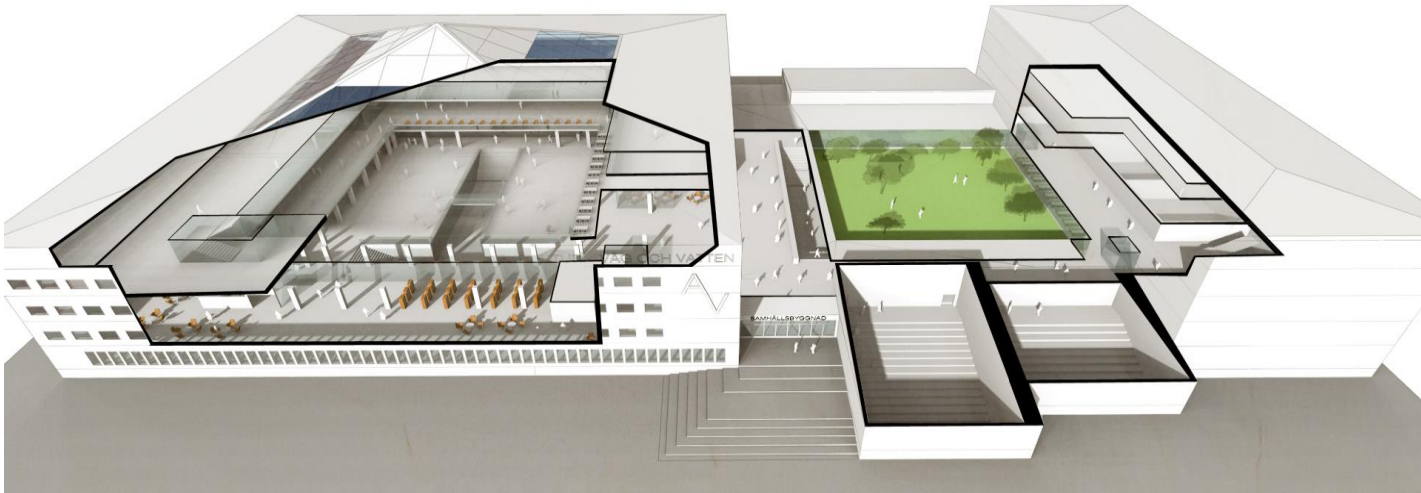




CHALMERS



Inomhusklimatet i Chalmers Samhällsbyggnadshus

Före och efter renovering samt möjliga vidare åtgärder
Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Byggingenjör

MARCUS ERIKSSON
MUADH ALDAMIRI

EXAMENSARBETE BOMX03-17-35

Inomhusklimatet i Chalmers Samhällsbyggnadshus

Före och efter reovering samt möjliga vidare åtgärder

Examensarbete i högskoleingenjörprogrammet

Byggingenjör

MARCUS ERIKSSON

MUADH ALDAMIRI

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för installationsteknik

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2017

Inomhusklimatet i Chalmers Samhällsbyggnadshuset Chalmers Samhällsbyggnadshus
Före och efter renovering samt möjliga vidare åtgärder

*Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

MARCUS ERIKSSON
MUADH ALDAMIRI

© MARCUS ERIKSSON/MUADH ALDAMIRI, 2017

Examensarbete BOMX03-17-35 / Institutionen för arkitektur och
samhällsbyggnadsteknik,
Chalmers tekniska högskola 2017

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för installationsteknik
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Omslag:
Översikt över Samhällsbyggnadshuset (Inobi, 2014)

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Göteborg 2017

Inomhusklimatet i Chalmers Samhällsbyggnadshus

Före och efter renovering samt möjliga vidare åtgärder

Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

MARCUS ERIKSSON

MUADH ALDAMIRI

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för installationsteknik

Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Ett gott inomhusklimat är en viktig förutsättning för att människor ska kunna känna välbefinnande. På skolor och universitet är inomhusklimatet ännu mer viktigt. I Samhällsbyggnadshuset på Chalmers tekniska högskola ansågs inomhusklimatet vara bristfälligt enligt studenterna. Detta föranledde ett examensarbete år 2014 som undersökte parametrarna temperatur, koldioxidhalt, flöde och lufthastighet i föreläsningssalen H1 i nämnda byggnad. Slutsatserna var att salen antingen var kraftigt överventilerad eller att ventilationssystemet var helt avstängt. År 2016 utfördes en renovering av Samhällsbyggnadshuset där installationskomponenter och klimatskal ersattes. Till följd av detta fick författarna idén att undersöka inomhusklimatet ånyo. Syftet med denna studie var att undersöka parametrarna temperatur, koldioxidhalt, partikelhalt och relativ fuktighet i både föreläsningssal, datorsal, lärosal, korridor och grupprum samt i möjligaste mån jämföra resultaten med den tidigare studien och salarna emellan. För att besvara frågeställningarna utfördes ett antal mätningar av nämnda parametrar och ett studiebesök med driftteknikern vid Akademiska Hus. Dessutom utfördes en enkätundersökning för att få reda på studenternas uppfattningar av inomhusklimatet efter ombyggnaden. Resultaten för föreläsningssalen visade i likhet med den förra studien en aning överventilation. I dator- och lärosalarna samt grupprummen visade undersökningen varierade resultat beroende på om tilluftsdonen var på- eller avslagna. Dessa skillnader berodde till största delen på typen av ventilation i salarna samt huruvida kopplingen mellan salbokningen och styr- och reglersystemet fungerade.

Nyckelord: Inomhusklimat, Samhällsbyggnadshuset, ventilationssystem, mätningar, parametrar, salbokning, styr- och reglersystem.

Indoor climate in Chalmers Samhällsbyggnad

Before and after the renovation and possible remedies

Diploma Thesis in Engineering Programme

Bachelor of Science in Building and Civil Engineering

MARCUS ERIKSSON

MUADH ALDAMIRI

Department of Architecture and Civil Engineering

Division of Building Services Engineering

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

A good indoor climate is an important prerequisite for people to feel well-being. In schools and universities, the indoor climate is even more important. In the Samhällsbyggnadshuset at Chalmers University of Technology, the indoor climate was considered to be inadequate according to the students. This resulted in a graduate work in 2014 that examined the parameters temperature, carbon dioxide content, flow and air velocity in the lecture hall H1 in the building. The conclusions were that the hall either was heavily overheated or the ventilation system was completely shut down. In 2016, a renovation was completed of the Samhällsbyggnadshuset where installation components and climate shell were replaced. As a result, the authors got the idea of re-examining the indoor climate. The purpose of this study was to investigate the parameters of temperature, carbon dioxide content, particle content and relative humidity in both lecture hall, computer room, lecture room, corridor and group rooms, as well as compare the results with the previous study and compare halls between each other as far as possible. To answer the questions in this study, a number of measurements of the parameters and a study visit was conducted with the Akademiska Hus operating engineer. In addition, a survey was conducted to find out the students perceptions of the indoor climate after the reconstruction. The results of the lecture room, like the previous study, showed a little too vigorous ventilation. In the computer and study rooms as well as in the group rooms, the survey showed varied results depending on whether or not the supply air was switched on or off. These differences were largely due to the type of ventilation in the halls and how well the connection between the booking and the control and regulation system worked.

Innehåll

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	VII
BETECKNINGAR	VIII
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Frågeställningar	1
1.4 Avgränsningar	2
2 PARAMETRAR	3
2.1 Koldioxid	3
2.2 Fukt	4
2.3 Temperatur	4
2.4 Partikelhalt	5
3 METOD	7
3.1 Studiebesök	7
3.2 Källor	7
3.2.1 Muntliga källor	7
3.2.2 Skriftliga källor	7
3.3 Litteraturstudier	7
3.4 Mätningar	7
3.5 Mätutrustning	8
3.5.1 Koldioxid och fukt	8
3.5.2 Temperatur	9
3.5.3 Partikelmätare	10
3.6 Mätosäkerhet	10
3.7 Placering av mätare	11
3.7.1 Föreläsningssal H1	11
3.7.2 Datorsal 209	12
3.7.3 Lärosal 516	13
3.7.4 Korridor	13
3.8 Enkät	15
4 TIDIGARE UNDERSÖKNING	17

4.1	V-sektionens inomhusklimat	17
5	SYSTEMUPPBYGGNAD	19
5.1	Luftbehandlingsaggregat	19
5.2	Ventilationssystem	19
5.2.1	Föreläsningssalar	19
5.2.2	Läro- och datorsalar	19
5.2.3	Korridor	19
5.3	Värmesystem	19
5.4	Salbokningssystem	20
	Samhällsbyggnadshuset är utrustat med salbokningssystem sedan tidigare, men det är inte förrän efter ombyggnaden som salbokningen har blivit kopplad till styr- och reglersystemet.	20
6	VÄDERFÖRHÅLLANDEN I GÖTEBORG	21
6.1	Första mätningen	21
6.2	Andra mätningen	21
7	MÄTNINGAR	22
7.1	Koldioxid	22
7.1.1	Föreläsningssal H1	22
7.1.2	Datorsal 209	23
7.1.3	Lärosal 516	24
7.1.4	Korridor	25
7.1.5	Grupprum	26
7.2	Relativ fuktighet	27
7.2.1	Föreläsningssal H1	27
7.2.2	Datorsal 209	28
7.3	Temperatur	29
7.3.1	Föreläsningssal H1	29
7.3.2	Datorsal	31
7.3.3	Lärosal	32
7.3.4	Korridor	33
7.4	Partikelhalt	34
8	ENKÄTUNDERSÖKNING	36
8.1	Inomhusklimatet i Samhällsbyggnadshuset	36
8.2	Temperaturen i föreläsningssalarna SB-H	36
8.3	Luftkvaliteten i föreläsningssalarna SB-H	37
8.4	Temperaturen i korridoren	37
8.5	Luftkvaliteten i korridoren	37
8.6	Temperaturen i lärosalarna SB-L	38

8.7	Luftkvaliteten i lärosalarna SB-L	38
8.8	Temperaturen i datorsalarna SB-D	39
8.9	Luftkvaliteten i datorsalarna SB-D	39
9	ANALYS	41
9.1	Föreläsningssal	41
9.2	Datorsal	42
9.3	Lärosal	43
9.4	Korridor	44
9.5	Grupprum	44
10	SLUTSATSER	45
11	FRAMTIDA ÅTGÄRDER	47
12	FÖRBÄTTRINGSFÖRSLAG	48
13	REFERENSER	49
14	BILAGOR	50

Förord

Detta examensarbete är en avslutande del i byggingenjörsprogrammet på Chalmers tekniska högskola (180 högskolepoäng). Arbetet motsvarar 15 högskolepoäng och har skrivits på institutionen Arkitektur och Samhällsbyggnadsteknik.

Vi vill rikta ett stort tack till vår handledare Anders Trüschel på avdelningen Installationsteknik som har varit oss mycket behjälplig under arbetets gång och bidragit med den kunskap som vi idag besitter. Vi vill även tacka driftteknikern Jan G Karlsson vid Akademiska Hus för värdefull information och ett intressant studiebesök. Ett ytterligare tack vill vi även rikta till Håkan Larsson på avdelningen Installationsteknik som har hjälpt oss med mätutrustning och datorprogram. Dessutom vill vi även tacka vår opponentgrupp i kommunikation Johan Hansson, Mattias Rundberg och Hanna Aspfors för tips och råd under arbetets gång. Slutligen vill vi även tacka våra opponenter André Lopez och Laeth Altimimi för värdefull kritik.

Båda författarna till detta examensarbete läste fördjupningskurser inom installationsteknik och därför ansåg vi att det var intressant att göra en egen studie inom ämnet. Tidigare hördes klagomål på inomhusklimatet i samhällsbyggnadshuset vilket till viss del bekräftades i ett examensarbete från 2014. Efter att en renovering hade skett under 2016 tyckte vi att det skulle vara intressant att undersöka detta ånyo.

Göteborg juni 2017

Marcus Eriksson

Muadh Aldamiri

Beteckningar

Nedan följer förklaringar för viktiga begrepp i rapporten.

<i>Deplacerande ventilation</i>	Ventilationsprincip där tilluften har en låg temperatur och dras mot varma källor, där luften sedan stiger med varma luftströmmar, uppkomna av värmekällorna. Denna luft skapar ett nedre, rent skikt och ett övre, förorenat skikt.
<i>Klimatskal</i>	Alla byggdelar som skiljer varma (uppvärmda) mot kalla (ouppvärmda) områden, t.ex. vägg, fönster, tak, golv. Klimatskalet ska vara väl isolerat och lufttätt.
<i>Mättnadsånghalt</i>	Den största mängd vattenånga som luften kan innehålla vid en viss temperatur kallas mättnadsånghalt.
<i>Omblandande ventilation</i>	Ventilationsprincip som går ut på att uppnå maximal omblandning utan drag i vistelsezonen
<i>ppm</i>	Mätvärdet för luftens koldioxidhalt. Koncentrationen av koldioxid i luften uttryckt i ppm ("parts per million"= andel per miljon).
<i>Relativ fuktighet</i>	Den relativa luftfuktigheten talar om hur mycket vattenånga luften innehåller i förhållande till hur mycket den maximalt kan innehålla vid en viss temperatur, uttryckt i procent.
<i>Termisk komfort</i>	Termisk komfort beskriver människans uppfattning om den termiska miljön. Den hänvisar till ett antal villkor, där de flesta människor känner sig komfortabla.
<i>Vertikal temperaturgradient</i>	Temperaturskillnaden i höjddled, intressant att undersöka i samband med deplacerande ventilationssystem.

1 INLEDNING

Detta kapitel kommer att behandla bakgrunden till examensarbetet, syftet, frågeställningar samt avgränsningar

1.1 Bakgrund

Ett gott inomhusklimat är en förutsättning för trivsel och välbefinnande. På skolor är bra luftkvalitet och ett bra termiskt klimat avgörande för att elever skall kunna koncentrera sig och förbättra inläringen. En tidigare studie *V-sektionens inomhusklimat* (2014) undersökte inomhusklimatet i f.d. V-huset på Chalmers tekniska högskola, numera kallat Samhällsbyggnadshuset, och kom fram till att det fanns dåligt optimerade ventilationssystem med antingen kraftig överventilation eller helt avstängd sådan. Sedan detta examensarbete genomfördes har en ombyggnad av byggnaden gjorts med byggstart i januari 2016 och byggslut i augusti 2016. Projektet utfördes i form av generalentreprenad och Veidekke Entreprenad AB blev utsedd till generalentreprenör, där ventilationsentreprenör var Gunnar Karlsen Sverige AB och ventilationskonsult Bengt Dahlgren Göteborg AB. Enligt driftteknikern Jan G. Karlsson på Akademiska hus är ventilationssystemen i stort sett densamma som innan ombyggnaden, men till vissa salar har luftbehandlingsaggregat och tilluftsdon ersatts med nya. Intressant vore därför att veta på vilket sätt inomhusklimatet har förändrats och hur detta kan kopplas till renoveringen.

1.2 Syfte

Syftet med examensarbetet är att undersöka inomhusklimatet i Samhällsbyggnadshuset på campus Johanneberg med avseende på temperatur, koldioxidhalt, relativ fuktighet samt partikelhalt. Jämförelser kommer att ske med studien *V-sektionens inomhusklimat* och förslag till förbättringsåtgärder kommer att presenteras.

1.3 Frågeställningar

- Vad kan utläsas av de undersökta parametrarna?
- Hur ser resultaten ut jämfört med tidigare?
- Vilka är studenternas uppfattningar av inomhusklimatet?
- Vilka åtgärder kan göras för att förbättra inomhusklimatet?

1.4 Avgränsningar

Mätningar av temperatur, koldioxidhalt, relativ fuktighet och partikelhalt utfördes i ett antal utvalda salar i samhällsbyggnadshuset. Examensarbetet avgränsades till dessa parametrar som påverkar upplevelsen av inomhusklimatet och därmed också koncentrationsförmågan. Lokalerna som undersöktes var föreläsningssalen (SB-H1), korridoren på entréväningen, lärosalen (SB-L516), datorsalen (SB-D209) och olika grupprum (SB-G).

Enkäten skickades ut till studenter som hade påbörjat byggingenjörsprogrammet på Chalmers tekniska högskola höstterminen 2014 och som fortfarande gick kvar på programmet när detta examensarbete skrevs (vårterminen 2017).

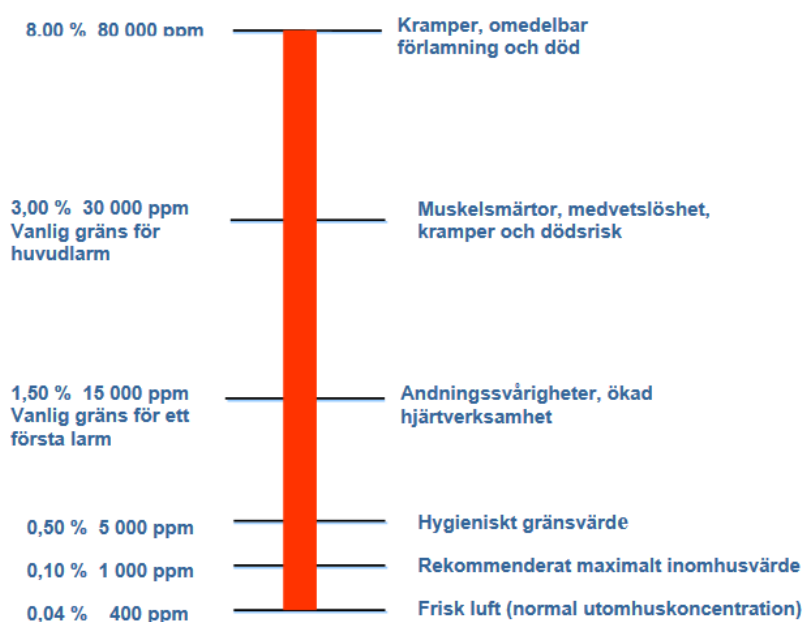
2 Parametrar

Hur pass bra eller dåligt inomhusklimatet är beror på olika faktorer. Därför ställs krav på ventilationssystemet. För att uppnå en tillfredsställande arbetsmiljö enligt föreskrifterna för arbetsplatsens utformning (AFS 2009:2) bör luften vara av god kvalitet, ha hygglig temperatur, hastighet, renhet och fuktighet. Dessa krav och rekommendationer är majoritetsbaserade eftersom den enskilda människans känslighet eller motståndskraft inverkar på hur hon uppfattar miljön omkring sig (Arbetsmiljöverket, 2015).

2.1 Koldioxid

Koldioxidhalten (CO₂-koncentrationen) inomhus har stor påverkan på människans prestationsförmåga och välbefinnande, särskilt i dagens samhälle då vi tillbringar majoriteten av vår tid i hemmet, på jobbet och/eller i skolor (Svensk Ventilation, 2017). Koldioxidhalten används som en indikation på luftföroreningar alstrade av människor. CO₂-koncentrationen i utomhusluften ligger på omkring 400 ppm (parts per million), medan halten inomhus är i princip alltid högre på grund av utandningsluften från dem som vistas i lokalen. Luftföroreningar i form av CO₂ som uppstår genom personbelastningar i exempelvis lokaler som skolor bör enligt Arbetsmiljöverket ligga under 1000 ppm (16 § AFS 2009:2) för bästa välbefinnande. Vanligtvis bedöms luften vara av sämre kvalitet när koldioxidhalten överstiger 1000 ppm. Även om halten överstiger standardvärdet finns ingen direkt hälsofara förrän vid betydligt högre koncentrationer. Det arbetshygieniska gränsvärdet för koldioxid ligger på 5000 ppm. Det är inte förrän högre halter man talar om skadliga effekter som huvudvärk, yrsel och illamående (Arbetsmiljöverket, 2015).

Hur påverkas människokroppen av CO₂?



Figur 1 Människokroppens respons vid olika koldioxidhalter (SenseAir, 2011)

2.2 Fukt

Relativ fuktighet eller RF som det brukar förkortas är ett mått på hur mycket fukt luften innehåller i relation till hur mycket fukt luften kan bära maximalt vid den aktuella temperaturen, utan att kondensera. Till skillnad från RF inomhus så ses RF utomhus som ganska stabil över året. Den relativa fuktigheten inne varierar dock beroende på ånghalten utomhus (mängden vattenånga i luften) samt fuktproduktionen inomhus. En annan avgörande parameter är mätnadsånghalten som kraftigt styrs av temperaturen. Halten är låg vid låg temperatur respektive hög vid hög temperatur. Det innebär således att den relativa fuktigheten inomhus är hög under sommaren i och med att luften innehåller mer vattenånga, och låg under vintern till följd av den låga ångkoncentrationen och det kalla klimatet. Därför kan man höra klagomål beträffande ”torr luft” vintertid, då RF sjunker drastiskt när den kalla utomhusluften värms upp och tillförs i tilluften (Hulander, 2008).

Vattenånga inomhus kommer från varierande källor. Majoriteten kommer med utomhusluften men en del orsakas av människor genom andning och svettning. Andra upphov kan vara fukt från byggnaden vid nybyggnation eller utifrån genom ett otätt klimatskal. Optimalt bör den relativa fuktigheten ligga mellan 30-65%. Högre RF värden ökar risken till fuktskador och mögel på kritiska ställen med relativt kalla ytor såsom fönster med dålig isoleringsförmåga. Dessutom ökar emissioner från bygg- och inredningsmaterial. Lägre RF värden orsakar ”torr luft”, som kan leda till irritationer i form av torra ögon, torr hud, torra slemhinnor etc. (Friedrich, 2011).

2.3 Temperatur

Hur människor upplever temperaturen är individuellt. Mer känsliga för värme och kyla är människor med sjukdomar och funktionshinder samt gruppen äldre. Den optimala temperaturen varierar beroende på människors ämnesomsättning, aktivitetsnivå, klädsel samt önskad temperatur utifrån aktivitet. Om ett större antal människor vistas i en byggnad med optimala förhållanden är minst 5 % missnöjda med inomhusklimatet. De flesta människor upplever dock god termisk komfort inom temperaturintervallet 20-24 °C.

En människas hälsa kan påverkas om inomhusklimatet är eller upplevs som för varmt, kallt eller dragigt. Direkta effekter av ett för varmt inomhusklimat är bland annat större risk för hjärt-kärlsjukdomar enligt rapporter som har gjorts i samband med värmeböljor i södra Europa. En för hög inomhustemperatur leder också till att luften blir torr och påverkar andningsvägarna samt att allmänsymptom som att vara tung i huvudet, illamående eller ha huvudvärk ökar.

Indirekta hälsoeffekter av ett för varmt inomhusklimat är minskad aktivitet som en följd av kroppens behov av att undvika svettning. Detta leder till att arbetstakten sänks, koncentrationsförmågan avtar och man slutar att anstränga sig. Inlärningsförmågan minskar därför som en följd av en för varm inomhustemperatur. Ett för kallt inomhusklimat kan på motsvarande vis leda till hjärt-kärlsjukdomar och olika

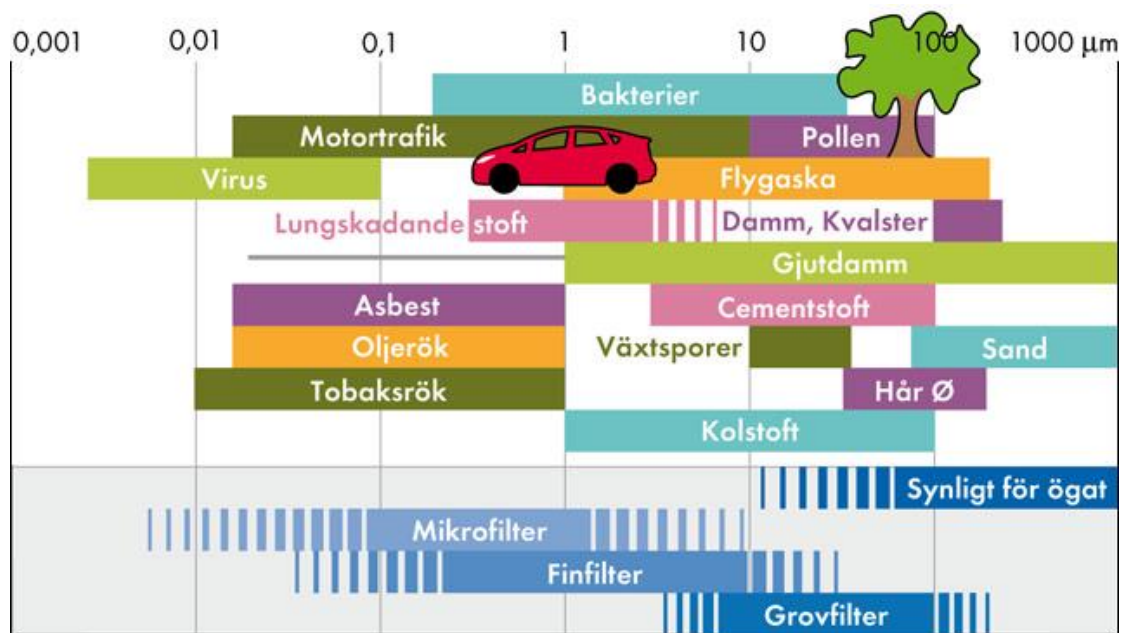
lungrelaterade sjukdomar, där kyla kan påverka kroppen genom exempelvis blodtryck och blodproppsbildning (Socialstyrelsen, 2005).

En vertikal temperaturgradient kan inträffa hos stillasittande personer och leda till obehag om temperaturskillnaden mellan fötter och huvud är större än 3 °C. Dessutom har golvmaterialet betydelse för upplevelsen av temperaturen, där betong- och stenmaterial upplevs som kallare än trä eller textil (Friedrich, 2011).

2.4 Partikelhalt

Luften vi inandas innehåller små partiklar som kan vara en hälsorisk. Luftburna partiklar är därför viktiga att uppmärksamma eftersom de påverkar den upplevda miljön och har stor betydelse för hälsan i skolor. Dessa kommer i varierande storlekar som kan vara allt från mikrometrar till en nanometer stora. Beteckningen PM efter engelskans ”particulate matter” står för vikten av partiklarna och siffran efter klassificerar storleken. Dessa är indexerade efter PM₁₀ (partiklar mindre än 10 mikrometer) och PM_{2,5} (partiklar mindre än 2,5 mikrometer). Mängden partiklar mäts bland annat i partiklar per kubikcentimeter och kan variera kraftigt beroende på aktivitet och plats. Rekommendationer för partiklar större än 0,02 mikrometer ligger på 4000 PT/CC¹ (Granmar, 2013). Antalet partiklar i inandningsluften beror mycket på ventilationssystemets uppbyggnad samt hur tät den och byggnaden är. Dessutom kommer faktorer som städbarhet och vädring av lokal att ha en stor inverkan på partikelkoncentrationen inomhus. Partiklar kan komma in med utomhusluften men genereras även inomhus som exempelvis hudpartiklar. Storleken av dessa avgör om de förekommer svävande i luften eller sjunker. För att öka välbefinnandet för människor som vistas inomhus bör inomhusluften ha så låga halter av partiklar som möjligt. Hur hälsofarliga partiklarna är beror dels på koncentrationen och storleken men en viktig faktor är partiklarnas innehåll av kemiska ämnen (Folkhälsomyndigheten, 2016).

¹ Förkortningen står för partiklar per kubikcentimeter



Figur 2 Överblick på partiklars storlekar (Dinair, 2012)

3 METOD

Detta kapitel kommer att förklara hur examensarbetets syfte och frågeställningar har besvarats. Redogörelse kring mätningar, studiebesök med drifttekniker, visuella analyser av projekteringar och renoveringar samt enkät kommer att göras.

3.1 Studiebesök

Studiebesök utfördes i Samhällsbyggnadshuset tillsammans med driftteknikern Jan G Karlsson vid Akademiska Hus för att få en visuell uppfattning om hur ventilationssystemet är uppbyggt och projekterat. Såväl föreläsningssalar, lärosalar och teknikrum besöktes. Han visade hur systemet fungerar och drivs, vilka aggregat som försörjer salarna med luft och värme samt för- och nackdelar med olika givare. Kommunikationen mellan Chalmers bokningssystem och Akademiska Hus driftdatabas menade han har fungerat dåligt och att detta riskerade att leda till att ventilationen är avstängd under föreläsningstid. Detta försöker ansvariga tekniker att lösa.

Han berättade att ventilationssystemet i stort sett är detsamma som innan ombyggnaden, men att ett antal luftbehandlingsaggregat hade bytts ut och nya Lindinvent TTC tilluftsdon hade monterats. (Karlsson, Jan G, 2017-02-15)

3.2 Källor

Examensarbetet har både använt sig av muntliga och skriftliga källor för att undersöka inomhusklimatet i Samhällsbyggnadshuset.

3.2.1 Muntliga källor

De muntliga källorna som har använts är handledare på avdelningen för installationsteknik, drifttekniker vid Akademiska Hus samt enkäter som har skickats ut till studenter via e-post.

3.2.2 Skriftliga källor

Ritningsunderlag tillhandahölls av drifttekniker vid Akademiska Hus.

3.3 Litteraturstudier

Litteraturstudier har genomförts för att kunna tolka mätresultaten som har erhållits. Detta gäller dels hur människor påverkas av temperatur, koldioxid, partiklar och fukt men också för att ta fram riktvärden och normer för de olika mätparametrarna. Dessutom har det tidigare examensarbetet om inomhusklimatet i Samhällsbyggnadshuset studerats för att kunna göra en jämförelse i möjligaste mån.

3.4 Mätningar

I tabellen nedan redovisas vilka parametrar som undersöktes samt dess plats och tidpunkt.

Tabell 1 Utförda mätningar

Sal	Datum	Tid	Parameter
Föreläsningssal H1	3 mars 2017	07:45-11:00	Koldioxid/Relativ fuktighet
Föreläsningssal H1	3 mars 2017	07:00-11:00	Temperatur
Föreläsningssal H1	3 mars 2017	Stickprov	Partikelhalt
Datorsal 209	8 mars 2017	08:00-13:00	Koldioxid/Relativ fuktighet
Datorsal 209	8 mars 2017	07:00-17:00	Temperatur
Lärosal 516	8 mars 2017	Avbruten/Stickprov	Koldioxid
Lärosal 516	8 mars 2017	07:00-17:00	Temperatur
Korridor	8 mars 2017	Stickprov	Koldioxid
Korridor	8-9 mars 2017	06:00-06:00	Temperatur
Grupprum	8 mars	Stickprov	Koldioxid

3.5 Mätutrustning

Detta kapitel kommer att presentera de mätinstrument som har använts i examensarbetet samt deras placering i salarna.

3.5.1 Koldioxid och fukt

Med hjälp av en handhållen CO₂-logger från företaget SWEMA skedde mätningar utav koldioxidhalten i de olika lokalerna. Kontinuerliga mätningarna skedde främst under lektionstid men stickprov behövdes på andra ställen. Mätaren i *Figur 3* ställdes in på att logga koldioxiden var tionde minut, där instrumentet fick stå en stund innan lektionsstart och en stund efter. Detta för att få ett rätt samt stabilt startvärde och slutvärde. Mätinstrumentet loggade även fukthalt och temperatur parallellt med koldioxiden. Dessa loggades alltså för samma tider och lokaler som för koldioxiden.

Eventuella felkällor som kan ha påverkat mätinstrumentet är människor runtomkring som genom sin utandningsluft och kroppsvärme påverkar koldioxidhalt, luftfuktighet och temperatur. I föreläsningssalen placerades mätinstrumentet ovanför projektorn och detta kan ha påverkat temperaturen.



Figur 3 Koldioxidlogger Rotronic CP11 (Swema, 2017)

3.5.2 Temperatur

I *Figur 4* ses temperaturmätaren från företaget Intab som heter *Tinytag Transit 2*. Mätarna placerades i lokaler där koldioxidhalten loggades parallellt och ställdes in på att logga värden antingen var 15:e eller 30:e minut beroende på mätningsperioden. Dessutom användes en annan typ av temperaturlogger *Tinytag Talk 2 extern temperatur* från samma företag som är mer känslig för fluktuationer (se *Figur 5*). Detta för att kunna se avvikelser och få ett mer rättvis resultat. Temperaturmätarna har på liknande sätt som CO₂-mätarna ställts ut innan lektionstid samt fått stå efter lektionens slut så att resultatet inte blir missvisande eller loggningen blir inkonsekvent.



Figur 4 Temperaturlogger Tinytag Transit 2 (Intab, 2017)



Figur 5 Temperaturlogger Tinytag Talk 2 (Intab, 2017)

3.5.3 Partikelmätare

Koncentrationen av luftburna partiklar mättes med hjälp av *Partikelräknare P-Trak*. Det är ett portabelt och enkelt instrument som suger in partiklarna genom en inbyggd pump. Mätinstrumentet manövrerades via tryckknappar på instrumentet (se *Figur 6*) eller via PC. Mätning av partikelkoncentrationen gjordes i form av stickprov före, under och efter lektionstid för att få en helhetsbild samt undvika ett missvisande resultat. Mätinstrumentet *P-Trak* mätte partikelhalten i partiklar per kubikcentimeter och detekterade partiklar mellan 0.02 till mer än 1 mikrometer.

Vid mätning av partikelhalten kan lägre värden än förväntat bero på följande:

- låg alkoholhalt i patronen
- fuktackumulering i alkoholstrumpan
- igensatt provtagnings slang
- oren eller kontaminerad alkohol
- pumpproblem
- felaktig provtagnings slang



Figur 6 Partikelräknare P-Trak (Comfort-control, 2017)

3.6 Mätosäkerhet

Eventuella felkällor som påverkar mätinstrumenten är människor runtomkring som genom sin utandningsluft, rörelse och kroppsvärme påverkar parametrar såsom koldioxidhalt, luftfuktighet, temperatur och partikelhalt. Även tekniska apparater inverkar på mätresultaten genom förhöjd värme.

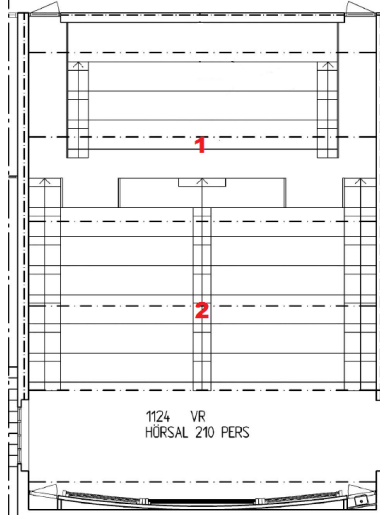
När mätningar utfördes i föreläsningssalen placerades den ena CO₂-loggern ovanför projektorn, vilken kan ha registrerat en högre temperatur än vad som egentligen var fallet. Vid mätning av koldioxid i datorsalen placerades mätinstrumentet strax intill människor och detta kan ha förhöjt koldioxidhalten något.

3.7 Placering av mätare

Nedan presenteras placeringen av mätinstrumenten i de olika salarna.

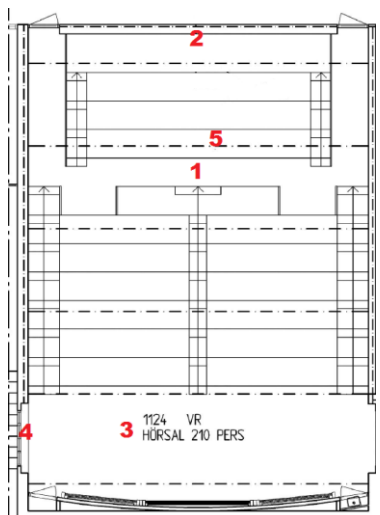
3.7.1 Föreläsningssal H1

Två mätare placerades i föreläsningssalen för att mäta koldioxidhalten. Den ena mätaren med namnet nummer 4 ställdes ut vid markering 1 i *Figur 7* och den andra med namnet nummer 3 vid markering 2.



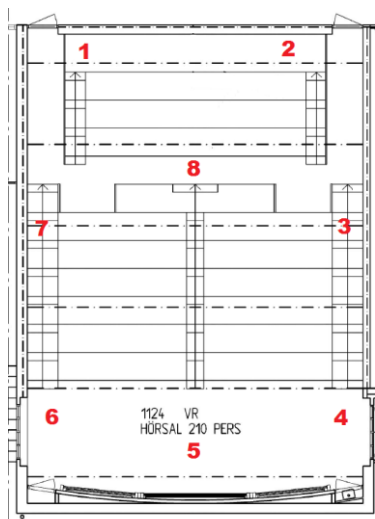
Figur 7 Placering av CO₂-mätare

Figur 8 visar placeringar av temperaturgivarna i salen. Vid varje markering ställdes två olika sorters givare, ett undantag var markering nummer 1 där själva koldioxidmätaren loggade temperaturen parallellt med koldioxiden. Vid markering 4 mättes temperaturen på fönstret och markering 5 mättes tilluften i salen. Övriga markeringar mätte innetemperaturen i salen.



Figur 8 Placering av temperaturgivare

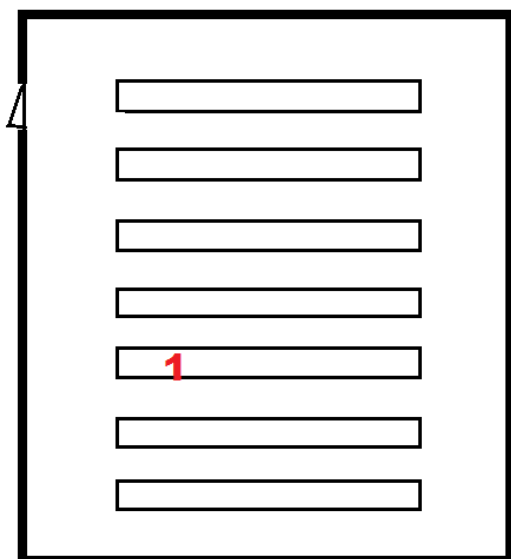
Partikelhalten i salen undersöktes med hjälp av en partikelmätare. Halten uppmättes i form av stickprov där författarna av denna studie utförde proverna enligt nummerordningen i *Figur 9*.



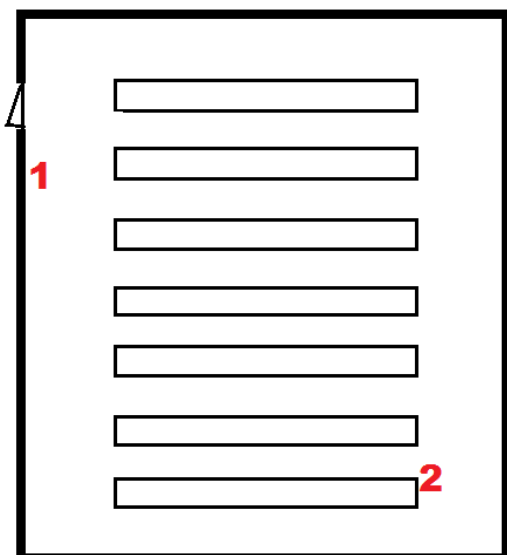
Figur 9 Position för partikelräknare

3.7.2 Datorsal 209

Skisserna nedan visar en förenklad bild av datorsalen där mätningar av koldioxid och temperatur utfördes. Den första skissen med endast markering 1 presenterar positionen av koldioxidmätaren och den andra skissen med markeringarna 1 och 2 positionen av temperaturgivarna.



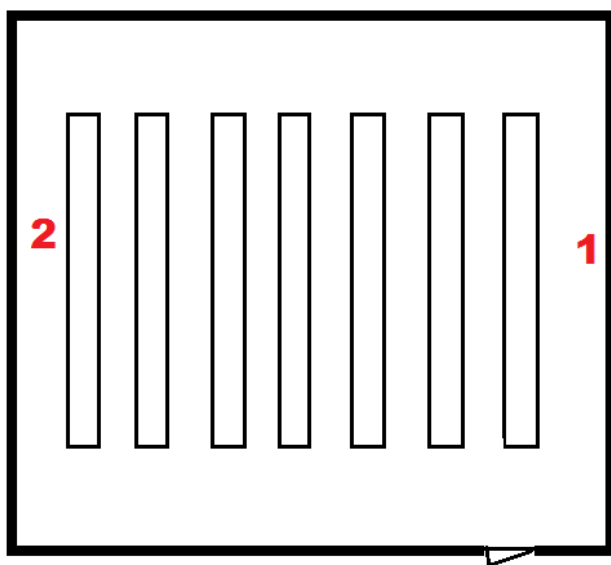
Figur 10 Placering av CO₂-mätare



Figur 11 Placering av temperaturgivare

3.7.3 Lärosal 516

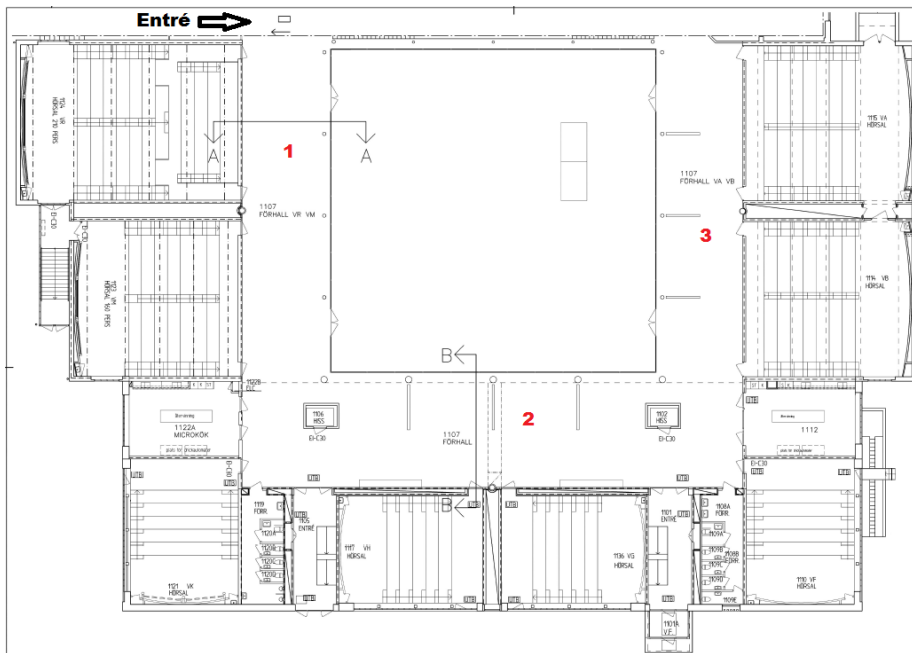
Denna förenklade skiss av lärosalen visar placeringen av temperaturgivarna. Mätning av koldioxid har även utförts där koldioxidgivaren ställdes närmare markering 2 i främre delen av salen, men fick avbrytas och kompletteras med stickprov. Dessa gjordes i centrala delen av salen.



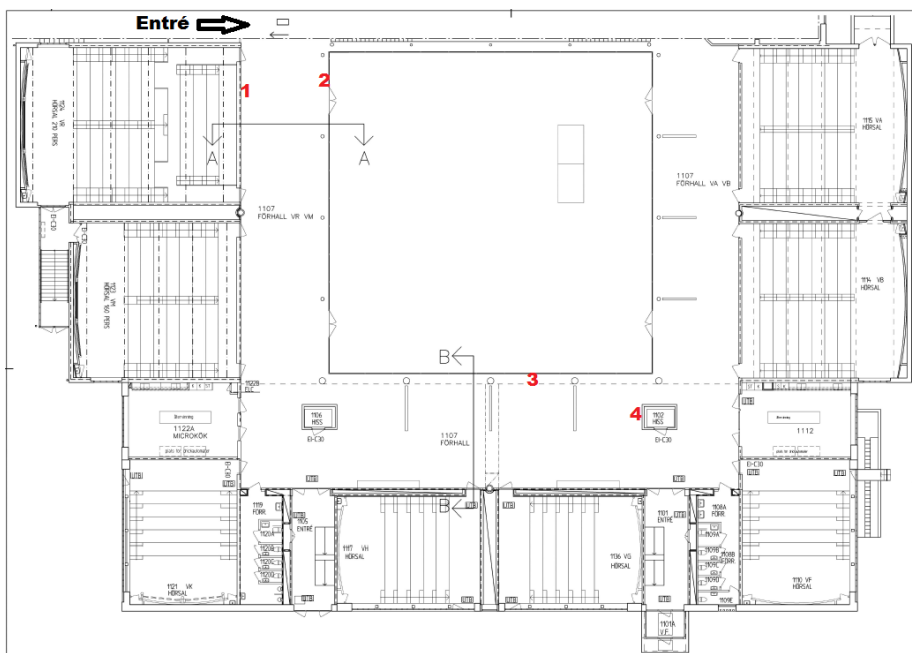
Figur 12 Placering av temperaturgivare

3.7.4 Korridor

Planlösningen nedan (se Figur 13) av entréplanet till Samhällsbyggnadshuset visar de tre olika placeringarna för stickproven av koldioxidhalten med markeringarna 1 till 3. Därunder följer en likadan planlösning (se Figur 14) som visar placeringarna av temperaturgivarna i korridoren. Två av dessa givare sattes på fönstren mot innegården och har markeringarna 2 och 3 i figuren.



Figur 13 Planlösning av entréplan med placering av CO₂ – mätare



Figur 14 Planlösning av entréplan med placering av temperaturgivare

3.8 Enkät

För att få svar på hur människor i allmänhet har uppfattat hur inomhusklimatet har förändrats sedan ombyggnaden av Samhällsbyggnadshuset skickade vi ut enkäter till 79 studenter via deras studentmail 27/3 2017. I mailet bad vi respondenterna svara så snabbt som möjligt. Antalet studenter som hade svarat på enkäten den 12/4 var 30 personer. Studenterna valdes ut genom en medlemslista för kursen byggt teknik VHU 501, en inledande kurs för programmet högskoleingenjör i byggt teknik, men under förutsättning att studenterna fortfarande gick kvar på programmet för att kunna delge sina uppfattningar. Anledningen till att vi skickade ut enkäten via studentmailen, och inte att dela ut dem i pappersform, var att försäkra oss om att respondenterna hade påbörjat sina studier på programmet innan ombyggnaden och att de tog sig tid att svara på den.

Enkäten innehöll följande frågor med svarsalternativ:

1. Hur tycker du att inomhusklimatet har förändrats sedan ombyggnaden av V-huset (samhällsbyggnad)?
 - Bättre
 - Ingen skillnad
 - Sämre
2. Hur tycker du att temperaturen har förändrats i föreläsningssalarna SB-H?
 - Varmare
 - Ingen skillnad
 - Kallare
3. Hur tycker du att luftkvaliteten har förändrats i föreläsningssalarna SB-H (med avseende på ”fräsch” luft)?
 - Bättre
 - Ingen skillnad
 - Sämre
4. Hur tycker du att temperaturen har förändrats i korridoren på entréplanet?
 - Varmare
 - Ingen skillnad
 - Kallare
5. Hur tycker du att luftkvaliteten har förändrats i korridoren på entréplanet (med avseende på ”fräsch” luft)?
 - Bättre
 - Ingen skillnad
 - Sämre
6. Hur tycker du att temperaturen har förändrats i lärosalarna SB-L?
 - Varmare
 - Ingen skillnad
 - Kallare

7. Hur tycker du att luftkvaliteten har förändrats i lärosalarna SB-L (med avseende på ”fräsch” luft)?
 - Bättre
 - Ingen skillnad
 - Kallare
8. Hur tycker du att temperaturen har förändrats i datorsalarna SB-D?
 - Varmare
 - Ingen skillnad
 - Kallare
9. Hur tycker du att luftkvaliteten har förändrats i datorsalarna SB-D (med avseende på ”fräsch” luft)?
 - Bättre
 - Ingen skillnad
 - Sämre

4 Tidigare undersökning

Detta kapitel kommer att sammanfatta ett tidigare examensarbete av Samhällsbyggnadshuset

4.1 V-sektionens inomhusklimat

Examensarbetet *V-sektionens inomhusklimat* undersökte inomhusklimatet i föreläsningssalen VR (numera kallad H1) belägen vid entrén till Samhällsbyggnadshuset. Parametrarna som undersöktes var koldioxid, temperatur, flöde och lufthastighet. Författarna konstaterade att studenter upplevde inomhusklimatet som bristfälligt, där koncentrationssvårigheter, trötthet, huvudvärk och allmän termisk diskomfort var vanliga och återkommande problem.

Mätningarna utfördes under ett antal strategiskt utvalda föreläsningar då salarna var som mest fyllda. Mätinstrumentet placerades på projektorn i mitten av föreläsningssalen.

Vid mätningar av koldioxidhalt användes en CO₂-logger från företaget Intab som heter CO₂-tinytag. Vid mätningar av temperatur användes dels två olika mätinstrument från företaget Intab som heter Tinytag – Internal Temperature Logger samt Tinytag – Internal Temperature Relative Humidity, och dels ett mätinstrument från företaget Flir som heter InfraCAM. Vid mätningar av flöde och lufthastighet användes ett mätinstrument som heter Swema flow 650.

Resultaten från mätningarna visade ett flöde på 9.8-10 l/s vid tilluftsdon. Genom donets diameter på 20 cm kunde hastigheten beräknas till 0.3 m/s. Det totala tilluftsflödet i salen var 2,1 m³/s och fläkteffekten uppgick till 4 kW.

Temperaturer uppmättes till ca 22 °C i ventilerad sal samt yttemperaturer på 26 °C i ej ventilerad sal. Författarna menade att problemet i föreläsningssalarna ofta var att många kände ett starkt obehag på grund av kyleffekten som uppstod bland annat av placeringen av tilluft under stolarna. Den höga yttemperaturen skapade en upplevelse av inomhusklimatet som ännu sämre.

Koldioxidhalten uppmättes till 430 ppm i ventilerad sal innan lektionsstart. När salen sedan blev fullsatt höll den sig på ungefär samma värde på 450 ppm. Författarna menade att utifrån gällande rekommendationer på mellan 600-1000 ppm hade fläkthastigheten och därmed flödet kunnat minskas avsevärt. Lufthastigheten och kyleffekten hade blivit lägre samtidigt som elenergiförbrukningen för fläkten skulle minska.

I ej ventilerad sal uppmättes koldioxidhalten innan lektionsstart till 500 ppm. Ventilationen stängdes av en kvart innan lektionens början. Innan lektionen hade börjat hade värdena redan passerat det högsta rekommenderade värdet och låg på mellan

1500-2000 ppm. Koldioxidhalten fortsatte sedan att stiga resten av föreläsningen och var uppe i 3900 ppm vid lektionens slut samtidigt som det var obehagligt varmt.

Analysen författarna gjorde i examensarbetet var att energi- och komfortvinster hade kunnat göras med smartare styrning av tilluftsflödet, som ibland var onödigt högt. Ur energisynpunkt och för den termiska komforten hade det varit lönsamt ifall luftflödet hade sänkts när inomhustemperaturen hade överstigit önskad temperatur. Vidare konstaterade författarna att luftomsättningen förmodligen var onödigt hög med en koldioxidhalt på 440 ppm, och att detta riskerade att skapa ett dragigt och kallt klimat. En rekommenderad koncentration på mellan 600-1000 ppm hade kunnat uppnås med CO₂-givare. Vid halter på över 1000 ppm borde ventilationen ha slagits på.

Åtgärder som författarna presenterade var att ventilationen hade kunnat styras via närvaro och olika frånluftsgivare som skulle kunna spara pengar och samtidigt bidra till bättre inomhusklimat. För att undvika överventilering och för att alltid säkerställa ett tillfredsställande klimat hade mätning av frånluftens koldioxidhalt och temperatur kunnat göras för anpassa luftflödet. Dessutom hade en implementering av schemastyring kunnat göra så att ventilationssystemet hade kört på ett lägre hygienflöde utöver de tider som behövs, samtidigt som ”vädring” av salen hade kunnat göras mer efter behov.

Inför ombyggnaden som skulle ske föreslog författarna att det kanske skulle krävas några fler givare, installation av reglerdon samt implementering av bättre reglering för att sänka energiförbrukningen och förbättra inomhusklimatet. En bättre kommunikation mellan fastighetsägaren Akademiska Hus och nyttjaren Chalmers hade gynnat båda parter.

5 SYSTEMUPPBYGGNAD

Detta kapitel kommer att åskådliggöra ventilationssystemets uppbyggnad

5.1 Luftbehandlingsaggregat

Luftbehandlingsaggregaten som försörjer salarna och korridoren på entréväningen finns installerade i teknikrum i källaren. Aggregaten som försörjer salarna på de övre våningarna finns på vinden (våning 6). Efter ombyggnaden har samtliga luftbehandlingsaggregat bytts ut utom aggregaten LA05-06 som försörjer föreläsningssalarna H3-H6. Aggregaten LA03 som försörjer föreläsningssalen H1, LA08 som försörjer korridoren samt LA09/10 på vinden är samtliga av typen Swegon GOLD med roterande värmeväxlare. Värmebatteriet försörjs via Chalmers interna fjärrvärmenät medan fjärrkylan på Chalmers benämnd KB0 skapas uppe i kraftcentralen på Chalmers Tvärgata 6 och går sedan via kulvert ner till SB2, där kylan som benämns KB01 går till alla ventilationsaggregaten i fastigheten.

5.2 Ventilationssystem

Föreläsningssalarna har deplacerande ventilation medan läro- och datorsalarna samt korridoren har omblandande ventilation

5.2.1 Föreläsningssalar

Föreläsningssalarna försörjs med luft genom tilluftsdon placerade under varje sals sittplatser. Ett centralt frånluftsdon är placerat i takhöjd i en av salens sidoväggar.

5.2.2 Läro- och datorsalar

Efter ombyggnaden har läro- och datorsalarna samt grupprummen försetts med nya tilluftsdon, så kallade ”intelligenta don” (Lindinvent TTC). Dessa tilluftsdon är försedda med närvaro- och temperaturgivare. Innan försörjdes salarna med injusterade don där närvaro styrdes med spjäll i en fläktkammare på vinden, med en separat kanal till varje läro- och datorsal. Frånluftsdonen är precis som i föreläsningssalarna placerade i takhöjd.

5.2.3 Korridor

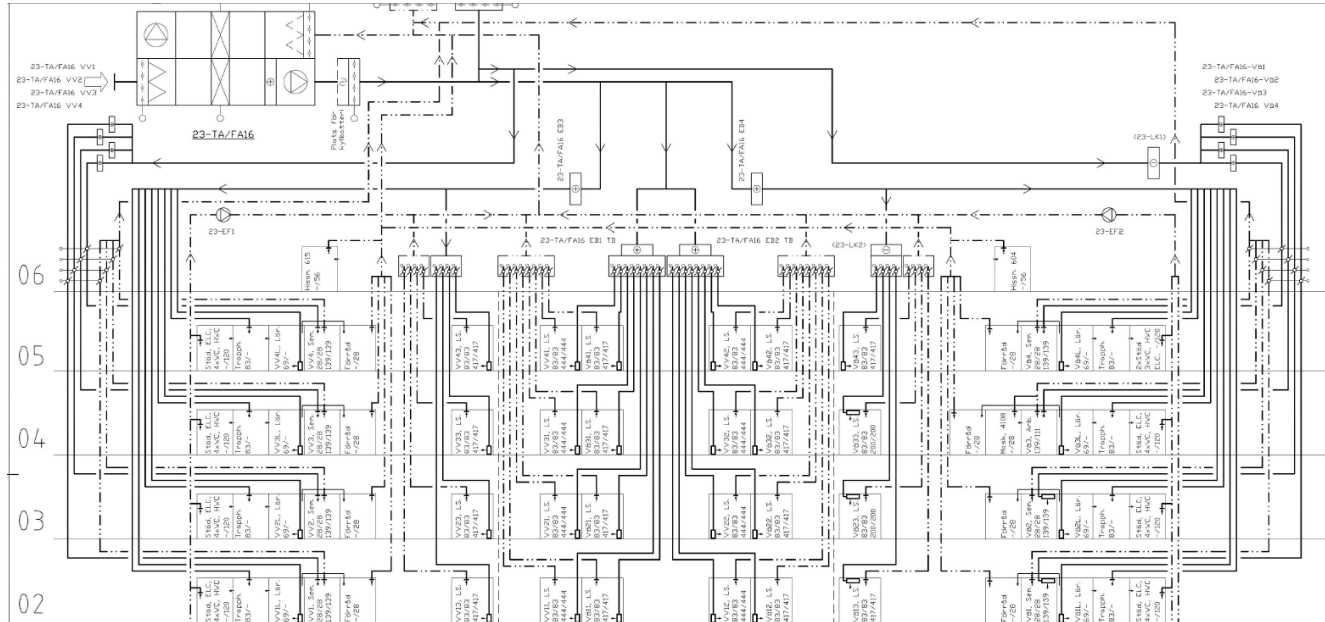
Genom tilluftsdon placerade i grupprum och salar får korridoren tilluft via överluftsdon. Frånluftsdonen är placerade högst upp i de båda trapphusen samt på toaletterna.

5.3 Värmesystem

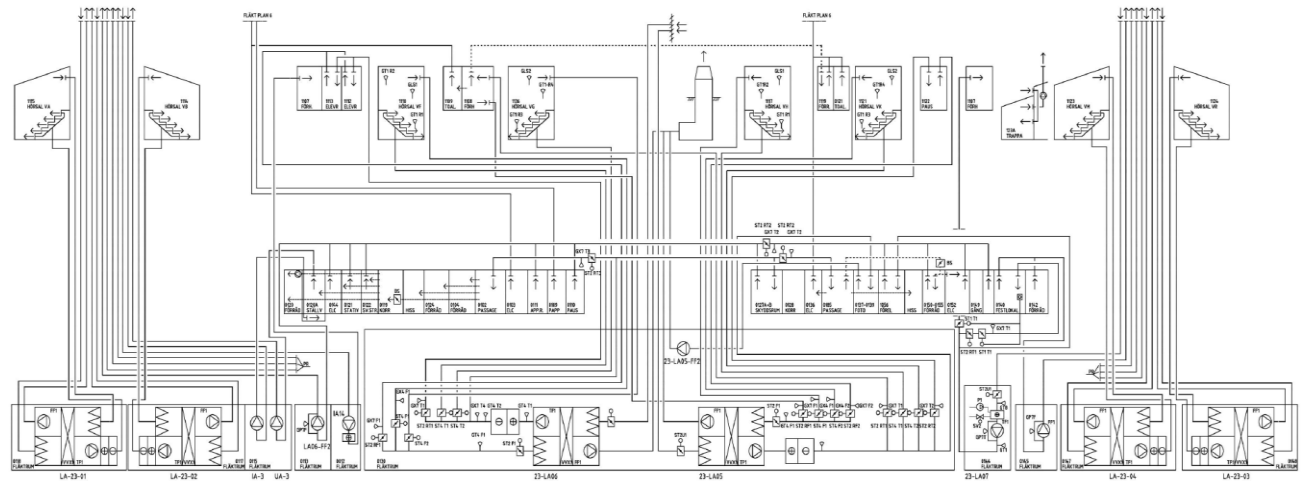
Till såväl föreläsningssalar som läro- och datorsalar tillförs värme genom dels radiatorer placerade under varje sals fönster samt genom uppvärmning av tilluften. Genom värmeåtervinning minskas behovet av uppvärmning. (Karlsson, Jan G, 2017-05-10)

5.4 Salbokningssystem

Samhällsbyggnadshuset är utrustat med salbokningssystem sedan tidigare, men det är inte förrän efter ombyggnaden som salbokningen har blivit kopplad till styr- och reglerstyret.



Figur 15 Ritning över ventilationssystemet till plan 2-6



Figur 16 Ritning över ventilationssystemet till plan 1-2

6 Väderförhållanden i Göteborg

I detta kapitel presenteras de väderförhållanden som rådde i Göteborg under mätningarnas gång med avseende på temperatur och relativ fuktighet. Uppgifterna är hämtade från SMHI.

6.1 Första mätningen

Tabell 2 Väderförhållanden i Göteborg den 3 mars 2017

3 mars 2017	Temperatur (°C)	Relativ fuktighet (%)
07:00	-3,3	88
08:00	-2,7	87
09:00	-2,1	85
10:00	-2,0	83
11:00	-1,8	81

6.2 Andra mätningen

Tabell 3 Väderförhållanden i Göteborg den 8-9 mars 2017

8-9 mars 2017	Temperatur (°C)	Relativ fuktighet (%)
06:00	1,8	90
07:00	2,0	89
08:00	2,6	89
09:00	3,2	86
10:00	3,7	60
11:00	5,2	66
12:00	6,4	61
13:00	7,0	65
14:00	7,2	72
15:00	6,5	79
16:00	6,0	93
17:00	5,0	94
18:00	4,6	92
19:00	3,4	92
20:00	2,5	92
21:00	2,0	92
22:00	1,6	93
23:00	1,4	94
00:00	1,8	94
01:00	1,6	94
02:00	2,0	94
03:00	1,6	95
04:00	0,9	95
05:00	0,8	94
06:00	1,0	94

7 Mätningar

I detta kapitel presenteras resultaten av mätningarna på de undersökta parametrarna. Till skillnad ifrån det tidigare examensarbetet har mätningar av koldioxidhalt även utförts i datorsal, lärosal, gruppum och korridor. Resultaten redovisas i form av diagram och tabeller som anses vara de mest representativa för vidare analys och diskussion. Kompletterande mätningar bifogas som bilagor.

7.1 Koldioxid

Mätningar av koldioxidhalt har gjorts i föreläsningssal, datorsal, lärosal, korridor och gruppum.

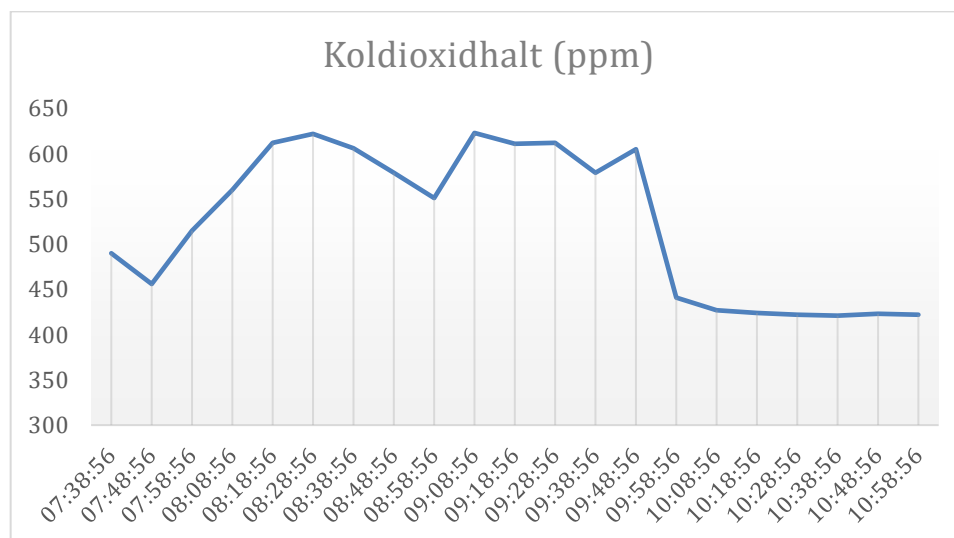
7.1.1 Föreläsningssal H1

Två koldioxidmätare användes i föreläsningssalen H1. Mätinstrument nr 4 placerades exakt på samma ställe som det tidigare examensarbetet och mätinstrument nr 3 placerades längre ner i salen (se *Figur 7*). Detta för att se avvikelser beroende på position, samt få en rättvis jämförelse gentemot förra arbetet.

Diagram 1 visar loggningen som skedde var tionde minut i ungefär tre timmar. Mätningen påbörjades före lektionsstart och pågick till kl. 11:00. Viktigt för att kunna avläsa diagrammet korrekt är tid för rast som var kl. 08:45-09:00 och lektionsslut som var kl. 10:00. Diagrammet visar ett startvärde på 490 ppm som stabiliserades till ett lägre värde efter en kort tid. Sedan ökade CO₂-värdet allt eftersom studenterna fyllde ut salen. Under rasten var salen halvfylld vilket orsakade en minskning av koldioxiden på endast ca 50 ppm. Därefter fluktuerade värdena mellan 560-625 ppm för att sedan efter lektionsslut sjunka kraftigt och hålla ett värde på Ca 420 ppm i tom sal.

Diagrammet för mätinstrument nr 3 (se *Bilaga 1*) visar resultatet för samma mätintervall och tid som för mätinstrument nr 4. Loggningen påbörjades samtidigt där startvärdet stabiliserades efter en kort tid. Under lektionstid varierade CO₂-halten mellan 400-450 ppm för att efter lektionens slut stanna på ett värde på 400 ppm i tom sal.

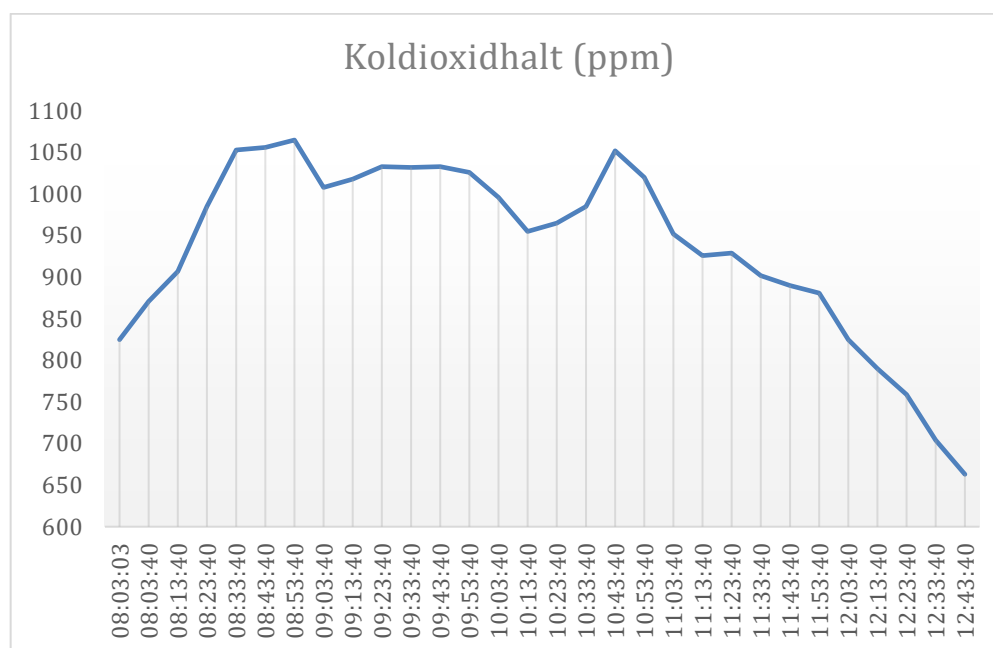
Diagram 1 Koldioxidhalt på mätinstrument nr 4



7.1.2 Datorsal 209

I diagrammet nedan visas logningen som skedde var tionde minut med lektionsstart kl. 08:00 och avslutades en timma efter lektionslut. Tid för rast inträffade ca kl. 08:45-09:00, kl. 09:45-10:00 samt kl. 10:45-11:00, men de flesta studenterna satt kvar inne i salen. Mätningen började på ett värde på 835 ppm som sedan steg och höll sig på en nivå mellan 950-1065 ppm. Efter kl. 11:00 började värdena minska för att hamna på 665 ppm i slutet av mätningen i tom sal. Utifrån diagrammet kan ses att koldioxiden hade fortsatt sjunka efter mätningen.

Diagram 2 Koldioxidhalt i datorsal 209

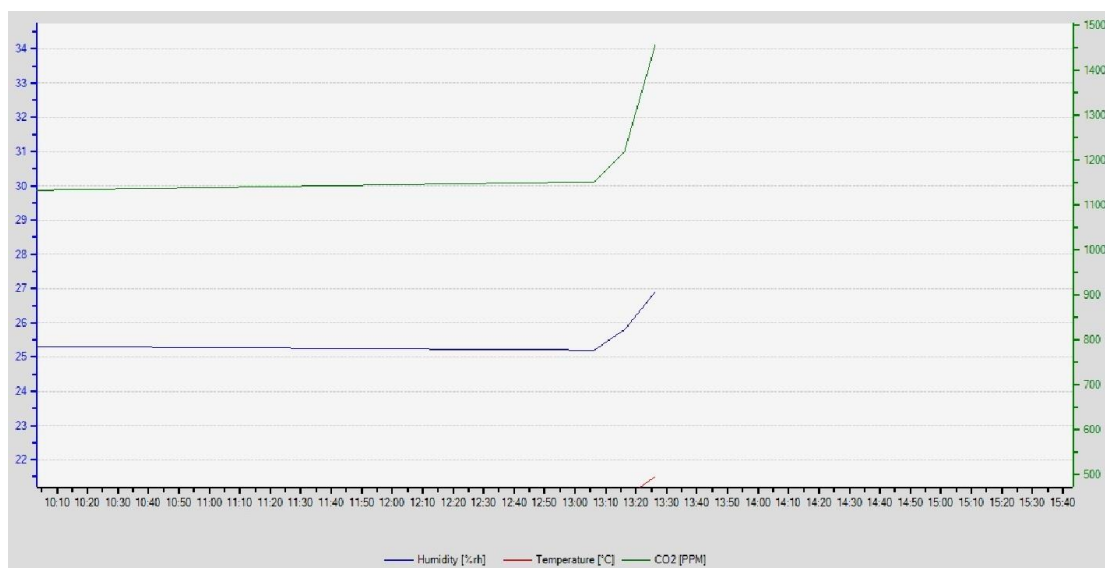


7.1.3 Lärosal 516

Det var planerat att en mätning av lärosalen 516 skulle ske mellan kl. 13:10-17:00 men fick avbrytas på grund av för hög koldioxidhalt en halvtimme in i loggningen (se *Diagram 3*). Till en början låg värdet på 1150 ppm vid lektionsstart och steg drastiskt till över 1400 ppm, varefter mätinstrumentet började larma och därför fick stängas av.

Tabellen nedan visar kompletterande mätvärden som genomfördes innan lektionsstart kl. 15:10. Salen undersöktes med öppet och stängt fönster. Mätvärdet vid öppet fönster sjönk till 1140 ppm medan vid stängt fönster steg värdet långt över 1500 ppm.

Diagram 3 Avbrutna mätningar av lärosal 516



Tabell 4 Kompletterande stickprov av koldioxid i lärosal 516

Tid	Antal personer	Öppet/stängt fönster	Mätvärden (ppm)
15:10	Ca 20 personer	Stängt	1500+
15:10	Ca 20 personer	Öppet	Runt 1140

7.1.4 Korridor

Tabell 3 visar sammanställningen av stickproven som gjordes i korridoren på entréplan i samhällsbyggnad. Samtliga mätvärden hamnade inom rekommendationerna på under 1000 ppm.

Tabell 5 *Stickprov av koldioxid i korridor*

Tid	Position	Antal personer	Mätvärden (ppm)
07:50	Entré	En och annan förbipasserande	480
07:50	Mellan hissarna	3-4	600
07:50	Korridorens slut	Inga människor	465
13:00	Entré	Flera förbipasserande, 3-4 sittande	565
13:00	Mellan hissarna	Ca 15 människor	645
13:00	Korridorens slut	Ca 15 människor	690
17:00	Entré	Flera förbipasserande, 10 sittande	690
17:00	Mellan hissarna	Ca 10 människor	755
17:00	Korridorens slut	2 människor	640

7.1.5 Grupprum

Grupprummen har valts ut med hänsyn till antalet studenter i salarna för att se hur koldioxidhalten varierar beroende på närvaro. I samtliga grupprum låg koldioxidhalten på över 600 ppm och i vissa salar översteg värdena till och med riktvärdet på 1000 ppm.

Tabell 6 *Stickprov av koldioxid i grupprum*

Tid	Rum	Antal personer	Mätvärdet (ppm)
15:15-16:00	SB-G206	0	840
15:15-16:00	SB-G302	0	715
15:15-16:00	SB-G306	2	950
15:15-16:00	SB-G402	3	1000
15:15-16:00	SB-G405	2	860
15:15-16:00	SB-G412	1	710
15:15-16:00	SB-G413	3	980
15:15-16:00	SB-G502	2(på rast)	1290
15:15-16:00	SB-G511	3	1500+
15:15-16:00	SB-G512	1	600

7.2 Relativ fuktighet

Mätningar av relativ fuktighet har gjorts i föreläsningssal och datorsal, där loggningen skedde parallellt med koldioxiden.

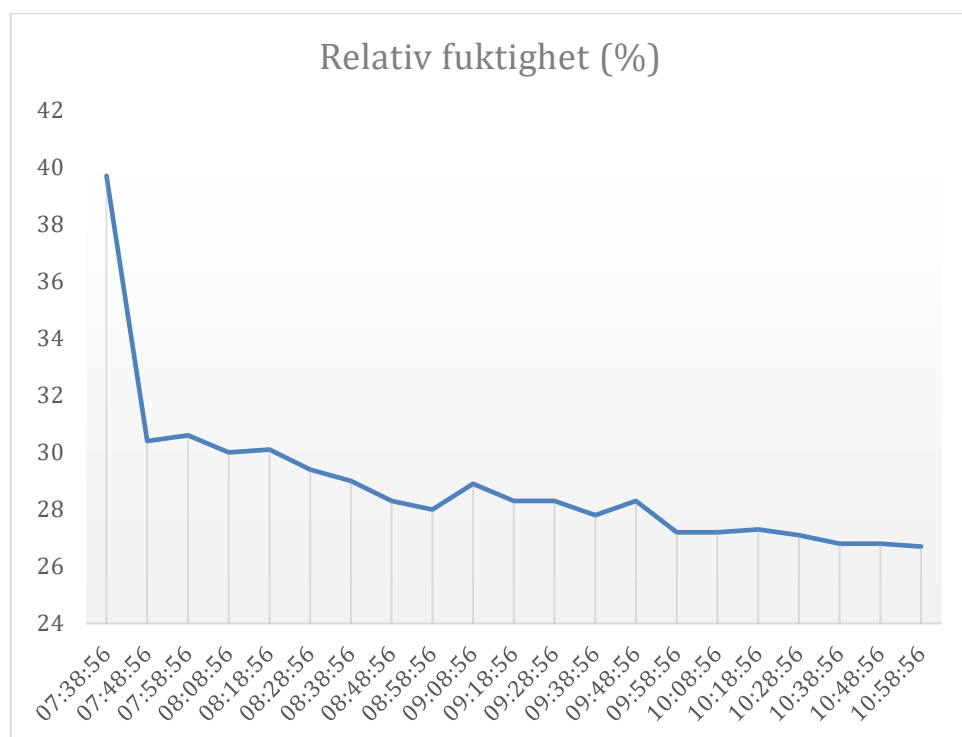
7.2.1 Föreläsningssal H1

Som tidigare nämnts i metoden så sker loggningen av fukt parallellt med koldioxiden. Det vill säga att loggningen sker med tio minuters intervall och pågår i tre timmar. Tider för bland annat lektionsstart/slut och rast är de samma.

Den relativa fuktigheten på mätinstrument nr 4 var 40 % innan lektionsstart för att sedan sjunka och ligga på mellan 27-30 %.

Diagrammet för mätinstrument nr 3 (se *Bilaga 2*) visar ett liknande beteende med skillnaden att den stabiliserar sig på ett högre värde.

Diagram 4 Relativ fuktighet på mätinstrument nr 4

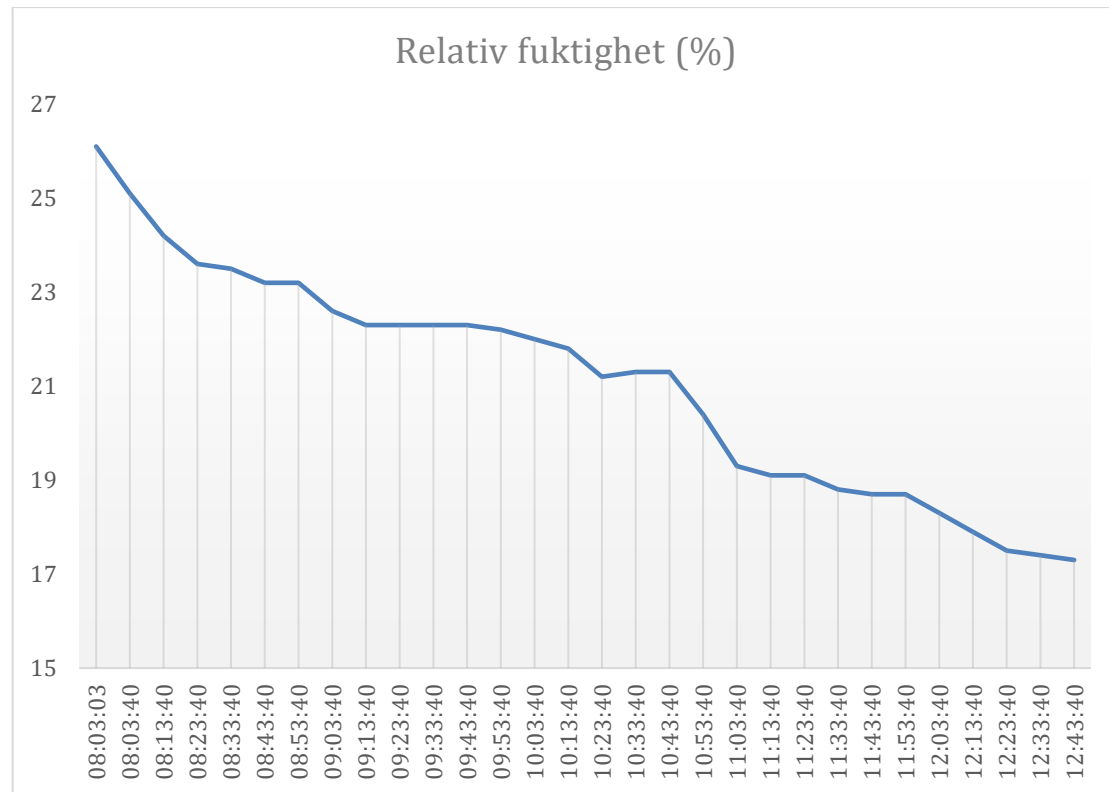


7.2.2 Datorsal 209

Loggningen av fukten för datorsalen skedde med samma förutsättningar som för koldioxiden.

I likhet med föreläsningssalen låg RH högre innan lektionsstart för att sedan sjunka stadigt utefter föreläsningens gång. I *Diagram 5* ligger dock RH för datorsalen betydligt lägre.

Diagram 5 Relativ fuktighet i datorsal 209



7.3 Temperatur

Mätningar av temperatur har gjorts i föreläsningssal, datorsal, lärosal och korridor.

7.3.1 Föreläsningssal H1

För att efterlikna det tidigare examensarbetet har mätinstrumenten placerats på samma plats som tidigare mätningar. Dessutom har temperaturen uppmätts vid tilluftsdon, fönster, längst fram och bak i salen. I följande avsnitt kommer temperaturen vid koldioxidmätarna och tilluftsdon att behandlas medan resterande diagram bifogas som bilagor. Detta för att studenter inne i föreläsningssalen inte direkt påverkas av övriga temperaturer utanför vistelsezonen.

Diagram 6 presenterar temperaturen mitt i salen. I början av loggningen låg temperaturen på 17,2 °C för att sedan stiga och plana ut vid 22-23 °C. Under rasten skedde ingen större förändring av temperaturen då de flesta studenterna satt kvar. Däremot sjönk temperaturen en aning efter att lektionen hade slutat.

Tilluftstemperaturen i *Diagram 7* steg kontinuerligt från kl. 07:00-08:00 för att uppnå behaglig rumstemperatur. Temperaturen stabiliserades strax innan lektionsstart på över 21 °C för att sedan stiga ytterligare i takt med att studenter började fylla ut salen. Efter att lektionen hade börjat sjönk tilluftstemperaturen kraftigt till att hamna på 18,7 °C vid lektionens slut. När studenterna hade lämnat salen ökade temperaturen ännu en gång för att uppnå behaglig rumstemperatur.

Kompletterande mätning av temperaturen längst bak i salen (se *Bilaga 6*), vilken kan ses som frånluftstemperatur, visar motsatt beteende än vad tilluftstemperaturen i visade. Temperaturen längst fram i salen (se *Bilaga 4*) visar ett liknande beteende som i mitten av salen men med en lägre temperatur på mellan 20-21 °C. Temperaturgivarna på fönstret visar en lägre temperatur än alla andra mätningar (se *Bilaga 3*).

Diagram 6 Temperatur mitt i föreläsningssal H1(vistelsezon)

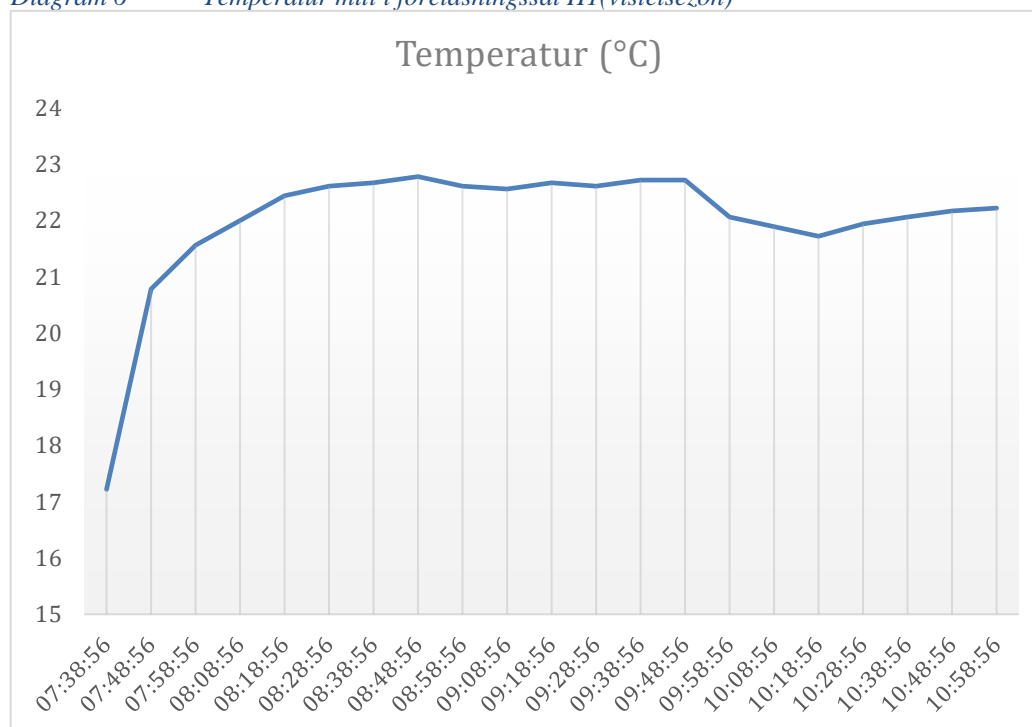
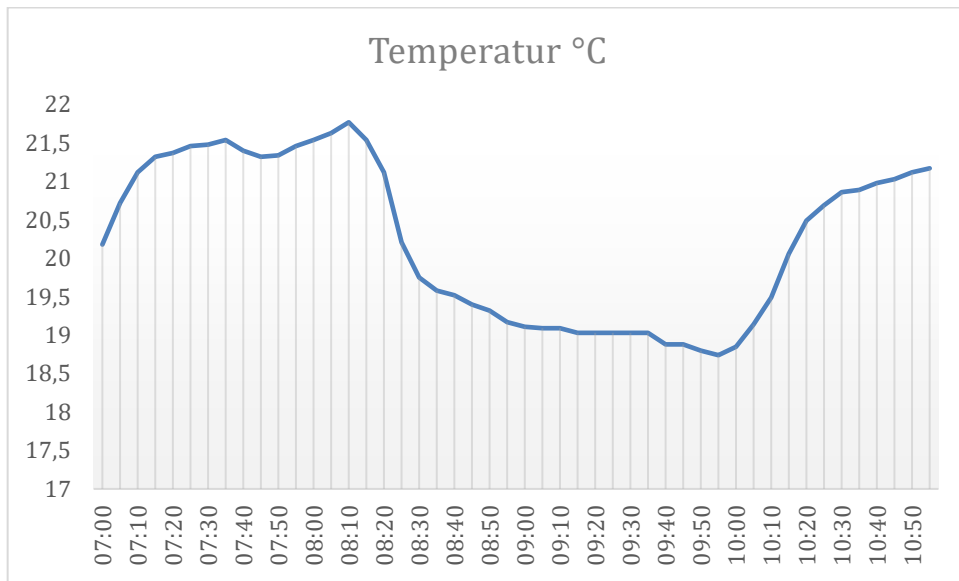


Diagram 7 Temperatur vid tilluftsdon i mitten av föreläsningssal H1

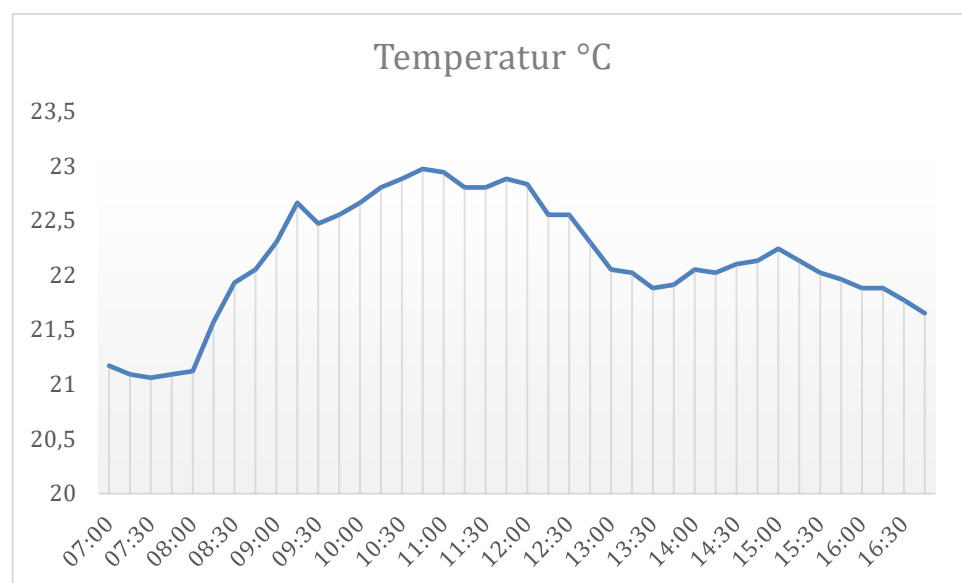


7.3.2 Datorsal

I datorsalen gjordes två temperaturmätningar, där den ena mätaren placerades nära entrén (se *Bilaga 10*) och den andra på elpelaren på motsatt sida av rummet (se *Diagram 8*). Eftersom mätaren vid entrén påverkas i högre grad av att dörren öppnas bedöms den andra mätaren vara mer representativ.

Loggningen av temperaturen i datorsalen skedde parallellt med koldioxidmätningen men sträckte sig lite längre från kl. 07:00 till 17:00. När lektionen började kl. 08:00 låg temperaturen på 21,1 °C och steg sedan under lektionens gång till 23 °C. Under lunchen sjönk temperaturen ner till 21,9 °C och ökade bara marginellt under eftermiddagen för att sedan sjunka till 21,6 °C kl. 17:00.

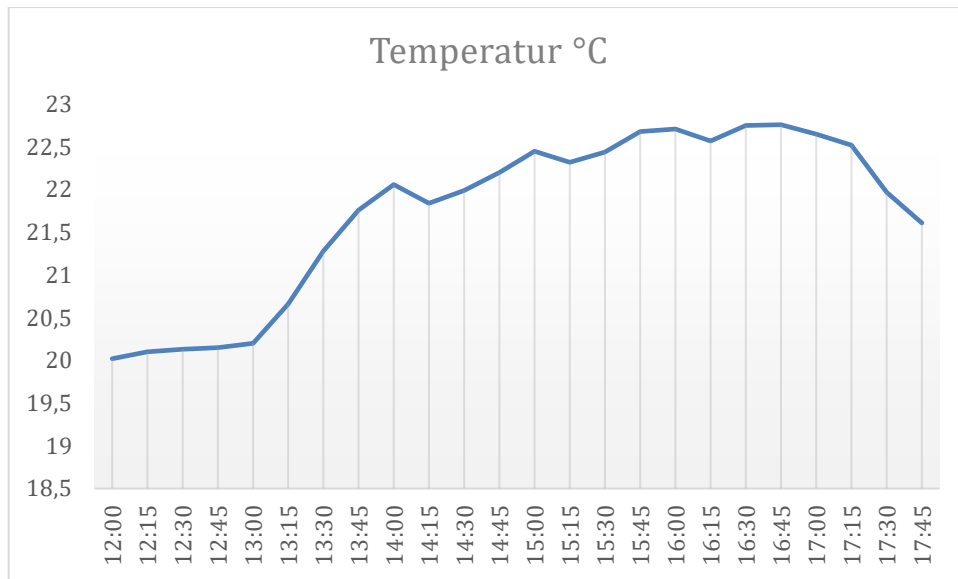
Diagram 8 Temperatur i datorsal 209 (vistelsezon/elpelare)



7.3.3 Lärosal

Temperaturer i lärosalen uppmättes på motsatta sidor av rummet och de båda mätningarna visade ungefär samma resultat. Mätningarna skedde under lektionstid från kl. 13:15 till 17:00. Temperaturen innan lektionsstart låg på 21,1 °C och ökade hela tiden under mätningens gång och hamnade på 22,8 °C som max precis vid lektionens slut. Nedgångar i diagrammet skedde i samband med raster då studenter gick ut ur rummet.

Diagram 9 Temperatur längst fram i lärosal 516



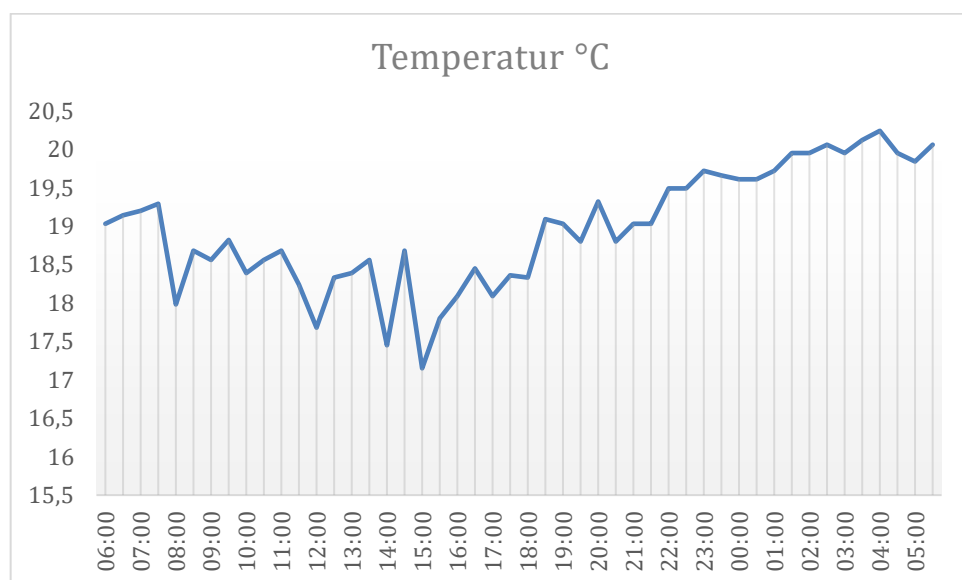
7.3.4 Korridor

I korridoren loggades temperaturen varje halvtimme med start kl. 06:00 och pågick i ett dygn. Dels uppmättes temperaturen på fönstren mot innergården och dels rumstemperaturen på olika platser i korridoren.

Nedan följer *Diagram 10* som är mest representativt för innetemperaturen i korridoren som uppmättes vid entrén. Loggningen började med ett startvärde på 19 °C som fluktuerade konstant under hela mätningen. Temperaturerna varierade mellan 17-19°C mitt på dagen och steg senare under natten till över 20 °C.

Resterande diagram presenterar både mätvärden på fönstren och ytterligare en mätning av innetemperaturen (se *Bilagorna 7-9*). Yttertemperaturen på fönstrens insida pendlade mellan 16-18 °C mitt på dagen. På natten blev däremot temperaturen högre på den ena och lägre på den andra.

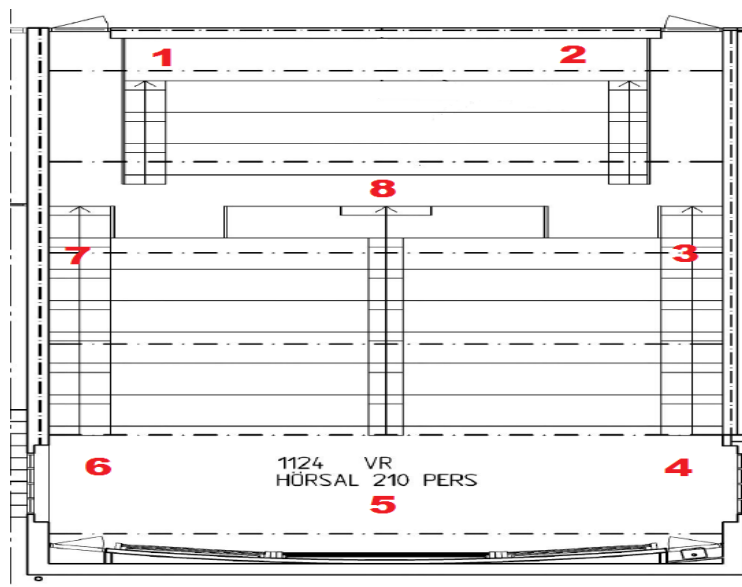
Diagram 10 Temperatur vid entré till Samhällsbyggnadshuset



7.4 Partikelhalt

Mätningar av partikelhalt har enbart genomförts i föreläsningssalen H1.

Stickprov togs enligt *Figur 15* vid tre olika tidpunkter. Generellt sett uppmättes högre värden längre upp i salen respektive lägre värden längre ner. På vissa platser var värdena stabila medan andra varierade från den ena mätningen till den andra.



Figur 17 Position för partikelräknare

Tabell 7 Stickprov på partikelhalt innan lektionsstart kl. 07:50

Område	Mätvärde (PT/CC) ²
1	1500
2	1700
3	1200
4	650
5	800
6	800
7	1200
8	1700

Tabell 8 Stickprov på partikelhalt under rast kl. 08:45-09:00

Område	Mätvärde (PT/CC)
1	1500
2	2300
3	1300
4	900
5	800
6	700
7	1500
8	1800

² Förkortningen står för partiklar per kubikcentimeter

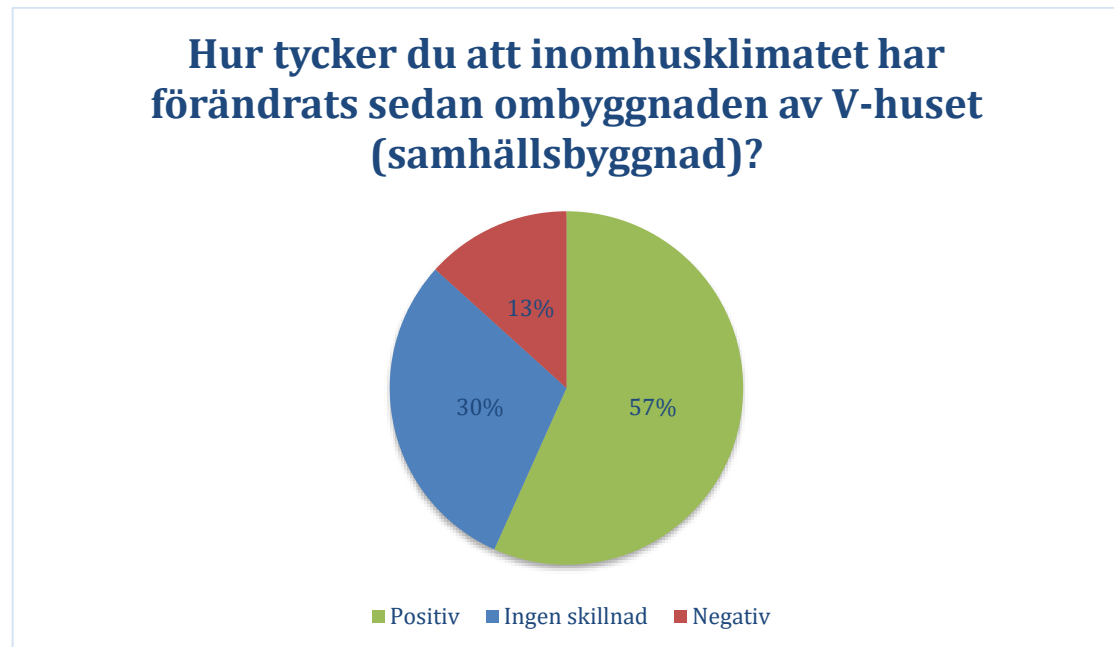
Tabell 9 *Stickprov på partikelhalt en timme efter föreläsning*

Område	Mätvärde (PT/CC)
1	1400
2	1000
3	500
4	500
5	600
6	600
7	1400
8	1200

8 ENKÄTUNDERSÖKNING

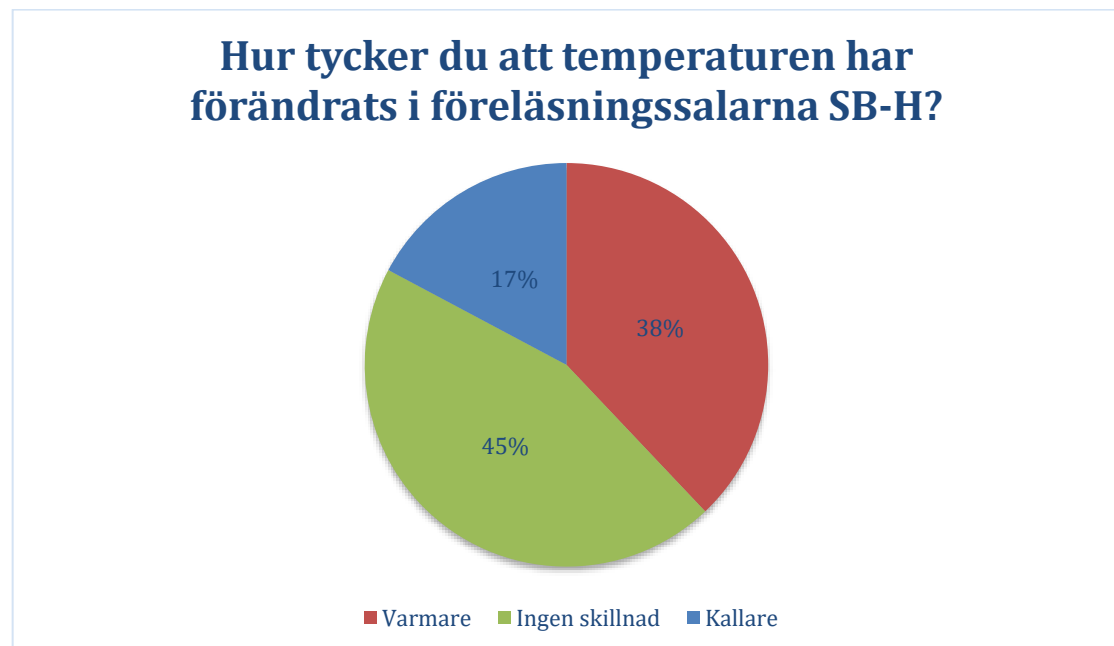
8.1 Inomhusklimatet i Samhällsbyggnadshuset

Diagram 11 Inomhusklimat i Samhällsbyggnadshuset



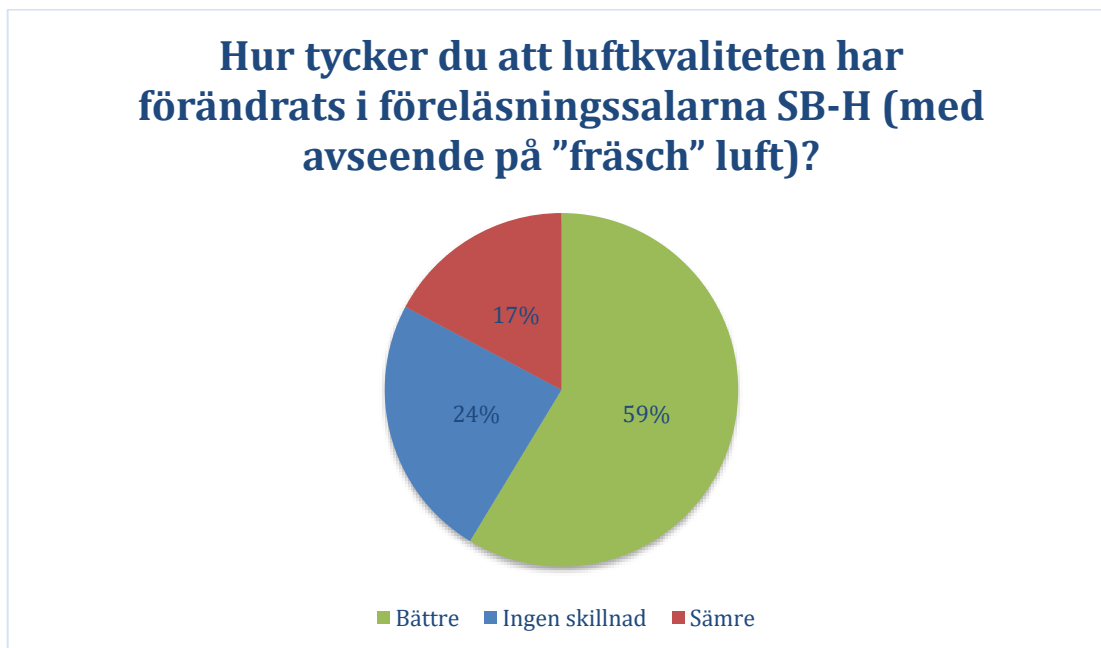
8.2 Temperaturen i föreläsningssalarna SB-H

Diagram 12 Temperatur i föreläsningssalar H i Samhällsbyggnadshuset då och nu



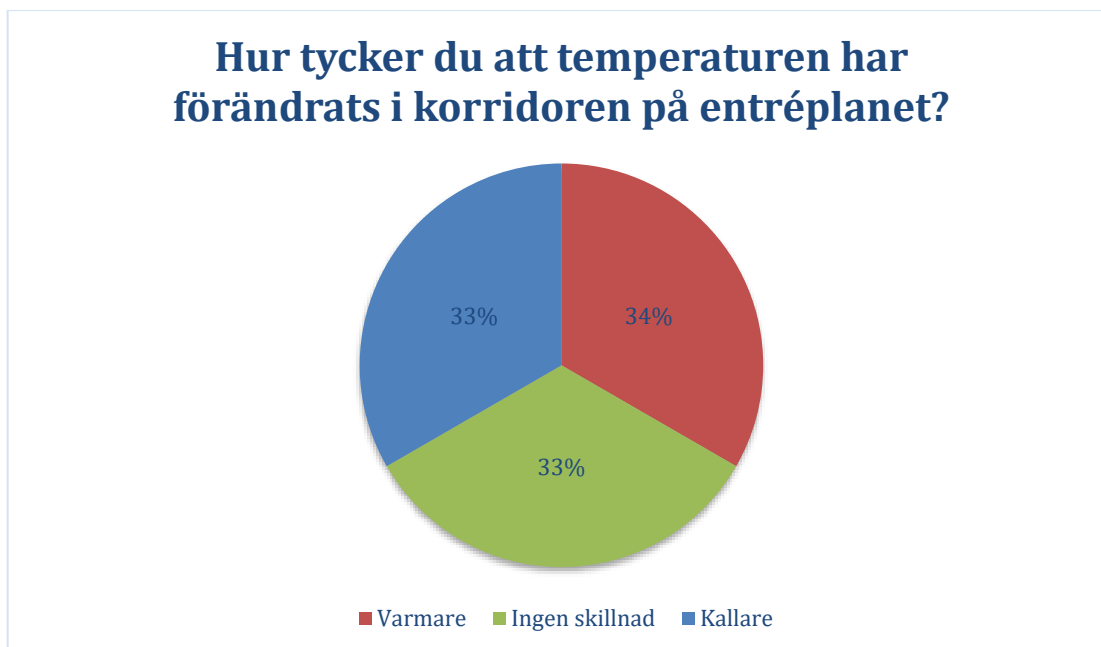
8.3 Luftkvaliteten i föreläsningssalarna SB-H

Diagram 13 Luftkvalitet i föreläsningssalar H i Samhällsbyggnadshuset då och nu



8.4 Temperaturen i korridoren

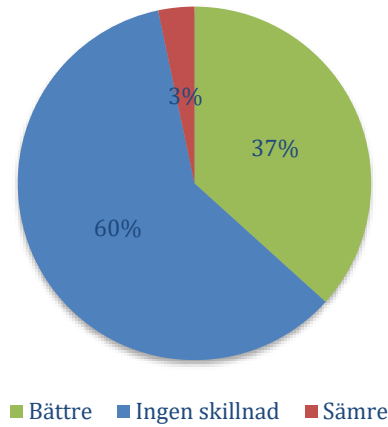
Diagram 14 Temperatur i korridor då och nu



8.5 Luftkvaliteten i korridoren

Diagram 15 Luftkvalitet i korridor då och nu

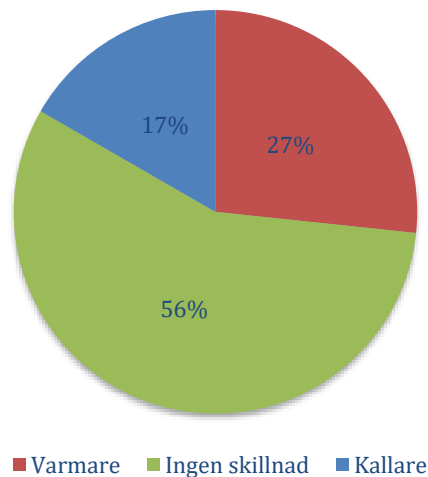
Hur tycker du att luftkvaliteten har förändrats i korridoren på entréplanet (med avseende på "fräsch" luft)?



8.6 Temperaturen i lärosalarna SB-L

Diagram 16 Temperatur i lärosalar då och nu

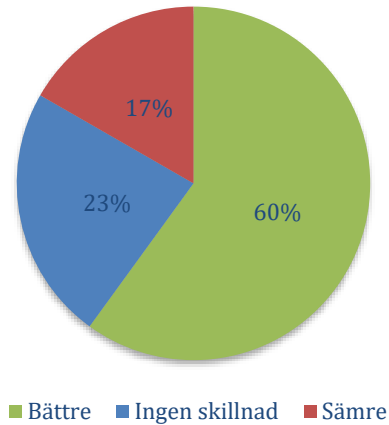
Hur tycker du att temperaturen har förändrats i lärosalarna SB-L?



8.7 Luftkvaliteten i lärosalarna SB-L

Diagram 17 Luftkvalitet i lärosalar då och nu

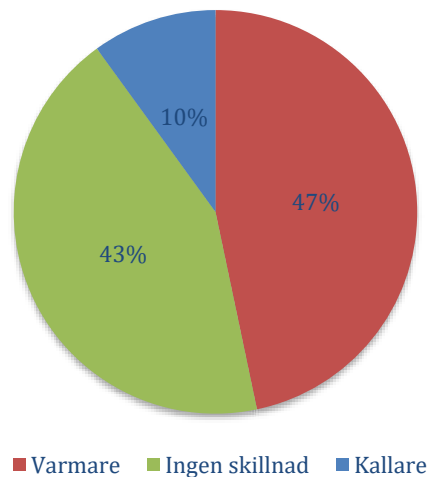
Hur tycker du att luftkvaliteten har förändrats i lärosalarna SB-L (med avseende på "fräsch" luft)?



8.8 Temperaturen i datosalarna SB-D

Diagram 18 Temperatur i datosalar då och nu

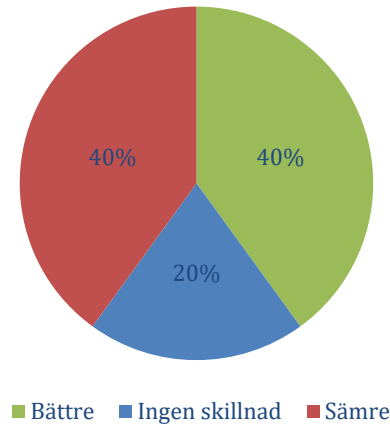
Hur tycker du att temperaturen har förändrats i datosalarna SB-D?



8.9 Luftkvaliteten i datosalarna SB-D

Diagram 19 Luftkvalitet i datosalar då och nu

Hur tycker du att luftkvaliteten har förändrats i datorsalarna SB-D (med avseende på "fräsch" luft)?



9 ANALYS

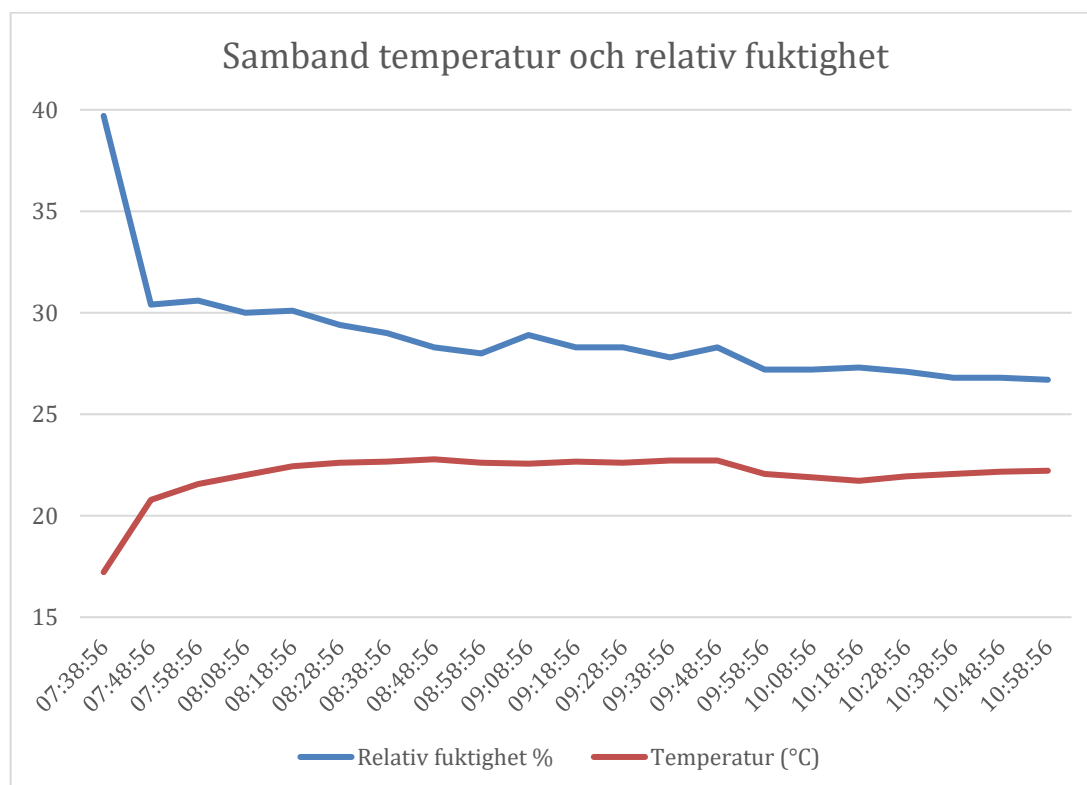
I detta kapitel kommer analyser av både mätningarna och enkät att ske. Varje sal kommer att behandlas separat avseende parametrarna i studien för att få en helhetsbild av inneklimatet.

9.1 Föreläsningssal

Koldioxidmätningarna uppvisade varierande resultat beroende på vilken sal som undersöktes. I föreläsningssalen H1 verkade det vara en aning överventilerat med värden på 400-600 ppm beroende på position i salen, jämfört med riktvärdet på 600-1000 ppm. Eftersom föreläsningssalarna har så kallad deplacerande ventilation hamnade föroreningarna högre upp i salen och därför gav lägre koldioxidutslag där givarna var placerade. Den tidigare studien gjorde dels mätningar i ventilerad sal men också i oventilerad sal. Resultaten från den ventilerade salen visade ungefär samma värden som denna studie. Däremot tyckte inte vi att det var nödvändigt att göra mätningar i oventilerad sal eftersom resultatet skulle vara uppenbart, nämligen att koldioxidhalten skulle stiga obehindrat. Detta konstaterades i den förra studien med koldioxidhalt på 3900 ppm.

Den relativa fuktigheten i salen som mättes parallellt med koldioxiden visade ett tydligt samband med temperaturen (se *Diagram 20*). Då temperaturen ökade sjönk samtidigt RH vilket förklaras av att luften kan innehålla mer vattenånga vid högre temperatur (högre mättnadsånghalt). Startvärdet av mätningen låg inom rekommendationen på 30-65 % för att sedan sjunka strax under 30 %. Detta kan leda till obehag för känsliga människor med irritationer av bland annat slemhinnor och ögon. Det råder dock delade meningar om i vilket intervall som besvären börjar uppkomma.

Diagram 20 Samband mellan temperatur och relativ fuktighet



Vad gäller temperaturen uppvisade diagrammen för vistelsezonen och tilluften motsatt beteende. Temperaturen i mitten av föreläsningssalen steg från 17,2 °C till 22-23 °C från strax innan lektionsstart till lektionens slut, medan tilluftstemperaturen sjönk från 21,7 °C till 18,7 °C under lektionstid. Av detta kan utläsas att den ökande temperaturen bland annat på grund av människors närvaro reglerades med kallare tilluft. Innan lektionsstart bidrog tilluften med varmare luft för uppvärmning av salen. Uppmätta värden hamnar innanför rekommendationerna på 20-24 °C för god termisk komfort, men eftersom vissa människor är mer känsliga än andra kan dessa temperaturer upplevas olika. Den vertikala temperaturgradienten (dvs. temperaturskillnaden) var vid vissa tidpunkter 4-5 °C, och för stillasittande människor som i en föreläsningssal kan detta skapa obehag.

Till skillnad ifrån de andra parametrarna gjordes stickprov för partikelhalten. Värdena varierade kraftigt beroende på plats och tidpunkt för mätningarna. Detta kan troligtvis förklaras med att partiklarna svävar runt i salen med luftrörelser, vilket leder till större koncentrationer på vissa platser än andra. Generellt uppmättes lägre halter längre fram i salen och högre längre bak. Detta var förväntat på så vis att mindre partiklar stiger och förs ut genom frånluftsdonet längst bak i salen. Andra värden var oförutsägbara genom att studenter släpper ifrån sig partiklar vid rörelse och därmed påverkar partikelkoncentrationen.

Utifrån enkätundersökningen kan utläsas att studenterna tyckte att luftkvaliteten hade blivit bättre i föreläsningssalarna efter ombyggnaden samt att temperaturen var densamma eller möjligen lite högre. Mätningarna av koldioxidhalten i ventilerad sal var ungefär densamma i denna studie som den förra. Möjligen kan skillnaden i upplevd luftkvalitet vara att föreläsningssalen innan ombyggnaden oftare var oventilerad under lektionstid. Detta berodde enligt den tidigare studien på bristande kommunikation mellan Akademiska Hus och Chalmers. I förra arbetet framkom att lufthastigheten framför tilluftsdonen var för hög och att detta kunde skapa en känsla av drag. Därför upplevde studenterna ett kallare inomhusklimat när ventilationen var påslagen och fick sitta med jackor och mössor på sig. Enligt enkätundersökningen har ovanstående problem åtgärdats till en viss grad.

9.2 Datorsal

I datorsalen uppvisades annorlunda värden gentemot föreläsningssalen med en koldioxidhalt på mellan 950-1050 ppm under lektionstid, vilket ligger på riktvärdets övre gräns. Till skillnad från föreläsningssalen så har tilluftsdonen i datorsalen ersatts med nya intelligenta don för att bland annat energieffektivisera elförbrukningen och se till att ventilationen är påslagen vid närvaro. Det sitter nämligen sensorer på donen som känner av människors närvaro och varje don regleras enskilt, vilket innebär att ventilationen kan vara påslagen i vissa tilluftsdon i salen men avstängd i andra. Vid behovsanpassad ventilation minimeras energiförbrukningen för fläktar, värme och kyla och på så vis kan även kostnaderna för filter minskas. Utifrån undersökningar i denna studie fungerar inte de intelligenta donen som planerat, utan vissa tilluftsdon är avstängda trots närvaro. Dessutom skiljer ventilationen i denna sal från föreläsningssalen då det är omblandande ventilation, vilket kan förklara den högre koldioxidhalten i givarna.

Vad gäller den relativa fuktigheten är de uppmätta värdena i datorsalen lägre än föreläsningssalen. Diagrammet för RF visar samma beteende där fukten sjunker kontinuerligt under mätningens gång och hamnar på ca 17 % i slutändan. Värdena för datorsalen ligger långt under rekommendationerna på 30-65 %. Utomhus sjönk RH drastiskt under tiden då mätningen genomfördes. På mindre än en timma sjönk den från 86 % till 60 %. Den låga relativa fuktigheten är mer kännbar än fuktigheten i föregående sal, där ovanstående problem med människans välbefinnande är mer påtaglig.

Temperaturen ökade hela tiden under lektionens gång från 21,1 °C kl. 08:00 till 22,8 °C vid lektionsslut. Till skillnad ifrån mätningarna i föreläsningssalen planade aldrig temperaturen ut i datorsalen utan fortsatte att stiga. Trots att datorsalen var fullsatt var inte alla tilluftsdon påslagna samtidigt. Detta kan möjligen förklara den höga temperaturen.

Enligt enkätundersökningen hade studenterna delade uppfattningar om luftkvaliteten i datorsalarna. Däremot uppfattades temperaturen som antingen varmare eller oförändrad sedan ombyggnaden.

9.3 Lärosal

Koldioxidmätningen av lärosalen blev som tidigare nämnts avbruten på grund av för höga koncentrationer CO₂. Kompletterande stickprov av salen utfördes med stängt och öppet fönster, där uppmätta värden visade över 1500 ppm för stängd sal samt 1040 ppm för luftad sal. Till skillnad ifrån de andra salarna var ventilationen helt avstängd under lektionen, vilket författarna till denna studie inte var medvetna om från början. Med tanke på de höga halterna av koldioxid finns det stora risker att studenterna får koncentrationssvårigheter och i övrigt känner allmänt obehag. Detta indikerar på att kommunikationen mellan Akademiska Hus och Chalmers fortfarande fungerar otillfredsställande angående salbokningssystemet.

Den relativa fuktigheten som loggades samtidigt som koldioxiden visade motsatt beteende än vad fuktigheten i föreläsningssalen och datorsalen visade, där diagrammet istället visade att RH ökade efter att lektionen hade börjat. I början låg den relativa fuktigheten på ca 25 % och en halvtimme senare hade denna ökat till 27 %. Utifrån loggade värden kan utläsas att RH hade fortsatt öka om mätningen hade fortsatt. Detta till följd av avstängd ventilation och fuktproduktion från studenter.

I likhet med datorsalen ökade temperaturen hela tiden under föreläsningens gång. Undantaget var raster som skedde varje hel timme då temperaturen minskade något när studenterna lämnade rummet.

Paradoxalt nog presenterade enkätundersökningen motsatta siffror än vad mätundersökningen indikerade. Studenterna tyckte generellt sett att luftkvaliteten hade blivit bättre i lärosalen efter ombyggnaden. Detta understryker att när ventilationen är påslagen upplevs inomhusklimatet som tillfredsställande, men att detta inte var fallet i den lärosal som undersöktes i denna studie.

9.4 Korridor

I korridoren gjordes stickprov på koldioxidhalten vid olika platser och tidpunkter. Den första mätningen gjordes tidigt på morgonen, den andra vid lunchen och den tredje sent på eftermiddagen. Generellt sett var värdena relativt låga och låg inom rekommendationerna. De lägsta värdena uppmättes på morgonen och de högsta sent på eftermiddagen. Stickproven visade högre värden vid högre närvaro, undantaget var en mätning som skedde kl. 13:00 då koldioxiden inte hade stigit nämnvärt trots högre närvaro. Detta kan eventuellt förklaras med att människorna hade suttit där en kort stund och inte hunnit påverka koldioxidhalten i större skala.

När det kommer till rumstemperaturen uppvisades lägre värden mitt på dagen och högre under natten. På den ena mätningen av fönstren visade temperaturen ett liknande beteende som rumstemperaturen medan den andra visade motsatt beteende. Detta tyder på att radiatorerna var påslagna under natten och att vissa bidrog med mer värme än andra. I jämförelse med föreläsningssalen, datorsalen och lärosalen var temperaturen ett par grader Celsius lägre.

På enkätundersökningen hade respondenterna delade uppfattningar angående temperaturen i korridoren, medan luftkvaliteten var densamma eller lite bättre.

9.5 Grupprum

I grupprummen har stickprov gjorts där val av rum grundades på antalet närvarande. Proven visade varierande resultat där inga konkreta samband mellan antalet studenter och koldioxidhalt fanns att uttyda. Detta kan till viss del bero på att studenter lämnat grupprummen precis innan mätning och på så sätt gett en missvisande bild av koldioxiden i de tomma rummen. Mätningen som utfördes i G502 understryker detta på så vis att de två studenterna som gick på rast påverkade rummets koldioxidhalt en tid därefter. Av stickproven kan utläsas att koldioxidhalten hade stigit ytterligare med fler studenter närvarande. Grupprummen har liksom läro- och datorsalarna försetts med intelligenta don, och i likhet med dessa salar fungerade inte ventilationen tillfredsställande. Dessutom framgår inte maximalt antal människor som kan vistas i grupprummen samtidigt.

Grupprummen var inte tänkt att inkluderas i undersökningen från början utan sågs enbart som ett komplement, därav har dessa exkluderats från enkäten.

10 Slutsatser

Utifrån de undersökta parametrarna kan sammanfattningsvis dras slutsatser angående inomhusklimatet i Samhällsbyggnadshuset. Vad det gäller koldioxiden uppmättes generellt lägre värden i föreläsningssal och korridor, medan högre värden uppmättes i datorsal, lärosal och grupprum. Gemensamt för de sistnämnda salarna är att samtliga har smarta tilluftsdon som utifrån mätningar inte fungerar tillfredsställande.

I lärosalen var ventilationssystemet helt avstängt under mätningens gång, vilket bekräftar att kopplingen mellan salbokningen och styr- och reglersystemet ännu inte var igång. Vid mätningar i datorsal och grupprum var ventilationssystemet däremot påslaget men likväl uppmättes relativt höga koldioxidkoncentrationer med värden på över 1000 ppm. Trots fullsatta salar var inte alla tilluftsdon påslagna. Detta visar på att sensorerna på donen antingen inte är tillräckligt känsliga för förändringar eller är inställda på felaktiga nivåer.

När det gäller koldioxidhalten i föreläsningssalen visade denna studie liksom examensarbetet *V-sektionens inomhusklimat* på en aning överventilation. Med tanke på att föreläsningssalen har deplacerande ventilationen och de övriga salarna har omblandande är resultaten ändå logiska. Vid deplacerande ventilation hamnar mindre föroreningar i vistelsezonen medan vid omblandande ventilationen spås föroreningarna ut i salen.

Vid mätningar av relativ fuktighet hade denna parameter ett tydligt samband med temperaturen i salarna. När ventilationen blev påslagen vid högre närvaro sjönk den relativa fuktigheten samtidigt som temperaturen ökade. Ett undantag var lärosalen som förblev oventilerad under mätningens gång och där både temperatur och relativ fuktighet ökade. Generellt sett uppmättes lägre RH än rekommenderat (30-65 %). Eftersom mätningen genomfördes i mars förväntades ingen hög relativ fuktighet inomhus, då RH varierar beroende på årstid.

Temperaturen som uppmättes var generellt sett högre i salarna och lägre i korridoren. Detta var förväntat i och med att det finns flera entrédörrar och källor till värmeläckage i korridoren. I salarna låg temperaturen annars inom rekommendationerna på 20-24 °C. När det gäller temperaturen i föreläsningssalarna fanns det ett tydligt samband mellan tilluftstemperatur och frånluftstemperatur. Vid högre närvaro ökade frånluftstemperaturen och detta reglerades med lägre tilluftstemperatur. Detta indikerar att ventilationssystemet i föreläsningssalen fungerar tillfredsställande.

Partikelhalter uppmättes enbart i föreläsningssalen. Generellt sett uppmättes högre värden längre bak i salen på 1500-2000 PT/CC och lägre längre fram på 500-1000 PT/CC. Detta är logiskt på så vis att mindre partiklar stiger och förs ut genom frånluftsdonen. Värdena på stickproven varierade kraftigt på vissa ställen till följd av

luftströmmar från människor och tilluftsdon. Utifrån rekommendationer på en maximal partikelhalt på 4000 PT/CC tycker författarna att värdena är acceptabla.

Enkätundersökningen visade att studenterna i Samhällsbyggnadshuset generellt sett uppfattade inomhusklimatet i byggnaden som bättre efter ombyggnaden. Detta tyder på att nödvändiga renoveringar av ventilationssystemet har gjorts. Studenternas uppfattningar av luftkvaliteten i lärosalen skilde sig från den bild som vi fick från mätningarna, där koldioxidhalten översteg riktvärdet. Utifrån studenternas svar kan slutsatser dras att luftkvaliteten har blivit bättre efter ombyggnaden, men att detta endast gäller i de fall då ventilationen är påslagen.

Enligt enkätundersökningen tyckte studenterna likadant som författarnas slutsatser angående dator- och föreläsningssal. Det vill säga att luftkvaliteten i föreläsningssal hade förbättrats och varierade i datorsalen beroende på närvaro och respons från tilluftsdon.

När det kommer till uppfattningen av temperaturen tyckte de flesta studenterna att det antingen hade blivit varmare eller ingen temperaturskillnad i Samhällsbyggnadshusets olika lokaler, med undantag av korridoren där studenterna hade olika åsikter. Detta kan bero på flera olika faktorer, bland annat positionering, typ av aktivitet och människors olika känslighet.

11 Framtida åtgärder

I föreläsningssalen var inomhusklimatet i denna studie liksom den förra överventilerat. Ett problem är den höga temperaturgradienten som under vissa tidpunkter uppgick till 4-5 °C. Detta kan skapa en känsla av drag där personer sitter då rekommendationerna ligger på maximalt 3 °C. Eventuellt kan detta åtgärdas genom att sänka tilluftsflödet vilket även skulle innebära energibesparingar.

Datorsalen var på motsatt vis en aning underventilerad. Även om koldioxidhalten inte var farligt hög fortsatte temperaturen att stiga under mätningens gång samtidigt som RH minskade på motsvarande vis, vilket indikerar att ventilationssystemet inte fungerade tillfredsställande. För att komma tillrätta med detta bör tilluftsdonen undersökas närmare, där sensorerna möjligtvis är inställda på för höga temperatur- respektive koldioxidvärden.

Mätningarna i lärosalen visade att ventilationssystemet var helt avstängt under tiden mätningarna utfördes. I framtiden är det viktigt att kopplingen mellan salbokningen och styr- och reglersystemet åtgärdas och fungerar tillfredsställande.

I grupprummen finns det idag ingen information kring hur många personer som kan vistas där samtidigt utan att ventilationen blir otillräcklig. Med tanke på att det i vissa grupprum uppmättes en koldioxidhalt på långt över 1000 ppm kanske en skylt borde informera om rekommenderat antalet personer.

12 Förbättringsförslag

För att kunna göra bättre jämförelser mellan Samhällsbyggnadshusets olika lokaler hade samma parametrar som i föreläsningssalen även kunnat uppmätas i de andra salarna. I föreläsningssalen utfördes mer noggranna undersökningar av inomhusklimatet eftersom huvudtanken var att jämföra resultaten med det tidigare examensarbetet, vilket resulterade i att undersökningarna av de andra salarna mer sågs som ett komplement. Några jämförelser med tidigare studier kunde inte göras i dessa fall då det förra arbetet endast undersökte föreläsningssalen. Trots att mätvärden av andra salar saknades från innan ombyggnaden hade författarna i denna studie kunnat göra bättre jämförelser mellan olika salar i nuläget. Dessutom hade fler parametrar såsom flöde, lufthastighet och ytemperatur kunnat undersökas för att få en bättre bild av inomhusklimatet. Eftersom inomhusklimatet till viss del påverkas av utomhustillståndet hade mätningarna helst kunnat göras vid samma tidpunkt för att ytterligare få bättre jämförelser.

När det kommer till mätinstrumenten hade författarna kunnat välja mer välgenomtänkta placeringar i salarna och varit mer konsekventa med dessa. Exempelvis hade koldioxid- och temperaturgivare kunnat placeras vid frånluftsdon även i dator- och lärosal samt temperaturgivare vid tilluftsdon.

Enkäterna var utformade på så vis att studenterna jämförde sina uppfattningar av inomhusklimatet före och efter ombyggnaden. Eftersom det saknades tidigare mätvärden av Samhällsbyggnadshuset kunde författarna inte dra några slutsatser angående hur inomhusklimatet hade förändrats i dessa salar. Enkäten hade därför kunnat formuleras annorlunda där författarna istället hade ställt utförligare frågor kring inomhusklimatet i dagsläget.

13 Referenser

Arbetsmiljöverket. (2015). *Fördjupning om luft och ventilation*. Hämtad 2017-04-10 från <https://www.av.se/inomhusmiljo/luft-och-ventilation/fordjupning-om-luft-och-ventilation/#11>

Folkhälsomyndigheten. (2016). Luftkvalitet. Hämtad 2017-04-10 från <https://www.folkhalsomyndigheten.se/livsvillkor-levnadsvanor/miljohalsa-och-halsoskydd/inomhusmiljo-allmanna-lokaler-och-platser/luftkvalitet/>

Friedrich, J. A. (2011). *Att ventilera hus*. Göteborg: Hållbar utveckling väst. Hämtad från http://hallbarutvecklingvast.se/system/files/kompendiet_december_2011.pdf

Granmar. (2013). *Mätteknik avslöjar inneluft*. Hämtad 2017-06-06 från <http://www.energi-miljo.se/energi-miljo/matteknik-avslojar-inneluften>

Hulander, T. (2008). Fukt i luft och material. Hämtad från <http://www.fuktskadeteknik.com/wp-content/uploads/2013/05/Fukt-i-luft-och-material.pdf>

Inobi. (2014). Hämtad 2017-06-12 från <http://inobi.se/wp-content/uploads/2014/04/oversikt2.jpg>

Socialstyrelsen. (2005). *Temperatur inomhus*. Lindesberg: Bergslagens Grafiska. Hämtad från <https://www.folkhalsomyndigheten.se/pagefiles/12940/temperatur-inomhus.pdf>

Svensk Ventilation. (2017). *Livsviktigt med frisk luft*. Hämtad 2017-04-10 från <http://www.svenskventilation.se/ventilation/halsa/frisk-luft-livsviktigt/>

Muntliga källor:

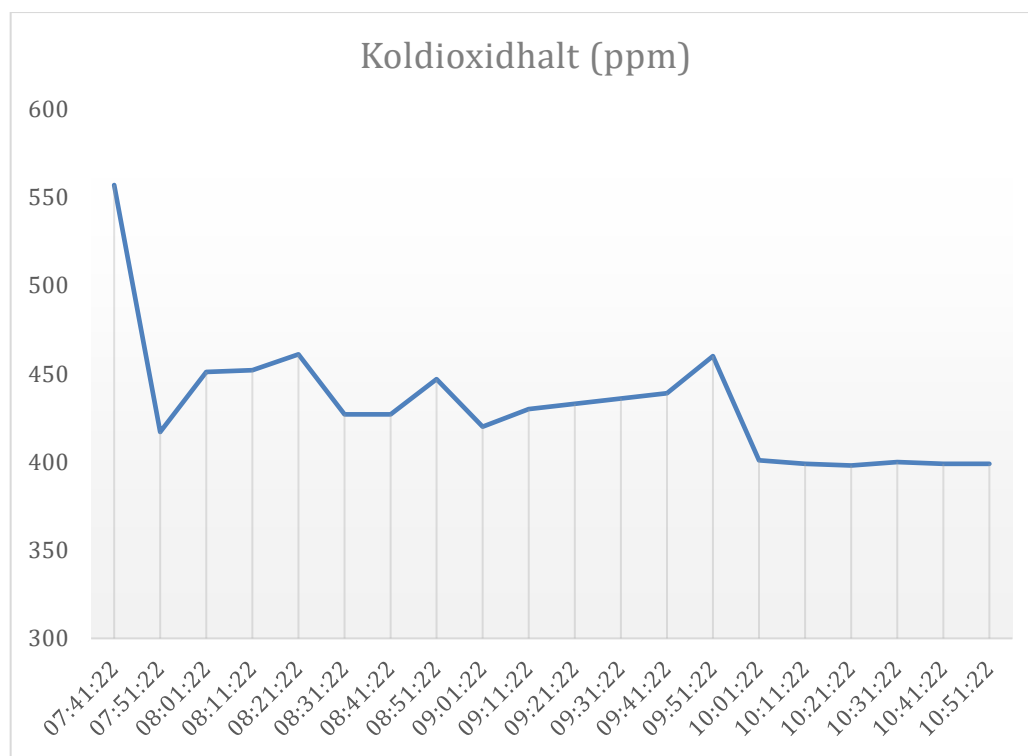
Karlsson, Jan G (jang.karlsson@akademiskahus.se) (2017-02-15)

Trüshel, Anders (anders.truschel@chalmers.se)

14 Bilagor

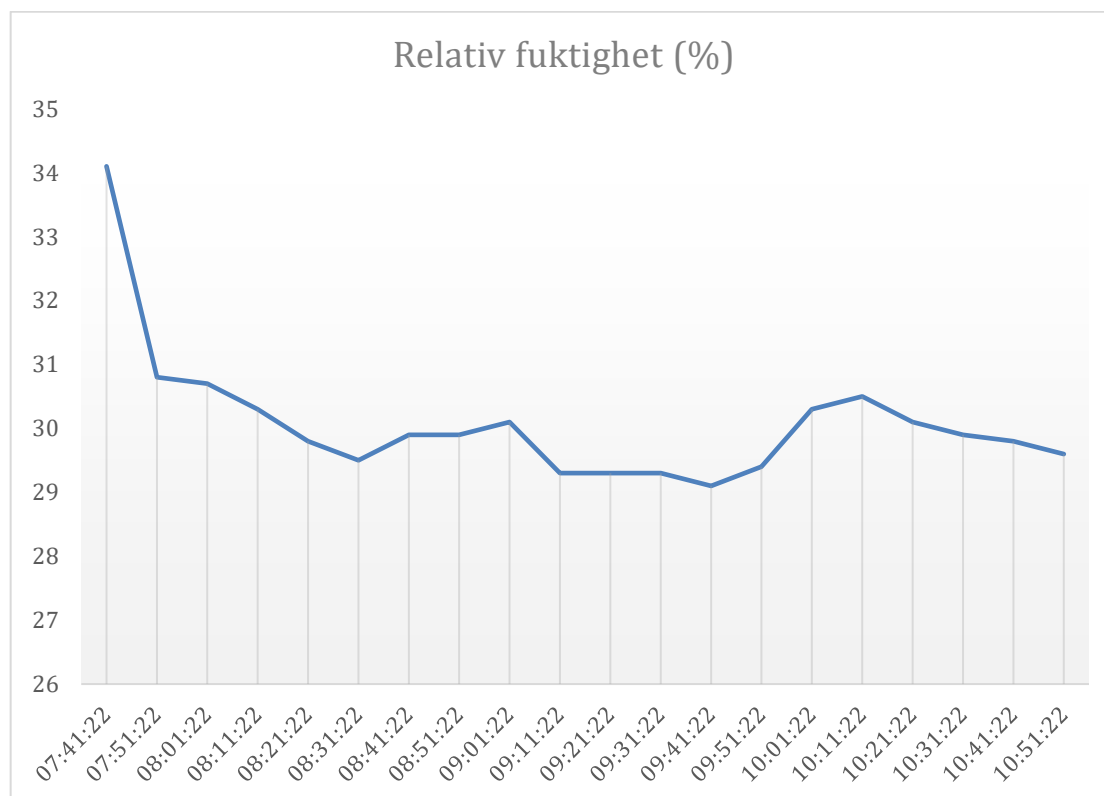
Bilaga 1

Mätinstrument 3- koldioxid föreläsningssal H1



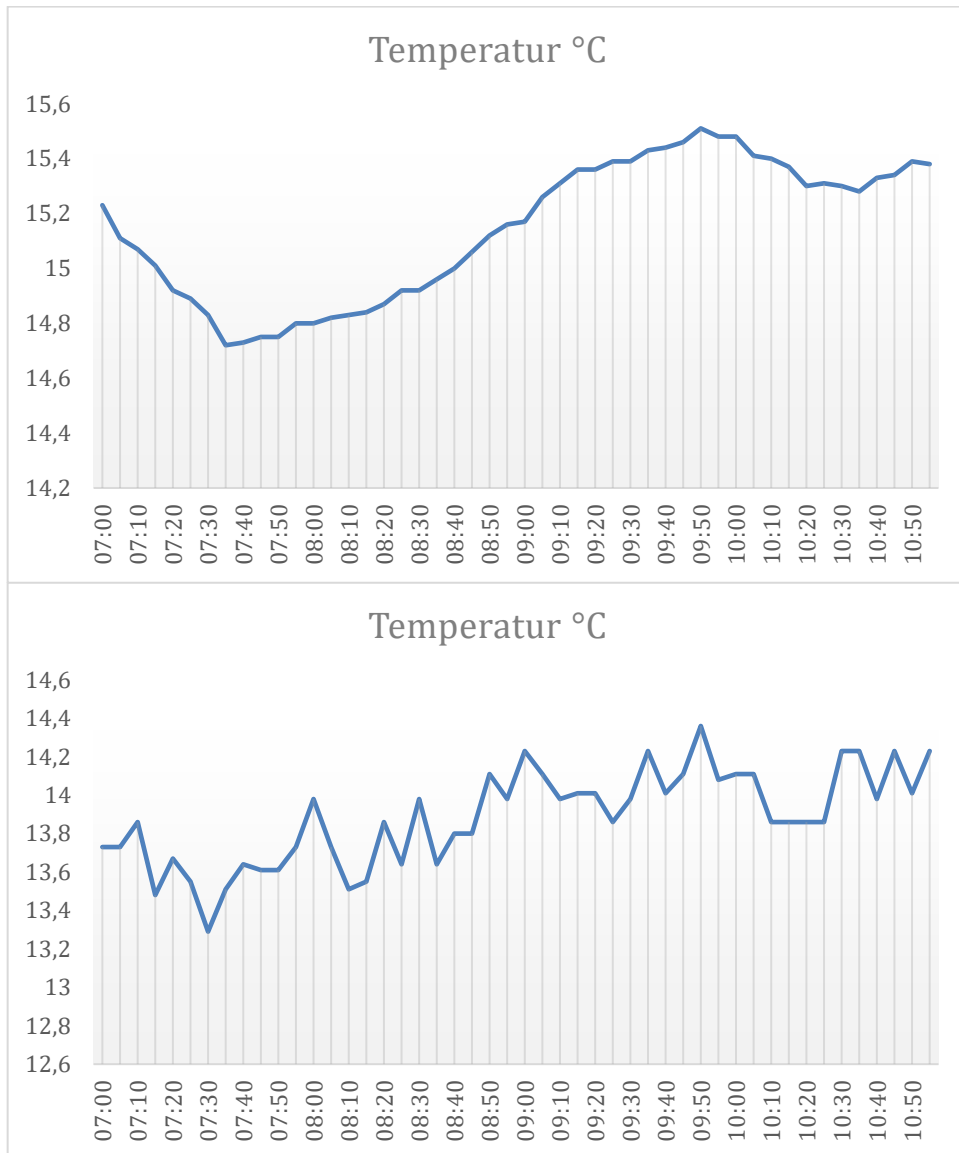
Bilaga 2

Mätinstrument 3- Relativ fuktighet föreläsningssal H1



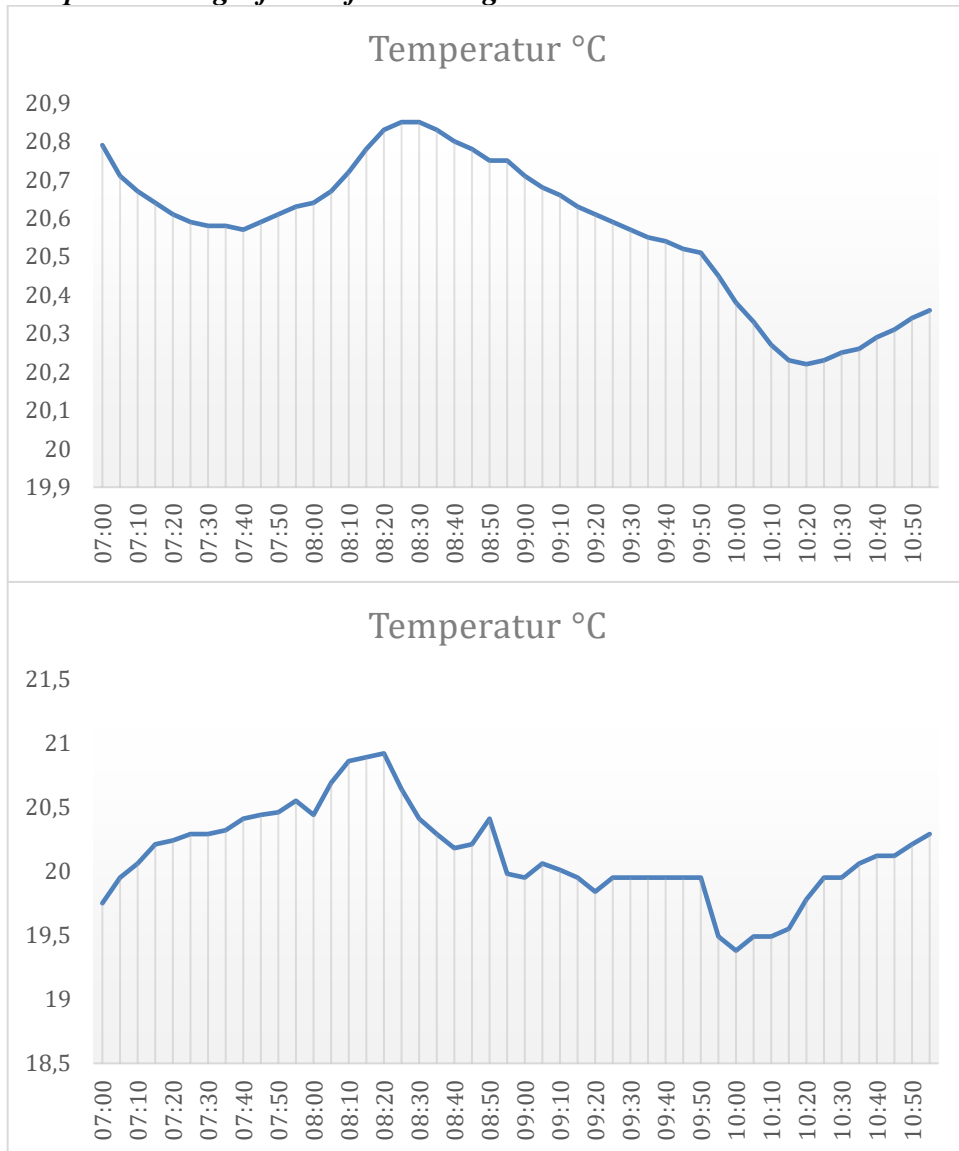
Bilaga 3

Temperatur på fönster i föreläsningssal H1



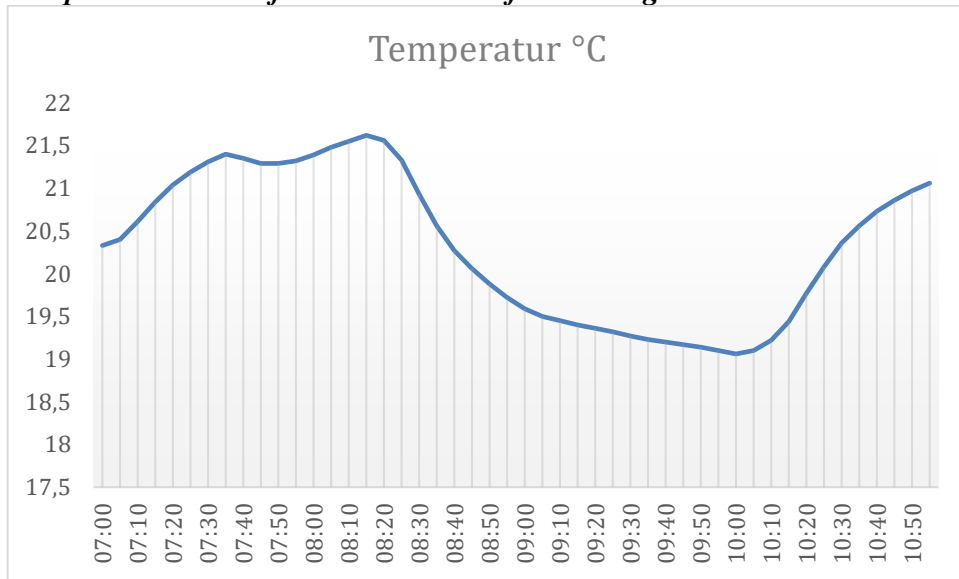
Bilaga 4

Temperatur längst fram i föreläsningssal H1



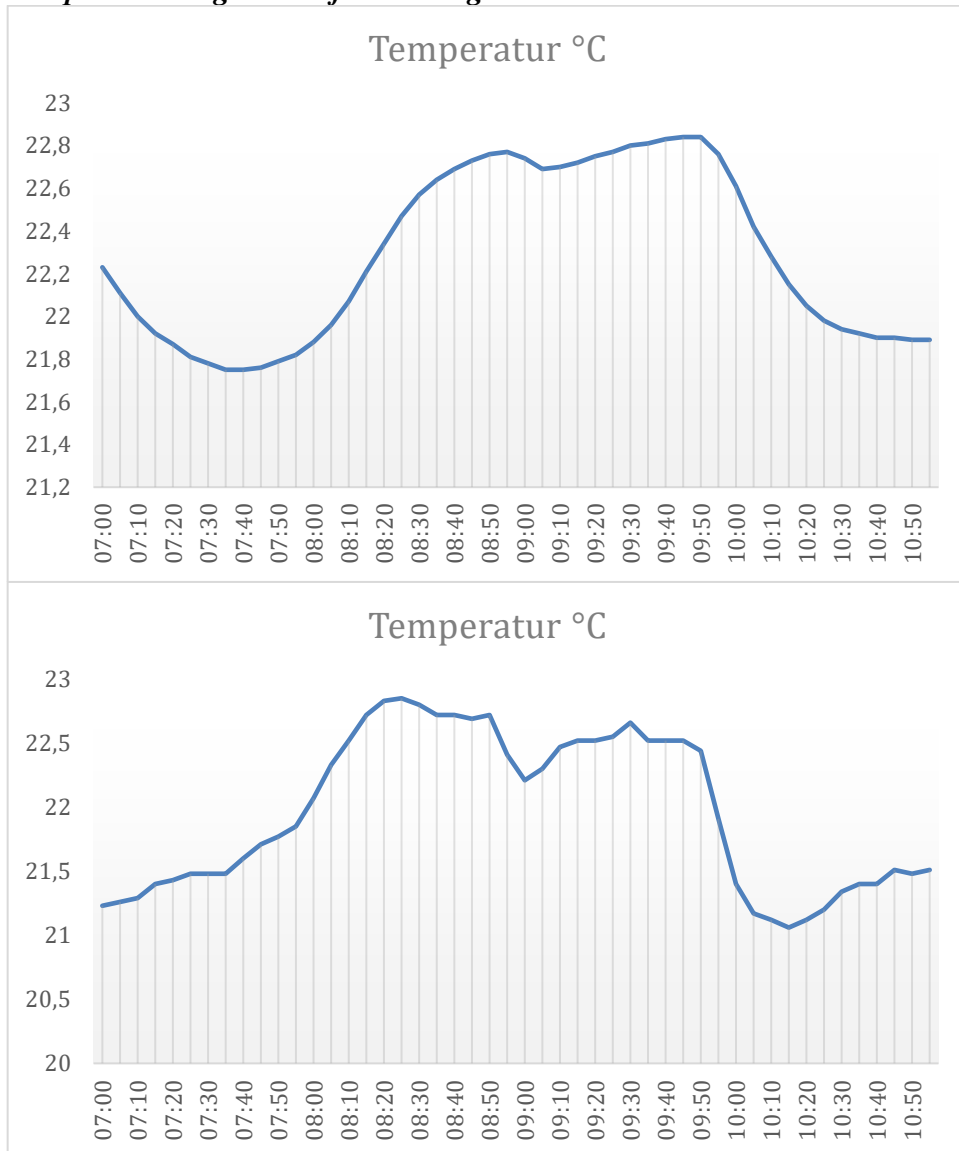
Bilaga 5

Temperatur vid tilluftsdon i mitten av föreläsningssal H1



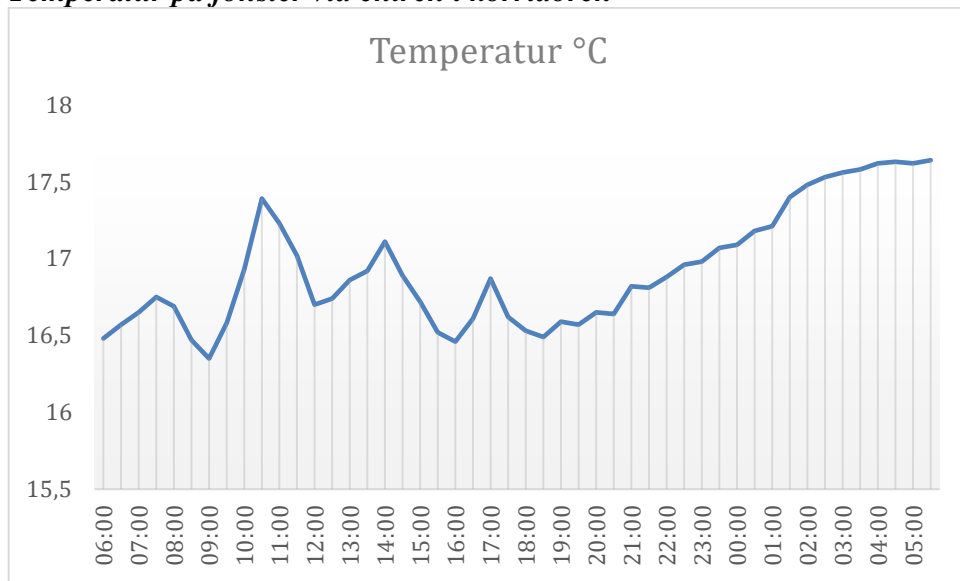
Bilaga 6

Temperatur längst bak i föreläsningssal H1



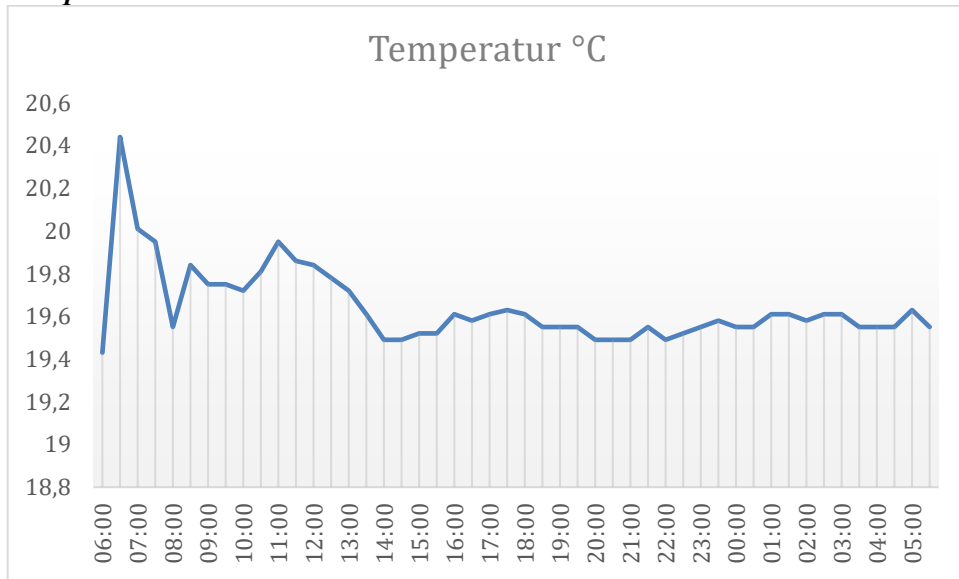
Bilaga 7

Temperatur på fönster vid entrén i korridoren



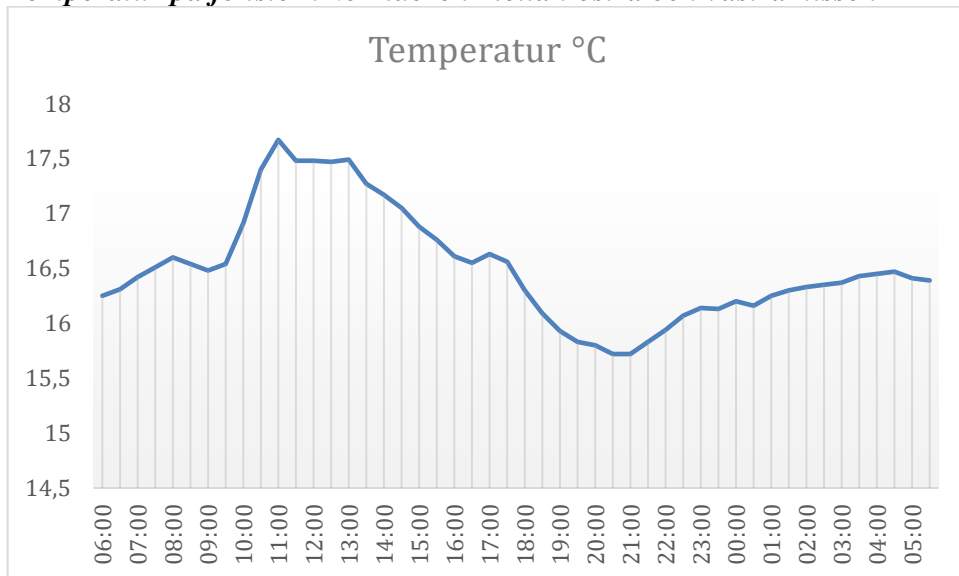
Bilaga 8

Temperatur i korridoren mellan östra och västra hissen

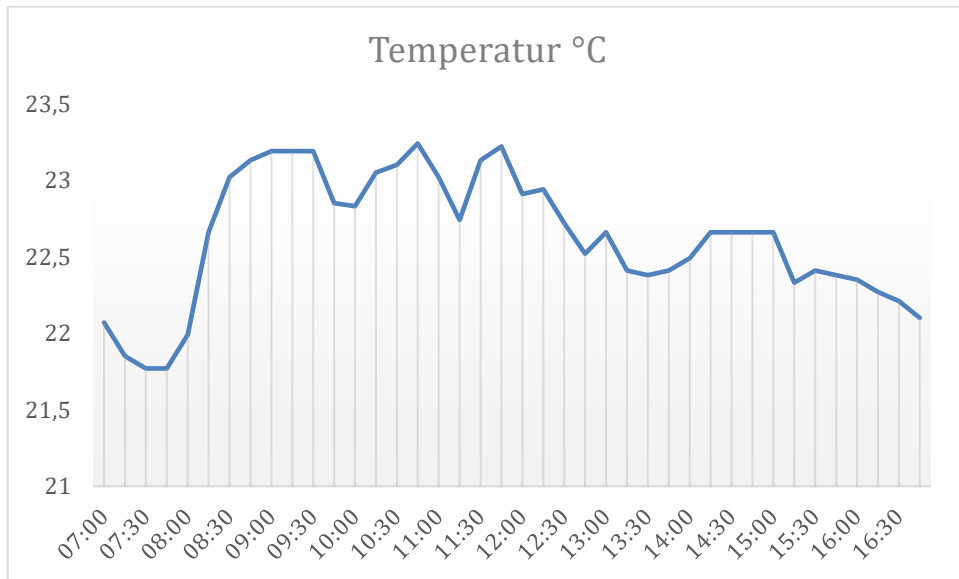


Bilaga 9

Temperatur på fönster i korridoren mellan östra och västra hissen



Bilaga 10
Temperatur vid entrén i datasal 209



Bilaga 11
Temperatur i lärosal 516

