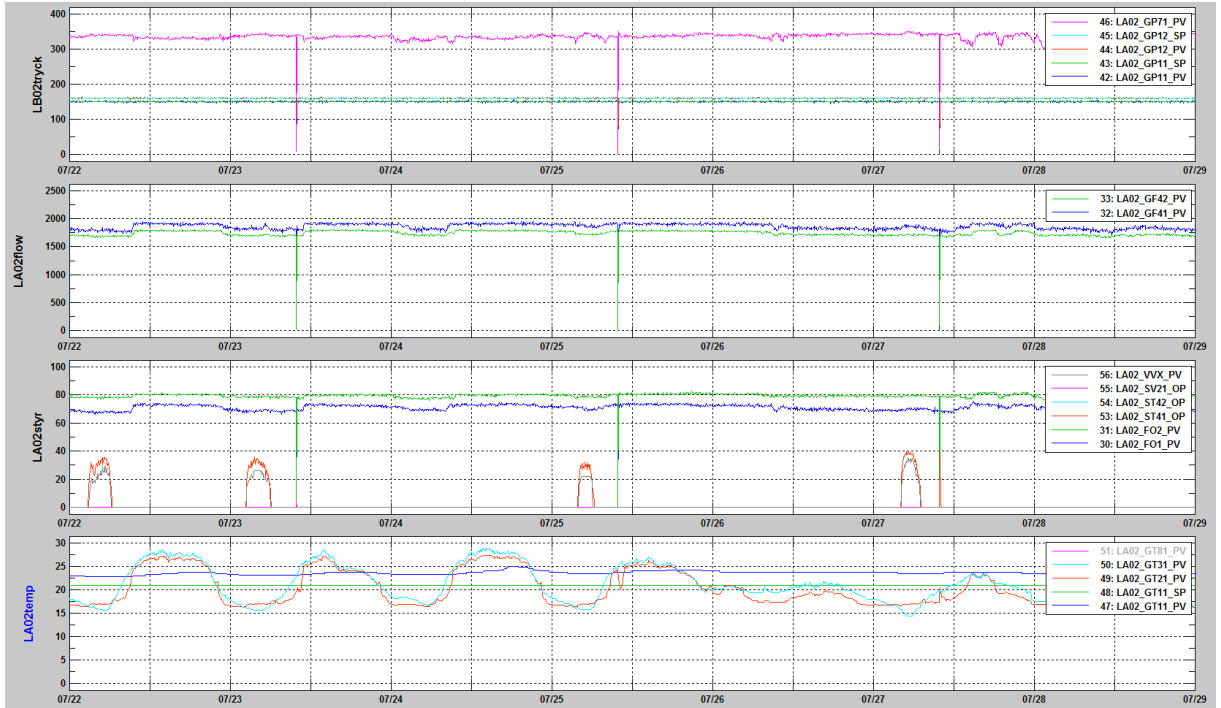
Tre perioder är intressanta att titta närmare på 21-24 juli, 13-15 september samt 5-6 januari.



Analyser med
BELOK Driftanalys

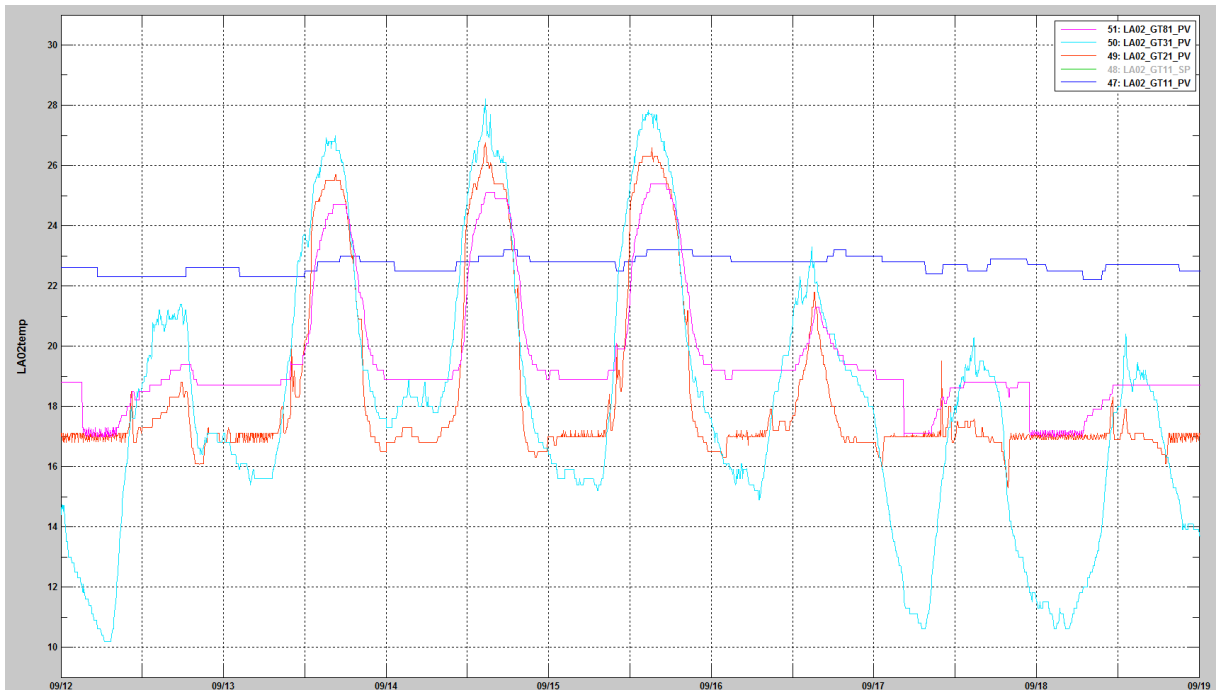
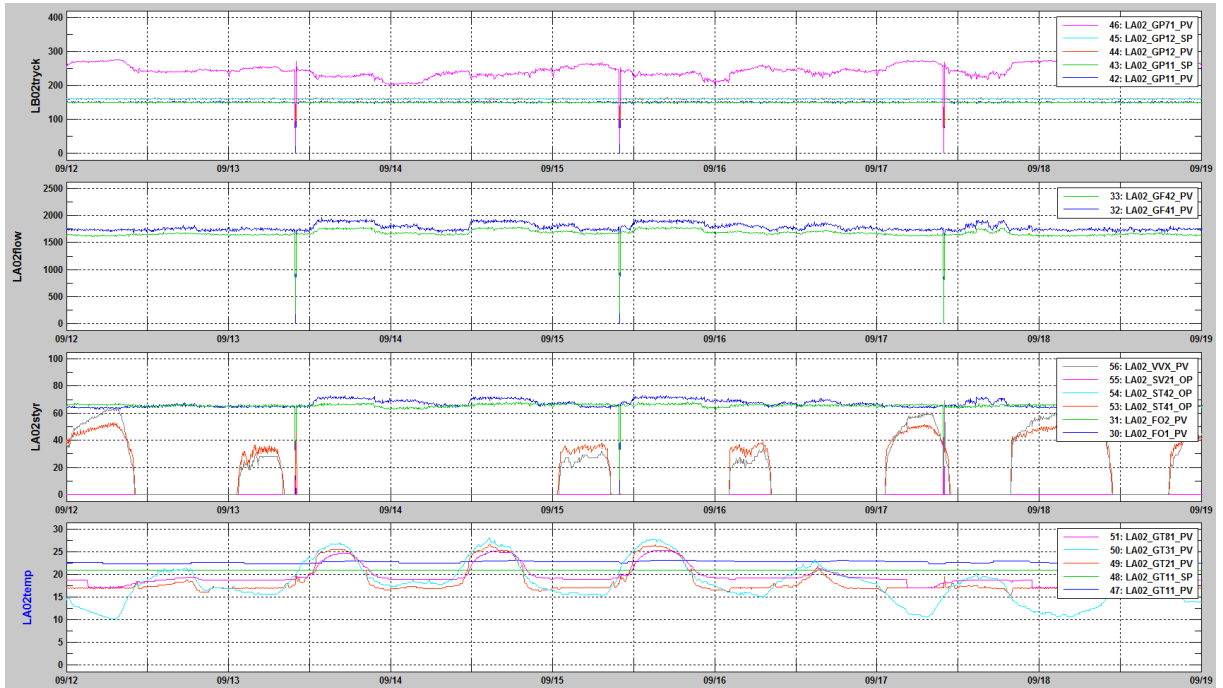
Studio 1 LA02 sommar

Tilluftstemperaturen blir 27 °C när det är 28 °C ute. Det är problem med förkylningen!



Analys med
BELOK Driftanalys

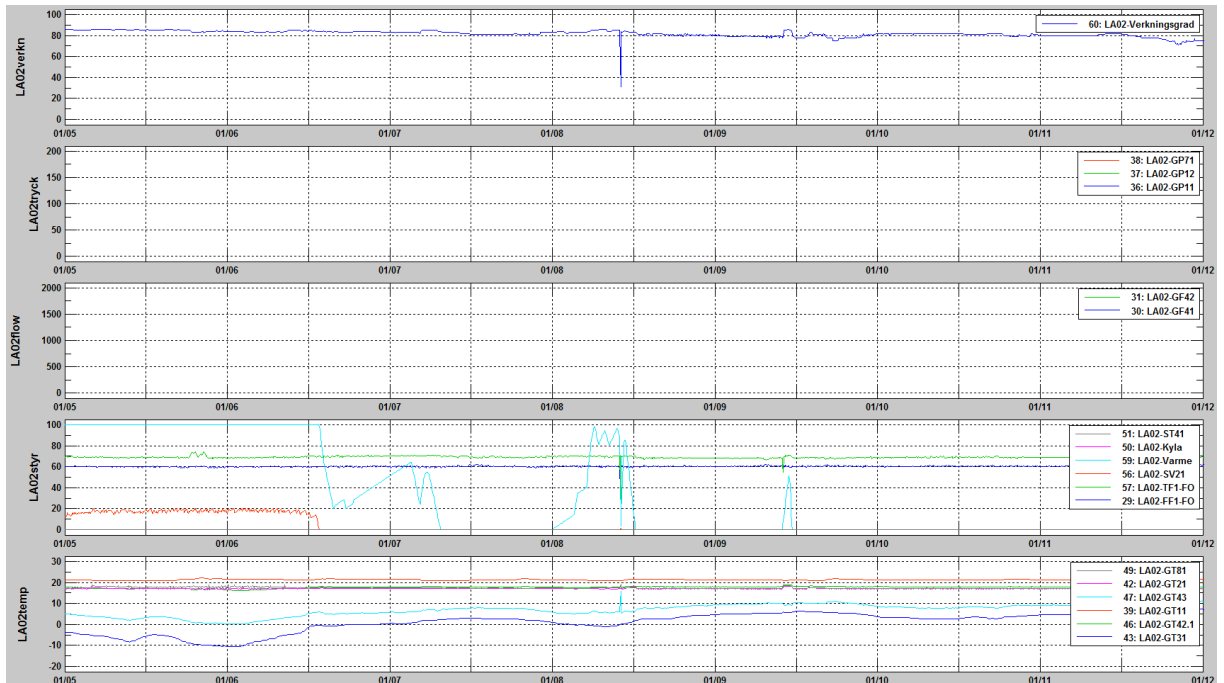
Tilluftstemperaturen blir 26,5 °C när det är 27,5 °C ute. Det är problem med förkylningen!



Analyser med
BELOK Driftanalys

Studio 1 LA02 vinter

Temperaturmätningen efter förvärmningsbatteriet saknas på LA02, men det kan ses på avluftstemperaturerna och luftflödena att förvärmningen fungerar.

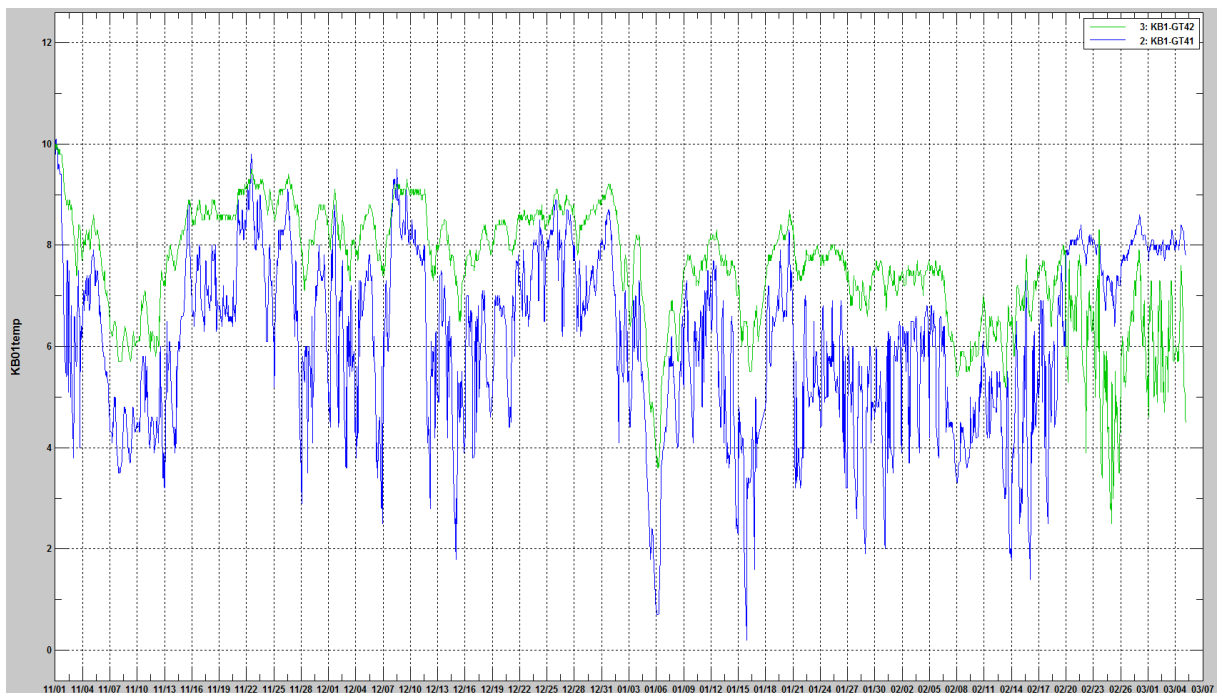
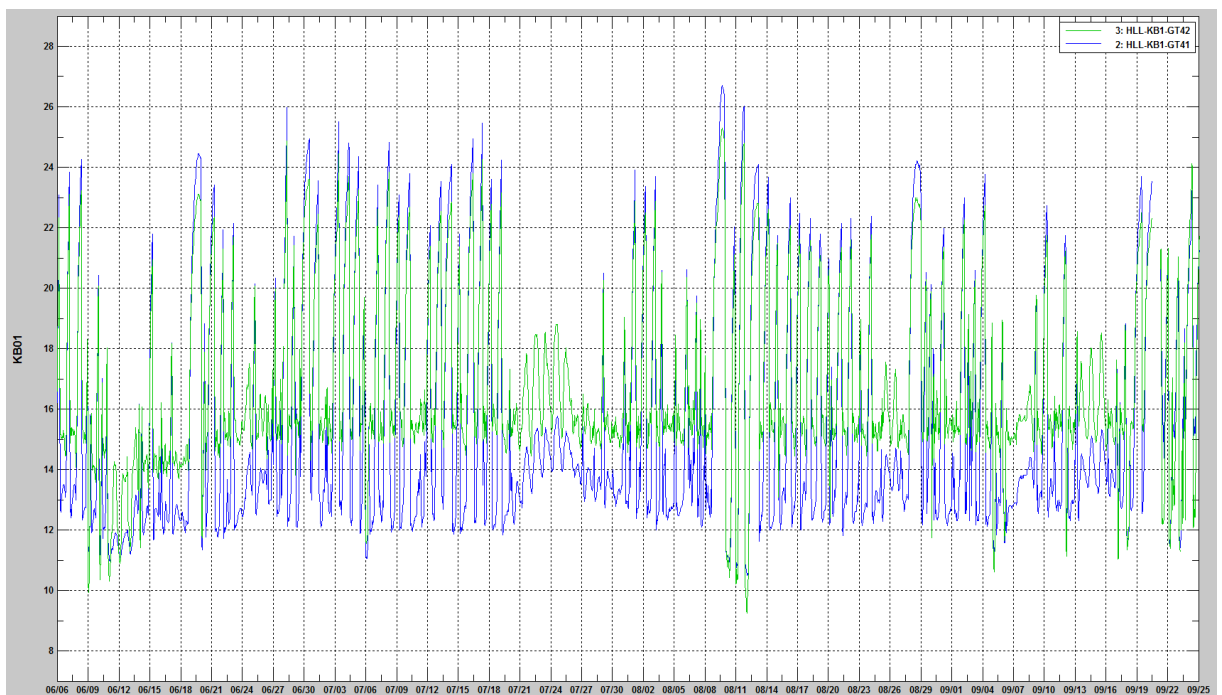


HSB Living Lab KB01

KB-kretsen är relativt varm. Marktemperaturen verkar vara ca 11 °C.

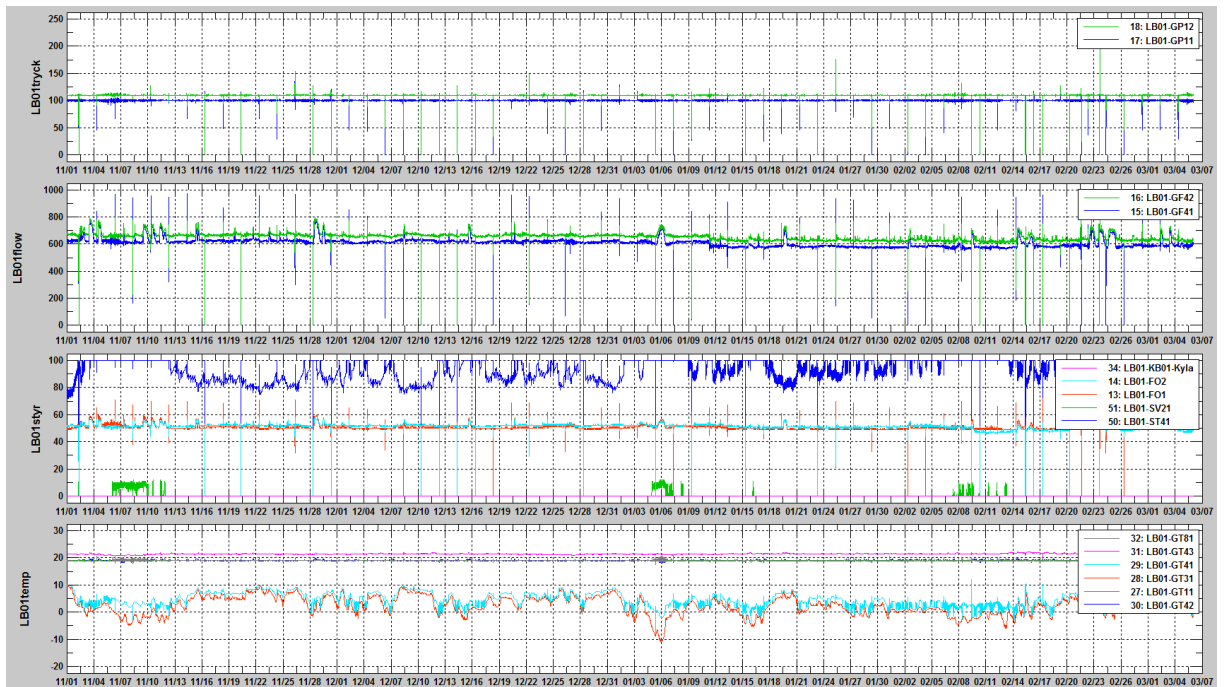
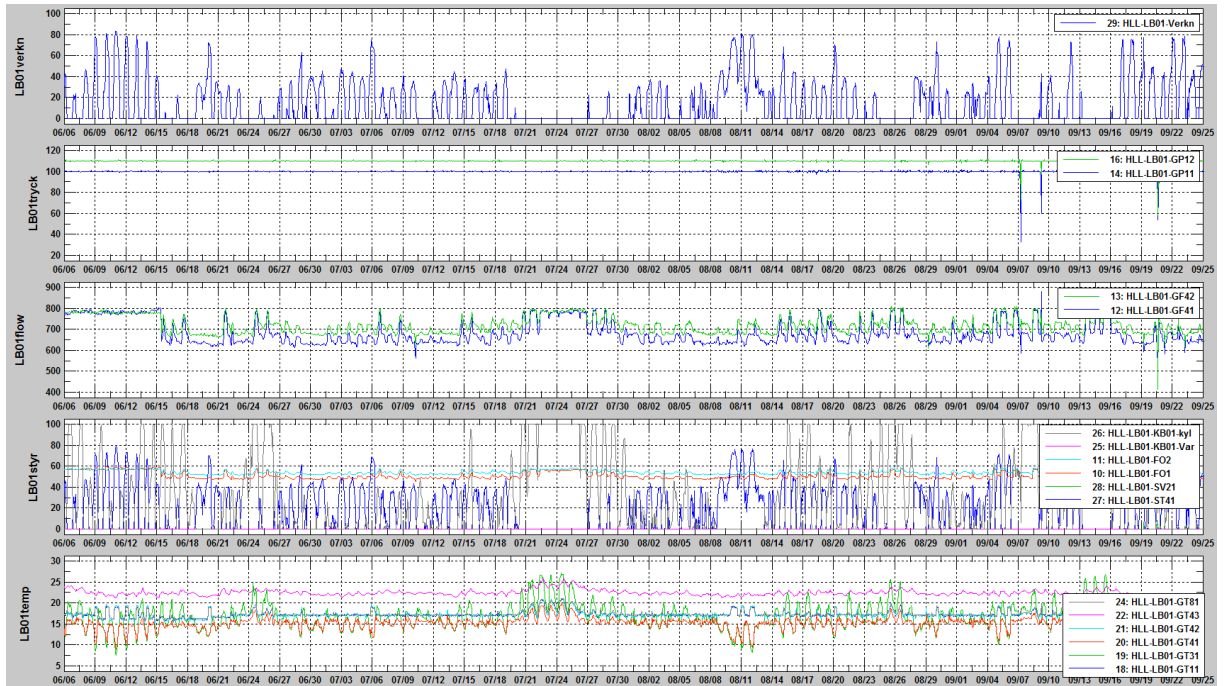
Under sommaren är ”bottennivån” 12 °C på temperaturen från borrhålen samt är som varmast 15,6 °C. Vid två tillfällen under sommaren är utetempererauren så låg att inkommande uteluft förvärms.

Under vintern är högstanivån för temperaturen från borrhålet ca 10 °C och som lägst 4 °C.



HSB Living Lab LB01

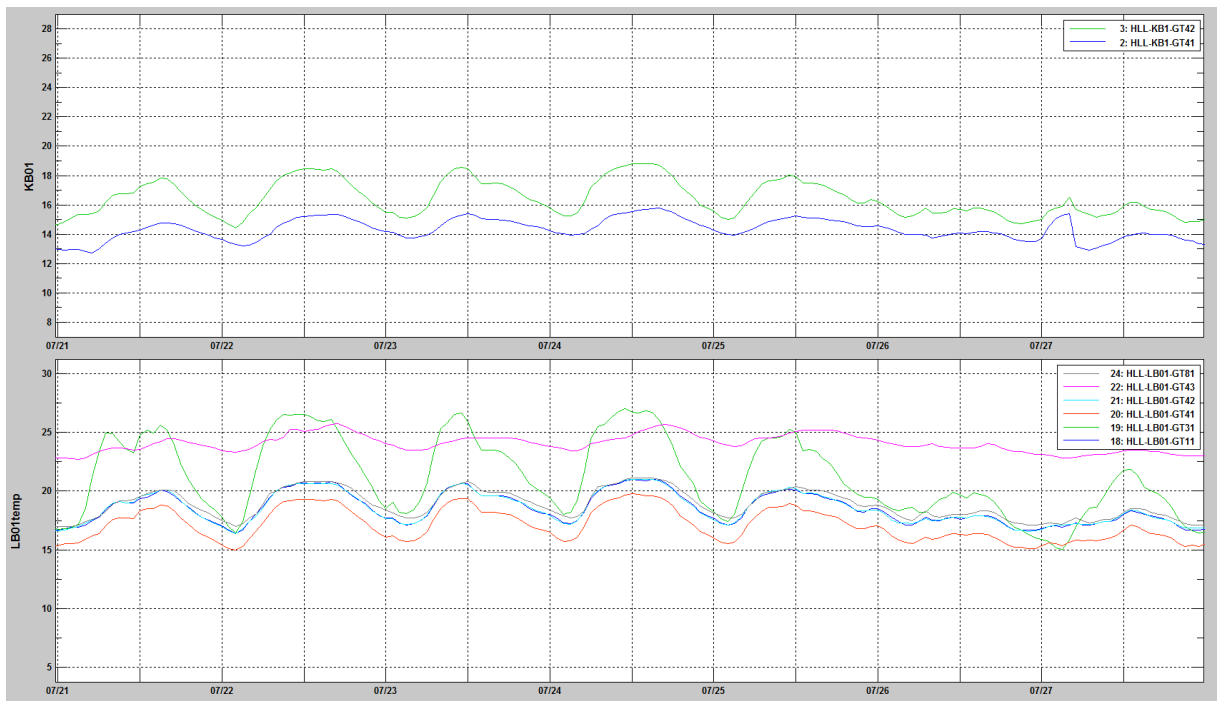
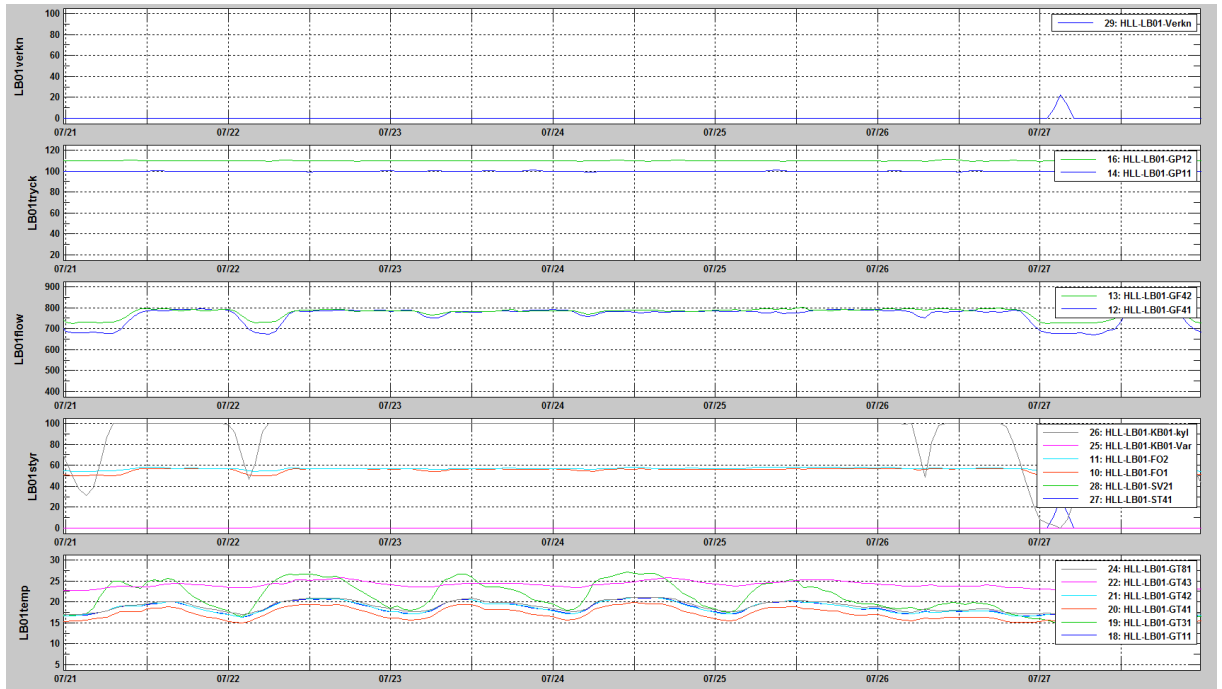
Tre perioder är intressanta att titta närmare på 21-24 juli, 13-15 september samt 5-6 januari.



Analyser med
BELOK Driftanalys

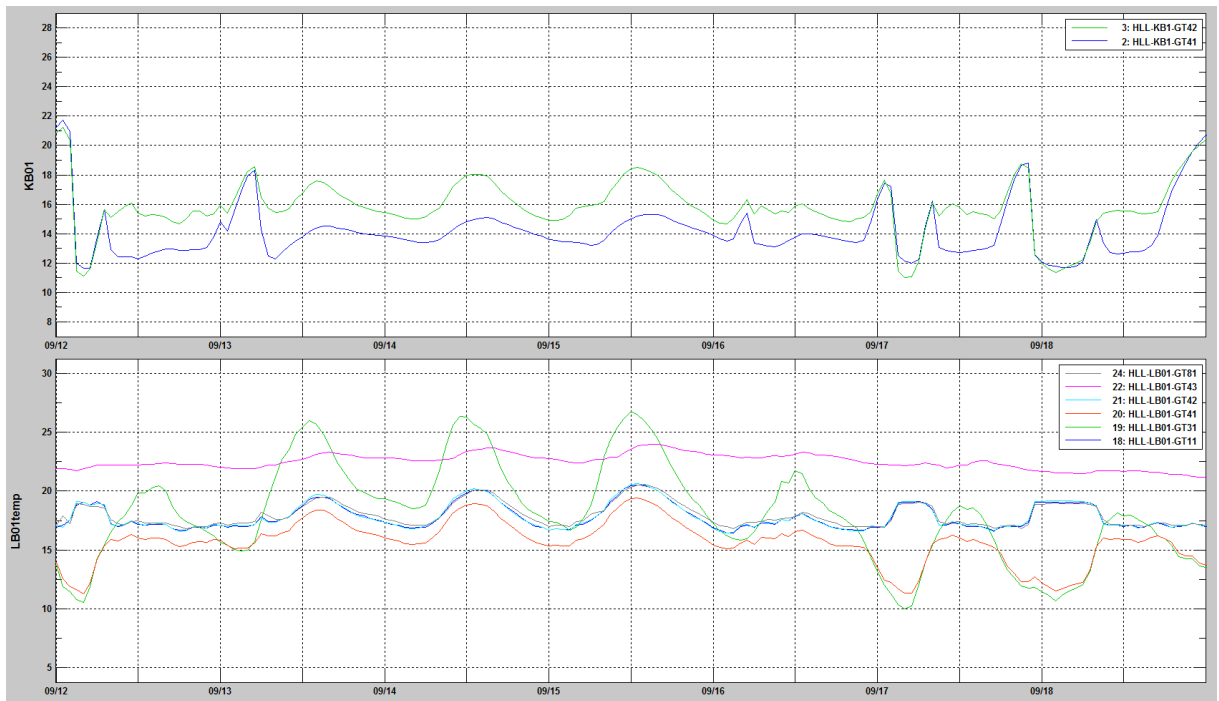
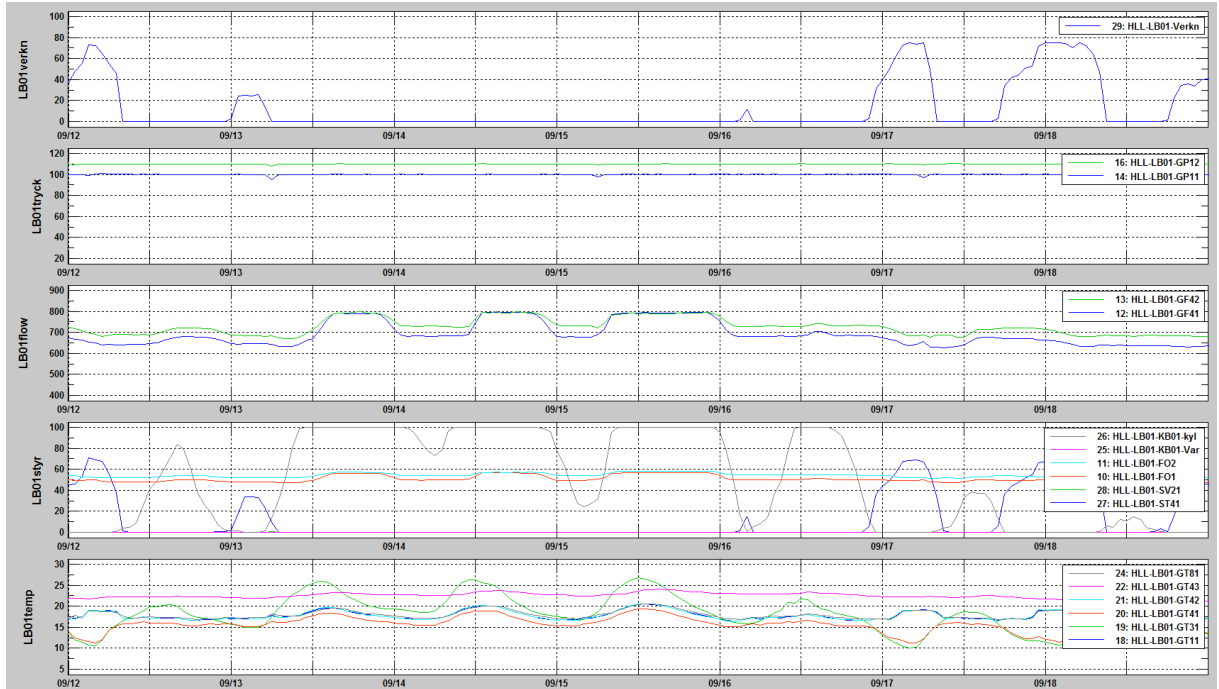
HSB Living Lab LB01 sommar

Köldbärartemperaturen är relativt hög, så kyleffekten blir inte så hög. Tilluftstemperaturen blir 20 °C när det är 27 °C ute.



Analyser med
BELOK Driftanalys

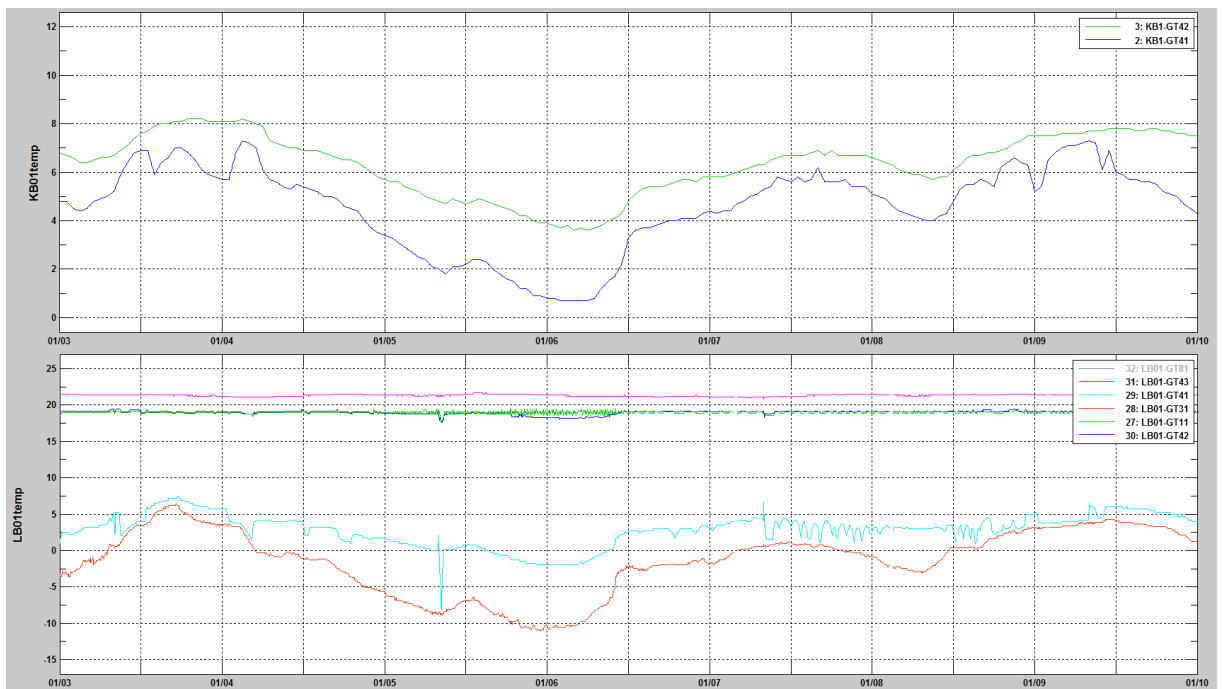
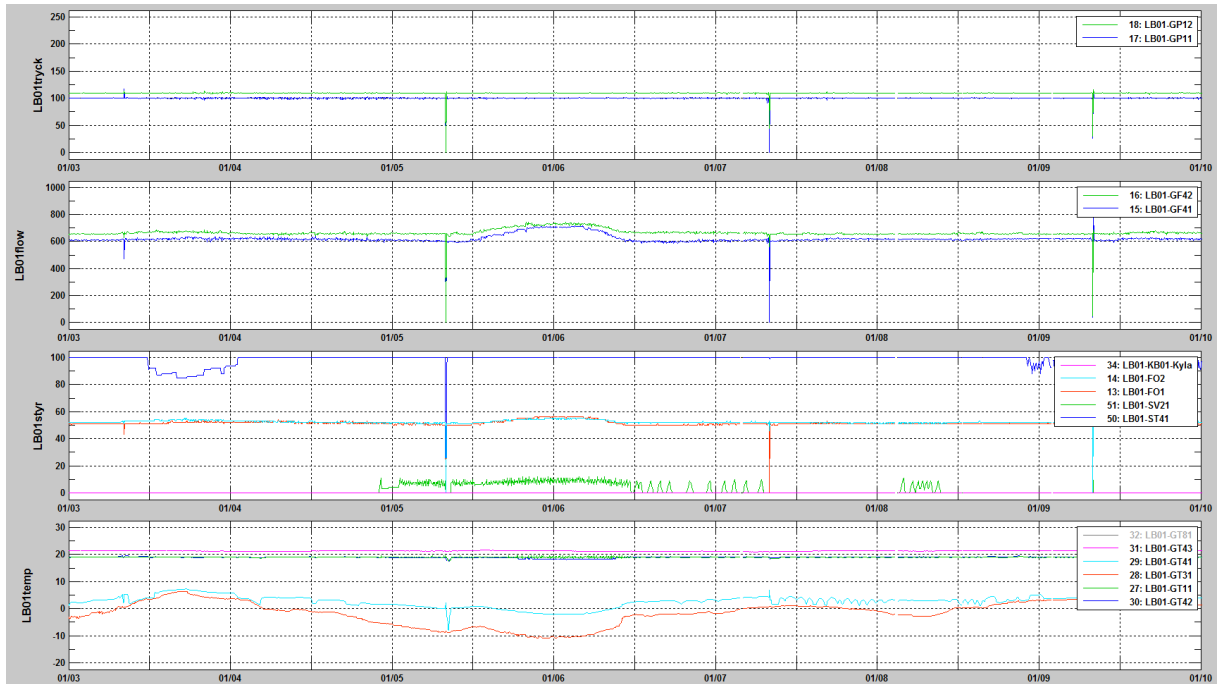
Köldbärartemperaturen är relativt hög, så kyleffekten blir inte så hög. Tilluftstemperaturen blir 19 °C när det är 27 °C ute.



Analyser med
BELOK Driftanalys

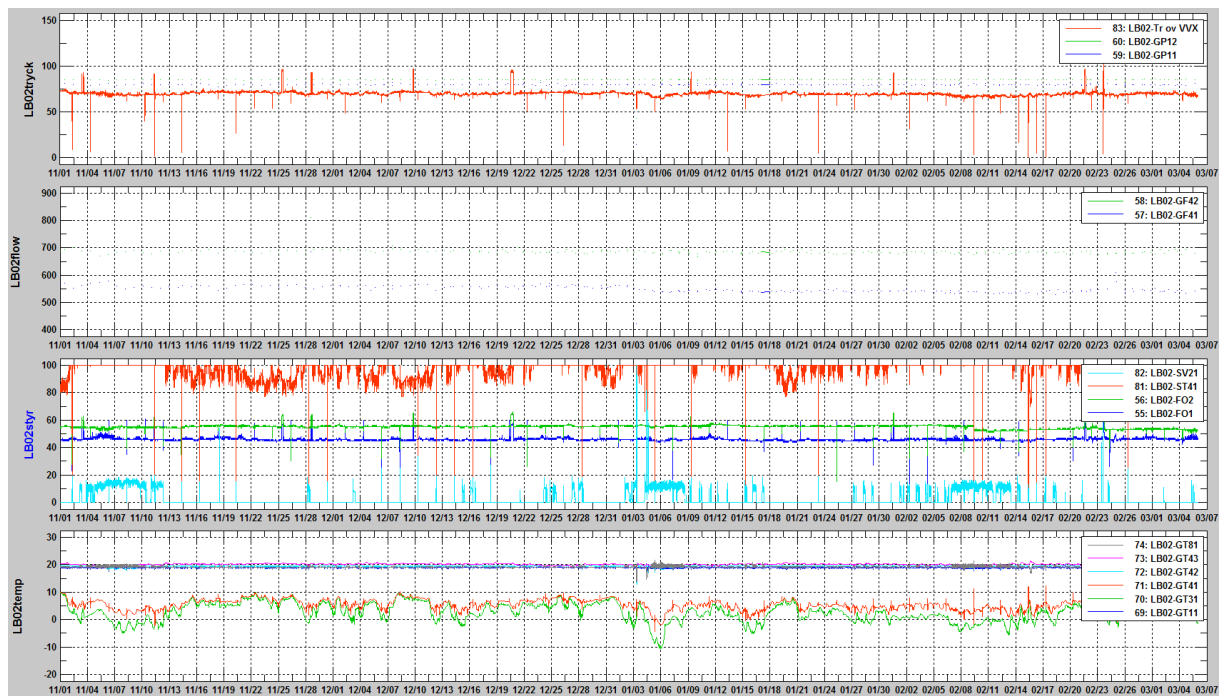
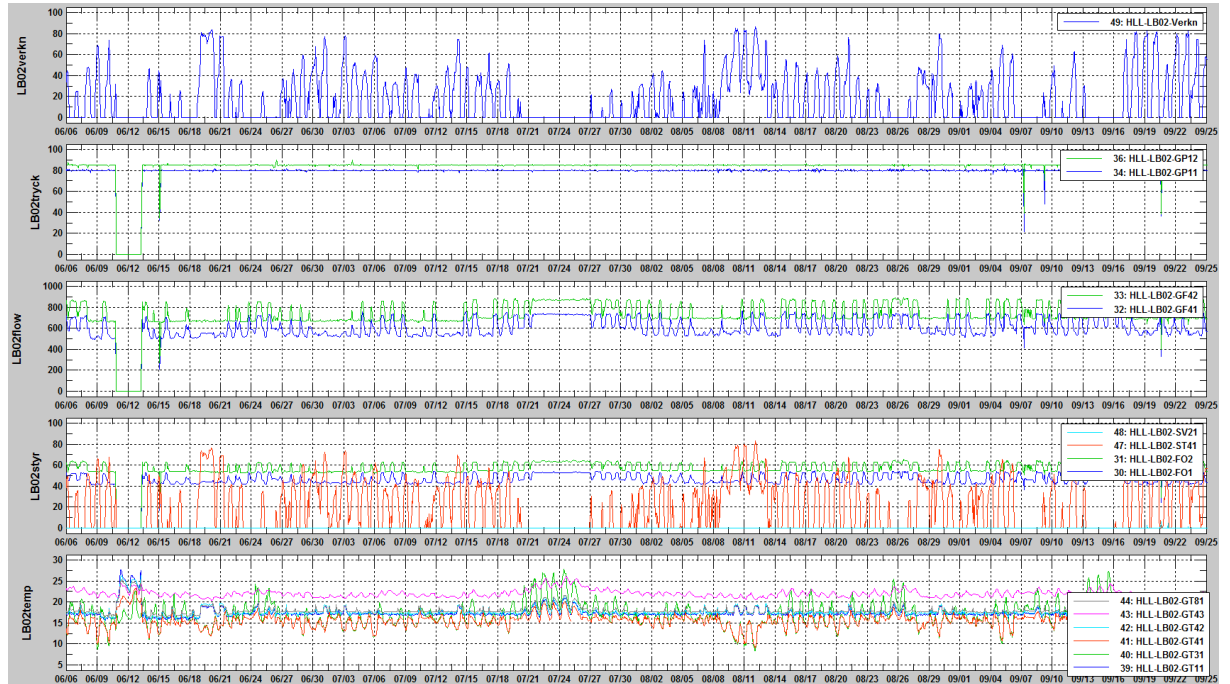
HSB Living Lab LA01 vinter

Fövärmningen fungerar väl och värmer uteluften på ca -11 °C till -2 °C.



HSB Living Lab LB02

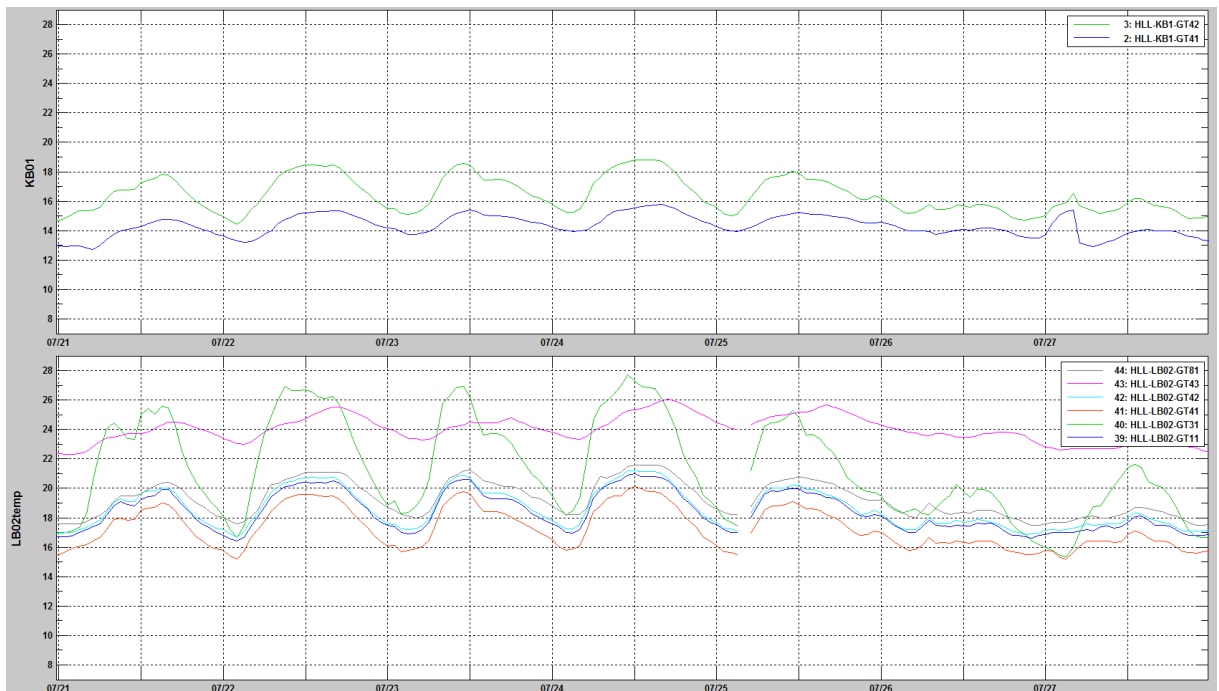
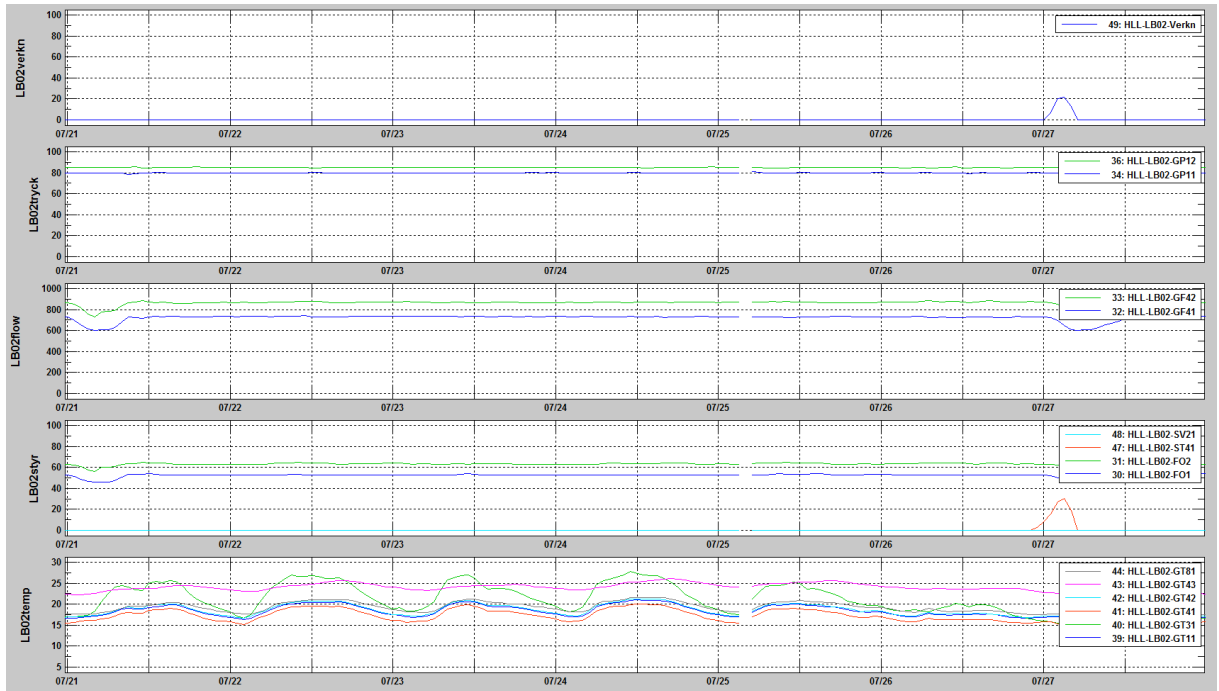
Tre perioder är intressanta att titta närmare på 21-24 juli, 13-15 september samt 5-6 januari.



Analyser med
BELOK Driftanalys

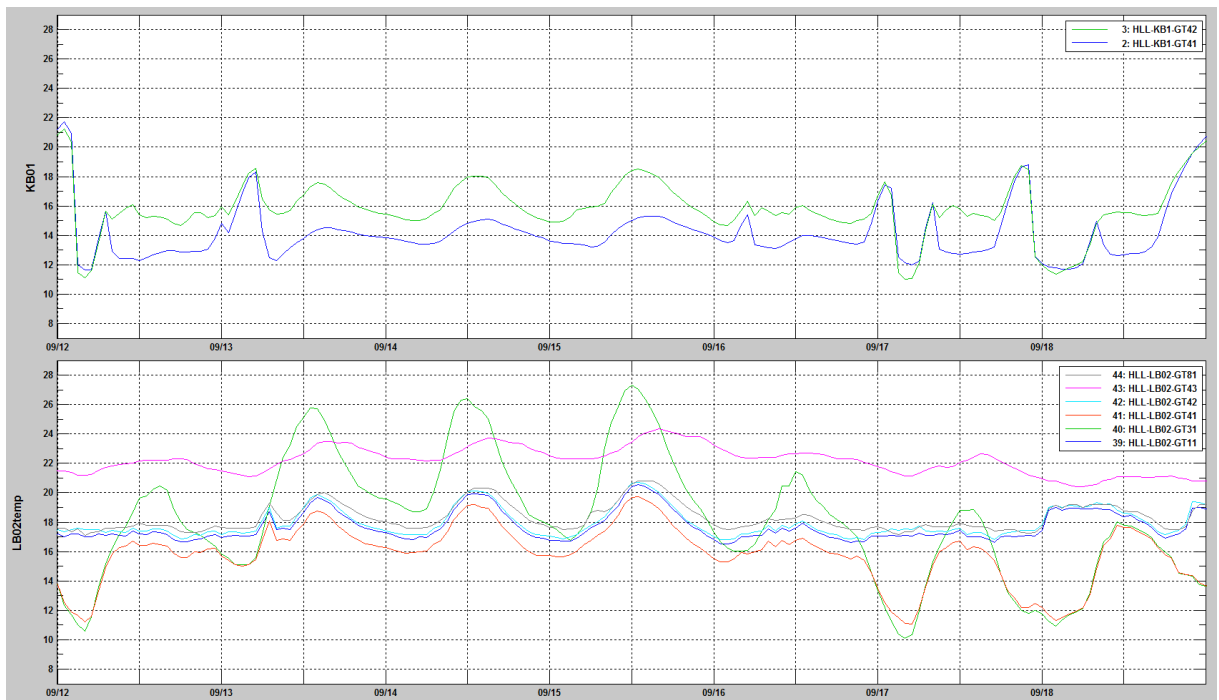
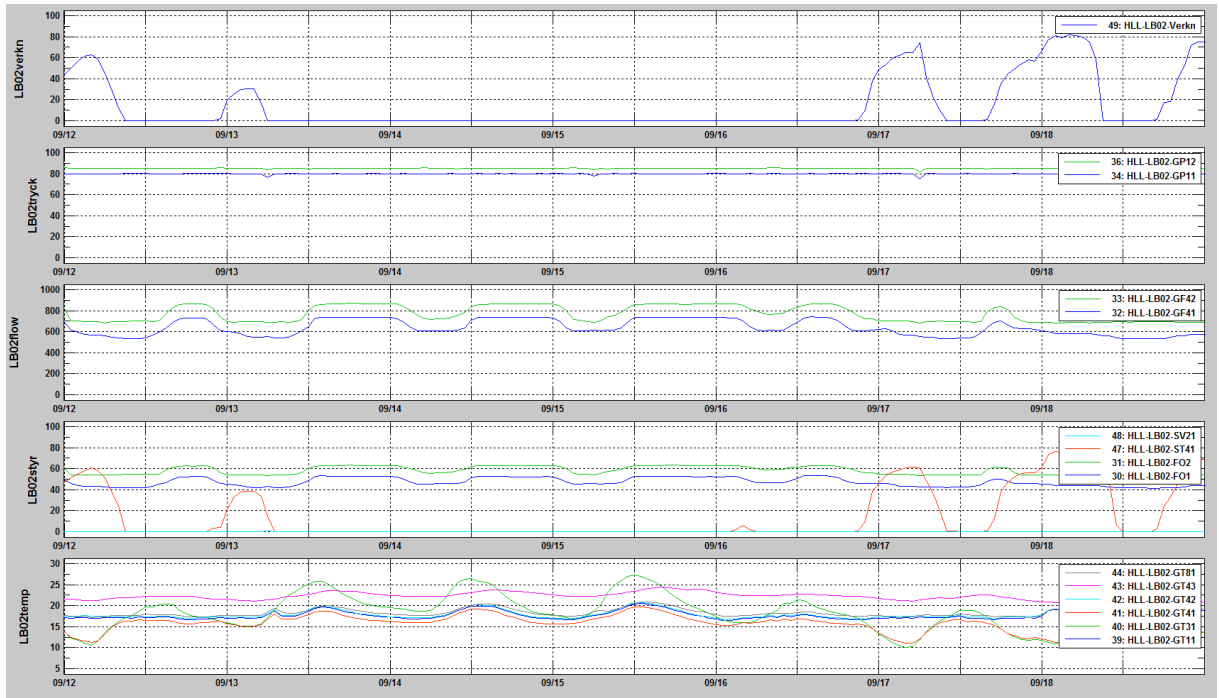
HSB Living Lab LA02 sommar

Köldbärartemperaturen är relativt hög, så kyleffekten blir inte så hög. Tilluftstemperaturen blir 20 °C när det är 27 °C ute.



Analyser med
BELOK Driftanalys

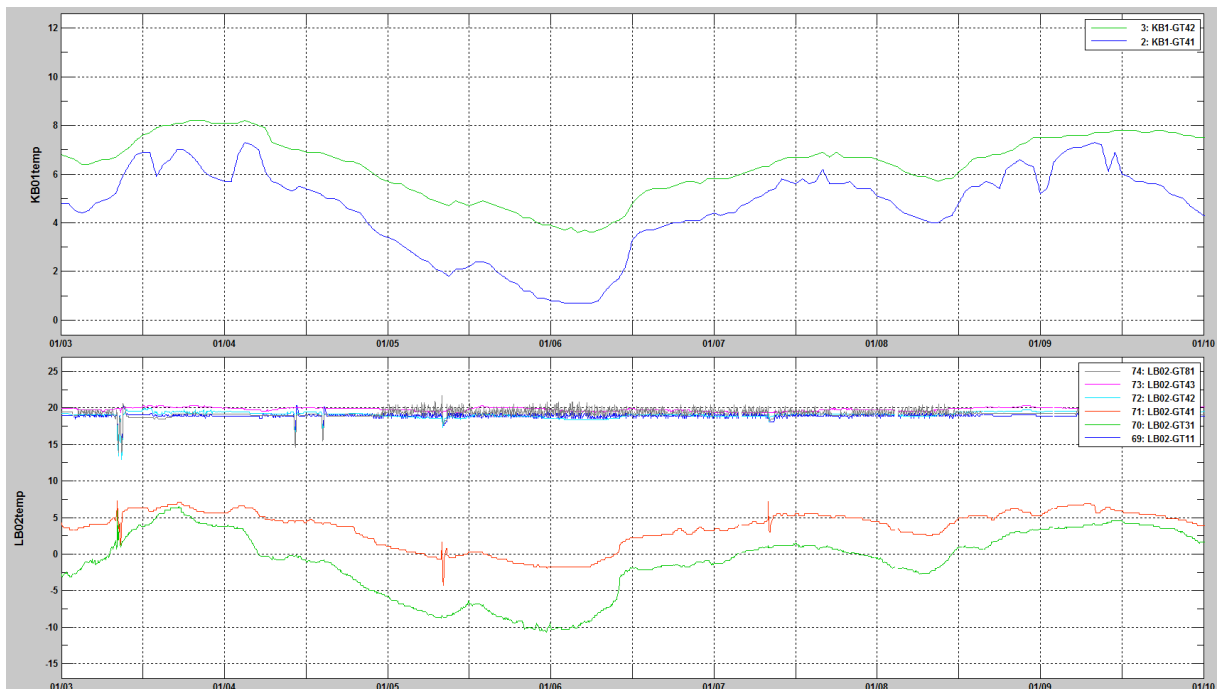
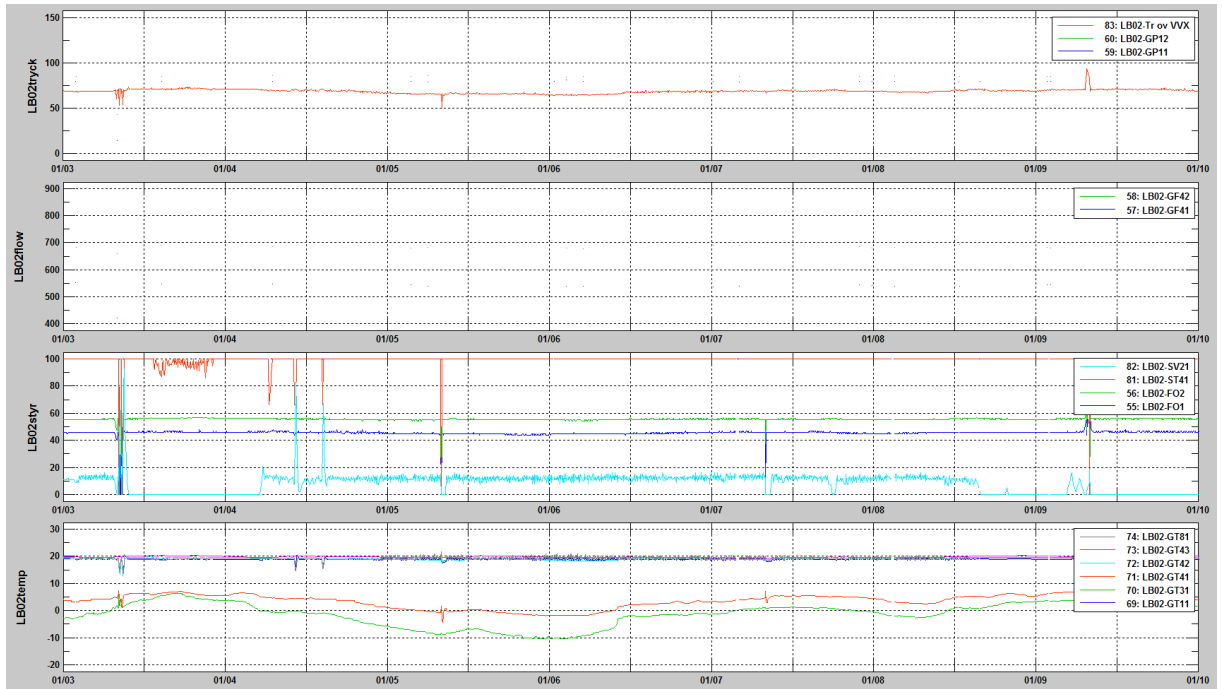
Köldbärartemperaturen är relativt hög, så kyleffekten blir inte så hög. Tilluftstemperaturen blir 19 °C när det är 27 °C ute.



Analyser med
BELOK Driftanalys

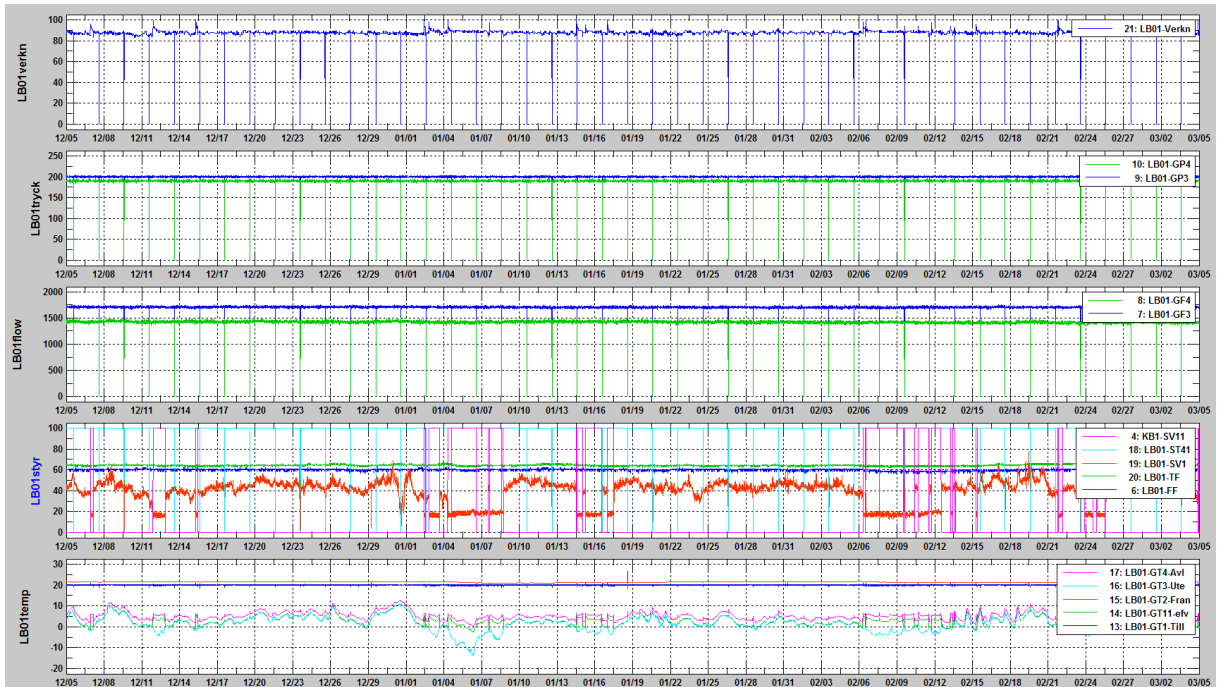
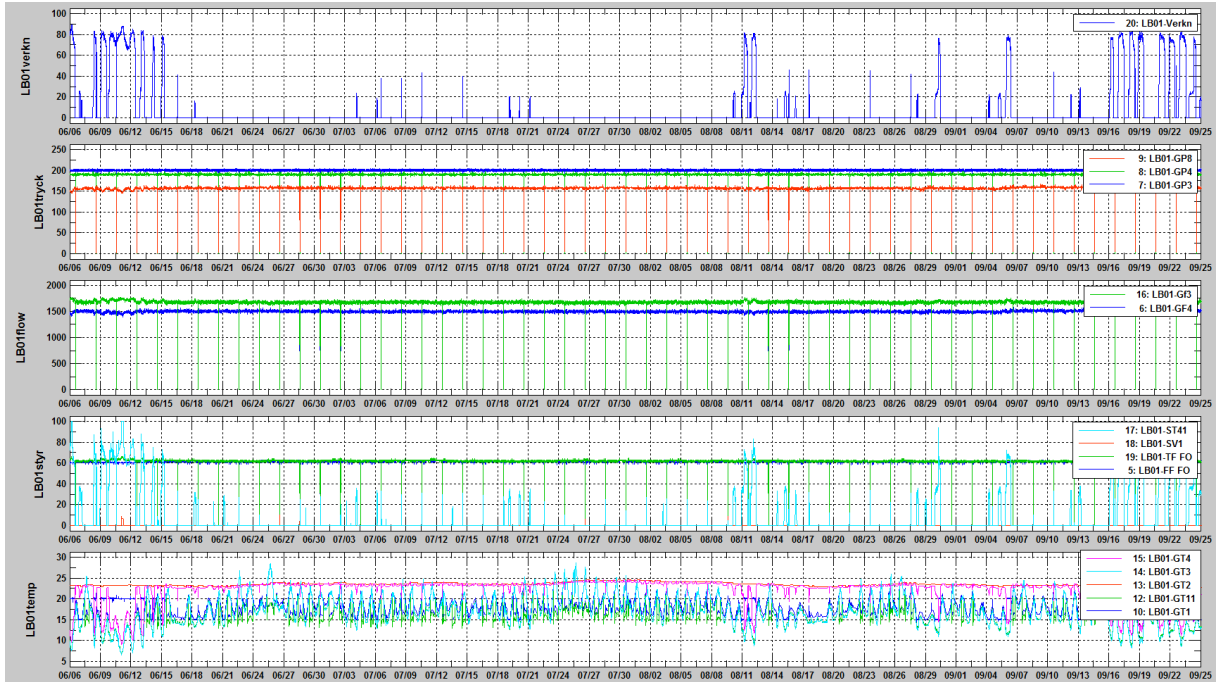
HSB Living Lab LA02 vinter

Förvärmningen fungerar väl och värmer uteluften på ca -11 °C till -2 °C.



Finnboda Hamnplan LA01

Två perioder är intressanta att titta närmare på 23-26 juli, samt 5-6 januari.

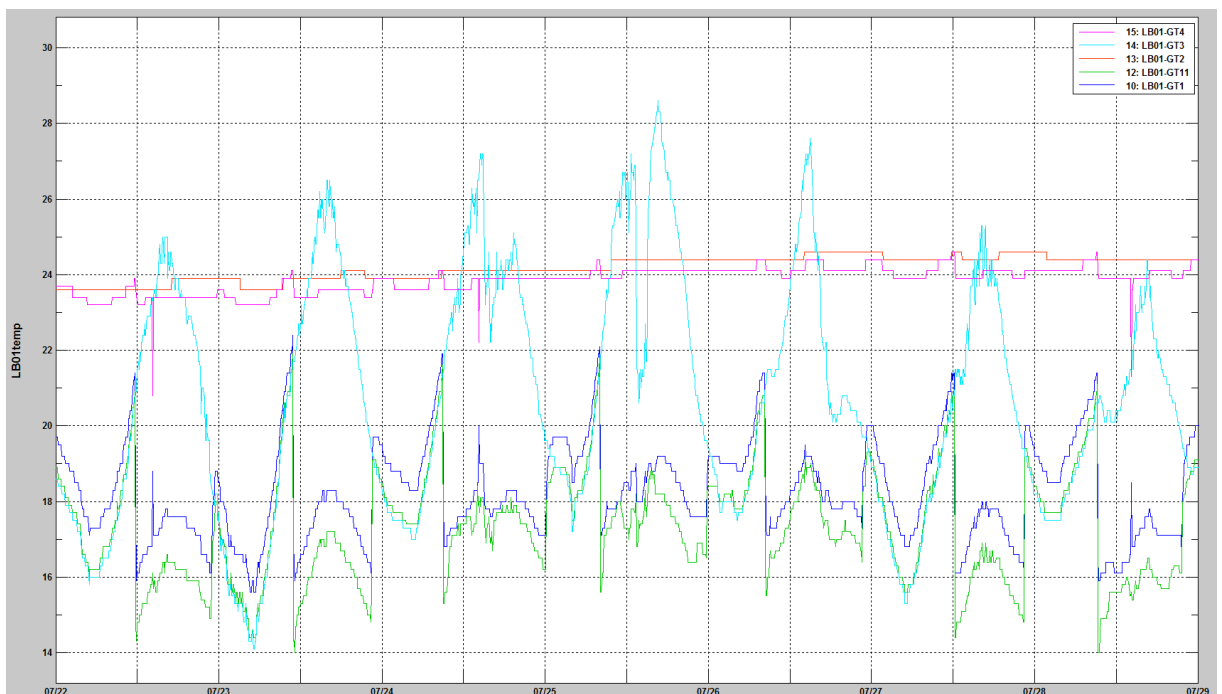
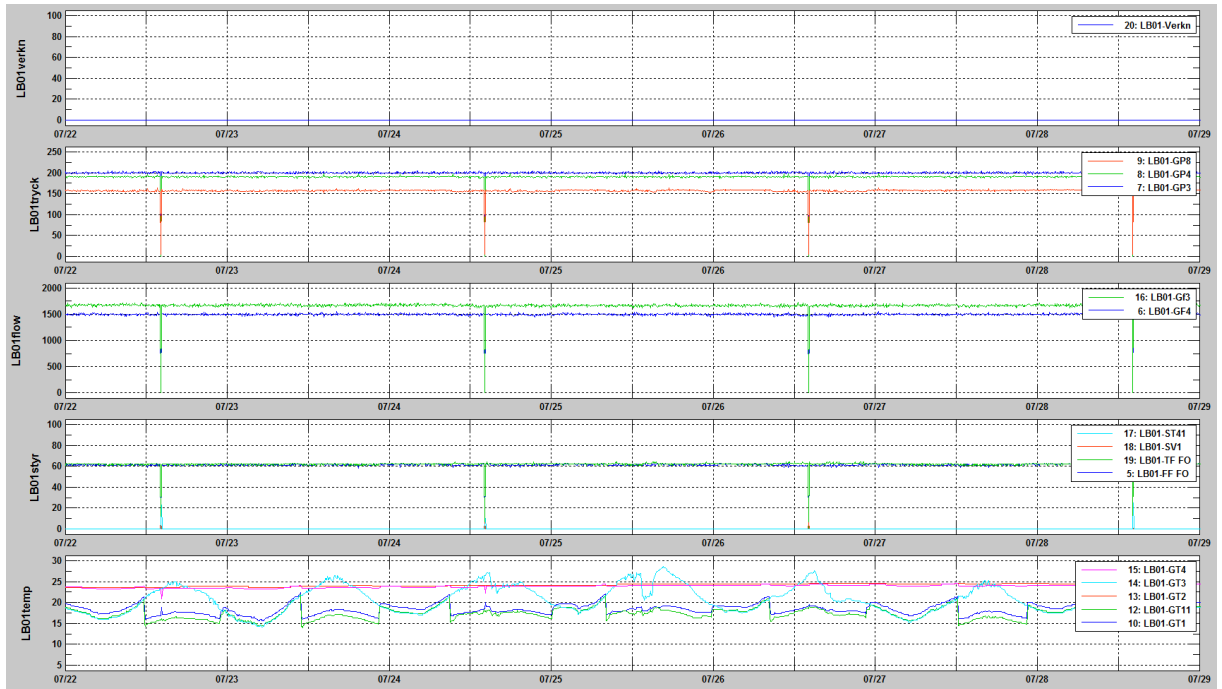


Analyser med
BELOK Driftanalys

Finnboda Hamnplan LA01 sommar

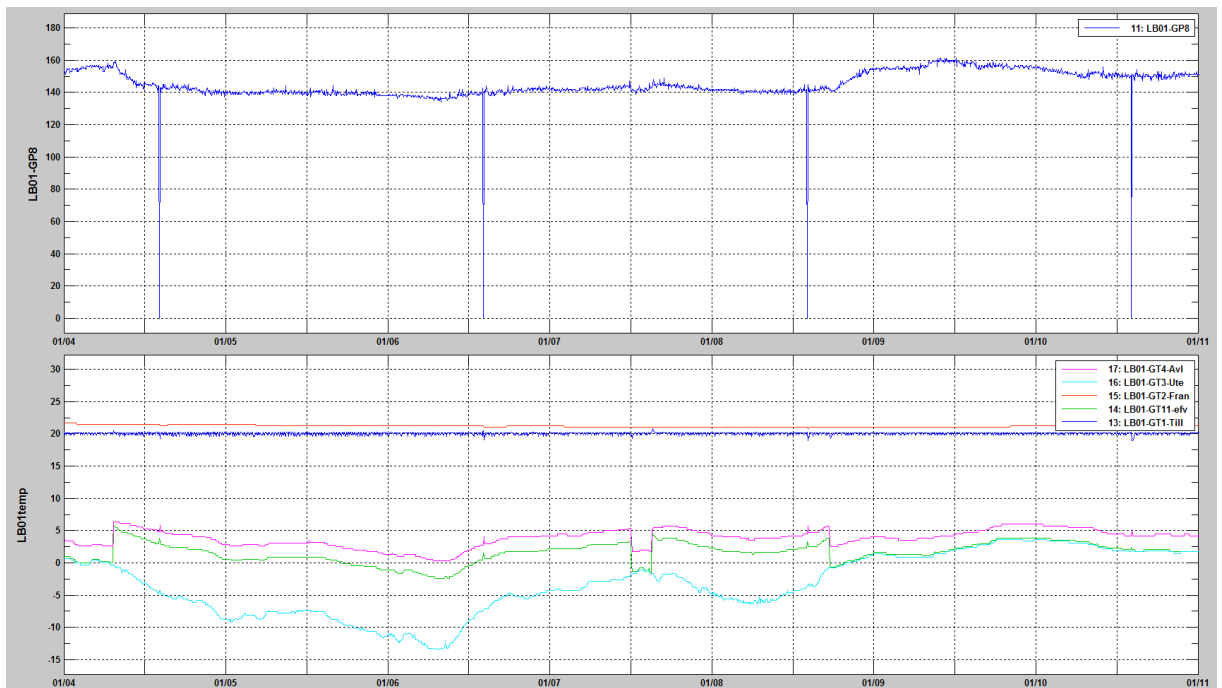
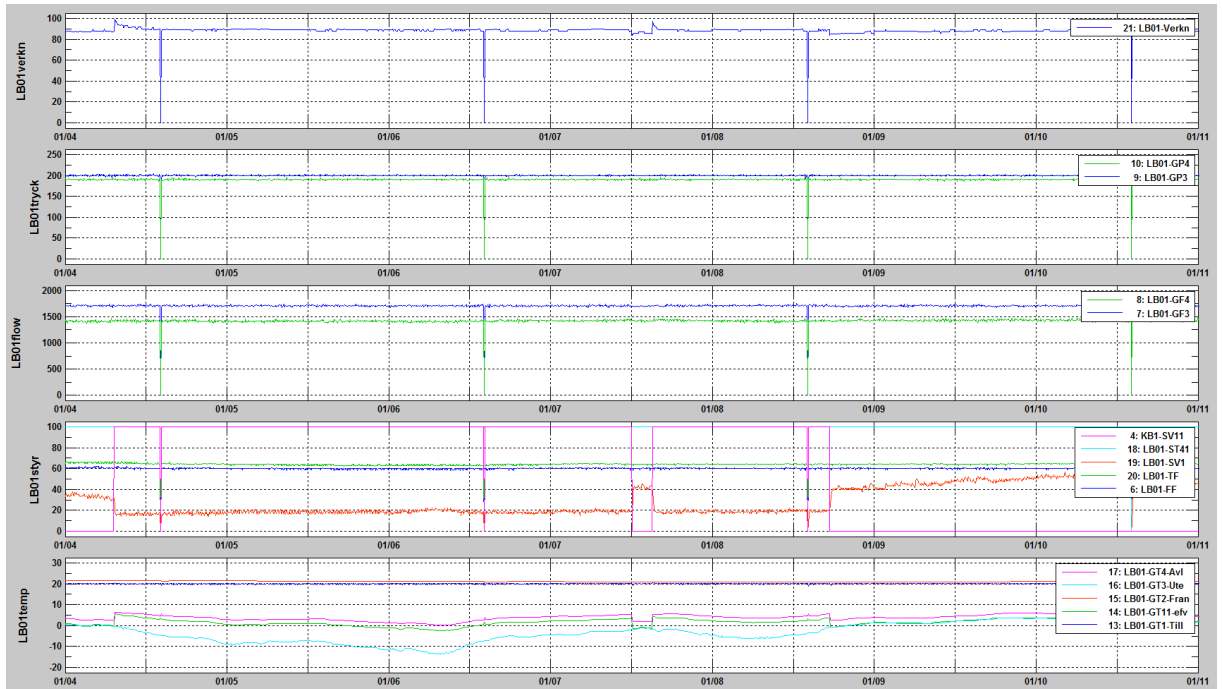
Det är en annan styrstrategi till förvärmningen och förkylning.

När utetemperaturen överstiger + 20 °C startar förkylningen och tilluftstemperaturen sjunker ca 5 °C.



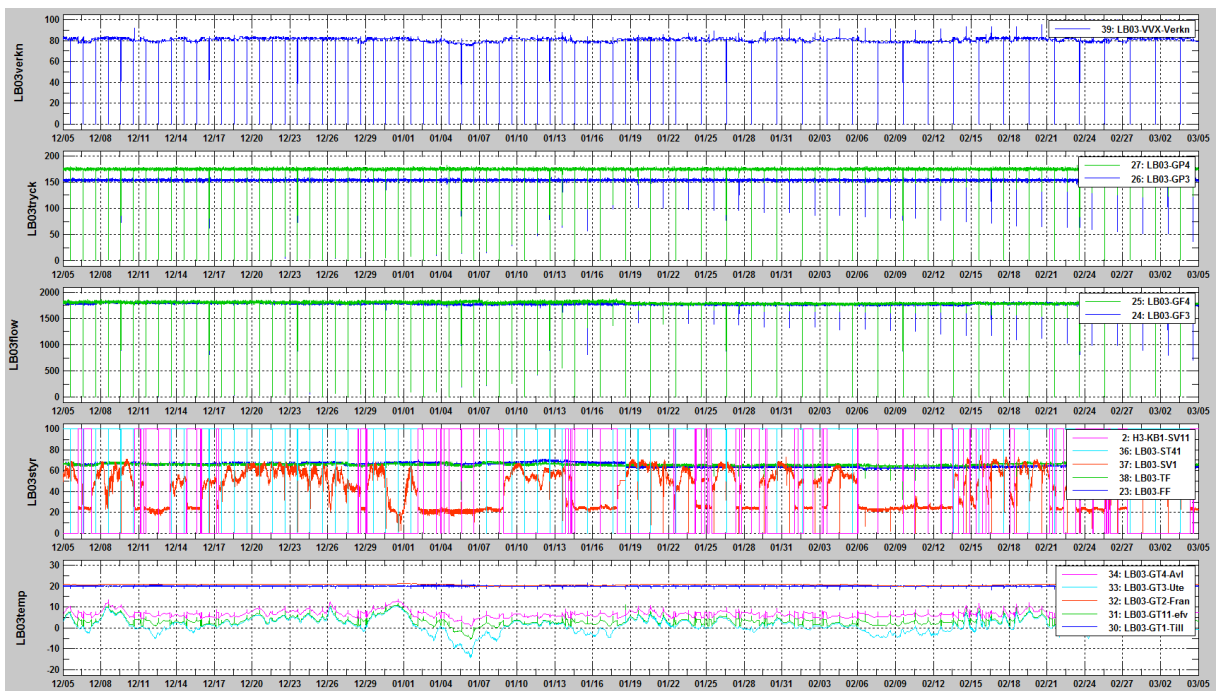
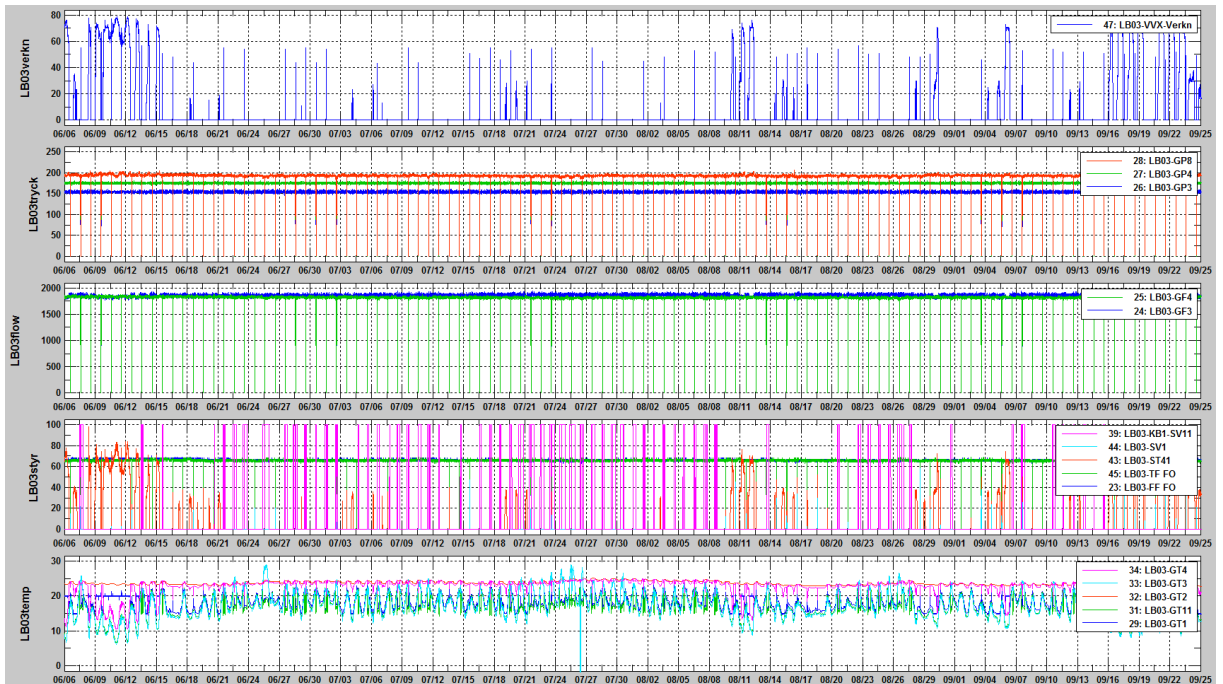
**Analyser med
BELOK Driftanalys**
Finnboda Hamnplan LA01 vinter

Det är en annan styrstrategi till förvärmningen och förkylning.
När utetemperaturen understiger +1 °C startar förvärmningen och temperaturen efter förvärmningen stiger med ca 5 °C.



Finnboda Hamnplan LB03

Tre perioder är intressanta att titta närmare på 23-26 juli samt 5-6 januari.

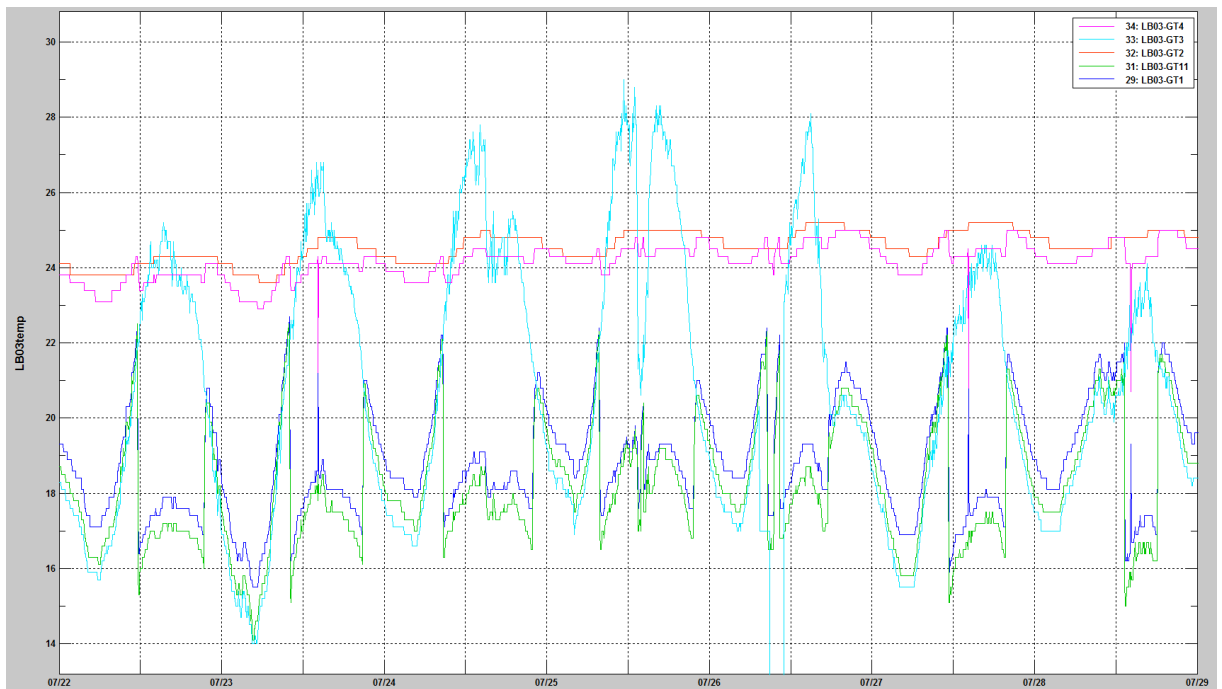
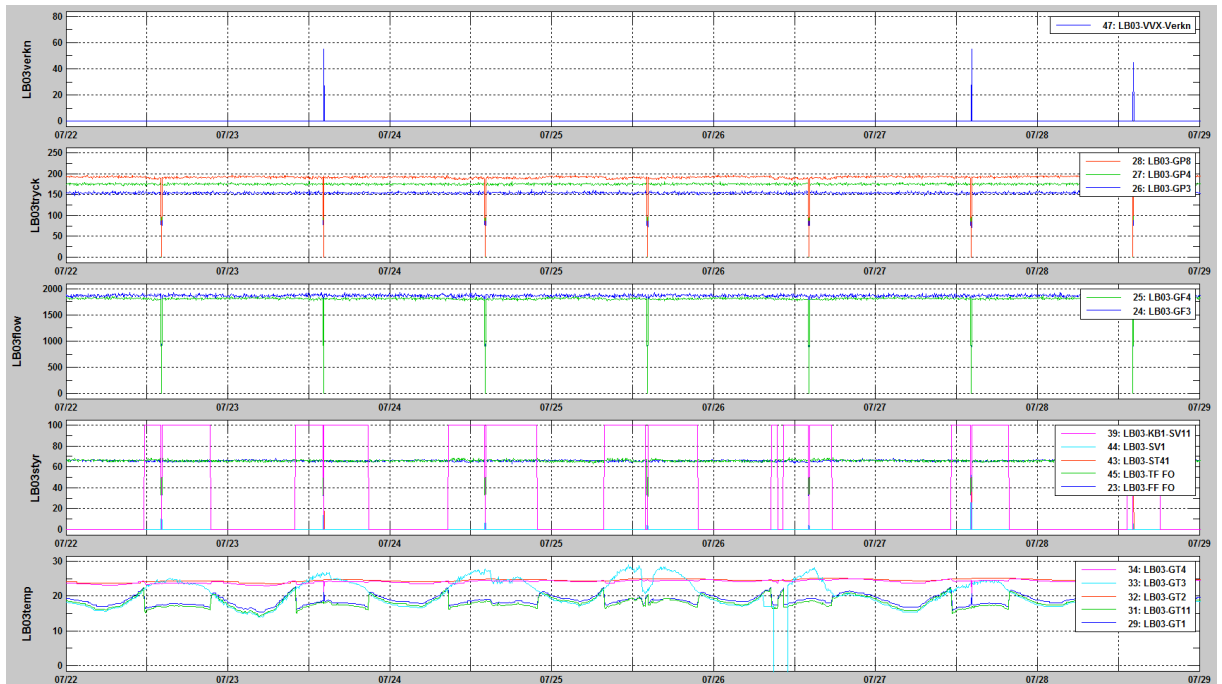


Analyser med
BELOK Driftanalys

Finnboda Hamnplan LB03 sommar

Det är en annan styrstrategi till förvärmningen och förkylning.

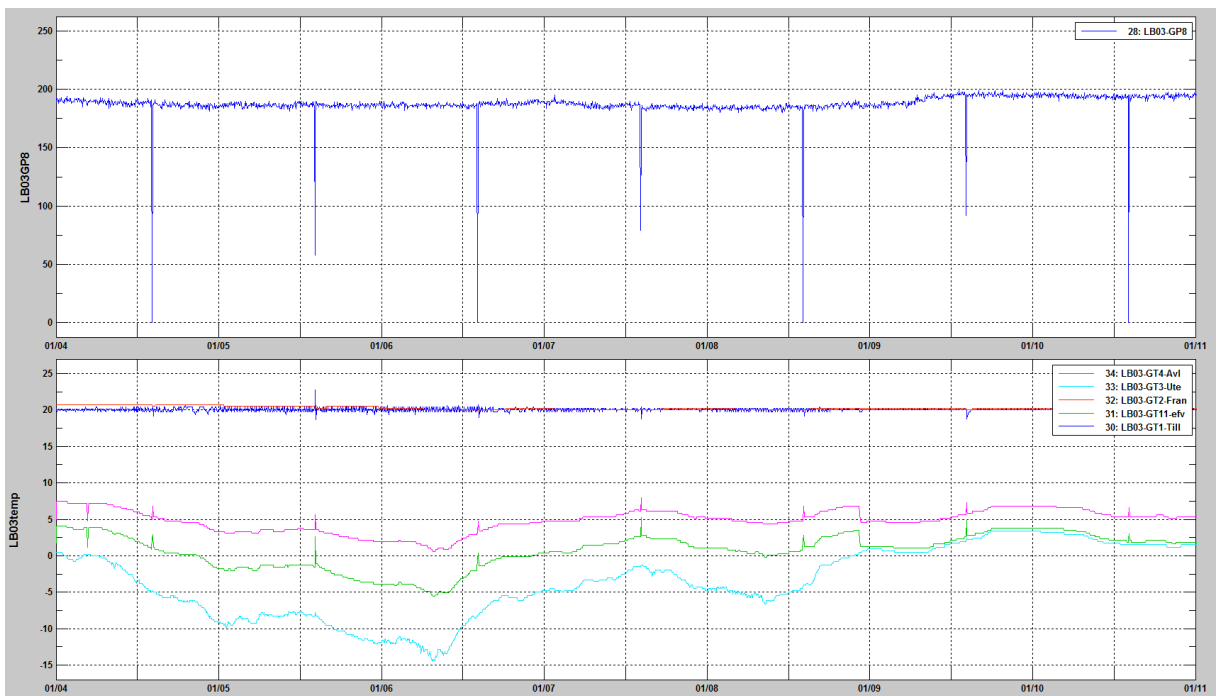
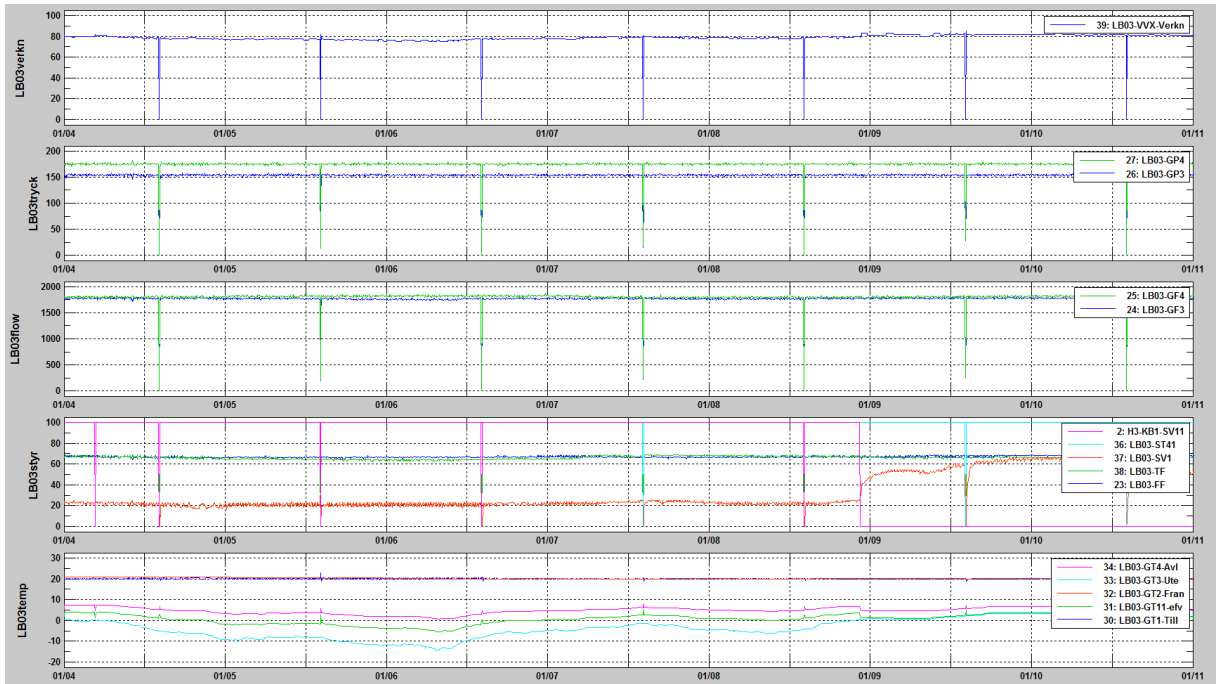
När utetemperaturen överstiger + 20 °C startar förkylningen och tilluftstemperaturen sjunker ca 5 °C.



**Analyser med
BELOK Driftanalys**
Finnboda Hamnplan LB03 vinter

Det är en annan styrstrategi till förvärmningen och förkylning.

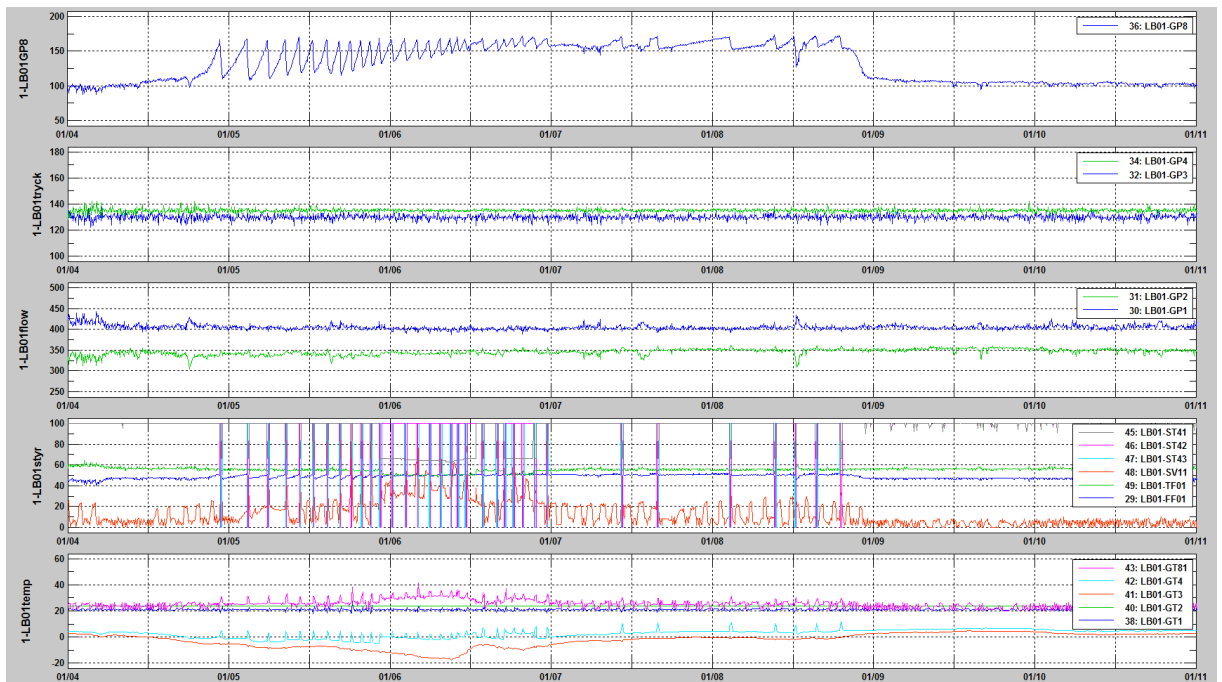
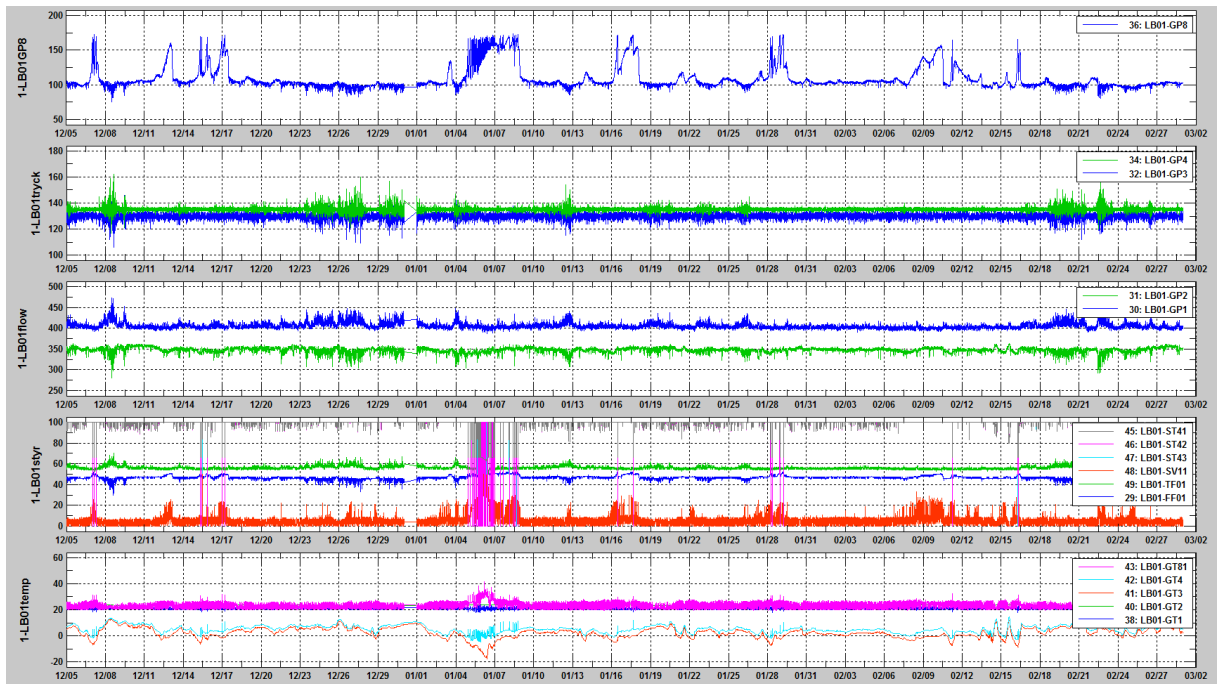
När utetemperaturen understiger +1 °C startar förvärmningen och temperaturen efter förvärmningen stiger med ca 5 °C.



Referensobjekt

Objekt 1

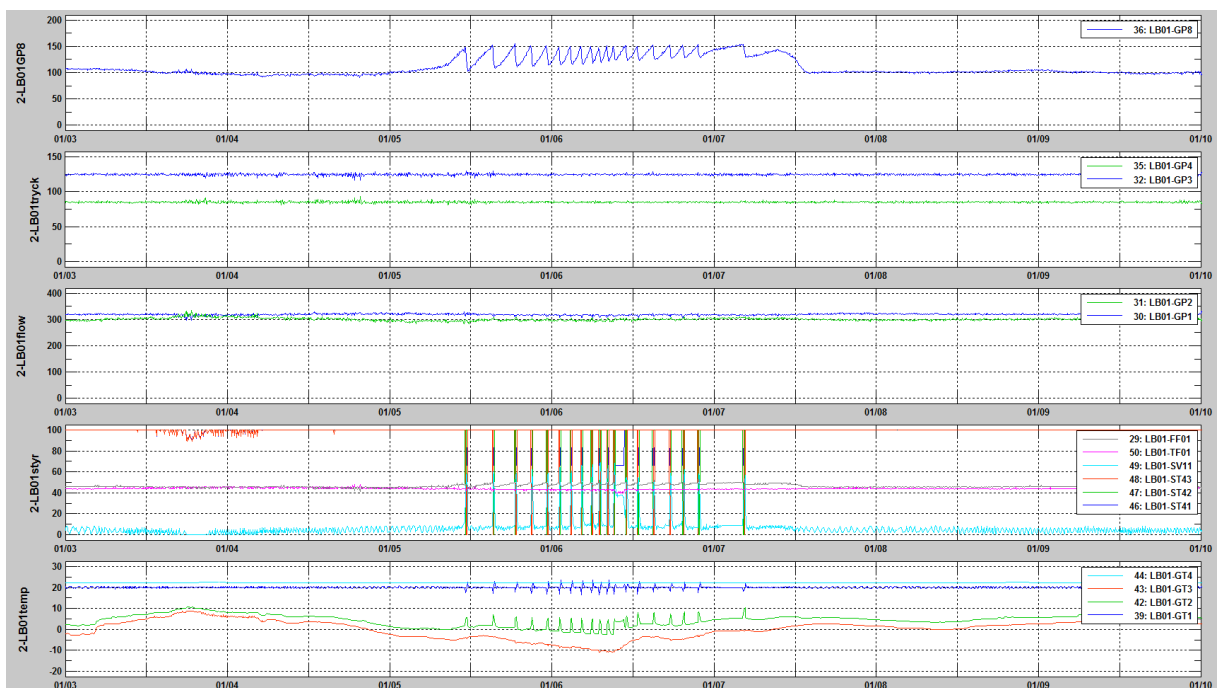
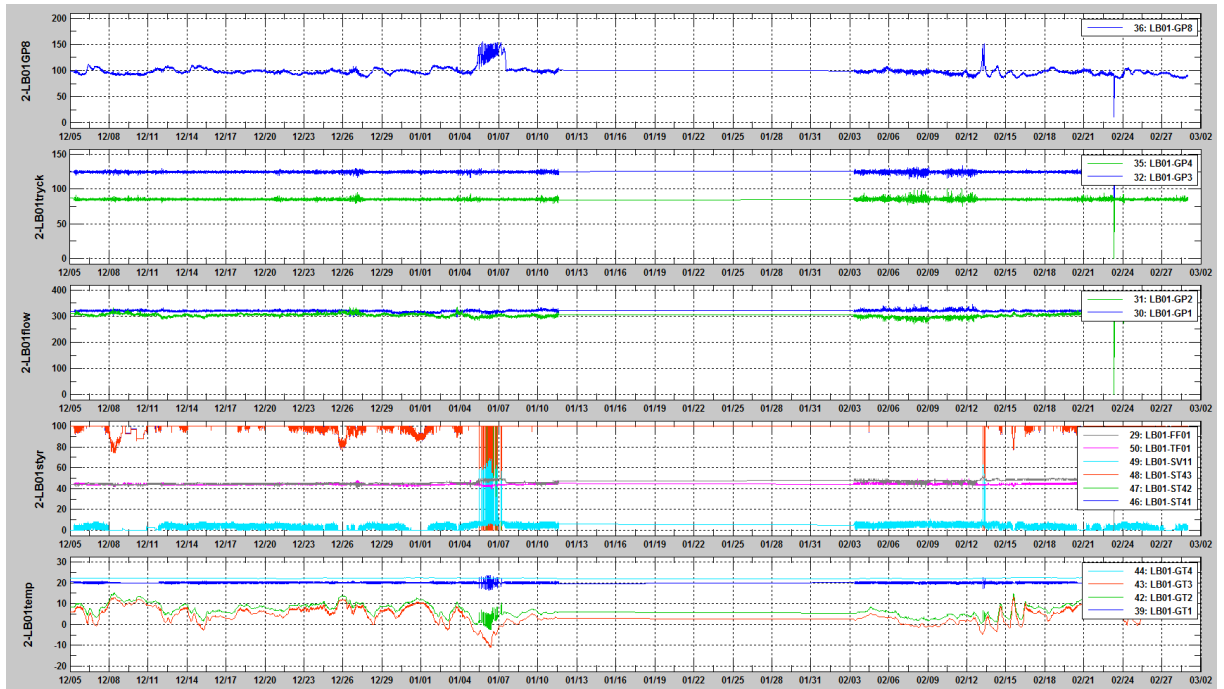
Avfrostningscykler



Analyser med
BELOK Driftanalys

Objekt 2

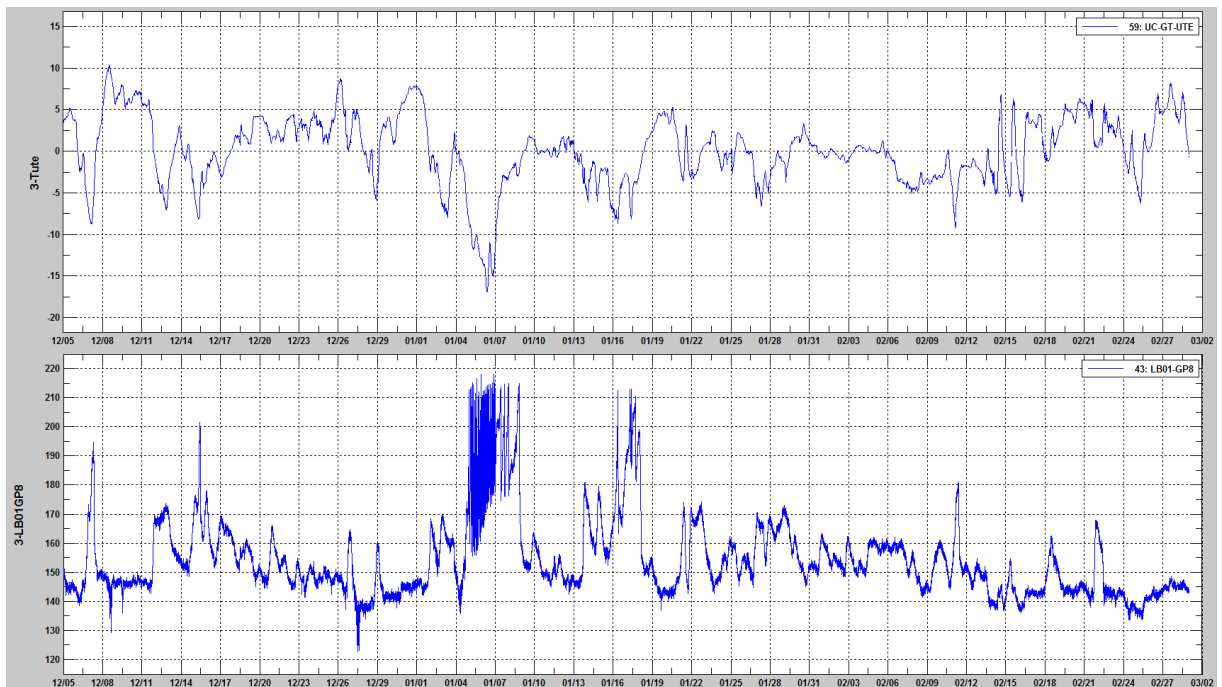
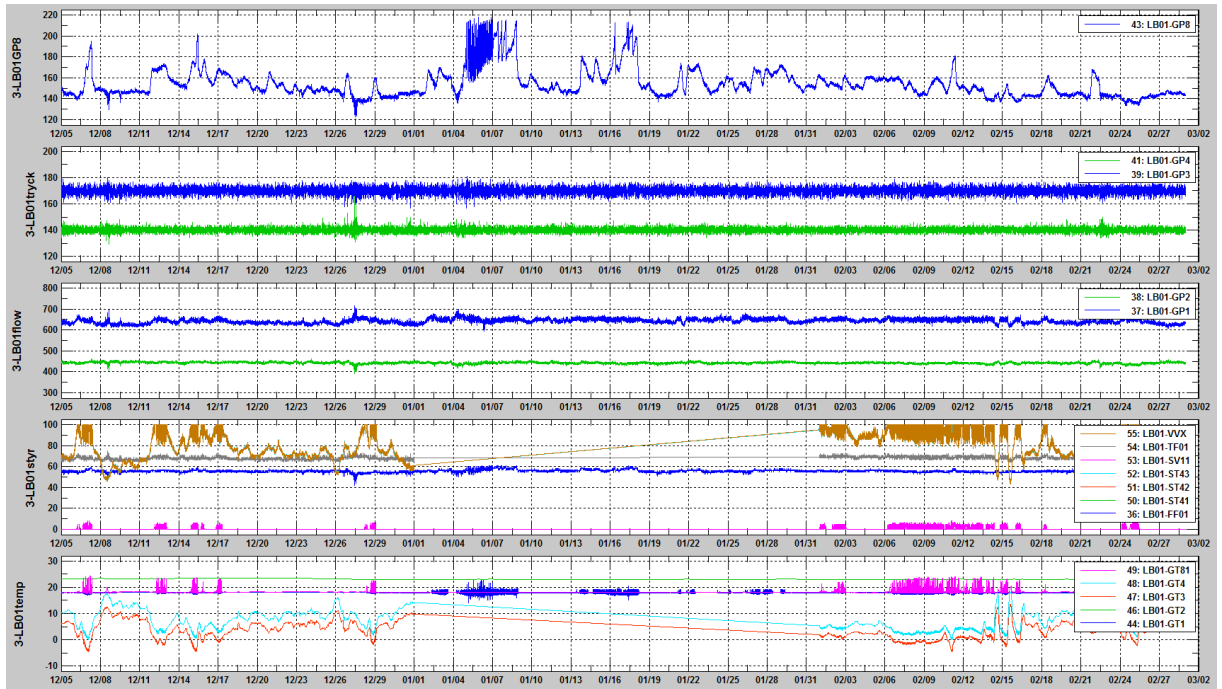
Avfrostningscykler 5-7 januari samt 13 februari. (Mätdata saknas ca 4 veckor)



Analyser med
BELOK Driftanalys

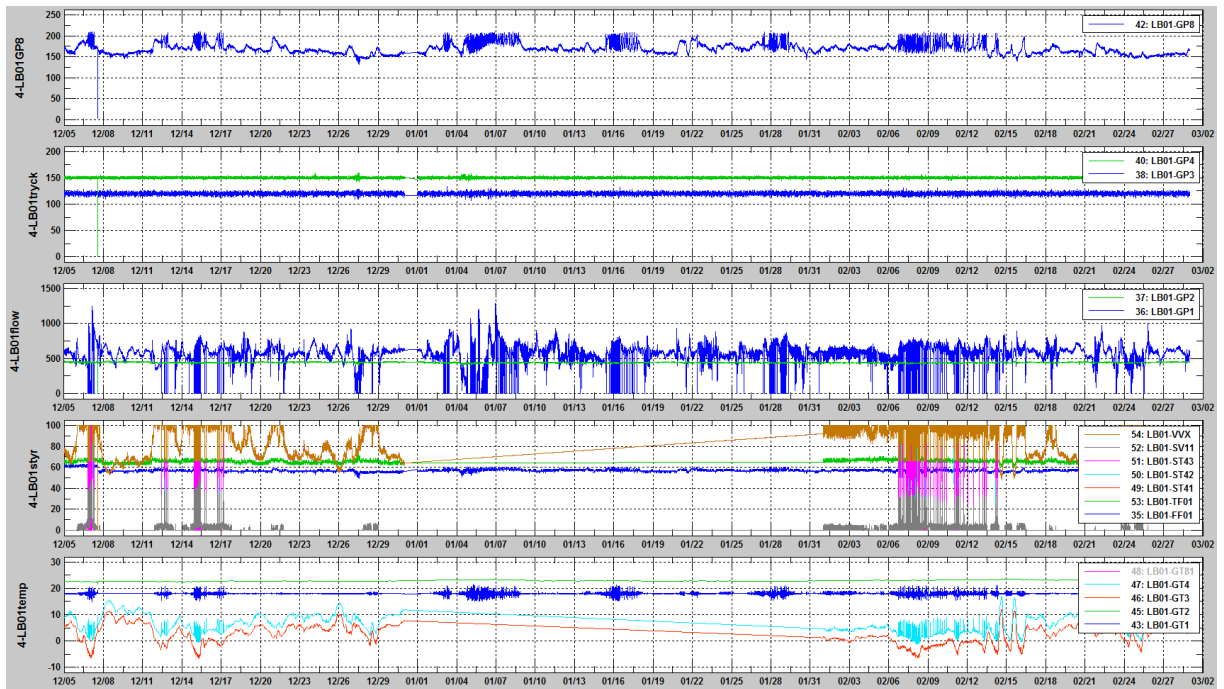
Objekt 3

Avfrostningscykler 5-7 januari samt 13 februari.



Objekt 4

Avfrostningscykler 5-7 januari samt 13 februari.



Bilaga D

Temperatur och fuktmätningar i ventilationsaggregat

Innehållsförteckning

Beskrivning av Bilagan.....	1
Flatön LA01	2
Flatön LA02	4
Studio 1 LA01.....	6
Studio 1 LA02.....	8
HSB Living Lab LB01	10
HSB Living Lab LB02.....	12
Finnboda Hamnplan LA01	14
Finnboda Hamnplan LA03	16

Beskrivning av Bilagan

I bilagan är redovisade de extra temperatur- och fuktmätningar som är utfört på de 6 + 2 ventilationsaggregaten.

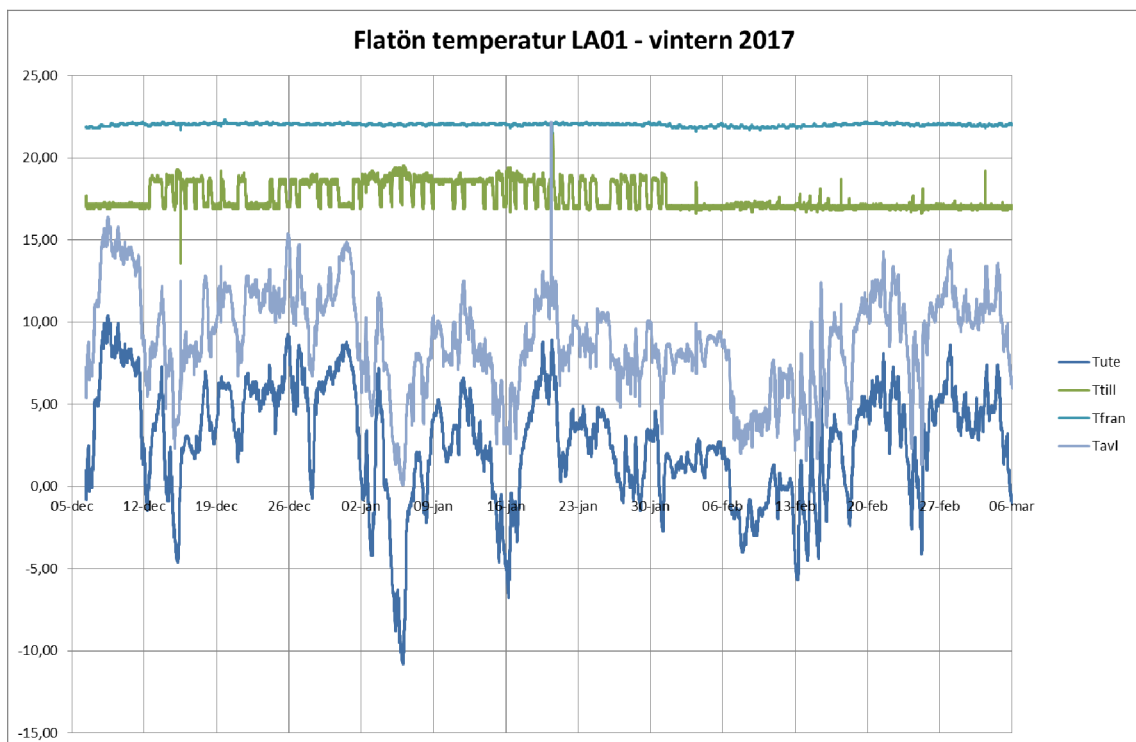
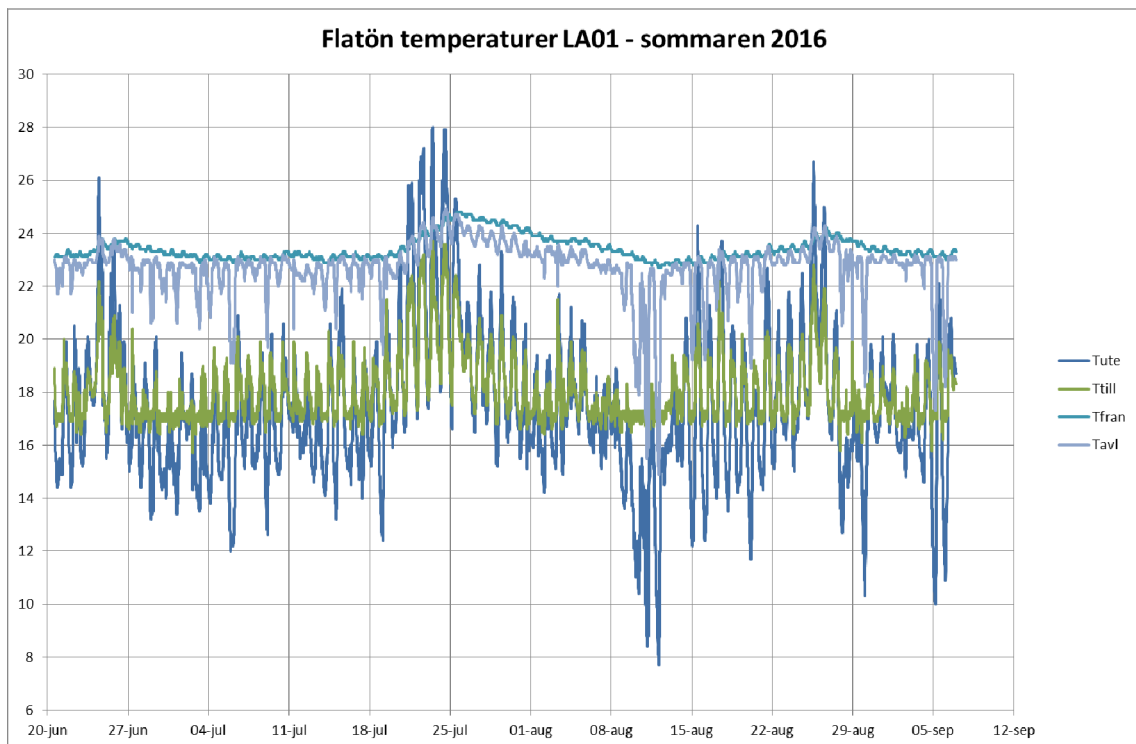
Först redovisas några månader under sommar respektive vinter där intressanta dagar för djupare analys identifieras.

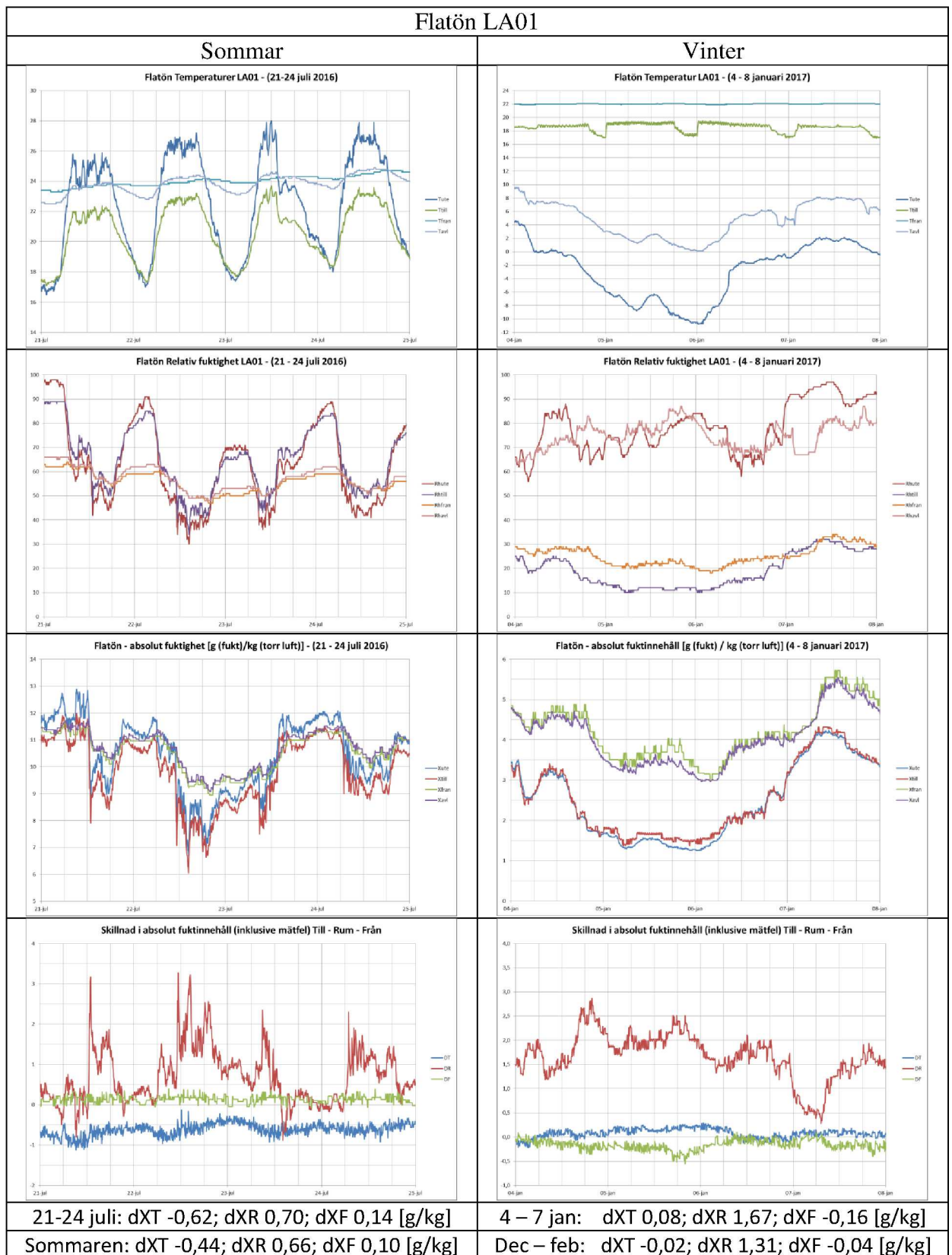
För de intressanta dagarna redovisas omräkning från temperatur och relativ fuktighetsmätningarna till fuktinnehåll [g(fukt)/ kg (torr luft)] samt skillnaden i fuktinnehåll när ventilationsluften passerar ventilationsaggregatet på tilluftssidan, frånluftssidan samt genom lägenheterna.

Lägenheterna har en fuktalstring, men även en fuktbuffring samt att vädring kan förekomma under främst sommarhalvåret.

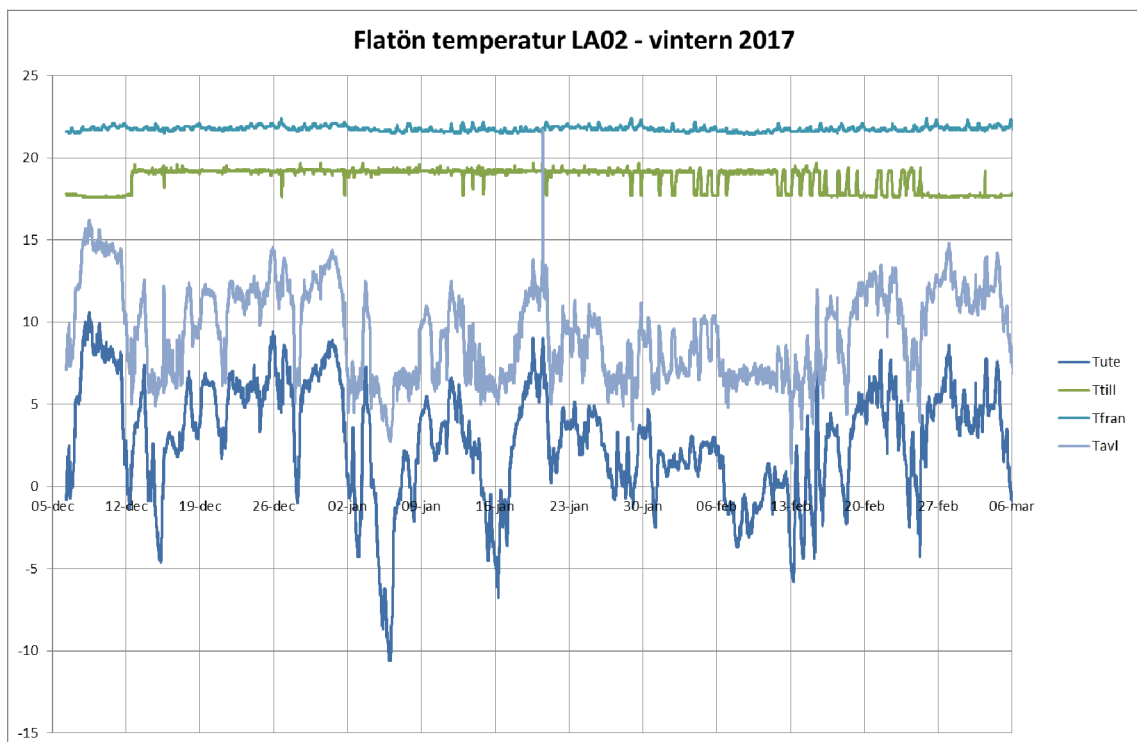
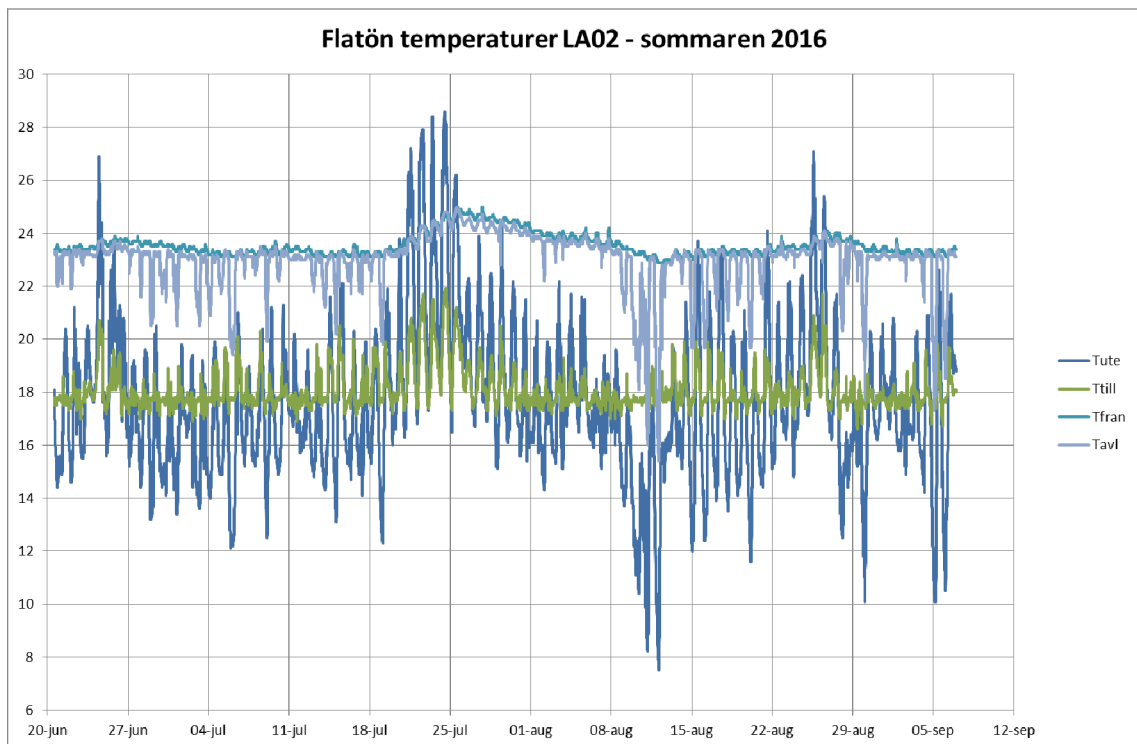
Temp och fuktmätning
Ventilationsaggregat

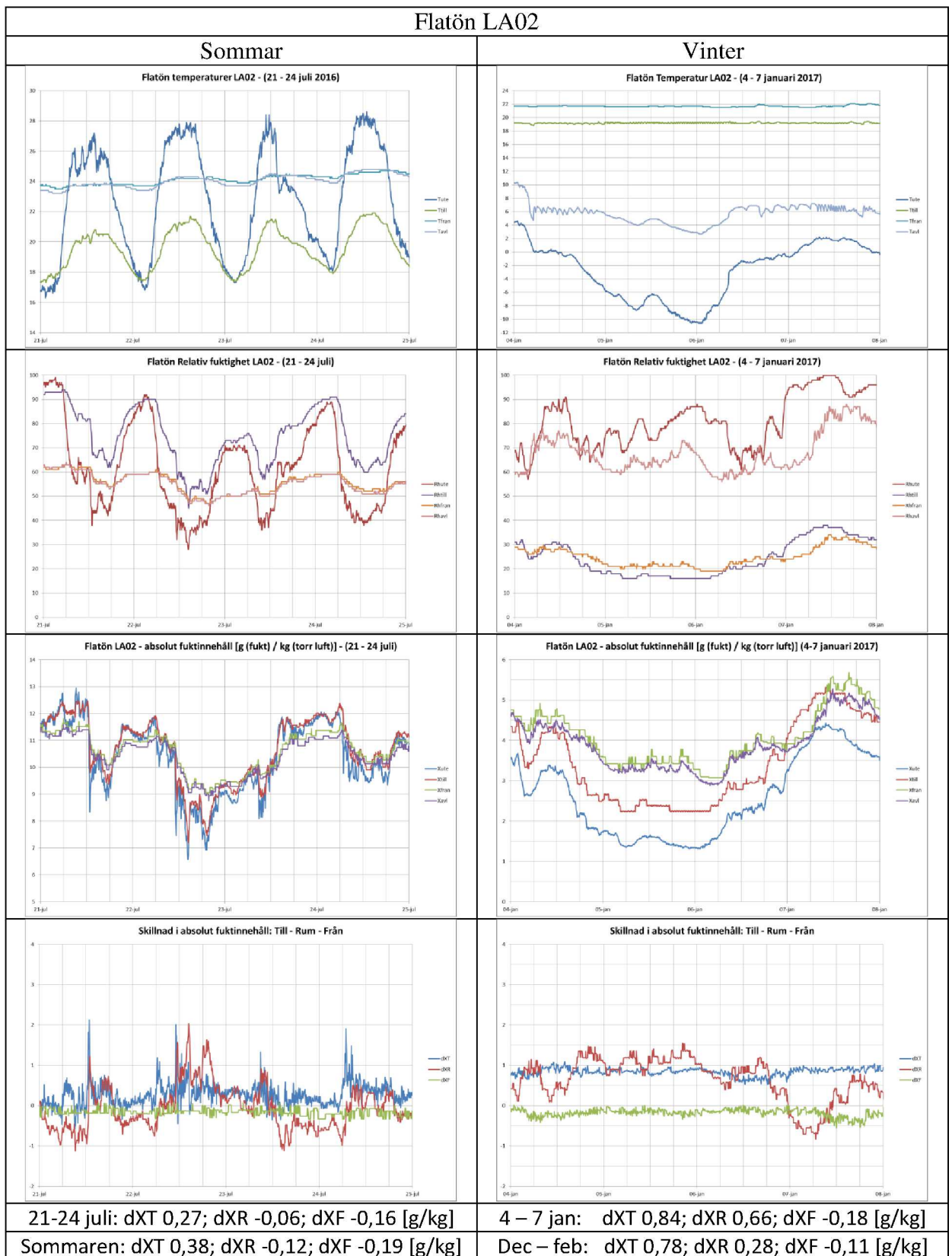
Flatön LA01



**Temp och fuktmätning
Ventilationsaggregat**


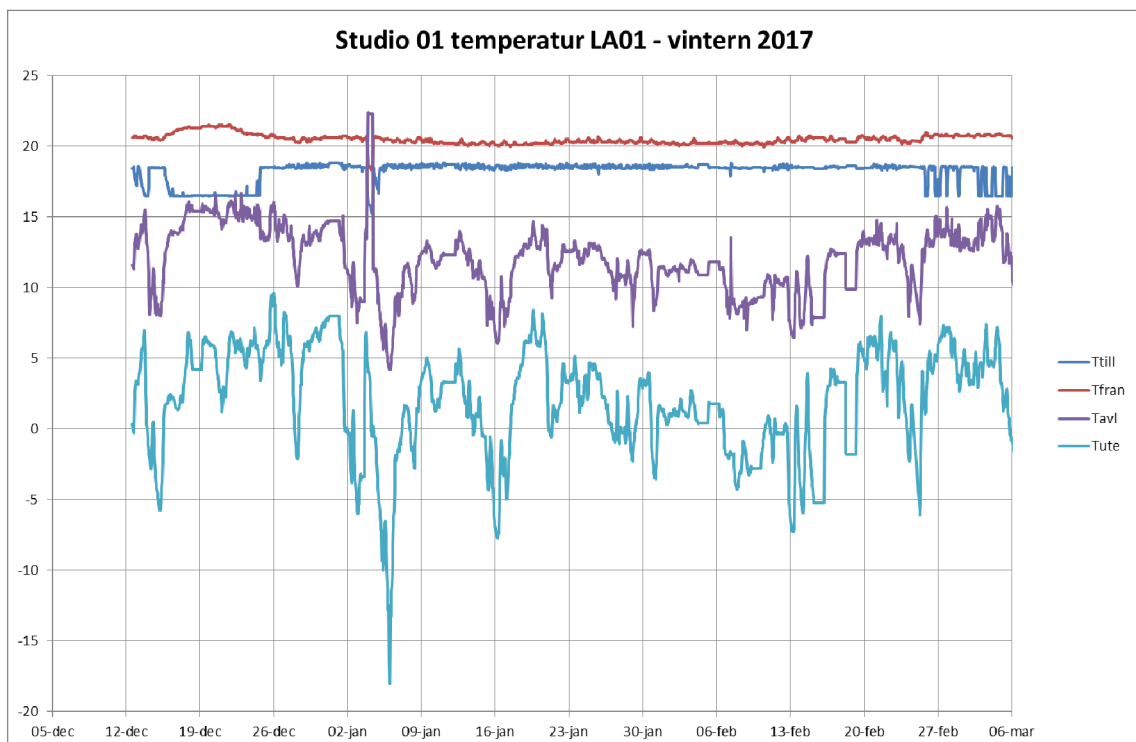
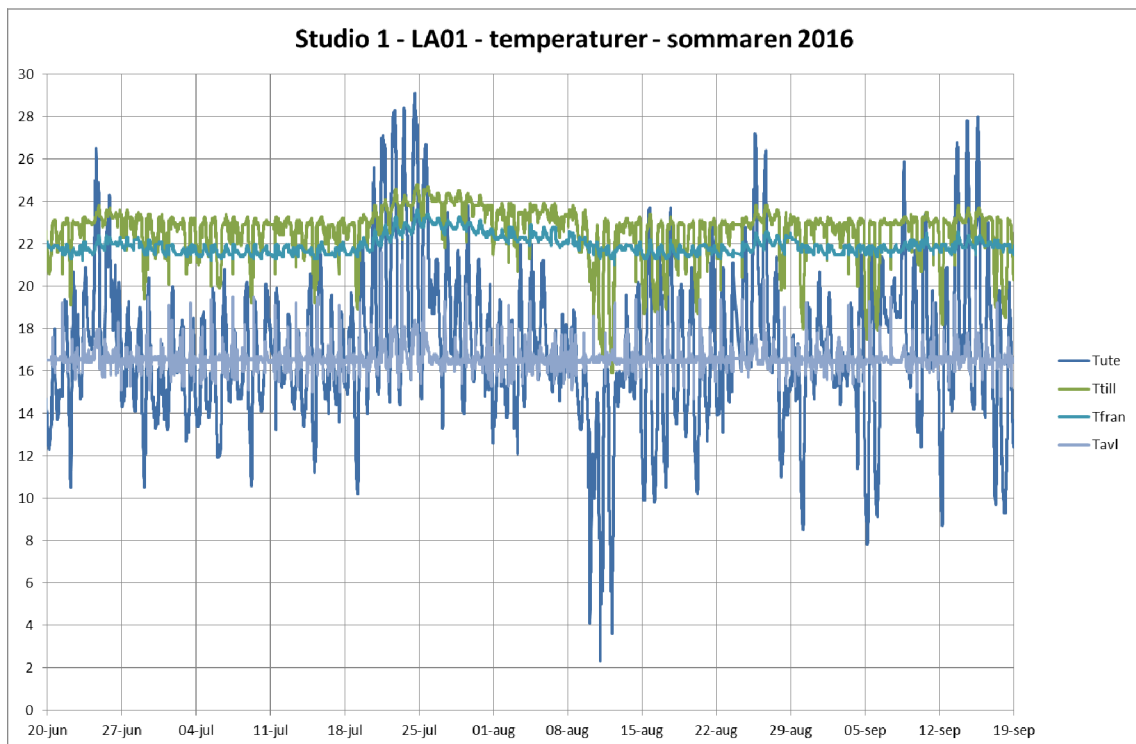
Flatön LA02

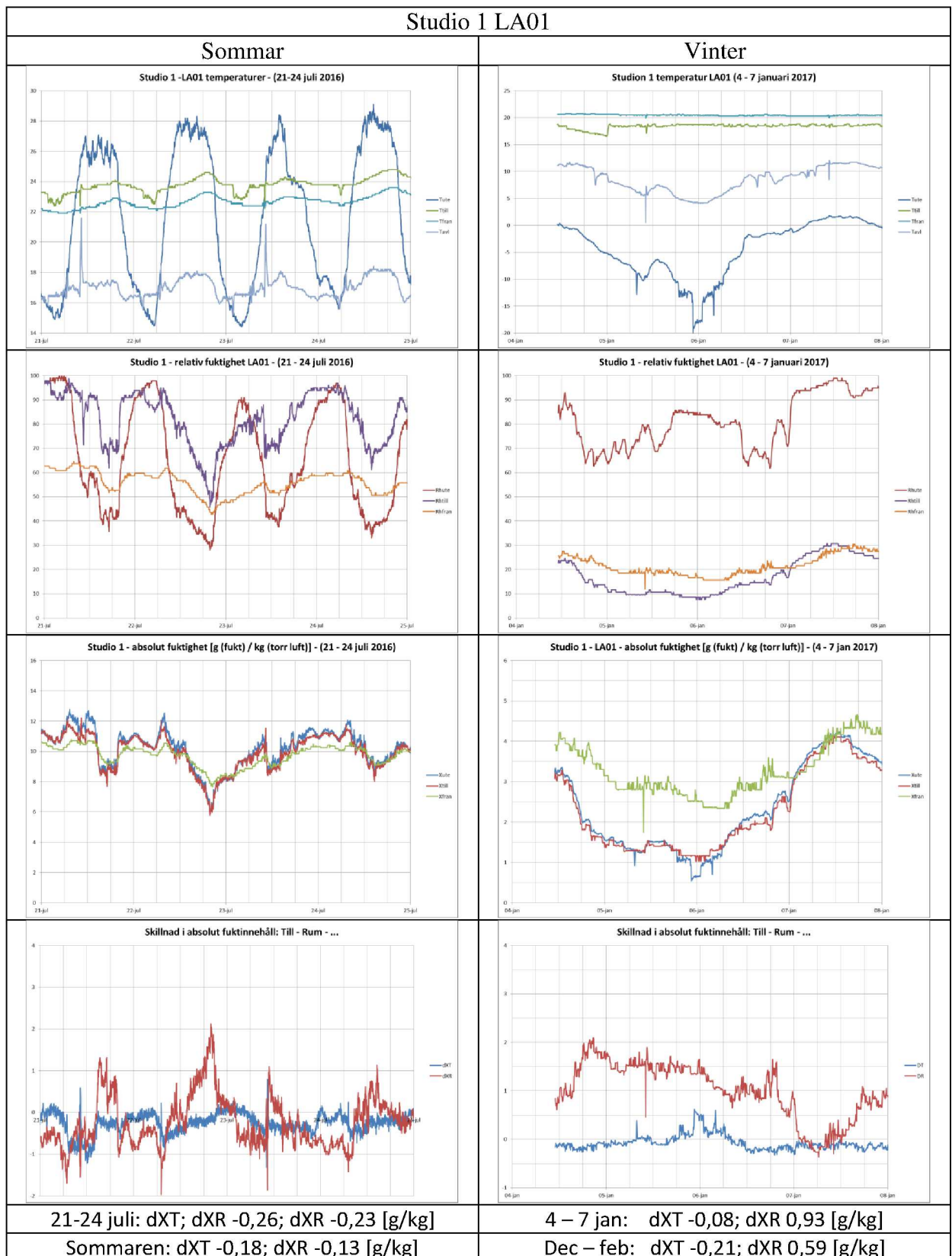


**Temp och fuktmätning
Ventilationsaggregat**


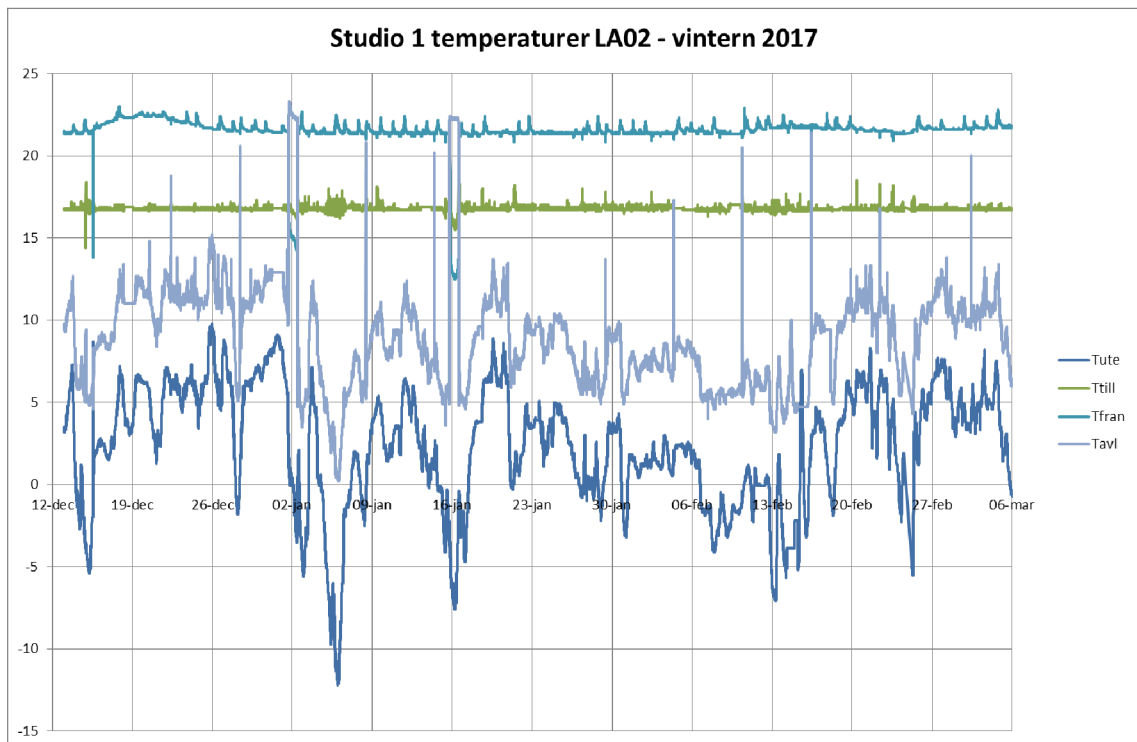
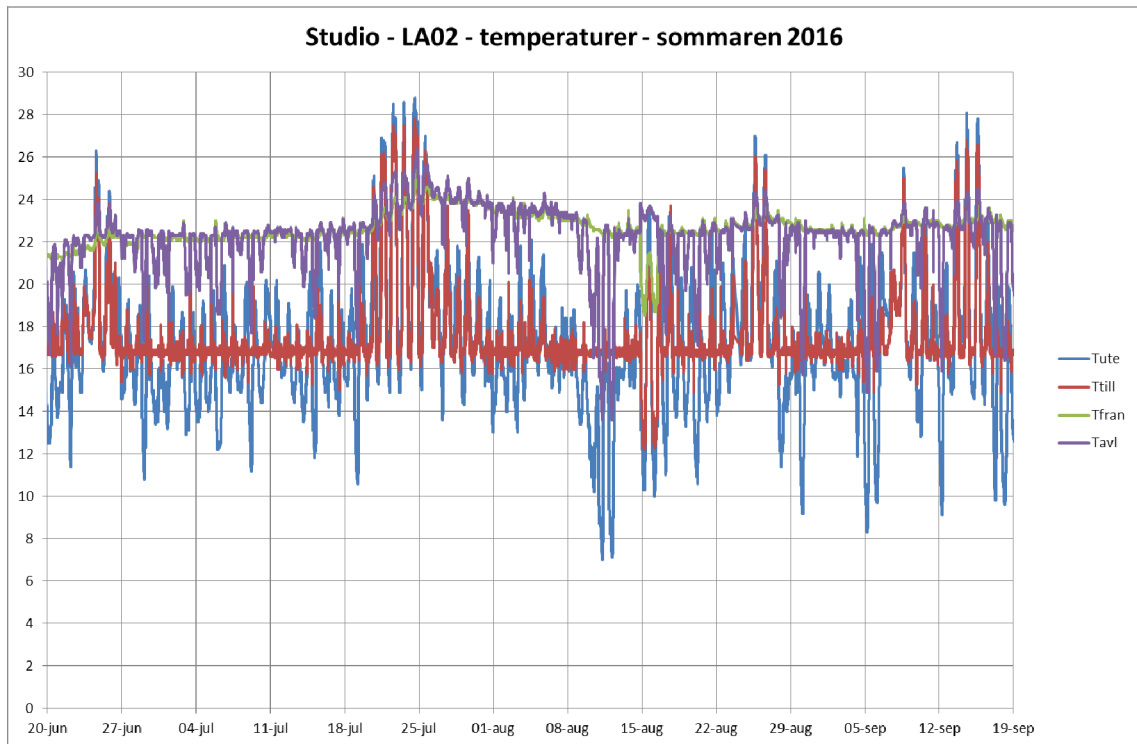
Temp och fuktmätning
Ventilationsaggregat

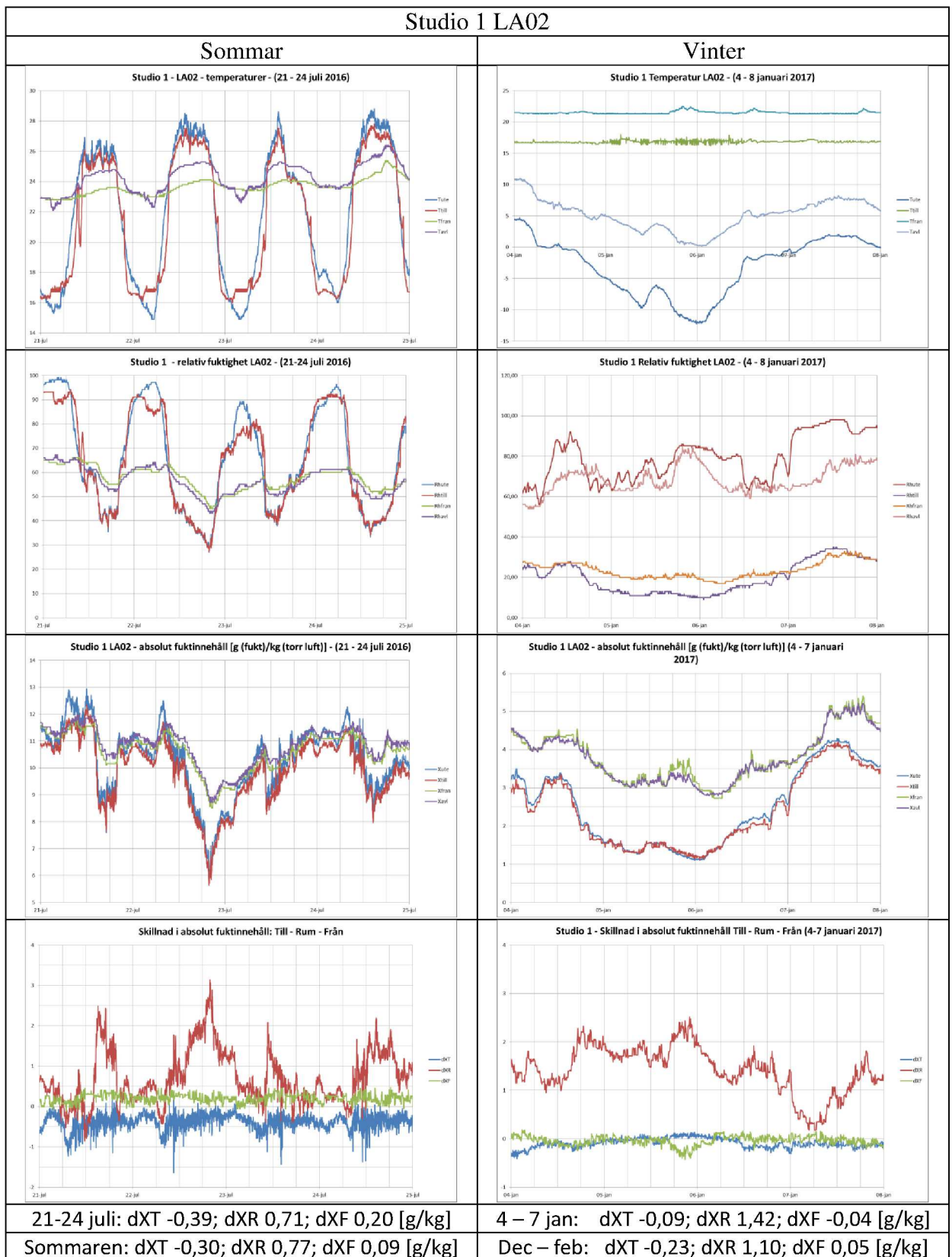
Studio 1 LA01



**Temp och fuktmätning
Ventilationsaggregat**


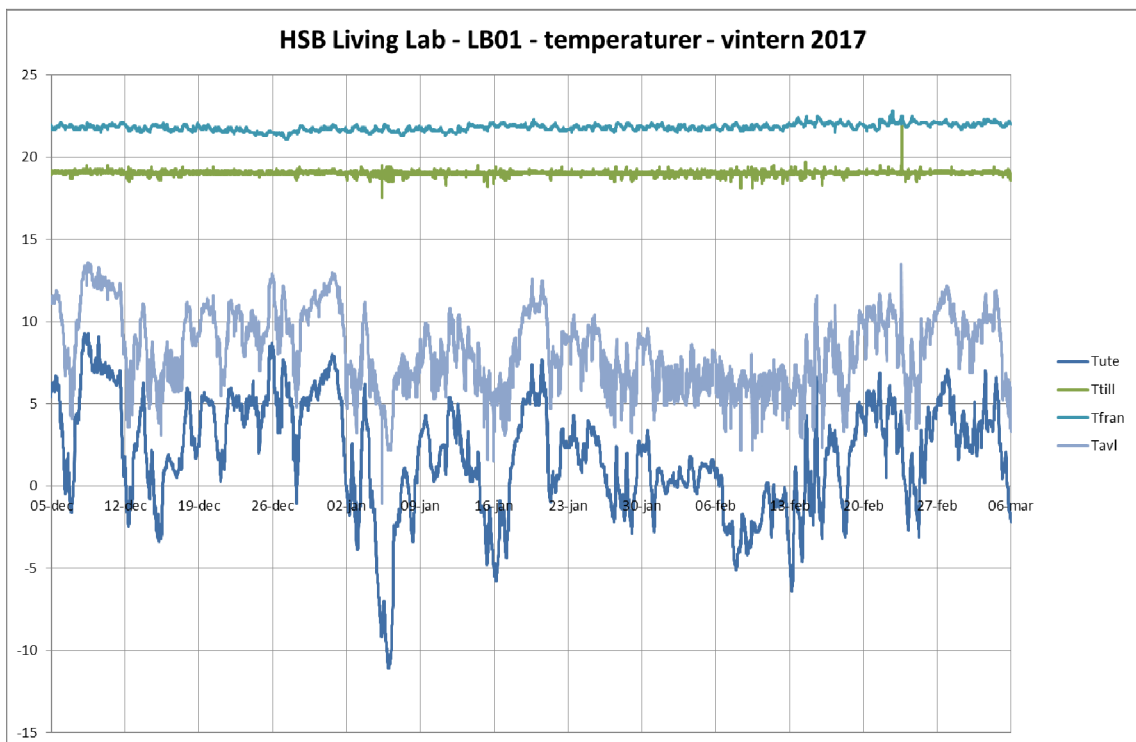
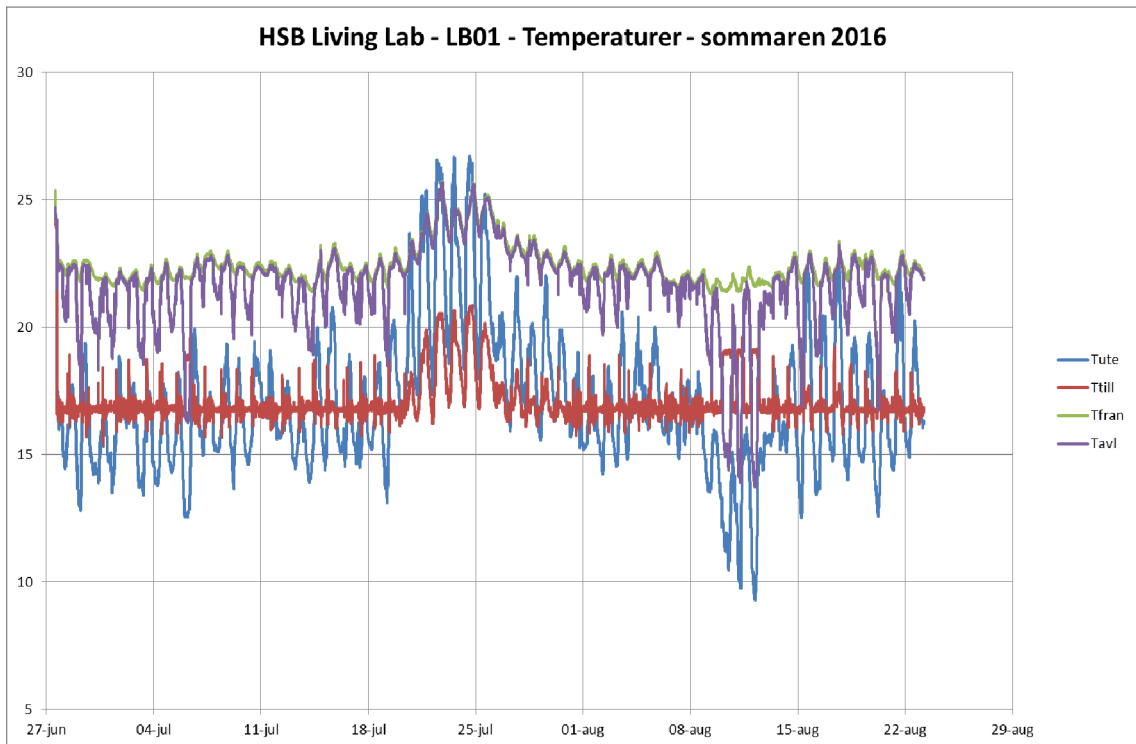
Studio 1 LA02

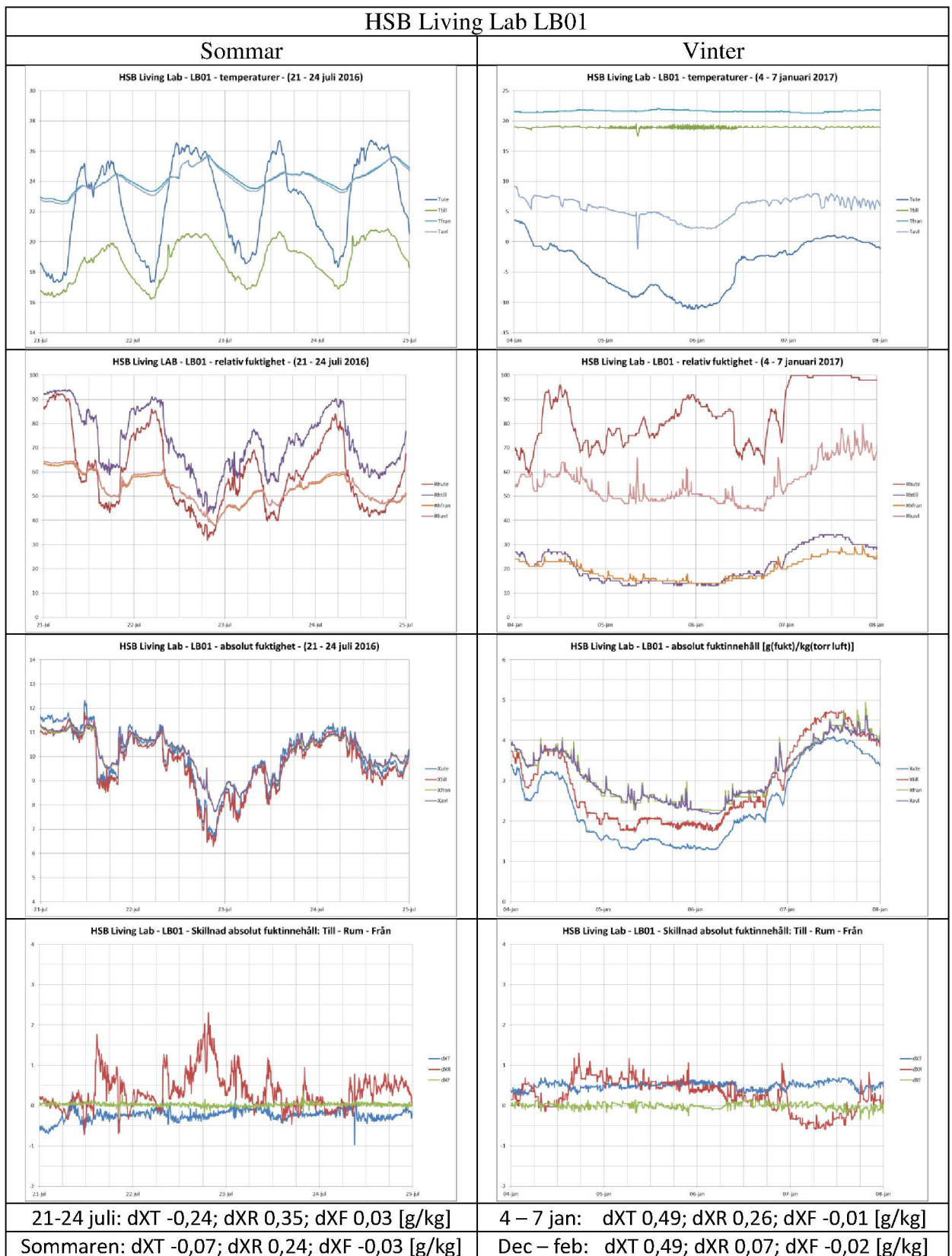


**Temp och fuktmätning
Ventilationsaggregat**


Temp och fuktmätning
Ventilationsaggregat

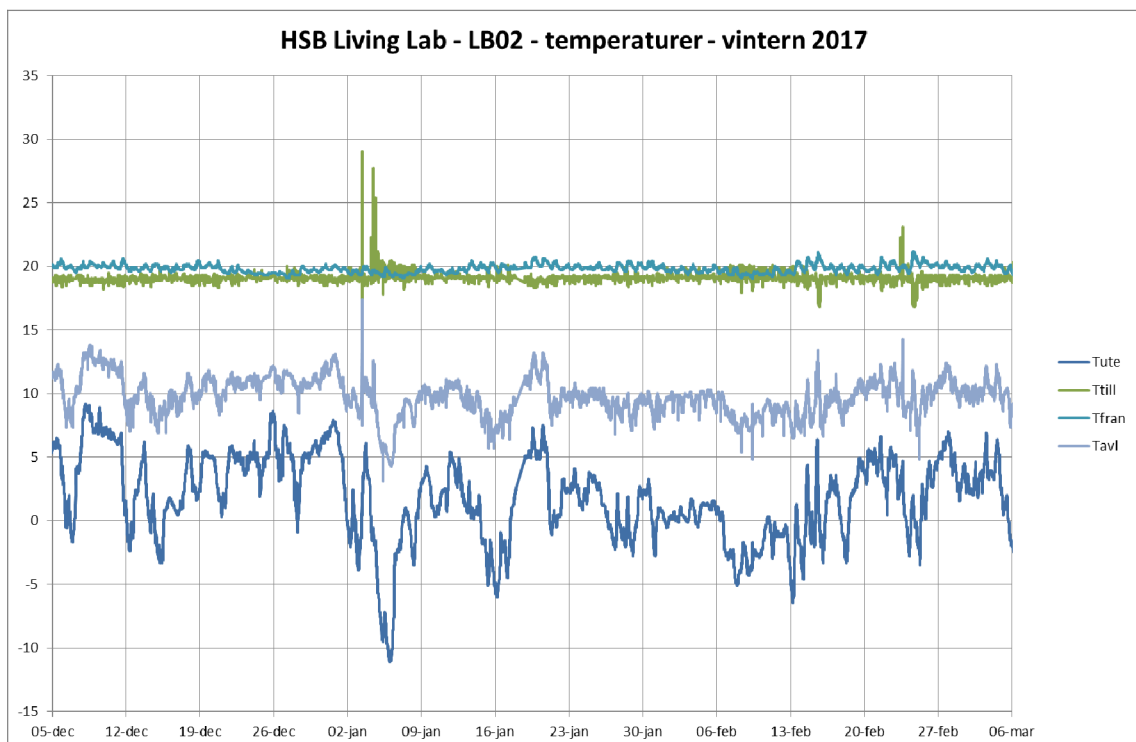
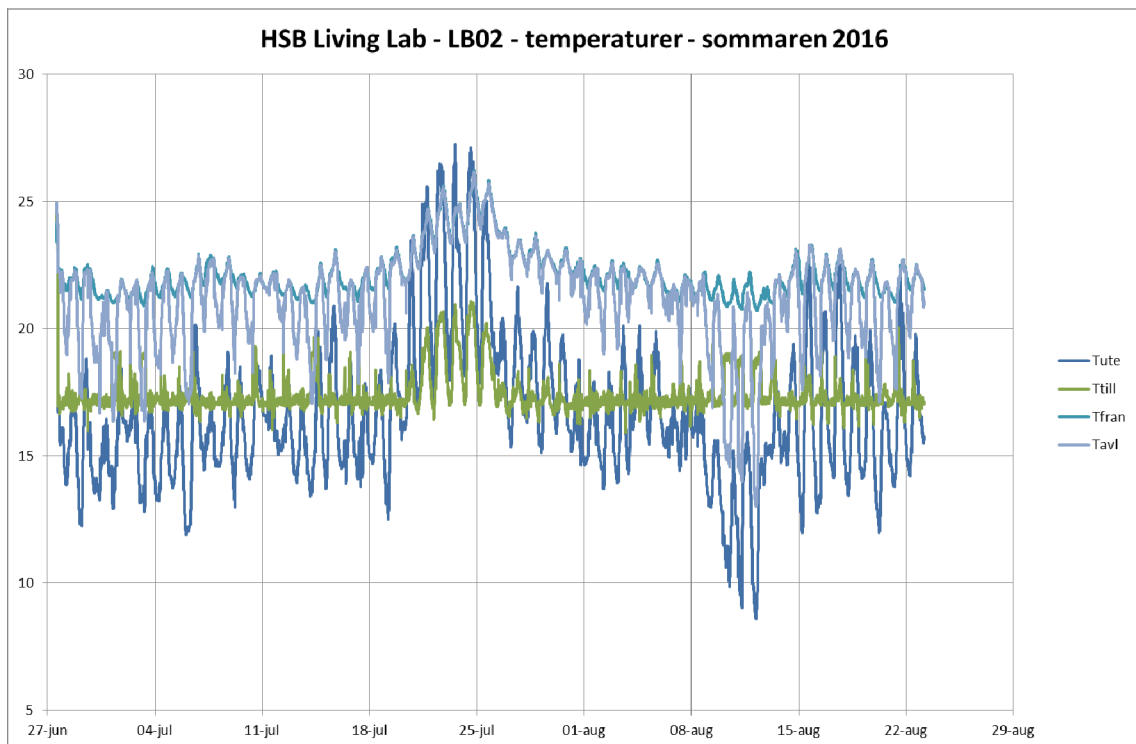
HSB Living Lab LB01

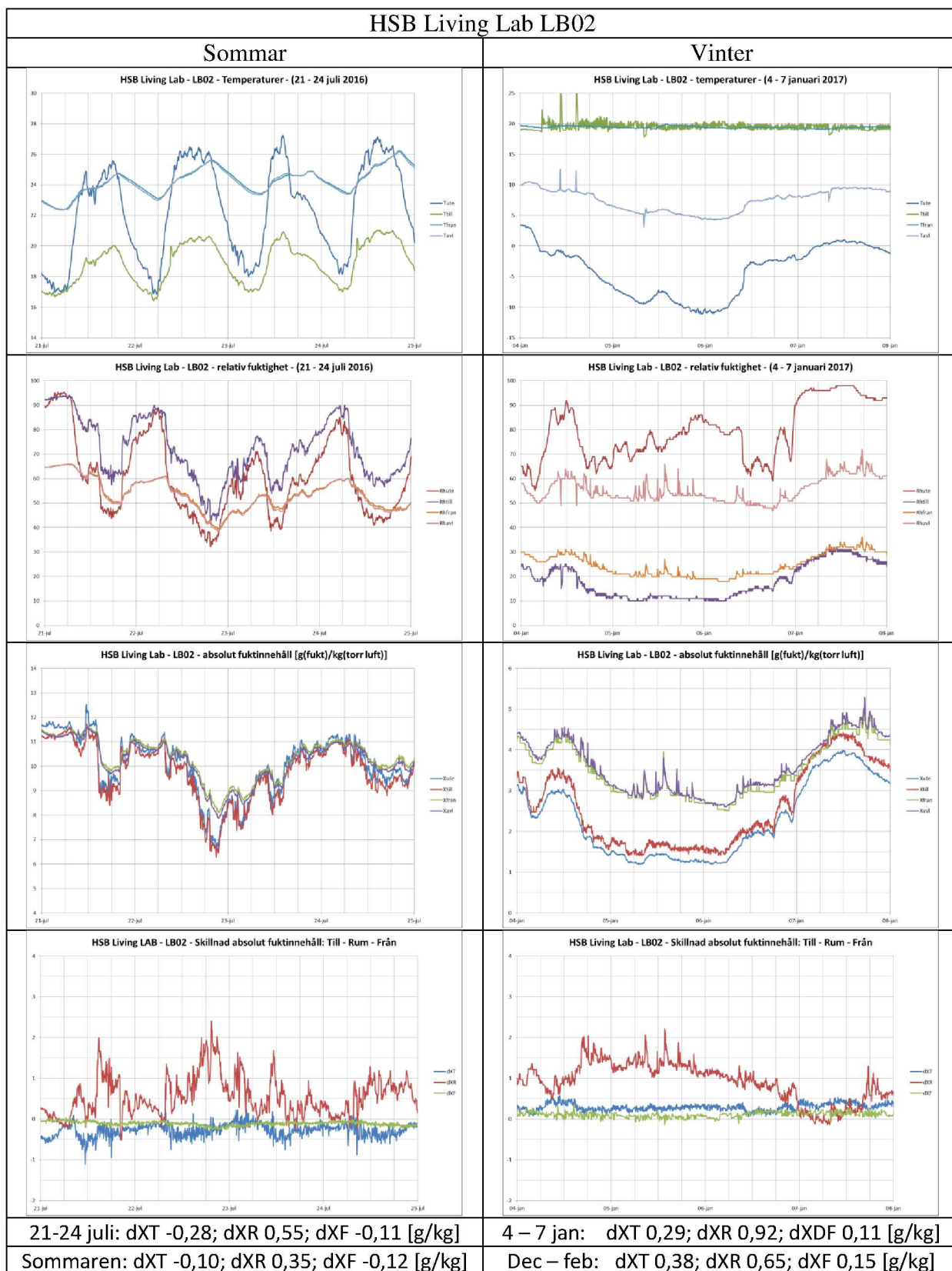


**Temp och fuktmätning
Ventilationsaggregat**


Temp och fuktmätning
Ventilationsaggregat

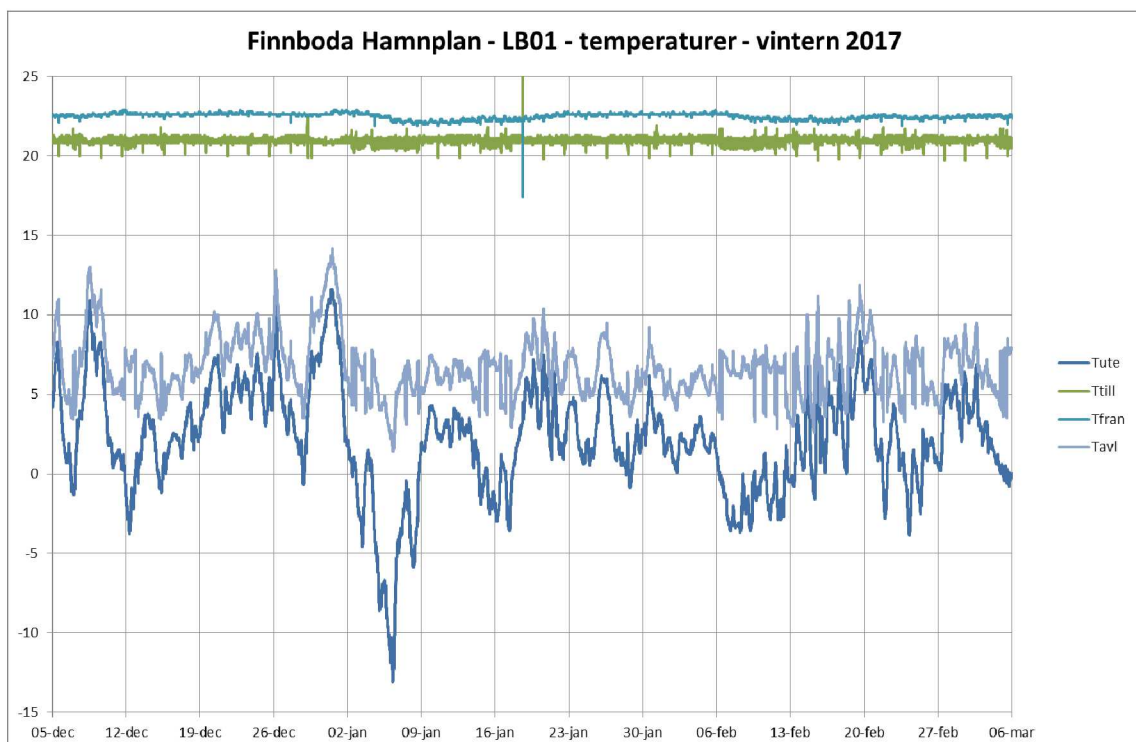
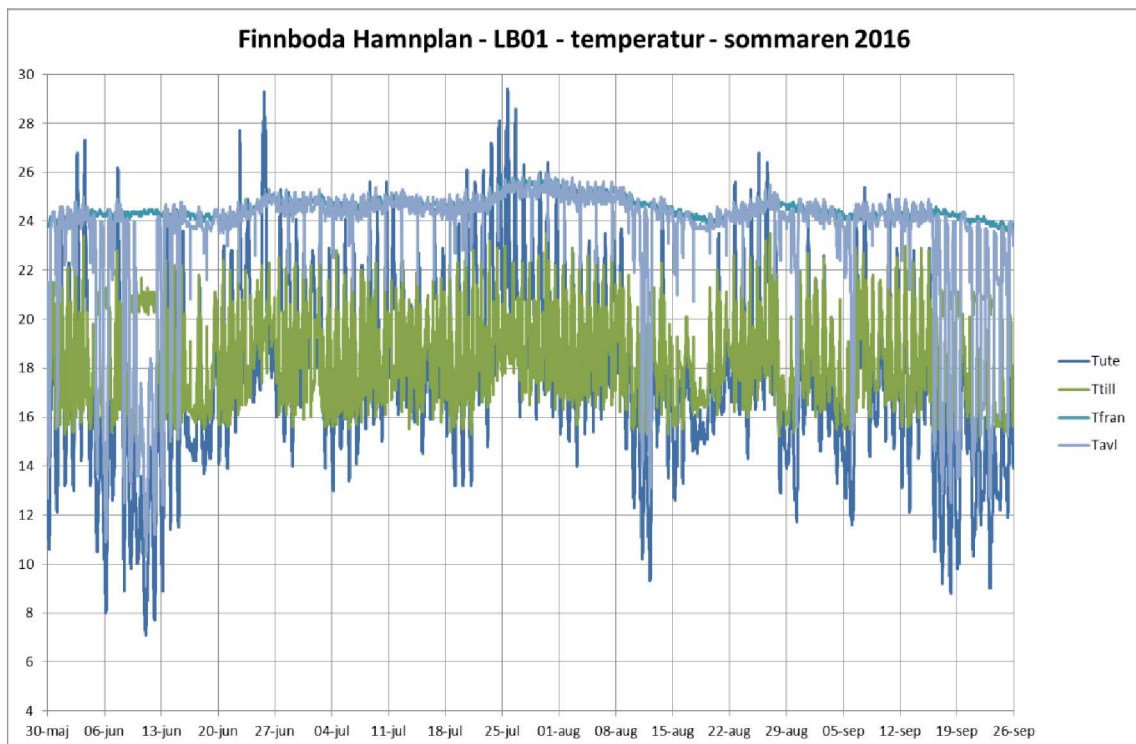
HSB Living Lab LB02

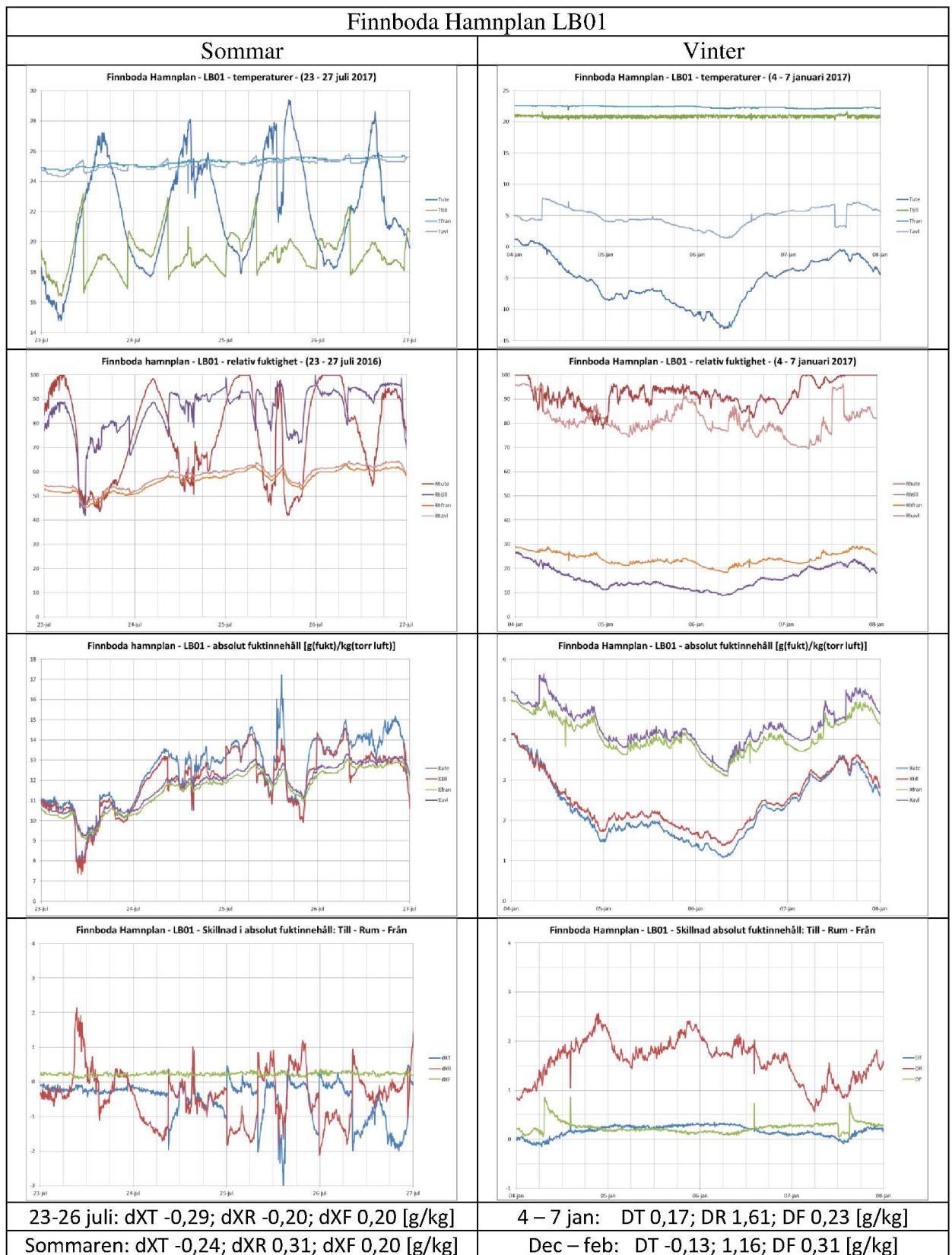


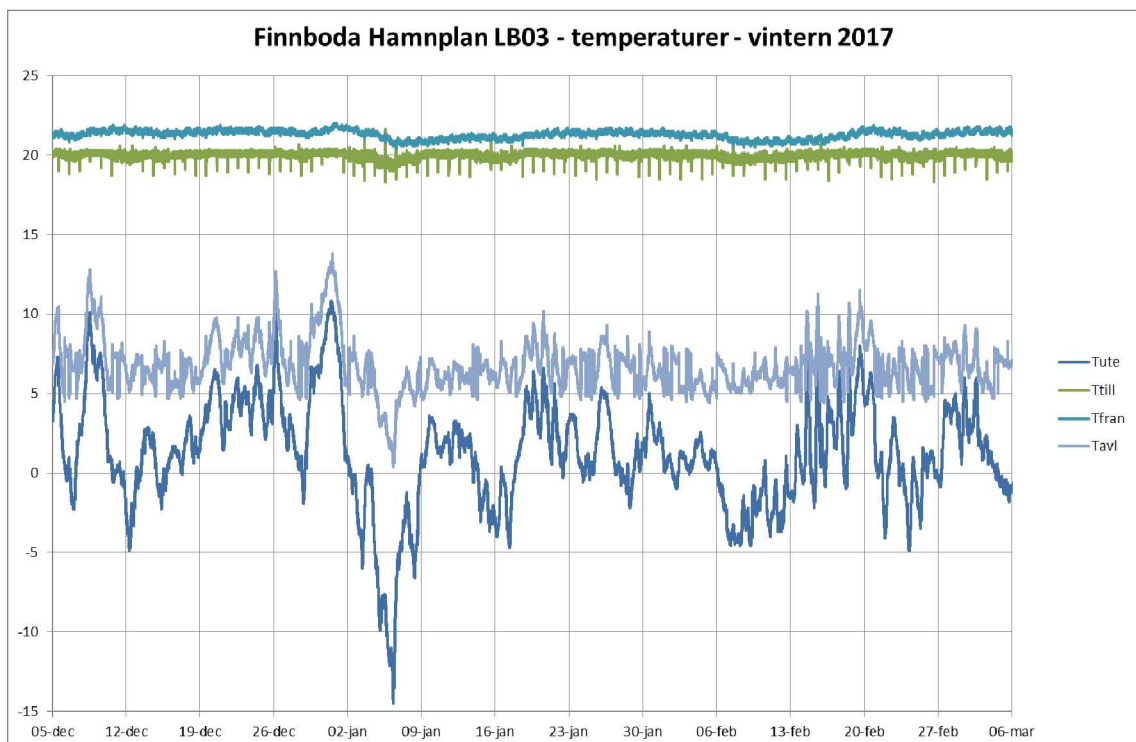
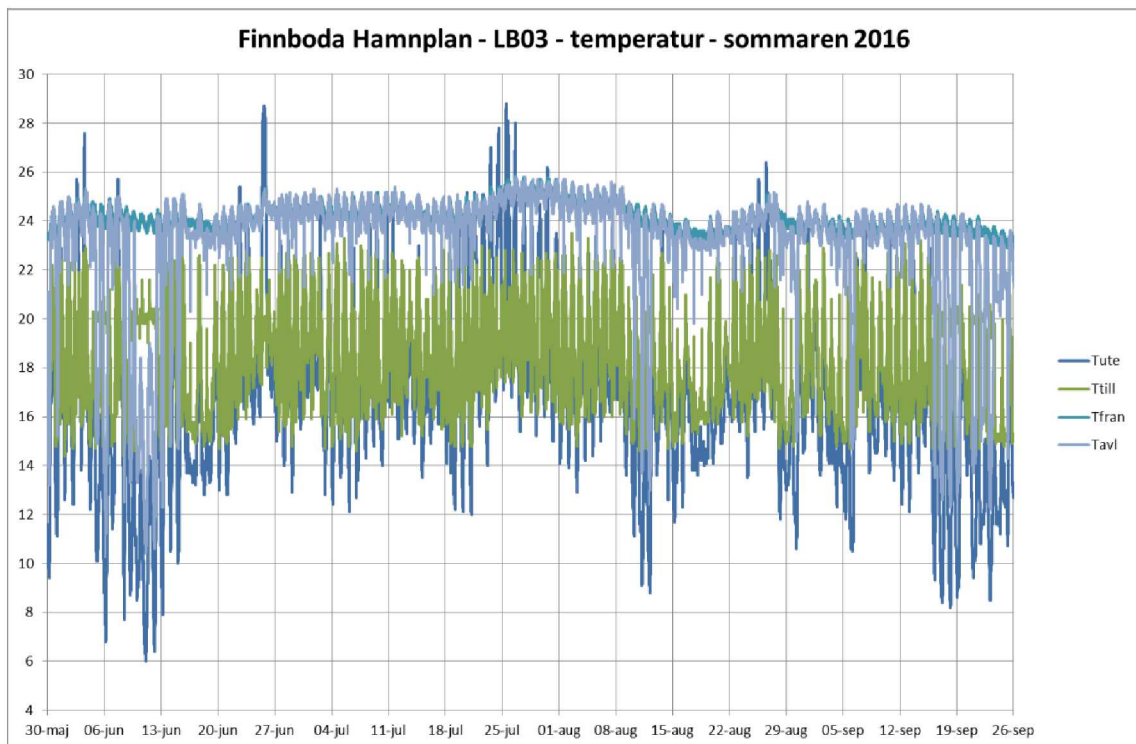
**Temp och fuktmätning
Ventilationsaggregat**


Temp och fuktmätning
Ventilationsaggregat

Finnboda Hamnplan LA01



**Temp och fuktmätning
Ventilationsaggregat**


Finnboda Hamnplan LA03

**Temp och fuktmätning
Ventilationsaggregat**
