



**CHALMERS**

# Utvärdering av ventilations- systemet i SB2-husets grupprum

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Samhällsbyggnadsteknik

OSCAR VAN HEEK  
JESPER STRÖM

**INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK  
AVDELNINGEN FÖR INSTALLATIONSTEKNIK**

---

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2021  
[www.chalmers.se](http://www.chalmers.se)



EXAMENSARBETE ACEX20

# Utvärdering av ventilationssystemet i SB2-husets grupprum

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet*

*Samhällsbyggnadsteknik*

OSCAR VAN HEEK

JESPER STRÖM

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för installationsteknik

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2021

Utvärdering av ventilationssystemet i SB2-husets grupprum

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet*

*Samhällsbyggnadsteknik*

OSCAR VAN HEEK

JESPER STRÖM

© OSCAR VAN HEEK/ JESPER STRÖM, 2021

Examensarbete ACEX20

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Chalmers tekniska högskola 2021

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för installationsteknik

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon: 031-772 10 00

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Göteborg 2021

Utvärdering av ventilationssystemet i SB2-husets grupprum

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet  
Samhällsbyggnadsteknik*

OSCAR VAN HEEK

JESPER STRÖM

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik  
Avdelningen för installationsteknik  
Chalmers tekniska högskola

## **SAMMANFATTNING**

Studenter tillbringar mycket tid i grupprum då de inte bara används för studier utan även för socialt umgänge. Grupprummen ger studenter en plats att samlas på för att kunna studera tillsammans i en god studiemiljö. För att kunna arbeta effektivt och ha en behaglig vistelse krävs ett bra inneklimat.

Denna rapport redovisar resultatet av en undersökning av ventilationssystemet som används i grupprummen i SB2-huset på Chalmers som har i uppgift att möta dessa krav. Studien behandlar vad som klassas som ett gott inneklimat baserat på luftens olika egenskaper så som temperatur, relativ fuktighet samt koldioxid och andra föroreningar. Rapporten lyfter vilka krav och rekommendationer som finns på luften och hur olika ventilationssystem arbetar för att uppnå ett gott inomhusklimat. Mätningar av koldioxid, relativ luftfuktighet, temperatur och partiklar har utförts i grupprummen, samt en kvantitativ undersökning i form av enkäter. Energiberäkningar har även utförts baserat på luftflödet från DCV-systemet i grupprummen och har jämförts med energiberäkningar baserade på luftflödet från ett teoretiskt CAV-system. Resultaten analyserades för att utvärdera hur väl ventilationen uppfyller sitt syfte att skapa ett gott inneklimat för användarna.

Resultatet av mätningarna och den kvalitativa undersökningen skiljer sig oväntat mycket. Mätningarna visar på att ventilationssystemet uppfyller sin funktion under majoriteten av tiden medan enkätstudien istället visar ett generellt missnöjde hos användarna av grupprummen. Majoriteten av respondenterna av enkäten anser att temperaturen är hög och luftkvaliteten är dålig. Mätningarna visar att temperaturen hålls relativt konstant på bra nivå och att luftkvaliteten anses vara tillfredställande i de flesta mätningarna baserat på koldioxid- och partikelhalten. Energiberäkningarna visade på att stora energibesparingar kan göras med ett varierande luftflöde.

Nyckelord: Ventilation, inomhusmiljö, luftkvalitet, temperatur, koldioxid, relativ luftfuktighet, partiklar

Evaluation of the ventilation system in the SB2-building's group rooms

*Degree Project in the Engineering Programme  
Civil and Environmental Engineering*

OSCAR VAN HEEK

JESPER STRÖM

Department of Architecture and Civil Engineering  
Division of Installation technology  
Chalmers University of Technology

## **ABSTRACT**

Students spend a lot of time in group rooms, not only to study but also for social purposes. The group rooms offer students a place to gather and study together in a pleasant environment. To be able to work efficiently and have a pleasant time, a good indoor climate is needed.

This report presents the results of an evaluation of the ventilation system used in the group rooms in the SB2-building at Chalmers, which has the task of fulfilling these requirements. The study addresses the topic of what the definition of a good indoor climate is, based on the air's different attributes such as temperature, humidity, carbon dioxide and other air-pollutants. The report presents the requirements and recommendations of air quality and how different ventilation systems work to achieve a good indoor climate. Carbon-dioxide levels, air humidity, temperature and particles were measured in the group rooms, a quantitative study in form of a survey was also held. Energy calculations were made based on the air flow from the DCV-system in the group rooms and were compared to energy calculations based on the air flow from a theoretical CAV-system. The results were then analyzed to evaluate how well the ventilation system fulfills the goal of creating a good indoor climate for the users.

The results from the measurements and the quantitative survey differ more than expected. The measurements indicate that the ventilation system fulfills its goal during the majority of the time while the survey indicates a general dissatisfaction among the users of the group rooms. The majority of people that took the survey found the temperature to be too high, and the air quality to be poor. The measurements indicate that the temperature is kept relatively constant at good levels and the air quality is considered to be good in most of the cases, based on the concentration of carbon dioxide and other particles. The energy calculations indicate that large energy savings can be made with a variable air flow.

Key words: Ventilation, indoor climate, air quality, temperature, carbon dioxide, air humidity, particles

# Innehåll

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	VII
BETECKNINGAR	VIII
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Frågeställning	1
1.4 Metod	2
1.5 Avgränsningar	2
2 INNEKLIMAT	3
2.1 Temperatur	3
2.1.1 Beräkning av operativ temperatur	4
2.2 Relativ luftfuktighet	4
2.3 Koldioxid	5
2.4 Partiklar och andra föroreningar	5
2.5 Krav på luftomsättning och ventilation	6
2.6 Utomhusluftens påverkan	6
3 VENTILATIONSSYSTEM	8
3.1 Ventilationsprinciper	8
3.2 Aktuellt system i grupprummen	9
4 METOD	10
4.1 Mätinstrument	10
4.2 Mätmiljö	11
4.3 Mätperiod	12
4.4 Energiberäkningar	13
4.5 Undersökning av upplevelse genom enkät	14
5 RESULTAT	15
5.1 Yttemperaturer	15
5.2 Resultat och analys av mätningar i grupprum	15
	III

5.2.1	Grupprum 403 (utan fönster)	15
5.2.1.1	Mätning med fyra personer	15
5.2.1.2	Mätning med två personer	17
5.2.2	Grupprum 402 (utan fönster)	18
5.2.3	Grupprum 202 (utan fönster)	19
5.2.4	Grupprum 506 (utan fönster)	21
5.2.5	Grupprum 302 (utan fönster)	23
5.2.6	Grupprum 306 (utan fönster)	25
5.2.7	Grupprum 502 (utan fönster)	27
5.2.8	Grupprum 513 (med fönster)	29
5.2.8.1	Mätning med fyra personer	29
5.2.8.2	Mätning med två personer	30
5.2.9	Grupprum 410 (med fönster)	32
5.2.9.1	Mätning med tre personer	32
5.2.9.2	Mätning med två personer	34
5.2.10	Grupprum 512 (med fönster)	36
5.2.11	Grupprum 310 (med fönster)	38
5.3	Enkätresultat	40
5.3.1	Frågor gällande temperatur	40
5.3.2	Frågor gällande luftkvalitet	41
5.3.3	Frågor gällande fukthalt	43
5.3.4	Frågor gällande besvär vid vistelse i grupprum	44
5.4	Beräkningar	46
6	DISKUSSION	47
7	SLUTSATS	50
8	REFERENSER	51
9	BILAGOR	52
	BILAGA 1, Graf luftflöde G403 160421	I
	BILAGA 2, Graf luftflöde G403 220321	II
	BILAGA 3, Graf luftflöde G402 220321	III
	BILAGA 4, Graf luftflöde G202 250321	IV
	BILAGA 5, Graf luftflöde G506 260321	V
	BILAGA 6, Graf luftflöde G306 080421	VI
	BILAGA 7, Graf luftflöde G502 090421	VII
	BILAGA 8, Graf luftflöde G513 180321	VIII
	BILAGA 9, Graf luftflöde G513 150421	IX
	BILAGA 10, Graf luftflöde G410 230321	X
	BILAGA 11, Graf luftflöde G410 250321	XI
	BILAGA 12, Graf luftflöde G512 070421	XII

BILAGA 13, Graf luftflöde G310 080421	XIII
BILAGA 14, Energiberäkning grupprum 403, 22 mars 2021.	XIV
BILAGA 15, Energiberäkningar grupprum 403, 16 april 2021.	XV



# Förord

Detta examensarbete har utförts för Chalmers tekniska högskola under vårterminen 2021. Vi vill rikta ett stort tack till vår examinator/handledare Anders Trüschel för vägledning och stöd under hela arbetets gång. Vidare vill vi även tacka Håkan Larsson för utlåning och hjälp med mätutrustning samt Lars Ekberg för expertis inom inomhusklimat.

Vi vill även tacka Mehrdad Micko Samari från Akademiska Hus som har hjälpt oss mycket med information kring ventilationssystemet och gjort detta examensarbete möjligt.

Till sist vill vi tacka alla som tog sig tid att svara på frågor och som svarade på enkäten.

Göteborg, juni 2021

Oscar van Heek  
Jesper Ström

## Beteckningar

$t$	Temperatur [°C] Effekt [W] Flöde [m <sup>3</sup> /s] Densitet [kg/ m <sup>3</sup> ]
$C_p$	Specifik värmekapacitet [J/kgK] Verkningsgrad [%]
PM2,5	Partiklar mindre än 2,5 mikrometer
PM10	Partiklar mindre än 10 mikrometer
Pt/cc	Particles per cubic centimeters/Partiklar per kubikcentimeter
PPM	Parts Per Million
CAV	Constant Air Volume
VAV	Variable Air Volume
DCV	Demand Controlled Ventilation





# 1 Inledning

Under studietiden bedrivs mycket verksamhet i grupp, då många kurser har just grupparbeten där vanligtvis 2–4 elever arbetar tillsammans. Ofta kan det underlätta att då träffas fysiskt och arbeta tillsammans. För att kunna göra detta så krävs en plats att vara på, t.ex. ett grupprum. För att arbetet ska vara produktivt och för att de som vistas i rummet ska må bra krävs ett gott inneklimat. Ventilationens ansvar är just att tillgodose detta behov. Ventilationen ska se till att temperaturen är behaglig, den relativa luftfuktigheten är inom rekommenderade gränser och gaserna, föroreningar och partiklar förs ut och ej överstiger gränsvärden. I detta examensarbete undersöks det om ventilationssystemet i grupprummen i SB2-huset gör just detta.

## 1.1 Bakgrund

År 2017 slutfördes renovering av samhällsbyggnadshuset där ett nytt installationstekniskt styrssystem installerades i grupprummen. Syftet med systemet är att behovsanpassat påverka ventilationsflödets nivå och därmed förbättra inneklimat och luftkvaliteten samt spara energi. Systemet har tre olika lägen, minflöde, närvaroflöde och maxflöde. Under tiden när det ej vistas någon i grupprummen är det meningen att minflödet ska användas. När någon sedan går in i grupprummet ska donets närvarosensorer upptäcka detta och då starta närvaroflödet. Under vistelsen i grupprummet ska donet med hjälp av närvarosensorn och en koldioxidssensor reglera luftflödet mellan de tre lägena för att skapa ett behagligt klimat. Tanken är alltså att ha ett system som är mer energieffektivt än ett enklare CAV-systemet som samtidigt ger en god luftkvalitet och ett behagligt termiskt klimat.

## 1.2 Syfte

Syftet med examensarbetet är att utvärdera ventilationssystemet i SB2-husets grupprum med avseende på lufttemperatur, luftfuktighet, koldioxidhalt och luftföroreningar. Även att diskutera och jämföra energiförbrukningen av nuvarande systems med ett CAV-system samt föreslå möjliga förändringar för att förbättra innemiljön.

## 1.3 Frågeställning

- < Hur väl fungerar DCV-systemet i grupprummen med avseende på luftkvalitet och termisk komfort?
- < Hur upplevs inneklimatet i grupprummen av dess användare?
- < Hur stora kan energibesparingarna bli med nuvarande DCV-system i jämförelse med ett CAV-system?

## **1.4 Metod**

Elva grupprum med det nya DCV-systemet kommer att undersökas med hänsyn till luftkvalitet och termisk komfort. Mätning av temperatur, relativ luftfuktighet, koldioxidhalt och partiklar kommer att utföras.

Det kommer även att utföras kvalitativa och kvantitativa studier i form av enkäter och intervjuer med studenter kring deras upplevelse i grupprummen. Slutligen kommer en kort analys och överslagsberäkning av skillnaden i energianvändningen av ett grupprum med CAV system och grupprum med DCV-systemet genomföras. Samt systemets användande under en högbelastningsvecka och en lågbelastningsvecka kommer att diskuteras.

## **1.5 Avgränsningar**

Vid undersökning av luftkvalitet undersöks endast koldioxidhalt och mindre partiklar med storlekar mellan 0,02–1 mikrometer. Vid undersökning av den termiska komforten undersöks endast lufttemperatur och fukthalt.

Då yttemperaturer förväntas vara väldigt lik lufttemperaturen i grupprummen görs inga beräkningar på operativ temperatur. Detta antagande har gjorts efter att ha diskuterat med Lars Ekberg, Adjungerad professor, Arkitektur och samhällsbyggnadsteknik, Installationsteknik.

## 2 Inneklimat

### 2.1 Temperatur

Operativ temperatur är ett uttryck för att beskriva hur luftens temperatur och strålning mellan objekt upplevs av människor (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Den operativa temperaturen kan användas för att beskriva det termiska klimatet i ett rum, det vill säga temperaturupplevelsen. Under perioden som mätningarna har utförts har utomhustemperaturen varit relativt låg, cirka 0–10 °C. De grupprum som har fönster påverkas av detta då temperaturen på fönstren är lägre än till exempel under sommarhalvåret. Detta kan leda till att den operativa temperaturen blir lägre.

Lufttemperaturen har en påverkan på bland annat materialen i rummet, luften och personer som vistas där. Grupprummen värms upp med hjälp av ventilation och vattenburna radiatorer. Det är dock endast ventilationens uppgift att se till att temperaturen ej blir för hög. Skulle luftflödet vara otillräckligt leder detta till en förhöjd temperatur.

En förhöjd temperatur kan i sin tur leda till bland annat att material i rummet avger mer föroreningar och att de som vistas där får trötthetssymptom, huvudvärk och minskad koncentrationsförmåga. Vad som anses vara ett behagligt termiskt klimat kan skilja sig från individ till individ. Enligt Arbetsmiljöverket (AV, 2021b) rekommenderas dock 21–25 °C vid stillasittande arbete och normal klädsel.

En människa alstrar olika mängd beroende på dess aktivitet. Tabell 1 redovisar en vuxen persons värmealstring vid olika aktiviteter.

Tabell 1 Värmealstring vid olika aktiviteter, (Warfvinge & Dahlblom, 2010).

Aktivitet	Värmealstring (W)
Sömn	85
Vila, sittande	105
Skrivbordsarbete	125
På- och avklädning	160
Bilkörning, hushållsarbete	180
Sopa golvet	200
Promenera i 5 km/h	320
Dansa vals	360
Gång nedför trappa	470
Löpning (8,5 km/h)	740

I grupprummen som ska undersökas kan en student därför enligt tabellen förväntas i genomsnitt alstra värme motsvarande skrivbordsarbete på 125 W. Varav alltså 80 W är sensibel värme som påverkar lufttemperaturen medan 35W är latent värme som påverkar fukthalten i rummet.

Hur temperaturen upplevs i ett rum påverkas även av rörelsen av luften. Rörelser av luften som även kallas för drag, kyler ner kroppen när det kommer i kontakt med huden, vilket kan upplevas både skönt och obehagligt beroende på lufttemperaturen och lufthastigheten. Enligt Warfvinge & Dahlblom (2010) uppstår problem om den operativa temperaturen i rummet är mellan 20–24 °C och medelhastigheten är minst 0,15 m/s. Luftens hastighet kan bero på exempelvis tilluftsdonets temperaturskillnader som kan orsaka kallras eller otätheter i väggar och tak. Beroende på placeringen av till- och frånluftsdon kan luftens rörelse och hastighet variera. Då kall luft är tyngre än varm luft sjunker den till marken om tilluftsdonen är placerade högt i rummet och tilluften är för kall.

### 2.1.1 Beräkning av operativ temperatur

För att beräkna den operativa temperaturen i ett rum används ekvation 1 för att först få fram medelstrålningstemperaturen (Warfvinge & Dahlblom, 2010).

(1)

Där  $F_n$  är vinkelförhållandet mellan mätt yta och beräkningspunkt och  $t_n$  är den uppmätta yttemperaturen. Vinkelförhållandet  $F_n$  är en funktion av avstånd, läge och storlek på den mätta ytan till beräkningspunkt och finns i inneklimatehandböcker.

Med medelstrålningstemperaturen kan sedan den operativa temperaturen  $T_0$  beräknas utifrån ekvation 2 (Warfvinge & Dahlblom, 2010).

(2)

Där  $t_{luft}$  är den uppmätta lufttemperaturen i rummet.

## 2.2 Relativ luftfuktighet

Enligt Warfvinge & Dahlblom (2010) är det optimalt att ha en inomhusmiljö med cirka 40–60 % relativ luftfuktighet. Detta spann är mest lämpligt för att undvika bland annat tillväxten av svamp och kvalster samt för att se till att mängden bakterier hålls nere.

För höga halter av fukt i lokaler, över 70 %, kan som nämnt leda till tillväxt av kvalster och mikroorganismer vilket kan orsaka hälsoproblem. Det är därför viktigt att ventilationen kan hantera fukten som uppstår i grupprummen vid längre användning. Hög relativ luftfuktighet kopplat med hög temperatur leder till att material i rummet och de som vistas där avger mer föroreningar och lukter. Luften kan då uppfattas som mer unken och ofräsch. Emissionerna från materialen kan dessutom leda till obehag och besvär som ögonirritation, halsirritation och en torrhets känsla i munnen. Hög luftfuktighet kan även leda till att temperaturen upplevs som högre (SMHI, 2020).

För låga halter av fukt kan också orsaka problem. Sjunker den relativa luftfuktigheten under runt 20 % kan detta leda till besvär som torr hud och torra slemhinnor. Under perioden som mätningarna utfördes var utetemperaturen låg, mellan 0–10 °C. Detta

ledde till att tilluften behövde värmas upp. Aggregatet som används för detta saknar luftfuktare vilket kan leda till att luften känns torrare än vad den skulle göra under till exempel sommarhalvåret.

## 2.3 Koldioxid

Genom att mäta koldioxidhalten i ett rum kan en indikation fås på hur väl ventilationen fungerar samt en indikation på hur luftkvaliteten är. Halten av koldioxid i ppm (parts per million) är inte ett direkt mått på luftkvaliteten men kan användas för att se hur stor mängd uteluft som tas in per person (Arbetsmiljöverket [AV], 2021a). Warfvinge och Dahlblom (2010) beskriver att redan vid överstigandet av 1000 ppm kan luftkvaliteten anses vara dålig. Dock kan det diskuteras om denna gräns är för sträng. Som tidigare nämnt är halten av koldioxid inte ett direkt mått på luftkvalitet, men generellt sett så ökar även koldioxidhalten i samma takt som föroreningar produceras av människor. En lägre halt av koldioxid i luften kan alltså indikera att rummet har en väl fungerande luftomsättning och därmed bör även rummet få en bättre luftkvalitet då bland annat föroreningar förs ut.

## 2.4 Partiklar och andra föroreningar

Folkhälsomyndigheten (FHM, 2020) beskriver partiklar som ”fasta föremål och kan vara allt från millimetrar i storlek till en miljondels millimeter”. PM<sub>2.5</sub> och PM<sub>10</sub> är två vanliga mått som används för de partiklar som kan finnas i stadsluften. Partiklarna med mått PM<sub>10</sub> är den större av de två. Mängden partiklarna av storlek PM<sub>10</sub> ökar särskilt under de dagar då det är torrt och vindstilla. Under dessa dagar bildas en stor mängd partiklar från slitaget som uppstår mellan däck och även från material som kastas upp från vägbanan (Göteborgs Stad [GS], u.å). Även under de perioder då dubbdäck används sker en ökning i mängd partiklar då vägbanan bryts ner av dubbarna. Partiklarna av mindre storlek, PM<sub>2.5</sub>, bildas framför allt vid förbrännings- och industriprocesser (Naturvårdsverket [NVV], 2020). Partiklar uppstår inte bara utomhus utan även inomhus. De vanligaste källorna inomhus är till exempel brinnande ljus, textilier och partiklar från huden (GS, u.å).

För att begränsa mängden partiklar i inomhusluften används luftfilter. Dessa fungerar i regel bra enligt Lars Ekberg, *Adjungerad professor, Arkitektur och samhällsbyggnadsteknik, Installationsteknik*. Om partiklarna befinner sig i förorenad luft kan de även bli belagda med organiska ämnen, sulfater och nitrater (NVV, 2020). Partiklar kan vara skadliga för människor, särskilt de mindre med en storlek på under 1 µm. Dessa partiklar kan näsans slemhinnor och flimmerhår ej avskilja och de kan då komma ner i lungorna för att sedan fortsätta ut i blodomloppet (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Även en korttidsexponering av för höga halter kan leda till bland annat andningsbesvär samt hjärt- och lungsjukdomar. En långtidsexponering av låga halter kan vara skadligt och även då leda till hjärt- och lungsjukdomar samt lungcancer (NVV, 2020).

Förutom partiklar finns det även andra föroreningar som kan förekomma inomhus. Människor, material och mat kan ge ifrån sig gaser som luktar och som ibland kan uppfattas som ofräscha. Det finns även gaser som kan vara skadliga för människor som till exempel kvävedioxid, som i för höga halter eller vid längre exponering kan leda till irritation av luftvägar och slemhinnor (NVV, 2020). Även kolväten är mycket giftigt och kan leda till blodcancer. Både kvävedioxid och kolväten bildas vid förbränning.

## 2.5 Krav på luftomsättning och ventilation

Byggnaders ventilationsflöde varierar mycket beroende på olika faktorer som exempelvis storlek, verksamhet och antal personer som vistas där. För att se till så att luften alltid hålls ren finns krav och föreskrifter på hygieniska luftflödet. Ventilationen i en byggnad, dock inte bostäder, ska vid nybyggnad dimensioneras utifrån BBRs föreskrift om ett flöde på minst 0,35 l/s,m<sup>2</sup> (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Utöver detta flöde uppger AV (2021a) dessutom att uteluftsflödet ska kompletteras med 7 l/s för varje person i rummet. Ventilationskrav kan både anges i l/s men också i omsättning per timme eller h<sup>-1</sup>, där h<sup>-1</sup> är kvoten mellan ventilationsflöde och rumsvolym. Warfvinge & Dahlblom (2010) illustrerar några typiska värden på olika verksamheters luftomsättning i tabell 2.3 på sid. 2:8. Exempelvis har bostäder endast en luftomsättning på 0,5 h<sup>-1</sup> medan kontorsrum och skolor har luftomsättning på 3 respektive 4 h<sup>-1</sup>.

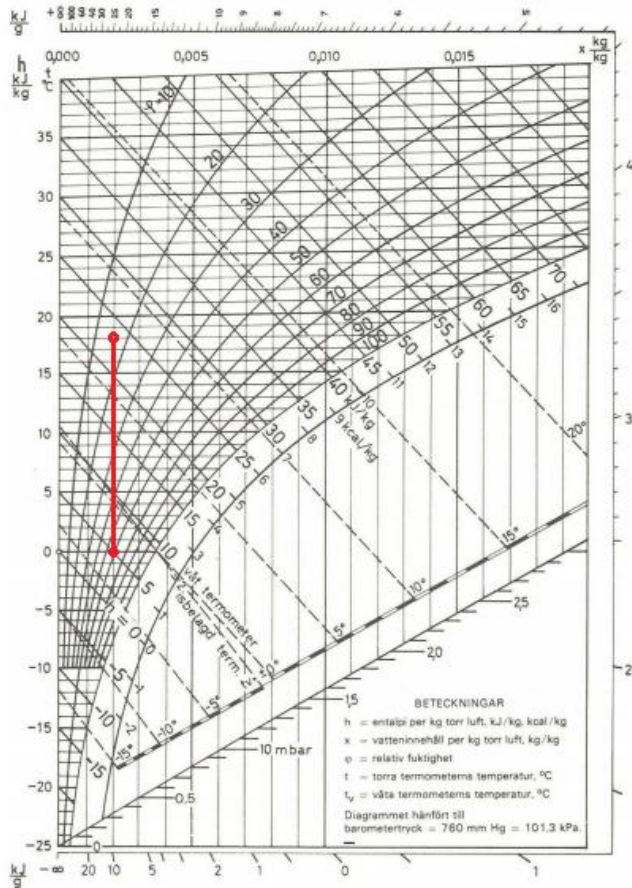
## 2.6 Utomhusluftens påverkan

Grupprummen är belägna i SB2-huset som ligger på campus Johanneberg. Detta är ett centralt läge som endast ligger cirka 1 kilometer från Göteborgs centrum och cirka 2 kilometer från den högt trafikerade vägen E20. Förutom detta går det även sjötrafik i Göteborgs hamn. Göteborg kan ses som en trafikintensiv stad och detta kan påverka inomhusluften. Utan rätt åtgärder som till exempel att använda fullgoda luftfilter, kan inomhusluften få sämre kvalitet och i värsta fall bli skadlig för oss människor, se avsnitt 2.4. På eftermiddagen inträffar även maxtimme för trafiken vilket kan leda till förändringar i luftkvaliteten jämfört med de timmar när det är mindre trafik. Ett tydligt exempel på detta är halten kvävedioxid i luften i Stockholm under dagen som övervakas av SLB-analys, Stockholms Luft- och Bulleranalys. Enligt SLB-analys (u.å) var halten kvävedioxid den 6 maj 2021 under rusningstrafiken 16:00-17:00 41,24 mikrogram per kubikmeter vid Hornsgatan, jämfört med 3,82 kl. 01:00. Detta betyder att kvävedioxidhalten är över 10 gånger så stor under rusningstrafiken.

Det som kan påverkas är bland annat mängden partiklar. Dock ska detta ej vara något problem menar Lars Ekberg, *Adjungerad professor, Arkitektur och samhällsbyggnadsteknik, Installationsteknik*. Ekberg menar att de flesta byggnader idag har luftfilter som bör fånga upp majoriteten av de skadliga partiklarna som kan följa med utomhusluften.

Utöver partiklar och koldioxid styrs även ett rums relativa luftfuktighet mycket av utomhusluftens tillstånd. Väder och utetemperatur påverkar utomhusluftens relativa luftfuktighet som oftast är på en nivå mellan 65–90 % (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Under vinterhalvåret kan den relativa luftfuktigheten inomhus bli väldigt låg när den kalla utomhusluften behöver värmas upp, vilket resulterar i en låg relativ

luftfuktighet då vatteninnehållet per kg torr luft förblir den samma. Detta illustreras i Mollierdiagrammet i Figur 1. I diagrammet är ett exempel på en uppvärmning från en utetemperatur på 0 °C med relativ luftfuktighet på 60 % till en temperatur på 18 °C. Då ingen fukt bortförs eller tillförs är vatteninnehållet konstant, vilket resulterar i att den uppvärmda luftens relativa luftfuktighet blir cirka 15 %.



Figur 1 Mollierdiagram med utritat exempel på uppvärmning.

### 3 Ventilationssystem

För att byggnader ska klara de inneklimats- och luftkvalitetkrav som lyftes i avsnitt 2.5 behövs ett ventilationssystem. Systemen varierar mycket beroende på byggnaders utformning, ålder och verksamhet. De tre huvudtyperna i svenska hus är självdrag (S-system), frånluft (F-system) samt från- och tilluft med värmeåtervinning (FTX-system).

Självdragsventilation är vanligast i äldre bostadshus och idag är det en ovanlig ventilationstyp vid nybyggnation (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Luftomsättningen sker av termiska krafter som uppstår av temperaturskillnaden mellan utomhusluften och inomhusluften, även kallad skorstenseffekten. Utomhusluften tas in i byggnaden antingen via ventiler eller otätheter.

I frånluftssystem sker luftomsättningen istället av att en frånluftsfläkt skapar ett undertryck och på så sätt skapar luftrörelser. Utomhusluften tas in via ventiler som ofta placeras i vardagsrum och sovrum. F-system är idag en vanlig metod att ventileras bostadshus.

I FTX-system drivs luftomsättningen av fläktar för både till- och frånluften. Värmeåtervinningen ger möjlighet att använda frånluftens värme för att värma upp utomhusluften och på så sätt förse byggnaden med en kontrollerad tilluftstemperatur. FTX-system används ofta i byggnader där olika verksamheter drivs som exempelvis kontor, sjukhus och skolor, som ofta kräver en bättre luftomsättning.

#### 3.1 Ventilationsprinciper

För att förse en byggnad med ren luft finns olika ventilationsprinciper. De vanligaste principerna är CAV, VAV och DCV (Warfvinge & Dahlblom, 2010).

CAV-system är den enklaste typen av ventilationssystem och står för Constant Air Volume. Systemet fungerar genom att ventilationen förser rummen med ett konstant luftflöde under drifttiden. Dessa system har ingen typ av behovsstyrning vilket resulterar i att inomhusklimatet kan variera stort beroende på olika faktorer som exempelvis utomhusklimat och aktivitet i rummen.

VAV-system står för Variable Air Volume och har som namnet antyder ett varierande luftflöde. Luftflödet styrs kan styras efter behov och kan regleras efter olika rumsparametrar som temperatur, koldioxidhalt eller närvarogivare. Systemet kan även gå på en timer oavsett behovet. Luftflödet regleras oftast med spjäll som kan öppna och stängas.

DCV-system är en förkortning på Demand Controlled Ventilation och är behovsstyrd. Warfvinge & Dahlblom fortsätter att DCV-system är mer avancerade än VAV-system och kan antingen regleras manuellt av personer i rummet eller automatiskt där luftflödet justeras beroende på behovet. Vanligtvis har dessa system sensorer både för koldioxid och temperatur vilket innebär att flödena kan justeras med god kontroll. Jacobsson (2018) påpekar att DCV-system ökar möjligheten till att tillfredsställa fler användares behov och en mer anpassad reglering som resulterar i bättre möjlighet till att spara energi.

### 3.2 Aktuellt system i grupprummen

Ventilationssystemen i grupprummen är DCV-system från Lindinvent. Enligt Lindinvent (u.å) strävar deras system efter att ha så låg energianvändning som möjligt genom att ha behovsstyrning. Tilluftsdonen i grupprummen är Lindinvent's aktiva taktilluftsdon TTC, vars utformning illustreras i figur 2. Tilluftsdonet TTC är energisnålt då det i jämförelse med liknande förutsättningar med CAV-system sparar upp mot 50 % fläktel, 95 % luftvärme samt 10 % radiatorvärme. Dessutom är donet väldigt tyst och ska endast generera en ljudnivå på 27 dBA vid ett flöde på 50 l/s och 100 Pa tryckfall.



Figur 2 Bild på tilluftsdon TTC och överluftsdon till korridor.

I en intervju med drifttekniker Mehrdad Micko Samari från Akademiska Hus förklarades ventilationssystemets funktioner och inställningar. Luftflödena i grupprummen justeras efter närvaro-, temperatur- och koldioxidgivare i tilluftsdonen. Dessa givare är oberoende av varandra. Systemet är programmerat för att hålla en temperatur i grupprummen på 21 °C. Tilluften i grupprummen har vanligtvis en temperatur på 18 °C.

Systemet kan köras både automatiskt och manuellt men går vanligtvis på automatisk inställning. Systemet och aggregatet går i gång mellan 06:30-07:00 där alla sensorer synkroniserar sig. Tilluftsflödet varierar beroende på behovet men ett grundflöde utan närvaro är 5–10 l/s. När närvarogivare känner av aktivitet i rummet höjs flödet till en nivå på ungefär 20–30 l/s. Vid större behov av tilluft kan donen förse rummen med ett maxflöde på cirka 75–100 l/s. När flödet ska öka så ökar höjden på spalterna på donet. Höjden på dessa regleras med hjälp av en kuggstång som sitter inne i donet.

De olika givarna reglerar tilluftsflödet utifrån några ansatta gränsvärden och avvikelser. Närvarogivaren ökar flödet direkt vid upptäckt aktivitet i rummet. Koldioxidgivaren mäter av halten koldioxid i rummet och ökar tilluftsflödet om mängden överstiger 700–800 ppm. Temperaturgivaren i rummen känner av temperaturen i rummet och om temperaturen avviker med flera grader regleras flödet in i rummet. Vid behov kan även givaren ge signal att öppna kylbatteriet i aggregatet för att förse rummet med lägre tilluftstemperatur på runt 16 °C.

Samari påpekar att systemet över lag fungerat bra de 1,5 år han jobbat som driftansvarig. Den största problematiken har legat i att närvaro- och temperaturgivarna saboteras när personer försöker korrigera spjällen själva. Detta kan leda till att givarna går sönder och därmed inte kan korrigera luftflödet utifrån behovet i rummet.

## 4 Metod

För att utvärdera ventilationssystemets funktion och grupprummens inneklimat så studeras både luftens egenskaper och användarnas upplevelse.

### 4.1 Mätinstrument

Instrumentet som använts för att mäta koldioxidhalt, lufttemperatur och relativ luftfuktighet är Rotronic CP11. För att läsa av den uppmätta datan användes mjukvaran Rotronic SW21. Värdena från Rotronic CP11 ges med en osäkerhet på 30+/- ppm för koldioxiden,  $\pm 0,3$  °C för lufttemperaturen samt  $\pm 5$  % för den relativa luftfuktigheten (Rotronic, u.å). Rotronic CP11 var inställd på att registrera mätvärden varannan minut då det med hjälp av Håkan Larsson, Forskningsingenjör, Arkitektur och samhällsbyggnadsteknik, Installationsteknik, beslutades vara ett bra intervall som ger tillräckligt med värden för att kunna utvärdera resultaten. Datum för kalibrering var ej angivet men mätaren ska enligt Håkan Larsson vara kalibrerad och nyligen använd.

För att verifiera mätinstrumentens noggrannhet jämfördes den uppmätta temperaturen av mätinstrumentet med värdet registrerat av donets sensor, som redovisas nedan i Figur 4. Dessa värden togs i samband med en mätning och vid denna tidpunkt registrerades samma temperatur av Rotronic CP11. Det bekräftar att mätinstrumentet angav rätt temperatur.



Figur 3 Rotronic CP11.

LA09-10-TD32-01-4219	
VÄRDEN    PRODUKTINFO    LARM    ÄNDRINGAR    ANTECKNING	
Beteckning	LA09-10-TD32-01-4219
Unikt ID	31019
Produktförkortning	TTC
Rumstemperatur	22,0 °C
Närvaro	Ja
Kanaltemperatur	19,3 °C
Flöde BBV	20 l/s
Tilluftsflöde	20 l/s

Figur 4      Värden från tilluftsdon i grupprum 403.

För att mäta partiklar i luften användes mätinstrumentet P-trak Ultrafine Particle Counter modell 8525 och mjukvaran som användes för att läsa av mätvärdena var TrakPro. Instrumentet mäter ultrafina partiklar med storlek mellan 0,02–1 µm. Mätaren är kalibrerad den 27:e december 2016. Partikelmätaren var felaktigt inställd på att ta mätvärden varannan sekund i stället för varannan minut men resultatet redovisar för tydlighetens skull värden varannan minut.



Figur 5      P-trak Ultrafine Particle Counter 8525.

Vid mätning av yttemperatur på väggar och fönster användes IR-termometern Bosch UniversalTemp. Mätaren riktas mot objektet och mäter temperaturen med laserteknologi. Temperaturmätaren mäter temperaturer mellan -30 °C och 500 °C och har tre olika mätmetoder anpassade för olika material för att ge mer precisa resultat.

## 4.2 Mätmiljö

Grupprummen som utvärderats har olika utformning och förutsättningar. Alla grupprummen som undersökts har ett tilluftsdon placerat centralt i taket. Frånluftsutformningen varierar då vissa rum har ett eller flera frånluftsdon medan andra har överluftsdon vid dörren ut mot korridoren.

En annan detalj som skiljer grupprummen åt är läget i byggnaden då några av rummen har fönster vilket skapar olika förutsättningar. Då grupprummen som utvärderats har fönster mot norr undviks den mest direkta solinstrålningen. Fönstren ger ändå upphov

till viss solinstrålning som kan resultera i en ökning av lufttemperaturen i rummen. På samma sätt kan fönstren ge upphov till lägre lufttemperatur under vinterhalvåret vid kall utetemperatur beroende på hur bra isolerande förmåga fönstren har. För att kunna beräkna den operativa temperaturen i rummen användes yttemperaturmätaren för att läsa av alla väggar och fönsters yttemperatur.

Mätinstrumenten försökte placeras mellan tilluftsdonet och från- eller överluftsdonet för att mäta de mest relevanta värdena. Instrumentet CP11 placerades på ett kamerastativ i ansikts höjd och partikelmätarens slang för luftintagning placerades på samma ställe enligt Figur 6. Mätarna placerades på ett avstånd på cirka två meter från närmaste person för att inte störa utrustningen och få värden representativa för hela rummet. Dörren till grupprummet hölls stängd under hela mättiden för att inte störa mätutrustningen och inte påverka luftens cirkulation. Vid vissa mätningar provades dock att öppna dörren för att simulera att studenter går in och ut ur rummet.



Figur 6 Mätuppställning grupprum.

### 4.3 Mätperiod

Mätningar utfördes under ungefär en månads tid mellan mars och april. Mätningarna genomfördes i varierande perioder och olika tider på dygnet för att få en helhetsbild på hur systemet uppför sig under dagen. De flesta mätningar utfördes i ungefär två timmar då detta uppskattades vara en rimlig tid som studenter vistas i ett rum kontinuerligt. Inom två timmar är det vanligt att studenter lämnar sitt grupprum då de är färdiga eller ska ta en paus. Utöver de flesta mätningar på cirka två timmar utfördes även längre mätningar på tre till fyra timmar för att se hur ventilationen uppför sig under långa perioder och även några kortare mätningar på cirka en timme.

Mätningarna utfördes under hela dagen, både tidigt på förmiddagen och senare på eftermiddagen för att se om variationer under dagen kunde uppmärksammas. Även lunchtid mättes för att simulera att studenter äter lunch i grupprummet vilket är vanligt förekommande.

## 4.4 Energiberäkningar

För att snabbt utvärdera om nuvarande DCV-system kan vara mer energieffektivt och därmed mer kostnadseffektivt än ett CAV-system görs en enkel överslagsberäkning. Beräkningen baseras på två stickprov tagna från grupprum 403. Antagandet görs att utetemperaturen är konstant under hela dagen och att värmeåtervinnaren har en verkningsgrad på 80 %. Utetemperaturen ansätts till 0 °C. Tilluftstemperaturen som eftersträvas är 19 °C. Effekten beräknas enligt ekvation (3).

(3)

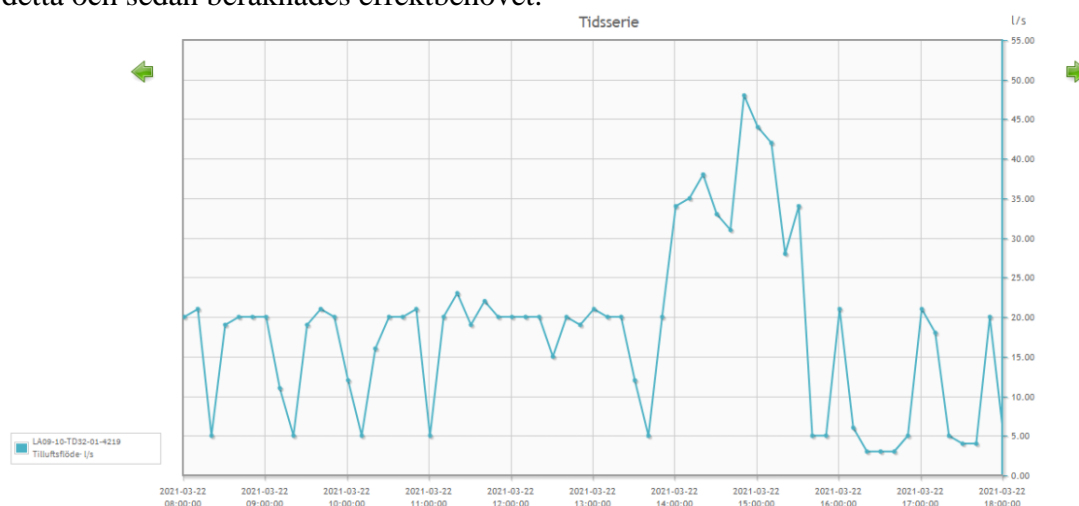
= Effekt [W]  
= styrt ventilationsflöde [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]  
= luftens densitet [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ], 1,2  $\text{kg}/\text{m}^3$   
 $C_p$  = luftens specifika värmekapacitet, 1000 J/kgK  
 $t_2$  = Tilluftstemperatur [°C]  
 $t_1$  = Temperatur efter värmeåtervinnare [°C]. Beräknas enligt ekvation (4).

$\frac{3}{4}$

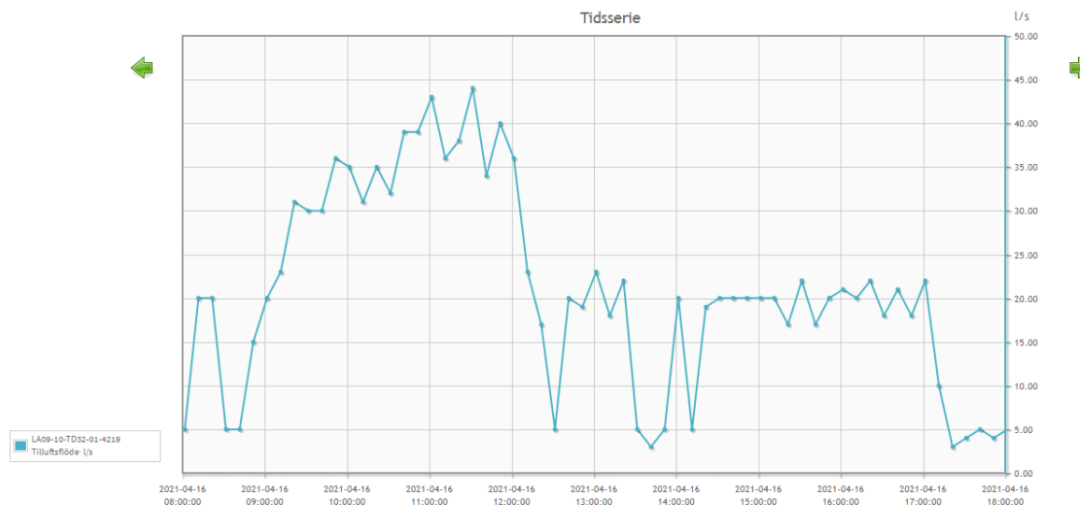
(4)

$t_1$  = Temperatur efter värmeåtervinnare [°C]  
 $t_{\text{frånluft}}$  = Frånluftstemperatur [°C]  
 $t_{\text{ute}}$  = Uteluftstemperatur [°C]  
= verkningsgrad [%]

För CAV-systemet gjordes antagandet att flödet var konstant under hela dagen (08.00-18.00). Detta flöde baserades på att ett värde av 7 l/s per person + 0.35 l/s per  $\text{m}^2$ . Rummet hade storleken av cirka 9.35  $\text{m}^2$  och dimensionerades för fyra personer. Flödet beräknades då till cirka 31,3 l/s. För DCV-systemet användes flödet från Figur 7 och 8 som är grafer på luftflödet från ovan nämnt grupprum vid två olika mättillfällen. En uppskattning av tid för min-, närvaro- och maxflöde gjordes utefter detta och sedan beräknades effektbehovet.



Figur 7 Tilluftsflöde grupprum 403 22 mars 2021, 08:00-18:00.



Figur 8 Tilluftsflöde grupprum 403 16 april 2021, 08:00-18:00.

## 4.5 Undersökning av upplevelse genom enkät

För att få en uppfattning av hur studenter och brukare av grupprummen upplever det termiska klimatet utformades en enkät. Enkäten innehåller frågor om hur respondenterna upplever temperaturen, fukthalten och luftkvaliteten i allmänt och skickades ut till studenter. Frågorna som ställdes var:

- < Hur upplever du att temperaturen är i grupprummen i SB-huset?
- < Hur upplever du att fukthalten är i grupprummen i SB-huset?
- < Hur upplever du att luftkvaliteten är i grupprummen i SB-huset?
- < Upplever du att temperaturen förändras med tiden spenderad i grupprummen?
- < Om JA: Hur förändras temperaturen?
- < Upplever du att luftkvaliteten förändras med tiden spenderad i grupprummen?
- < Om JA: Hur förändras luftkvaliteten?
- < Upplever du några av följande besvär vid användning av grupprummen?
- < Om JA: Efter hur lång tid uppkommer dessa besvär?

## 5 Resultat

I detta kapitel redovisas resultaten och analys från alla mättillfällen samt enkätresultaten.

### 5.1 Yttertemperaturer

Vid uppmätning av temperaturen på alla ytor i grupprummen var temperaturen som förväntat nästintill samma som lufttemperaturen. Det skiljde som mest endast +/- 0,5 °C.

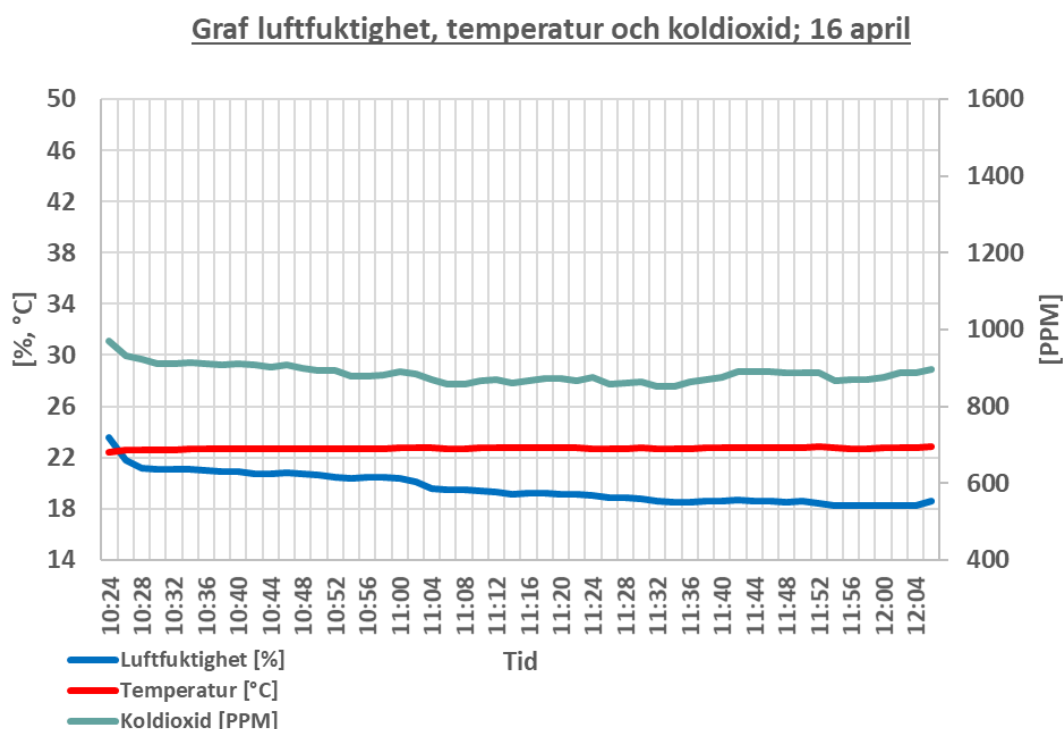
### 5.2 Resultat och analys av mätningar i grupprum

Avsnittet redovisar alla utförda mätningar i grupprummen. Sju grupprum utan fönster och fyra med fönster har utvärderats.

#### 5.2.1 Grupprum 403 (utan fönster)

I grupprum 403 utfördes totalt två mätningar, en då fyra personer och en då två personer vistades i rummet.

##### 5.2.1.1 Mätning med fyra personer



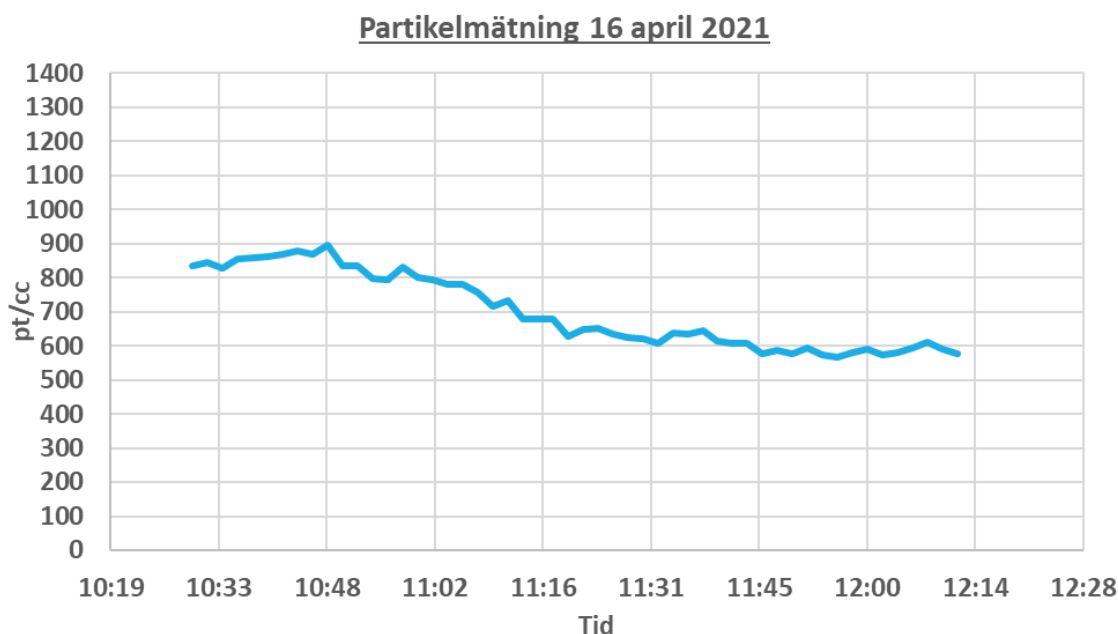
Figur 9 Graf över relativ luftfuktighet, temperatur och koldioxid, 16 april 2021.

Grupprum 403 har en golvyta på 9,3 m<sup>2</sup> och en takhöjd på 2,5 m. Grupprummet har inte några fönster men har ett glasparti mot korridoren på 3,3 m<sup>2</sup>. Ventilationen består av ett tilluftsdon som är placerat i mitten av rummet cirka 35 cm från taket. Frånluften förs ut genom ett överluftsdon som är placerat över dörren och har måtten 14 x 93 cm.

Under mätningen vistades fyra personer i rummet under en tidsperiod av cirka 3,5 timmar totalt och cirka 1,5 timme före mätningen startades.

I början av mätningen, under de första fem minuterna, sker en snabb minskning av koldioxidhalt och relativ luftfuktighet. Efter detta sker minskningen något långsammare. Efter cirka 30 minuter hamnar koldioxidhalten på cirka 900 ppm där den hålls relativt konstant under resterande tid av mätningen, se Figur 9 ovan. Den relativa luftfuktigheten fortsätter minska under mätningen och hamnar i slutet på cirka 18 %. Temperaturen hölls mellan 22–23 °C under hela vistelsen. Personerna som vistades i rummet uppgav att luftkvaliteten var god och att det termiska klimatet var behagligt. Luften upplevdes dock något torr.

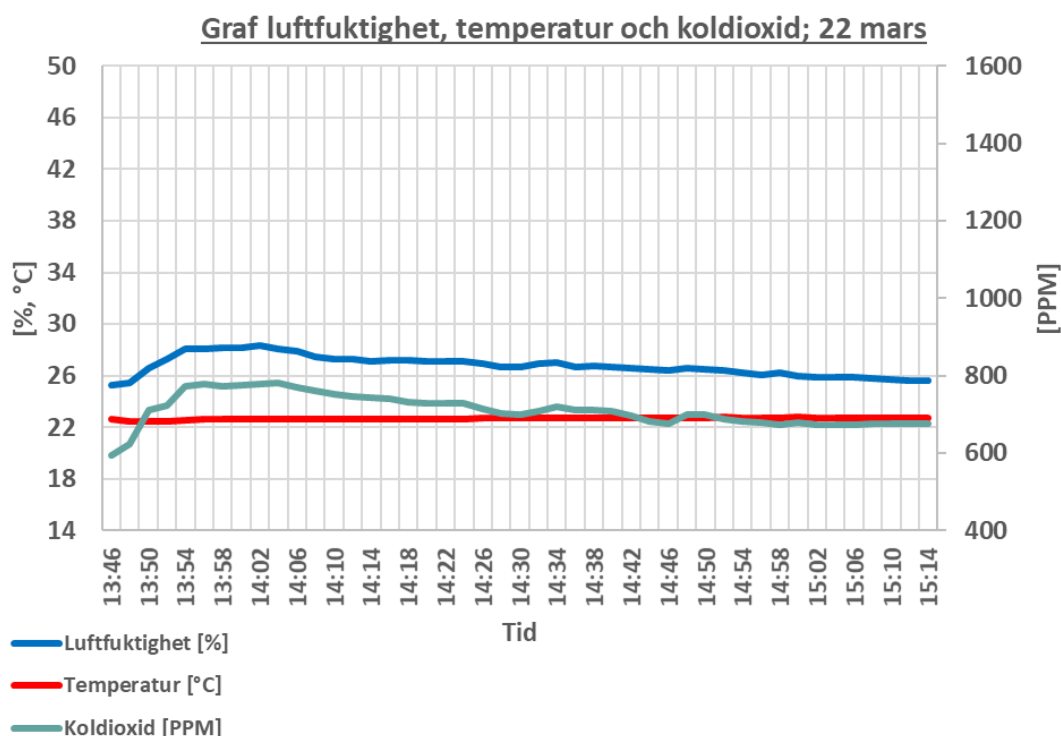
Partikelmätningen som redovisas i Figur 10 visar att partikelhalten var 850 pt/cc vid starten av mätperioden. Under första 20 minuterna steg halten sakta för att nå en maxnivå på 900 pt/cc vid 10:48. Efter denna punkt sjunker partikelhalten fram till 11:30 där partikelhalten stabiliseras runt ungefär 600 pt/cc. Denna nivå hålls sedan ganska konstant resterande 45 minuter av mätningen.



Figur 10 Graf över partikelhalt, 16 april 2021.

Den påtagliga sänkningen som skedde under de första fem minuterna kan bero på att de två personerna som monterade mätutrustningen hade höjt koldioxidhalten och den relativa luftfuktigheten i rummet med sin närvaro. Dessa nivåer sänktes sedan när de lämnade. Den tydliga minskningen som uppvisas i partikelhalten efter kl. 10:48 ger en indikation på att ventilationsflödet troligtvis ökade vid denna tidpunkt. Detta bekräftas även i Bilaga 1 som visar på en ökning av luftflödet vid denna tidpunkt. Denna minskning kan inte lika tydligt ses i koldioxidhalten men en liten minskning uppvisas även där, för att efter denna tidpunkt vara väldigt konstant runt 900 ppm. Den relativa luftfuktighetens minskning som sker efter kl. 10:00 kan också vara ett tecken på att ventilationsflödet har ökat, då fukthalten annars borde ökat på grund av användarnas utsläpp av fukt vid andning. Även detta bekräftas av Bilaga 1 som visar att luftflödet efter denna tidpunkt ökade i grupprummet.

### 5.2.1.2 Mätning med två personer



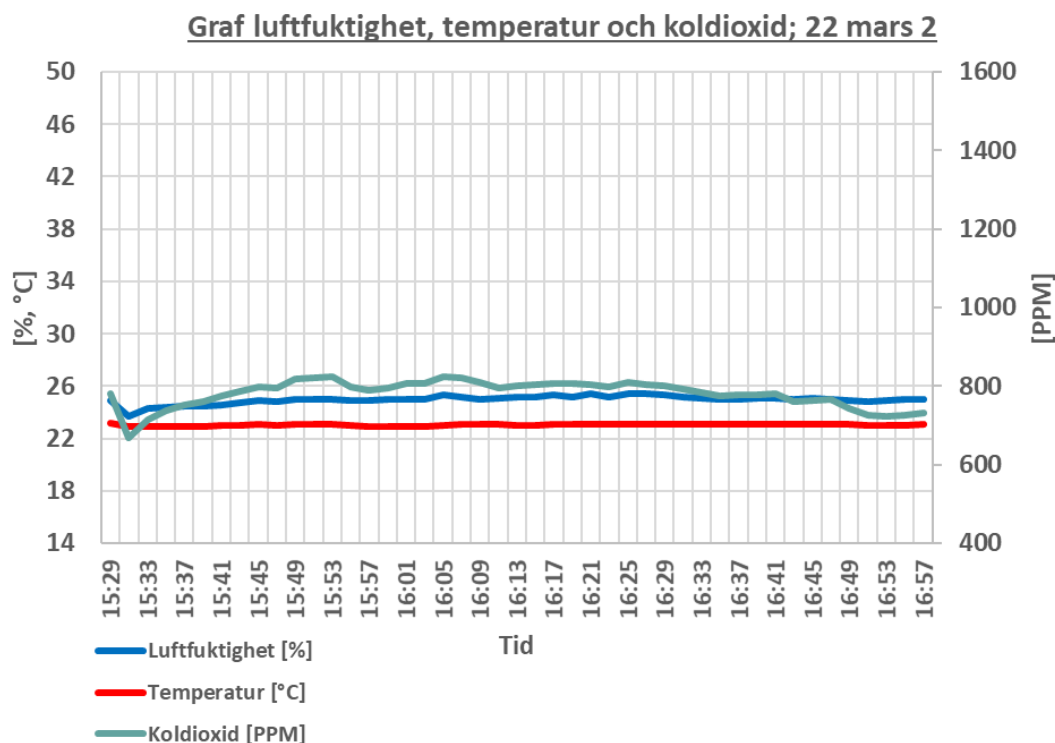
Figur 11 Graf över relativ luftfuktighet, temperatur och koldioxid, 22 mars 2021.

Under en annan mätning i grupprum 403 vistades två personer i rummet under en tidsperiod av två timmar, mätningen pågick dock endast i 1,5 timme på grund av tekniska problem. Grupprummet hade brukats tidigare men stått tomt och med stängd dörr i närmare två timmar.

Insamlade mätvärden visar på en initialt ökande koldioxidhalt och relativ luftfuktighet enligt Figur 11. Vid cirka 780 ppm observerades att höjden på donets spalter ökade vilket även syns på insamlade mätvärden där både den relativa luftfuktigheten och koldioxidhalten sänktes när detta skedde. Koldioxidhalten sjönk till ett avslutande värde runt 700 ppm. Den relativa luftfuktigheten steg i början från 26 % till 28 % men sjönk sedan tillbaka på ett avslutande värde på 26 %. Temperaturen hölls nästintill konstant runt 22,5 °C. Luftkvaliteten och det termiska klimatet ansågs vara goda under hela vistelsen.

Då ingen partikelmätning utfördes i mätningen med två personer kan inte denna jämföras mellan de olika mätningarna utan endast koldioxid, temperatur och relativ luftfuktighet jämförs. Vid jämförelse mellan de två mätningarna ser man en tydligt lägre nivå på koldioxidhalten när endast två personer vistades i rummet. När fyra personer vistades i grupprummet låg koldioxidhalten mellan 850–900 ppm medan den var på en nivå mellan 650–700 ppm vid vistelse av endast två personer. Bilaga 2 visar tydligt att luftflödet ökar vid närvaro och regleras även under vistelsen.

## 5.2.2 Grupprum 402 (utan fönster)



Figur 12 Graf över relativ luftfuktighet, temperatur och koldioxid, 22 mars 2021.

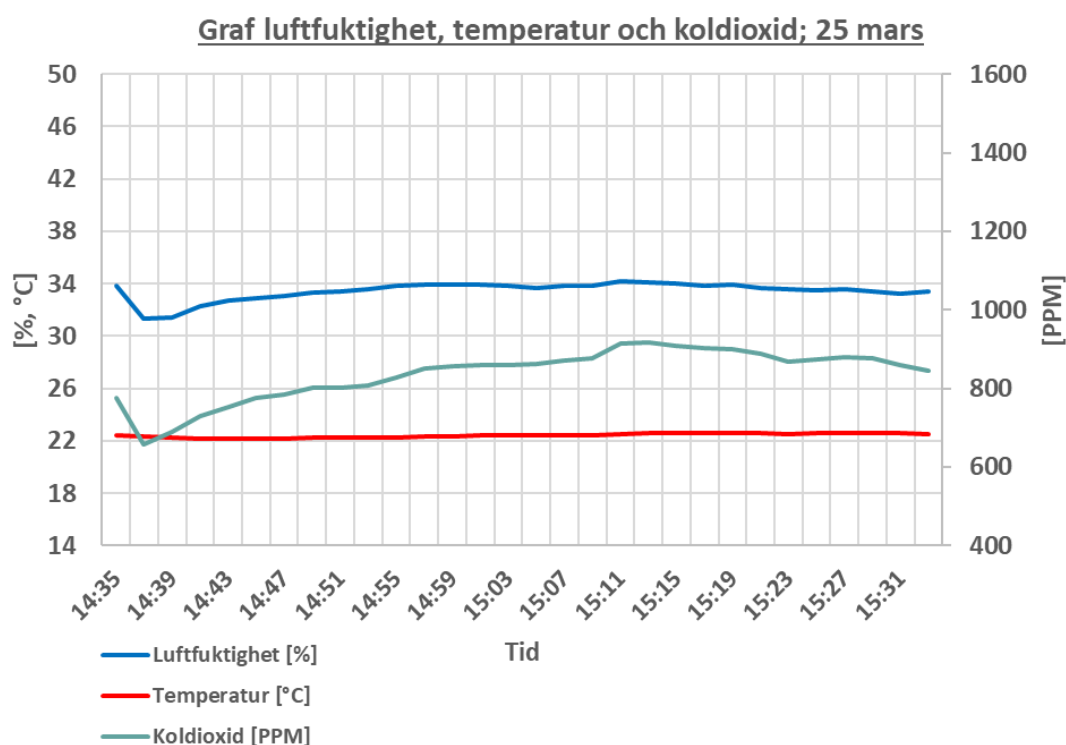
Grupprum 402 har en golvyta på 9,3 m<sup>2</sup> och en takhöjd på 2,5 m. Grupprummet har inte några fönster ut men ett glasparti mot korridoren på 3,3 m<sup>2</sup>. Ventilationen består av ett tilluftsdon som är placerat i mitten av rummet och ungefär 35 centimeter från taket. Frånluften förs ut genom ett överluftsdon som är placerat över dörren och har måtten 14 x 93 cm. Under mätningen vistades två personer i rummet under en tidsperiod av två timmar, mätningen pågick dock endast i 1,5 timme. Grupprummet hade brukats tidigare på förmiddagen men stått tomt och med stängd dörr i cirka två timmar.

Under de första två minuterna sjönk nivåerna på samtliga mätvärden, se Figur 12. Efter detta ökade samtliga, dock ökade temperaturen endast minimalt. Vid cirka 810 ppm observerades det att höjden på donets spalter ökade. Därefter sänktes koldioxidhalten till cirka 725 ppm. Både temperaturen och den relativa luftfuktigheten var relativt konstanta under vistelsen. Lufttemperaturen var nära 23 °C och den relativa luftfuktigheten var mellan 22 och 24 % hela mätperioden. Luftkvaliteten ansågs vara god och det termiska klimatet ansågs var behagligt.

Den initiala sänkningen under de första två minuterna beror på att mätutrustningen monterades på platsen som den sedan stod på under mätningen. Detta medförde att en person som stod mycket nära utrustningen kan ha höjt nivåerna på koldioxidhalt, relativ luftfuktighet och temperatur. När personen sedan startade mätutrustningen och lämnade dess närområde sänktes nivåerna. Under denna mätning anses ventilationen ha fungerat bra då ett gott termiskt klimat uppnåddes i grupprummet under hela mätperioden. Koldioxidhalten översteg aldrig 900 ppm och hölls konstant runt ett

värde på 800 ppm. Fukthalten hölls också relativt konstant under mätperioden men är relativt låg, runt 25 %. Huvudorsaken till den något lägre fukthalten kan vara den kalla utetemperaturen under mätningen som var cirka 5 °C, då uppvärmningen av utetemperaturen resulterar i en reducering av den relativa luftfuktigheten. Bilaga 3 visar även att luftflödet har reglerats under vistelsen vilket tyder på att donet och dess sensorer uppfyller sina funktioner.

### 5.2.3 Grupprum 202 (utan fönster)



Figur 13 Graf över relativ luftfuktighet, temperatur och koldioxid, 25 mars 2021.

Grupprum 202 har en golvyta på 9,3 m<sup>2</sup> och en takhöjd på 2,5 m. Rummet har inte några fönster ut men ett glasparti mot korridoren på 3,3 m<sup>2</sup>. Ventilationen består av ett tilluftsdon som är placerat i mitten av rummet och cirka 35 cm från taket. Frånluften förs ut genom ett överluftsdon som är placerat över dörren och har måtten 14 x 93 cm. Under mätningen vistades två personer i rummet under en tidsperiod av två timmar. Grupprummet hade brukats tidigare på förmiddagen men stått tomt och med stängd dörr i 30 minuter.

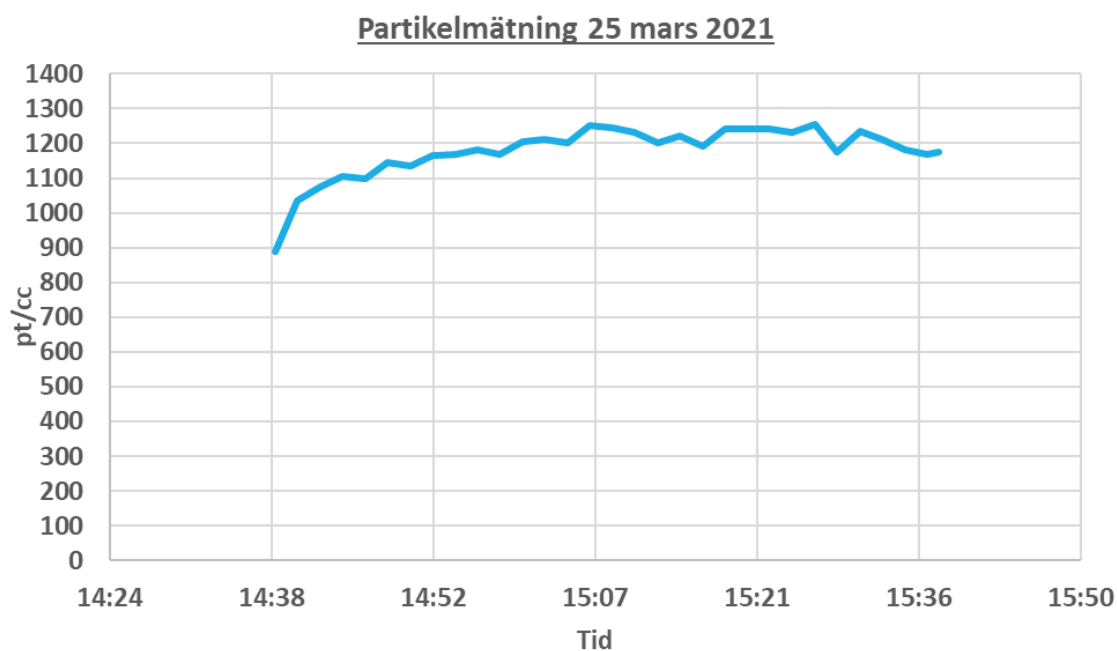
En mindre reducering av koldioxid och relativ luftfuktighet uppmärksammas under de första minuterna för att sedan öka igen, vilket illustreras i Figur 13. Koldioxidhalten ökar från inledande 675 ppm upp mot 900 ppm där det observerades att höjden på donets spalter ökade vilket speglar sig i de insamlade mätvärdena då koldioxidhalten och den relativa luftfuktigheten sänktes. Vid 15.30 öppnades dörren där koldioxidhalten kan ses sjunka ytterligare. Den relativa luftfuktigheten var cirka 31 % vid start för att öka till 34 % som sedan var konstant resten av mätperioden.

Temperaturen var under hela mätperioden 22 °C. Både lufttemperaturen och luftkvaliteten ansågs vara behaglig under hela vistelsen.



Figur 14 Tilluftsdonet samt mätuppställningen i grupprum 202.

Partikelhalten redovisas i Figur 15 och visar att partikelhalten var förhållandevis hög under denna mätning. Vid start av mätningen låg partikelhalten på ungefär 900 pt/cc för att under första 40 minuter öka till en nivå på cirka 1250 pt/cc. Resterande av mätperioden var partikelhalten konstant runt 1200 pt/cc.

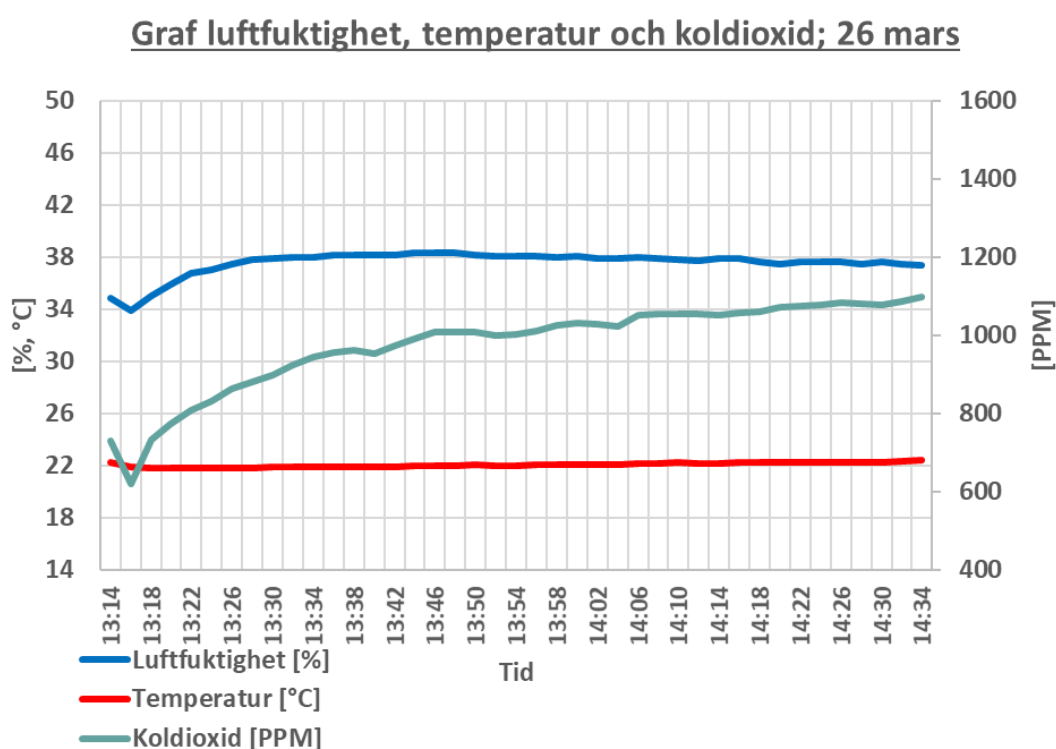


Figur 15 Graf över partikelhalt, 25 mars 2021.

Insamlade mätvärden visar initialt på en sänkning av koldioxidhalt och relativ luftfuktighet som troligtvis beror på att luften kring mätaren hade tillfälligt högre värden på grund av personer nära utrustningen vid starten. När personerna sedan lämnar närområdet minskar nivåerna.

Partikelhalten ses öka med tiden spenderad i rummet tills ventilationsflödet troligtvis ökar ungefär kl. 15:00 då partikelhalten därefter hålls konstant. Denna förändring av luftflödet uppmärksammas även i koldioxidhalten och relativa luftfuktigheten som efter 15:10 reduceras en aning. Koldioxidhalten nådde en nivå på ungefär 900 ppm vid denna tidpunkt vilket troligtvis innebär att detta är ett gränsvärde som koldioxidsensorn reagerar på och ökar tilluftsflödet. En ökning av tilluftsflödet redovisas även i Bilaga 4 där flödet kan ses öka med närmare 10 l/s, vilket överensstämmer bra med iakttagelserna utifrån graferna.

## 5.2.4 Grupprum 506 (utan fönster)

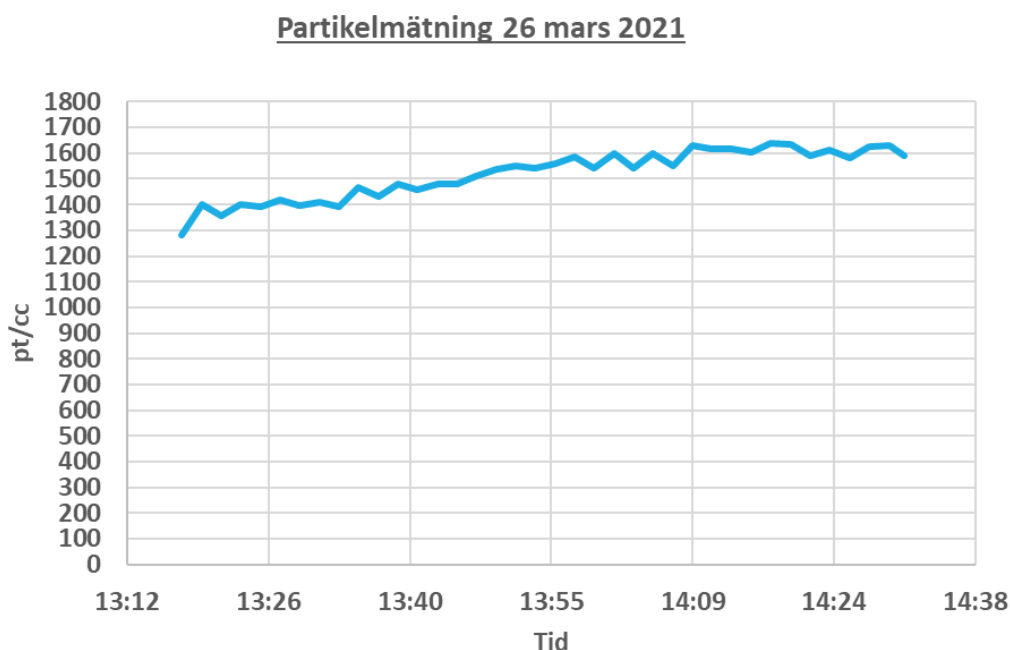


Figur 16 Graf över relativ luftfuktighet, temperatur och koldioxid, 26 mars 2021.

Grupprum 506 har en golvyta på 9,3 m<sup>2</sup> och en takhöjd på 2,5 m. Inga fönster ut finns men rummet har ett glasparti mot korridoren på 3,3 m<sup>2</sup>. Ventilationen består av ett tilluftsdon som är placerat i mitten av rummet.. Frånluften förs ut genom ett överluftsdon som är placerat över dörren och har måtten 14 x 93 cm. Under mätningen vistades två personer i rummet under en tidsperiod på 1,5 timme. Grupprummet hade brukats tidigare på förmiddagen men stått tomt i cirka en timme.

Insamlade mätvärden visar på en initial minskning av relativ luftfuktighet och koldioxidhalten för att sedan öka igen. Koldioxidhalten inleder på 620 ppm för att sedan konstant öka upp till cirka 1100 ppm. Den relativa fuktigheten ökade till en början från 34 % till 38 %, en nivå som sedan hölls konstant resterande mätperiod. Temperaturen var under hela mätningen cirka 22 °C. Luftkvaliteten ansågs vara okej och det termiska klimatet upplevdes som något varmt.

Partikelhalten observeras också öka under i stort sett hela mätperioden liksom koldioxidhalten, se Figur 17. Nivån vid start var ungefär 1300 pt/cc för att sedan öka upp mot 1550 pt/cc under slutet av mätperioden.

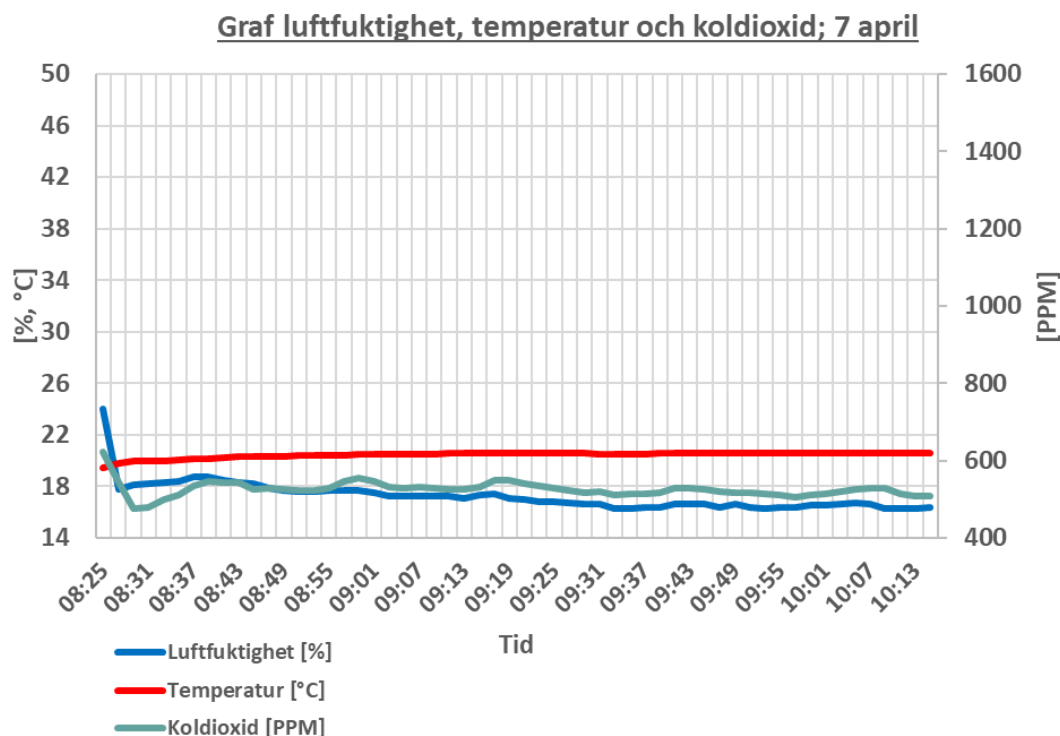


Figur 17 Graf över partikelhalt, 26 mars 2021.

Den initiala sänkningen kan bero på att mätutrustningen monterades på platsen som den sedan stod på under mätningen. Detta medförde att en person som stod mycket nära utrustningen kan ha höjt nivåerna på koldioxidhalt, relativ luftfuktighet och temperatur med sin närvaro. När personen sedan startade mätutrustningen och lämnade dess närområde sänktes nivåerna.

Höjden på donets spalter observerades inte att justeras under vistelsen. Både koldioxidhalten och den relativa luftfuktigheten var högre i detta grupprum i förhållande med de andra. De konstant stigande värdena för koldioxid och partikelhalt tyder på att ventilationsflödet inte fungerar korrekt i detta grupprum. Flödesgrafiken under mätperioden som redovisas i Bilaga 5 visar dock på ett varierande flöde som även går upp till cirka 20 l/s. Detta flöde kan dock ha varit otillräckligt för att samtliga värden ska vara på goda nivåer. Anledningen till detta kan vara att till exempel koldioxidgivaren har gått sönder och att flödet då endast är nog för att hålla temperaturen inom gränsvärdena. En annan möjlighet till dessa stigande värden kan vara att höjden på spalterna i donet ej regleras korrekt alternativt är blockerade, vilket kan innebära att flödet inte kan regleras korrekt.

## 5.2.5 Grupprum 302 (utan fönster)

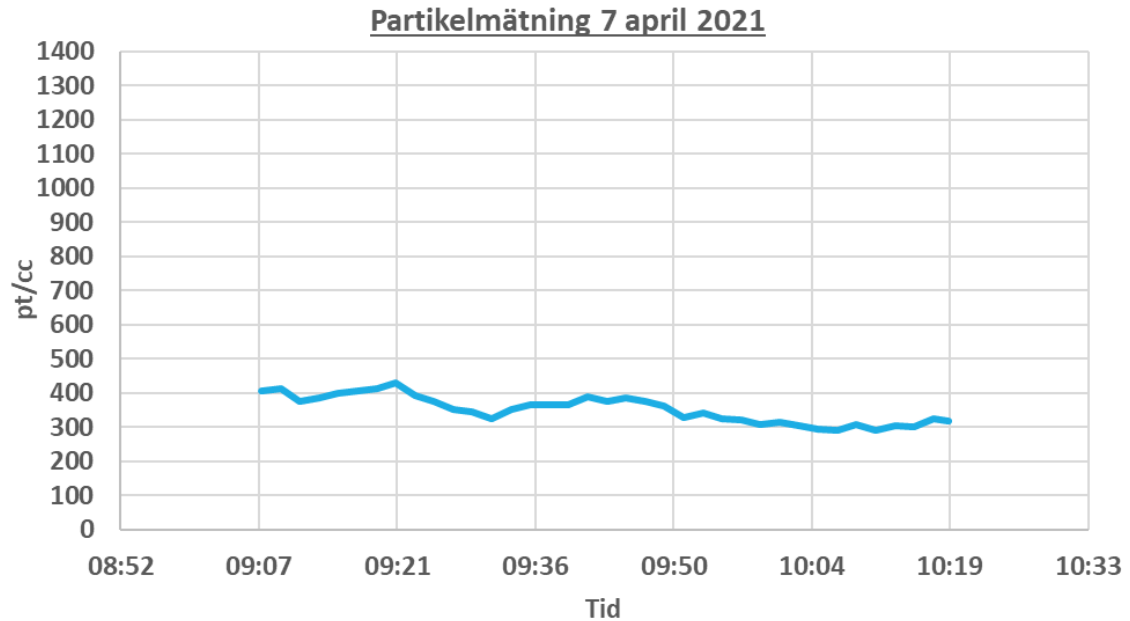


Figur 18 Graf över relativ luftfuktighet, temperatur och koldioxid, 7 april 2021.

Grupprum 302 är också ett grupprum utan fönster ut med en golvyta på 9,3 m<sup>2</sup> och en höjd på 2.5 m. Ventilationen består av ett tilluftsdon som är placerat i mitten av rummet ungefär 35 cm från taket. Frånluften förs ut genom ett överluftsdon som är placerat över dörren. Under mätningen vistades två personer i rummet under en tidsperiod av 1 timme och 15 minuter. Grupprummet hade ej brukats tidigare.

Insamlade mätvärden visar markant sänkning av både koldioxidhalt och relativ luftfuktighet inom de första fem minuterna av mätningen, se Figur 18. Efter sänkningen steg de båda nivåerna under en kort stund för att sedan sjunka till cirka 520 ppm respektive 17 %. Höjden på donets spalter var konstant men observerades vara högre än vid övriga grupprum. Temperaturen ökade med cirka 1 °C under mätningen från 19,5 °C till 20,5 °C. Luften uppfattades som torr och temperaturen ansågs vara något låg.

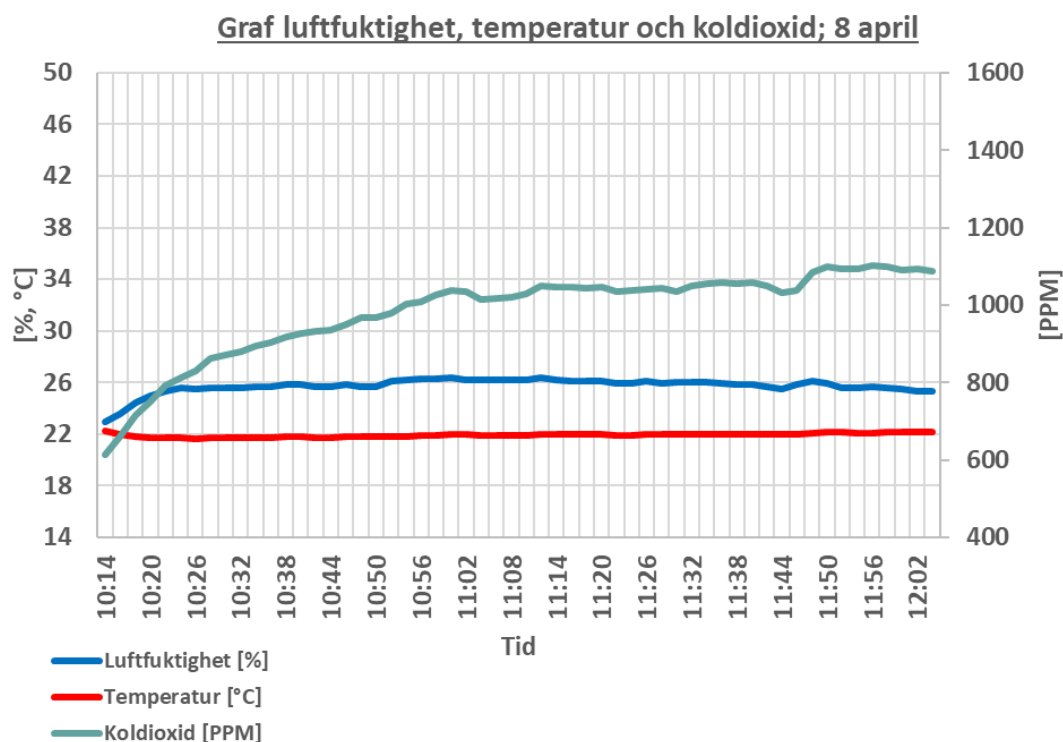
Även partikelhalten som visas i Figur 19 är låg med en halt på runt 300–400 pt/cc under hela mätperioden. Vid början av mätningen är partikelhalten 400 pt/cc för att sakta sjunka ner mot 300 pt/cc.



*Figur 19 Graf över partikelhalt, 7 april 2021.*

De konstant låga nivåerna på alla parametrar indikerar att ventilationsflödet i grupprummet har varit väldigt hög under hela mätperioden. Troligtvis har tilluftsflödet konstant varit på närvaroflöde eller högre, vilket betyder att donet har varit felaktigt under denna period och det kan antas att sensorerna ej fungerade korrekt. En tydlig indikation på detta är även att lufttemperaturen är lägre än vanligt. Under denna mätperiod låg lufttemperaturen nära 20 °C i stället för det annars normala värdet 22 °C. Efter att ha samtalat med Mehrdad Micko Samari, drifttekniker på Akademiska Hus, bekräftades det att flödet var konstant på närvaroflöde under vistelsen.

## 5.2.6 Grupprum 306 (utan fönster)



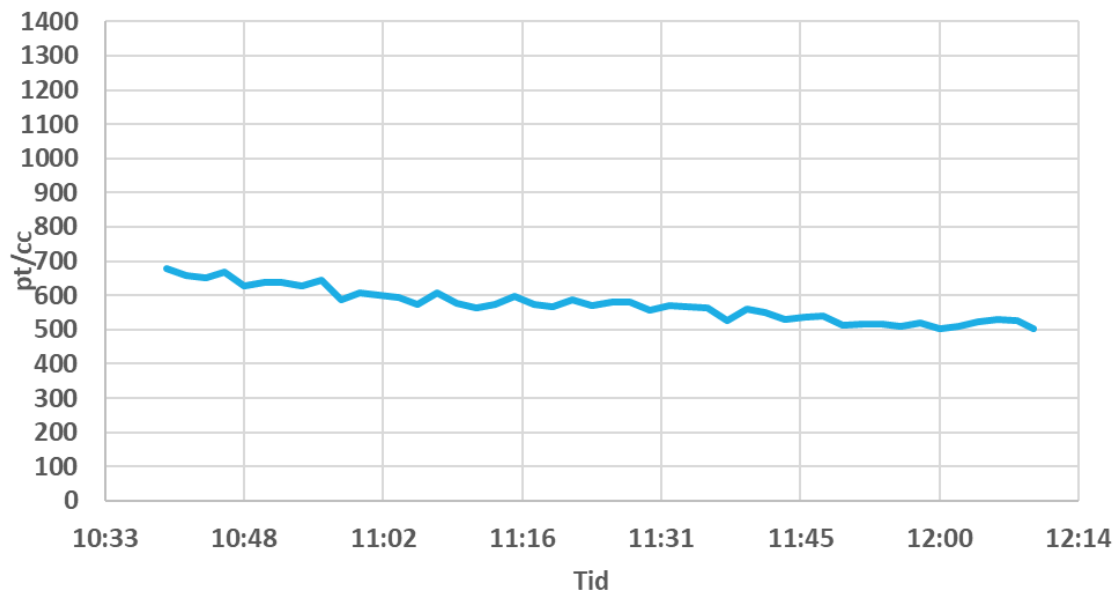
Figur 20 Graf över relativ luftfuktighet, temperatur och koldioxid, 8 april 2021.

Grupprum 306 är 9,3 m<sup>2</sup> med en takhöjd på 2,5 m. Inga fönster ut finns i rummet och glaspartiet mot korridoren är 3,3 m<sup>2</sup>. Ventilationen består av ett tilluftsdon som är placerat i mitten av rummet. Frånluften förs ut genom ett överluftsdon som är placerat över dörren. Under mätningen vistades två personer i rummet under en tidsperiod av 1 timme och 25 minuter. Grupprummet har även tidigare under dagen använts.

Koldioxidhalten ökade till cirka 1100 ppm under vistelsen och den relativa fuktigheten ökade till en början men hölls på en jämn nivå på cirka 30 % efter cirka 30 minuter för att sedan minska något mot slutet enligt Figur 20. Temperaturen var konstant under vistelsen och höll sig runt 22 °C. Höjden på donets spalter ökade ej under vistelsen. Både koldioxidhalten kan ses vara relativt hög jämfört med andra grupprum. Under vistelsen ansågs luftkvaliteten vara okej men med en behaglig temperatur.

Partikelhalten i grupprummet visas i Figur 21 och är relativt låg och konstant under hela mätperioden. Den inledande partikelhalten är på 700 pt/cc för att långsamt sjunka till ett avslutande värde på 500 pt/cc.

### Partikelmätning 8 april 2021

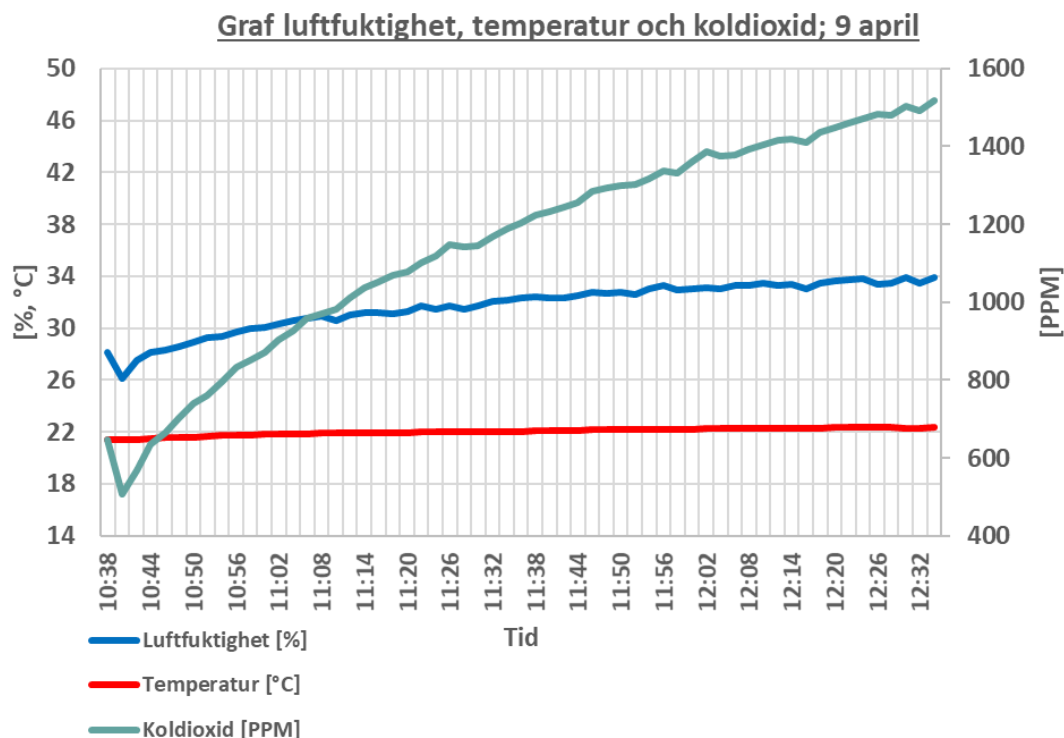


Figur 21 Graf över partikelhalt, 8 april 2021.

Graferna på koldioxid- och partikelhalt skiljer sig stort från varandra. Trots den stigande koldioxidhalten sjunker partikelhalten. Anledningen till det är svårt att dra en slutsats om, det kan bero på att personerna satt ovanligt stilla.

Koldioxidhalten stiger de första 45 minuterna av mätperioden för att sedan plana av och vara konstant runt 1100 ppm. Detta betyder att ventilationsflödet förändras av den ökade koldioxidhalten och närvaron i rummet, som även bekräftas av Bilaga 6 som beskriver luftflödet i rummet och detta ses variera under vistelsen. Dock är den högsta koldioxidhalten högre än i andra liknande grupprum med samma antal personer, vilket kan betyda att gränsvärdet för koldioxidhalt skiljer sig eller att höjden på spalterna av donet ej öppnas korrekt. Det kan även bero på att koldioxidgivaren ej fungerar och att flödet endast går på temperatur och närvarogivaren. Om dessa är inom gränsvärden så kommer flödet då ej öka mer.

## 5.2.7 Grupprum 502 (utan fönster)



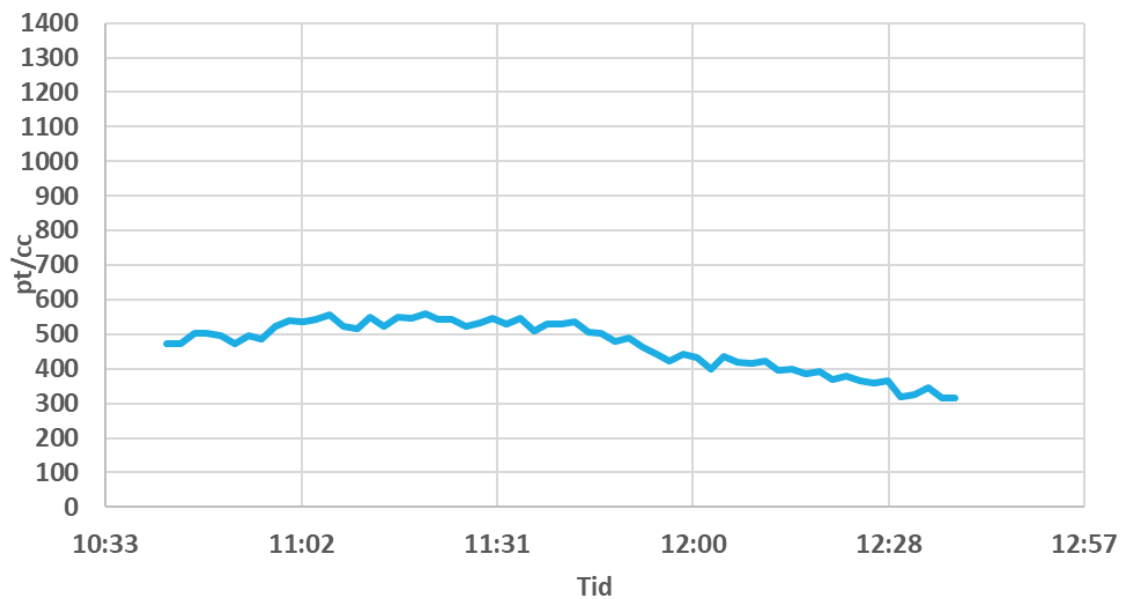
Figur 22 Graf över relativ luftfuktighet, temperatur och koldioxid, 9 april 2021.

Detta grupprum är 9,3 m<sup>2</sup> och har ej några fönster ut men har ett glasparti mot korridoren på 3,3 m<sup>2</sup>. Ventilationen består av ett tilluftsdon som är placerat i mitten av rummet och frånluften förs ut genom ett överluftsdon som är placerat över dörren. Under mätningen vistades två personer i rummet under en tidsperiod av cirka två timmar. Grupprummet hade ej brukats tidigare och stått med stängd dörr.

Koldioxidhalten sänktes initialt för att sedan öka igen enligt Figur 22. Koldioxidhalten ökade stadigt från 580 ppm upp till cirka 1500 ppm under vistelsen. Den relativa fuktigheten ökade till en början från 26 % men hölls sedan på en jämn nivå runt 33 % efter cirka en timme. Temperaturen ökade med cirka 1 °C från startvärdet 21 °C. Luftens upplevdes som kvav och personerna som vistades i rummet kände sig lätt dåsiga efter vistelsen.

Partikelhalten var relativt låg under hela mätningen som visas i Figur 23 och inledde på en nivå runt 500 pt/cc. En mindre ökning av halten uppvisades under första halvtimmen för att sedan plana ut med ett maximalt värde på 560 pt/cc. Vid 11:45 minskar partikelhalten igen fram till slutet av mätningen där nivån låg på 300 pt/cc.

### Partikelmätning 9 april 2021



Figur 23 Graf över partikelhalt, 9 april 2021.

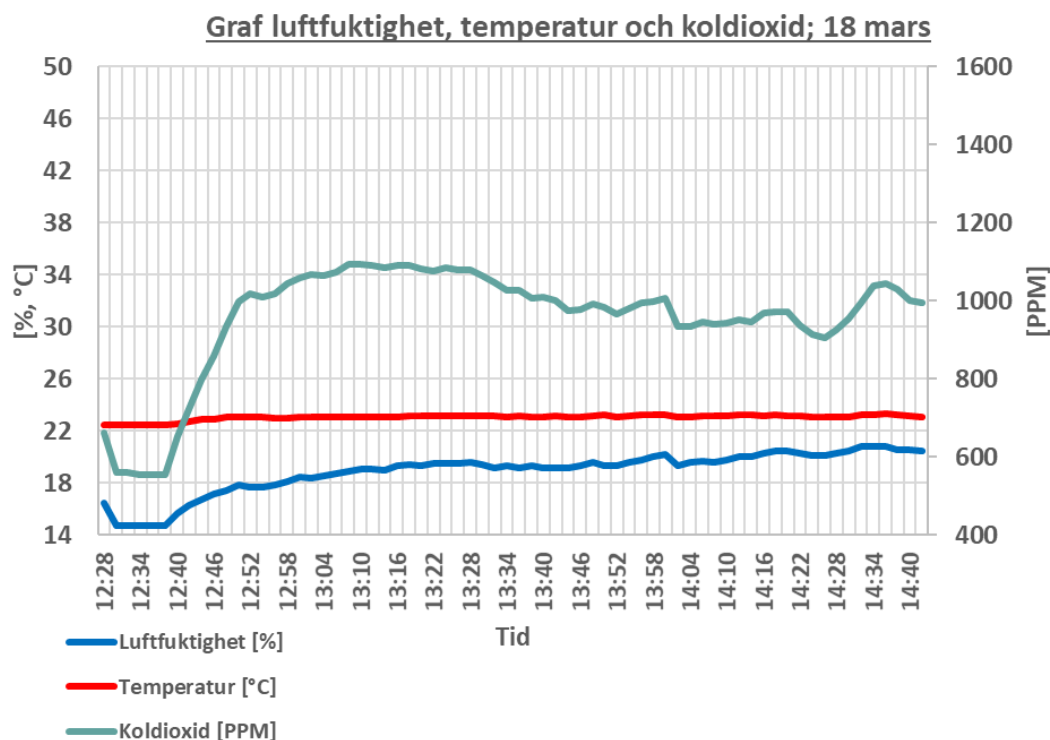
Den initiala sänkningen kan bero på att mätutrustningen monterades på platsen som den sedan stod på under mätningen. Detta medförde att en person som stod mycket nära utrustningen kan ha höjt nivåerna på koldioxidhalt, relativ luftfuktighet och temperatur med sin närvaro. När personen sedan startade mätutrustningen och lämnade dess närområde sänktes nivåerna.

Under mätperioden observerades aldrig en ökning av höjden på donets spalter. Koldioxidhalten och den relativa luftfuktigheten var också betydligt högre i detta grupprum i förhållande till de andra. Däremot så ökar flödet enligt Bilaga 7 med den stigande koldioxidhalten under hela mätningen vilket indikerar att något är fel. Det kan bero på att luften ej når ut till rummet på grund av att höjden på donets spalter ej ökar som de ska. Det kan även bero på att någon av givarna är trasiga och att flödet då ej regleras korrekt.

## 5.2.8 Grupprum 513 (med fönster)

I grupprum 513 utfördes både en mätning med fyra personer och en med två personer vistandes i rummet.

### 5.2.8.1 Mätning med fyra personer



Figur 24. Graf över relativ luftfuktighet, temperatur och koldioxid, 18 mars 2021.

Grupprum 513 har en golvyta på 11 m<sup>2</sup>, takhöjd på 3,05 m och har fönster på cirka 4,4 m<sup>2</sup> i nordlig riktning samt ett glasparti ut mot korridoren på 3,3 m<sup>2</sup>. Ventilationen består av ett tilluftsdon som är placerat 1 meter in i rummet och 40 centimeter från taket. Frånluften förs ut genom ett överluftsdon som är placerat över dörren. Under mätningen vistades fyra personer i rummet under en tidsperiod av 2 timmar och 15 minuter. Grupprummet var brukat sedan tidigare.

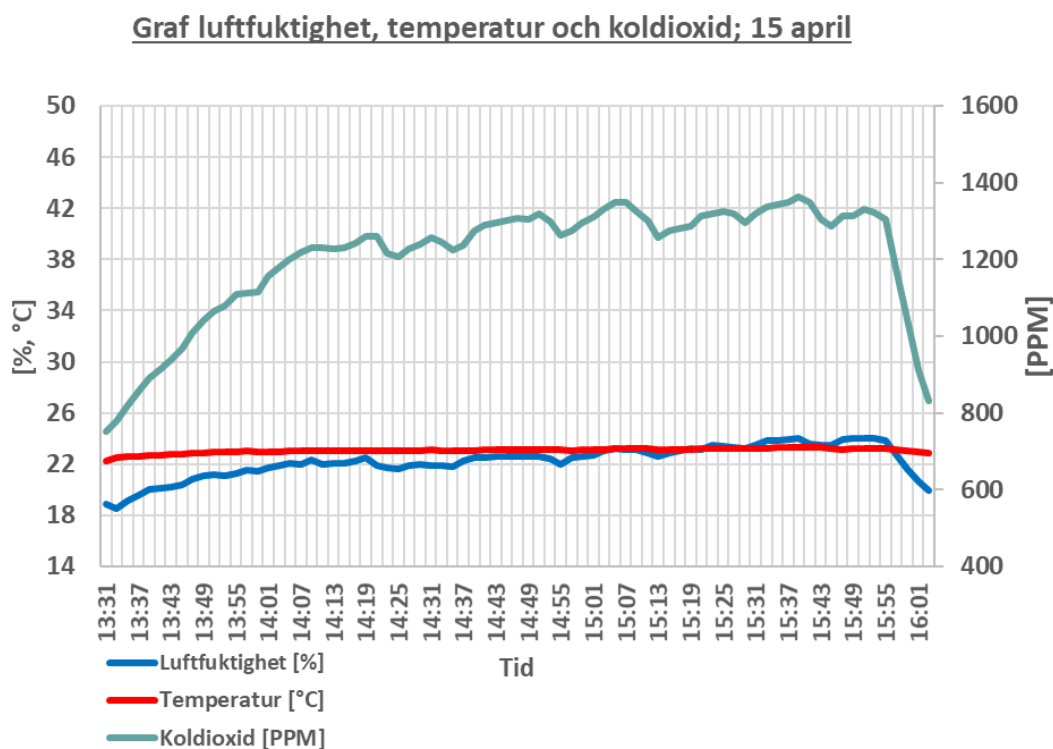
I början av mätningen kan en sänkning ses i koldioxidhalt och relativ luftfuktighet, se Figur 24. Nivåerna hålls konstanta i cirka tio minuter då rummet var tomt.

Koldioxidhalten vid start är 550 ppm för att sedan öka kraftigt till cirka 1100 ppm efter 40 minuter. Därefter sänks koldioxidhalten under en längre period för att stabiliseras runt 1000 ppm. Mellan tidpunkten 14.25 och 14.30 ses en minskning i samtliga mätvärden. Därefter ökade koldioxidhalten i luften under en kort period för att sedan återigen går ner till cirka 1000 ppm. Den relativa luftfuktigheten var låg under hela mätningen men ökade från 15 % till 21 %. Temperaturen ökade från startvärdet 21 °C till 22 °C vid slutet av mätperioden.

Personerna beskrev temperaturen och luftkvaliteten som ganska behaglig men efter uppmätt tidsperiod föredrogs det att öppna dörren under några minuter för att vädra.

Den relativa luftfuktigheten och koldioxidhaltens hastiga reducering i början av mätningen beror på att monteringen av utrustningen. Detta då en person vid montering står i området nära mätutrustningen och därmed ökar nivåerna. Därefter står gruppummet tomt i tio minuter innan användarna gick in. Koldioxidhalten ökar sedan påtagligt initialt då det tar tid innan luften omsätts. Donet kan enligt Bilaga 8 ses ge närvaroflöde redan när första personen gick in i rummet men som skrivet tar det cirka 40 minuter innan effekten av detta ses. Höjden på donets spalter observerades även att höjas under mätningen. Trots att temperaturen ses vara relativt konstant upplevde personerna som vistades i rummet att det blev varmare med tiden. Detta kan delvis bero på att luften upplevs som varmare när den relativa fuktigheten ökar. En annan förklaring kan vara att personerna satt nära mycket varandra under en längre tid. Personerna avger lika mycket värme som när de skulle suttit ensamma men eftersom någon med liknande värmestrålning och temperatur sitter så pass nära blir det svårare för kroppen att avge värmen och kyla ner sig.

### 5.2.8.2 Mätning med två personer



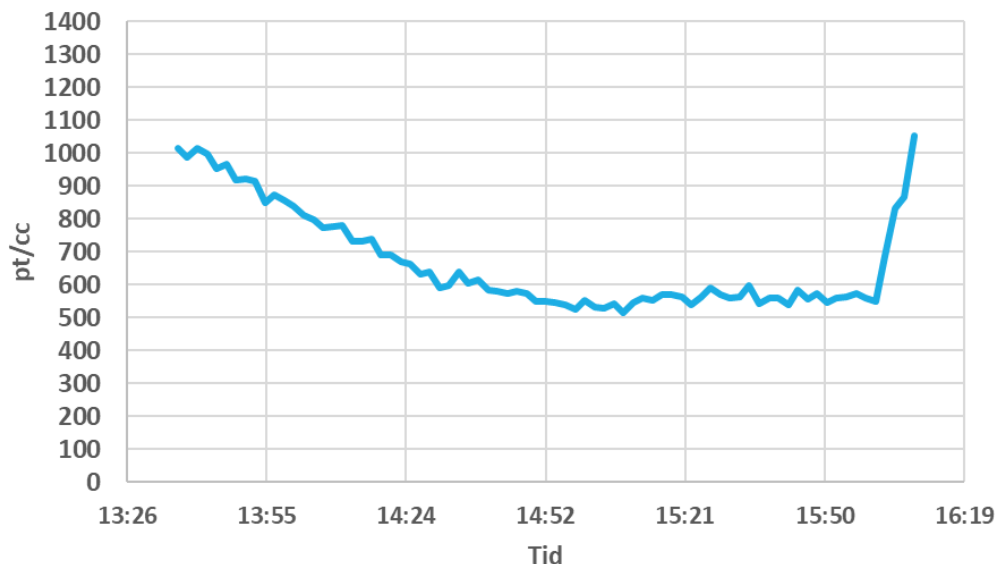
Figur 25 Graf över relativ luftfuktighet, temperatur och koldioxid, 15 april 2021.

Under denna mätning vistades två personer i rummet under en tidsperiod av 2 timmar och 30 minuter. Gruppummet var använt tidigare under dagen men hade stått tomt med stängd dörr i cirka en timme.

Koldioxidhalten redovisas i Figur 25 och ökade succesivt under första 50 minuterna från startvärdet 750 ppm till cirka 1350 ppm. Halten koldioxid ökar och minskar under mätperioden mellan 1200 ppm och 1400 ppm. Även den relativa fuktigheten steg under mätningen, från 19 % till ett maxvärde på 24 %. Temperaturen var

konstant under mättiden runt 23 °C. Luftens upplevdes som kvav och personerna som vistades i rummet kände sig trötta efter vistelsen.

#### Partikelmätning 15 april 2021



Figur 26 Graf över partikelhalt, 15 april 2021.

Trots att både koldioxidhalten och den relativa fuktigheten ökade under vistelsen så sänktes mängden partiklar i luften fram till att dörren öppnades i slutet av mätningen, se Figur 26. Det högsta värdet på partikelhalt under mätningen var i början och slutet av mätningen där halten var drygt 1000 pt/cc. Som lägst var halten 500 pt/cc, vilket skedde i mitten av mätningen.

Under mätningen nådde koldioxidhalten ovanligt höga nivåer, till och med högre nivåer än när det vistades fyra personer i rummet. Detta indikerar att en otillräcklig luftomsättning skedde. Anledningen till detta kan vara att sensorerna ej fungerade som de skulle då till exempel närvarosensorn endast reagerade när ett föremål viftades inom ett par centimeter av sensorn. Höjden på spalterna ökade under en kort stund efter detta för att sedan minska igen. Detta visas även i flödet i Bilaga 9 där det varierar mycket under vistelsen. Då mätningarna skedde med cirka en månads mellanrum kan donet med dess givare kan ha gått sönder under denna tidsperiod. Efter att ha samtalat med Samari från Akademiska Hus bekräftades det att ingen närvaro hade registrerats under mätningen.

Minskningen i mätvärden vid öppnandet av dörren indikerar att koldioxidhalten, relativa fuktigheten och temperaturen är lägre i korridoren tack vare färre antalet människor och större utrymme. Ökningen av partiklar kan antas bero på öppnandet av dörren i slutet av mätningen ledde till att mer partiklar kastades upp från golvet.

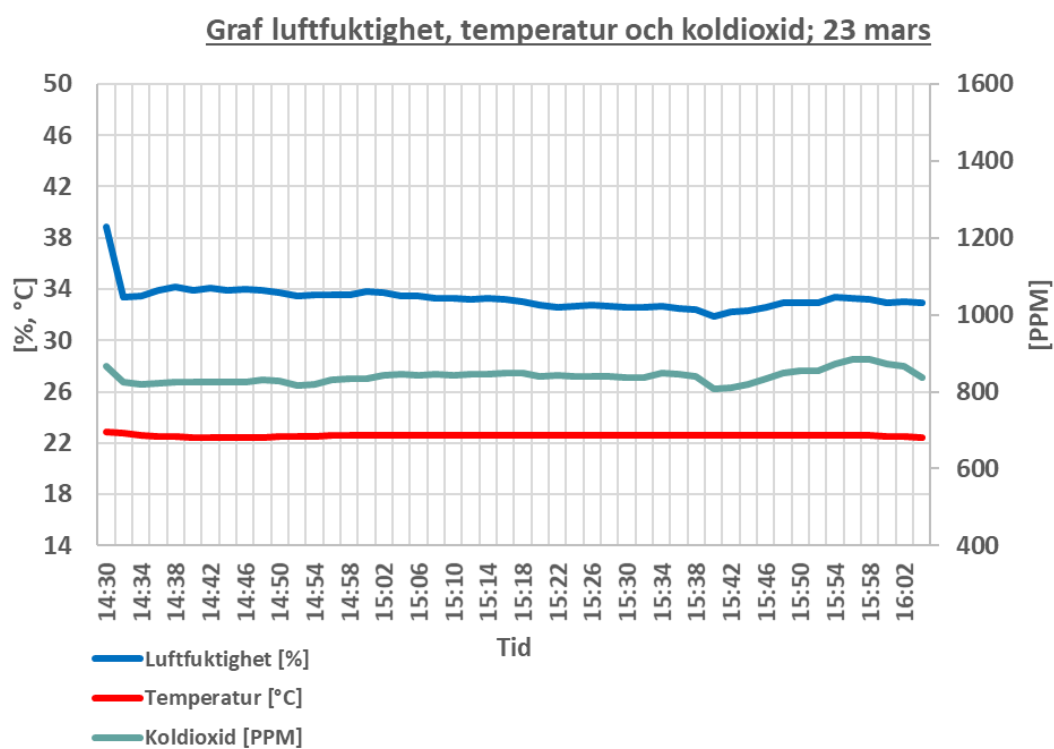


Figur 27 Tilluftsdon med visuellt synliga stängda respektive öppna spjäll.

## 5.2.9 Grupprum 410 (med fönster)

Två olika mätningar utfördes i grupprum 410. En mätning den 23 mars med tre personer vistades och en den 25 mars med två personer vistades i rummet.

### 5.2.9.1 Mätning med tre personer



Figur 28 Graf över relativ luftfuktighet, temperatur och koldioxid, 23 mars 2021.

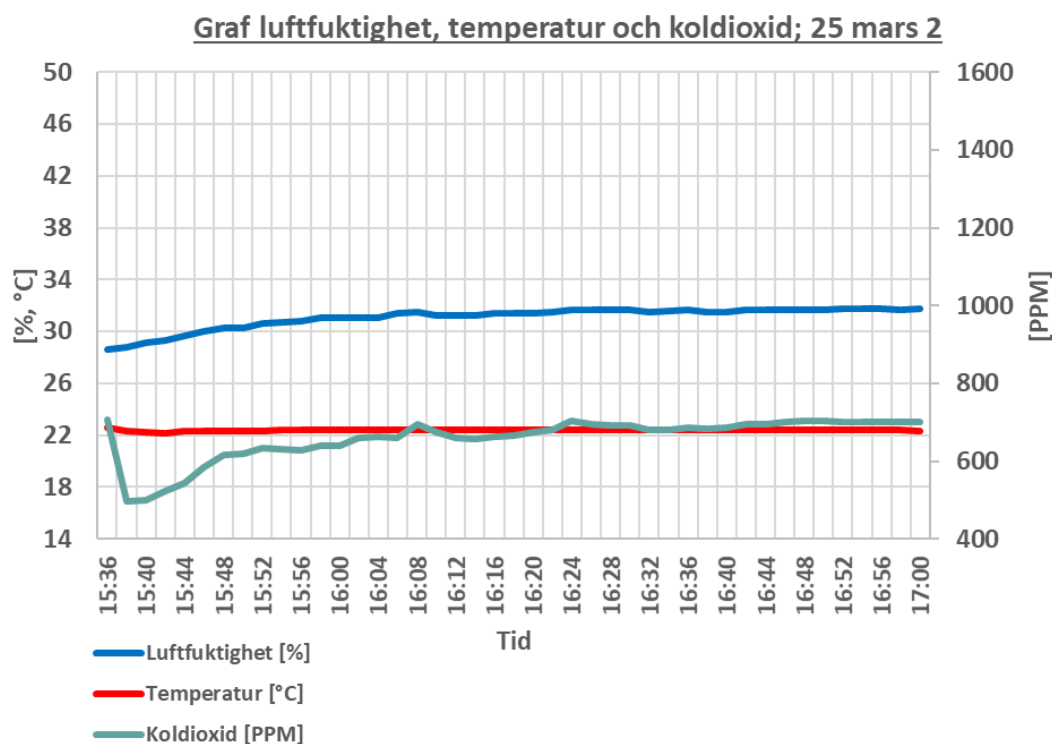
Grupprum 410 har också en golvyta på 11 m<sup>2</sup>, takhöjd på 3,05 m och fönster på cirka 4,4 m<sup>2</sup> i nordlig riktning. Dessutom har grupprummet ett glasparti ut mot korridoren på 3,3 m<sup>2</sup>. Ventilationen består av ett tilluftsdon som är placerat i mitten av rummet. Frånluften förs ut av tre frånluftsdon. Det finns även ett överluftsdon mellan grupprummet och intilliggande serverrum. Dessa don är integrerade i taket. Under mätningen vistades 3 personer i rummet under en tidsperiod av 1 timme och 40 minuter. Grupprummet hade brukats tidigare på förmiddagen men stått tomt i cirka tre timmar med stängd dörr.

I början av mätningen kan en sänkning ses i koldioxidhalt, relativ fuktighet och temperatur, se Figur 28. Den relativa luftfuktigheten sänktes från start något fram till cirka 15:40 då den började öka igen. Över lag var den relativa luftfuktigheten konstant och låg mellan 32–34 %. Halten av koldioxid i luften låg relativt stabilt på cirka 850 ppm. Variationer på både koldioxidhalt och relativ fuktighet ses dock mellan 15:40 och 16:00. Temperaturen låg stabilt på cirka 23 °C. Personerna som vistades i grupprummet meddelade att luftkvaliteten initialt var behaglig men de tyckte att det blev kvavare mot slutet av mätningen. Två av tre kände sig tröttare och en person klagade på lätt huvudvärk.

Vid montering och startande av mätutrustning vistades en person på kort avstånd från instrumentet. Detta leder till att det sker en momentan ökning av bland annat koldioxid, när personen sedan lämnar närområdet sker en minskning ibland annat koldioxidhalt. Relevant data visas i detta fall därför endast från 14:30.

Trots att personerna som vistades i grupprummet hade kommentarer angående något sämre luftkvalitet mot slutet finns ej mätvärden som kan ge en förklaring till detta. Samtliga nivåer låg stabilt under hela vistelsen och enligt Bilaga 10 reglerades luftflödet korrekt i förhållande mot koldioxidhalten under hela mätningen. Endast en skillnad på cirka 100 ppm i koldioxidhalt kan observeras vilket är en minimal skillnad. Symtomen som personerna uppvisade kan i stället tänkas bero på att de har arbetat under en längre period utan någon direkt paus.

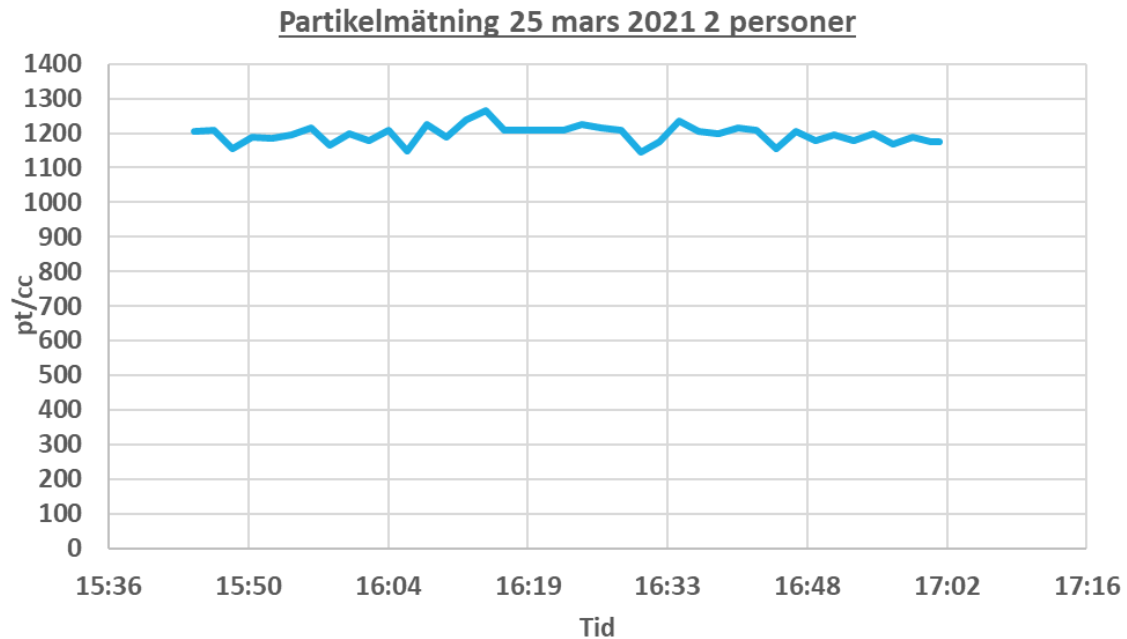
### 5.2.9.2 Mätning med två personer



Figur 29 Graf över relativ luftfuktighet, temperatur och koldioxid, 25 mars 2021.

I grupprum 410 utfördes även en mätning när två personer vistades i rummet under en tidsperiod av 1 timme och 40 minuter. Grupprummet hade brukats tidigare på förmiddagen men stått tomt i cirka fyra timmar med stängd dörr.

Nivåerna av koldioxid och temperatur minskade drastiskt första minuterna, se Figur 29. Halten av koldioxid ökade sedan från 500 ppm till cirka 700 ppm där den låg stabilt under resterande tid av vistelsen. Temperaturen låg stabilt på cirka 22,5 °C och den relativa fuktigheten på cirka 31 %. Både luftkvaliteten och det termiska klimatet var mycket behagliga under vistelsen. Mängden partiklar under mätningen redovisas i figur 30 och låg konstant runt 1200 pt/cc.

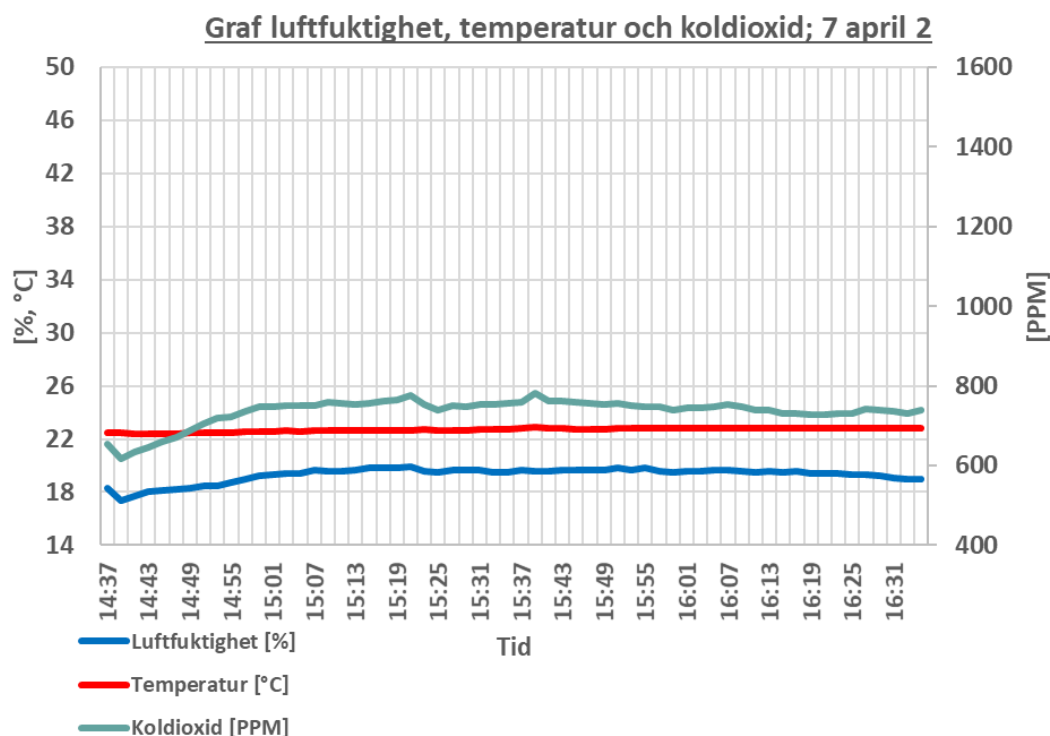


Figur 30 Graf över partikelhalt, 25 mars 2021.

I början av mätningen kan en sänkning ses i koldioxidhalt, relativ fuktighet och temperatur. Vid startande av mätutrustning vistades en person på kort avstånd från instrumentet. Detta leder till att det sker en momentan ökning av bland annat koldioxid, när personen sedan lämnar närområdet sker en minskning i bland annat koldioxidhalt. Relevant data visas därför endast från tidpunkt 15.40.

Luftkvaliteten uppfattades som mycket god under hela vistelsen. Detta speglar sig också i samtliga mätvärden där samtliga hölls kontanta och på goda nivåer. Enligt Bilaga 11 reglerade donet luftflödet utöver behov och detta fungerade väl. Om dessa mätvärden jämförs med de värden från mätningen med tre personer ser man en mindre skillnad i relativ luftfuktighet men en något större differens i koldioxidhalt där det skiljer cirka 150 ppm.

## 5.2.10 Grupprum 512 (med fönster)

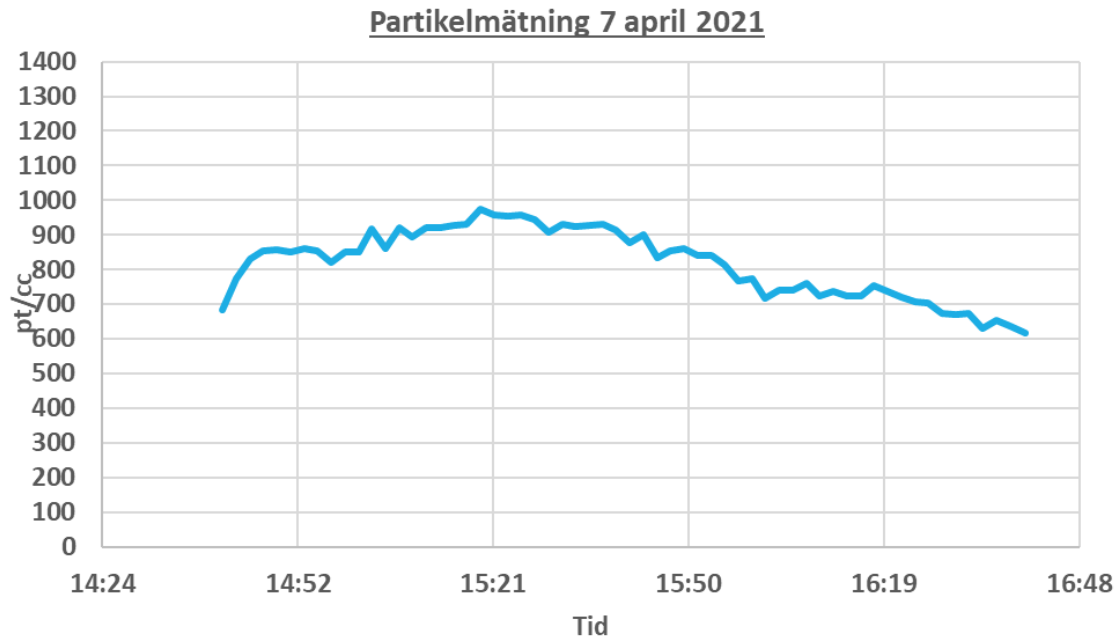


Figur 31 Graf över relativ luftfuktighet, temperatur och koldioxid, 7 april 2021.

Grupprum 512 är 11 m<sup>2</sup> stort med en takhöjd på 3,05 m och har fönster på 4,4 m<sup>2</sup> åt norr. Glaspartiet ut mot korridoren är 3,3 m<sup>2</sup>. Ventilationen består av ett tilluftsdon som är placerat cirka en meter in i rummet och 40 centimeter från taket. Frånluften förs ut genom ett överluftsdon som är placerat över dörren. Under mätningen vistades två personer i rummet under en tidsperiod av två timmar. Grupprummet var använt sedan tidigare men hade stått tomt med stängd dörr i cirka två timmar.

Initialt sänktes koldioxidhalten och den relativa luftfuktigheten. Efter detta skedde en ökning av både koldioxidhalten och den relativa luftfuktigheten till cirka 800 ppm respektive 20 %. Vid detta tillfälle observerades det att höjden på donets spalter ökade och därmed även luftflödet. Nivåerna minskade på relativ luftfuktighet och koldioxidhalt minskade efter detta till cirka 17 % respektive 720 ppm. Temperaturen i grupprummet var under hela mätperioden väldigt konstant kring 22,5 °C. Luften uppfattades som något torr men annars behaglig.

Partikelhalten i Figur 32 ökade initialt från 700 pt/cc och steg upp till cirka 975 pt/cc för att därefter minska under resten av vistelsen. Vid slutet av mätningen var halten 600 pt/cc.

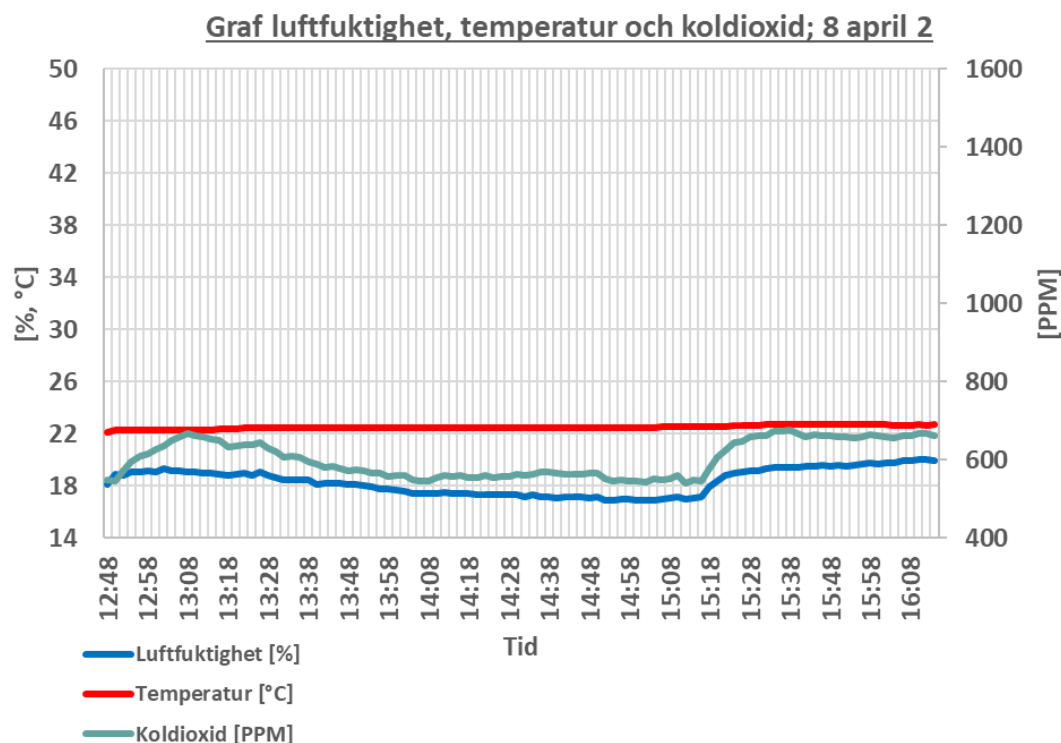


Figur 32 Graf över partikelhalt, 7 april 2021.

Insamlade mätvärden visar initialt på en sänkning av koldioxidhalt och relativ luftfuktighet som troligtvis beror på att luften kring mätaren hade tillfälligt högre värden på grund av personer nära utrustningen vid starten. När personerna sedan lämnar närområdet minskar nivåerna.

Samtliga mätvärden höll sig under mätningen på en relativt konstant nivå. Detta indikerar att donet reglerar som det ska. Detta styrks även av grafen på luftflödet som visas i Bilaga 12 som visar att flödet justeras under mätningen ett flertal gånger under vistelsen.

## 5.2.11 Grupprum 310 (med fönster)



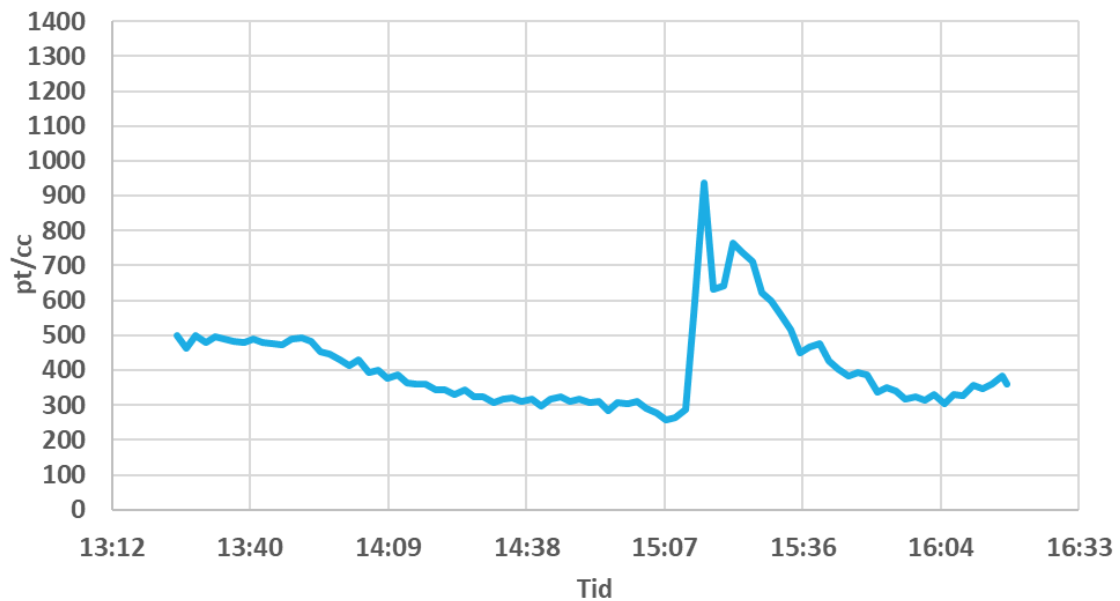
Figur 33 Graf över relativ luftfuktighet, temperatur och koldioxid, 8 april 2021.

Grupprum 310 är 11 m<sup>2</sup> med en takhöjd på 3,05 m och har en fönsteryta på 4,4 m<sup>2</sup> i nordlig riktning. Ventilationen består av ett tilluftsdon som är placerat i mitten av rummet. Frånluften förs ut av tre frånluftsdon. Det finns även ett överluftsdon mellan grupprummet och intilliggande serverrum. Dessa don är integrerade i taket. Under mätningen vistades två personer i rummet förutom mellan 13:30 och 15:15 då endast en person vistades i rummet. Mätningen skedde under en tidsperiod av 3 timmar och 30 minuter. Om grupprummet använts tidigare eller inte kunde ej avgöras.

Koldioxidhalten, se Figur 33, ökade initialt från 550 ppm och vid 13:10 nåddes 670 ppm innan halten sedan sjönk igen. Den relativa luftfuktigheten följer samma mönster där det startar på 18 % för att stiga till 19 %. Mellan 13:50 och 15:15 var koldioxidhalten och den relativa luftfuktigheten som lägst, cirka 550 ppm respektive 17 %. Vid 15:15 ses återigen en ökning den relativa luftfuktigheten och koldioxidhalten. Spalterna i donet började återigen vid 670 ppm öka, detta var strax före mätningens slut. Vid start av mätningen var temperaturen kring 22 °C för att vid slutet av mätperioden ha stigit till 22,5 °C. Luften kändes behaglig men något torr.

Mängden partiklar i rummet var till en början cirka 500 pt/cc. Detta sänktes sedan till så lågt som 250 pt/cc, se Figur 34. Vid cirka 15.00 ökade nivåerna märkbart igen till cirka 940 pt/cc för att därefter återigen minska till cirka 400 pt/cc.

### Partikelmätning 8 april 2021



Figur 34 Graf över partikelhalt, 8 april 2021.

Den mer påtagliga sänkningen vid 13:50 berodde på att en person lämnade rummet. Den ökning som skedde vid 15:15 berodde på att personen återvände. Bilaga 13 visar luftflödet under vistelsen och man ser tydliga samband kring när personen lämnade och återvände. Detta visar hur mycket partikelnivån kan påverkas av rörelse. Gränsvärdet för detta grupprum ser enligt grafen i Figur 33 att vara runt 670 ppm. Luftflödet reglerades tydligt utefter koldioxidhalten som berodde på antalet personer i rummet och ett gott inneklimat hölls under hela vistelsen.

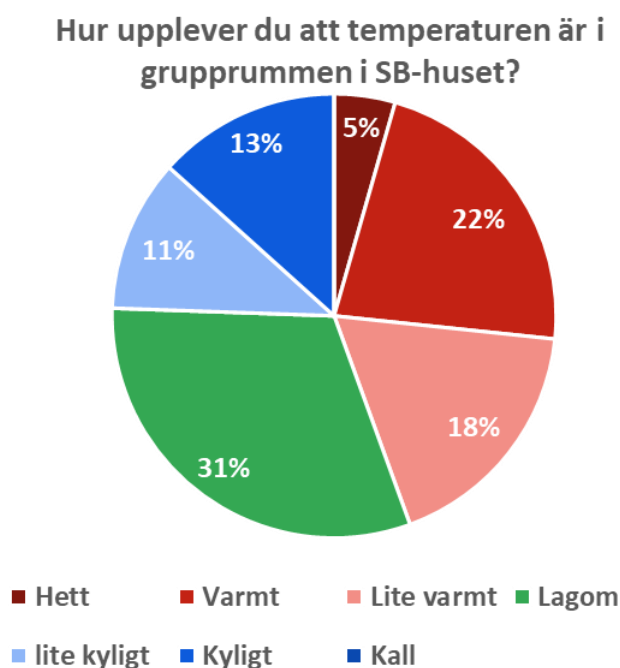
## 5.3 Enkätresultat

Enkäten skickades främst ut till studenter som läser tredje året på samhällsbyggnadsteknik på Chalmers via en gemensam Facebook-grupp. Utöver detta skickades även enkäten till vissa studenter som befann sig i grupprummen i samband med utförda mätningar. Totalt svarade 44 personer på enkäten. Frågorna fokuserade på hur klimatet i grupprummen upplevs av studenterna och om de känt av besvär vid vistelse i rummen. Syftet med enkäten var därför att få användarnas egna åsikter och upplevelser för att kunna jämföra med de uppmätta resultaten för att bättre förstå ventilationens faktiska prestanda.

De inledande frågorna fokuserade på att få respondenternas generella uppfattning om hur temperaturen, luftfuktigheten och luftkvaliteten är i grupprummen. Dessutom ställdes även frågor om respondenterna upplevt besvär i samband med användning av grupprummen.

### 5.3.1 Frågor gällande temperatur

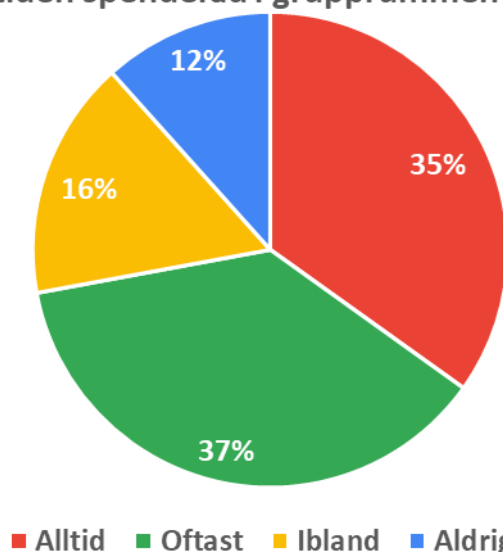
Diagrammet i Figur 35 nedan visar att 45 % av respondenterna upplever att temperaturen är lite varm eller ännu varmare medan endast 31 % anser att temperaturen är lagom. Resterande 24 % anser att temperaturen är lite kylig eller kylig.



Figur 35    *Upplevda temperaturen i grupprummen*

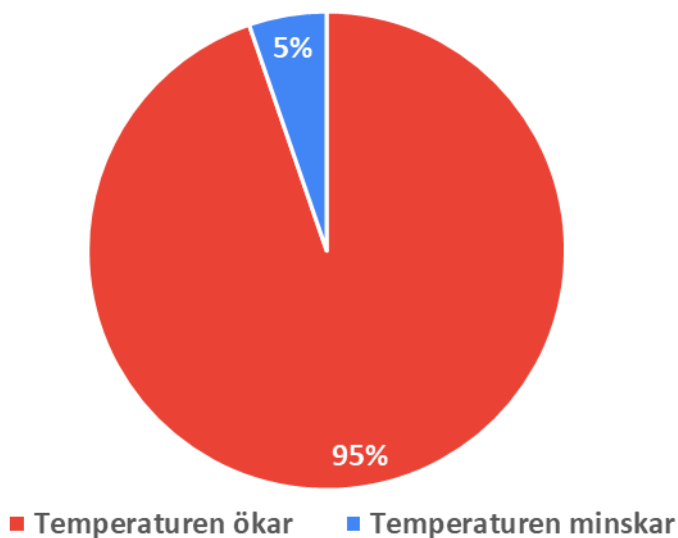
Figur 36 visar att 88,4 % upplever att temperaturen förändras med tiden som spenderas i grupprummen, där 34,9 % anser att temperatur alltid förändras och 37,2 % anser att temperaturen oftast förändras vid vistelse i rummet. Endast 11,6 % anser att temperaturen aldrig förändras och alltid är stabil oavsett hur länge de sitter i grupprummet. Figur 37 redovisar följdfrågan där 94,7 % anser att temperaturen ökar med tiden spenderad i rummet och resterande 5,3 % upplever att temperaturen i stället minskar.

Upplever du att temperaturen förändras med tiden spenderad i grupprummen?



Figur 36 Temperaturens tidsberoende i grupprummen

Om JA: Hur förändras temperaturen?

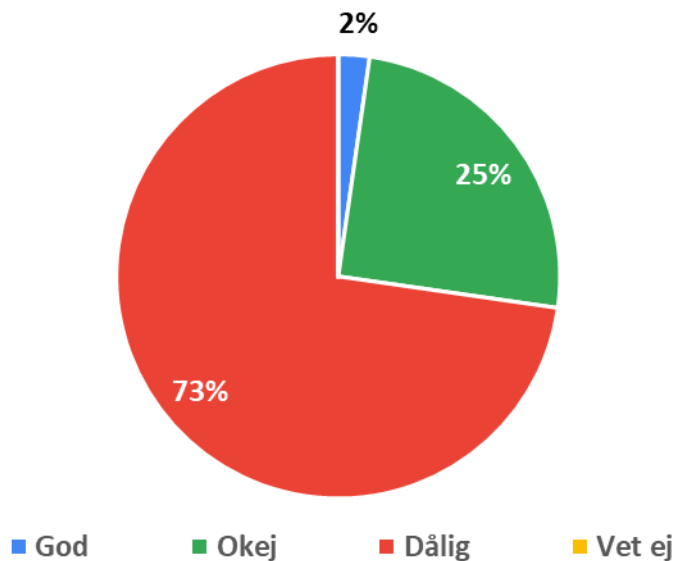


Figur 37 Upplevda temperaturförändringen i grupprummen

### 5.3.2 Frågor gällande luftkvalitet

I Figur 38 redovisas hur respondenterna upplever luftkvaliteten i grupprummen. Här anser hela 73 % att luftkvaliteten är dålig och 25 % anser att luftkvaliteten är okej. Endast 2 % anser att luftkvaliteten är god. Detta visar alltså på att majoriteten av användarna av grupprummen upplever att luftkvaliteten kan vara bättre.

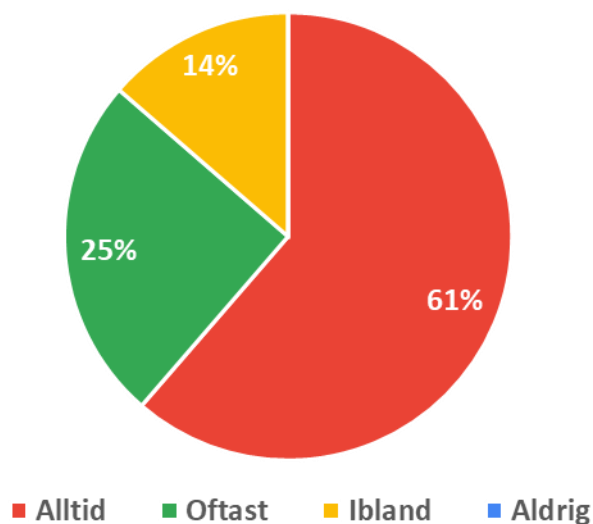
### Hur upplever du att luftkvaliteten är i grupprummen i SB-huset?



Figur 38 Upplevda luftkvaliteten i grupprummen

Figur 39 nedan visar att 86,4 % anser att luftkvaliteten alltid eller oftast förändras med tiden spenderad i grupprummen. Dessutom har ingen kryssat i att luftkvaliteten aldrig förändras vid vistelse i rummet. I kombination med resultatet på följdfrågan som redovisas i Figur 40 som visar att alla anser att luftkvaliteten försämras med tiden ger detta en indikation på att luftkvaliteten inte alltid är optimal.

### Upplever du att luftkvaliteten förändras med tiden spenderad i grupprummen?



Figur 39 Luftkvalitetens tidsberoende i grupprummen

### Om JA: Hur förändras luftkvaliteten?

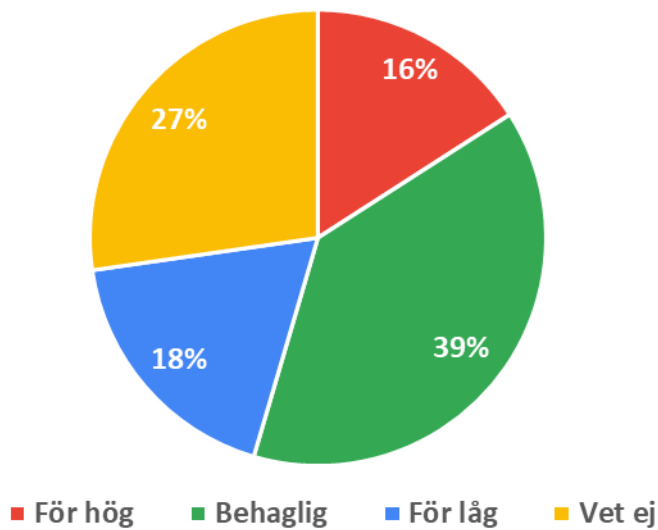


Figur 40 Upplevda luftkvalitetsförändringen i grupprummen.

### 5.3.3 Frågor gällande fukthalt

Figur 41 illustrerar respondenternas svar gällande den upplevda fukthalten i grupprummen. 39 % anser att fukthalten är behaglig medan ungefär samma antal tycker att fukthalten är för hög respektive för låg, då 16 % anser att fukthalten är för hög och 18 % anser att fukthalten är för låg. Dessutom har 27 % av svarande uppgett att de ej vet hur de upplever fukthalten i grupprummen. Detta grundar sig i att människans förmåga att bedöma den relativa luftfuktigheten i ett rum är begränsad (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Därför bör dessa svar utvärderas med detta faktum i beaktning.

### Hur upplever du att fukthalten är i grupprummen i SB-huset?

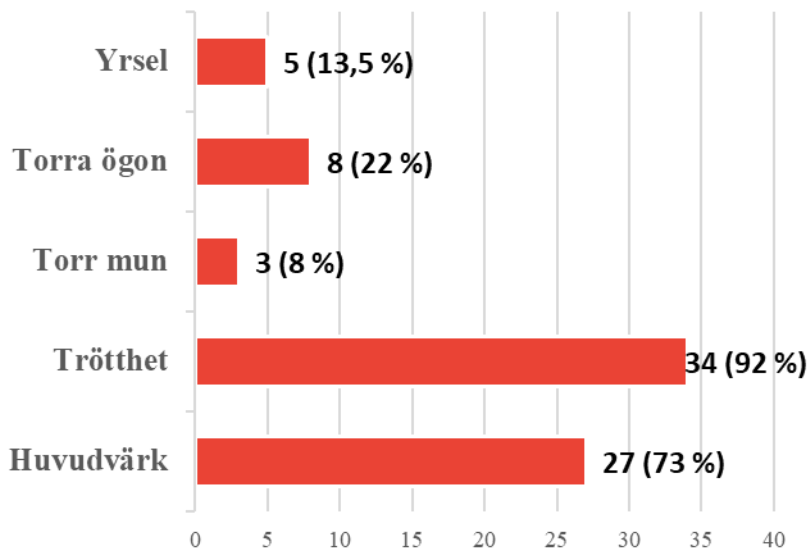


Figur 41 Upplevda fukthalten i grupprummen.

#### 5.3.4 Frågor gällande besvär vid vistelse i grupprum

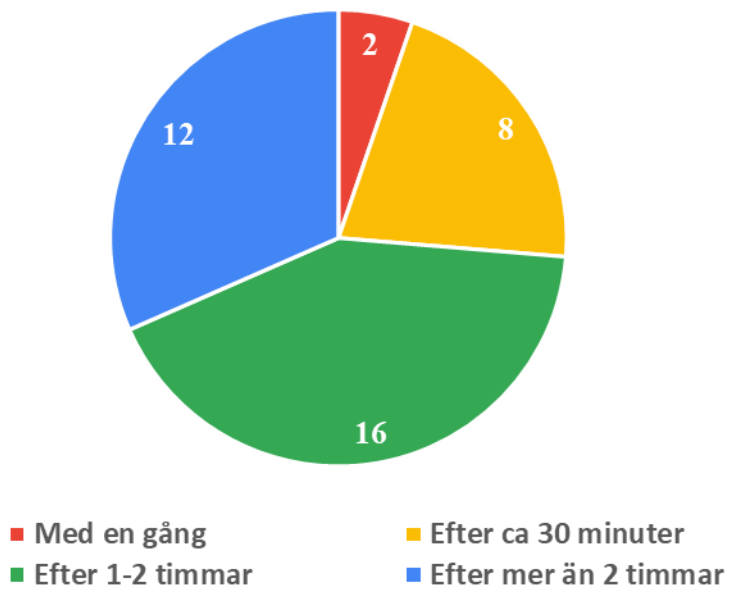
De sista frågorna på enkäten gällde om studenterna upplevde någon typ av besvär vid användning av grupprummen. Svartalternativen är typiska besvär som kan upplevas vid hög koldioxidhalt och temperaturavvikelser. Figur 42 visar respondenternas svar. De vanligaste besvären som studenterna upplever i grupprummen är trötthet och huvudvärk, där 91,9 % har angett att de upplever trötthet och 73 % har svarat att de upplever huvudvärk. Vissa har även uppgett att de upplever torr mun, torra ögon och yrsel vid vistelse i grupprummen. Dessa besvär behöver inte alltid vara orsakade av luftkvaliteten, men kan ge en indikation på problem med ventilationen. Sista frågan som redovisas i Figur 43 ger en indikation på hur lång tid det tar innan dessa besvär framträder. Det vanligaste är att symptom upplevs efter 1–2 timmar eller efter 2 timmar. 21,1 % upplever symptom redan efter 30 minuter medan 5,3 % anser att besvären uppstår direkt.

### Upplever du några av följande besvär vid användning av grupprummen?



Figur 42 Upplevda besvär vid vistelse i grupprummen.

### Om JA: Efter hur lång tid uppkommer dessa besvär?



Figur 43 Tid för upplevda besvär vid vistelse i grupprummen.

## 5.4 Beräkningar

Vid beräkning av energibehovet kan en stor skillnad ses mellan CAV-systemet och DCV-systemet. Vid varierande flöde så blev den totala energianvändningen cirka 123 respektive 134 kWh. Vid ett konstant flöde blev den totala energianvändningen 225 kWh. Förutsatt att DCV-systemet kan reglera korrekt så sparas i dessa fall 40–45 %, se beräkningar i Bilaga 14 och 15.

Under de dagar som DCV-systemet fungerar korrekt kan stora energibesparingar göras. I beräkningarna görs dock många antaganden. DCV-systemet reglerar till exempel inte direkt från minflöde till närvaroflöde utan det tar en stund att komma upp i högre flöden. Tilluftstemperaturen antas vara konstant men även denna kan variera. Syftet med beräkningen är att i grova drag illustrera att ett DCV-system kan vara mycket mer effektivt än en CAV-system. Under de dagar som det sker tung belastning kan energibesparingarna bli mindre då närvaro och maxflöde brukas under större delen av tiden.

## 6 Diskussion

Resultaten från mätningarna visar att ventilationens funktion varierar i de olika grupprummen. Under de mätningar som utfördes varierade utfallen på samtliga parametrar förutom temperaturen, som nästintill alltid hålls konstant. Under 10 av de 14 (cirka 71 %) mätningar som genomfördes ansågs luftkvaliteten och det termiska klimatet vara tillfredställande. Detta är baserat på att delvis de intervjuer som genomförts med personerna som vistades i grupprummen under mätning, samt baserat på de värden på koldioxidhalt, partiklar, relativ luftfuktighet och temperatur. Samtliga parametrar har under dessa mätningar nästintill alltid varit inom gränserna för det som anses vara ett bra inneklimat.

Det är dock en parameter som har varit något under gränsen och detta är den relativa luftfuktigheten. Mätningarna utfördes under en period där utetemperaturen var låg och därmed påverkas den relativa luftfuktigheten på tilluften. Aggregatet som används för att värma uteluften har ej någon fuktare. Detta resulterar i att den relativa luftfuktigheten på den uppvärmda luften är lägre än den på uteluften, trots samma vatteninnehåll, se Figur 1 för illustration. Den relativa luftfuktigheten var på grund av detta vid vissa tillfällen under 20 % vilket som tidigare skrivet är en nivå där människor börjar uppleva besvär. Enligt Arbetsmiljöverket (AV, 2015) finns det dock ingen gräns på hur låg relativ luftfuktighet som tillåts inomhus. Det är inte heller ovanligt att nivån understiger 20 % under de månaderna när uppvärmning krävs. Om högre luftfuktighet eftersträvas under den period när uppvärmning krävs bör ett aggregat med luftfuktare övervägas.

Jämförs uppmätta värden och intervjuer från mättillfällen med svaren från enkäten så skiljer de sig delvis åt. Enligt enkäten anser mer än 45 % att det är lite eller mycket varmt och cirka 88 % anser att temperaturen förändras under vistelsen. Det var endast 31 % som ansåg att temperaturen var lagom i grupprummen. Av dessa 88 % som anser att temperaturen förändras är det sedan närmare 95 % som anser att temperaturen ökar. Enligt insamlade mätvärden ökar generellt temperaturen men endast med cirka 0.5–1 °C. En förändring som bevisligen många märker av trots att den är liten. En förklaring till varför temperaturen uppfattas som varm kan vara kopplad till antalet personer som vistas i rummet och hur nära de sitter varandra. Sitter man nära en annan person som har liknande temperatur och värmestrålning blir det svårare för kroppen att avge värme. Förutom människors närhet så påverkar även omgivande ytemperaturer den operativa temperaturen. En medelstrålningstemperatur uppskattades i rummen utifrån alla omgivande ytors temperatur som bevisades vara väldigt lik lufttemperaturen. Utifrån detta kan omgivande ytors värmestrålning bidra anses vara minimalt och bör ej påverka den operativa temperaturen nämnvärt. Trots att respondenterna i enkäten anser temperaturen som varm har den under mätningar alltid varit inom rekommendationerna från AV (2021). Detta tyder på att ventilationen uppfyller sin funktion i att upprätthålla en relativt stabil temperatur. Dock kan det vara värt att överväga att göra en vidare utredning och eventuellt sänka temperaturen.

Enkäterna visar att närmare 73 % av tillfrågade anser att luftkvaliteten är dåligt. Av dessa tyckte 75 % att luftkvaliteten förändras och blev sämre med tiden. Under de mätningar som utförts har koldioxidhalt och partikelmängd i luften mätts. Dessa kan användas som indikatorer för att utvärdera luftkvaliteten där en högre halt tyder på sämre luftkvalitet. Generellt så har halter av koldioxid varit låga men under några av mätningarna har halterna varit betydligt högre än under andra. I de grupperum där detta har varit fallet och luftkvaliteten och det termiska klimatet ej ansågs vara bra antas det ha funnits brister i form av don och/eller givare som ej fungerade korrekt. Detta resulterar i sämre luftkvalitet och termiskt klimat då luftflödet ej regleras efter det aktuella behovet. Om ett DCV-system ska fungera korrekt är det beroende av att givare uppfyller sina funktioner. Anledning till att dessa ej fungerar kan ofta bero på åverkan från användare enligt Mehrdad Micko Samari, drifttekniker, Akademiska Hus. Studenter försöker manuellt öka luftflödet genom att stoppa in föremål i donet för på så sätt öka höjden på spalterna. Detta kan leda till att givarna skadas vilket resulterar i att donen mister förmågan att justera flödet på ett korrekt sätt. Att givarna eller donet ej fungerar behöver dock inte enbart bero på åverkan, det kan även bero på att de går sönder efter tid.

En annan möjlig faktor som kan påverka luftkvaliteten är antalet personer som vistas i rummet och hur länge de har vistats där. Om det sitter fler personer i grupprummen än vad det är dimensionerat för kan detta leda till dålig luftkvalitet då systemet ej klarar av belastningen. Ytterligare en orsak till varför så många tycker att luftkvaliteten är dålig och försämras med tiden kan vara att donet inte hinner reglera flödet i tid. Om maxantalet personer som grupprummet är dimensionerat för vistas där kan koldioxidhalten ändras mycket hastigt. Detta kan i sin tur leda till att donet inte hinner öka höjden på spalterna och därmed öka luftflödet i takt med den hastiga ökningen av koldioxid. Luftkvaliteten blir då snabbt försämrade och utförda mätningar visar att det kan ta upp mot en timme innan nivåerna sänks till goda igen. Ett sätt att förbättra luftkvaliteten hade kunnat vara att justera värden på koldioxidhalt som donet använder för att reglera vilket flöde som ska ges. Genom att sänka gränsvärdet för när ventilationen slås på med cirka 100 ppm fås ett större spann för när ventilationen går över minflöde och därmed kan bättre luftkvalitet uppnås.

Två av de viktigaste aspekterna i hur det termiska klimatet och luftkvaliteten hålls på goda nivåer är alltså hur lång tid som användarna spenderar i rummen samt hur många som vistas i samma rum. Utifrån erfarenhet kan många studenter tillbringa många timmar i grupprummen, längre än den längsta mätningen som utfördes i detta arbete. Därför hade det varit intressant att genom enkäten få svar på dessa viktiga parametrar, utöver de svar som fås. Detta hade gett en indikation på hur väl ventilationen klarar att hålla ett gott inneklimat under långa perioder, då 31,6 % har angett att besvär uppstår efter mer än två timmars användning av grupprummen. Anledningen till att många upplever besvär behöver nödvändigtvis inte bero på dålig ventilation. Om de som vistas i grupprummet arbetar och därmed koncentrerar sig en längre tid utan rast eller utan att dricka och äta kan även detta leda till symtom som huvudvärk och trötthet.

Resultaten från energiberäkningen kan skilja då det i exemplet har räknats utan varierande inomhus- och utomhustemperatur. Skillnaden kan variera om detta tas i större beaktning. DCV-systemet använder cirka 40–45 % mindre energi baserat på uträkningarna. Detta på grund av att flödet kan variera. Det är dock inte alltid DCV-

systemet har fungerat korrekt, det har vid tillfällen både gett för mycket och för lite flöde. Samari från Akademiska Hus påpekar att systemet överlag fungerar bra men att de behöver utföra åtgärder 5–10 gånger i månaden. Detta på grund av både åverkan och till exempel givare som ej fungerar korrekt. Ett CAV-system som är enklare kräver ej samma mängd underhåll vilket är en fördel. Dock så ska ett DCV-systemet vara mer fördelaktigt ur ett miljö- och kostnadsperspektiv i längden. Det kan vara värt att undersöka den ekonomiska aspekten då relativt mycket underhåll sker.

## **7 Slutsats**

Vid jämförelse av enkätstudie och mätningar ses som tidigare skrivet oväntat stora skillnader. Mätningarna visar att systemet fungerar relativt bra men det verkar vara ett stort missnöje bland brukarna. Ytterligare undersökningar om varför detta är fallet kan rekommenderas och eventuella justeringar som nämnda ovan kan ses över.

Överslagsberäkningen indikerar också på att stora energibesparingar kan göras med ett DCV-system i jämförelse med ett CAV-system.

## 8 Referenser

Arbetsmiljöverket. (2015, 1 juli). *Frågor och svar om temperatur och klimat*.  
<https://www.av.se/inomhusmiljo/temperatur-och-klimat/fragor-och-svar-om-temperatur-och-klimat2/>

Arbetsmiljöverket. (2021a, 17 februari). *Risker med dålig ventilation*.  
<https://www.av.se/inomhusmiljo/luft-och-ventilation/risker-med-dalig-ventilation/>

Arbetsmiljöverket. (2021b, 24 mars). *Temperatur och klimat*.  
<https://www.av.se/inomhusmiljo/temperatur-och-klimat/>

Folkhälsomyndigheten. (2020, 20 november). *Luftkvalitet*.  
<https://www.folkhalsomyndigheten.se/livsvillkor-levnadsvanor/miljohalsa-och-halsoskydd/tillsynsvagledning-halsoskydd/luftkvalitet/>

Göteborg Stad. (u.å). *Luftkvaliteten i Göteborg*.  
<https://goteborg.se/wps/portal/start/miljo/miljolaget-i-goteborg/luft/luftkvaliteten-i-goteborg?uri=gbglnk%3Aagbg.page.56aa8c7d-2d8a-437d-b889-e9190a0efd00>

Jacobsson, C. (7 juni 2018). Vad är skillnaden mellan VAV och DCV?. *Allt om inomhusklimat*.  
<https://blog.swegon.com/sv/vad-%C3%A4r-skillnaden-mellan-vav-och-dcv>

Lindinvent. (u.å). *TTC – Aktivt tilluftsdon*.  
<https://www.lindinvent.se/produkter/tilluftsdon/ttc/>

Naturvårdsverket. (2020, 4 juni). *Fakta om partiklar i luft*.  
<https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Luftforeningar/Partiklar/>

Rotronic. (u.å). *CP11 - Handheld instrument for co2, humidity and temperature*.  
<https://www.rotronic.com/en/cp11.html>

SLB-analys. (2021, 6 maj). *Luften idag*. [Dataset].  
<https://www.slb.nu/slbanalys/luften-idag/>

SMHI. (2020, 20 juli). *Upplevd temperatur*.  
<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/upplevd-temperatur-1.4613>

Warfvinge, C., & Dahlblom, M. (2010). *Projektering av VVS-installationer*. (1. uppl.). Studentlitteratur.

## **9 Bilagor**

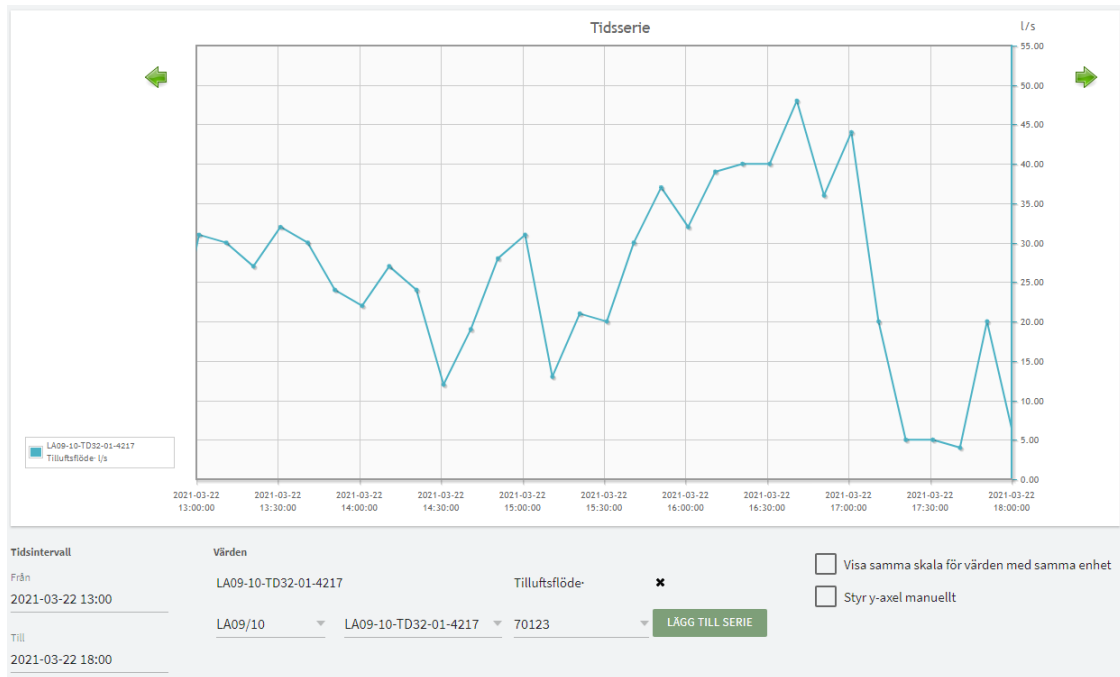
# BILAGA 1, Graf luftflöde G403 160421



## BILAGA 2, Graf luftflöde G403 220321



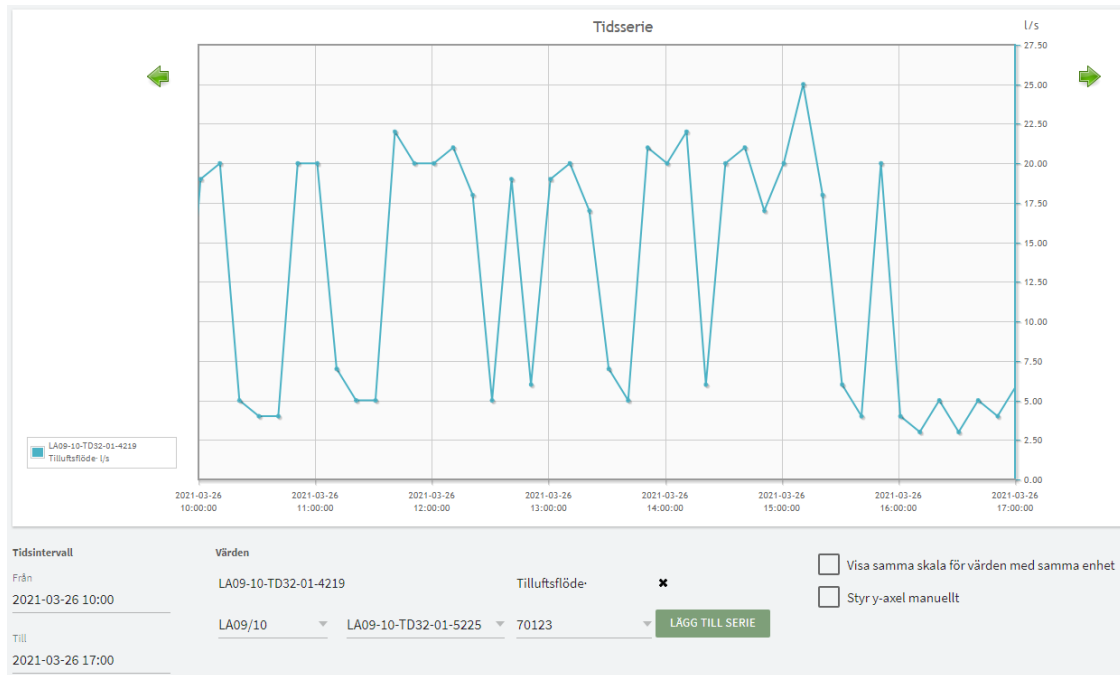
## BILAGA 3, Graf luftflöde G402 220321



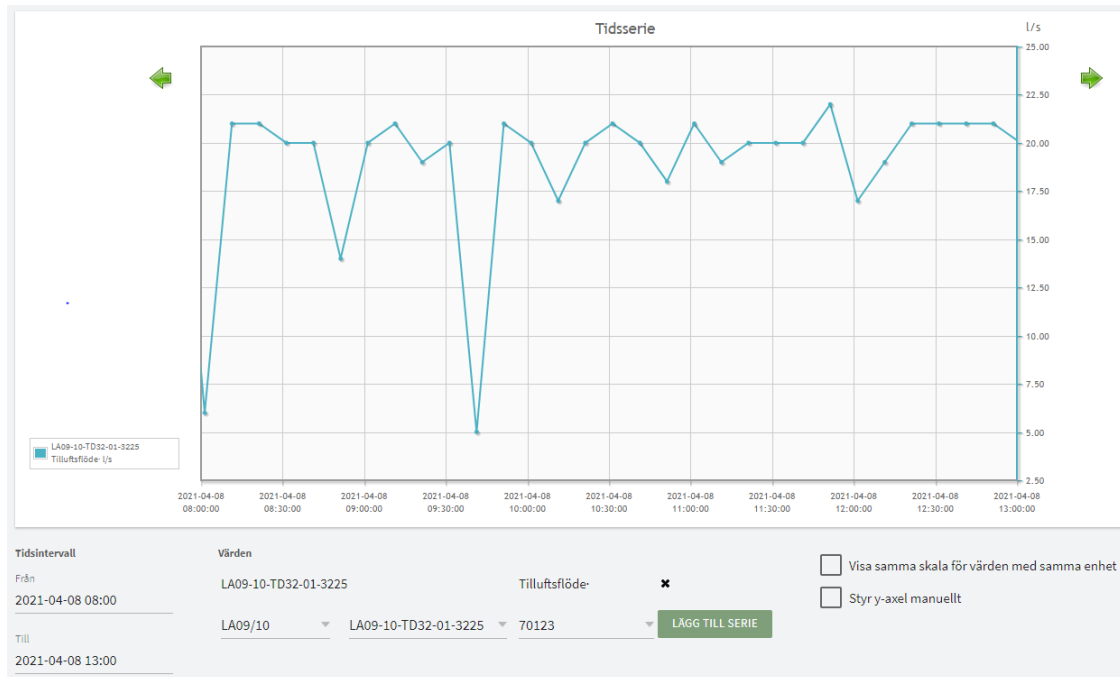
## BILAGA 4, Graf luftflöde G202 250321



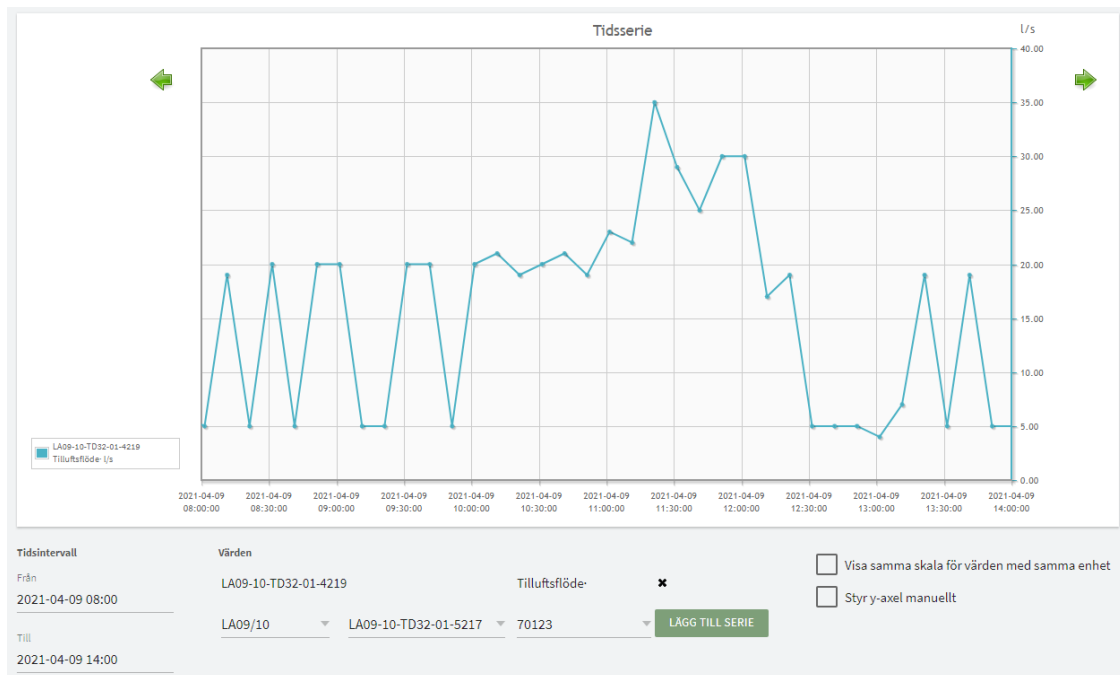
## BILAGA 5, Graf luftflöde G506 260321



## BILAGA 6, Graf luftflöde G306 080421



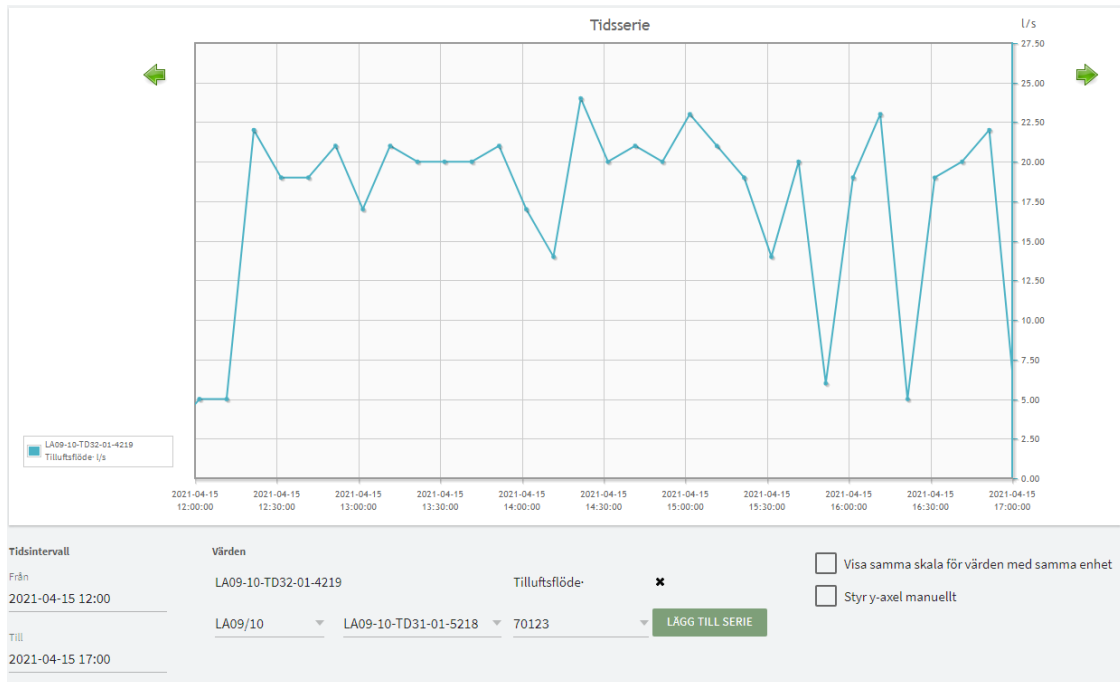
## BILAGA 7, Graf luftflöde G502 090421



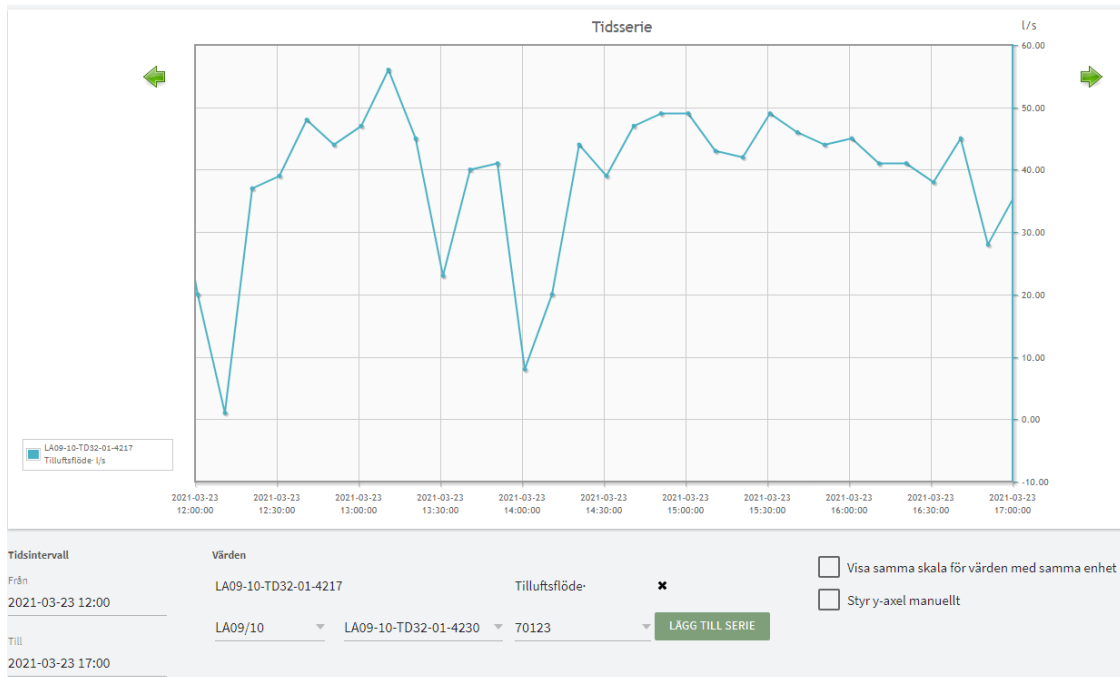
## BILAGA 8, Graf luftflöde G513 180321



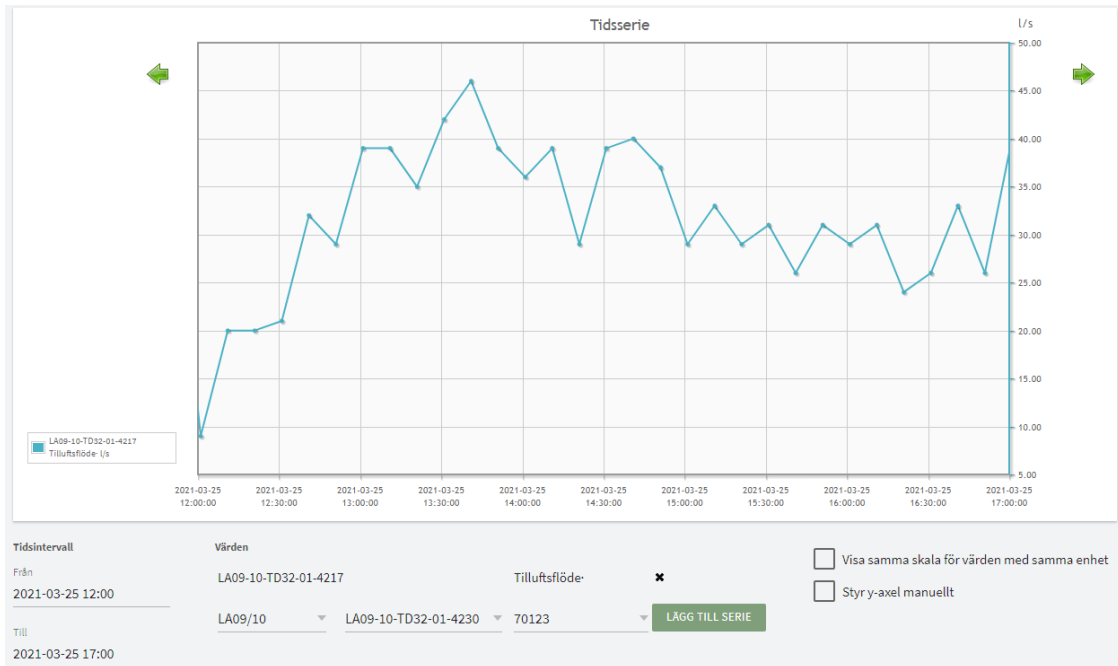
## BILAGA 9, Graf luftflöde G513 150421



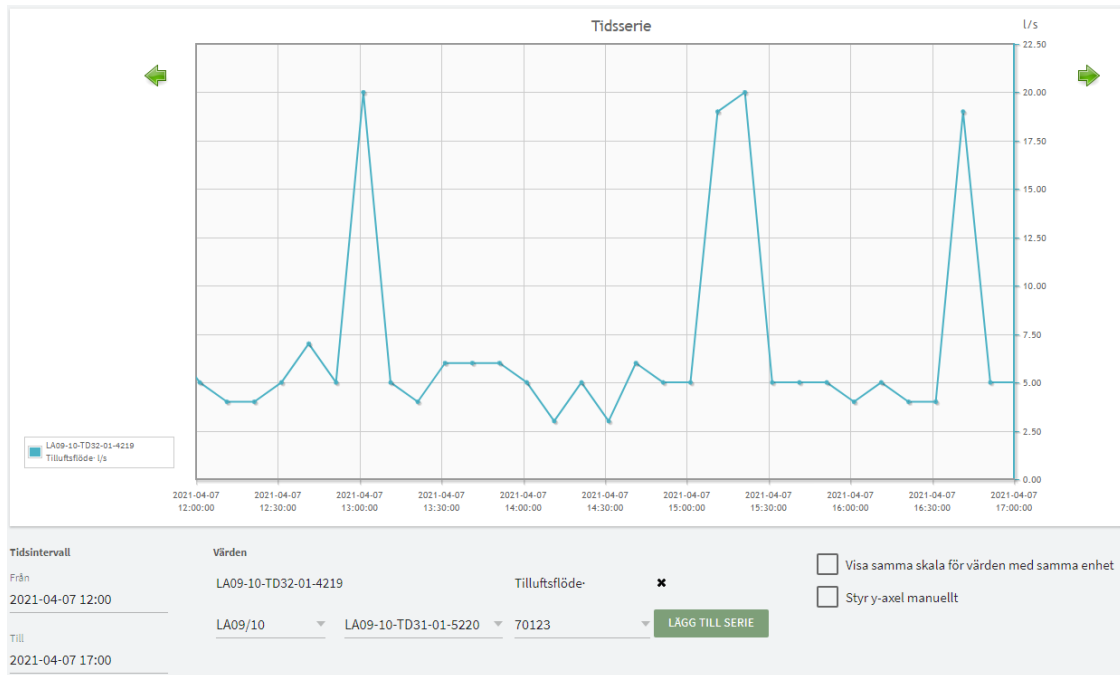
# BILAGA 10, Graf luftflöde G410 230321



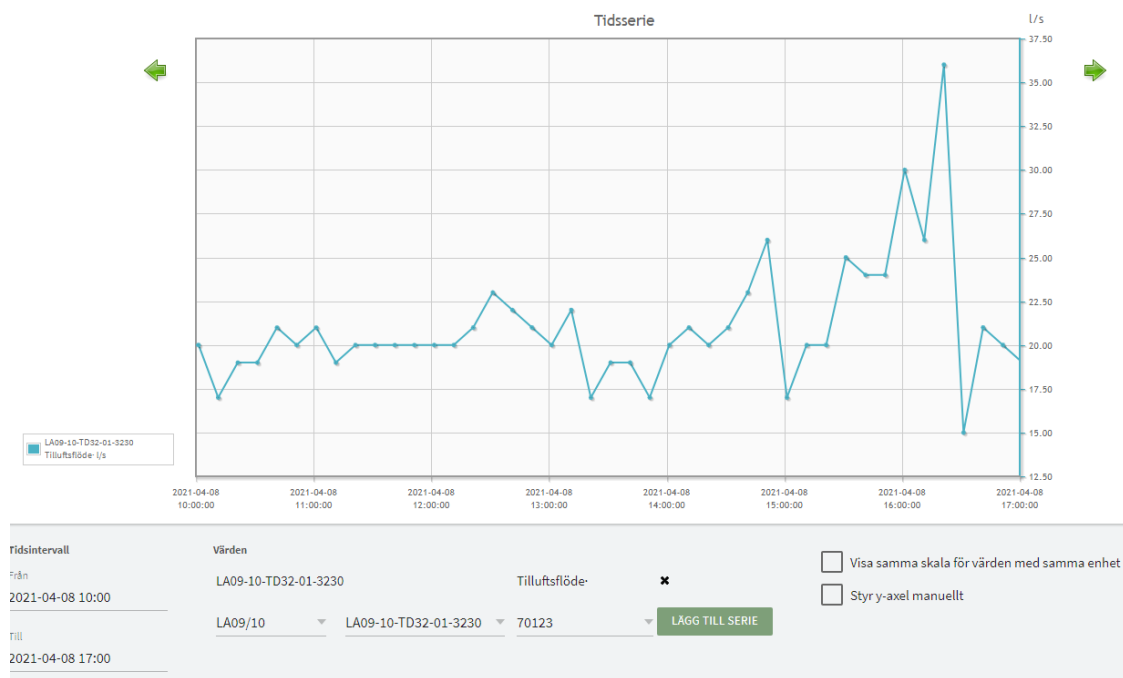
# BILAGA 11, Graf luftflöde G410 250321



## BILAGA 12, Graf luftflöde G512 070421



# BILAGA 13, Graf luftflöde G310 080421





## BILAGA 15, Energiberäkningar grupprum 403, 16 april 2021.

Verkningsgrad		0.8						
T_frånluft		23						
T_uteluft		0						
T_återuppvärmd		18.4						
<b>GRUPPRUM 403, 160420</b>								
<b>Närvaroflöde</b>								
<b>T_tillluft [°C]</b>	<b>T_återuppvärmd [°C]</b>	<b>rå [kg/m3]</b>	<b>cp [J/kgK]</b>	<b>V [m3]</b>	<b>Q [W]</b>	<b>t [h]</b>	<b>P [kWh]</b>	
19.0	18.4	1.2	1000.0	20.0	14400	3.75	54	
<b>Maxflöde</b>								
<b>T_tillluft [°C]</b>	<b>T_återuppvärmd [°C]</b>	<b>rå [kg/m3]</b>	<b>cp [J/kgK]</b>	<b>V [m3]</b>	<b>Q [W]</b>	<b>t [h]</b>	<b>P [kWh]</b>	
19.0	18.4	1.2	1000.0	35.0	25200.0	2.7	67	
<b>Minflöde</b>								
<b>T_tillluft [°C]</b>	<b>T_återuppvärmd [°C]</b>	<b>rå [kg/m3]</b>	<b>cp [J/kgK]</b>	<b>V [m3]</b>	<b>Q [W]</b>	<b>t [h]</b>	<b>P [kWh]</b>	
19.0	18.4	1.2	1000.0	5.0	3600.0	3.6	13	
						TOT	134	
<b>Konstant flöde</b>								
<b>T_tillluft [°C]</b>	<b>T_återuppvärmd [°C]</b>	<b>rå [kg/m3]</b>	<b>cp [J/kgK]</b>	<b>V [m3]</b>	<b>Q [W]</b>	<b>t [h]</b>	<b>P [kWh]</b>	
19.0	18.4	1.2	1000.0	31.3	22503.6	10.0	225	
						TOT	225	
						Energi sparad	40%	

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK  
AVDELNINGEN FÖR INSTALLATIONSTEKNIK  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2021  
[www.chalmers.se](http://www.chalmers.se)



**CHALMERS**