

CHALMERS



Behovstyrd ventilation - Ugglumsskolans gymnastikhall

ROBERT LARSSON

EXAMENSARBETE

Högskoleingenjörsprogrammet Byggingenjör
Institutionen för bygg- och miljöteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2006

Examensarbete 2006:64

Behovstyrd ventilation

Ugglumsskolans gymnastikhall

ROBERT LARSSON

Adaptive ventilation
Ugglum's school gymnasium
ROBERT LARSSON, 1983

© ROBERT LARSSON

Department of Civil and Environmental Engineering
Chalmers University of Technology
SE-412 96 Göteborg
Sweden
Telephone + 46 (0)31-772 1000

Omslag:
Bilderna visar fasaden Ugglumsskolans gymnastikhall, samt inomhusbilder av hallen.

Chalmers
Göteborg, Sweden 2006

Sammandrag

Idag används ofta gymnastikhallars ventilationssystem oavsett om det är aktivitet eller inte. Detta medför att det finns en stor besparingspotential genom att anpassa drifttiderna till verksamheten, reducera flöden, m.m.

Syftet med arbetet är att projektera och utreda ett alternativt ventilationssystem med behovsstyrning för att minska energiförbrukningen utan att försämra inneklimatet.

En temperaturmätning har gjorts under en veckas tid (*10-16 april 2006*) för att få en uppfattning hur temperaturen fördelas och ändras i hallen, omklädningsrummen och övriga utrymmen. En närvaromätning genomfördes (*18-24 april 2006*) för att få en uppfattning av hallens verkliga användning.

Materialet som har används som underlag för arbetet har varit resultat från temperaturmätningen, närvaromätningen, ritningar, driftsbeskrivningar, energiberäkningar, annan litteratur samt samtal med kunniga inom området ventilation.

Av arbetets resultat kan slutsatsen dras att en fast drifttid inte är energieffektivt, då hallen inte används hela tiden under drifttiden. Ett ventilationssystem med behovsanpassad ventilation i form av närvarogivare är mycket energieffektivare. Energiberäkning visade att införande av närvarogivare i hallen skulle innebära en minskning av energiförbrukningen med 46 MWh (33 %) och en pay-off-tid på 9 år. Skulle dessutom dagens luftflöden justeras till lägre flöde och närvarogivare i omklädningsrum kan det innebära att hallens totala energibesparing blir 78 MWh (62 %) och en pay-off-tid på 5 år.

Abstract

Ventilation systems in gymnasiums are today often used regardless if the gymnasium is used or not. This result in a big saving potential by adapting the operation times to the activity, reduce air flow, etc.

The purpose with this project is to design and investigate an alternative ventilation system with adaptive control to reduce energi consumption, without worsen the indoor climate.

A temperature measurement was carried out during one week (*10-16 april 2006*) to get an understanding how the temperature changes in the gymnasium, locker room and other spaces. A prescense measurement was carried out (*18-24 april 2006*) to get an understanding how the gymnasium is used.

The material that have served as basis for the work have been results from the temperature measurement, prescense measurement, drawings, operation descriptions, energi calculations, literature and conversations with competent persons who work with HVAC.

From the results of this project shows that a permanent operation time is not energy efficient, since the gymnasium is not always used during the operation time. A ventilation system with adaptive control is much more energy efficient, since the ventilation system is used when the gymnasium is used. Energy calculations showed that adaptive controlled ventilation would give a reduced energy consumption with 46 MWh (33 %) and a pay off time of 9 years. If also todays air flow would be reduced and adaptive contol in the dressing rooms it would lowered the gymnasiums total energy consumption with 87 MWh (62 %) and a pay off time of 5 years.

Keywords: adaptive control, ventilation, energy

Förord

Detta examensarbete gjordes våren 2006 på Byggingenjörutbildningen på Chalmers i samarbete med Wikström VVS-kontroll AB. Arbetet utfördes till större delen på Wikström VVS-kontroll:s kontor, där jag hade min handledare: *Sofia Malmqvist*. Jag vill tacka min handledare och även personalen hos Wikström VVS-kontroll för ert tålamod för alla frågor och funderingar som har kommit och att ni alltid har tagit er tid att diskutera arbetet.

Göteborg, 2006-07-05.

Robert Larsson

Innehållsförteckning

Sammandrag.....	I
Abstract.....	II
Förord.....	III
Innehållsförteckning.....	IV
1. Inledning.....	1
1.1. Syfte.....	1
1.2. Metod.....	1
2. Teknikstudie.....	2
2.1. Ventilationskrav.....	2
2.1.1. Dimensionering av luftflöden.....	2
2.2. Behovstyrning – typer av givare.....	2
2.2.1. Närvarogivare.....	3
2.2.2. Fuktgivare.....	3
2.2.3. Koldioxidgivare.....	3
2.2.4. Temperaturgivare.....	3
2.3. Återluftsystem.....	3
2.4. Nyproduktion av gymnastikhallar idag.....	4
2.4.1. Vättnedalsskolan.....	4
2.4.2. Hammarkullen.....	4
2.4.3. Torpahallen.....	5
2.4.4. Streteredsskolan.....	5
2.4.5. Partillebohallen.....	5
3. Ugglumsskolans gymnastikhall.....	6
3.1. Uppbyggnad.....	6
3.2. Styrning av ventilationssystemet.....	6
3.3. Temperaturmätning.....	7
3.3.1. Temperaturmätning av hallen.....	8
3.3.2. Temperaturmätning av omklädningsrum & övrigt.....	9
3.3.3. Resultat från temperaturmätning.....	10
3.4. Närvaromätning.....	11
3.4.1. Resultat.....	11
3.5. Nuvarande Energiförbrukning (ventilation).....	12
4. Åtgärder för befintligt ventilationssystem.....	13
4.1. Grundåtgärder.....	13
4.1.1. Styrfel.....	13
4.1.2. Injustering.....	13
4.1.3. Transmissionsberäkning.....	14
4.1.4. Internlaster.....	14
4.1.5. Energiförbrukning för ventilation med internlaster.....	15
4.2. Normalåtgärder.....	16
4.2.1. Uppbyggnad.....	16
4.2.2. Dimensionerande luftflöden.....	16
4.2.3. Styrning av ventilationssystemet.....	17
4.2.4. Energiförbrukning (ventilation med internlaster).....	17
4.2.5. Kostnads kalkyl.....	18
4.3. Extraåtgärder.....	19
4.3.1. Injustering av luftflöden.....	19
4.3.2. Närvarogivare i omklädningsrum.....	19
4.3.3. Årstidsanpassning.....	20
4.4. Rekommendation av åtgärder.....	20
4.4.1. Energiförbrukning (ventilation).....	20

5. Åtgärdssammanställning	21
5.1. Grundåtgärder	21
5.2. Normalåtgärder	21
5.3. Extraåtgärder	22
5.4. Rekommendation av åtgärder	22
5.5. Översikt	23
6. Avslutning	24
Referenser	25
Litteratur	25
Elektroniska källor	25
Muntliga källor	25

Bilagor

- Bilaga 1 – Ritning över Ugglumsskolans Gymnastikhall
- Bilaga 2 – Systemritning över befintligt system
- Bilaga 3 – Temperaturdiagram
- Bilaga 5 – Närvaromätning
- Bilaga 4 – Energiförbrukning idag
- Bilaga 6 – Transmissionseffekt
- Bilaga 7 – Energiförbrukning under 53h med förhöjd tilluftstemperatur
- Bilaga 8 – Hallens energiförbrukning efter grundåtgärder
- Bilaga 9 – Systemritning efter normalåtgärder
- Bilaga 10 – Energiförbrukning av ventilationssystemet efter grundåtgärder
- Bilaga 11 – Energiförbrukning efter normalåtgärder
- Bilaga 12 – Energiförbrukning för extraåtgärder
- Bilaga 13 – Årstidsanpassning

1. Inledning

Idag används ofta gymnastikhallars ventilationssystem oavsett om det är aktivitet eller inte. Detta medför att det finns en stor besparingspotential genom att anpassa drifttiderna till verksamheten, reducera flöden, m.m.

Uppgiften är att utreda och projektera ett alternativt ventilationssystem med behovsstyrning för att minska energiförbrukningen utan att försämra inneklimatet.

1.1.Syfte

Syftet med detta examensarbete har varit att projektera ett energisnålt ventilationssystem för en gymnastikhall. Systemet skulle vara energieffektivt samt driftsäkert och det skulle energiberäknas.

1.2.Metod

Projektet har till stor del bestått av undersökande studier i litteratur samt praktiskt arbete. Ett lämpligt objekt för projektering har utsetts av Wikström VVS-kontroll AB. Detta objekt har sedan använts som referensobjekt för projektet. Projekteringen har resulterat i en teknisk rapport.

För att kunna projektera ett energisnålt ventilationssystem har följande krävts:

- Fastställa dagens system med inriktning på uppbyggnad, funktion och energiförbrukning.
- Genomföra teknikstudie om hur gymnastikhallar byggs idag.
- Utföra temperaturmätningar på befintligt system.
- Undersöka behovsstyrningars funktion och inverkan.
- Redovisa en systemritning på befintligt och alternativt system.
- Sammanställa objektets ventilationskrav som redovisas i BBR.
- Dimensionera luftflöden.
- Redovisning av systemets funktion.
- Sammanställa hur systemet ska styras.
- Jämföra energiförbrukning mellan dagens system och det alternativa systemet.

2. Teknikstudie

En teknikstudie har genomförts för att få en uppfattning om dagens tekniker, krav och hur man bygger ventilationssystem i gymnastikhallar idag. Nedan beskrivs dessa delar mer ingående.

2.1. Ventilationskrav

Ventilationskrav att beakta finns hos Arbetsmiljöverket (AFS) och Boverkets Byggregler (BBR). I skrifterna AFS 2000:42 och AFS 2005:17 från AFS ställs många krav på luftens kvalitet och utformning av ventilationssystem för att de ska ge ett godtagbart inomhusklimat. I BBR (*BFS 1993:57 med ändringar till och med 2002:19*) ges rekommendationer på ventilationsflöden för personer, yta samt specifika rum som t.ex wc, duschrum osv. En tolkning av dessa regler och rekommendationer ges i boken "Minimikrav på luftväxling", som kan fungera som ett hjälpmedel vid ventilationskontroller och besiktningar.

Några av AFS krav som kommer att vara till en större betydelse för detta projekt sammanfattas nedan.

- Uteluft skall tillföras i tillräcklig mängd.
- Luftkvaliteten ska vara tillfredställande och koldioxidhalten bör vara under 1000 ppm.
- Ventilationssystem med återluft får installeras endast om särskild utredning har visat att de är lämpliga.
- Frånluft ska renas innan den används som återluft till lokalen.
- Ventilationssystem ska kontrolleras och underhållas regelbundet.

BBR:s generella luftflödessiffror redovisas nedan.

- 7 l/s per person.
- 0,35 l/s per m² (ca 0,5 oms/h).

Anmärkningsvärt är att dessa krav och rekommendationer är baserade på kontorsmiljö där takhöjden är cirka 2.7 meter och inte baserade för gymnastikhall med 9 meter till tak, vilket ger en stor luftvolym.

2.1.1. Dimensionering av luftflöden

Det finns två bra metoder för att beräkna en gymnastikhalls ventilationskrav. Hänsyn till antalet åskådare och aktiva personer i salen tas med i beräkningarna.

En effektmetod kan användas och den innebär att den värmeeffekt som personerna avger i salen beräknas och används som dimensionerande kyleffekt hos ventilationssystemet.

Den andra metoden utgår från antalet personer som vistas i gymnastikhallen. Enligt BBR:s rekommendationer av luftflöden beräknas ett flöde fram och används för dimensionering av ventilationssystemet.

2.2. Behovstyrning – typer av givare

Behovstyrning av ventilationssystem innebär förenklat att ventilationssystemet inte levererar fullt flöde hela tiden utan anpassar sig efter ventilationsbehovet i enskilda rum. Ventilationssystemet kan exempelvis ge ett grundflöde för hygieniska skäl och ge fullt flöde vid behov. Detta gör att energiförbrukningen minskas jämfört med traditionella system där endast ett tidsschema för systemets drifttider används.

För att systemet ska kunna regleras efter ventilationsbehovet används givare som berättar för systemet var det behövs ventilation. Nedan redovisas några av de vanligaste givarna som används för behovsstyrning.

2.2.1. Närvarogivare

Närvarogivare känner av om det kommer in personer i rummet och ger signal till ventilationssystemet att öka ventilationen. Närvarogivare används för t.ex. styrning av belysning och ventilation.

2.2.2. Fuktgivare

Fuktgivare mäter den relativa fuktigheten i luften. Användningsområdet för en fuktgivare kan vara i omklädningsrum där fukthalten ökar när duschar används. När detta sker så mäter fuktgivaren en ökad fukthalt och meddelar ventilationssystemet att öka flödet från omklädningsrummet.

2.2.3. Koldioxidgivare

Koldioxidgivare registrerar koldioxidhalten i luften. Denna typ av givare används ofta i föreläsningssalar där en ökning av halten koldioxid innebär forcering av ventilationen för att bibehålla en god luftkvalitet.

2.2.4. Temperaturgivare

Temperaturgivare mäter temperaturen vid önskad mätpunkt, t.ex. rumstemperatur. Givaren används vid styrning av ventilation där t.ex. ett börvärde för rumstemperaturen styr ett värmebatteri för att leverera önskad värme.

2.3. Återluftssystem

Återluft innebär att ett ventilationssystem frånluft tillförs helt eller delvis åter som tilluft till lokalen. Återluft kan användas med iblandning av uteluft eller i ett helt slutet ventilationssystem. Återluftssystem kan användas i lokaler med stora volymer där inga stora föroreningar förekommer. Systemet används vid uppvärmning av lokaler nattetid.

Vid iblandning av luft renas först frånluften i ett filter innan den återförs, med blandning av uteluft, som tilluft till lokalen. Vid ökad iblandning av uteluft minskar föroreningar, men systemets energiåtgång ökar. I ett helt slutet system används speciella luftrenare i lokalen som renar frånluften innan den återförs som tilluft i lokalen.

Det är problematiskt att rena frånluft i ett återluftssystem eftersom ett filter aldrig kan ta bort föroreningar till 100 %. Detta betyder att lokaler med svåra föroreningar bör inte använda återluftssystem, eftersom återförd luft innehåller alltid föroreningar oavsett rening.

I gymnastikhallar kan det tänkas att användning av återluftssystem är möjlig, då det är stora luftvolymer. För Ugglumsskolans gymnastikhall blir detta problematiskt, eftersom ventilationssystemet består av ett aggregat som betjänar både hall och omklädningsrum med toaletter. Detta betyder att återluft skulle innebära att föroreningar från toaletterna skulle komma in i hallen.

2.4. Nyproduktion av gymnastikhallar idag

För att få förståelse för hur gymnastikhallar byggs idag har fyra gymnastikhallar studerats närmare. Dessa är nyproducerade eller så har ventilationssystemet renoverats. Resultatet visar att traditionella ventilationssystem med till- och frånluft samt roterande värmeväxlare är det som vanligtvis byggs idag, men det finns undantag. Streteredsskolans gymnastikhall i Mölndal har byggts enligt Mölndalsprincipen, vilket betyder att överhettad uteluft ventilerar hallen. Eftersom inga luftvärmare behövs så har detta resulterat i en låg energiförbrukning. Hammarkullens hall och Torpahallens ventilationssystem använder sig av återluft när hallarna inte brukas för att minska energiförbrukningen.

Nedan redovisas objekten vilka ger en överblick hur nyproducerade gymnastikhallar produceras i Göteborg idag och vilka system som används.

2.4.1. Vättnedalsskolan

Systemets byggnadsår: 2006

Systemtyp: FTX-system

Gymnastikhallen ligger i en friliggande byggnad med tillhörande kontor, omklädningsrum och duschar. Byggnaden har ett traditionellt ventilationssystem med till- och frånluft samt roterande värmeväxlare. Uppvärmning sker via radiatorer som är utplacerade i byggnadens olika delar.

Ventilationssystemet styrs av närvarogivare som är placerade i gymnastikhallen och i omklädningsrummen. Systemet kan även ge förlängd drift med hjälp av en tryckknapp. Anläggningen är ansluten till datoriserat styr- och övervakningssystem.

Funktioner i ventilationssystemet

Sommarnattkyla

Kylåtervinning

Renblåsningsfunktion

Nollpunktskalibrering

2.4.2. Hammarkullen

Systemets byggnadsår: 2004

Systemtyp: FTX-system med återluft

Byggnaden är friliggande och har ett traditionellt ventilationssystem med till- och frånluft samt roterande värmeväxlare. Hallen värms av ventilationssystemet och övriga delar av byggnaden värms via radiatorer. Ventilering av hallens golv sker via en separat cirkulationsfläkt.

Systemet styrs av närvarogivare där en tom hall innebär cirkulation i systemet. När aktivitet börjar i hallen startar friskluftsventilationen och cirkulationen stängs.

2.4.3. Torpahallen

Systemets byggnadsår: 2004

Systemtyp: FTX-system med återluft

Torpahallen är en friliggande byggnad med en stor plan för lagidrotter, en mindre hall för gymnastik, omklädningsrum samt andra lokaler. Byggnaden har ett traditionellt ventilationssystem med till- och frånluft samt roterande värmeväxlare. Hallen värms av ventilationssystemet och övriga delar av byggnaden värms via radiatorer.

Systemet styrs av närvarogivare där en tom hall innebär cirkulation i systemet. När aktivitet börjar i hallen startar friskluftsventilationen och cirkulationen stängs.

2.4.4. Streteredsskolan

Systemets byggnadsår: 2001

Systemtyp: Friskluftsventilation med återluft

Gymnastikhallen är belägen i en tillbyggnad av en befintlig byggnad. Ventilationssystemet är byggt enligt Mölndalsmodellen vilket betyder att ventilation sker med ovärmd uteluft som tilluft och återluft. För framtida behov har systemet plats för ett kompletterande värmebatteri.

Ventilationssystemet styrs av utplacerade närvarogivare i gymnastikhallen. Tilluftsfläktens luftflöde regleras som funktion av utetemperaturen och temperaturen i hallen. Systemet styrs från en bildskärm. Nattkylning kan användas i systemet.

2.4.5. Partillebohallen

Systemets byggnadsår: 1999

Systemtyp: FTX-system

Byggnaden är en friliggande byggnad med en stor hall och några mindre hallar. Bowling, gym samt omklädningsrum finns i källarplan. Ventilationssystemet som betjänar hall A består av två FTX-aggregat, frånluftsfläkt, samt två forceringsfläktar som är monterade i hallens tak.

Ventilation för västra delen av hallen med läktare, foajé och foajé mot söder, m.m. styrs av ett tidsschema. Två vädringsfläktar är placerade i hallens tak, vilka kan forceras i 30 minuter med individuella tryckknappar. Ventilationssystemet är anslutet till ett datoriserat system för enkel övervakning och felsökning.

3. Ugglumsskolans gymnastikhall

Objektnamn: Ugglumsskolans gymnastikhall

Systemets byggnadsår: 2002

Plats: Sävedalen, Partille

Projektarbetes referensobjekt är Ugglumsskolans gymnastikhall (*Se bilaga 1 – ritning på byggnad*) i Sävedalen och har tilldelats av Partillebo AB i samarbete med Wikström VVS-kontroll AB.

Byggnaden består av en stor gymnastikhall, som är avdelbar med en vikbar vägg, omklädningsrum, förråd samt expedition för lärare.



Figur 1. Ugglumsskolans gymnastikhall

3.1.Uppbyggnad

Ventilationssystemet (*Se bilaga 2 - systemritning på befintligt system*) består av ett aggregat med till- och frånluft samt vätskekopplad värmeväxlare, två friliggande värmebatteri och fläkt för golvventilation. Ventilationssystemet är ett diriventsystem som innebär att ventilationssystemet använder sig av mindre jetstrålar för att förflytta stora luftmängder i lokalen. Aggregatet och värmebatterierna är placerade i ett fläktrum som ligger ovan herrarnas omklädningsrum. Aggregatet betjänar hela byggnaden med ventilation och värmebatteriernas betjäning är uppdelad mellan hallen och övriga lokaler. Hallen värms enbart med ventilationsluften, med de övriga utrymmen och omklädningsrum värms med radiatorer. Golvventilation sker via en väggfläkt som ventilerar golvet i gymnastikhallen. Ventilationssystemet har kylåtervinning och nattuppvärmning där återluft används.

3.2.Styrning av ventilationssystemet

Aggregatet (*Se bilaga 2 - systemritning på befintligt system*) styrs av ett tidsschema där vardagar innebär en drifttid mellan kl. 06.00-23.00. Under lördag är drifttiden kl. 07.30-20.00 och söndag kl. 07.30-23.00. Detta ger en drifttid på 113 timmar. En tryckknapp i gymnastikhallen ger förlängd drift efter inställd tid. Ventilationssystemet har inställda börvärden av vad hallens temperatur bör vara och vilken tilluftstemperatur omklädningsrummen och övriga utrymmen bör ha. Dessa börvärden styr sedan ventilationssystemets värmebatterier för att uppnå börvärdena. Börvärde för hallens rumstemperatur är 17 °C. Omklädningsrum och övriga lokaler har tilluftstemperaturen ett börvärde på 20 °C.

Ventilationssystemet kan använda sig av kylåtervinning, nattuppvärmning och nattkyla. Ingen av dessa funktioner är idag aktiverade. Om frånluftens temperatur skulle understiga uteluftens temperatur så kan kylåtervinning användas. Nattuppvärmning startar när börvärdet för hallens temperatur underskrids. Återluft används vid nattuppvärmningen av hallen, då ventilation till omklädningsrum och övriga utrymmen stängs av med hjälp av spjäll. Nattkyla kan användas för att kyla ner hallen nattetid när det är varmt i hallen och svalare ute än i hallen.

3.3. Temperaturmätning

En temperaturmätning (*se bilaga 3 - temperaturdiagram*) har gjorts under en veckas tid (10-16 april 2006) för att få en uppfattning om hur temperaturen fördelas och ändras i hallen, omklädningsrummen och övriga utrymmen.

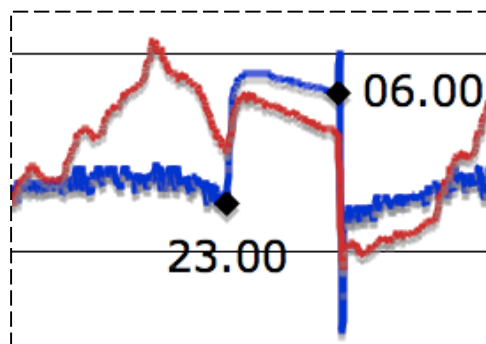
Vid genomförandet av mätningen användes fem temperaturloggers som var inställda att registrera lufttemperaturen var femte minut. De placerades i fläktrummet luftkanaler för att mäta temperaturer på ingående och utgående luftflöden.

Mätpunkter i ventilationssystemet redovisas i tabellen nedan:

Objekt	Mätpunkt
Hallen	Tilluft
	Frånluft
Omklädningsrum & Övrigt	Tilluft
	Frånluft
Utomhus	Uteluft

Resultatet från temperaturmätningen tolkas enklast med hjälp av diagram som visar temperaturförändringar och jämförelser mellan olika mätpunkter.

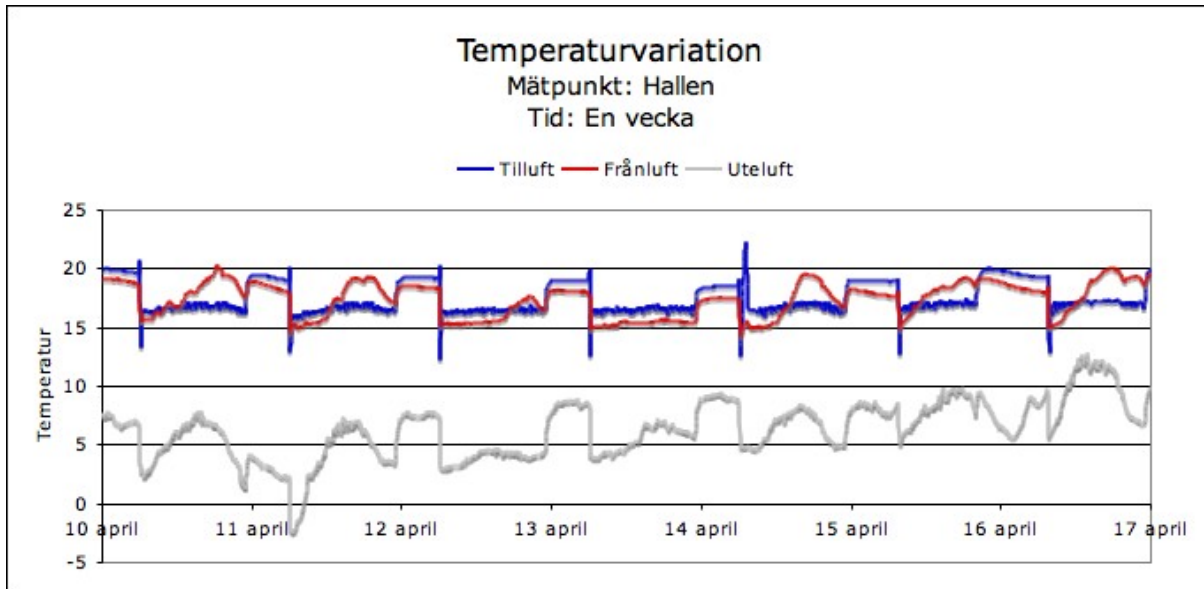
Noterbart är att mellan kl. 23.00 och kl. 06.00 är ventilationssystemet avstängt och då visar diagrammet (*se figur 2*) felaktig temperatur eftersom givarna är placerade i fläktrummet luftkanaler där inget luftflöde finns under driftstopp. Den stillasittande luften värms upp av transmissionsvärme från fläktrummet och temperaturgivarna antar därmed fläktrummet temperatur istället för den sökta temperaturen. Felaktigheterna syns i form av plåtåffekt före en stark nedgång av temperaturen.



Figur 2. Plåtåffekt från temperaturmätning

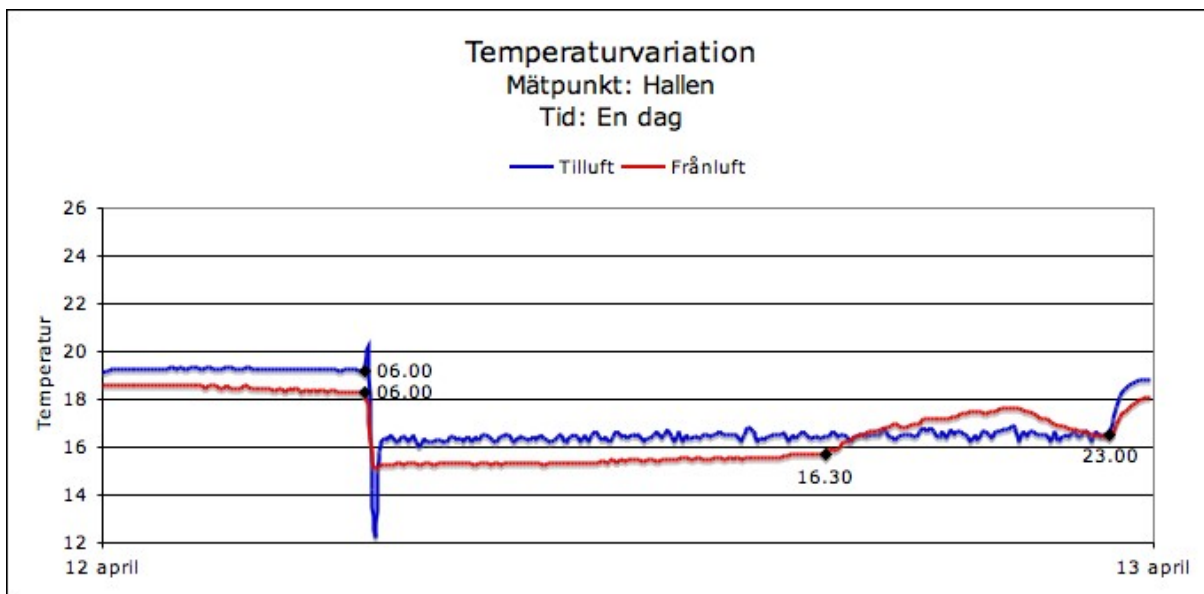
3.3.1. Temperaturmätning av hallen

Diagrammet (se Figur 3) nedan visar temperaturvariationerna i hallen under en vecka. Mätpunkter för till-, från- och uteluft redovisas. Den röda kurvan representerar hallens frånluftstemperatur som varierar beroende på hur mycket aktivitet det är i hallen. Den blå kurvan visar tilluftstemperaturen till hallen.



Figur 3. Diagram över temperaturvariationen i hallen under en vecka.

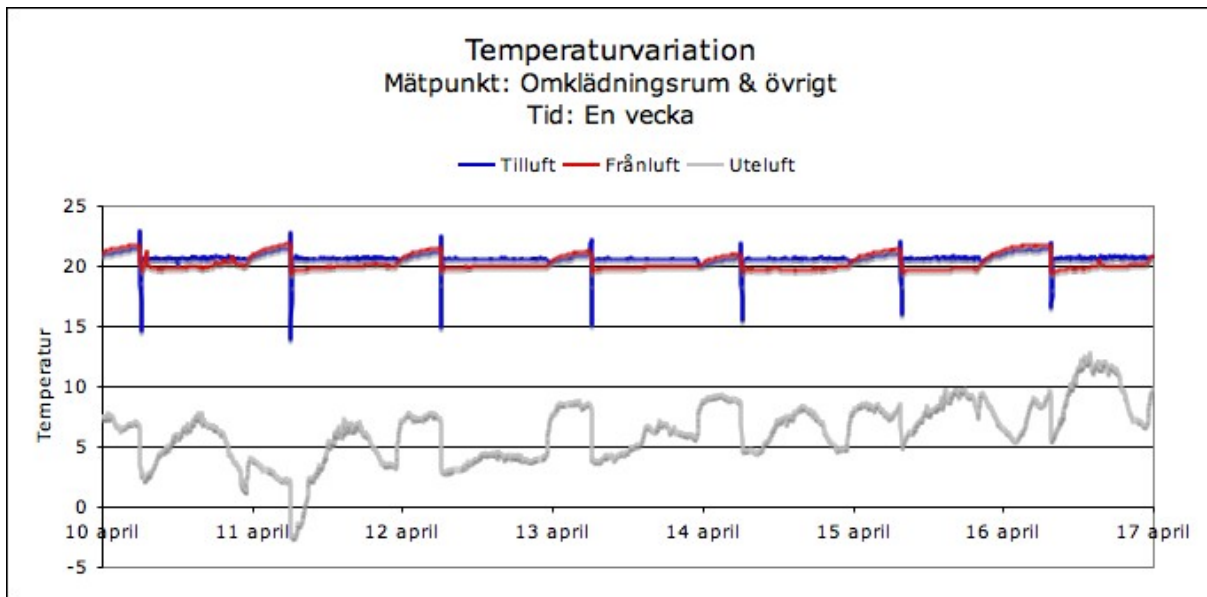
Diagrammet nedan (se Figur 4) visar hallens till- och frånluftsvärningar under en vardag. När ventilationssystemet startar vid kl. 06.00 registrerar temperaturgivarna att hallens temperatur är ca 15,5 °C. Diagrammet visar att mellan kl. 06.00 och kl. 16.30 finns nästan ingen internlast, i form av personer, i hallen. Efter kl. 16.30 stiger internlasten vilket ger högre frånluftstemperatur. Tilluftstemperaturen ligger stadigt på ca 16,5 °C under hela driftstiden.



Figur 4. Diagram över temperaturvariationen i hallen under en dag.

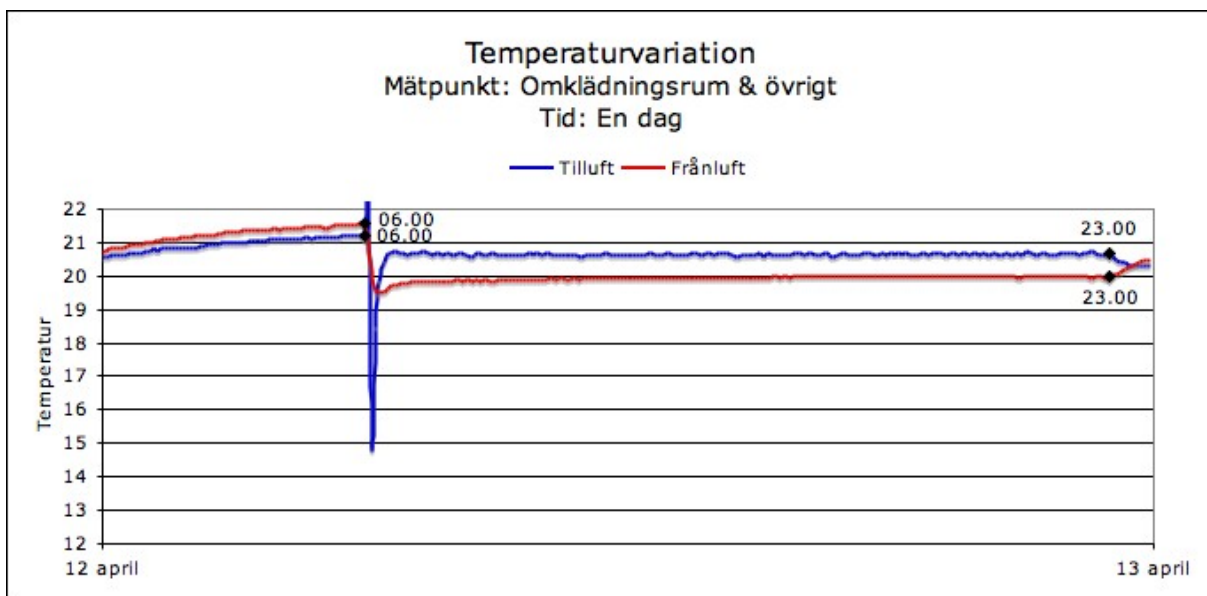
3.3.2. Temperaturmätning av omklädningsrum & övrigt

Diagrammet (se Figur 5) redovisar temperaturvariationen för till- och frånluft för omklädningsrum och övriga utrymmen i byggnaden under en vecka. Förutom vid driftstopp, då mätfel uppstår, ligger tilluften nästan konstant på 21 °C och frånluften på 20 °C.



Figur 5. Diagram över temperaturvariationen i omklädningsrum och övriga lokaler under en vecka.

Diagrammet (se Figur 6) redovisar temperaturvariationen för till- och frånluft för omklädningsrum och övriga utrymmen i byggnaden under en vardag. Precis som diagrammet ovan visar detta diagram att tilluften ligger konstant på cirka 21 °C och frånluften på nästan konstant 20 °C. Diagrammet visar tydligt hur temperaturen ökar sakta i luftkanalen under driftstoppet.



Figur 6. Diagram över temperaturvariationen i omklädningsrum och övriga lokaler under en dag.

3.3.3. Resultat från temperaturmätning

Genomförd temperaturmätning visar att hallens tilluftstemperatur (*se figur 4*) ligger konstant på 16,5 °C och att frånluftstemperaturen ändras då internbelastningen varierar. Tilluftstemperaturen har det inställda börvärdet för hallens frånluftstemperatur. Detta betyder att hallens temperaturstyrning är felinställd, då hallens värmebatteri är inställt via givare (*GT21*) för att ge en konstant tilluftstemperatur på 17 °C. En korrekt styrning skulle innebära att värmebatteriet styrs av hallens temperaturgivare (*GT11*) för frånluft med börvärdet 17 °C. Denna korrektion skulle innebära att hallens temperatur ligger på 17 °C och att tilluftstemperaturen varierar för att klara av internlasten. Orsaken till felet är troligtvis en felkoppling vid installation.

En följd av att tilluftstemperaturen är konstant 17 °C blir att rumstemperaturen i hallen ligger några grader under 17 °C eftersom det går åt energi i form av transmissionsförluster. Mätningen visade att under en normal vardag i april är rumstemperaturen 15,5 °C vilket betyder att under vintermånaderna kan det bli en ännu kallare rumstemperatur i hallen.

I omklädningsrummen och de övriga utrymmena i byggnaden visade sig ha varmare tilluft än frånluft (*se figur 6*). Orsaken till att frånluften är en grad kallare än tilluften beror troligtvis på att radiatorerna inte ger tillräckligt med värme för att hålla den tänkta temperaturen. Detta betyder att den uppvärmda tilluften får hjälpa radiatorerna att värma rummen och därmed försvinner energi från tilluften. Detta gör att frånluften blir kallare än tilluften. Tilluftens börvärdet ska vara 20 °C, men det är uppmätt till 21 °C. Denna temperaturhöjning på en grad för tilluften till omklädningsrummen och övriga utrymmen innebär en ökad årlig energiåtgång på 2,3 MWh för ventilationssystemet.

Enligt diagrammen används inte funktionen nattuppvärmning under mättingsveckan. Detta visas genom att temperaturen stiger mot fläktrummet temperatur och ligger stadigt under hela driftstoppet. Temperaturdiagram för alla dagar redovisas i bilaga 3.

3.4. Närvaromätning

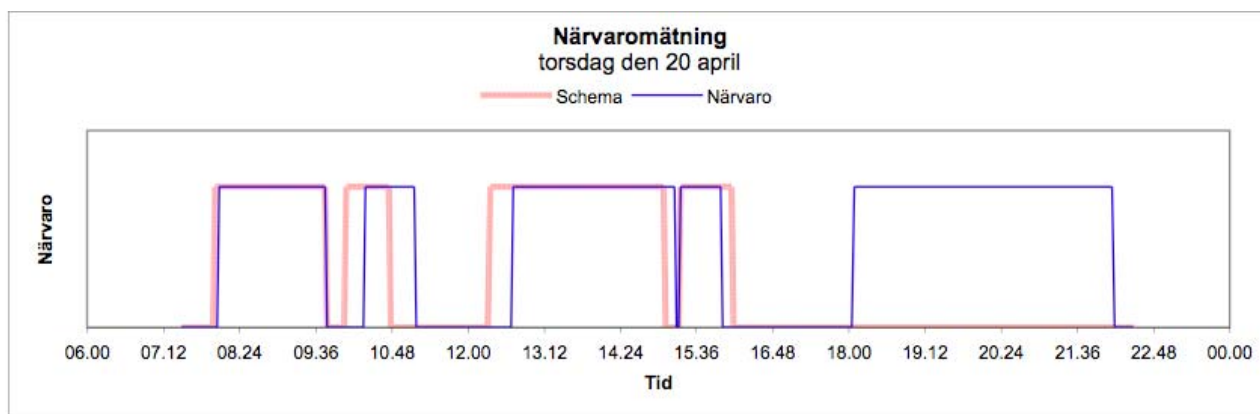
Ett skolschema är uppsatt vid hallen där användningen av hallen visas. Eftersom denna tid är teoretiskt, så har en närvaromätning (se bilaga 4 – närvaromätning) genomförts under en veckas tid (18-24 april 2006) i den ena delen av hallen. Närvarogivare placerades vid ingången till hallen där givaren kunde registrera aktivitet på cirka halva golvytan. Dock är det inget problem, då idrottsaktivitet oftast innebär mycket rörelse i hallen. Givaren har tagit mätvärden med ett intervall på två minuter under en veckas tid. Dessa mätvärden har sedan bearbetats till diagram som visar resultatet.



Figur 7. Placering av närvarogivare.

3.4.1. Resultat

Då hallens ventilation har en drifttid mellan kl. 06.00 och kl. 23.00 på vardagar, visar närvaromätningens resultat när ventilation av hallen verkligen behövs. Diagrammen visar att ventilationens drifttid kan minskas, eftersom hallen inte används under hela drifttiden. Diagrammen visar också att hallens skolschema inte stämmer med verkligheten, då aktivitet har pågått på tider som inte har varit schemalagda. Den aktivitet som förekommer efter skoltid och på kvällen är troligtvis idrottsföreningar. Under lördag och söndag har det inte varit någon aktivitet i hallen. Övriga vardagar redovisas i bilaga 4.



Figur 8. Diagram visar resultatet från närvaromätningen.

Diagrammet visar närvaron i hallen under torsdag den 20 april. De blå plåtarna redovisar närvaro och de röda visar skolschemat för hallen. Diagrammet visar att under torsdagen har det varit aktivitet i totalt 10 timmar, vilket betyder att den extra drifttiden på 7 timmar skulle kunna sparas. Vid närvarostyrning bör det finnas en tröghet i ventilationssystemet för att inte få för mycket start- och stopsekvenser i systemet, vilket kan leda till onödigt slitage. Denna tröghet bör vara när aktivitet startar och efter avslutat aktivitet.

En beräkning av insamlad närvarodata visar att ”onödig” drifttid under vardagarna är cirka 36 timmar och 28 timmar under helgen, ifall ingen aktivitet pågår under helgen. Detta blir totalt 64 timmar (57 % av nuvarande drifttid) under en vecka som ventilation inte är nödvändig i hallen. Beräkningen har utgått från att systemet väntar 10 minuter efter avslutat aktivitet i hallen för att sedan stänga av ventilationen, samt att systemet kör en timme på morgonen för att få en luftomsättning innan lektionsstart.

3.5. Nuvarande Energiförbrukning (ventilation)

Ventilationssystemet i Ugglums sporthall har energiberäknats (Se bilaga 5 - energiberäkning av dagens system) med hjälp av energiberäkningsmall från Wikström VVS-Kontroll AB. Nödvändiga beräkningsdata, som t.ex. flöden, har Partillebo AB tillhandahållit i form av OVK-protokoll.

Vid energiberäkningens utförande har det nuvarande systemet uppdelats i två beräkningar, eftersom det är två olika börvärden som styr systemet. Driftstopp under helgdagar och lov har inte beaktats.

Värmeåtervinning: 45 %

Tilluftstemperatur för hallen: 17 °C

Tilluftstemperatur för omklädningsrum och övriga lokaler: 21 °C (uppmätt temperatur)

Drifttid: 113 timmar per vecka över hela året.

Tabell 1. Tabell med energiförbrukning.

Objekt	Energiförbrukning (MWh)		
	Luft	El	Totalt
Hallen	64	18	82
Omklädningsrum & övrigt	33	7	40
		Totalförbrukning	122 MWh

Den årliga energiförbrukningen har beräknats till 122 MWh, där hallens förbrukning är 82 MWh och övriga byggnaden har en förbrukning på 40 MWh.

4. Åtgärder för befintligt ventilationssystem

Nedan beskrivs de åtgärder som skulle kunna genomföras i Ugglumsskolans gymnastikhall för att sänka energiförbrukningen.

Grundåtgärder

Grundåtgärder behandlar de fel som systemet har idag och vad som behöver åtgärdas innan de andra åtgärderna påbörjas. Åtgärderna är styrfel av börvärden för tilluft och injustering av radiatorerna.

Normalåtgärder

Normalåtgärderna innefattar installation av värmefläktar i hallen och två närvarogivare för styrning av hallens ventilation, samt ny styrning för ventilationssystemets övriga delar.

Extraåtgärder

Extraåtgärder innehåller separata åtgärder som kan minska energiförbrukningen ytterligare. Flödesinjustering, årstidsanpassning och närvarogivare i omklädningsrum är åtgärderna och är beräknade utifrån att grundåtgärder och normalåtgärder är genomförda.

4.1. Grundåtgärder

Eftersom dagens utformning av ventilationssystemet har en del fel som behöver rättas till innan några utökade åtgärder kan göras, så har några grundåtgärder för ventilationssystemet utformats för att enkelt lösa dagens problem. Dessa beskrivs nedan lite mer ingående.

4.1.1. Styrfel

Temperaturmätningen (*se 3.3.3 Resultat från temperaturmätning*) i början av rapporten visade styrfel på börvärden för hallens tilluftstemperatur. För att lösa problemet ändras tilluftens styrande temperaturgivare från dagens givare (*GT21*), som är placerad efter värmebatteriet, till temperaturgivaren (*GT11*) i hallen. Efter ändring kommer hallens tilluftstemperatur att variera beroende på hallens internlast och rumstemperaturen bör vara stabil på önskat börvärde.

I omklädningsrummen och de övriga utrymmena i byggnaden visade det sig att tilluftens temperatur var uppmätt till 21 °C där börvärdet är 20 °C. Felet bör troligtvis vara hos temperaturgivaren *GT12*.

Aktivering av nattvärme med återluft för hallen under de kalla månaderna bör ge en mer önskvärd rumstemperatur på morgonen än den uppmätta temperaturen på cirka 15 °C. Användning av nattvärme med återluft innebär en minskad energiförbrukning.

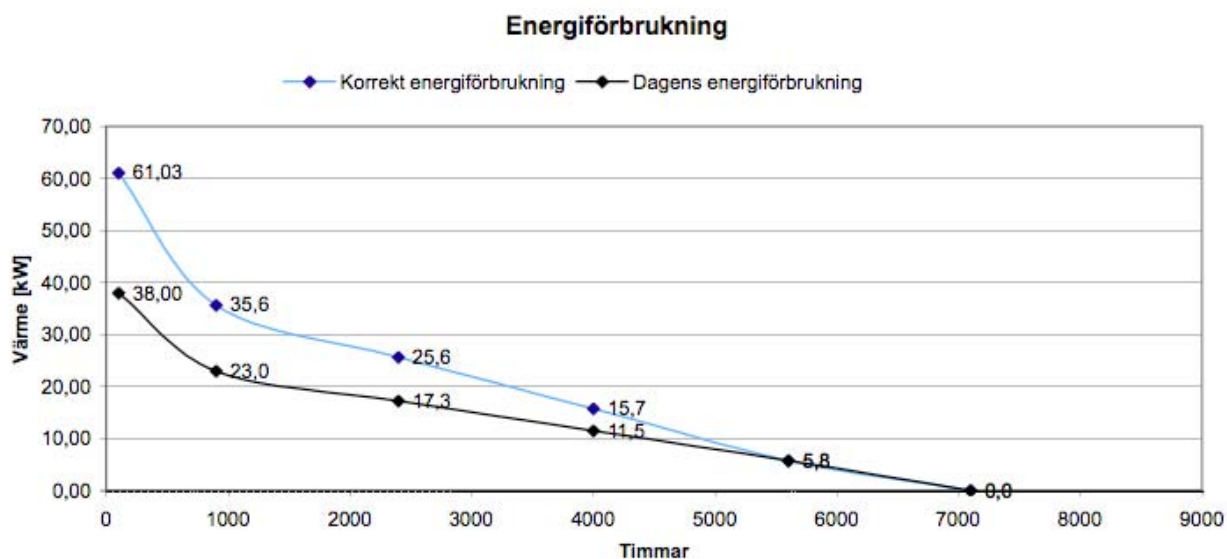
4.1.2. Injustering

I omklädningsrum och övriga rum är frånluften kallare än tilluften och enligt resultatet från temperaturmätningen (*se 3.3.3 Resultat från temperaturmätning*), beror detta på transmissionsförluster som radiatorsystemet inte kan kompensera i dagens system. Med hjälp av en injustering behöver ventilationen inte hjälpa till att värma rummen.

4.1.3. Transmissionsberäkning

Eftersom utluftens temperatur varierar måste hallens tilluft också variera för att kompensera för transmissionsförluster. För att kunna finna rätt tilluftstemperatur vid olika utetemperatur kan transmissionseffekten (se bilaga 6) användas. När transmissionseffekten är lika stor som tillförd energi i form av uppvärmd tilluft, med en viss övertemperatur, kan balans erhållas. Av beräkningarna framkommer det att vid en kall utetemperatur som t.ex. $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$ behövs en tilluftstemperatur på $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ för att kunna behålla den önskade rumstemperaturen på $17\text{ }^{\circ}\text{C}$.

I diagrammet nedan visar den övre kurvan (se Figur 9) energiförbrukningen efter normalåtgärder och den under visar dagens förbrukning. Arealen mellan kurvorna är den energi som värmefläktarna och internlasterna måste kompensera för hallens transmissionsförluster.



Figur 9. Grafer visar energiförbrukning.

En jämförelse med en energiberäkning för luftuppvärmning med variabel tilluftstemperatur (se bilaga 7 - Hallens energiförbrukning efter grundåtgärder) på 94 MWh och en energiberäkning av dagens system (se bilaga 5 - Energiförbrukning idag) på 64 MWh visar att hallens transmissionsförluster blir 30 MWh när den inte används.

4.1.4. Internlast

När det är aktivitet i hallen, som t.ex. bollsporter, avger personer och belysning värme. Denna värme kallas internlast och ger ett energitillskott till hallen, vilket leder till en minskad energiförbrukning. För att ta reda på hur mycket energiförbrukningen minskar med hänsyn till internlasten kan temperaturdiagrammen (se Bilaga 3 - Temperaturdiagram) från temperaturmätningen undersökas.

En förenklad beräkning visar att under den undersökta veckan är det 60 timmar som värmeöverskott existerar i hallen. Under dessa timmar behöver inte ventilationssystemet kompensera för transmissionsförluster (se 4.1.3 Transmissionsberäkning) med hjälp av förhöjd tilluftstemperatur.

Detta betyder att det behövs en förhöjd tilluftstemperatur under 53 timmar för att hålla den önskade rumstemperaturen i hallen. För att få reda på internlasten behöver den faktiska energiförbrukningen med internlast beräknas.

Den faktiska energiförbrukningen för hallen med internlast är den energi på 44 MWh (se Bilaga 7) med förhöjd tilluftstemperatur under 53 timmar plus hallens energiförbrukning på 28 MWh (se Bilaga 10) under 49 timmar med konstant tilluftstemperatur på 17 °C.

Den beräknade energiförbrukningen blir 72 MWh. Subtraheras hallens energiförbrukning utan internlast på 64 MWh (se Bilaga 5) från den faktiska energiförbrukningen erhålls internlasten.

$$\text{Internlast} = 72 \text{ MWh} - 64 \text{ MWh} = 8 \text{ MWh}$$

4.1.5. Energiförbrukning för ventilation med internlast

Gymnastikhallens energiförbrukning efter grundåtgärderna blir högre än dagens eftersom dagens styrfel (se 4.1.1 Styrfel) ger ett kallare inomhusklimat än det var projekterat. När grundåtgärderna är genomförda blir det ett bättre inomhusklimat i hallen. Grundåtgärderna innebär att tilluftstemperaturen varierar beroende på uteluftstemperaturen för att klara transmissionsförluster (se 4.1.3 Transmissionsberäkning). Detta betyder att internlasten (se 4.1.4 Internlast), som ses som ett energitillskott, måste vara med i energiberäkningen för att få ett mer korrekt resultat.

Ventilationssystemet i Ugglums sporthall har energiberäknats (se Bilaga 10 - Ventilationssystemets energiförbrukning efter grundåtgärd) med hjälp av energiberäkningsmall från Wikström VVS-Kontroll AB. Nödvändiga beräkningsdata, som t.ex. flöden, har Partillebo AB tillhandahållit i form av OVK-protokoll.

Driftstopp under helgdagar och lov har inte beaktats. Omklädningsrum och övriga lokaler har tilluftstemperaturen justerats ner en grad till 20 °C. Denna energisparning kompenseras av radiatorsystemet när det har injusterats.

Värmeåtervinning: 45 %

Tilluftstemperatur för omklädningsrum och övriga lokaler: 20 °C

Driftstid: 113 timmar per vecka över hela året.

Enligt energiberäkning med variabel tilluftstemperatur (se Bilaga 7 - Hallens energiförbrukning efter grundåtgärder) blir energiförbrukningen totalt 112 MWh för hallens ventilation.

Tabell 2. Tabell visar energiförbrukning efter grundåtgärder.

Objekt	Energiförbrukning (MWh)		
	Luft	El	Totalt
Hallen	94	18	112
Omklädningsrum & övrigt	30	7	37
Internlast	-8		-8
		Totalförbrukning	141 MWh

4.2. Normalåtgärder

Normalåtgärderna innefattar installation av värmebläktar för hallens uppvärmning, två närvarogivare för styrning av hallens ventilation, samt ny styrning av systemet.

Den genomförda närvaromätningen visade att en stor del av drifttiden i dagens system är onödig eftersom hallen inte används under hela drifttiden. Beräkning av data från närvaromätningen visade att ventilationsbehovet under den undersökta veckan var 49 timmar jämfört med dagens drifttid på 113 timmar.

4.2.1. Uppbyggnad

Uppbyggnaden av systemet (*se bilaga 8 - Systemritning efter normalåtgärder*) har förändrats en del från det nuvarande systemet (*se 3.1 Uppbyggnad*). Spjäll har placerats vid hallens till- och frånluft. Värmebläktar har placerats i hallen som styrs via börvärde för hallens rumstemperatur. Värmebläktar används för hallens transmissionsförluster och uppvärmning då internlasten inte är tillräcklig.

4.2.2. Dimensionerande luftflöden

Ventilationssystemet använder sig av närvarogivare som reglerar mellan två olika driftlägen. Dessa driftlägen beskrivs nedan med tillhörande flödesmängder.

Normaldrift

Normaldrift innebär att ventilation vid aktivitet i hallen där flöden till hallen, omklädningsrum och övriga lokaler är de samma som i det nuvarande systemet.

Tabell 3. Tabell visar luftflöden vid normaldrift.

Hall	Omklädningsrum & övrigt	Totalflöde
<i>Tilluft: 1,68 m³/s</i>	<i>Tilluft: 0,62 m³/s</i>	<i>Tilluft: 2,3 m³/s</i>
<i>Frånluft: 1,78 m³/s</i>	<i>Frånluft: 0,62 m³/s</i>	<i>Frånluft: 2,4 m³/s</i>

Spardrift

Vid ingen aktivitet i hallen så aktiveras spardrift och ventilation till hallen stängs av. Fläktarna varvtalsregleras för att ge ett lämpligt flöde till den resterande delen av systemet.

Tabell 4. Tabell visar luftflöden vid spardrift.

Hall	Omklädningsrum & övrigt	Totalflöde
<i>Tilluft: -</i>	<i>Tilluft: 0,62 m³/s</i>	<i>Tilluft: 0,62 m³/s</i>
<i>Frånluft: -</i>	<i>Frånluft: 0,62 m³/s</i>	<i>Frånluft: 0,62 m³/s</i>

4.2.3. Styrning av ventilationssystemet

Nedan beskrivs ventilationssystemets två olika driftlägen.

Normaldrift

Ventilationen i hallen styrs av närvarogivare och övriga rum har en drifttid mellan kl. 06.00 och kl. 23.00. Systemet startar kl. 07.00 för en timmes körning innan lektionsstart för att få en luftomsättning.

Hallens tilluftstemperatur har ett börvärde på 17 °C som regleras med ett värmebatteri. Hallens temperatur regleras med värmefläcktar som har hallens inställda börvärde på 17 °C.

Tilluftstemperaturen för omklädningsrum och övriga utrymmen har ett börvärde på 20 °C som regleras med ett värmebatteri. Ifall hallens rumstemperatur skulle sjunka under börvärde startar värmeflätten för uppvärmning.

Spardrift

Vid ingen aktivitet i hallen under 10 minuter stängs hallens till- och frånluft av. Denna reglering sker via spjäll (*ST31, ST32*) och varvtalsreglering av fläktarna (*TF01, FF01*) för att få ett lämpligt flöde för omklädningsrum och övriga utrymmen. Vid påbörjad aktivitet i 5 minuter startar ventilationen för hallen.

4.2.4. Energiförbrukning (ventilation med internlast)

Hallen har ett uppvärmningsbehov som dagens ventilationssystem tillgodoser. Enligt närvaromätningen (*se 3.4 Närvaromätning*) finns det under en vecka ett ventilationsbehov under 49 av dagens 113 drifttimmar. Detta betyder att det finns besparingsmöjligheter att spara energin från 64 timmars drifttid varje vecka. Den sparade energin kommer från insparad uppvärmningsenergi av uteluft till tilluft, samt drifttid av fläktar.

Drifttidsminskningen på 64 timmar (60 %) innebär en besparing men det innebär också minskad energi för att täcka hallens transmissionsförluster. Värmefläckarna kompenserar för dessa transmissionsförluster genom att leverera värme för att hålla hallens rumstemperatur till önskat börvärde. Av transmissionsförlustberäkningen (*se 4.1.3 Transmissionsberäkning*) och internlastberäkningen (*se 4.1.4 Internlast*) framgår det att värmefläckarnas energiförbrukning blir transmissionsförlusten 30 MWh minus internlasten 8 MWh, vilket ger värmefläckarnas energiförbrukning på 22 MWh.

Värmeåtervinning: 45 %

Tilluftstemperatur: 20 °C

Drifttid: 49 timmar per vecka över hela året.

Den årliga energiförbrukningen har beräknats till 95 MWh, där hallens förbrukning är 58 MWh och övriga byggnaden har en förbrukning på 37 MWh.

Tabell 5. Tabell visar energiförbrukning efter normalåtgärder.

Objekt	Energiförbrukning (MWh)		
	Luft	El	Totalt
Hallen	28	8	36
Värmefläcktar	30	-	30
Interlast	-8	-	-8
Omklädningsrum & övrigt	30	7	37
		Totalförbrukning	95 MWh

4.2.5. Kostnadskalkyl

Nedan redovisas en kostnadskalkyl över de komponenter och kostnader som normalåtgärderna skulle innebära.

Tabell 6. Tabell visar kostnadskalkyl för normalåtgärder.

Rör	Antal	å pris	Kostnad (Kr)
Cirkulationsvärmare	4	10 000	40 000
Shuntgrupp värme	1	50 000	50 000
Radiatorrör DN 40 (50m)	50	1 000	50 000
Installation	-	-	10 000
			150 000
			+15 % pålägg
			175 000

Styr	Antal	å pris	Kostnad (Kr)
Närvarogivare	2	4 000	8 000
Styr Shuntgrupp (5 punkter)	5	5 000	25 000
Spjäll (4 punkter)	4	5 000	20 000
			53 000
			+15 % pålägg
			60 000

Ventilation	Antal	å pris	Kostnad (Kr)
Motorspjäll Ø400	2	2 500	5 000
Installation	-	-	2 000
			7 000

Totalkostnad			242 000
---------------------	--	--	----------------

4.3.Extraåtgärder

Extraåtgärderna innefattar en luftflödesjustering, närvarogivare i omklädningsrum, fuktgivare i duschrum och årstidsanpassning för att optimera energiförbrukningen. Beräkningar av extraåtgärderna förutsätter att normalåtgärderna är genomförda. Se ”Bilaga 12 - Energiförbrukning för extraåtgärder” och ”Bilaga 13 - Årstidsanpassning” för energiberäkningar.

4.3.1. Injustering av luftflöden

På Ugglumsskolan är det mellan 21-27 elever i klasserna. Eftersom sporthallen har möjlighet att avdelas i två delar, innebär detta att cirka 60 personer vistas i hallen vid full aktivitet.

Eftersom hallen inte blir uppvärmd av tilluften, utan använder sig av värmefläktar inne i hallen, ger detta en möjlighet att sänka luftflödet och därmed sänka energikostnaderna. Enligt BBR (se 2.1 Ventilationskrav) är ett flöde på 7 l/s per person tillräckligt för att täcka det ventilationsbehov som finns för en person. Beräkning visar att för att förse 60 personer med en tillräcklig ventilation krävs ett tilluftsflöde på 0,42 m³/s.

Tabell 7. Tabell visar ventilationsflöden efter justering av luftflöden.

Hall	Omklädningsrum & övrigt	Totalflöde
Tilluft: 0,42 m ³ /s	Tilluft: 0,62 m ³ /s	Tilluft: 1,04 m ³ /s
Frånluft: 0,52 m ³ /s	Frånluft: 0,62 m ³ /s	Frånluft: 1,14 m ³ /s

En justering av denna typ innebär att det blir en minskad kylförmåga hos ventilationssystemet, som kan kännas av vid hög internlast. Detta kan åtgärdas med en temperaturreglerad forcering till dagens flöde för tilluft (1,68 m³/s) och frånluft (1,78 m³/s) som aktiveras vid hög frånluftstemperatur.

Injustering av hallens luftflöden innebär en minskad energiåtgång på 24 MWh (el och ventilation). Kostnaden för injustering antas till 10 000 kr.

4.3.2. Närvarogivare i omklädningsrum

För att minska energiförbrukningen kan närvarogivare installeras i omklädningsrum. Drifttid för omklädningsrum och övriga rum antas till 60 timmar, där antagandet grundar sig på genomförd närvaromätning (se 3.4 Närvaromätning). Ventilation i omklädningsrum och övriga utrymmen som t.e.x förråd bör vara ventilerat när aktivitet pågår i hallen. Styrning av ventilation i omklädningsrum och övriga rum för att vara i drift när hallen är i drift. Omklädningsrum används oftast före och efter aktivitet, därav den ökade drifttiden på 60 timmar. Tryckknapp för forcering av ventilation installeras i expeditionen. Eftersom det är fyra omklädningsrum bör det vara en givare i varje omklädningsrum.

Införande av närvarogivare i omklädningsrum innebär en minskad energiåtgång på 17 MWh (el och ventilation). Kostnaden för installationen av närvarogivare antas till 10 000 kr.

4.3.3. Årstidsanpassning

En årstidsanpassning har beräknats (*Se Bilaga 13 - Årstidsanpassning*) där hallens till- och frånluft varierar med uteluftens temperaturförändringar. Omklädningsrum och övriga utrymmen behåller det nuvarande flödet. Vid en kall utetemperatur som t.ex. -16 °C sänks flödet för att minska energiförbrukningen. Årstidsanpassningen är beräknad på ventilationssystemet efter utförda normalåtgärder där hallens tilluft ligger konstant på 17 °C. En årstidsanpassning på ventilationssystemet efter en justering av luftflödena skulle innebära en mindre energibesparing, eftersom minskning av redan reducerade flöden inte innebär någon större besparing.

En årstidsanpassning för hallen ger en extra energibesparing på 10 MWh (*el och ventilation*). Kostnaden för årstidsanpassningen antas till 10 000 kr.

4.4.Rekommendation av åtgärder

Efter att ha studerat olika åtgärder och resultatet av dessa ger jag en egen rekommendation av åtgärder för att minska energiförbrukningen, men ändå behålla ett bra inneklimat i hallen. Åtgärderna jag har valt redovisas i punktform nedan.

- Grundåtgärder (*4.1 Grundåtgärder*)
- Normalåtgärder (*4.2 Normalåtgärder*)
- Justering av luftflöden (*4.3.1 Injustering av luftflöden*)
- Närvarogivare i omklädningsrummen (*4.3.2 Närvarogivare i omklädningsrum*)

Grundåtgärderna tar hand om tagens fel och normalåtgärderna anpassar drifttiden i hallen efter aktivitet. Eftersom hallen inte värms upp av luften när normalåtgärderna så genomförs en injustering av luftflöden till hallen för att minska energiförbrukningen. För att minska drifttiden i omklädningsrummen installeras närvarogivare.

4.4.1. Energiförbrukning (ventilation)

Nedan redovisas energiförbrukning för ventilationssystemet efter de åtgärder som rekommenderas har genomförts.

Tabell 8. Tabell visar energiförbrukning efter åtgärder.

Objekt	Energiförbrukning (MWh)		
	Luft	El	Totalt
Hallen	7	5	12
Värmebläktar	30	-	30
Interlast	-8	-	-8
Omklädningsrum & övrigt	16	4	20
		Totalförbrukning	54 MWh

5. Åtgärdssammanställning

En åtgärdssammanställning har genomförts för att få en överblick över de olika åtgärdernas besparing i energi och kostnad. Energipriser, exklusive moms, är givna från Partillebo AB.

Tabell 9. Tabell visar energipriser för värme och el.

Energipriser	Värme	526 kr/MWh
	El	776 kr/MWh

5.1. Grundåtgärder

Besparingar vid utförande av normalåtgärder är beräknade utifrån dagens energiförbrukning.. Notera att det sker en ökad värmeförbrukning, därav de negativa besparingssiffrorna, efter att dagens styrfel och inställningsfel är åtgärdade.

Observera att det inte blir någon totalbesparing, utan en ökad kostnad när dagens fel är åtgärdade. Däremot uppnås ett bättre inomhusklimat.

Tabell 10. Tabell visar besparing efter grundåtgärder.

	Värme (MWh)	Besparing per år		Totalt (Kr)
		El (MWh)	Totalt (MWh)	
Hallen	-30	0	-30	-15 780
Omkl. & övrigt	3	0	3	1 578
Interlast	8	0	8	4 208
Summa	-19	0	-19	-9 994

5.2. Normalåtgärder

Besparingar vid utförande av normalåtgärder är beräknade utifrån energiförbrukning efter grundåtgärder.

Tabell 11. Tabell visar besparing efter normalåtgärder.

	Värme (MWh)	Besparing per år		Totalt (Kr)
		El (MWh)	Totalt (MWh)	
Hallen	66	10	76	42 476
Omkl. & övrigt	0	0	0	0
Värmebläktar	-30	-	-30	-15 780
Interlast	0	-	0	4 208
Summa	36	10	46	26 696

Investering (Kr)	242 000
Pay-off (År)	9 år

5.3.Extraåtgärder

Extraåtgärdernas besparing är beräknad utifrån att normalåtgärderna är genomförda.

Observera att en årstidsanpassning efter att en luftlödesinjusteringen är genomförd innebär en mindre besparing. Årstidsanpassningen i besparingsredovisningen visar besparing om endast årstidsanpassningen är utförd som enskild extraåtgärd.

Tabell 12. Tabell visar besparing efter extraåtgärder.

	Värme (MWh)	Besparing per år			Totalt (Kr)	Investering (Kr)	Pay-off (År)
		El (MWh)	Totalt (MWh)	Totalt (Kr)			
Injustering av luftflöden	21	3	24	13 374	-	-	
Närvarogivare i omklädningsrum	14	3	17	9 692	16 000	1,7	
Årstidsanpassning	8	2	10	5 760	-	-	

5.4.Rekommendation av åtgärder

Besparingar vid utförande av normalåtgärder är beräknade utifrån energiförbrukning efter grundåtgärder.

Se kostnadskalkyl (4.2.5 *Kostnadskalkyl*) för överblick över investeringskostnaden. Observera att installationskostnaden för närvarogivare är tillagd på investeringskostnaden.

Tabell 13. Tabell visar besparing efter åtgärder.

	Värme (MWh)	Besparing per år			Totalt (Kr)
		El (MWh)	Totalt (MWh)	Totalt (Kr)	
Hallen	87	13	100	55 850	
Omkl. & övrigt	14	3	17	9 692	
Värmebläktar	-30	-	-30	-15 780	
Interlast	0	-	0	0	
Summa	71	16	87	49 762	
Investering (Kr)	252 000				
Pay-off (År)	5				

5.5.Översikt

Nedan redovisas en översikt över de olika åtgärderna och vad dessa innebär för inomhusklimatet, drifttider och energiförbrukningen.

Tabell 14. Tabell visar en översikt av åtgärderna.

	Idag	<i>Åtgärder</i> Grund	Normal	Rekommendation
Halltemperatur	15 °C	17 °C	17 °C	17 °C
Tilluftstemp. Hall	17 °C	variabelt	17 °C	17 °C
Tilluftstemp. Omkl.	21 °C	20 °C	20 °C	20 °C
Drifttid per vecka	113 h	113 h	49 h	49 h
Energiförbrukning	122 MWh	141 MWh	95 MWh	54 MWh
Besparing per år	-	-10 000 Kr	27 000 Kr	49 000 Kr
Investeringskostnad	-	-	242 000 Kr	252 000 Kr
Pay-off	-	-	9 år	5 år

6. Avslutning

Efter att ha utfört detta examensarbete känns det energislösande att bygga ett ventilationssystem för gymnastikhallar utan behovstyrning. Behovstyrning är här för att stanna och införande av närvarogivare som styr ventilationssystem kan innebära stora energibesparingar på lokaler som t.ex. gymnastikhallar, eftersom dessa inte används hela tiden under dagarna och därför kan utrustas med närvarostyrning.

Den genomförda temperaturmätningen (*se 3.3.3 Resultat från temperaturmätning*) visade att det fanns stora brister hos styrningen i dagens ventilationssystem. Innebörden av detta är att idag styrs ventilationssystemet fel, vilket ger ett kallare inomhusklimat än vad som var projekterat. Detta betyder att helt nya ventilationssystem, med goda förutsättningar att fungera på ett godtagbart sätt, inte alltid fungerar så bra som det var tänkt i projekteringsstadiet. I fallet med Ugglumsskolans gymnastikhall beror troligtvis styrningsfelen på bristfällig besiktning och kontroll.

Närvaromätningens (*se 3.4 Närvaromätning*) syfte var att kontrollera hur mycket gymnastikhall egentligen används och jämföra resultatet med dagens drifttid för ventilationssystemet. Resultatet visade att runt 40 % av drifttiden för hallen nyttjas, vilket efter energiberäkningar visade sig innebära en stor besparing.

Vid beräkning av energibesparingsmöjligheter visade det sig att en kombination (*se 4.4 Rekommendation av åtgärder*) av normalåtgärder, med närvarogivare, värmebläktar och luftflödesinjusterings. Åtgärderna innebar en energibesparing (*beräknat utifrån att dagens fel är åtgärdade*) på 87 MWh (62 %). Det ger en kostnadsbesparing på 49 000 kr per år där investeringskostnaderna är betalade på 5 år.

Referenser

Litteratur

Enberg, Helge (1999). *Minimikrav på luftväxling*. Vol. 4. H Enberg Ventilationskonsult AB. Enköping.

Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar - AFS 2005:17, Arbetsmiljöverkets Författningssamling

Boverkets byggregler - BFS 1993:57 med ändringar till och med 2002:19, Boverket 2002, Vällingby

Arbetsplatsens utformning - AFS 2000:42, Arbetsmiljöverkets Författningssamling

Är återluft lönsamt?, IVL Rapport, 1990 Stockholm

Elektroniska källor

Inneklimatstudie av Mölndals stads skolor 2000

<http://www.molndal.se/samfast/inneklimatstudie/kapitel4.pdf> (3 april 2006)

Frico - Värmebläktar

<http://www.frico.se> (15 april 2006)

Muntliga källor

Lars Larsson, VVS-konsult, Wikström VVS-kontroll, mars-juni 2006.

Sofia Malmqvist, VVS-konsult, Wikström VVS-kontroll, mars-juni 2006.

Charlotta Berggren, VVS-konsult, Wikström VVS-kontroll, mars-juni 2006.

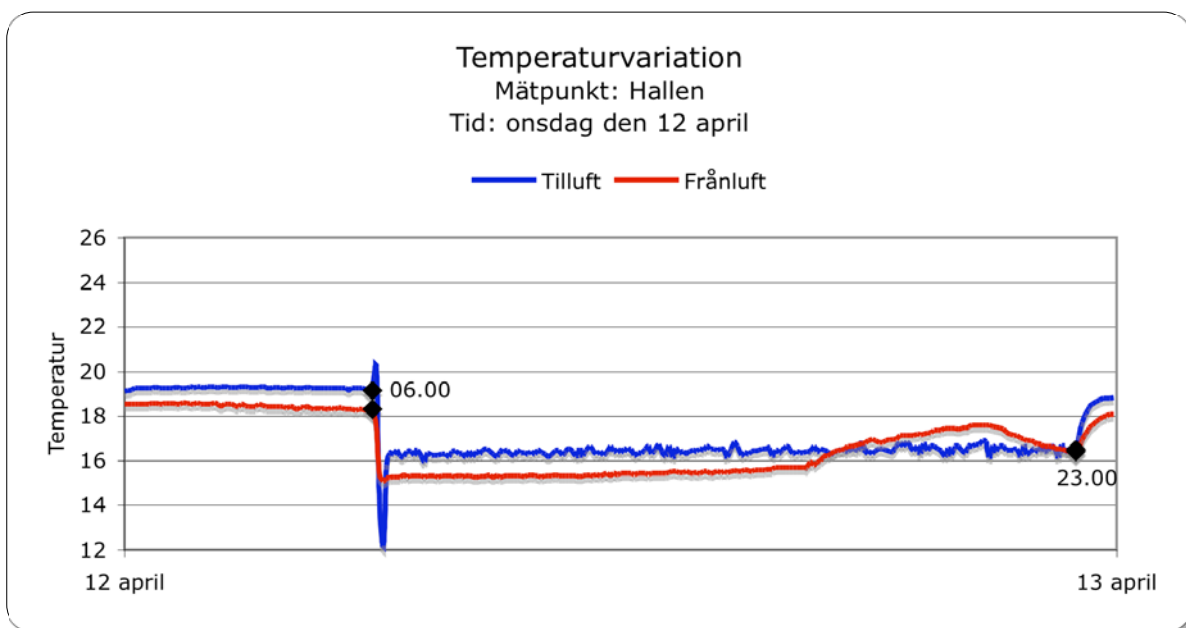
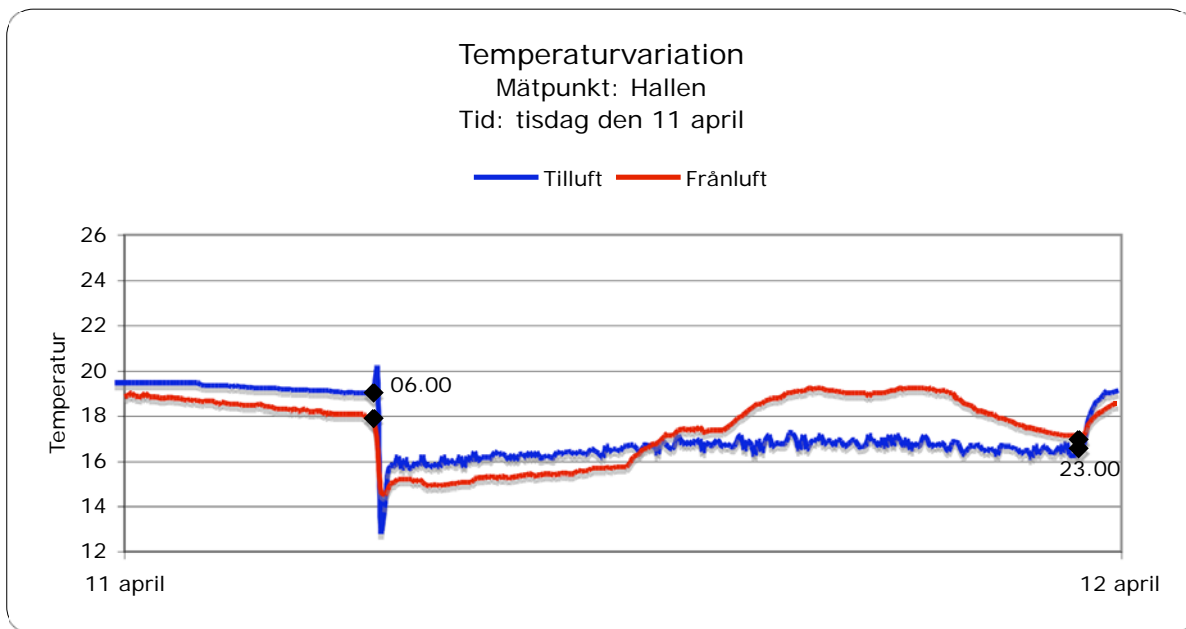
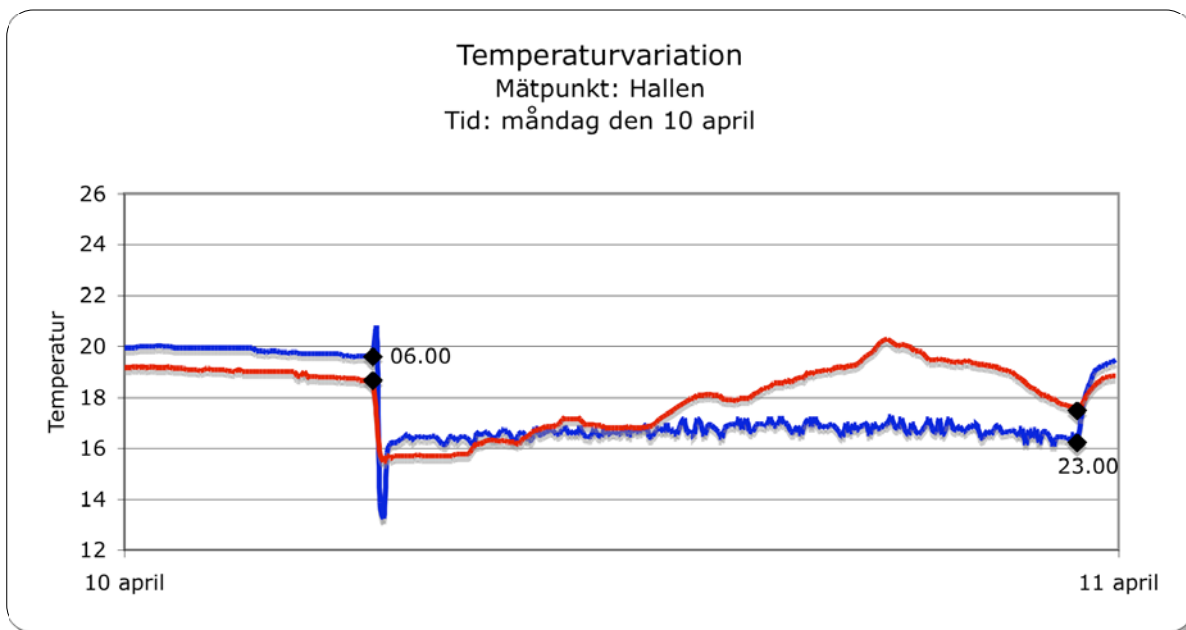
Kurt Möller, VVS-konsult, Wikström VVS-kontroll, mars-juni 2006.

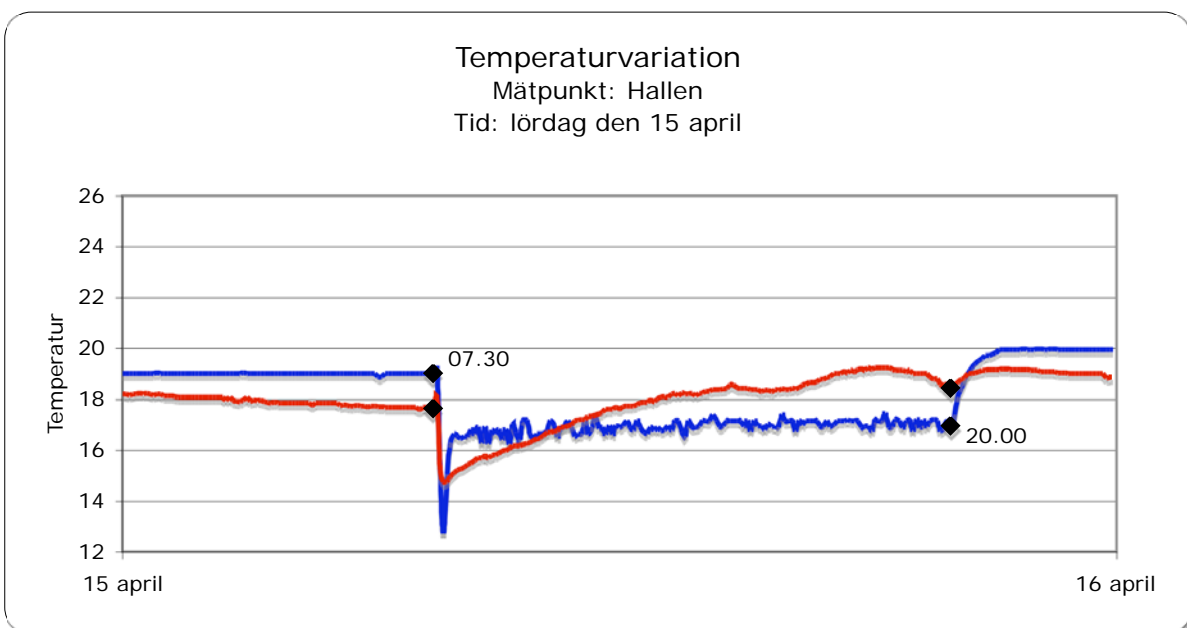
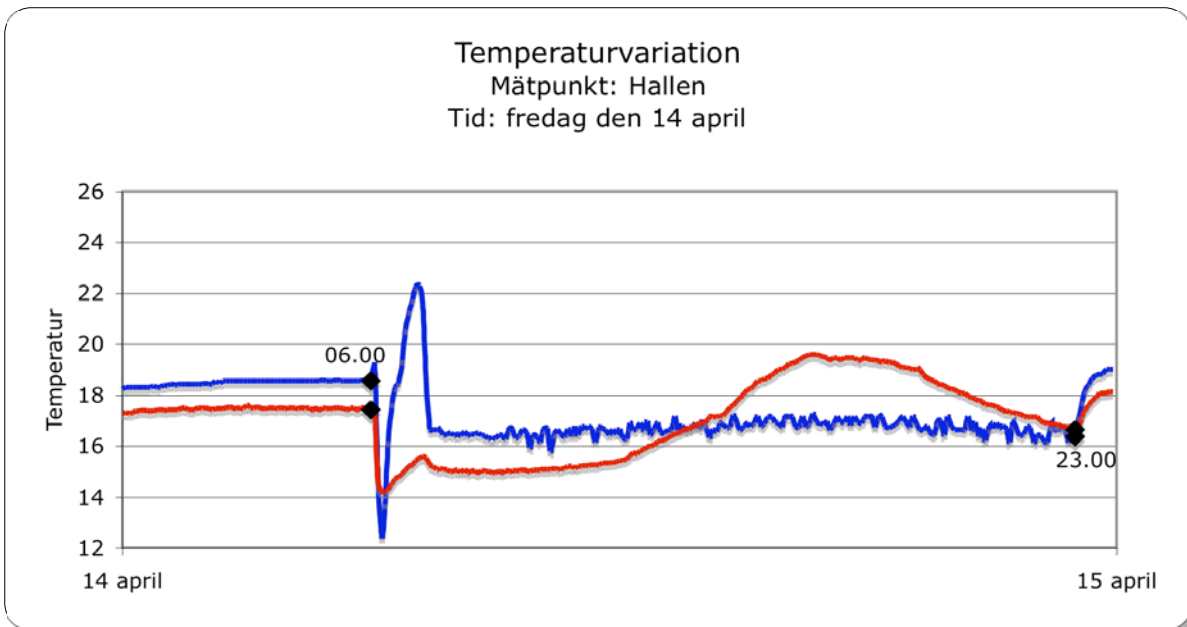
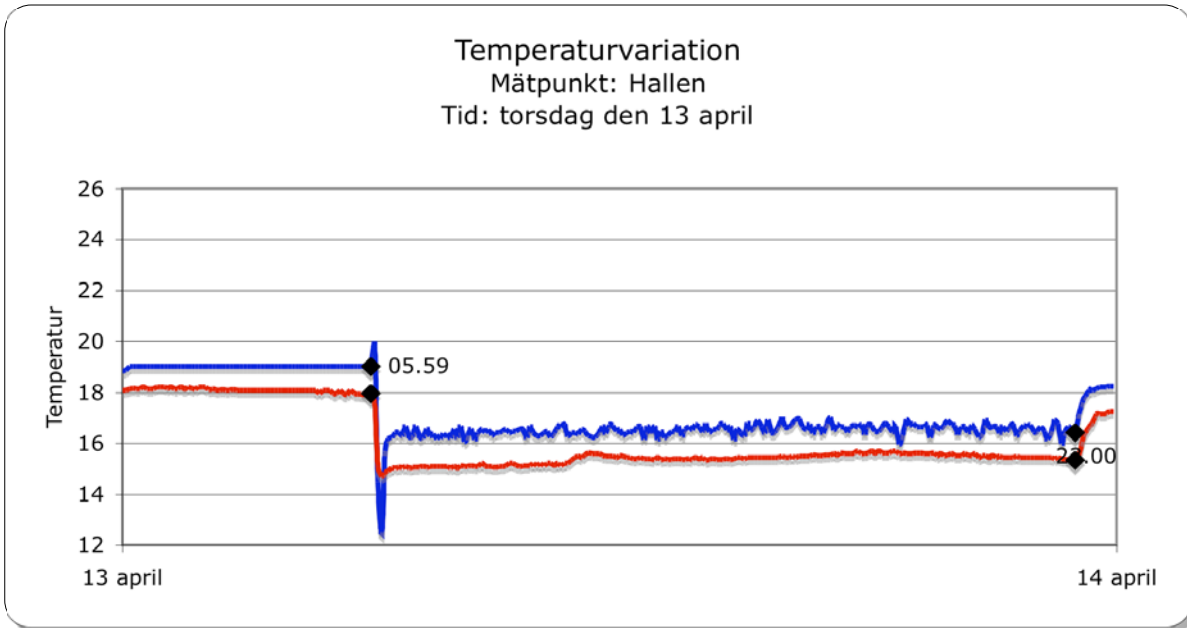
Magnus Frisell, driftansvarig, Partillebo AB, samtal mars-juni 2006

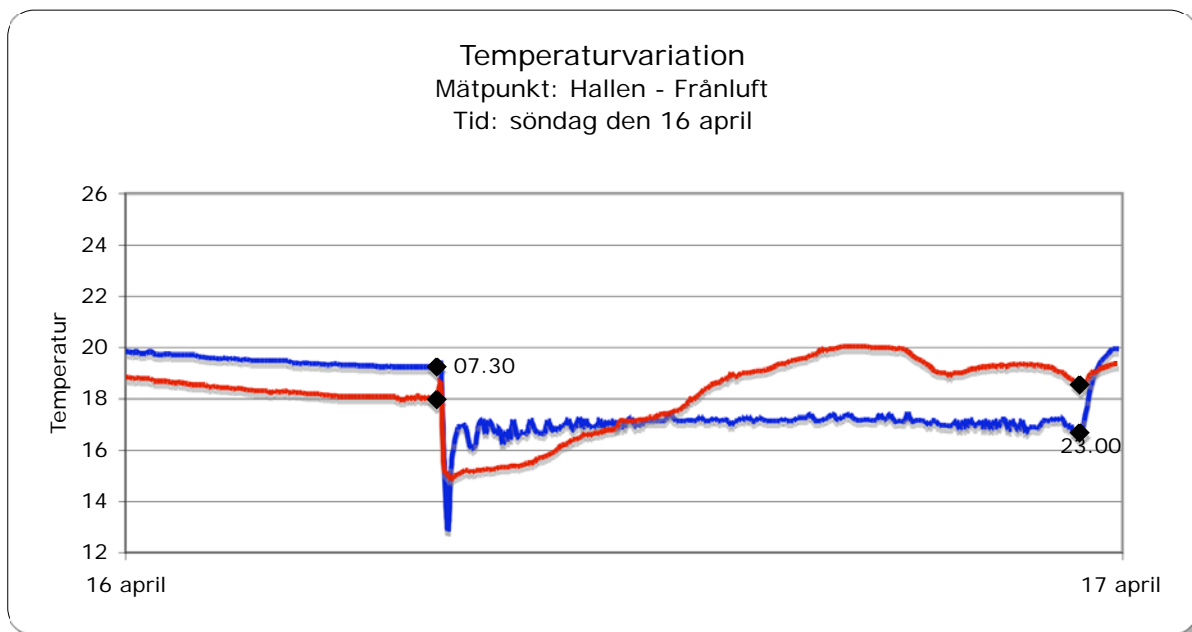
Arne Östberg, VVS-konsult, Bengt Dahlgren AB, Ritningar på Partillebohallen, telefonsamtal 31 mars 2006.

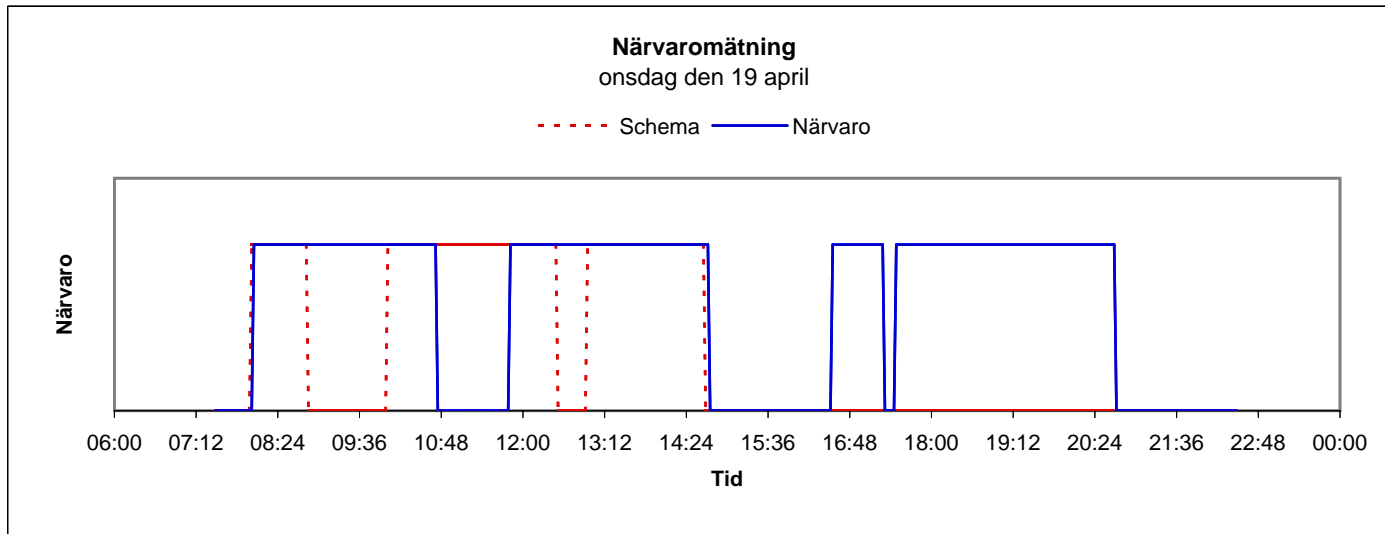
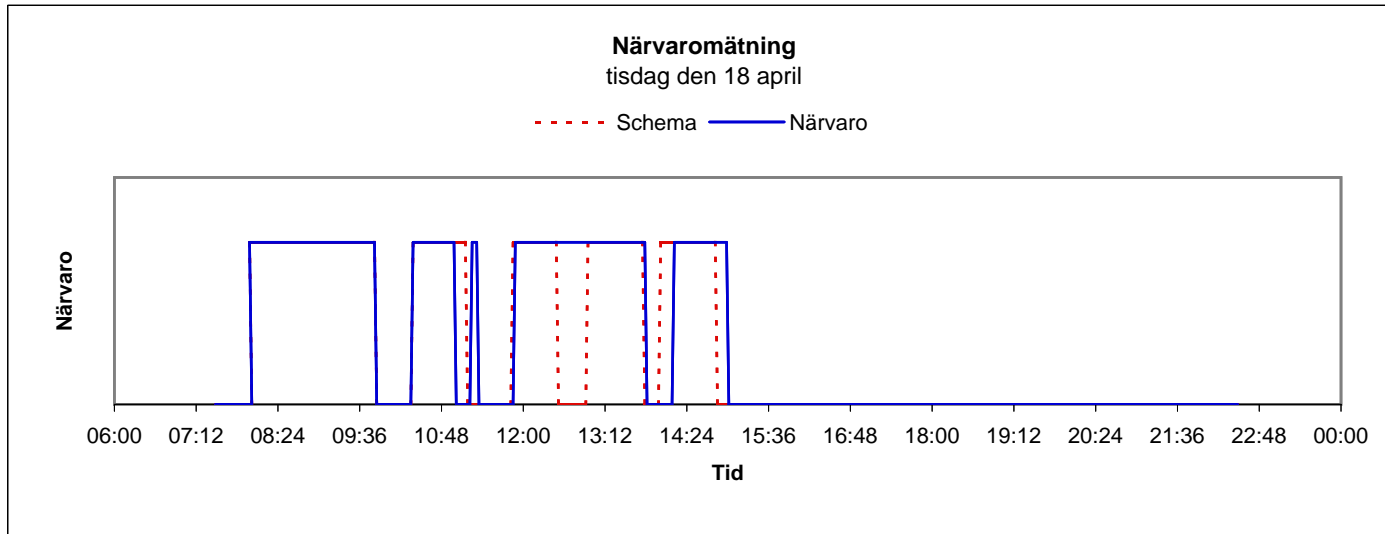
Per Johansson, YIT Sverige AB, Ritningar på Ugglumsskolans gymnastikhall, telefonsamtal 6 april 2006.

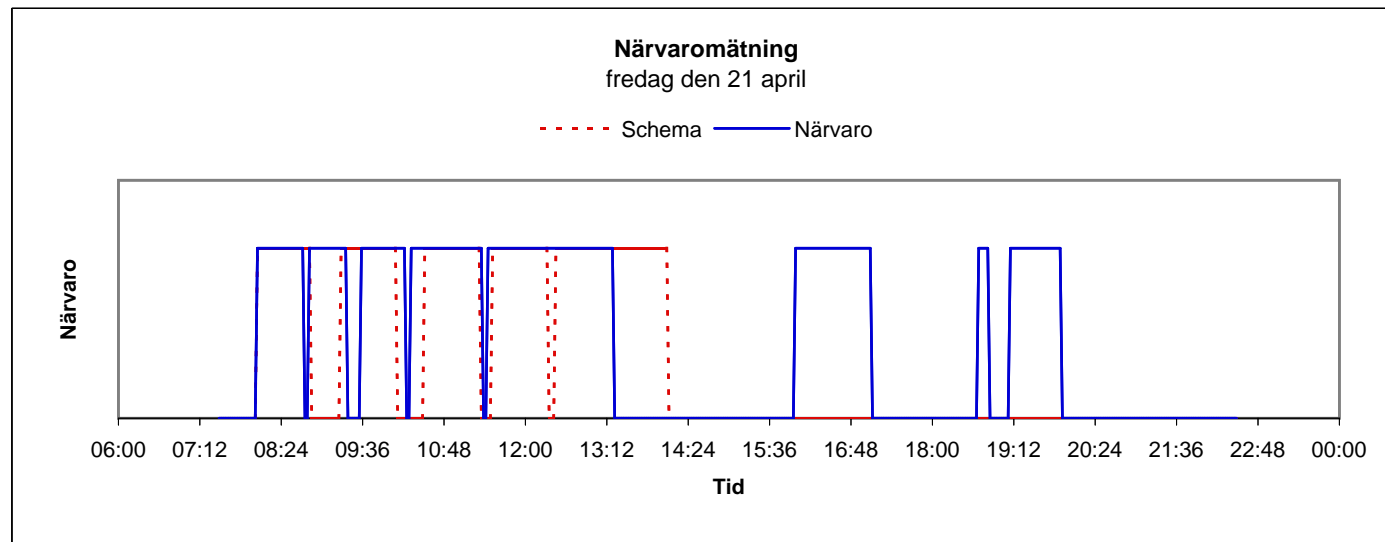
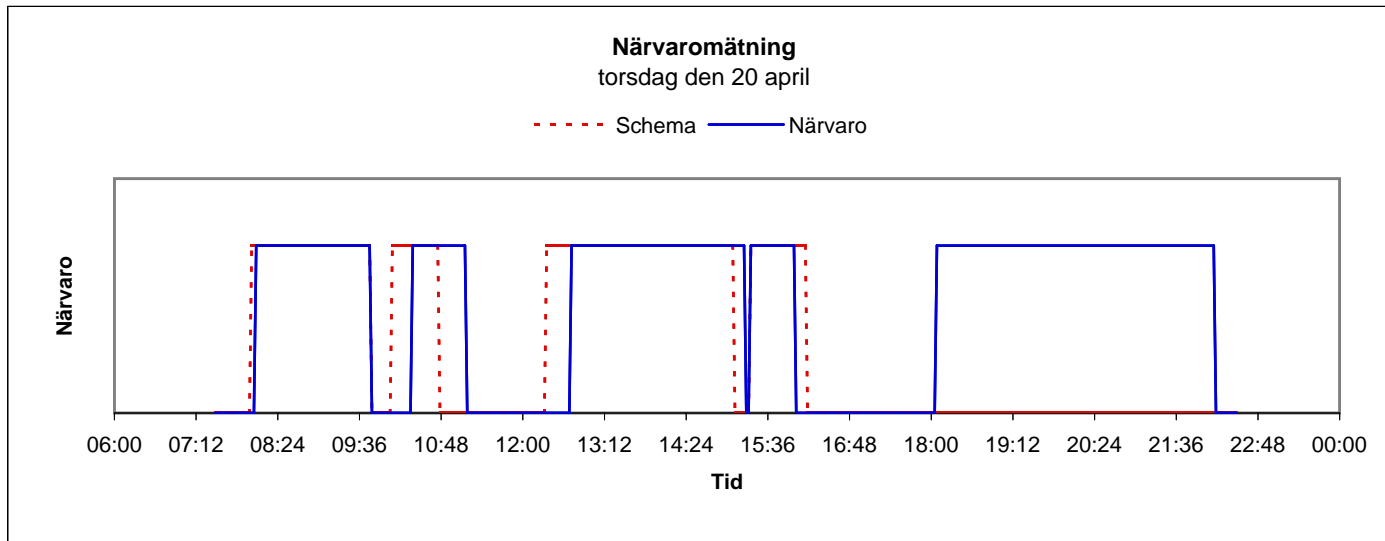
Peter Winroth, rektor på Ugglumsskolan skolår 6-9, telefonsamtal 2 maj 2006.

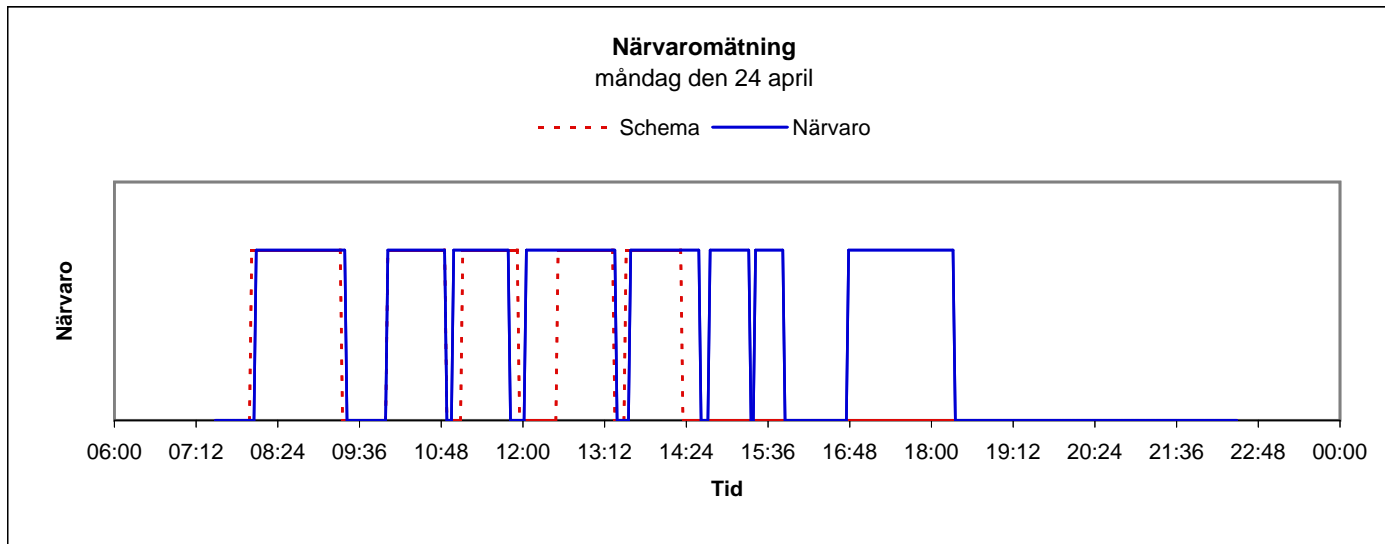












BILAGA 5 - Energiförbrukning idag

Byggnad / Placering/ beteckning		M-effekt [kW]	[V]	[A]	A-effekt [kW]	Cos- fi	1 eller 3-fas	SFP [kW/(m³/s)]	Luft mängd tilluft [m³/s]	Luft mängd frånluft [m³/s]	Värmeått ervinnin g	Grad- timmar	Drift tider [h/vecka]	Drift tider luft [veckor]	Energi luft [kWh]	Drift tider el [veckor]	Energi el [kWh]	Energi el Summa [kWh]
LB02 - Hall	TF	5,50 kW	400	11,1	1,6			2	1,68	1,78	0,45	82700	113	52	64052	52	9486	18207
LB02 - Hall	FF	3,00 kW	400	6,5	1,5													
LB02 - Omkl. & Övrigt	TF				0,6			2	0,62	0,62	0,45	113600	113	52	32471	52	3476	6540
LB02 - Omkl. & Övrigt	FF				0,5													
Summa		8,50 kW			4,20 kW				2,30 m³/s	2,40 m³/s					96523 kWh			24747 kWh

Antagande:

Beräkning för att värma luft baseras på att luften är ca 8 grader C. cp = 1005 [J/kg*K], rå = 1,24 [kg/m³]

Energiförbrukning (Luft & EI) 121270 kWh

Bilaga 6 - Transmissionseffekt

Yta	Area (m ²)	U-värde (w/m ²)	deltaT	W
Golv	1043	0,25	21	5
Tak	1043	0,12	33	4
Fönster	127	2,00	33	8
Vägg utan fönster	553	0,25	33	5
Transmissionseffekt:				23 kW

Utetemperatur	-16	Effektbehov	23 kW
Flöde	1,68		
rå	1,24		
cp	1005		
övertemperatur	11		

Effektbehov = flöde * rå * cp * övertemperatur

Kommentar: Vid -16 grader är transmissionseffekten 23kW, vilket betyder att effektbehovet är 23kW.
 Detta ger en övertemperatur hos tilluften på 11 grader.

Utetemp.	Övertemp.	Tilluftstemp.
-16	11	28
-3	6	23
2	4	21
7	2	19
12	0	17
17	0	17

BILAGA 10 - Energiförbrukning av ventilationssystemet efter grundåtgärder

Byggnad / Placering/ beteckning		M-effekt [kW]	[V]	[A]	A-effekt [kW]	Cos- fi	1 eller 3-fas	SFP [kW/(m³/s)]	Luft mängd tilluft [m³/s]	Luft mängd frånluft [m³/s]	Värme- återvinning	Grad- timmar	Drift tider [h/vecka]	Drift tider luft [veckor]	Energi luft [kWh]	Drift tider el [veckor]	Energi el [kWh]	Energi el Summa [kWh]
LB02 - Hall	TF	5,50 kW	400	11,1	1,6			2	1,68	1,78	0,45	82700	113	52	64052	52	9486	18207
LB02 - Hall	FF	3,00 kW	400	6,5	1,5													
Hallens transmissions- förluster	TF														30000			
	FF																	
LB02 - Omkl. & Övrigt	TF				0,6			2	0,62	0,62	0,45	105500	113	52	30155	52	3476	6540
LB02 - Omkl. & Övrigt	FF				0,5													
Summa		8,50 kW			4,20 kW				2,30 m³/s	2,40 m³/s					124208 kWh			24747 kWh

Antagande:

Beräkning för att värma luft baseras på att luften är ca 8 grader C. cp = 1005 [J/kg*K], rå = 1,24 [kg/m3]

Energiförbrukning (Luft & El) 148955 kWh

BILAGA 11 - Energiförbrukning efter normalåtgärder

Byggnad / Placering/ beteckning		M-effekt [kW]	[V]	[A]	A-effekt [kW]	Cos- fi	1 eller 3-fas	SFP [kW/(m³/s)]	Luft mängd tilluft [m³/s]	Luft mängd frånluft [m³/s]	Värme- återvinning	Grad- timmar	Drift tider [h/vecka]	Drift tider luft [veckor]	Energi luft [kWh]	Drift tider el [veckor]	Energi el [kWh]	Energi el Summa [kWh]
LB02 - Hall	TF	5,50 kW	400	11,1	1,6			2	1,68	1,78	0,45	82700	49	52	27775	52	4114	7895
LB02 - Hall	FF	3,00 kW	400	6,5	1,5								49				3781	
Värmeväxlare	TF														22000			
	FF																	
LB02 - Omkl. & Övrigt	TF				0,6			2	0,62	0,62	0,45	105500	113	52	30155	52	3476	6540
LB02 - Omkl. & Övrigt	FF				0,5								113				3064	
Summa		8,50 kW			4,20 kW				2,30 m³/s	2,40 m³/s					79930 kWh			14435 kWh

Antagande:

Beräkning för att värma luft baseras på att luften är ca 8 grader C. $c_p = 1005 \text{ [J/kg}^\circ\text{K]}$, $\rho = 1,24 \text{ [kg/m}^3\text{]}$

Energiförbrukning (Luft & El) 94365 kWh

BILAGA 12 - Energiförbrukning för extraåtgärder

Extraåtgärder utöver normalåtgärderna.

Beräkningarna är beräknade efter att normalåtgärderna är genomförda.

Närvarogivare i omklädningsrum

Byggnad / Placering/ beteckning		M-effekt [kW]	[V]	[A]	A-effekt [kW]	Luft mängd tilluft [m³/s]	Luft mängd frånluft [m³/s]	Värmeått ervinnin g	Grad- timmar	Drift tider [h/vecka]	Drift tider luft [veckor]	Energi luft [kWh]	Drift tider el [veckor]	Energi el [kWh]	Energi el Summa [kWh]
Före åtgärd															
LB02 - Omkl. & Övrigt	TF				0,6	0,62	0,62	0,45	105500	113	52	30155	52	3476	6540
LB02 - Omkl. & Övrigt	FF				0,5					113			52	3064	
Efter åtgärd															
LB02 - Omkl. & Övrigt	TF				0,6	0,62	0,62	0,45	105500	60	52	16012	52	1846	3473
LB02 - Omkl. & Övrigt	FF				0,5					60			52	1627	
Besparing															
												14144		3068	

Flödesjustering

Byggnad / Placering/ beteckning		M-effekt [kW]	[V]	[A]	A-effekt [kW]	Luft mängd tilluft [m³/s]	Luft mängd frånluft [m³/s]	Värmeått ervinnin g	Grad- timmar	Drift tider [h/vecka]	Drift tider luft [veckor]	Energi luft [kWh]	Drift tider el [veckor]	Energi el [kWh]	Energi el Summa [kWh]
Före åtgärd															
LB02 - Hall	TF	5,50 kW	400	11,1	1,6	1,68	1,78	0,45	82700	49	52	27775	52	4114	7895
LB02 - Hall	FF	3,00 kW	400	6,5	1,5					49			52	3781	
Värmeått (med internlast)	TF											22000			
LB02 - Omkl. & Övrigt	TF				0,6	0,62	0,62	0,45	105500	113	52	30155	52	3476	6540
LB02 - Omkl. & Övrigt	FF				0,5					113			52	3064	
Summa												79930		Summa	14435
Efter åtgärd															
LB02 - Hall	TF	5,50 kW	400	11,1	1,0	0,42	0,52	0,45	82700	49	52	6944	52	2529	4957
LB02 - Hall	FF	3,00 kW	400	6,5	1,0					49			52	2427	
Värmeått (med internlast)	TF											22000			
LB02 - Omkl. & Övrigt	TF				0,6	0,62	0,62	0,45	105500	113	52	30155	52	3476	6540
LB02 - Omkl. & Övrigt	FF				0,5					113			52	3064	
Summa												59099		Summa	11497
Besparing															
												20831		2938	

BILAGA 13 - Årstidsanpassning

Kommentar		Indata		Automatiska beräkningar	
Byggnad	Ugglums gymnastikhall	Yta	1043 [m ²]	Volym	9387 [m ³]
Aggregat	LB02	Takhöjd	9 [m]	oms/h	0,6 [1/h]
Betjäning	Hallen	Dagens flöde	1,68 [m ³ /s]	Min flöde	0,37 [m ³ /s] enl 0.35 l/m ²
Typ av VVX		Frånluftstemp	17 tr	Drifttid i %	29 [%]
Antaganden:		Drifttid/vecka	49 [tim/vecka]	Min eleffekt	1,7 [kW] *20% av märkeffekt
rå	1,24 [kg/m ³]	Återvinningsgrad	0,45		
cp	1005 [J/kg*K]	Märkeffekt TF+FF	8,5		
		Driftseffekt TF+FF	3,1		

Utetemp (t1) <i>Temp => Timmar</i>	Timmar 8 °C	Temp efter VVX *(t2)	Tillufts - temp	oms/h	Nytt flöde [m ³ /s]	Del av bef. flöde [%]	Värme [kW]	Ny effekt TF+FF [kW]	Energi Värme [MWh]	Energi EL [MWh]
-16	100	-1,2	17	0,26	0,67	40	15,20	1,70		
-3	900	6,0	17	0,39	1,01	60	13,8	1,70	11,6	1,4
2	2400	8,8	17	0,52	1,34	80	13,8	1,70	20,7	2,6
7	4000	11,5	17	0,58	1,51	90	10,4	2,26	19,3	3,2
12	5600	14,3	17	0,64	1,68	100	5,8	3,10	12,9	4,3
17	7100	17,0	17	0,64	1,68	100	0,0	3,10	4,3	4,7
	8760							3,10		5,1

Total energi Värme [MWh]	Total energi EL [MWh]
20,1	6,2