

Luftregulering av store rom

Lasse Simonsen
Bjørn Alexander Hovland

Bacheloroppgave i Energiteknologi
Bergen, Norge 2019



Luftregulering av store rom

Lasse Simonsen
Bjørn Alexander Hovland

Institutt for Maskin- og Marinfag
Høgskulen på Vestlandet
NO-5063 Bergen, Norge

Høgskulen på Vestlandet
Fakultet for Ingeniør- og Naturvitskap
Institutt for maskin- og marinfag
Inndalsveien 28
NO-5063 Bergen, Norge

Omslag fotografi © Norbert Lümmen

English title: Regulation of air in large rooms

Forfattere, studentnummer: Lasse Simonsen, 182417
Bjørn Alexander Hovland, 150687

Studieprogram: Energiteknologi
Dato: Mai 2019
Rapportnummer: IMM 2019-M71
Veileder ved HVL: Gert Nielsen, Xrgy AS
Oppdragsgiver: Sweco Norge AS
Oppdragsgivers referanse: Gunnar Grevstad

Antall filer levert digitalt: 5

Forord

Denne hovedoppgaven ble skrevet som et avsluttende prosjekt for institutt for Maskin- og Marinfag (IMM) ved Høgskulen på Vestlandet (HVL) og ble gitt av SWECO Norge A/S (Sweco). Den er et resultat av et godt samarbeid mellom to studenter, veiledere og andre bidragsyttere. Det å skrive en oppgave over et semester har vist seg å være en krevende, men lærerik prosess hvor mange erfaringer er blitt samlet opp langs veien.

Oppgaven er et samarbeid med Gunnar Grevstad fra Sweco, som utdelte denne oppgaven til gruppen med et mål om å dokumentere hvor godt ventilasjonen i store rom og aulaer fungerer. Høgskulen på Vestlandet avd. Bergen ble dermed det mest naturlige valget, da Sweco selv har stått for prosjekteringen av bygget og det innehar den type rom som var ønsket.

Vi ønsker å utrette en stor takk til Gunnar Grevstad for hjelpen han har gitt i forbindelse med oppgaven, leie av utstyr og mange gode råd. Gruppen ønsker også å takke Gert Nielsen for de mange hjelpsomme og hyggelige veiledningstimer han har stilt opp på gjennom det siste semesteret. Deres hjelp, gode råd og erfaring foruten hadde gjort det vanskelig å skrive en slik oppgave. Vi vil også rette en stor takk til Ulf-Åge Olseth fra Statsbygg og Helene Navdal fra Siemens som begge hjalp til med gjennomføring av målinger og innhenting av informasjon om bygget. Uten deres hjelp ville et godt resultat vært umulig. Sist men ikke minst ønsker vi å rette en takk til medstudenter og familie for korrekturlesing og gode råd underveis.

Bergen, Mai 2019



Sammendrag

I denne oppgaven, som er et samarbeid med Sweco Norge A/S, ønskes det å evaluere kvaliteten på dagens ventilasjonssystem når det kommer til luftregulering av store rom som auditorier, kinosaler og møterom. Basert på praktiske årsaker ble et av auditoriene på Høgskolen på Vestlandet avd. Bergen (HVL) på sørfløyen valgt. Målet med oppgaven er å undersøke hvor godt ventilasjonssystemet til HVL fungerer ved å se på luftreguleringen, samt undersøke eventuelle konsekvenser et dårlig ventilasjonssystem kan ha for helse og andre aspekter.

Rommet som brukes til undersøkelsen blir ventilert med et såkalt behovsstyrt ventilasjonssystem (DCV). Det betyr at luften blir regulert i henhold til ulike parametere som registreres i det aktuelle rommet. I dette tilfellet er det temperaturen og CO₂-innholdet i luften i rommet som blir målt.

For å få et godt bilde på hvordan ventilasjonssystemet fungerer, er det tatt målinger i rommet med tre eksterne sensorer som sammenliknes med rommets interne sensor. Det er også blitt tatt målinger av den relative fuktigheten i rommet etter ønske fra veileder.

Resultatene fra både sensorene til skolen og de eksterne måleapparatene er relativt like, selv om sistnevnte har en lavere oppløsning på sine målinger, spesielt hos CO₂-målingene.

Temperaturen som ble målt i rommet var relativt ulik fra hvert av de ulike måleapparatene, spesielt den som var plassert bakerst i rommet hadde jevnt over høyere verdier enn de andre apparatene. Dette viser at rommets interne sensorer har potensiale for bedre plassering. Hvis de interne sensorene hadde blitt plassert nærmere oppholdssonen til brukerne ville dette gitt et mer realistisk bilde av luftkvaliteten i rommet og ført til mer riktig ventilering av luften. Eventuell supplering av flere sensorer i rommet kunne også bidratt til dette.

Det kommer frem at temperaturen er noe høy til tider. Tilluften er med på å kjøle ned rommet basert på utetemperatur, men når denne ikke er tilstrekkelig nok vil fancoils bidra til å kjøle ned ytterligere. Det kommer frem at kjølingen ikke er tilstrekkelig ved full belastning av rommet, og plassering av flere tilluftsdon/fancoils kunne bidratt til et bedre innemiljø.

Resultatene fra den relative fuktigheten viser at den holder seg på et akseptabelt nivå, om noe lavt, hvis en baserer seg på nyere forskning. [1] Det må nevnes at målingene ble tatt på vinterhalvåret, der uteluften er tørrere enn resten av året. Løsningen på dette problemet kunne vært å installere fuktgivere i hovedavtrekket og en befukter i anlegget, selv om dette kan bli en omfattende og kostbar prosess for et problem av slik liten størrelse.

Abstract

This thesis is written on behalf of Sweco Norway A/S and their wish to evaluate the quality of the ventilation system, particularly in greater rooms like auditoriums, assembly rooms or classrooms. For the cause of writing this thesis, it was decided to use one of the auditoriums on the southern floor of Western Norway University of Applied Sciences campus Kronstad, Bergen (HVL). The goal is to create an overview of what type of systems that are used, how well these are working and how ventilation (or rather the lack of it) can affect your health and prestige in cognitive thinking in lectures, meetings etc.

The room, which is being analysed, is ventilated with a system called “demand-controlled ventilation” (DCV). This means it will adjust the supply of air (airflow) according to different parameters in the room. In this case the parameters are the temperature and the concentration of CO₂ (air quality) in the air. Both are measured by an internal sensor, placed left of the exhaust.

To get an overview of the system, measurements have been made with three external sensors in order to compare them with the internal one in the room that is being investigated. In addition to measure the air quality and temperature, there have also been made measurements of the humidity in the room which was requested by one of the supervisors for this thesis.

The results of the comparison show that while the measurements of the school mostly align with the external measurements, they tend to have a smaller “resolution”, especially the measurements of the air quality.

The temperature in the room was relatively different on each of the external sensors, especially the sensor which was placed the highest showed a lot of higher values, than its counterparts in the other areas of the room. This shows that the placement of the internal sensors should have been reconsidered. Internal sensors placed lower, closer to the area where the users of the room stay, and/or more sensors supplied to different sections of the room would give a much more realistic view of the condition of the air. One could also argue that the temperature is a bit too high in the room as an entity. The ventilation and the fancoils are clearly not sufficient enough to cover the need for lower temperatures

As of the humidity, the results were, according to various investigations, acceptable, if not a little low. It should be noted that the measurements were taken during wintertime, where the humidity outside is usually at its lowest. To solve this problem one could install hygrometers in each room that would control a humidifier, however that would be a comprehensive and expensive process for a relatively small problem.

Innhold

Forord	3
Sammendrag	5
Abstract	7
Ordforklaring	11
1. Innledning	13
1.1 Problemstilling	14
2. Metode	14
2.1 Eksperimentell metode	14
2.1.1 Målinger	14
2.1.2 CFD-analyse	15
2.1.3 Begrensninger og antagelser	15
2.2 Feilkilder	15
3. Teoribakgrunn	18
3.1 Krav til inneklima og luftkvalitet innendørs	18
3.2 Behovsstyring av ventilasjonen	21
3.3 Luftfordeling i store rom	25
4. Resultat & Diskusjon	26
4.1 Første måling – Temperatursensor regulerer tilluften	26
4.2 Andre måling – CO ₂ -sensor regulerer tilluften	28
4.3 Tredje måling – Normaldrift	29
4.4 Sensorplassering	30
4.5 Resultater rundt relativ fuktighet	33
4.6 Forbedringer og andre løsninger	36
5. Konklusjon	37
Referanser	38
Liste over figurer	40
Liste over Tabeller	41
Vedlegg	41

Ordforklaring

Komfortmodus: en driftsmodus i rommet som aktiveres når bevegelsessensor i taket registrerer tilstedeværelse i rommet.

PID-regulator: en type regulator som beregner en utgangsverdi, pådrag, på grunnlag av de matematiske operasjonene *proporsjonal forsterkning* (P), *integralvirkning* (I), og *derivatvirkning* (D) brukt på inngangssignalet. [2]

BUS-system: Automatiseringsanlegg med intelligens og programvare distribuert på komponentnivå og med kommunikasjon mellom komponentene. [3]

SD-anlegg: Sentralisert system for automatisk styring og kontroll av driftstekniske bygningsinstallasjoner. [3]

Skal-verdier/settpunktverdier: Temperaturverdier for kjøling og varme ved ulike driftsmoduser.

Tilluftsdon: Samlebetegnelse på tilluftsventiler i omrøringsystemer og tilluftsorganer i fortrenningssystemer. [4]

Befukter: Komponent i et ventilasjonsanlegg som øker innholdet av vanndamp i luften.

Fuktgiver: Måleapparat som måler relativ fuktighet.

Fancoilens virkemåte: Fancoilen blir koblet inn når temperaturen går en halv grad over settpunktet som er satt. Dette betyr at ved et settpunkt på 22 °C vil fancoilen først slå inn på 22,4 °C. Tilluften vil da prøve å kjøle ned rommet først, og hvis dette ikke går vil fancoilen bli slått inn for å bidra til optimal kjøling.

Behovsstyrt ventilasjon: System som regulerer luftmengden etter faktisk behov basert på personbelastning, CO₂-sensor, temperatursensor og andre styringsparametere.

Hexahedral mesh: En type struktur for hvordan noder og elementer er fordelt i Ansys CFX.

Stasjonært system: Ingen endringer i tilstand over tid.

Topologi: Studie av rom og plassering, og er en gren av moderne teknologi. [5]

Absolutt fuktighet: Mål på hvor mye vanndamp det er i luften. [6]

Vanndamp: Vann i gassform.

Damptrykk: Trykket dampen har ved ulike temperaturer.

VAV (variable air volume)-spjeld: Spjeld som regulerer tilluften i et behovsstyrt system der luftmengden tilpasses etter f.eks. temperatur eller luftkvalitet. [7]

Undersentralnivå: Dette kobles opp mot hovedsentralen (SD-anlegg) og kalles ofte bustilkoblingsmodul.

1. Innledning

I mange år har inneklimate i store møterom, auditorier, kinosaler etc. blitt kontrollert og regulert ved kontinuerlige målinger i henhold til forskjellige driftsparametere i rommet. Reguleringen av inneklimate blir gjort ved hjelp av bevegelsessensorer, CO₂-innholdet i luften, samt temperaturen i rommet. I denne oppgaven skal det forsøkes å dokumentere hvor godt et slikt ventilasjonssystem fungerer. For dette prosjektet skal et av auditoriene på HVL campus Bergen benyttes (Aud 4, C115). I dette rommet er det montert en bevegelsessensor i himlingen, på veggen er det en sensor for å måle CO₂-innholdet i luften, samt en fuktgiver (deres målte verdier vil i oppgaven omtales som driftsparametere). Disse er med på å regulere tilluften som kommer fra to tilluftsdon plassert vertikal på veggen foran i rommet. For kjøling er det plassert to fancoils i himlingen. Overflødig luft går gjennom et avtrekk i veggen.

Ettersom et godt inneklimate både er helsefremmende og arbeidsfremmende, er det viktig at det reguleres optimalt. At et bygg er optimalt regulert, vil også virke positivt på det energiøkonomiske aspektet bak driften av et bygg.

For å få en oversikt over luftkvaliteten i rommet, skal det måles under ulike driftsforhold slik at resultatene fra de eksterne måleapparatene kan sammenliknes med de som er integrert i bygget. Til å utføre målingene har det blitt utlevert måleutstyr fra Sweco. Disse består av tre temperaturgivere, tre fuktgivere og tre CO₂-målere.

Som et delmål for oppgaven skal det undersøkes nye muligheter for å telle antall personer som oppholder seg i et rom. Dette skal drøftes som et alternativ for behovsstyrt ventilasjon (DCV) som er i bruk i bygget i dag. Dette vil ikke beskrives stort i metode, da dette delmålet belager seg på ren teori.



Figur 1: Oversiktsbilde over auditoriet.

1.1 Problemstilling

Det skal lages en oversikt som viser hvordan dagens teknologi i forhold til luftregulering i store møterom, aulaer og kinosaler fungerer.

Ved måling og justering av ulike driftsforhold skal det dokumenteres hvor godt luftregulering styrt av sensorer fungerer, og hvordan dette eventuelt kan forbedres.

Det skal også reflekteres over muligheten til å registrere tilstedeværelse i et rom på andre måter enn hva dagens teknologi gjør.

2. Metode

2.1 Eksperimentell metode

For denne oppgaven skal et av auditoriene i C-fløyen ved HVL brukes som objekt for målingene. Rommet har et gulvareal på 57,7 m² fordelt på 4 plan, 3 vinduer og en nødutgang i veggen ut mot det fri. Det har en kapasitet for 42 studenter og en lærer.

Det er to uttak for tilluft i rommet (plassert bak skrivebordet til foreleser) og to fancoils i himlingen. Fancoilene aktiveres når den vanlige tilluftstemperaturen krysser en spesifikk temperatur (settpunkt) og når tilluften går på maks kapasitet. På veggen, vis à vis vinduene, er det plassert et avtrekksuttak. På høyre side av dette uttaket er rommets eneste sensor for CO₂ og temperatur plassert.

2.1.1 Målinger

For å kunne dokumentere rommets ventilasjonssystem på best mulig måte, utføres det tre målinger med tre ulike driftsforutsetninger. Under første måling står temperaturmåleren alene for reguleringen av tilluften. Dette gjennomføres ved å sette settpunktet for CO₂-nivået på et usannsynlig høyt nivå (10 000 ppm). Under måling to styrer CO₂-sensoren pådraget. Settpunkt for temperaturen er da satt på 30 °C. For siste måling settes driftsparametere til vanlig drift (settpunkt på 500 ppm og 22 °C)

Logging av rommets driftsparametere fra den interne sensoren lagres dataene i tendensdatabasen hos Statsbygg, som drifter bygget. Det er også her de ulike driftsforutsetningene justeres og settes.

For å kunne logge presise målinger for driftsparametere, plasseres det tre eksterne målere av typen Kistock KH 210 på ulike steder i rommet. Disse er programmert til å måle de samme driftsparametere som rommets interne sensor, i tillegg til relativ fuktighet. Målerne plasseres henholdsvis midt på veggen på øverste plan i rommet, rett under avtrekket og midt på veggen ved nederste plan.

De eksterne målerne logger hvert minutt, med to målinger per loggintervall. Internt logges det hver gang det kommer en signifikant endring i verdiene som registreres til SD-anlegget, men det er i tillegg en lokal regulering som regulerer mer nøyaktig, men som ikke lar seg avlese. Måleperioden settes til 12 timer + 15 minutter for at de eksterne sensorene skal kunne akklimatiseres.

2.1.2 CFD-analyse

For å lage en grafisk modell av ventilasjonen og strømmingene i auditoriet, måles det opp med laser, og en forenklet 3D-modell tegnes av rommet i programmet Creo Parametrics. 3D-modellen som utgjør strømningsdomenet for luften i auditoriet legges inn i Ansys CFX for å utføre en strømmingssimulering av luften. For meshingen blir det brukt hexahedral mesh, siden denne gir den jevneste og fineste strukturen. Forenklinger blir utført grunnet tidsbegrensninger og det faktum at en CFD-analyse er en mindre del av oppgaven.

2.1.3 Begrensninger og antagelser

Det tas høyde for at to av måleapparatene som brukes, ikke er kalibrert siden 11. september 2014. Det tredje apparatet ble kalibrert 11. desember 2018.

Dette påvirker påliteligheten til dataene i liten grad ettersom avviket de viser er relativt konstant og lett å justere. Det tas hensyn til variasjon av tilstedeværelse gjennom de ulike måleperiodene da dette varierer over tid. Dørene til rommet blir også åpnet uregelmessig og bidrar til at luftsirkulasjonen blir noe påvirket under perioder det er pause fra forelesning. Det fokuseres i hovedsak på auditorier i denne undersøkelsen, men resultatene som kommer frem kan relateres til store møterom og kinosaler da tilsvarende undersøkelser vil være relativt like for disse type rom.

Antagelser og forenklinger i CFD-analysen:

- Fullsatt klasserom.
- Isolert system med unntak av avtrekket og ventilasjonen.
- All fluid i simuleringen består av luft ved 22 °C.
- Elever og lærer er representert som “blokker” som avgir 100 W/m² i varme for å simulere konveksjonsstrøm.
- Stasjonært system.
- Mindre forenklinger av rommets geometri og inventar.
- Forenklet geometri og topologi.

2.2 Feilkilder

Kalibreringstest ble utført for å se hvordan måleapparatenes trender kunne gjenspeiles i målingene våre. Plasseringen i rommet har selvsagt noe å si for hvordan resultatene skal analyseres. Måleapparatet (Figur 2: Kistock KH 210) er av typen Kistock KH 210. Alle tre som ble brukt er identiske, men det er kun VL3, som vises som den blå linjen på diagrammene, har nylig blitt kalibrert. Det er dette apparatet en må se på for sammenligning. De andre apparatene er også kalibrert, men ikke på en god stund.

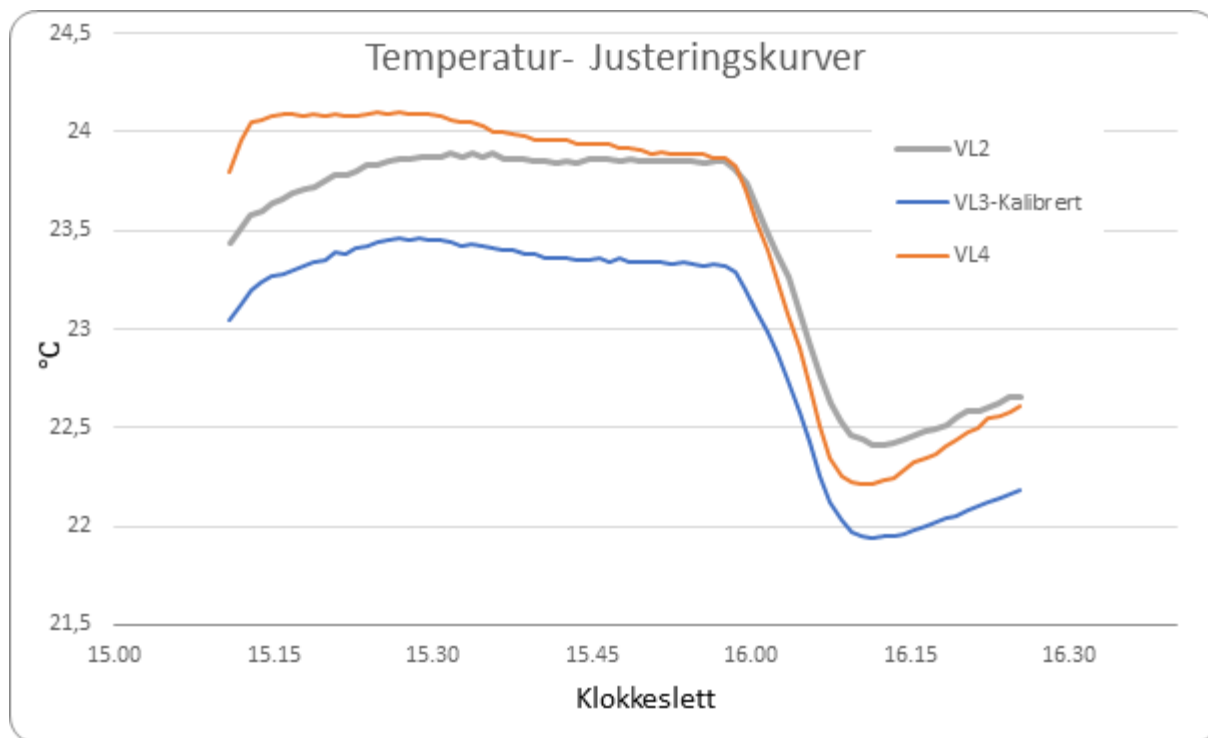


Figur 2: Kistock KH 210

Testen ble utført ved å plassere alle måleapparatene ved siden av hverandre i et rom og la de gå i ca. 1,5 time. Døren ble holdt åpen i ca. 10 min, derav den hurtige nedgangen etter 1 time på de ulike grafene vist under.

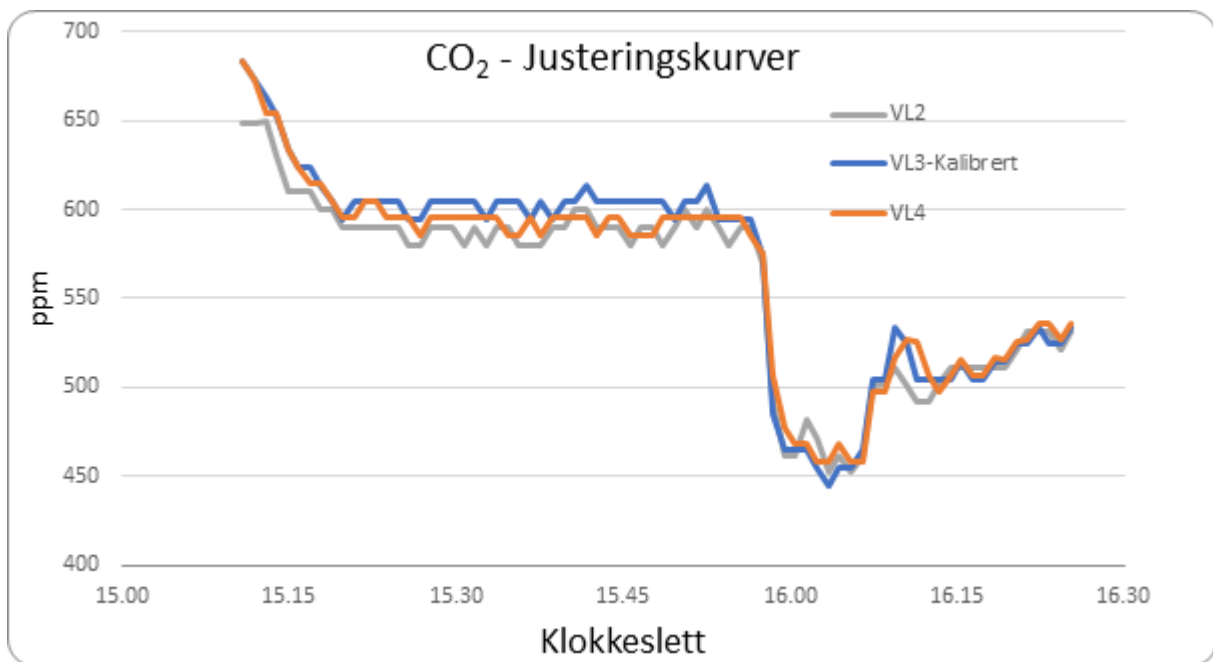
Trenden som vises igjen når det kommer til temperaturforskjellen fra de ulike apparatene er tilnærmet lik gjennom hele måleprosessen. VL3 (blå linje) brukes som referanse, og resultatene

viser at VL2 (grå linje) er tilnærmet 0,5 °C høyere gjennom hele måleperioden. VL4 (oransje linje) er jevnt over 0,6 °C høyere enn VL3, men apparatet reagerer hurtigere på temperaturendring og er nede i 0,4 °C i forskjell fra den kalibrerte.



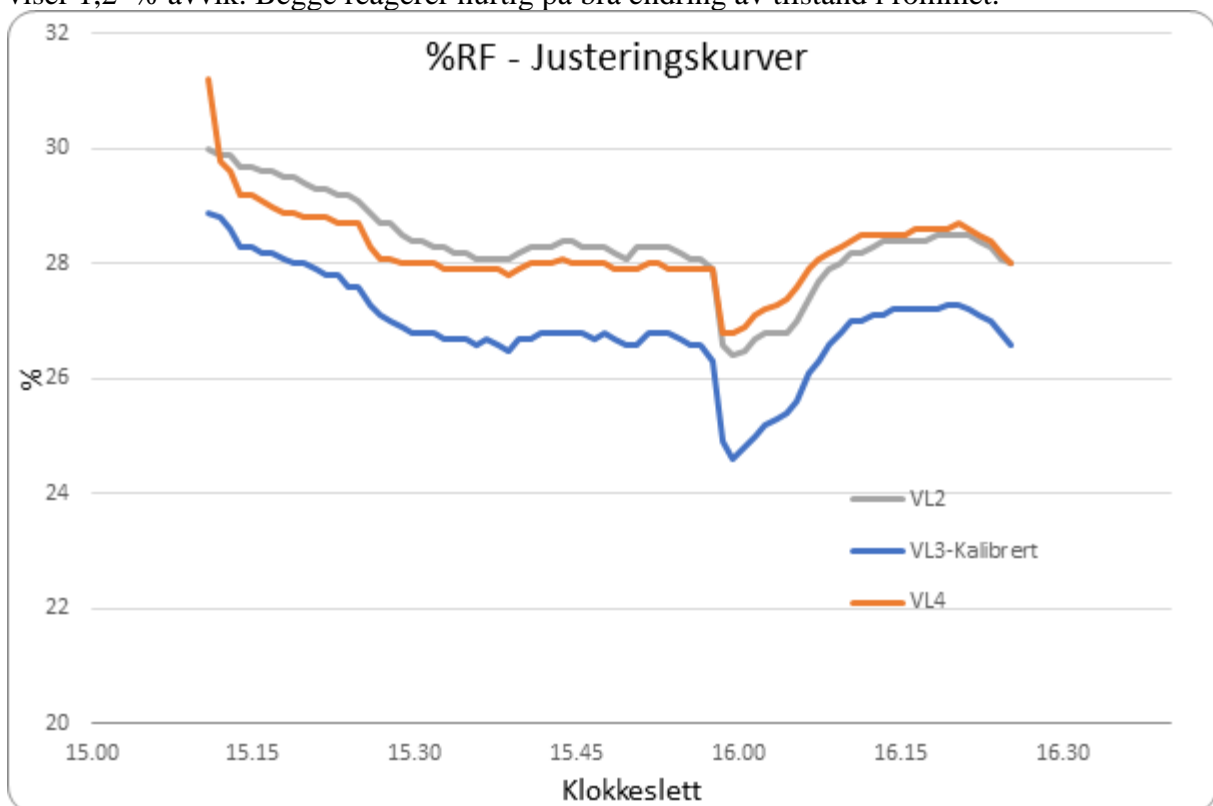
Figur 3: Temperaturgraf over måleapparatene

CO₂-konsentrasjonene som blir målt er ganske like. VL2 (grå linje) viser 3-24 ppm avvik fra den kalibrerte VL3 (blå linje). VL4 (oransje linje) viser alt fra 0-22 ppm avvik fra den kalibrerte. Forskjellene mellom de tre er minimal ved brå endring, noe som kan styrke resultatene fra de planlagte målingene.



Figur 4: Konsentrasjon av CO₂-nivå fra måleapparatene

Den relative fuktigheten oppfører seg tilnærmet lik som temperaturgrafene når det kommer til nøyaktighet. VL2 (grå linje) viser jevnt over 1,5 % avvik fra den kalibrerte. VL4 (oransje linje) viser 1,2 % avvik. Begge reagerer hurtig på brå endring av tilstand i rommet.



Figur 5: Relativ fuktighet i prosent fra måleapparatene

Basert på grafene, ser en at det å ta hensyn til de ulike driftsforutsetningene til apparatene er viktig i analysen av resultatene. Tar en ikke hensyn til dette, vil teorien om hvordan pådraget

blir regulert av de ulike sensorene få en svakhet. Dette er særs viktig for å skape en god teori om dagens luftregulering.

Det kan diskuteres hvorvidt en annen metode å måle på hadde gitt bedre resultater eller ikke. Metoden som blir brukt er på ingen måte ideell når det kommer til gjennomføringen. Med en vakt tilstede for alle målingene, er det tidkrevende når en testperiode går over 12 timer. En annen utfordring er at de samme forutsetningene i rommet må gjelde for hver måling. Dette gjelder belastning, tidsrom, plassering av sensorer og ideelt sett også vær, selv om sistnevnte kan være vanskelig å gjøre noe med. 3 av totalt 6 målinger ble forkastet på grunn av brudd på disse, hvilket økte gjennomføringstiden betraktelig.

3. Teoribakgrunn

3.1 Krav til inneklimate og luftkvalitet innendørs

I dagens samfunn oppholder det store flertallet seg store deler av dagen innendørs. Mange opplever ubehag ved inneklimate i forhold til dårlig ventilasjon i store møterom, aulaer eller kinosaler. [8] Inneklimate er ofte mer forurenset enn uteklimate og god ventilasjon er derfor viktig for å opprettholde god helse og konsentrasjonsevne. [9]

Luftmengden per person reguleres i henhold til hvilken aktivitet rommet er dimensjonert etter. Auditoriet som blir brukt for disse målingene skal være dimensjonert etter stillesittende kontorarbeid som gir aktivitetsnivå 1,1 (Met) og en luftmengde per person på 26 (m³/h/person). CO₂-konsentrasjonen i rommet, som vil øke proporsjonalt med antall personer tilstede. [10]

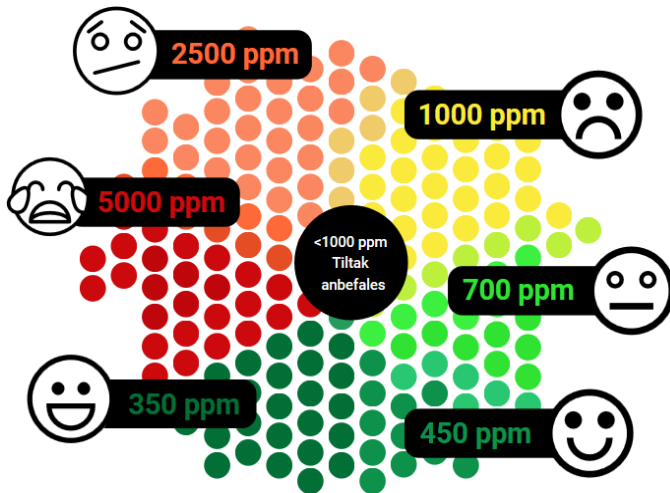
Aktivitet	Met*	Luftmengde/person [(m ³ /h)/person]
Stillesittende kontorarbeid	1,1	26
Moderat arbeid	2	50
Tungt arbeid - maskinarbeid, verksted	3	75
Moderat trening - idrettshall, treningssenter	6	150
Intens trening - spinningrom	10	250

Tabell 1: Oppslagsverdier for aktivitetsnivå (met) og nødvendig luftmengde per person ved ulik aktivitet.

*1 Met er 58,2 W per m² kroppsflate [10]

En av hovedårsakene til at inneluft blir dårlig er for høye konsentrasjoner av CO₂. I hovedsak produserer en person mellom 15-20 liter CO₂ per time ved utånding. Hvor stor CO₂-konsentrasjon som forblir i rommet er altså avhengig av hvor høy tilstedeværelsen er, størrelse på rommet og dets ventilasjonsgrad. [11] Sensorer som er optimalisert til dette behovet er essensielt for å kunne regulere pådrag og avtrekk slik som forutsetningene tilsier.

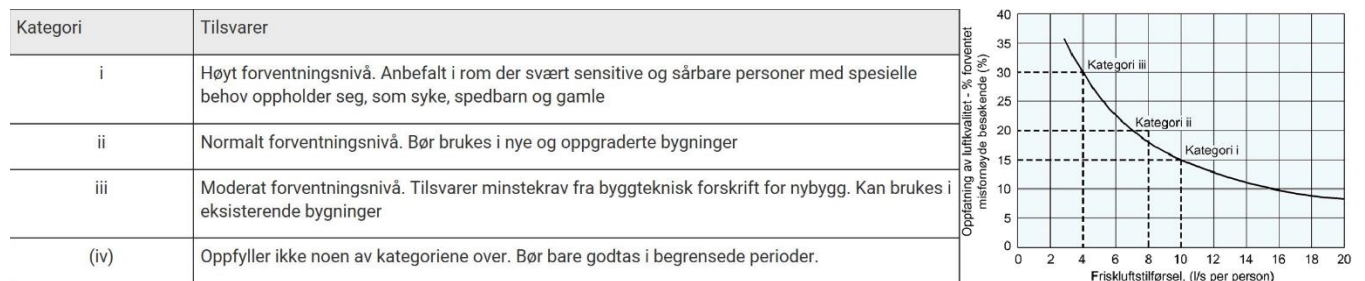
Figur 6 viser med en enkel, men effektiv skisse hvordan CO₂-innhold og trivsel henger sammen. CO₂ måles i ppm, som står for parts per million (ml/m³). Én ppm er det samme som en tusendel promille, og sier noe om hvor stor konsentrasjon av CO₂ det er i luften. CO₂-nivået blir derimot ikke kritisk før det passerer 1000 ppm. [12] Mange vil i dette tilfelle oppleve konsentrasjonsproblemer eller lett hodepine en god stund før dette nivået oppnås [9], og et optimalt ventilasjonsanlegg bør tilpasses til et settpunkt langt under 1000 ppm før tilluften blir regulert. Et eksempel er høgskolebygget som har satt sitt settpunkt på 500 ppm for CO₂.



Figur 6: Oversikt over ppm-nivå og tilfredstillelse, Grafikk: Knut Bjørheim Kilde: Zyaura

Når det gjelder store auditorier og møterom i næringsbygg er det viktig at luften er god nok i henhold til gitte krav fra byggt teknisk forskrift. Både høy- og lav lufttemperatur kan forårsake komfort- og helseproblemer. Variasjon i lufttemperatur kan redusere muskelfunksjon og medføre redusert arbeidsprestasjon og økt ulykkesrisiko. Ubehaget ved at luften føles tørr, henger ofte sammen med høy innetemperatur. [13]

Oppfatning av luftkvalitet varierer i forhold til hvilken type bygning det er. I denne oppgaven baseres forsøkene på kategori ii/iii (se Figur 7). Ut fra Figur 7 er det en klar sammenheng mellom forventet luftkvalitet og hvor høy prosentandel av brukerne som er misfornøyd. Det er derfor viktig å skape en frisklufttilførsel som samsvarer tilfredsheten til enhver i bygget.



[14]

Figur 7: Sammenhengen mellom friskluftstilførsel per person og forventet prosentandel misfornøyde besøkende i et rom.

Relativ fuktighet [%RF] er også en viktig faktor i henhold til et godt inneklima. Denne viser vanddampmengden en luftmengde inneholder ved en viss temperatur. Mer presist er relativ fuktighet det prosentvise forholdet mellom luftens absolutte fuktighet og den fuktighet som må

til for å oppnå metning ved en gitt temperatur. [15] Høy relativ fuktighet kan forårsake dårlig lukt og fremheve helseplager som allergier. [13] Gjennom målingene som skal bli utført kan en se hvordan den relative fuktigheten i rommet varierer ved ulike driftsforutsetninger. Lav relativ fuktighet kan føre til tørre øyne og øke risikoen for raskere spredning av virussykdommer. Et optimalt nivå som gir best komfort er at denne ligger mellom 20 – 60 %RF ifølge byggforsk. [16]

Andre kilder sier at relativ fuktighet mellom 40 - 60 % sies å være optimalt for et normalt inneklime. [17] Her vil smittefare for mange virus og infeksjoner være på sitt laveste. Mange studier viser dessuten til at stress minker, og søvnkvaliteten blir bedre ved et optimalt inneklime. [1]

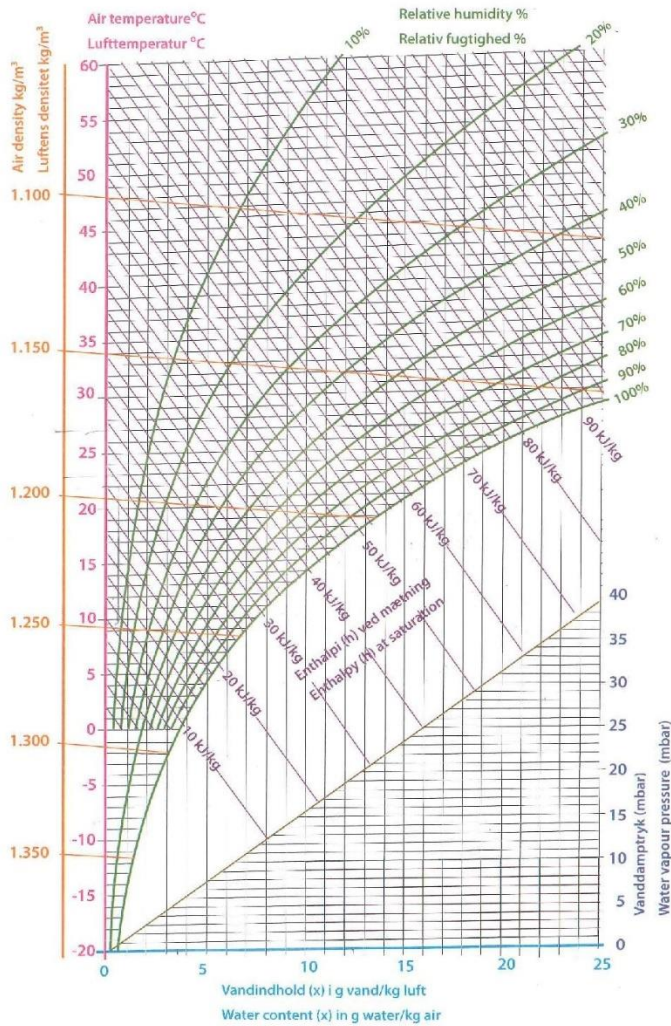
En svensk studie fra 2016 viste hvordan influensaen varierte kraftig ut fra sesong. Om lag en uke etter et kraftig fall i utetemperatur og damptrykk, startet influensaepidemiene, akkurat når fuktigheten er på sitt laveste. Flere andre studier viser til at influensaepidemier samsvarer med lav absolutt fuktighet. [18]

Annen forskning har studert hvordan ansatte blir påvirket av den relative fuktigheten i kontorbygg, og kom frem til at et “sweet spot” mellom 40- 60 % er optimalt for stressnivå, sykefravær og produktivitet. Ut fra dataene konkluderer forskere med at 45 %RF er optimalt. [1]

Basert på denne forskningen er det mer enn relevant å reflektere over %RF-verdiene og verdiene for absolutt fuktighet i for eksempel auditorier hvor tilstedeværelsen er høy og m^2 /person er lav.

Figur 8 viser mollierdiagrammet som er et verktøy hvilket kan brukes til å forstå hvordan luften endrer seg fra ute- til innetilstand. Diagrammet gir oversikt over %RF, lufttemperatur, absolutt fuktighet, entalpi, luftens tetthet og vanndamptrykk ved ulike forhold. En god parameter å se på ved sammenligning av målte verdier opp mot utetilstanden til den aktuelle dagen vil være å se på den absolutte fuktigheten som ikke endres fra ute- til innetilstand.

Humid air – 1013 mbar



Figur 8: Mollierdiagram

3.2 Behovsstyring av ventilasjonen

Behovsstyrt ventilasjon omfatter flere typer ventilasjonssystem og kan reguleres ved CO₂-, temperatursensor eller kun etter antatt behov.

Ventilasjonssystem som reguleres ved hjelp av sensorer vil være hovedfokus i oppgaven, da dette brukes ved HVL. Denne type balansert ventilasjon kalles demand controlled ventilation (DCV) og regulerer luftmengde etter faktisk behov.

Auditoriets romløsning er basert på temperaturregulering av rommet via radiatorvarme, kjøling via VAV-spjeld på tilluft og avtrekk. Fancoil for kjøling samt luftmengderegulering via luftkvalitetsføler. I funksjonsbeskrivelsen av rommet er romreguleringen integrert inn på undersentralnivået via BUS-kommunikasjon mot SD-anlegget.

Når sensorene måler temperatur og CO₂, vil verdier fra disse sendes ned til SD-anlegget. Disse verdiene er med på å regulere variable air volume-spjeldene (VAV-spjeld) som er med på å regulere tilsiget av luft inn til rommet. Luftmengdene som kommer fra VAV-spjeldet overføres

videre til romregulatoren som er med på å styre spjeldposisjonen for tillufts- og avtrekksspjeldet og baserer seg på de målte driftsparametrene. Åpningsgraden på VAV-spjeldene blir regulert basert på hvor stor luftmengde en trenger inn til rommet. Romregulatoren er innstilt for luftmengder når det kommer til minimum og maksimum luftmengde ved komfortmodus der en har forskyvning av skal-verdier (Tabell 6: Tabell for basisinnstillinger Tabell 6) med 2 °C. Minimum luftmengde er dimensjonert til 500 m³/h og maksimum luftmengde til 1600 m³/h. Dersom tilluften ikke klarer å få ned temperaturen tilstrekkelig vil fancoilen i rommet aktiveres, slik at luften blir sirkulert og kjølt ned ved hjelp av en vifte og en kjøleventil. Denne skal ikke begynne å gå før spjeldåpningen er på 100 % av hva den er dimensjonert for. Alt dette styres av Proporsjonal Integrasjon Derivasjon - regulatorer (PID-regulatorer) som er en kontinuerlig regulator (regulerer pådraget til enhver tid). Justeringene kan da gjøres i små gradvise steg, og ikke bare i av eller på-posisjon. [19]

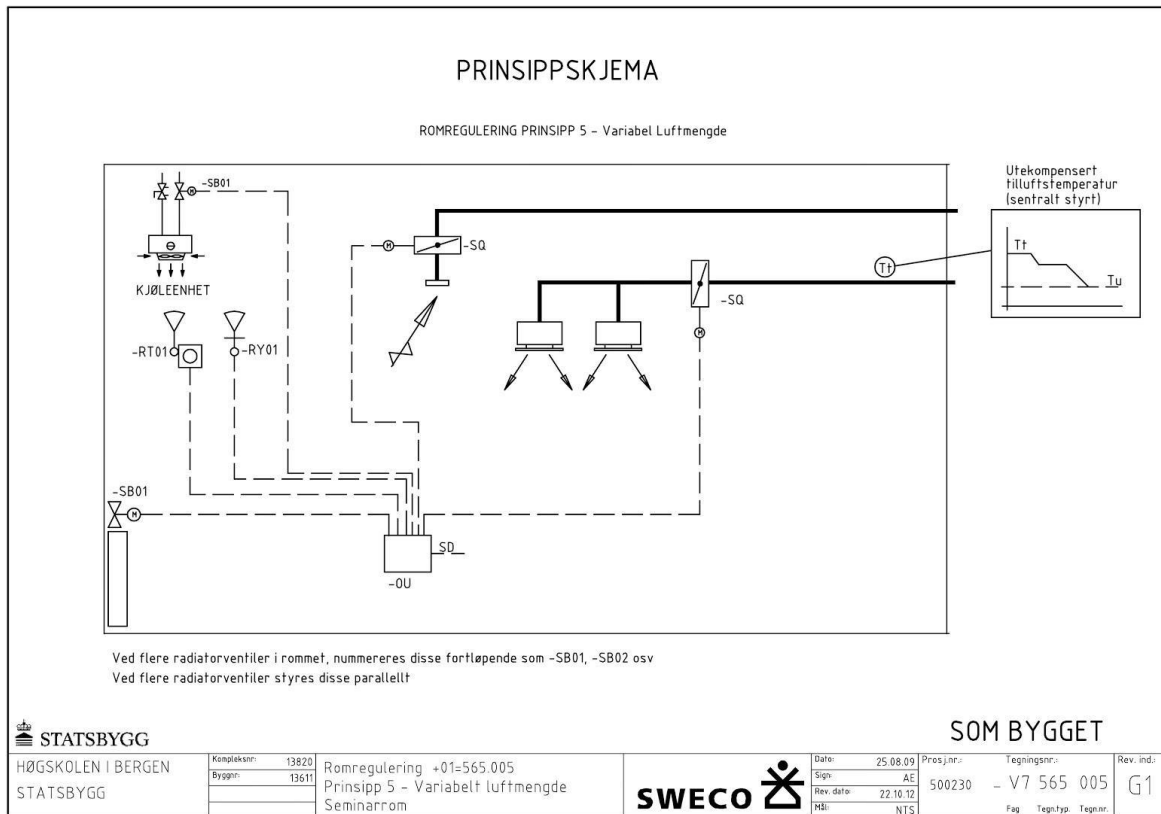
Skolen har også andre moduser i løpet av døgnet enn komfortmodus. Standby-modus aktiveres når rommet ikke er i bruk på dagtid. Det er kun rom med bevegelsesdetektor for klimaregulering som vil benytte seg av denne modusen. Økonomi-modus er tilstanden om natten når bygget ikke er i bruk, og benyttes for å redusere energiforbruket om natten. Normalt er innstilt varmeskalverdi for denne modusen flere grader lavere enn komfortskal-verdien. Kjøleskalverdien er flere grader høyere enn komfort kjøleskalverdien. I oppgaven er rommet blitt testet ved komfort-tilstand og hensyn tas etter dette ved diskusjonen av resultatene.

I rommet er det også plassert et kontrollpanel hvor det åpnes for manuell styring av ventilasjonen og solskjerming (Figur 9). Settpunktet på temperaturen kan justeres opp eller ned 2 K og fancoilens viftehastighet kan justeres med tre nivåer. Solskjermingen kan åpnes og lukkes manuelt, men blir som regel alltid overstyrt av automatikken i bygget, som justerer skjermingen basert på vær, varme og solinnstråling.



Figur 9: Kontrollpanel for manuell styring

Prinsippkjemaet (Figur 10) gir en oversikt over hvordan ulike komponenter er med på å bidra til rett luftregulering, kjøling og varme inn til rommet.



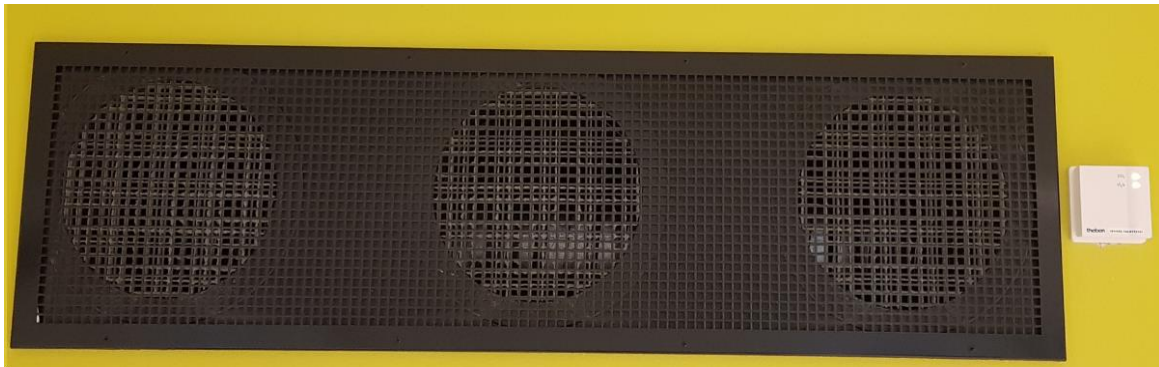
Figur 10: Prinsippeskjema som viser romreguleringsprinsippet med variabel luftmengde

Før tilluften når rommet blir dens temperatur regulert i henhold til utetemperatur og har sine settpunkt deretter. Luften blir sendt inn til VAV-spjeld (-SQ) som regulerer luften ut fra to tilluftsdon før det sendes ut i rommet gjennom filtre (M). Luften blir så sendt ut gjennom avtrekket. Hvis tilluften som er med på å kjøle rommet ikke klarer å senke temperaturen tilstrekkelig vil kjøleenheten (fancoil) slå inn for å kjøle rommet til ønsket nivå. Videre er det temperatur- og CO₂-sensorer (-RT01 og -RY01) som sender data ned til undersentralen. SB01 og SB02 viser de to radiatorventilene som er i rommet. Disse er med på å styre varme inn til rommet. Samlet vil alle disse komponentene sende verdier ned til undersentralen (OU) som igjen sender en lavere oppløst versjon av verdiene til SD-anlegget som styrer det hele.

I forhold til høgskolebygget som ble bygget etter TEK 10 sier forskriften at det skal tas hensyn til dimensjonerende forurensningsbelastning fra personer. [11] Derfor er det viktig med et ventilasjonssystem som virker optimalt til enhver tid. Plassering av CO₂- og temperatursensor er derfor essensiell for å kunne regulere luften optimalt. Dette avhenger også av optimaliserte VAV-spjeld, som er hovedkomponenten til å regulere luftmengden inn til rommet. Anbefalt åpningsgrad til dette spjeldet er mellom 30 % og 80 % åpning. Utenfor disse åpningsnivåene vil reguleringen bli problematisk fordi spjeldet ikke stabiliserer seg og kan forårsake skader på spjeldmotoren. Dette grunnet den vil bli utsatt for unødvendig slitasje på grunn av pendling. Ved en åpningsgrad på 80 % sikres det at spjeldet har tilstrekkelig kapasitet, mens den nedre grensen på 30 % sikrer at spjeldet jobber med åpningsnivåer som gir god regulering og generer lite støy. [20] Dette vil det tas hensyn til ved analyse av resultatene da disse kan ha innvirkning på luftmengden som blir sprøytet inn.

Sentralt i denne analysen er å observere hvordan den behovsstyrte ventilasjonen går under ulike driftsforutsetninger. Går temperaturføleren alene må en være sikker på at grunnventilasjonen er dimensjonert for å kunne dekke ventilasjonsbehovet for både material- og personbelastning. Dette fordi det kan være forsinkelse fra det kommer folk inn i rommet, til temperaturføleren registrerer det. Dette vil da alene kunne gi forsinket luftmengde inn i rommet og derav dårligere luftkvalitet enn ønsket.

I rommet hvor testingene pågår er sensoren plassert nærme avtrekket som vist på bildet under.



Figur 11: Avtrekkskanalen til auditoriet med CO₂-og temperatursensor til høyre.

Styringsparameterne er som oftest kombinert CO₂- og temperaturmålere, men det er også andre målere som kan installeres i bygg som vist under.

Type lokale	Styringsparametere				
	Tilstedeværelse	CO ₂	Temperatur	Fuktighet [%RF]	Annet
Kontorer - cellekontor	X		X		
Kontorer - landskap	X	X	X		
Møterom	X	X	X		
Skoler	X	X	X		
Auditorier, kinoer, idrettshaller, butikker		X	X	X	
Restauranter, kaféer		X	X		

Tabell 2: Aktuelle styringsparametre for ventilasjon i ulike type lokaler. [20]

Behovsstyring basert på bevegelsessensor kan kobles opp mot regulering av luftmengden. Dette gjennomføres ved å regulere luftmengden i henhold til tilpasset belastning i rommet. Denne løsningen vil ikke gi nøyaktig luftmengde som trengs i rommet da et velkjent problem med tilstedeværelsessensorer er at de kun registrerer bevegelse innenfor en gitt rekkevidde, og andre sensorer kombinert med denne er da nødvendig.

Ved behovsstyrte ventilasjonsanlegg er det viktig med oppfølging og opplæring da anlegget skiller seg ut i fra andre typer ventilasjonsanlegg. Automatikken er en stor del av systemet med alle sensorene og spjeldene installert sammenlignet med et anlegg med konstante luftmengder.

Kunnskap er viktig for å kunne drifte dette optimalt, bl. a. om automatikken, hvordan systemet er bygd opp og regulerer luftmengdene, sensorer og reguleringskomponenter som spjeld, trykkløpere eller spjeldoptimaliseringsenheter og bruk av SD-anlegget. [20]

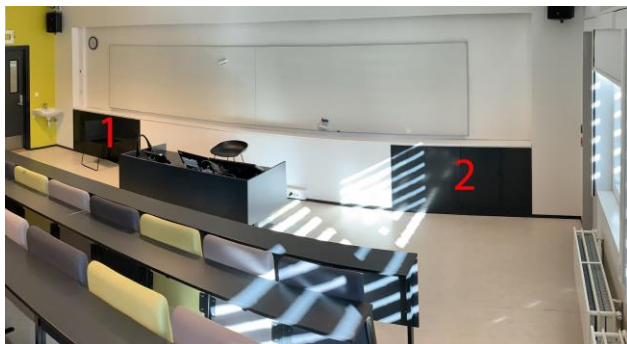
Det å tilpasse tilluften til rommet ved å ta i bruk styringsparameterne, åpner for en rekke fordeler. Med en effektiv dynamisk tilpasning av tilluften sparer det energikostnader og fører til en bedre opplevelse for brukeren av rommet. Det gir også driftere av bygget en rekke muligheter til å loggføre hvilke rom som til enhver tid er i bruk, og hvor mye energi som blir brukt til disse. Dette kan være nyttig for å føre statistikk og eventuell diagnostisering ved feil.

Selv om automatikk gir en rekke fordeler, er det også kilden til mange av ulempene et slikt system medfører. Usikkerhet og/eller lite pålitelige målinger fra sensorene kan få et helt rom til å gi et skjevt behovsbilde. Ettersom bevegelsessensorene i rommet ikke er i stand til å telle antall brukere av rommet til enhver tid, kan det bli brukt unødvendig energi hvis for eksempel vaskepersonell benytter seg av rommet til å vaske tavlen, og setter rommet i komfort-modus (Figur 43). Et avansert ventilasjonssystem krever ofte flere samarbeidspartnere som utfører forskjellige oppgaver som alle berører ventilasjonssystemet. Dette krever mye kommunikasjon blant alle involverte og kan føre til lite ideell bruk av et potensielt påkostet og avansert ventilasjonssystem.

3.3 Luftfordeling i store rom

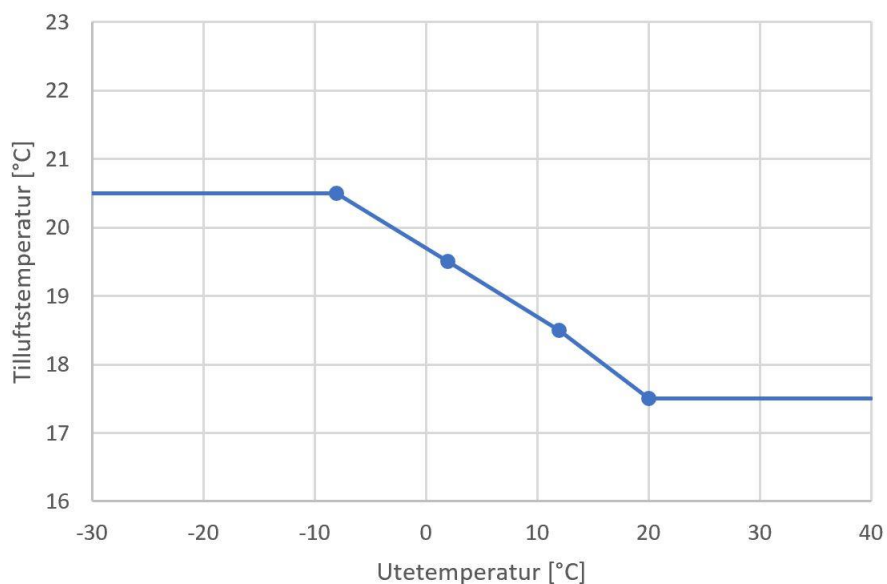
Det skiller mellom to ulike ventilasjonstyper ved fordeling av luftmengder i rom. Disse er omrøringsventilasjon og fortrenningsventilasjon. Ved førstnevnte blir luften til rommet ført inn med høy hastighet. Dette sørger for at luft, temperatur og konsentrasjon av forurensning i rommet blir nokså jevnt fordelt. Tilluftsventilene i dette tilfellet blir plassert oppe ved himling for å sikre minst mulig trekk og god sirkulasjon i rommet. Ved fortrenningsventilasjon vil luften tilføres med lav hastighet fra tilluftsdon på gulvnivå (Figur 12). Avtrekksventilen plasseres oppunder himling. Dette vil sørge for at varm og forurenset luft forsvinner oppover og vekk fra oppholdssonen, slik at luftkvaliteten blir bedre i pustesonen. [4]

Auditoriet bruker dette prinsippet og sørger for bedre luftkvalitet enn ved bruk av omrøringsventilasjon. Dimensjoneringen av systemet bør lages slik at rommet får en tilluftstemperatur på 19-20 °C om vinteren og ikke lavere enn 18 °C om sommeren. De viktigste feilene som blir gjort ved denne dimensjoneringen er at det blir tillatt for lav tilluftstemperatur, for få tilluftsdon eller at tilluftstemperaturen styres fra en romtermostat. [4]



Figur 12: Auditoriet med vertikalt tilluftsdon markert

Basert på anbefalinger skal tilluftstemperaturen på vinterhalvåret ligge på 19-20 °C. [4] Figur 13 viser Høgskolens regulering. Denne viser at ved eksempelvis en utetemperatur på 2,5 °C, vil en få en tilluftstemperatur på 19,5 °C. Dette er innenfor de anbefalte kravene. Ser en derimot mot maks og minimum tilluft ligger det med et avvik på 0,5 °C i forhold til en utetemperatur fra og med -8 °C og nedover sammenlignet med kravene fra byggforsk.



Figur 13: Tilluftstemperatur mot utetemperatur

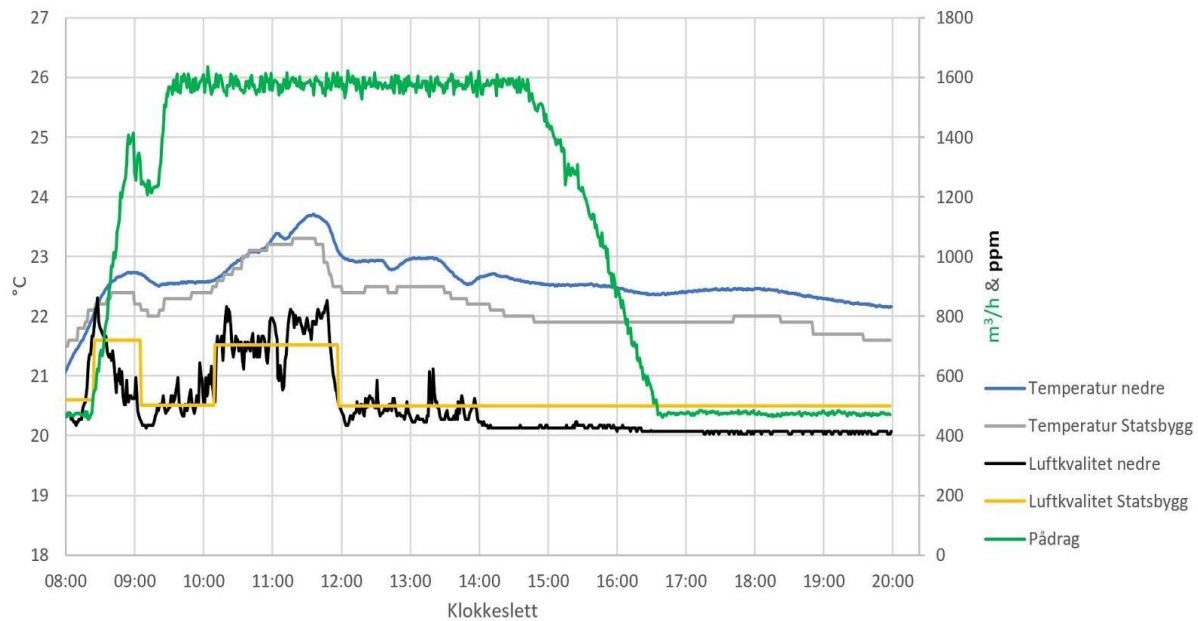
4. Resultat & Diskusjon

4.1 Første måling – Temperatursensor regulerer tilluften

Resultatene fra første måling viser tydelig at ren regulering med temperatur ikke er tilstrekkelig for å holde luftkvaliteten slik som ønsket. Temperaturen stiger relativt raskt med studenter som fyller auditoriet ved første forelesning. Etter å ha passert settpunktet for kjøling på inneluft på

22 °C, stiger også tilluftsmengden betraktelig. Det observeres at tilluften til en viss grad klarer å få ned både temperaturen og CO₂-innhold i rommet mellom 08:22 og 09:22, men at den etter det stiger og går på maks frem til ca. kl. 14:50.

12.02.19



Figur 14: Første måling der temperatursensor regulerer pådraget.

Etter klokken har passert 14:50 er det en klar tendens ved at luften synker jevnt ned til laveste dimensjonert tilluftsmengde under standby-modus som er satt til 500 m³/h. Ettersom det kun er temperaturen som regulerer pådraget, til eventuelt fancoilen kommer inn i bildet ved 23,4 °C, vil det være litt forsinkelse ved økt tilstedeværelse. Dette inntreffer fordi temperaturen ikke vil stige like fort som CO₂-nivået gjør. I stedet synker tilluftsmengden sakte og jevnt og bruker nesten 2 timer på å komme ned på nivået den hadde i morgentimene.

Basert på værdata for måledagen, lå snittemperaturen på 3,7 °C med en jevn stigning utover ettermiddagen. Ifølge funksjonen for tilluftstemperaturen gir dette en temperatur på ca. 19 °C for tilluften. (se Figur 13)

Over tid vil luftmengden sørge for at temperaturen i rommet presses ned til den er under 22 °C. Figur 14 viser at tilluften alene ikke klarer å kjøle ned rommet raskt nok. Når spjeldåpningen er åpnet maksimalt, og tilluften ikke alene klarer å få ned temperaturen vil fancoilen normalt aktiveres. I tilfellet når temperatursensoren går alene er det verdt å nevne at det vil være en forsinkelse fra personene kommer inn i rommet, til det blir målt en endringsverdi i temperatur. Forsinkelsen er ikke stor, men nok til at luften blir dårligere enn ved en CO₂-sensor inkludert i rommet. Ved begge parametere innkoblet ser en fremdeles at det ikke er tilstrekkelig nok til kjøling, og det kan diskuteres om en ekstra kjøleenhet er nødvendig ved kun temperatursensor i drift.

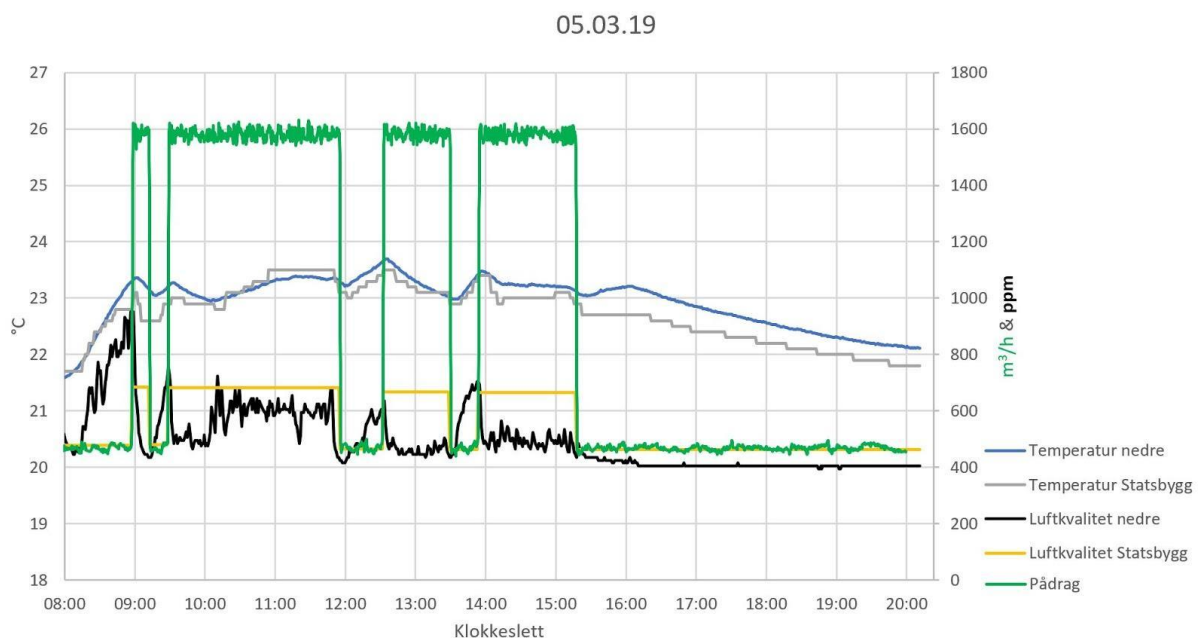
Denne oppførselen kan trolig forklares ved hjelp av reguleringsteknikken. Den gradvis nedadgående tilluftskurven inntreffer kun når temperaturen kontrollerer. Dette skjer trolig fordi temperaturen har en PI-regulator for måleren i rommet. Det betyr i praksis at måleren ser på integralet og tendensen av kurven, framfor enkle “av” og “på” -funksjoner. Grunnen til at denne

styres slik er antakeligvis for å unngå at tilluften er med på å varme opp rommet, i stedet for å kjøle det.

4.2 Andre måling – CO₂-sensor regulerer tilluften

I motsetning til første måling er tilluftsvariasjonene mer markante enn ved første. Den viser tilsynelatende at både spjeld og CO₂-sensor fungerer slik det skal ved at pådraget blir justert ved en slik presisjon. Det som også er verdt å merke seg er at gjennomsnittstemperaturen var 5,1 °C den dagen som vil gi en tilluftstemperatur på 18,5 °C. (Figur 13)

Sensoren sørger for at tilluftsreguleringen vil slå inn og regulere tilluften til maks dimensjonerte mengde på 1600 m³/h når konsentrasjonsnivået av CO₂ stiger med 200 ppm. Denne går for fullt, til nivået av CO₂ går ned til ønsket nivå på 500 ppm. Pådraget vil så gå ned til laveste dimensjonerte behov og fortsette med dette pådraget til en ny endring større enn 200 ppm blir logget ved SD-anlegget.



Figur 15: Andre måling der CO₂-sensor regulerer pådraget.

Temperaturgrafene viser at det helt klart ikke er tilstrekkelig at kun CO₂-sensor får styre pådraget. I perioden hvor klasserommet er i bruk ligger temperaturene stort sett over 23 °C. Under måling nummer én inntraff dette kun mellom 10:30 og 11:30. Det ble også registrert en del klager på at luften ikke hadde vært god av studentene som benyttet seg av rommet, og en dør ble åpnet 11:00 til 11:15 i et forsøk på å lufte rommet.

Ser en på temperaturkurven er det tydelig at en brå endring i tilførselen av tilluft får temperaturen til å stige voldsomt når rommet er i bruk. Dette kan en eksempelvis sees mellom kl.12:00 – 12:30 hvor sensoren ikke måler en høy nok variasjon i CO₂-nivå slik at temperaturen stiger fra 23 °C til 23,5 °C før det blir registrert en variasjon på 200 ppm, og pådraget sørger

for at temperaturen går ned i rommet. Ved en så høy temperatur som dette vil også fancoilen i utgangspunktet ha bidratt til å kjøle ned rommet. Denne slår inn på 22,4 °C.

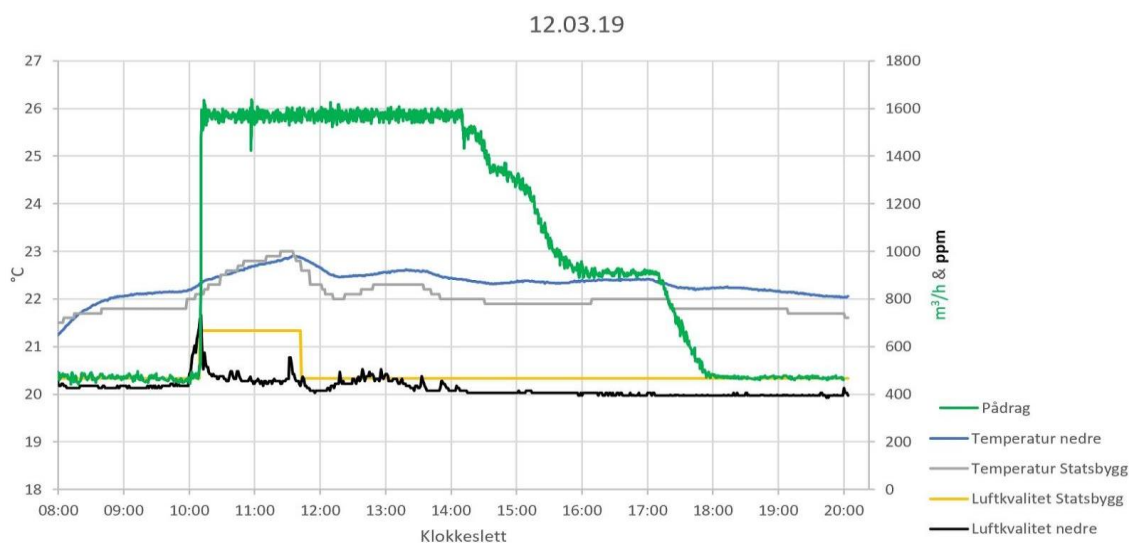
Ser en på presisjonen til CO₂-sensoren kan det diskuteres om et intervall på 200 ppm før en registrert endring i luftkvalitet er tilstrekkelig, i henhold til å oppnå optimal luftkvalitet i rommet. Selv om det blir registrert en slik oppløsning i SD-anlegget vil den lokale reguleringen i utgangspunktet sørge for en mer konkret regulering av pådraget basert på de målte verdiene fra rommet. Dette grunnet det ikke er mulig å få tilsendt alle verdiene fra den lokale reguleringen til SD-anlegget på grunn av begrensninger i BUS-systemet.

Slik som ved temperaturen er det regulatorer som styrer pådraget basert på CO₂. Med denne som enslig driftsparameter vil en P-regulator sørge for at en får de nøyaktige variasjonene som er målt. Denne fungerer slik at den skrur seg «av» og «på» alt ettersom hvilket intervall som er satt. I dette tilfellet er det en lavere oppløst verdi på 200 ppm som blir sendt til SD-anlegget, men som nevnt vil den lokale reguleringen i utgangspunktet sørge for mer presis regulering.

Figur 15 viser derimot at det som blir logget til SD-anlegget stemmer i henhold til regulering av pådraget. I dette tilfellet er derfor den lokale reguleringen lik det som SD-anlegget viser, og det kan tenkes at en nærmere analyse av hvordan reguleringen lokalt pågår hadde vært en idé for en bedre forståelse av hvordan reguleringen er i praksis.

4.3 Tredje måling – Normaldrift

Basert på værdata denne dagen var gjennomsnittstemperaturen på 4,2 °C. Dette vil gi en tilluftstemperatur på 18,5-19,5 °C. Det er ikke nevneverdig langt fra de to foregående målingene. Målingene viser at responstiden for CO₂-målingene er raskere enn de for temperatur. Det vises tydelig ved denne målingen. Det er CO₂-sensoren som gir utslag først, selv om temperaturen krysser sitt settpunkt for kjøling på 22 °C før settpunktet for CO₂ på 500 ppm. Dette skjer rundt kl. 10:00 og etter dette er det et jevnt pådrag på 1600 m³/h til temperaturen synker under 22 °C kl.14:00. Pådraget blir så regulert av og på helt til en kommer til kl. 18:00 hvor bygget går inn i økonomi-modus. I likhet med måling nummer én synker tilluftsmengden sakte og stagnerer ved enkelte tidspunkt. Slik som måling to viser er det CO₂-sensoren som sørger for at pådraget blir regulert i tide.



Figur 16: Tredje måling der CO₂-og temperatur regulerer pådraget.

Fra ca. 11:50 ligger nivået for CO₂ under settpunkt og påvirker ikke pådraget lenger. Ettersom pådraget går for fullt viser dette at det er temperaturgiveren som har tatt over styringen for pådraget. Den går sakte nedover fra 14:15. Ettersom pådraget ikke lenger går maksimalt, er fancoilene skrudd av og temperaturen reguleres følgelig av tilluften alene. Dette fører til at pådraget reduseres så sakte over tid. En grunn til dette kan være at tilluften står i fare for å varme opp rommet igjen fremfor å kjøle det ned. Figur 13, som viser funksjonskurven mellom tilluftstemperatur og utetemperatur kan være med på å underbygge dette.

Det observeres også fra målingene at ventilasjonssystemet ikke er i stand til å få ned temperaturen i rommet, selv når pådraget går for fullt. Fancoilene som aktiveres ved fullt tilluftspådrag og 22,4 °C ser ikke ut til å være tilstrekkelig for å dekke kjølebehovet rommet trenger ved et nærmest fullsatt klasserom.

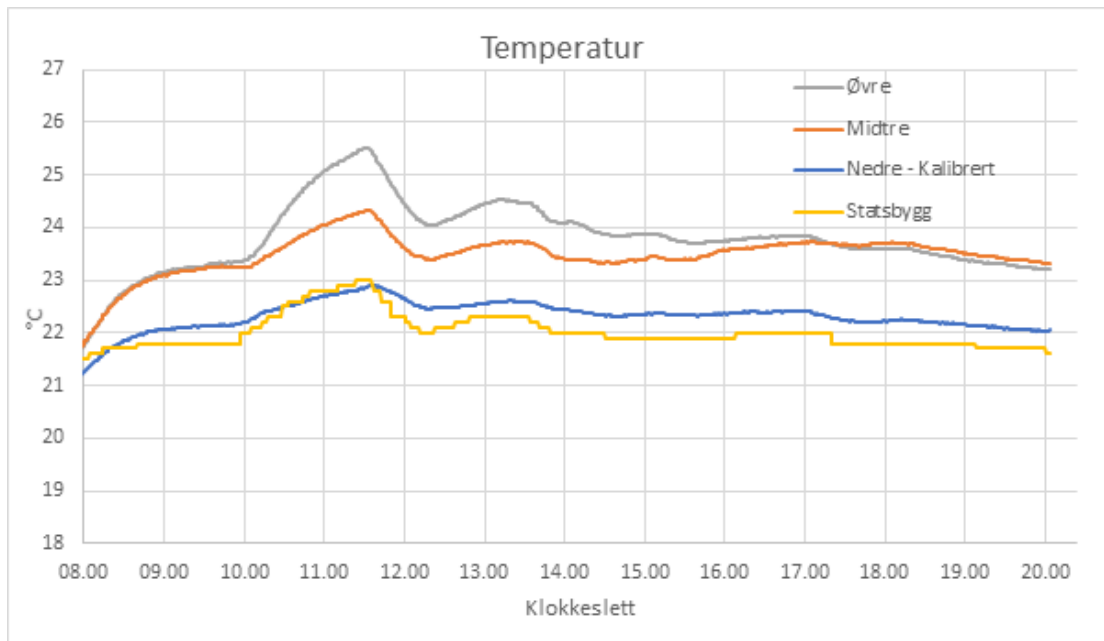
4.4 Sensorplassering



Figur 17: Oversikt hvor måleapparatene var plassert

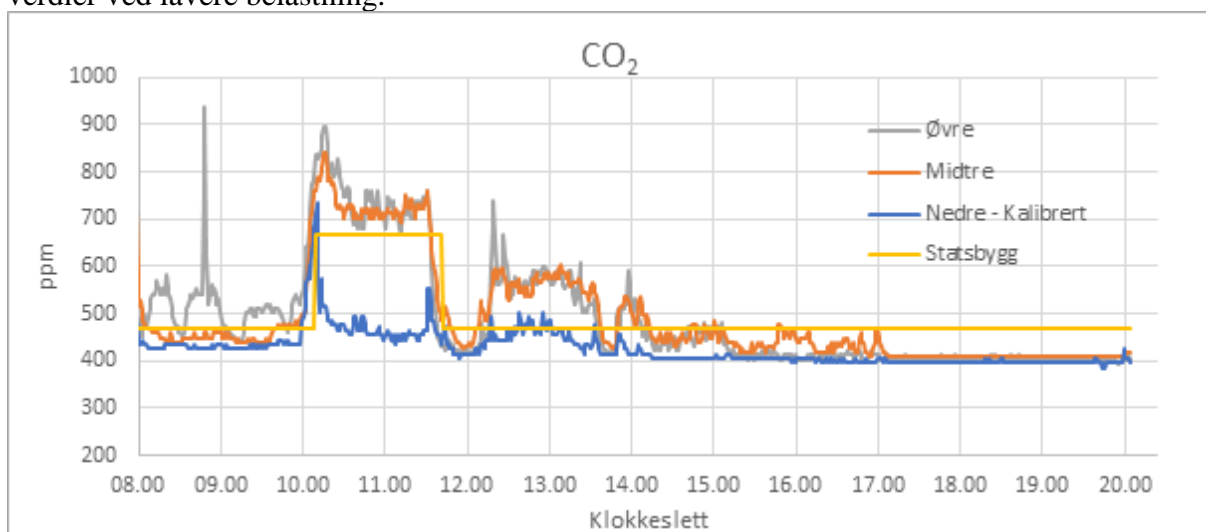
Optimal sensorplassering er viktig for at måleapparatene skal kunne regulere luftkvalitet og temperatur og holde de på et fornuftig nivå. Plasseringen i dette tilfellet er ved avtrekk slik det er vist i Figur 11. Resultatene under viser en klar sammenheng med plassering av apparatene og CO₂- og temperaturforskjeller i rommet slik vist i Figur 18 og Figur 19. Det er et avvik $\pm 0,6$ °C og ± 19 ppm mellom det kalibrerte måleapparatet (nedre) som vist på bildet og de to andre som står henholdsvis ved avtrekk(midtre) og på vegg bak(øvre) vist i Figur 17.

Temperaturen som blir målt til sammenligning med den som er installert rommet følger hverandre bra. Den kalibrerte (blå linje) er den som kan relateres mest til rommets egne måleapparat (gul linje). Resultatene viser samtidig at temperaturen er jevnt høyere på bakerste rad tatt avvikene i betraktning. Dette viser at, som fysikken tilsier, luften blir jevnt over varmere jo høyere opp i rommet en kommer.



Figur 18: Målekurver for de ulike måleapparatene som viser temperaturforskjeller under normaldrift.

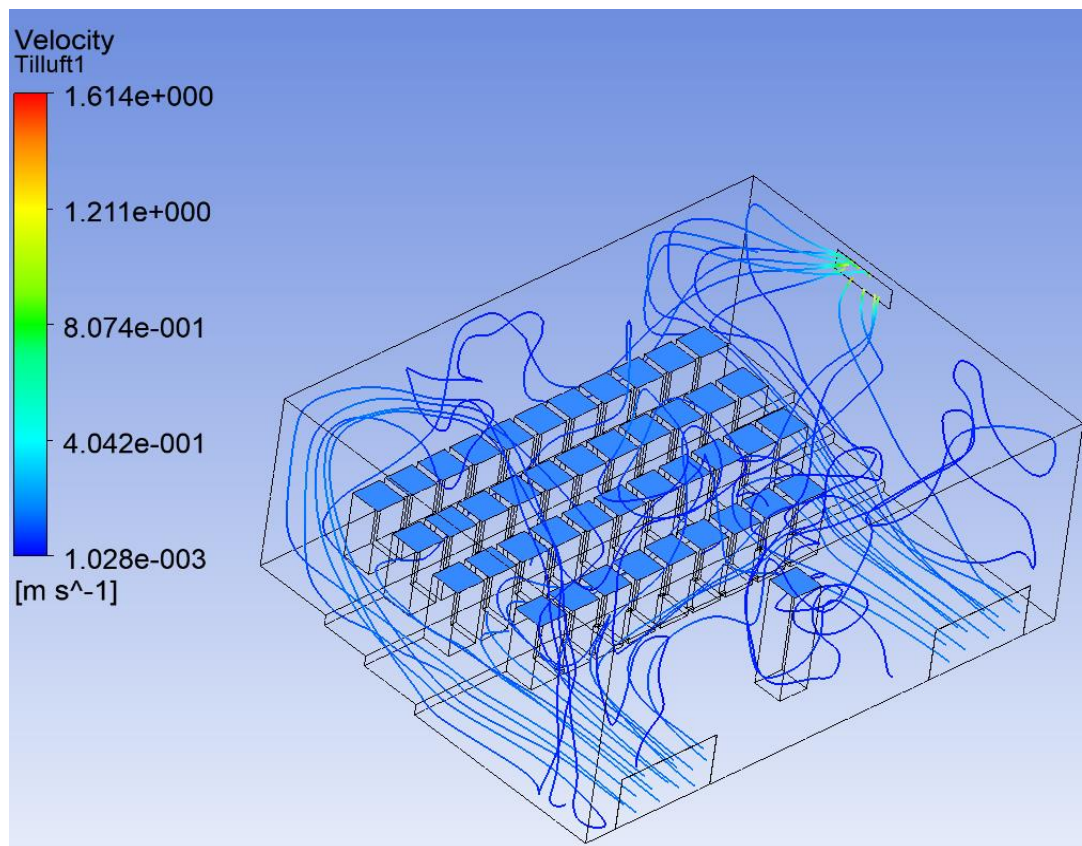
CO₂-sensoren logget få verdier under denne målingen. Det som er viktig å merke seg er at sensorene fulgte Statsbygg sine, men med mye mer nøyaktige endringer. Et annet viktig poeng er at den midtre sensoren er plassert på samme plass som rommets interne sensor og denne måler jevnt over høyere CO₂-verdier når klasserommet er fullsatt. Den har tilnærmet like verdier ved lavere belastning.



Figur 19: Målekurver for ulike måleapparatene som viser luftkvalitetsforskjeller under normaldrift.

Det kan stilles spørsmål om det å ha sensorene på andre plasseringer enn ved avtrekk ville sørget for mer presise målinger til SD-anlegget. Resultatene samt strømningsbildet av luften (Figur 20) viser at en annen sensorplassering kunne vært bedre. Ut fra modellen med fullsatt klasserom vil tilluften dra innover langs og opp på siden av seteradene.

For å underbygge måleresultatene ble det gjennomført en enkel CFD-analyse av auditoriet. En ser tydelig at majoriteten av ny tilluft fra don nærmest døren forsvinner fort i avtrekket, uten å nå til resten av rommet først. Videre viser det seg at luften gjerne skulle blitt tilført mer midt i rommet der det trengs mest, og tilluftsdon under seteradene kunne vært en idé ut i fra dette bildet.



Figur 20: Strømningslinjer som viser hvordan tilluften sirkulerer i rommet ved fullsatt klasserom.

Resultatet av simuleringen viser at store deler av luften fra tilluftsdon 2 strømmer uforstyrret rett fram til den møter veggen, og sprer seg noe utover i rommet. I strømningsbildet til don 1 forsvinner store deler av luften rett inn i avtrekket, uten å spre seg godt i rommet først. Dette kan være med på å påvirke resultatene målt av sensoren plassert på veggen, ettersom sirkulasjonen av frisk tilluft er betydelig større der enn ved setradene.

Basert på resultatet er det minst sirkulasjon av luft rundt de midtre plassene i øvre del av auditoriet.



Figur 21: Auditoriet med tilluftsdon markert

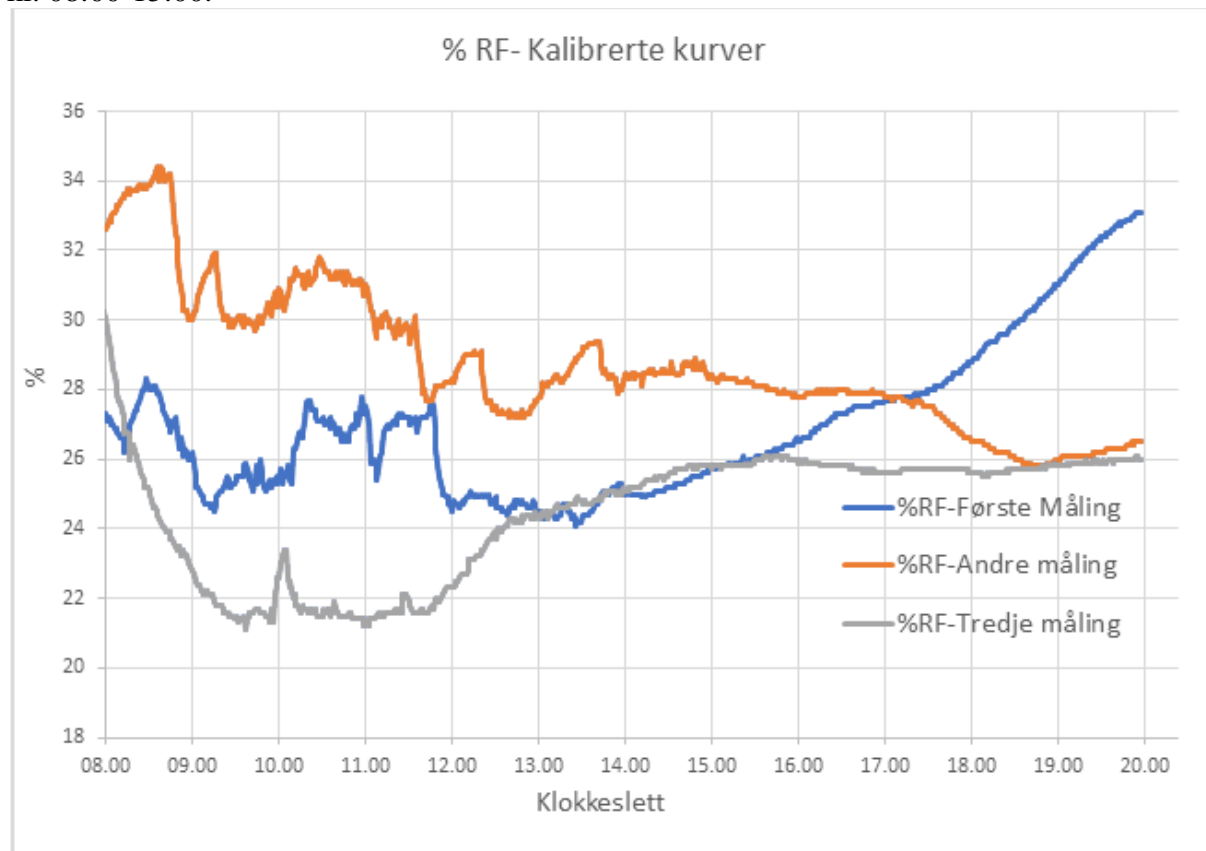
Det er verdt å merke seg at det er jevnt over tilfredsstillende CO₂-verdier i rommet. Det øverste måleapparatet viser dog at det er litt høye verdier til tider. En bedre plassering av sensorer, eller eventuelt bruk av flere kan gi mer realistiske målinger av luften i rommet. Idéen om at en sensor

plassert ved avtrekket vil sirkulere den dårlige luften gjennom sensoren kan delvis forkastes, da en CFD-analyse viser at mye av den friske tilluften som tilføres rommet, strømmer direkte til avtrekket, via sensoren. Da vil en plassering til venstre for avtrekk i dette tilfellet være mer fordelaktig.

Ideelt ville en plassering midt i rommets geometri, eller nærmere der studentene oppholder seg være best, men dette bringer med seg nye utfordringer i form av plassmangel og kostnader.

4.5 Resultater rundt relativ fuktighet

Resultatene som kommer frem fra målingene viser en interessant trend i forhold til temperatur og relativ fuktighet ute. Dette viser seg på resultatene under, da luftfuktigheten inne følger vanninnholdet i uteluften. Tilstedeværelsen i rommet er tilnærmet lik under alle de tre målingene med noen avvik (Tabell 3). Tilstedeværelsen varierte fra $\frac{1}{3}$ til fullsatt klasserom fra kl. 08:00-15:00.



Figur 22: Relativ fuktighet fra det kalibrerte måleapparatet

Haukelands meteorologiske målestasjon blir brukt til å finne data på relativ fuktighet og temperatur ute. [21] Optimalt ville målestasjonen på Kronstad vært best, men da disse sensorene hadde tekniske problemer var Haukeland det beste alternativ.

Første måling

Ved første måling er det temperatursensoren som sørger for tilluft inn til rommet. Utetemperaturen har et dagsgjennomsnitt på 3,7 °C og uteluftens relative fuktighet er på 90,7 %. (se Figur 37 og Figur 40 under vedlegg)

Andre måling

Ved andre måling er det CO₂-sensoren som regulerer tilluften inn til rommet.

Utetemperatur har et dagsgjennomsnitt på 5,1 °C og uteluftens relative fuktighet er på 88,1 %. (se Figur 38 og Figur 41 under vedlegg)

Tredje måling

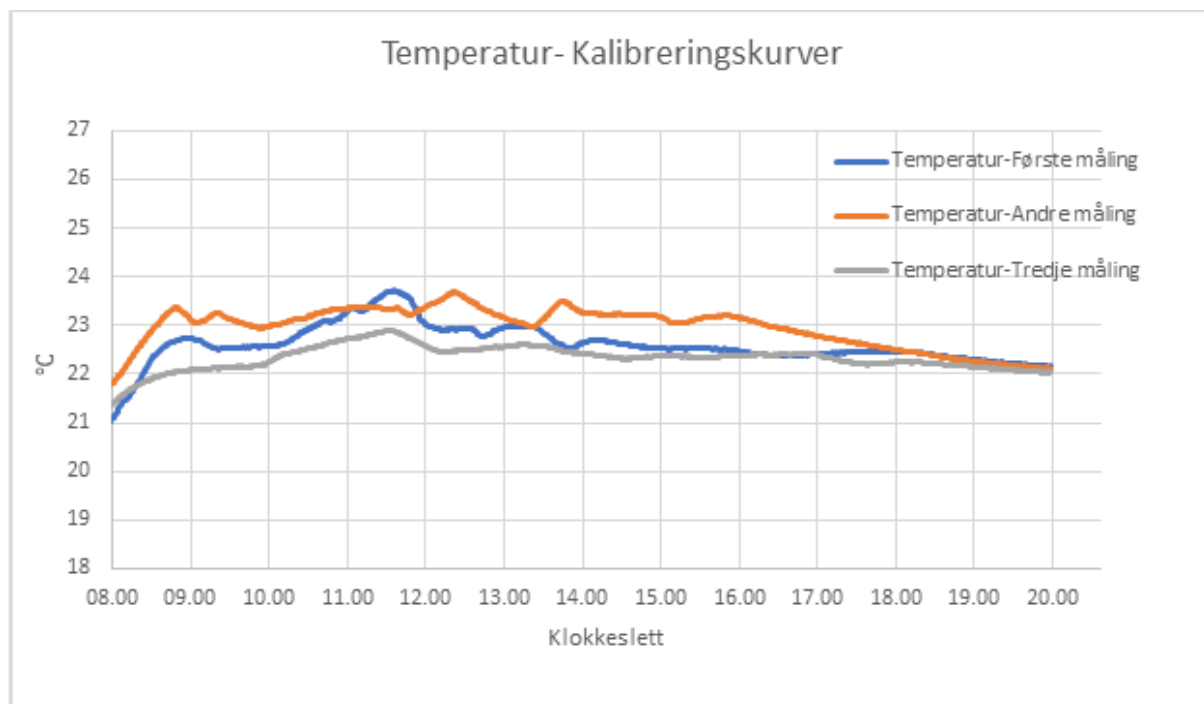
Ved tredje måling er det CO₂-og temperatursensoren som regulerer tilluften inn til rommet alt etter hvem som når settpunktet først.

Utetemperatur har et dagsgjennomsnitt på 4,2 °C og uteluftens relative fuktighet er på 77,6 %. (se Figur 39 og Figur 42 under vedlegg)

Ser en på resultatene kan det tenkes at en befukter er nødvendig for å oppnå 45 %RF som forskningsresultatene tilsier er det optimale for inneklimate til en person, sett fra et helsefremmende perspektiv. Helhetlig er befukttere derimot vanskeligere å forsvare, da installasjon og drift kan bli kostbart. Høyere fuktighet i bygget kan dessuten også føre til sterkere bakterie- og soppkultur i bygget, hvilket vil øke kostnadene enda mer.

Det skal merkes at målingene er blitt tatt under vinterhalvåret hvor uteluften er på det tørreste. Normal RF_{ute} ligger mellom 70-80 %. Det maksimale er 100 %RF og kalles kondenspunktet. Her vil luften være mettet og vannet vil felles ut i tåke, damp, regn eller snø.

Resultatene viser en variasjon mellom 21,1 - 34,2 %RF_{Inne} under de ulike målingene. Temperaturen som vist i Figur 23 varierer noe i henhold til de ulike driftsforutsetningene som ble satt. Variasjonen er ikke stor, men ser en på første måling er gjennomsnittstemperatur på 22,6 °C da kun temperaturmåleren regulerte tilluften. Ved andre måling da CO₂-sensoren var satt til å regulere tilluften, ble det noe høyere temperatur på 22,9 °C, mens under normaldrift landet gjennomsnittstemperaturen på 22,3 °C.

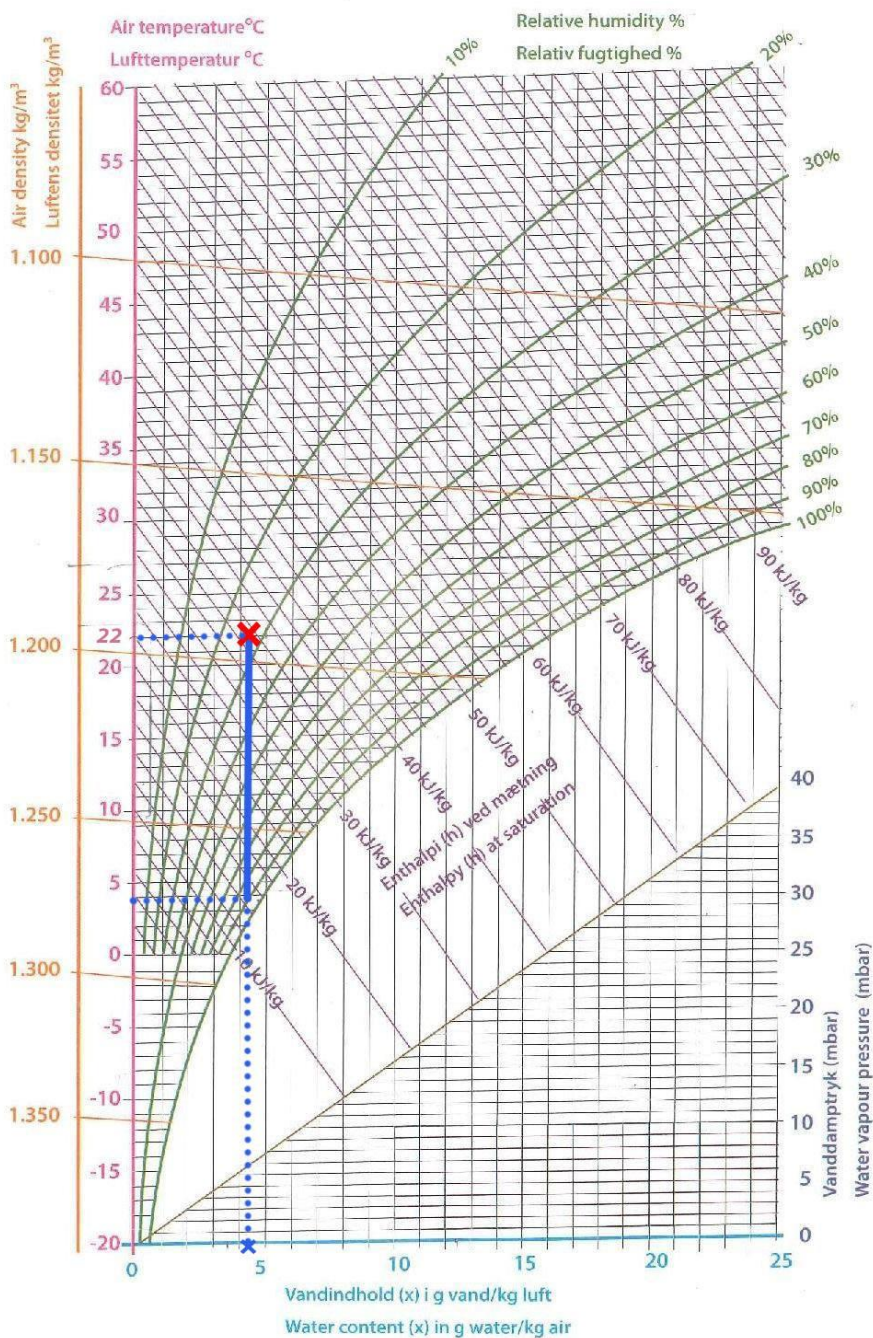


Figur 23: Temperatur fra det kalibrerte måleapparatet

Ser en på utetemperaturen skiller det ikke mer enn 1,4 °C i snitt i løpet av de tre ulike målingene. Den relative fuktigheten varierer fra 24,6-28 %RF_{gj.snitt-inne}. Ved høyere fuktighet ute vil det være naturlig å få høyere fuktighet inne som viser seg fra resultatene.

Mollierdiagrammet kan brukes videre til å se hva som er ønsket %RF_{Inne} basert på %RF_{Ute}. Det kan gi en bedre forklaring på om den relative fuktigheten inne er tilstrekkelig god nok enn hvis en kun ser på utetemperaturen. Diagrammet gir en oversikt over den absolute fuktigheten på x-aksen som gir oversikt over vanninnholdet i luften. Denne måles i gram vann/ kg luft. Y-aksen viser lufttemperaturen i °C og luftens tetthet på den sekundære y-aksen. %RF vises ved de grønne linjene. Entalpi ved metning og vanddamptrykket kan også leses av diagrammet. Første måling vil bli brukt for sammenligning opp mot resultatene.

Humid air – 1013 mbar



Figur 24: Mollierdiagram første måling

Figur 24 viser hva en kan forvente seg den relative fuktigheten inne skal være ved første måling. Her er det et gjennomsnitt på 3,7 °C og 90,7 %RF ute. Ut i fra disse opplysningene trekkes en loddrett strek opp fra denne tilstanden og opp til ønsket innetemperatur som settes til 22 °C. Her avleses den relative fuktigheten (rødt kryss) til 28 %. Den absolutte fuktigheten (blått kryss) leses til å være $4,5 \frac{g \text{ vann}}{kg \text{ luft}}$. Til venstre for den blå streken er området den relative fuktigheten kan ligge i dette tilfellet. Ved å bruke mollierdiagrammet kan en da, med den relative fuktigheten lese av verdien for absolutt fuktighet i rommet, hvilket er en bedre parameter da den ikke endrer seg med temperatur. Figur 35 og Figur 36 viser samme tendens for andre- og tredje måling.

Det kan diskuteres om det hadde vært tilrådelig å innføre fuktgivere i rommene for å justere ventilasjon basert på relativ fuktighet slik at en oppnår et enda bedre inneklime. Spesielt i vinterhalvåret kunne dette vært et godt tilskudd å ha i bygget ettersom temperaturen ofte er lav og luften tørr på den tiden av året. Om dette er den rette løsningen for å bedre det nåværende innemiljøet på høgskolen sett i det store bildet kan diskuteres, da det allerede skal være gode temperatur- og CO₂-sensorer installert i bygget.

4.6 Forbedringer og andre løsninger

Videre i oppgaven skal det drøftes rundt nye løsninger for registrering av personer i et rom. Dette er teknologi som kan komme til nytte for flere sektorer, bl. a. brannsikkerhet, renholdstjenesten og DCV. Det finnes mange løsninger for denne type problemstilling på markedet, men mange av disse er enten dyre, lite nøyaktige, eller krevende for forbruker. Firma som Flir og IEE har løsninger som benytter seg av en kombinasjon med varmekameraer og 3-dimensjonale stereosensorer for å fortløpende telle menneskemasser og bevegelse. [22]

Dette er løsninger, som kanskje kan fungere greit, men vil påføre store kostnader og installeringer, samt stor belastning på BUS-nettverket.

En løsning som er litt enklere vil være å benytte utstyr som allerede er installert i rommet fra før av. Tar en auditoriet som et eksempel kunne løsningen vært å benytte internett-ruterne i rommet til å telle antall mobiltelefoner som er koblet opp mot den. Dette vil ikke være spesielt dyrt å installere, det vil ikke belaste BUS'en i veldig stor grad, gir presise resultater og vil ikke kreve annet av forbrukerne i rommet enn at de kobler mobilen opp til skolens lokale nettverk, hvilket er blitt ganske vanlig for folk å gjøre de siste årene. Med noen enkle programlinjer kan ruterne på skolen kobles opp mot SD-anlegget og sorteres etter hvilket rom de huser i, og hvor mange mobiler og PC'er som benytter seg av den.

Om dagens WiFi-teknologi er noe ustabil for at dette kan fungere plettfritt, vil det iallfall kunne være en løsning for fremtiden.

5. Konklusjon

Sammenlikner en måleresultatene er det tydelig at målingene fra dag 3, der begge driftsparametere går, gir best resultat basert på inneklimaet. I morgentimene stiger pådraget langt saktere ved kun temperaturregulering som styrer enn ved begge driftsparametere satt i drift. Det viser tydelig at målingene av de forskjellige parametere utfyller hverandre; CO₂-målingen setter ventilasjonssystemet i gang, mens temperaturen styrer hvorvidt pådraget kan reduseres og når dette skal skje. Det forutsettes selvfølgelig at kontrollpanelene for manuell endring av settpunktene ikke justeres av eksterne parter og at spjeld fungerer optimalt.

Det kommer også tydelig frem at kjøling i store rom med høy personbelastning er en faktor som bør prioriteres. Supplering av fancoiler og/eller regulering av tilluftstemperaturen er tiltak som bør vurderes nøye.

For inneklimaet sin del, er ikke løsningen helt optimal. Selv om SD-anlegget mottar målinger fra rommets sensorer med svært lav oppløselighet, følger pådragskurven SD-anleggets resultater med relativt stor nøyaktighet. Dette viser at selv om lokalreguleringen skulle være mer nøyaktig så hjelper ikke dette til å øke pådraget. De eksterne måleapparatene viser at driftsparametere ligger over settpunktene rommet er satt på, og variasjonen av inneklimaet i rommet lokalt også er markant. En bedre plassert, eller supplering av flere sensorer vil være riktig vei å gå.

For å forbedre både driftsøkonomien og bruksopplevelsen av slike rom kunne det vært en mulighet å installere utstyr som kan telle personer i et rom, og dermed gi et klarere bilde av belastningen det ville utsettes for. Ved å bruke en enkel programvare til å telle antall IP-adresser koblet til rommets lokale internettrutere kunne det blitt laget en oversikt over antall mobiltelefoner i rommet og brukt dette som en indikator på belastningen rommet utsettes for.

Energieffektiviteten til ventilasjonsstyringen er det ikke gjort noen beregninger på hvorvidt hvilke driftsforhold som er de beste. Resultatene viser derimot en markant forskjell i endring av pådragsluft i løpet av dagen, og en energiøkonomisk forskjell er trolig å regne med. Under temperaturstyring justeres pådraget med en sakte nedadgående kurve. Under CO₂-styring justeres pådraget av og på mens det varierer mer ved begge driftsparametere satt inn. Hvilket av disse alternativene som gir det best energi- og driftsøkonomisk resultat, er det uten videre undersøkelser vanskelig å svare på, og ville vært en mulig videreføring av oppgaven.

For annen videreføring av undersøkelsen kunne det vært interessant å ta en lønnsomhetsanalyse av installasjon av befuktere og fuktigivere. En mer nøyaktig CFD-analyse til alternative plasseringer av tilluftsdon vil også være aktuelt. En lenger måleperiode ville også styrket resultatene da en kunne sett eventuelle variasjoner fra vinter til sommer. Som et tverrfaglig samarbeid mellom eksempelvis energi- og automasjonsstudenter ville det vært spennende å utvikle en oppgave der en utviklet en programvare, der realisering av idéen i henhold til forbedret personregistrering ved hjelp av den lokale WiFi-ruteren i rommet sammenkoblet med mobiltelefonene til hver enkelt ble satt i gang.

Referanser

- [P. Wolkoff, «Indoor air humidity, air quality, and health, An overview,» Elsevier, Amsterdam, 2018.
1
]
- [J. T. Gravdahl, «SNL.no,» NTNU, 12 Mars 2018. [Internett]. Available: <https://snl.no/PID-regulator>.
2 [Funnet 4 April 2018].
]
- [Standard.no, «Standard.no,» 1 Februar 2009. [Internett]. Available:
3 [https://www.standard.no/en/PDF/FileDownload/?redir=true&filetype=Pdf&preview=true&item=36](https://www.standard.no/en/PDF/FileDownload/?redir=true&filetype=Pdf&preview=true&item=364700&category=5)
4 4700&category=5. [Funnet 5 4 2019].
- [Byggforsk, «Byggforsk.no,» 1 Januar 1996. [Internett]. Available:
4 https://www.byggforsk.no/dokument/539/fordeling_av_ventilasjonsluft_i_rom#i. [Funnet 15
5] Februar 2019].
- [Betydning definisjon, «betyding-definisjoner.com,» 1 Januar 2019. [Internett]. Available:
5 <http://www.betydning-definisjoner.com/Topologi>. [Funnet 26 April 2019].
]
- [B. Pedersen, «SNL.no,» UiO, 28 September 2014. [Internett]. Available:
6 https://snl.no/absolutt_fuktighet. [Funnet 26 April 2019].
]
- [Swegon, «Swegon.com,» Swegon, 1 Januar 2019. [Internett]. Available:
7 <http://www1.swegon.com/no/Produkter/Behovsstyrt-ventilasjon1/>. [Funnet 26 April 2019].
]
- [J. G. Allen, P. MacNaughton, U. Satish, S. Santanam, J. Vallarino og J. D. Spengler, «Associations
8 of Cognitive Function Scores with Carbon Dioxide, Ventilation, and Volatile Organic Compound
9] Exposures in Office Workers: A Controlled Exposure Study of Green and Conventional Office
10 Environments,» Harvard University, Cambridge, 2016.
- [Helsedirektoratet, «Helsenorge.no,» Helsenorge, 1 Januar 2019. [Internett]. Available:
9 <https://helsenorge.no/Sider/PageNotFoundError.aspx?requestUrl=https://helsenorge.no/helse-og->
10] [miljo/gode-rad-for-godt-inneklima](https://helsenorge.no/helse-og-miljo/gode-rad-for-godt-inneklima). [Funnet 18 Januar 2019].
- [Byggforsk, «Byggforsk.no,» 1 Desember 2017. [Internett]. Available:
1 [https://www.byggforsk.no/dokument/2753/luftmengder_i_ventilasjonsanlegg_krav_og_anbefalinger](https://www.byggforsk.no/dokument/2753/luftmengder_i_ventilasjonsanlegg_krav_og_anbefalinger#i17)
2] [r#i17](https://www.byggforsk.no/dokument/2753/luftmengder_i_ventilasjonsanlegg_krav_og_anbefalinger#i17). [Funnet 15 Januar 2019].
3]

[Direktoratet for byggkvalitet, «Dibk.no,» Direktoratet for byggkvalitet, 1 Januar 2010. [Internett]. Available: <https://dibk.no/byggeregler/tek/3/13/i/13-1/>. [Funnet 25 Januar 2019].

1
]

[M. Mysen og P. G. Schild, «Sintef.no,» 1 Januar 2013. [Internett]. Available: <https://www.sintef.no/contentassets/aab32f3b1f47475f91c7f61f46469b6d/behovsstyrt-ventilasjon-dcv-krav-og-overlevering.pdf>. [Funnet 25 Januar 2019].

]

[Direktoratet for byggkvalitet, «Dibk.no,» 1 Januar 2010. [Internett]. Available: <https://dibk.no/byggeregler/tek/3/13/ii/13-4/>. [Funnet 25 Januar 2019].

3
]

[Byggforsk, «Byggforsk.no,» 1 Mai 2017. [Internett]. Available: https://www.byggforsk.no/dokument/195/godt_inneklima_i_yrkesbygninger#i12. [Funnet 29 Januar 2019].

]

[A. D. Sivle, «SNL.no,» 2017 September 2017. [Internett]. Available: https://snl.no/relativ_fuktighet. [Funnet 29 Januar 2019].

5
]

[Byggforsk, «Byggforsk.no,» 1 Oktober 2017. [Internett]. Available: https://www.byggforsk.no/dokument/193/termisk_inneklima_betingelser_tilrettelegging_og_maaling. [Funnet 7 Februar 2019].

]

[H. K. Nylund, «40 til 60 % relativ fuktighet er «sweet spot»,» *VVS-forum*, 7 Februar 2018.

1
7
]

[J. Shaman og M. Kohn, «Absolute humidity modulates influenza survival, transmission, and seasonality,» Princeton University, Princeton, 2009.

8
]

[Nasjonal digital læringsarena, «NDLA.no,» Mars 2017. [Internett]. Available: <https://ndla.no/subjects/subject:28/topic:1:194200/topic:1:115681>. [Funnet Fredag Mai 2019].

9
]

[Byggforsk, «Byggforsk.no,» Byggforsk, 1 Juni 2017. [Internett]. Available: https://www.byggforsk.no/dokument/5160/behovsstyrt_ventilasjon_dcv_systemloesninger_og_regulering#i2. [Funnet 7 Februar 2019].

]

[Bergen Kommune, «Bergensveret.no,» Bergen Kommune, Februar-Mars 2019. [Internett]. Available: <https://www.bergensveret.no/stasjon/?vis=download&id=29>. [Funnet Februar-Mars 2019].

]

[Flir, «Flir.com,» Flir, 1 Juni 2017. [Internett]. Available:
2 http://brickstream.com/?creative=190276722903&keyword=%2Bpeople%20%2Bcounting&matchtype=b&network=g&device=c&gclid=CjwKCAjwy7v1BRACEiwAZvdx9i6_8eFPOQ1BDp7UvyUEWIUKMfzbf0Xuj4_gqNOWU_GZBeEIWxEgxoCqVAQAvD_BwE%20https://www.iee.lu/en/products/building-manage. [Funnet 4 April 2019].

[S. J. Olsen, «Så mye har egentlig dårlig luft å si for produktiviteten din,» *Teknisk ukeblad*, 5
2 November 2015.
3
]

[D. Kearney, B. Kelly, R. Cable, N. Potrovitza, U. Herrmann, P. Nava, R. Mahoney, J. Pacheco, D.
2 Blake og H. Price, «Overview on use of a Molten Salt HTF in a Trough Solar Field,» 2003. [Internett].
4 Available: <https://www.nrel.gov/docs/fy03osti/40028.pdf>. [Funnet 14 April 2018].
]

Liste over figurer

Figur 1: Oversiktsbilde over auditoriet.	13
Figur 2: Kistock KH 210.....	15
Figur 3: Temperaturgraf over måleapparatene	16
Figur 4:Konsentrasjon av CO ₂ -nivå fra måleapparatene	17
Figur 5: Relativ fuktighet i prosent fra måleapparatene	17
Figur 6: Oversikt over ppm-nivå og tilfredsstillelse, Grafikk: Knut Bjørheim Kilde: Zyaura	19
Figur 7: Sammenhengen mellom friskluftstilførsel per person og forventet prosentandel misfornøyde besøkende i et rom.....	19
Figur 8: Mollierdiagram	21
Figur 9: Kontrollpanel for manuell styring	22
Figur 10: Prinsippskjema som viser romreguleringsprinsippet med variabel luftmengde	23
Figur 11: Avtrekkskanalen til auditoriet med CO ₂ -og temperatursensor til høyre.....	24
Figur 12: Auditoriet med vertikalt tilluftsdon markert.....	26
Figur 13: Tilluftstemperatur mot utetemperatur.....	26
Figur 17: Første måling der temperatursensor regulerer pådraget.	27
Figur 18: Andre måling der CO ₂ -sensor regulerer pådraget.....	28
Figur 19: Tredje måling der CO ₂ -og temperatur regulerer pådraget.....	29
Figur 20: Oversikt hvor måleapparatene var plassert.....	30
Figur 21: Målekurver for de ulike måleapparatene som viser temperaturforskjeller under normaldrift.	31
Figur 22: Målekurver for ulike måleapparatene som viser luftkvalitetsforskjeller under normaldrift..	31
Figur 23: Strømningslinjer som viser hvordan tilluften sirkulerer i rommet ved fullsatt klasserom.....	32
Figur 24: Auditoriet med tilluftsdon markert	32
Figur 14: Relativ fuktighet fra det kalibrerte måleapparatet	33
Figur 15: Temperatur fra det kalibrerte måleapparatet.....	34
Figur 16:Mollierdiagram første måling	35
Figur 25: CO ₂ -sensor satt "ut av drift". Settpunkt CO ₂ satt til 10 000 ppm	42

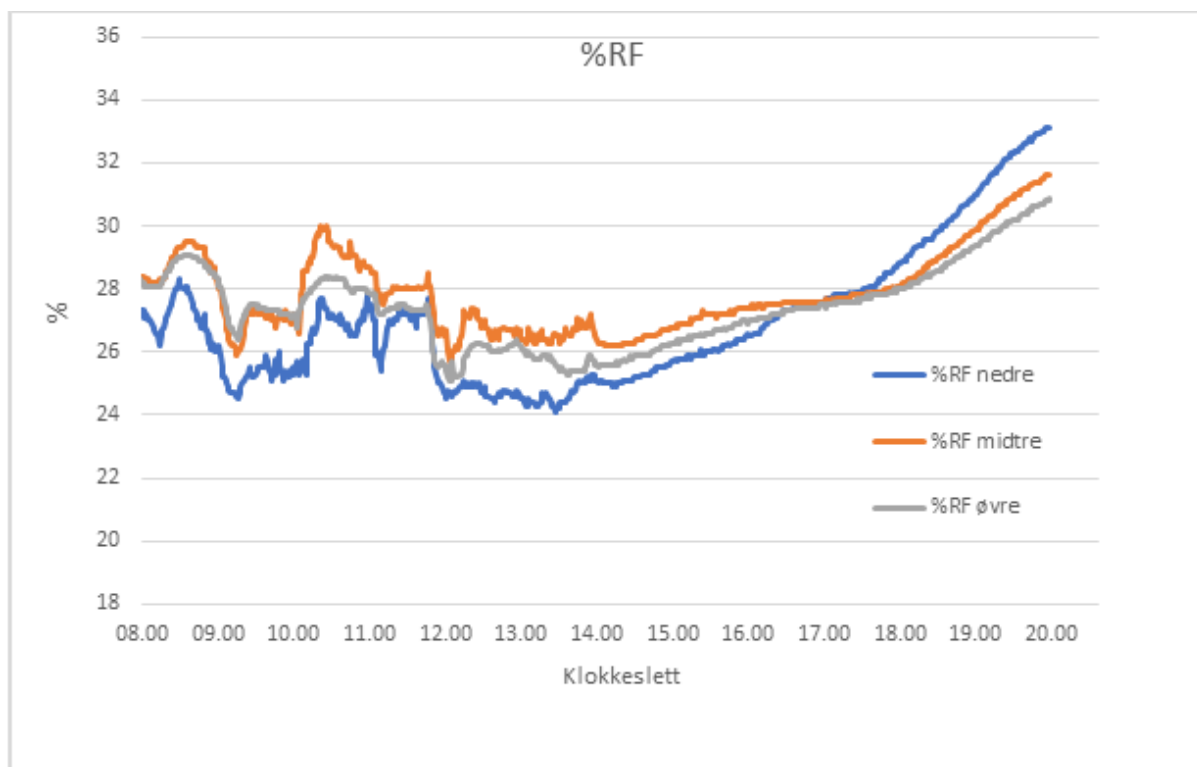
Figur 26:Temperatursensor satt “ut av drift”. Settpunkt temperatur satt til 30 °C.	42
Figur 27: Normaldrift der CO ₂ -og temperatursensor går. Settpunkt temperatur satt 22 °C og CO ₂ satt til 500 ppm.....	43
Figur 28: Temperatur 12.02.2019.....	43
Figur 29: Temperatur 05.03.2019.....	44
Figur 30: Temperatur 12.03.2019.....	44
Figur 31: Luftkvalitet 12.02.2019	45
Figur 32: Luftkvalitet 05.03.2019	45
Figur 33: Luftkvalitet 12.03.2019	45
Figur 34: Analyse av klasserommet	46
Figur 35: Mollierdiagram andre måling	48
Figur 36:Mollierdiagram tredje måling	49
Figur 37: Temperatur Haukeland værstasjon	50
Figur 38: Temperatur Haukeland værstasjon	50
Figur 39: Temperatur Haukeland værstasjon	51
Figur 40: Relativ fuktighet 12.02.2019	51
Figur 41: Relativ fuktighet 05.03.2019	52
Figur 42: Relativ fuktighet 12.03.2019	52
Figur 43:Funksjonsbeskrivelse av generell romregulering	53

Liste over Tabeller

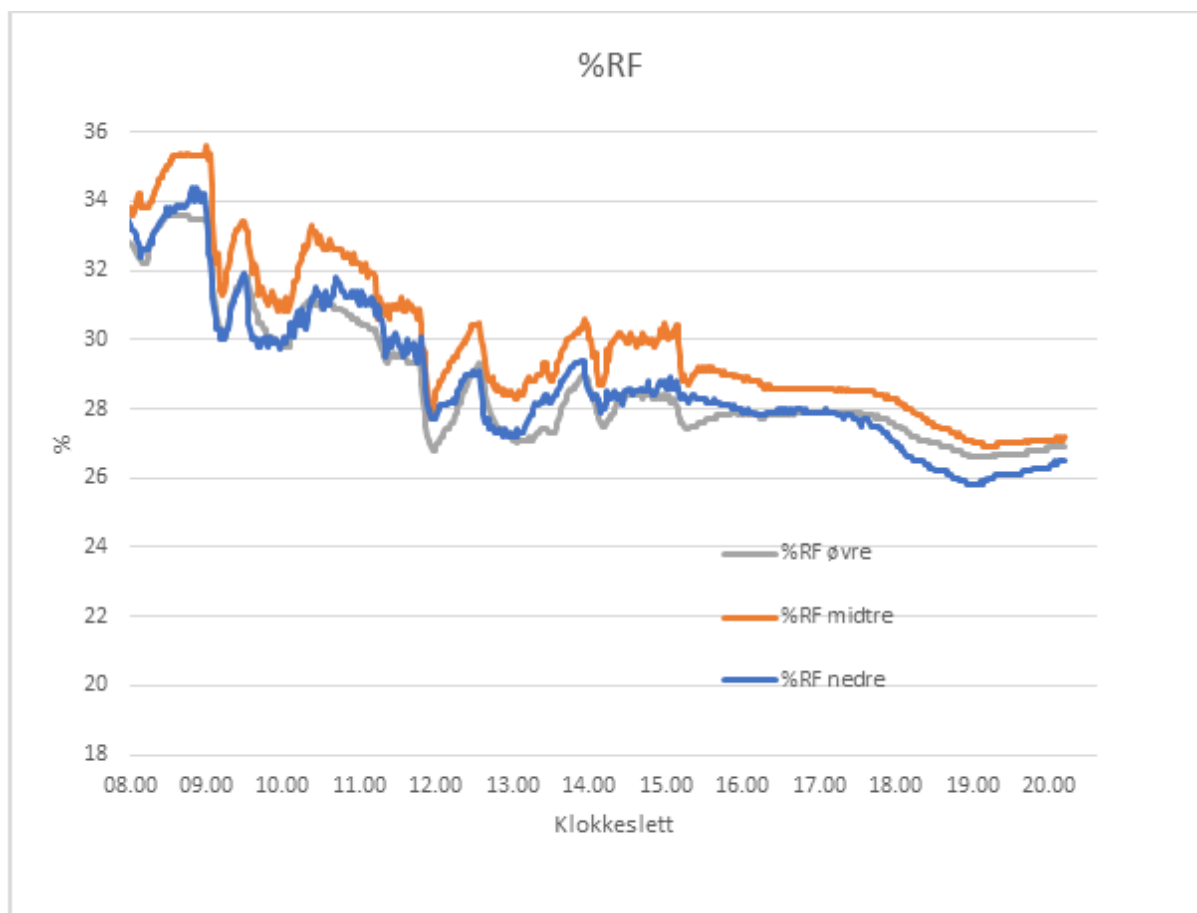
Tabell 1: Oppslagsverdier for aktivitetsnivå (met)og nødvendig luftmengde per person ved ulik aktivitet.	18
Tabell 2: Aktuelle styringsparametre for ventilasjon i ulike type lokaler.	24
Tabell 3: Oversikt over tilstedeværelse og utetilstand ved CO ₂ -sensor satt ut av drift.	46
Tabell 4: Oversikt over tilstedeværelse og utetilstand ved temperatursensor satt ut av drift.	47
Tabell 5: Oversikt over tilstedeværelse og utetilstand ved normaldrift.....	47
Tabell 6: Tabell for basisinnstillinger	55

Vedlegg

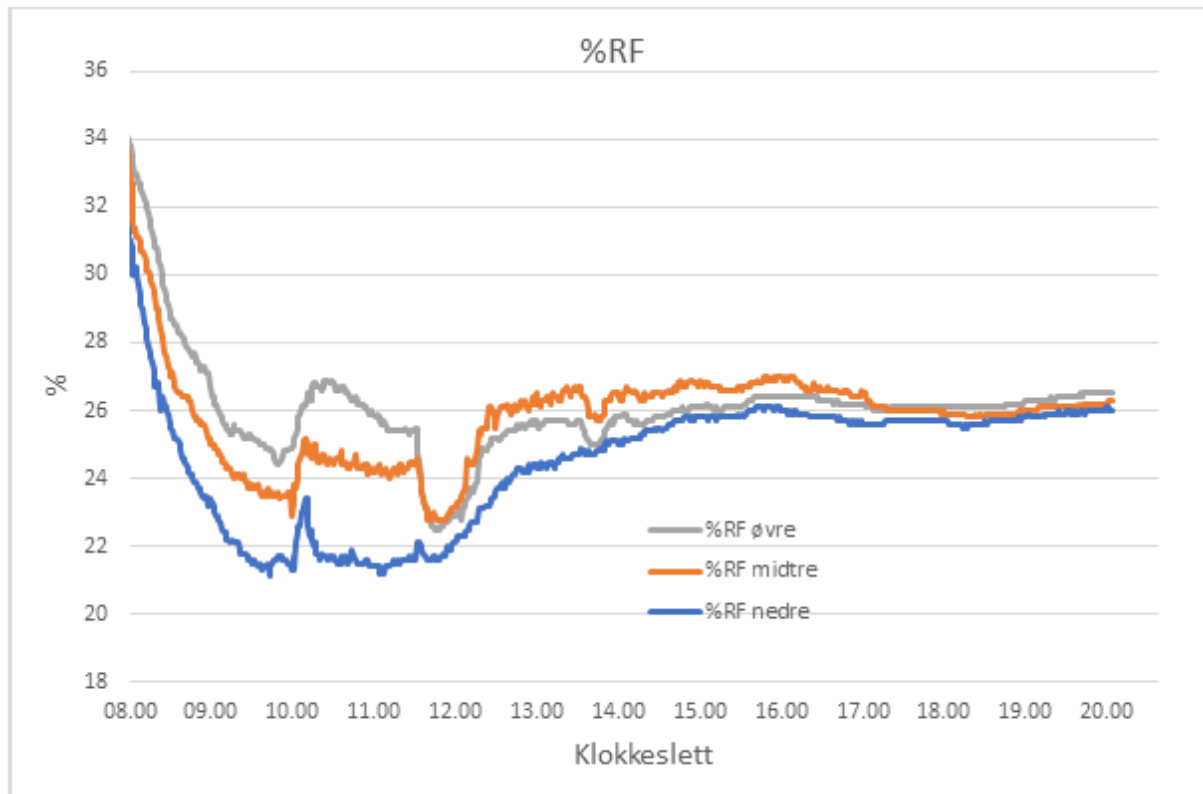
Relativ fuktighet



Figur 25: CO₂-sensor satt "ut av drift". Settpunkt CO₂ satt til 10 000 ppm

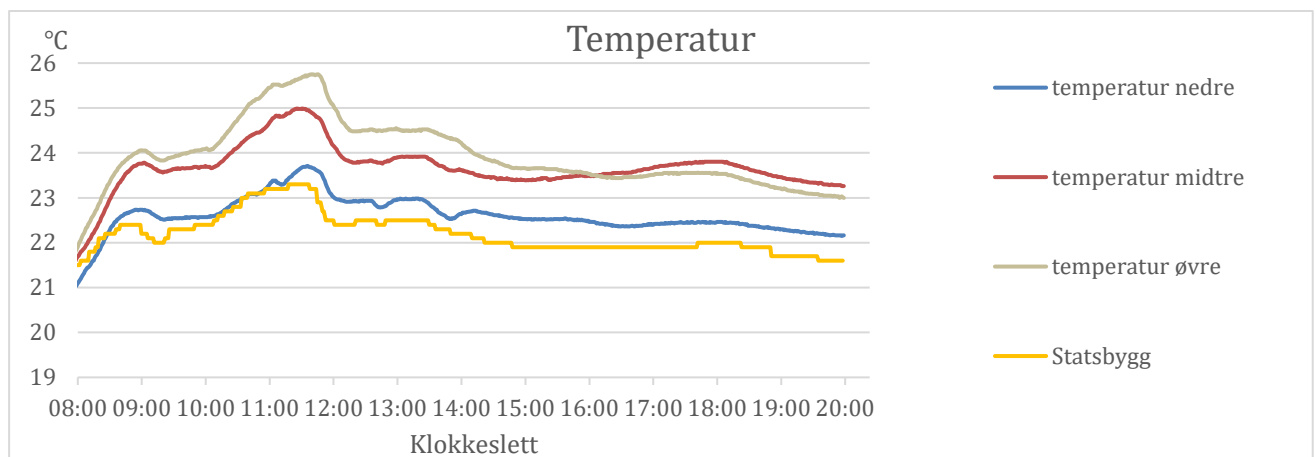


Figur 26: Temperatursensor satt "ut av drift". Settpunkt temperatur satt til 30 °C.

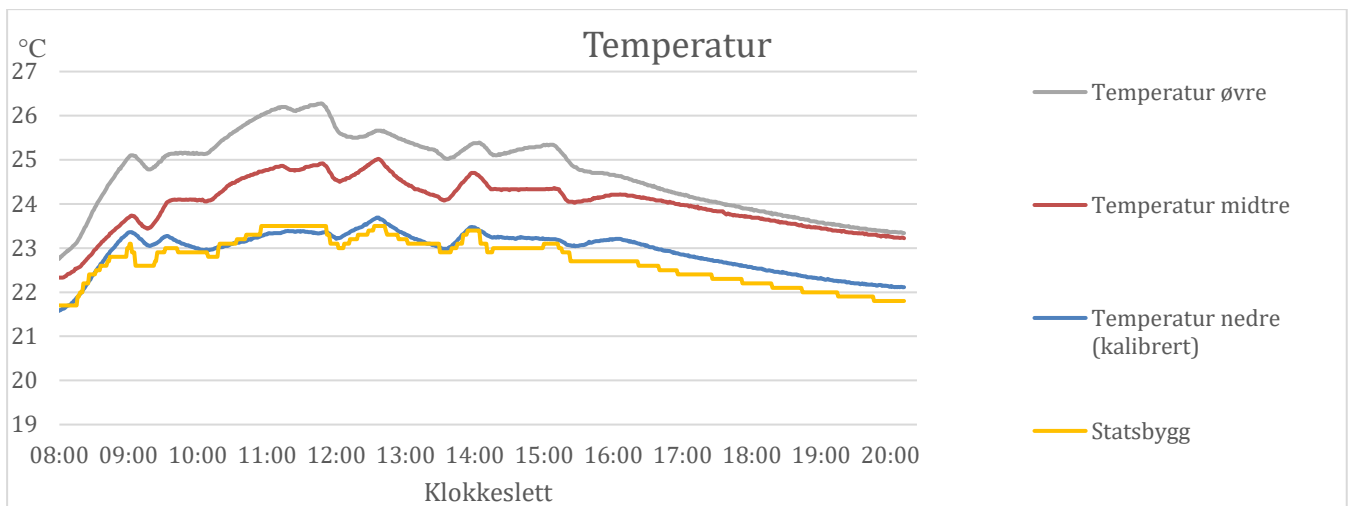


Figur 27: Normaldrift der CO₂-og temperatursensor går. Settpunkt temperatur satt 22 °C og CO₂ satt til 500 ppm

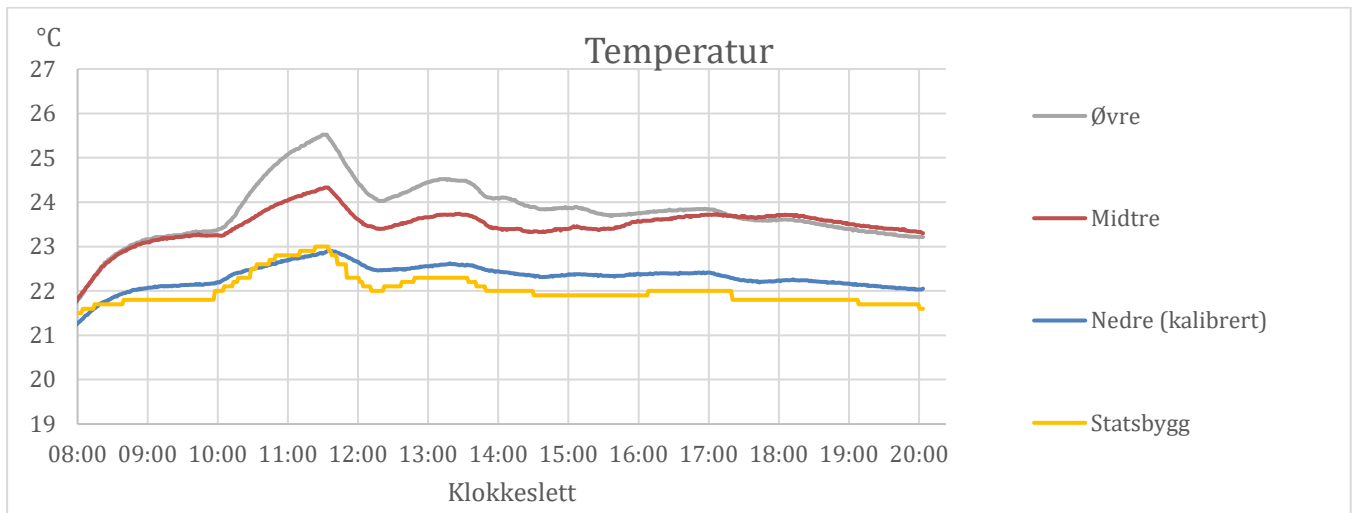
Temperatur



Figur 28: Temperatur 12.02.2019

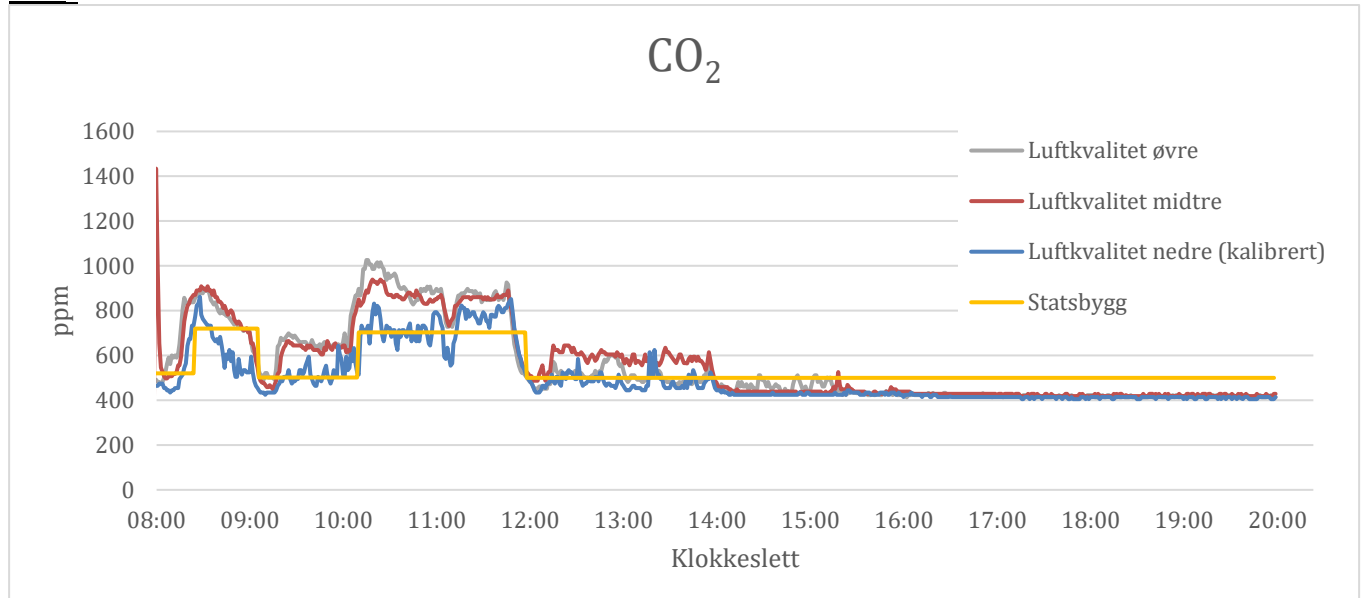


Figur 29: Temperatur 05.03.2019

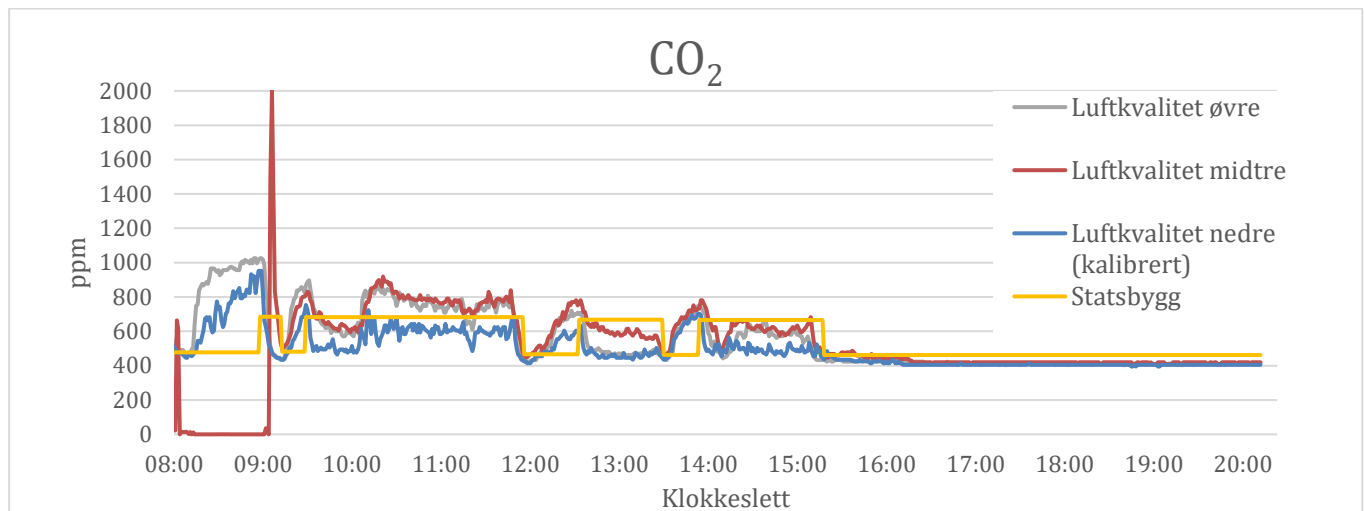


Figur 30: Temperatur 12.03.2019

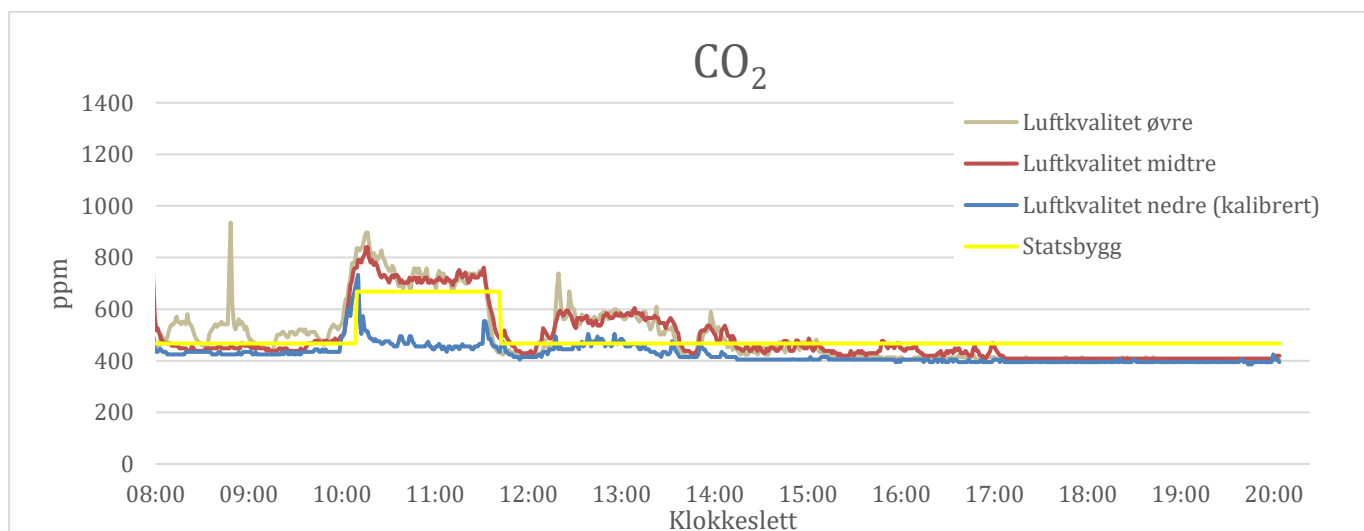
CO₂



Figur 31: Luftkvalitet 12.02.2019

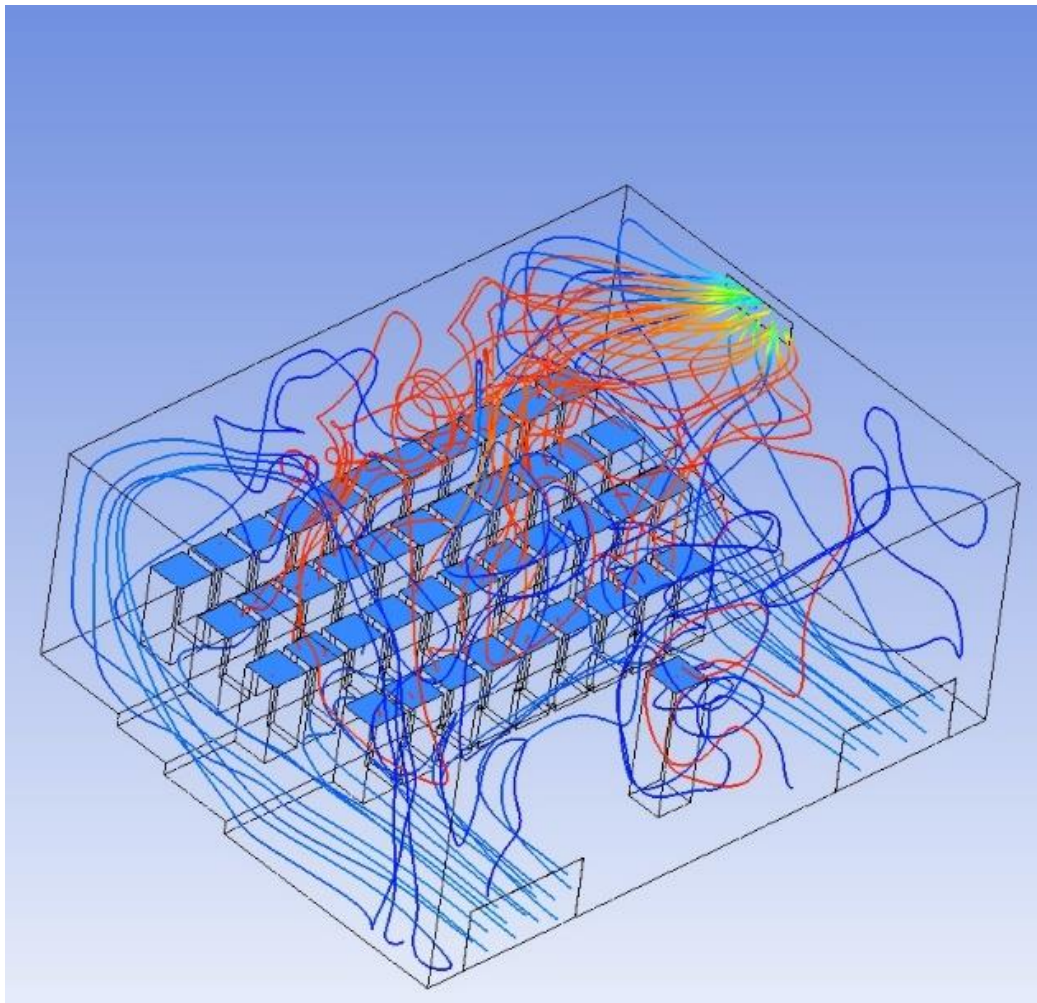


Figur 32: Luftkvalitet 05.03.2019



Figur 33: Luftkvalitet 12.03.2019

CFD



Figur 34: Analyse av klasserommet

Tilstedeværelse

12.02.2019	Settpunkt CO2:10 000 ppm
Utetilstand(Haukeland målestasjon)	
Temperatur [°C]	3,65
% RF	90,71
Klokkeslett	Antall personer
07.50-08.15	1
08.15-09.00	18
09.15-10.00	18
10.15-11.45	37
12.15-14.00	17
14.00-20.00	1

Tabell 3: Oversikt over tilstedeværelse og utetilstand ved CO₂-sensor satt ut av drift.

05.03.2019		Settpunkt Temperatur: 30 grader
Utetilstand(Haukeland målestasjon)		
Temperatur [°C]		5,09
% RF		88,1
Klokkeslett		
	Antall personer	
07.55-08.10		1
08.15-09.00		18
09.00-10.00		18
10.15-11.13		36
11.23-11.48		36
12.00-13.25		14
13.40-14.00		14
14.15-15.15		21
15.15-16.30		1
16.30- 20.00		0

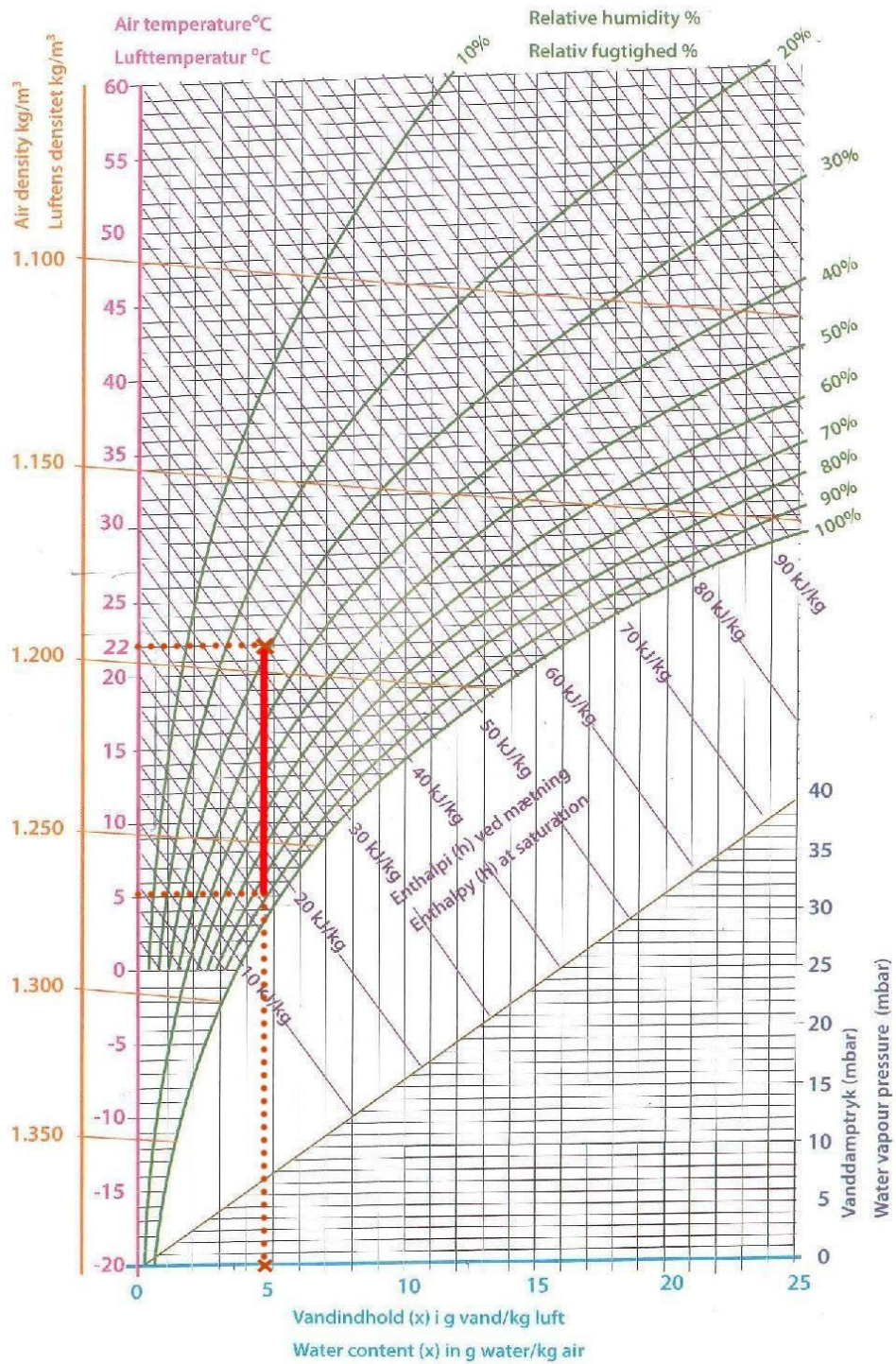
Tabell 4: Oversikt over tilstedeværelse og utetilstand ved temperatursensor satt ut av drift.

12.03.2019		Normaldrift: 500 ppm og 22 grader
Utetilstand(Haukeland målestasjon)		
Temperatur [°C]		4,15
% RF		77,58
Klokkeslett		
	Antall personer	
07.50-10.00		1
10.15-11.30		30
11.30-12.15		2
12.15-14.00		14
14.00-15.00		5
15.00- 17.00		1
17.00-20.00		0

Tabell 5: Oversikt over tilstedeværelse og utetilstand ved normaldrift.

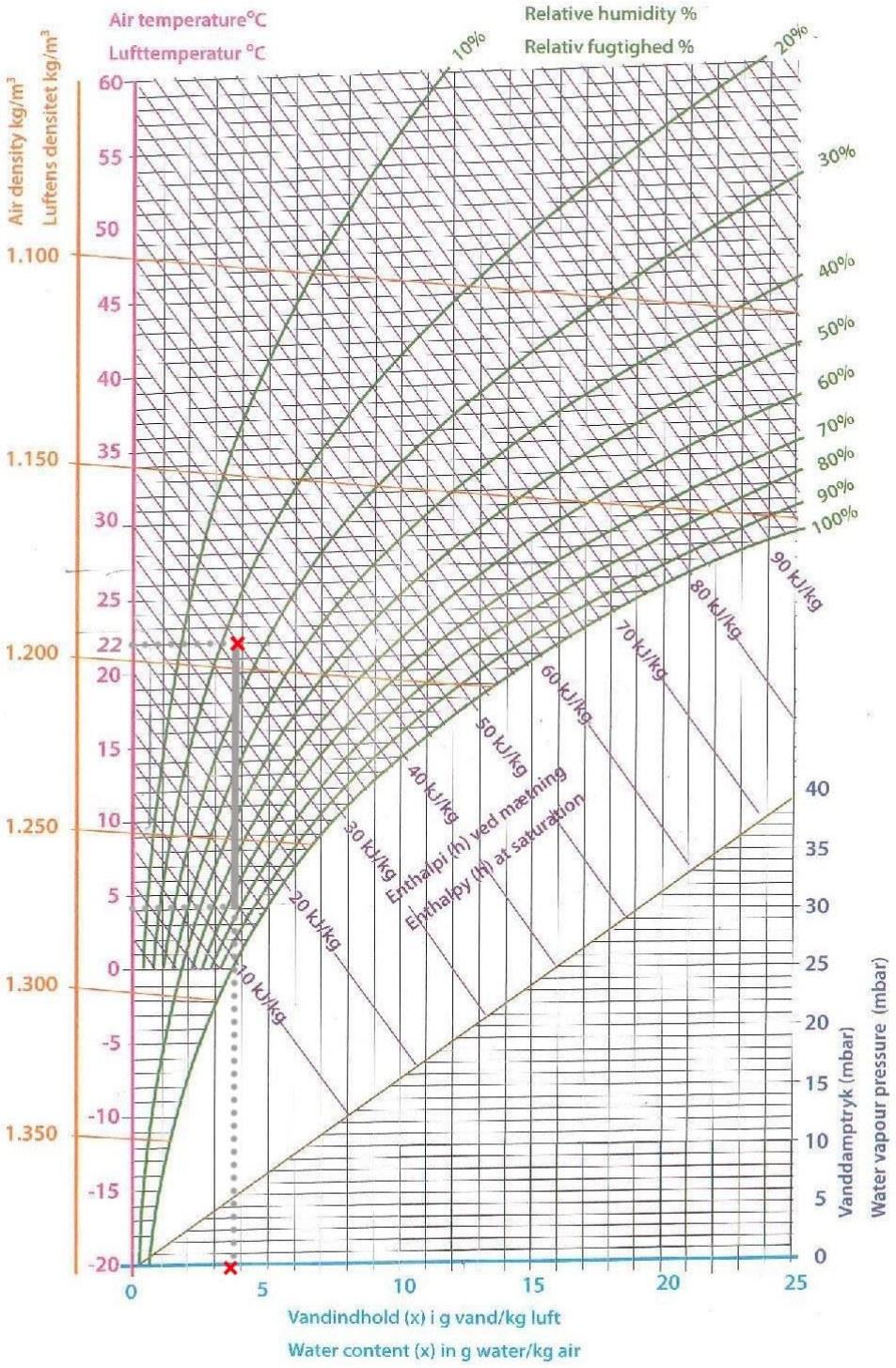
Mollierdiagram

Humid air – 1013 mbar



Figur 35: Mollierdiagram andre måling

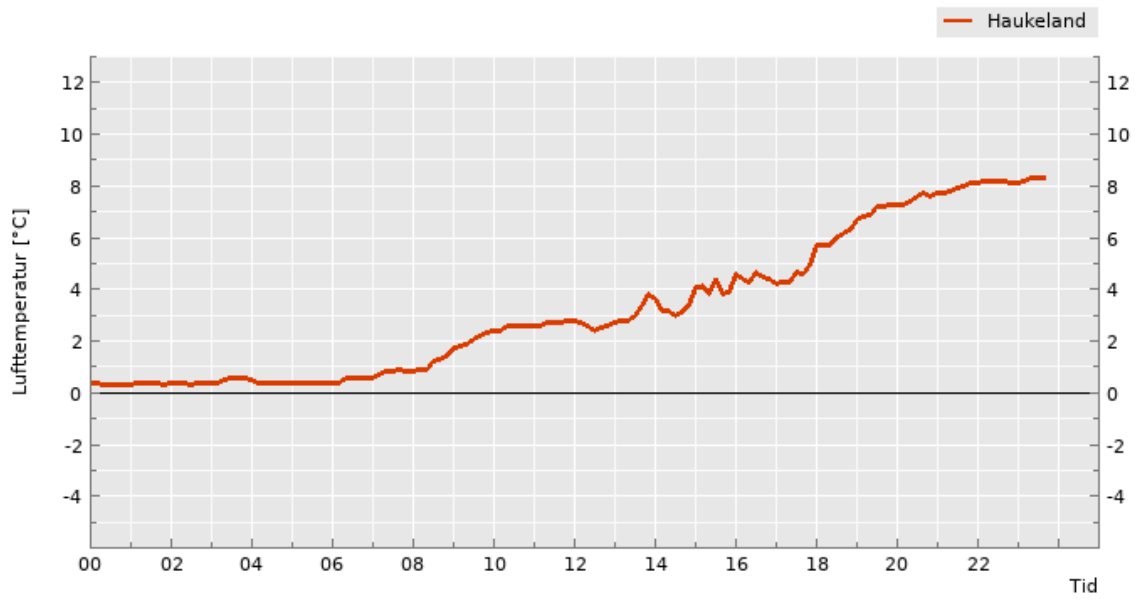
Humid air – 1013 mbar



Figur 36: Mollierdiagram tredje måling

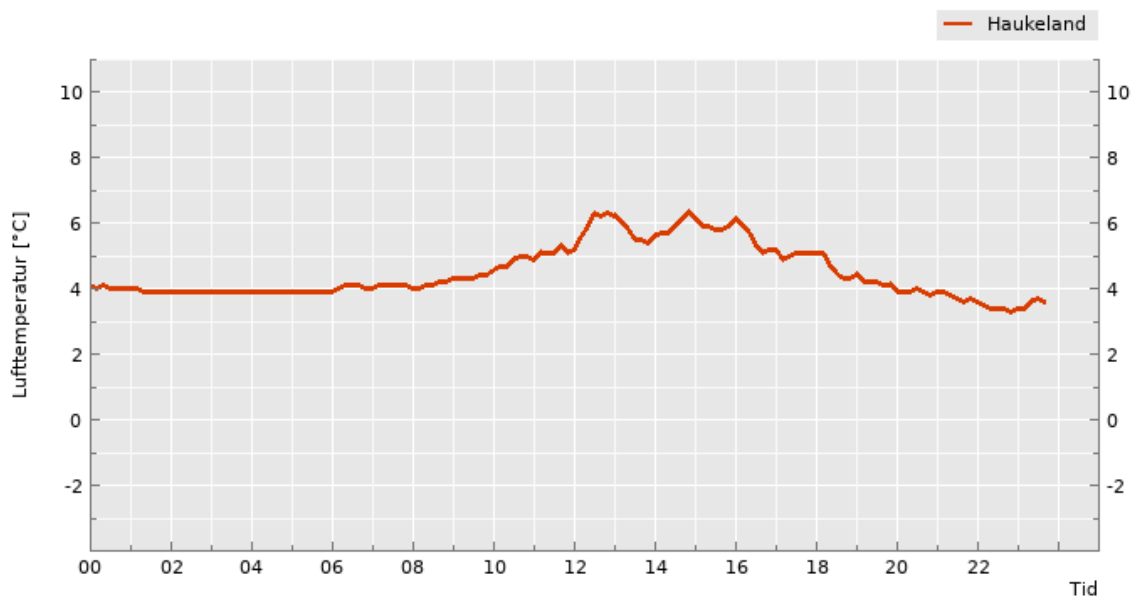
Diverse

Lufttemperatur 12.02.19

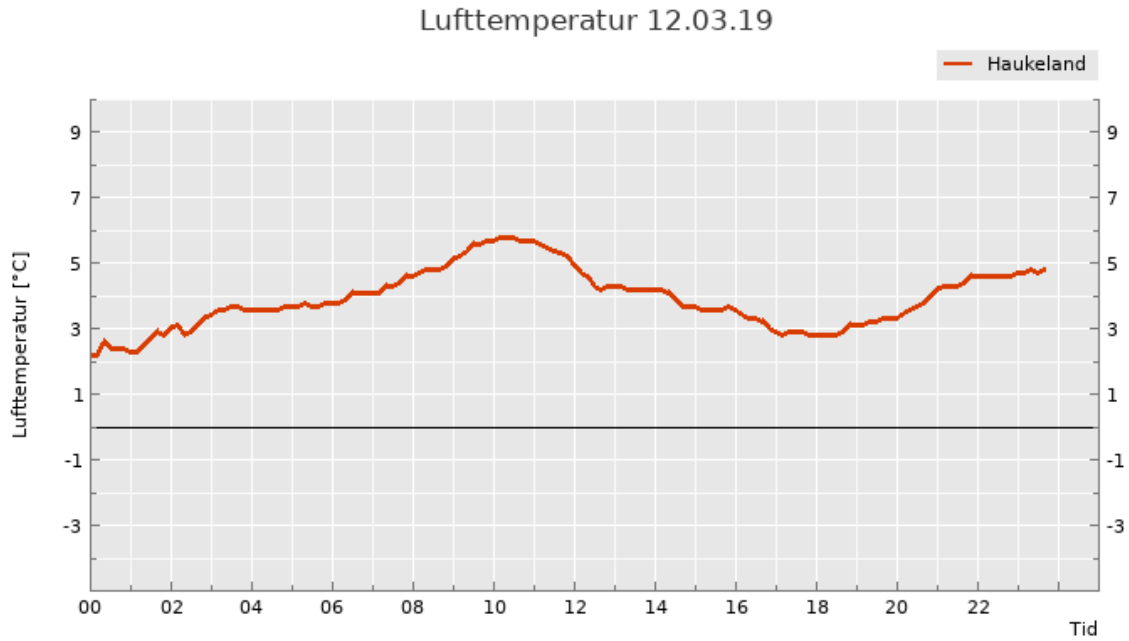


Figur 37: Temperatur Haukeland værstation

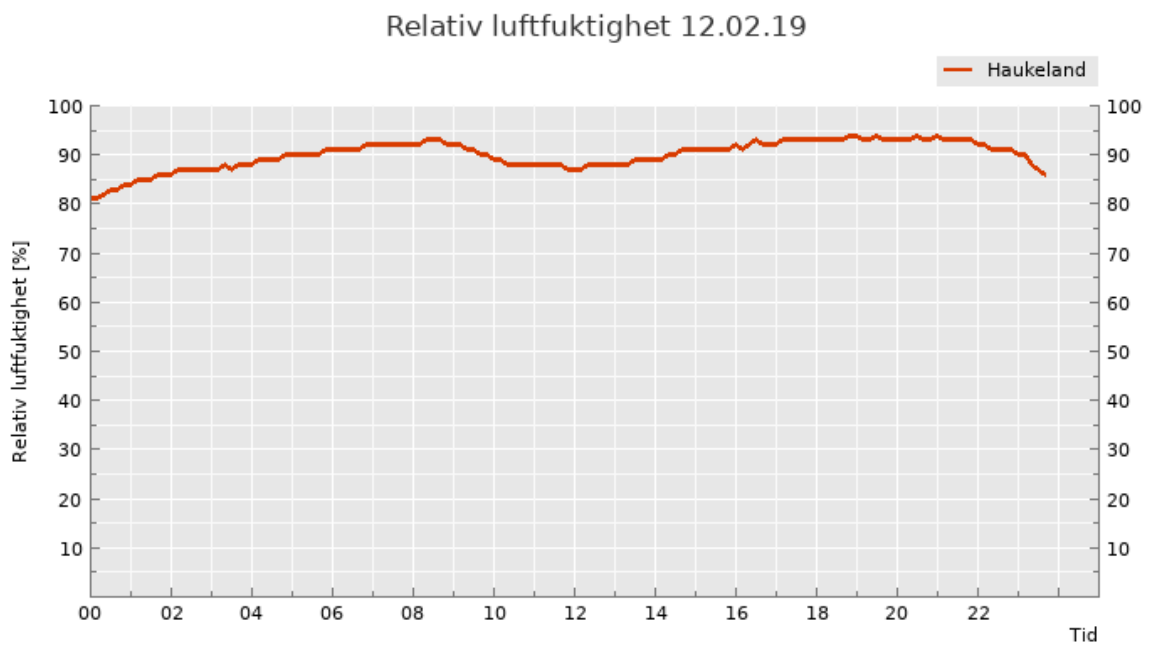
Lufttemperatur 05.03.19



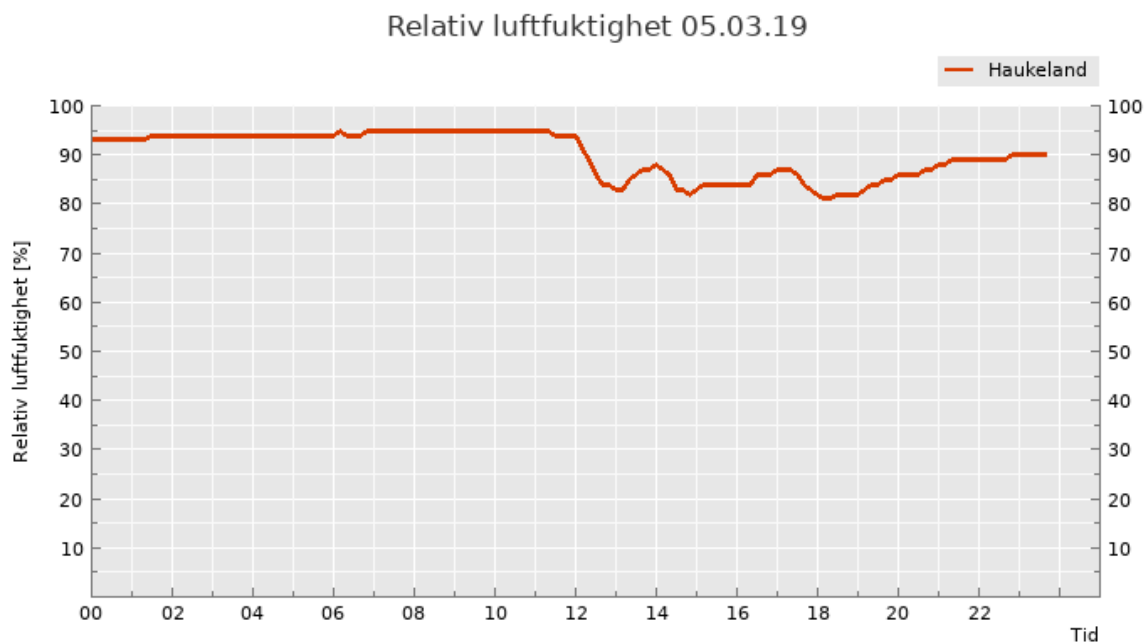
Figur 38: Temperatur Haukeland værstation



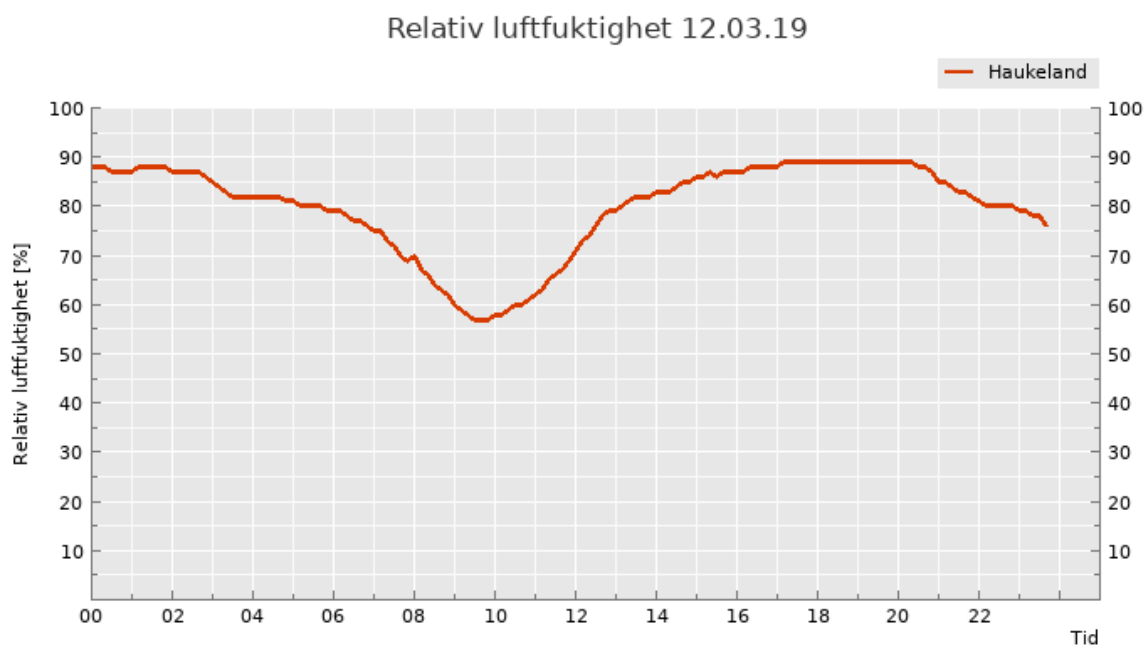
Figur 39: Temperatur Haukeland værstation



Figur 40: Relativ fuktighet 12.02.2019



Figur 41: Relativ fuktighet 05.03.2019



Figur 42: Relativ fuktighet 12.03.2019



HØGSKOLEN I BERGEN
Funksjonsbeskrivelse
Romregulering generell



System +01=565.00x Generell romregulering, IRC

Systembeskrivelse:

Romreguleringen ivaretar innklimaet for hvert enkelt rom. Reguleringen kan være iht. temperatur, luftkvalitet, tilstedeværelsesføler og tidstyringer. Objekter som kan være regulert er varme via gulvvarme eller radiatorer, kjøling via VAV-spjeld og fankoiler. Rommene er oppdelt i soner med felles tidstyringer for ulike driftsmoduser.

Funksjonsbeskrivelse:

Romreguleringen skal integreres inn på undersentralnivået via BUS-kommunikasjon mot SD-anlegget.

Automasjonen sikrer at alle data og funksjoner i romautomasjonssystemet også kan vises og betjenes på administrasjonsnivået på SD-anlegget.

Kontroll og betjening av rom-regulatorene mot SD-anlegget åpner muligheten for en rekke tilleggsfunksjoner, inklusive følgende:

- Drift og overvåking av rom via anleggsgrafikk.
- Logging og arkivering av tendensdata.
- Tidsskjemaer for bruk av bygninger og rom.
- Sentral kontroll og overstyring av skalverdier, driftsmoduser, belysning osv.

Systembilder for romreguleringen skal benytte plantegninger som basis for oppbygging av systembildene. Det skal være navigeringsruter til tilstøtende etasjer og plan for å forenkle navigeringen.

Det skal tilrettelegges for følgende driftsmoduser:

- *Komfort-modus* er normalt driftsmodusen for når rommet er i bruk som aktiviseres av tidstyring eller bevegelsesføler i rommet.
I denne tilstanden benyttes basisskalverdiene for komfort for regulatoren med mulighet for lokal forskyving av skalverdien med $\pm 2^{\circ}\text{C}$.
- *Standby-modus (før komfort)* er driftsmodusen for når rommet ikke er i bruk på dagtid.
Det er kun rom med bevegelsesdetektor for klimaregulering som vil benytte denne modusen.
Normalt er innstilt varmeskalverdi for denne modusen ca. 1°C lavere enn komfortskalverdien og kjøleskalverdien 1°C høyere enn komfort kjøleskalverdien. Denne modusen benyttes for å redusere energiforbruket energi når rommet ikke er i bruk på dagtid.
I denne tilstanden benyttes basisskalverdiene standby for regulatoren med mulighet for lokal forskyving av skalverdien med $\pm 2^{\circ}\text{C}$. Denne tilstanden aktiviseres normalt ved tidstyring fra økonomimodus om natten til standby-modus om morgenen før bygget tas i bruk.
- *Økonomi-modus* er tilstanden om natten når bygget ikke er i bruk.
Normalt er innstilt varmeskalverdi for denne modusen flere grader lavere enn komfortskalverdien og kjøleskalverdien flere grader høyere enn komfort kjøleskalverdien. Denne modusen benyttes for å redusere energiforbruket om natten.
I denne tilstanden benyttes basisskalverdiene for regulatoren uten mulighet for lokal forskyving av skalverdien med $\pm 2^{\circ}\text{C}$. Denne tilstanden aktiviseres normalt ved tidstyring fra standbymodus eller komfort-modus om dagen til økonomi-modus om natten.
- *Bygningsbeskyttelse* aktiviseres hvis bygningen ikke er i bruk over lang tid som for eksempel ferier.

Hvis *bevegelsesdetektor* aktiviseres om dagen eller om natten aktiviseres komfort-modustilstanden. Dersom bevegelsesdetektoren deaktiviseres går rommet tilbake til standbymodus eller økonomimodus etter 10 minutters forsinkelse alt etter hva tidstyringen sier.

Det etableres **tidstyring (ukeur)** for hver enkelt sone.

Det skal også være mulighet for **individuell datostyring** for sonene som overstyrer den normale tidstyringen som etableres for uken. Det etableres mulighet for **overordnet datostyring for bevegelige helligdager**.

1 (2)

Dato, 12.11.2010

Figur 43: Funksjonsbeskrivelse av generell romregulering



HØGSKOLEN I BERGEN

Funksjonsbeskrivelse
Romregulering generell**Tabell for basisinnstillinger** for skalverdier for temperatur.Lokal forskyving av skalverdien med $\pm 2^{\circ}\text{C}$ parallellforskyver verdiene for komfortmodus og standbymodus.

Inneklimakrav	Skalverdier						
	X						
		X					X
Bygning ikke i bruk			X			X	
Økonomi				X	X		
Standby							
Komfort							
	Varme				Kjøling		
	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$
Arbeidslokaler generell	14	17	20	21	23	24	27
Kontorer	14	17	20	21	23	23	27
Møterom	14	17	20	21	23	23	27
Arkiv	14	16	20	20	23	24	27
Kopi/print	14	14	20	20	23	24	27
Undervisningslokaler generelt	14	17	20	21	23	24	27
Auditorier	14	17	20	21	23	24	27
Seminarrom	14	17	20	21	23	24	27
Studentarbeidsplasser	14	17	20	21	23	24	27
Grupperom	14	17	20	21	23	24	27
Bibliotek	14	17	20	21	23	24	27
Terminalrom	14	17	20	21	23	24	27
Musikkrom/studio/dramarom	14	17	20	21	23	24	27
Mørkerom	14	17	20	21	23	24	27
Laboratorier/forberedelse	14	17	20	21	23	24	27
Verksteder	14	17	20	21	23	24	27
Øvingsrom for helsefag	14	17	20	21	23	24	27
Medisinrom	14	17	20	21	23	24	27
Treningskjøkken	14	17	20	21	23	24	27
Sluser	14	17	20	21	23	24	27
Isolat	14	17	20	21	23	24	27
Kantine/kafé/bar	14	17	20	21	23	24	27
Kjøkken	14	17	20	21	23	24	27
Korridor/trapper/vrimelearealer	14	17	20	21	23	24	27
Gymsal	12	16	19	19	22	23	27
Garderobes	14	17	21	21	24	24	27
Dusjrom	14	17	21	21	24	24	27
We	12	17	21	21			
Bøttekott	12	17	19	20	25	25	27
Søppelrom	12	14	19	20	24		
Moppevask	12	17	19	20	24		
Lager	12	15	15	15	27		
Tekniske kulverter	15	15	15	15	28	28	28

2 (2)

Dato, 12.11.2010



HØGSKOLEN I BERGEN

Funksjonsbeskrivelse

B52ad002635f117a41bda557161f3943

Kobling



System +01=565.005 IRC Type 5

Systembeskrivelse:

IRC type 5 er den generelle prinsipløsningen for auditorium.

Funksjonsbeskrivelse:

Romløsningen er basert på temperaturregulering av rommet via radiatorvarme, kjøling via VAV-spjeld på tilluften og avtrekken og fancoil for kjøling samt luftmengderegulering via luftkvalitetsføler.

Romtemperaturføleren leveres med mulighet for lokal justering, +/- 2 °C, på temperaturføleren og det skal for hvert rom leveres egen romkontrollenhet i hht krav og spesifikasjoner utarbeidet av RIE (se annet sted i denne beskrivelse).

Det leveres luftkvalitetsføler som plasseres på egnet sted i rommet eller i avtrekkskanalen.
Minimum luftmengde ved 600ppm som økes gradvis til maksimum luftmengde ved 900ppm.

Ved flere radiatorventiler i samme rom reguleres disse parallelt og ventilene skal ha modulerende regulering.

VAV-spjeld.

Romregulatoren skal ha innstillinger for luftmengder for minimum og maksimum luftmengder ved komfortmodus. VAV-spjeldets luftmengder overføres til romregulatoren og spjeldposisjonene for tillufts- og avtrekks-spjeldet skal integreres i regulatorens regulering. Ved økende kjølebehov økes luftmengden iht romtemperaturen.

VAV-enhetene leveres av automatikkentreprenøren og monteres av ventilasjonsentreprenøren.

VAV-spjeldene for luftmengderegulering regulerer iht. det høyeste behovet for kjøling eller luftkvalitet.

Kjølesekvens:

Ved kjølebehov reguleres luftmengden fra minimum til maksimum luftmengde og deretter reguleres fancoil i sekvens. Temperaturreguleringen regulerer fancoilen i 2 trinn/hastighet iht. kjølebehovet. Det benyttes 2-veis seteventil for regulering av vannmengden til fancoilen iht. kjølebehovet som samkjøres med hastigheten av fancoilen.

Det skal leveres hastighetsbryter for fancoilen slik at det manuelt skal kunne være mulig å overstyre den automatiske regulerte hastigheten, også mulighet for å stoppe viften.

Se generell beskrivelse for romreguleringen for de ulike reguleringsmodusene.

Basisikalverdier skal kunne endres fra SD-anlegget.

Rommet tidstyres for nattsinking.

Viser til prinsippskjema, funksjonstabell og generell beskrivelse for romreguleringen.

1 (2)

Dato, 22.08.2016 Revisjon B

Tabell 6: Tabell for basisinnstillinger

