



## Inneklimaanalyse av E-blokk, UiT campus Narvik

(A study of the indoor climate analysis of E-block, UiT Campus Narvik)

Ibrahim Nazari & Fatima Bazmohammed

Masteroppgave i Integrrert bygningsteknologi Byg-3900, mai 2021

---

### Sammendrag

Denne masteroppgaven er en studie av inneklima ved UiT Norges arktiske universitetet campus Narvik. Oppgaven dekker deler av termiske- og atmosfæriske parameterer i teorifløya, samt deler av det akustiske forholdet i kantina. E-blokka ved UiT Norges Arktiske Universitet campus Narvik ble oppgradert/ rehabilitert betydelig, og interesse fra UiT Norges Arktiske Universitet campus Narvik som bruker og Statsbygg som eier var stor for å gjennomføre et inneklimaanalyse for E-blokka. Hensikten med målingene var å analysere, samt dokumentere de utvalgte inneklimaparameter ved teorifløya og kantina. I tillegg sammenligne og vurdere inneklimaforholdet med myndighetens krav- og anbefalinger. Inneklimaparameterer blant annet lufttemperatur, lufthastighet, luftskifte, relativ luftfuktighet, forventet middelvurdering (PMV), CO<sub>2</sub>, Flyktige organiske karbon (TOC), formaldehyd, samt etterklangstiden i kantina ble målt ved logging og øyeblikksmålinger. Generelt var det lav relativ luftfuktighet i både 2. og 3. etasje i teorifløya. Resultater i 2. etasje viser at den relative luftfuktigheten ligger under 18 %, hvor det er lavere enn dagens anbefalte verdier. Konsentrasjonen av CO<sub>2</sub> i alle rommene ligger godt under 1000 PPM under personbelastning i arbeidsdager i driftstiden, og det indikerer gode luftskifte. Men CO<sub>2</sub>-nivået stiger kraftig til over 1000 PPM, dersom det er menneskelig aktivitet utenfordriftstiden blant annet om kvelden og helgen hvor ventilasjonen skrus av. TOC- og formaldehyd-nivået i alle rom ligger innenfor den øvre grensen. Lave PMV-verdier i alle rommene viser at antall misfornøyde er mindre enn 5 %. Målingsdataene i kantina viser at etterklangstiden ble betydelig forbedret etter oppgraderingen/ rehabiliteringen, og dermed etterklangstiden er tilfredsstillende. Undersøkelsen er sammenlignet med andre tilsvarende undersøkelser blant annet (Karlegging av inneklima ved Skistua barneskole) av Lars Thorrud & Olav Nilsen Lohne, hvor det viser seg at lav relativ luftfuktighet er et felles problem i inneklimaet.

---

### 1 Innledning

Denne vitenskapelige rapporten er en studie av inneklima i teorifløya- og kantina (E-blokka) ved UiT Norges arktiske universitet campus Narvik. Denne oppgaven omfatter analysering/ kartlegging deler av termiske- og atmosfæriske inneklimaet i teorifløya- samt akustikk i kantina der etterklangstiden er hoved fokuset. Formålet med analysering/ kartlegging av teorifløya- og kantina er, å vurdere inneklimaforholdet etter oppgraderingen/ rehabiliteringen opp mot bestemmende myndigheters krav. Inneklimaparameterer i teorifløya skal logges i tredje og andre etasje, hvor det skal velges ut tre forskjellige rom i hver etasje. Målingen av etterklangstiden i kantina skal foregå ved øyeblikksmålinger.

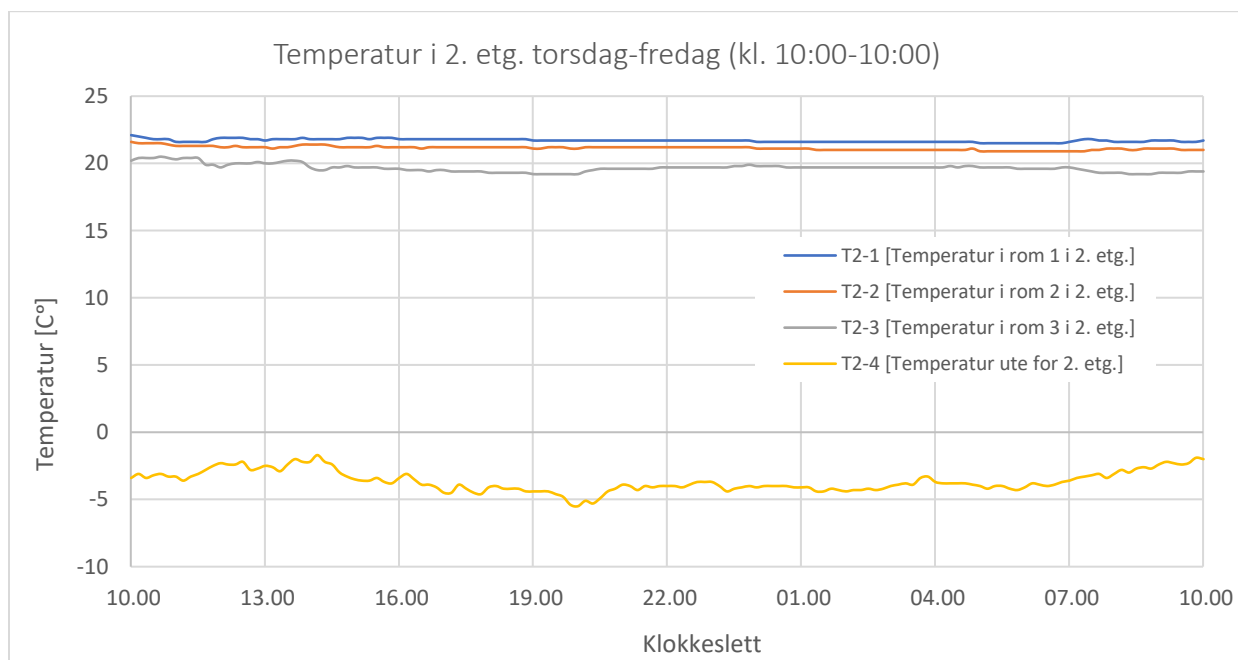
## 2 Metodikk

I perioden (25.02.2021- 01.03.2021) og (04.03.2021-08.03.2021) ble det gjennomført logging av utvalgte parameterer i henholdsvis tredje- og andreetasje innenfor deler av de termisk –og atmosfærisk inneklime på UiT campus Narvik. Loggingen ble gjort i 6 forskjellige rom i teorifløya, hvor 4 av dem var undervisningsrom og 2 grupperom. Målestrategien var å måle undervisningsrom E3160, E 317, og Grupperom E3220 fra 25 februar til 1. mars i tredje etasje, og undervisningsrom E2471, E2463 og grupperom E2491 fra 4. mars til 8. mars i andre etasje. Det ble utført logging av blant annet Lufttemperatur, CO<sub>2</sub>, TVOC, Formaldehyd, luftskifte, vandampinnhold og relativ luftfuktighet, og PMV. I kantina ble det gjennomført øyeblikksmålinger innenfor akustikk den 27.01.2021. Øyeblikksmålinger ble gjort med to Lydkildeposisjoner og 32 mikrofonposisjoner.

## 3 Resultater & diskusjon

### Temperatur & krav

Det er flere faktorer som spiller på variasjoner av innelufttemperaturen. Utetemperaturen påvirker innelufttemperaturen bla. Annet varmeveksling gjennom bygges fasade. Menneskelig aktivitet er en annen faktor som gir temperatur økning. Til luftmengden er en annen viktig faktor som påvirker temperaturen i rommet. Siden det er en omrøringsventilasjon i rommene, vil lufttemperaturen i oppholdssonen være tilnærmet lik, og temperaturgradienten i oppholdssonen er også tilnærmet null. Ventilasjonen skrus av fra kl. 19:00 til kl. 08:00 hver dag, og skrus helt av hele helgen.



Figur 3-1, Innendørs- og utendørstemperatur for torsdag- fredag i 2. etg.

Figuren over viser variasjoner av innendørs- og utendørstemperatur fra torsdag- fredag i 2. etasje. På grunn av stabile utendørstemperatur ligger innendørslufttemperaturen også ganske stabile. T2-1 ligger litt høyere i forhold til T2-2, selv om begge rommene ligger mot glassgata. En av årsaken kan være varmeveksling fra instrumenter som ligger i grupperommet T2-1. T2-3 ligger rund 20 grader mellom kl. 10:00 og 16:00. I dette periode det har pågått forelesning hvor det har vært mellom 12-15 studenter i klasserommet. Målingene i begge etasjer viser at det er en litenlufttemperaturforskjell i alle rommene. Dermed Lufttemperatur i alle rommene i begge etasjer ligger innenfor krave og anbefalingen.

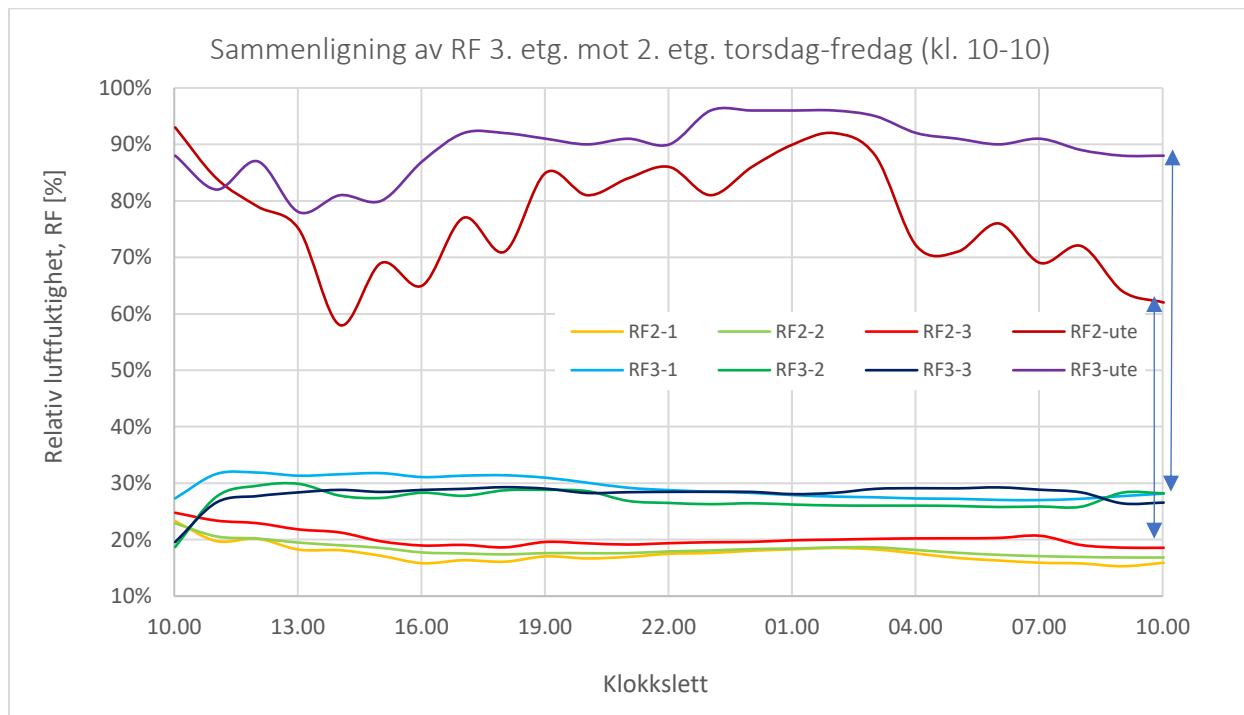
## Luftmengde & krav

Luftmengder i alle rommene i både 2. og 3. etasjer baserer seg på konsentrasjonen av CO<sub>2</sub>. Det vil si, luftmengden varierer avhengig av menneskelig aktivitet og lufting (vinduer, dør) i rommene. Dersom det er lite aktivitet i rommene, vil CO<sub>2</sub>-nivået ligge lav, og dermed vil tilluftmengden være også lav. Når CO<sub>2</sub>-nivået øker da øker tilluftmengden samtidig for å fortynne konsentrasjonen av CO<sub>2</sub>. Målingsdataene fra begge etasje viser varierende luftskifte når studenter er til stede, og når rommene er tomt for mennesker. I driftstiden ligger CO<sub>2</sub>-nivået under den maksimale grensen (1000 ppm).

## Lufthastighet & krav

Målingene viser at det er relativ lav lufthastighet i 3.- og 2. etasje, hvor den maksimale lufthastigheten ligger rundt 0,01 m/s. Lufthastigheten i helgene er enda lavere på grunn av ventilasjonen skrus av. Kravet om maksimale lufthastighet ifølge TEK17 skal ikke overskride 0,15 m/s i rommets oppholdssone.

## Relativ luftfuktighet & krav



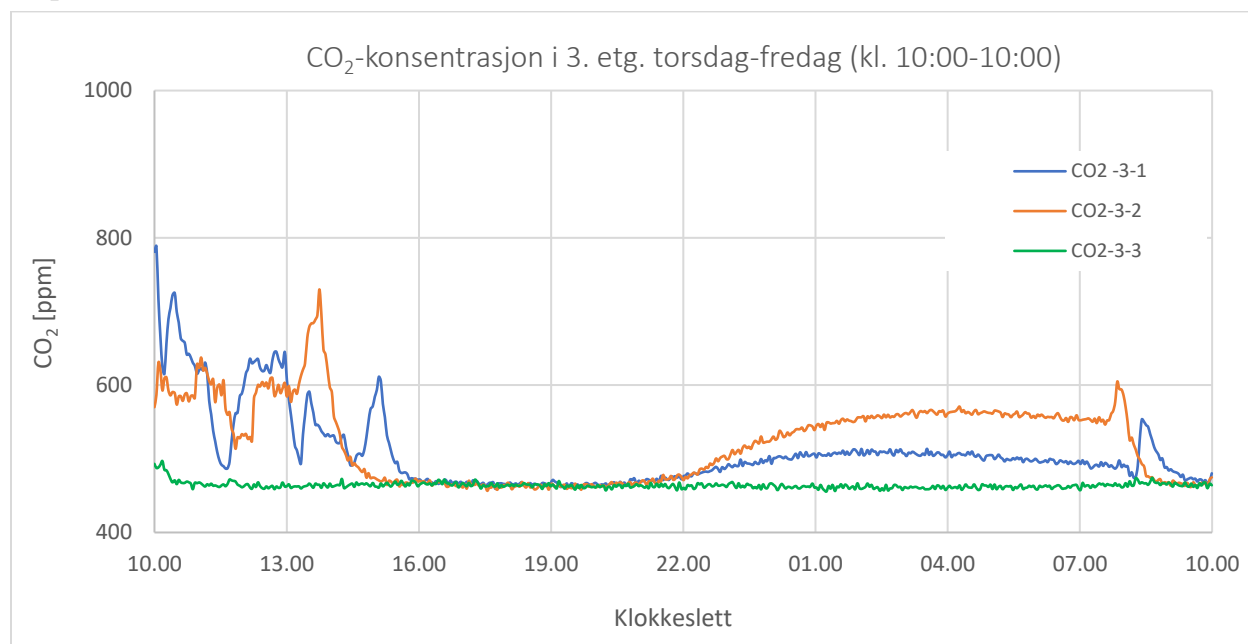
Figur 3.2, variasjon av relativ luftfuktighet for andre og tredje etasje i to forskjellige tidsperioder.

Figuren over viser variasjon av relativ luftfuktighet for andre og tredje etasje i to forskjellige tidsperioder med hensyn til utendørs relativ luftfuktighet. Det kommer frem av målingene at relativ luftfuktigheten innendørs er avhengig av utendørs luftfuktigheten. Relativ luftfuktighet (RF3-ute) ligger i området 80 % til 97 %, hvor dette tilsvarer RF innendørs i 3. etasje mellom 27 % til 32 %. Tilsvarende RF2-ute ligger rundt 91 % til 58 % i samme tidsintervall som gir RF innendørs i 2. etasje i under 20 %. Dersom det er flere minus grader ute, vil man forvente enda lavere RF innendørs enn det kommer frem i målingen. Generelt er det lav relativ luftfuktighet i vintertid enn andre årstider. Luftens vandampinnhold er betydelig lavere i fyringssesongen. Uteluften varmes opp av ventilasjonsanlegget før luften distribueres i bygningen. Oppvarming av uteluften med en lav relativ luftfuktighet fører til at vandampinnholdet blir enda lavere, og dette medfører til lav relativ luftfuktighet i bygningen som resultat av tørrluft. Relativ luftfuktigheten er avhengig av flere faktorer blant annet uteluften og menneskers aktivitet. Myndigheter anbefaler en relativ luftfuktighet i inneklime mellom 20 % til 40 % i vinterhalvåret. Målingsdataene viser at relativ luftfuktighet ligger ikke innenfor myndighetenes anbefaling.

### Termisk komfort & krav

De maksimale PMV-verdier fra registrerte data i 2.- og 3. etasje ligger rundt  $\pm 0,01$ . Dette tilsvarer ca. 6 % i PPD. Ifølge NS-EN 7730: 2005 tabell A.1 kategori B, skal PMV-verdien ikke overskride  $\pm 0,5$  som tilsvarer ca. 10 %. Dermed den termiske komforten er tilfredsstillende i alle rommene. Målingsdataene i begge etasjer viser at lufthastigheten er relativt lave, og dette resulterer til lavere PMV-verdi. PMV-verdier ved 0,6 meter fra ytterveggen for undervisningsrom (PMV3-4) i 3. etasje, og undervisningsrom (PMV2-4) i 2. etasje er tilnærmet PMV-verdier i midten av rommet. Dette er på grunn av velisolerte yttervegger og flere lagsvinduer med gode U-verdier. (tidligere forprosjekt av gruppen).

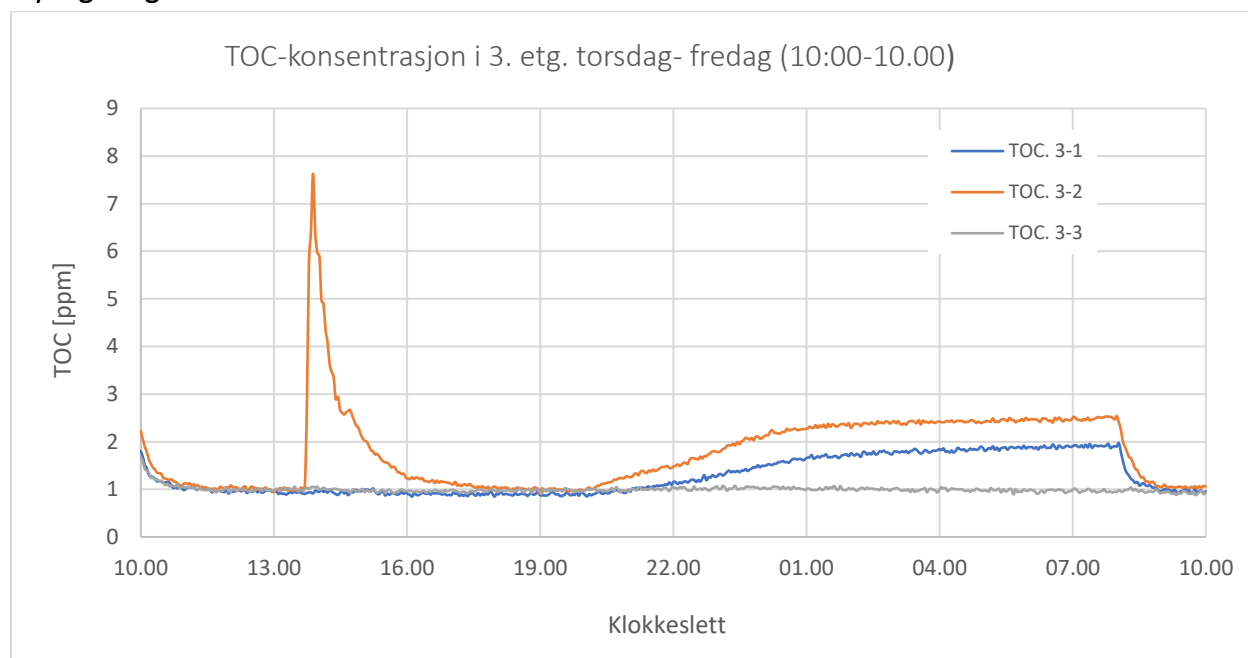
### CO<sub>2</sub> & krav



Figur 3.3, variasjon av CO<sub>2</sub>-konsentrasjon i 3. etasje fra torsdag til fredag.

Variasjoner av CO<sub>2</sub>-3-1 i grupperommet- og CO<sub>2</sub>-3-2 i undervisningsrommet mot glassgate ligger i området 800 ppm til 500 ppm fra kl. 10:00 til kl. 16:00. Høy og varierende CO<sub>2</sub>-nivået i dette periode er på grunn av menneskelig aktiviteter. Fra kl. 16:00 til kl. 21:00 ligger CO<sub>2</sub>-nivået ganske stabilt rundt 470 ppm fordi ingen befinner seg i rommene og ventilasjonen er på. Men (CO<sub>2</sub>-3-1 og CO<sub>2</sub>-3-2) stiger igjen over natten til rundt 560 ppm fordi ventilasjonen skrus av. Kl. 08:00 på fredagen synker CO<sub>2</sub>-nivået fordi ventilasjonen skrus på igjen. CO<sub>2</sub>-3-3 undervisningsrommet mot det fri ligger rundt 460 ppm fra torsdag-fredag fra ca. kl. 10:00-10:00. Det har vært mindre menneskelig aktivitet i rommet. I utendriftstiden ligger CO<sub>2</sub>-nivået fortsatt stabil på grunn av at døren har ikke vært lukket helt over natta. Dette vises tydelig frem i kapittelet 5.4 hvor luftskiftet er nesten konstant i dette rommet frem til kl. 08:00 på fredagen. Variasjoner av CO<sub>2</sub>-nivået i andre etasjer følger samme trend. I følge TEK17, CO<sub>2</sub>-nivået i oppholdsrom skal ikke overskride 1000 ppm (1800 mg/m<sup>3</sup>). CO<sub>2</sub>-nivået i alle rommene i driftstiden (når ventilasjonen er på) ligger innenfor kravet, men i utendriftstiden (når ventilasjonen skrus av) vil CO<sub>2</sub>-nivået overskride kravet på 1000 ppm, dersom noen befinner seg i rommet.

### Flyktige organiske forbindelse & krav



Figur 3.4, Variasjon av TOC-nivået i 3. etasje torsdag- fredag.

TOC-nivået (TOC.3-2) i undervisningsrommet der det sitter rundt 10-12 studenter i en forelesning rundt kl. 14:00 til 15:00. TOC-nivået øker kraftig fra ca. 1 ppm til rundt 8 ppm. Alle rommene i 2. og 3. etasje der TOC-nivået ble målt, har en TOC-nivå rundt 3-5 ppm når ventilasjonen er av. Når ventilasjon skrus på, vil nivået holde seg rundt 1 ppm dersom det er ingen menneskelig aktivitet i rommet. Ifølge verdens helse organisasjon konsentrasjonen av VOC skal ikke overskride 1-3 ppm= 1- 3 mg/m<sup>3</sup> i bygg for varig opphold, og for langsiktig mål bør konsentrasjonen ligger mellom 0,2- 0,3 ppm [\[1\]](#). Målingsdataene viser at konsentrasjonen av flyktige organiske forbindelser i alle rommene ligger innenfor anbefalte verdier både i driftstiden og utenfor driftstiden med unntak av spesielle forurensningskilde som skyldes menneskelig aktiviteter.

## Formaldehyd & krav

Resultatene fra målingene viser at konsentrasjon av formaldehyd varierer med menneskers aktiviteter. Det kommer tydelig frem av grafen figuren under der konsentrasjonen av Formaldehyd øker rundt kl. 14:00 i undervisningsrommet (3-2). Årsaken kan være kosmetikk og søppel til stede. Generelt det er lavt formaldehydnivå i begge etasje både i arbeidsdager og helg. Konsentrasjon av formaldehyd skal ikke overskride 0,1 mg/m<sup>3</sup> (30 minutter midlingstid) [\[1\]](#). (Formaldehyd forhold: 1,2 mg/m<sup>3</sup>= 1 ppm). Målingsdatene viser at konsentrasjonen av formaldehyd generelt ligger innenfor krav når ventilasjon er på med unntak av spesielle menneskelige aktiviteter som gir kort varig økt av formaldehydnivået. Formaldehydnivået overskrider øvre grense verdien når ventilasjonen skrus av. Det viser seg at formaldehydnivået ligger mellom 0,1- 0,33 ppm i andre etasjer i helgen og tilsvarende trend for tredje etasje.

## Sammenheng mellom luftskifte & CO<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub>-konsentrasjon i innelima vil til enhver tid være avhengig av luftskifte i forhold til personbelastningen. I bygninger som skoler, universiteter og andre bygninger med store personbelastninger vil CO<sub>2</sub>-produksjon være høye. Derfor er det av betydning at luften skal skiftes oftere slik konsentrasjon av CO<sub>2</sub> bli så lav som mulig. Dette kommer frem i målingen i 3. etasje fra torsdag-fredag hvor det er delvis menneskelig aktiviteter i rommene fra ca. kl. 10:00 til kl. 16:00. I dette tidsperiode varierer luftskiftet avhengig menneskelige aktiviteter i rommene. Grunnen til luftskiftet n3-3 er like høy i ventilasjonsdriftstiden og ikke driftstiden er, at døren til rom 3 (n3-3) har vært ikke luket helt fra torsdag ettermiddag til fredag morgen. Men luftskifte for n3-1 og n3-2 veldig lave mellom ca. kl. 20:00 og 08:00 da ventilasjonen skrus av. I denne perioden vil CO<sub>2</sub>-nivået i disse to rommene øke på grunn av mindre luftskiftet.

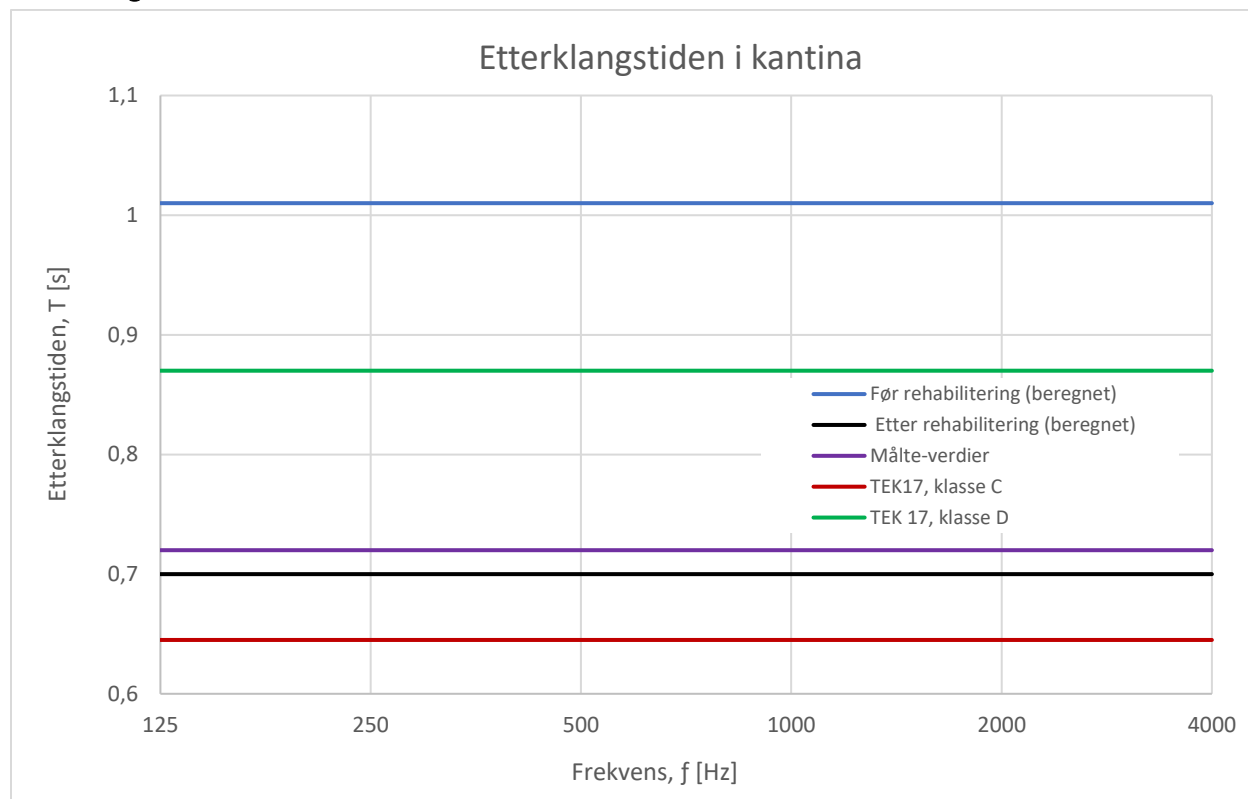
## Relativ luftfuktighet & temperatur

Relativ luftfuktighet utendørs i fyringssesongen er lav i forhold til andre årstider. Friskluften inneholder lave vandampinnhold om vinteren og ved oppvarming via ventilasjonsanlegget blir vandampinnholdet enda lavere i innelima som gir en lav relativ luftfuktighet innendørs. Temperaturen er derfor av stor betydning for relativ luftfuktighet i innelima. Lavere temperatur inneholder mindre vandamp. I kapittelet resultat variasjon av relativ luftfuktighet i 2. etasje og 3. etasje med tanke på ulike utetemperatur.

## Arbeidsdager kontra helg

Målingsresultater for 2. og 3. etasje viser at CO<sub>2</sub>-konsentrasjon, TOC-konsentrasjon og Formaldehyd-konsentrasjon ligger innenfor myndighetens krav i arbeidsdager (mandag-fredag) når det er menneskelig aktiviteter i rommene, og ventilasjonsanlegget er på. Men i de tidsperioder hvor ventilasjonen skrus av, vil det ikke være tilstrekkelig luftmengde i rommene når folk befinner seg i rommet. Dette medfører til høyere CO<sub>2</sub>, TOC- og Formaldehydnivå.

## Etterklangstid & krav



Figur 3.5, målingsresultat og beregning av etterklangstiden i kantina

Nedre del av kantina ble oppgradert betydelig hvor det er plassert nye lydabsorbenter i himlingen- og mellom vinduer på veggen. I tillegg ble det plassert sofastoler med lydabsorbenter i både nedre og øvre delen av kantina. Plassering av lydabsorbenter i himlingen- og mellom vinduer på veggen bidrar til bedre etterklangstid i kantina. Plassering av sofastoler med lydabsorbenter i øvre del av kantina kan også bidra i en visgrad til bedre etterklangstid. I tillegg til målingen, er det gjort beregninger av absorbenter for å gi målingsdataene mer troverdighet. Beregningene tar utgangspunkt i en ca. areal- og volum beregninger i både øvre- og nedre delen av kantina. NS-EN 8175:2012 angir krav om etterklangstid for restauranter, serveringssteder, kantiner, spiserom og pauserom med hensyn til gjennomsnittlig takhøyde  $h$ . Etterklangstiden er avhengig av rommets takhøyde  $h$ . Nedre delen av kantina har en takhøyde rundt 3,6 meter og øvre delen ca. 2,84 meter. Middelerdien av høyden blir ca. 3,23 meter. I klasse C tilsvarer dette,  $3,23 \text{ m} * 0,2 = 0,65$  sekunder. I klasse D gir dette  $3,23 \text{ m} * 0,27 = 0,87$  sekunder i etterklangstid. Den middelerdien av etterklangstid ble 0,71 sekunder ved måling, og 0,70 sekunder ved beregninger. Det vil si etterklangstiden i kantina ligger mellom klasse C og D. Krav om etterklangstiden for rehabilitering/ oppgradering av lignende bygg er klasse D. dermed etterklangstid i kantina er tilfredsstillende.

### Ørebroundersøkelse & målinger

Ørebroundersøkelsen ble gjennomført på tross av korona-pandemien som førte til digital undervisning- og for det meste hjemmekontor for ansatte ved universitet i Tromsø campus Narvik. For å få en mer troverdig undersøkelse, bør det man ha flere meninger om hvordan inn klimaet er. De største indikasjoner fra

undersøkelsen viser at rundt 10 % opplever tørr luft ofte, og over 40 % opplever tørr luft av og til i inneklimate. De er målt lavt vanndampinnhold i begge etasjene, spesielt i 2. etasje hvor den relative luftfuktigheten ligger under 20 %. Lav relativ luftfuktighet oppleves som tørr luft i inneklimate, og dette har en sammenheng med brukernes opplevelse av inneklimate ved Norges Arktiske Universitet campus Narvik. Opplevelsen av for lav temperatur kan være på grunn av manuell justering av rom. Ellers rom temperatur ligger stabilt ifølge målingsdataene. Noen av ansatte opplevde innstengt og dårlig luft i teorifløy. Dette kan være på grunn av lukt av nye materialer blant annet nye materialer, maling og fuge. Andre årsak til innestengt luft kan være på grunn av i gang setting av ventilasjon etter oppnåelse av en visgrad CO<sub>2</sub>-nivå i rommet. Det vil ta en liten stund før luftskifte skjer. Dette viser seg i måling av andre etasje torsdag- fredag mellom kl. 10:00 og 14:00. Her vil CO<sub>2</sub>-nivået ligger rundt 850 ppm selv om ventilasjonen er på. Nå ventilasjonen øker luftmengde, synker CO<sub>2</sub>-nivået og dermed luftkvaliteten blir bedre.

### **Sammenligning med andre undersøkelser**

I tillegg til sammenligning av resultater mot myndighetens krav- og anbefalinger, er det undersøkt resultater fra tilsvarende målinger. Lars Thorrud & Olav Nilsen Lohne har skrevet en nesten tilsvarende masteroppgave som går ut på (Kartlegging av inneklimate på Skistua barneskole) i 2019. barneskole er det valgt å måle /logge to klasserom over to perioder. På campus Narvik er det valgt logginger, mens på Skistua barneskole er det valgt både logginger og øyeblikksmålinger. Målingen av de utvalgte parameter ved Norges arktiske Universitet campus Narvik ble tatt på en høyde på 1,1 meter over gulvet (på grunn av omrøringsventilasjonssystem), mens ved Skistua barneskole målingene ble tatt på forskjellige høyder på grunn av andre forhold som skyldes fortrenningsventilasjonssystemet.

Temperaturforholdet ved campus Narvik i både 2.- og 3. etasje ligger rundt 20-22 °C med mulighet for manuell justering med ±3 °C. I driftstiden det er tilnærmet null grader i vertikaltemperaturdifferanse siden ventilasjonen er omrøringsystem. Sammenlignet med Skistua barneskole hvor vertikaltemperaturdifferansen er større enn 3 °C som ikke fyller kravet, og skyldes fortrenningsventilasjonssystemet. PMV-målinger fra Campus Narvik i begge etasjer viser at det er mindre enn 5 %. På Skistua barneskole er det omtrent 20 % misfornøyde som synes det er for kaldt eller varmt hvor kravet ligger på en PMV-verdi ± 0,5 som tilsvarer ca. 10 %.

CO<sub>2</sub>-nivået på UiT Norges Arktiske Universitet campus Narvik ligger ofte rundt 500 ppm i driftstiden når det er mindre personbelastninger, og under 1000 ppm når det er en større menneskelig aktivitet i rommene. Alle undervisningsrommene på campus Narvik har en CO<sub>2</sub>-måler som er koblet til ventilasjonsanlegget slik at når CO<sub>2</sub>-konsentrasjon øker, vil tilluftmengden øke også. CO<sub>2</sub>-nivået i rommene går over 1000 ppm når ventilasjonen skrur av dersom det er menneskelig aktiviteter i rommene. Sammenlignet med Skistua barneskole er det CO<sub>2</sub>-nivået stor sett høyere enn det gjør på UiT Norges Arktiske Universitet campus Narvik. Dette skyldes større menneskelig aktivitet og tilluftmengde på barneskolen enn det er på UiT Norges Arktiske Universitet campus Narvik. Konsentrasjon av flyktige organiske forbindelse på campus Narvik er høyere enn Skistua barneskole. Grunnen til den høy TOC-nivået er at UiT Norges Arktiske Universitet campus Narvik ble oppgradert nylig og nye materialer slipper mer TOC-gasser.



Relativ luftfuktighet er et felles problem får både campus Narvik og Skistua barneskole på grunn av samme geografiske beliggenhet. Siden begge undersøkelsen finner sted i fyringssesongen og nesten tilsvarende værforhold, kommer det tydelig frem at relativ luftfuktighet ligger for lavt når det er minus grader utendørs. Målingsdataene fra både Skistua barneskole og & campus Narvik viser at relativ luftfuktighet ligger under 20 %, hvor anbefalingen er mellom 20 % til 40 % i dag. Lav relativ luftfuktighet som føles som tørr luft i inn klima medfører til helse plager, statisk elektrisitet, slimhinne- og øyeirritasjon samt uttørring av huden. Dette problemet er felles for både Skistua barneskole og campus Narvik som kommer frem i ørebroundersøkelsen.

Etterklangstidsmålingsdata fra kantina ble sammenlignet med dagens krav i henhold til [\[2\]](#) NS8175:2012 som angir krav om etterklangstid for restauranter, serveringssteder, kantiner, spiserom og pauserom med hensyn til gjennomsnittlig takhøyde *h*. Målingsresultater ble sammenlignet med beregningsresultater hvor etterklangstiden trolig vært rundt 1,01 sekunder før oppgraderingen, og ca. 0,73 etter oppgraderingen. Ifølge standarden ligger den oppgraderte kantina mellom klasse C og D hvor klasse C er minimumskravet for etterklangstid for en ny bygning og klasse D gjelder for rehabilitering/ oppgradering av eksisterende bygg.

## 4 Konklusjon

Målingsdataene i både andre- og tredje etasje viser at romtemperatur i alle rommene ligger rundt (20-22) °C i løpet av arbeidsdager og i helg, litt avhengig av menneskelig aktivitet og utendørstemperatur. Måledataene viser at det er (1-2) °C temperaturforskjell mellom rommen i begge etasjer. Lufthastighet som ble målt ved 1,1 meter over gulvet, ligger rundt 0,01 m/s. Ifølge TEK17, lufthastighet fra varme- og ventilasjon må ikke overskride 0,15 m/s i rommets oppholdssone. Relativ luftfuktighet innendørs ligger mellom (12-18) % i løpet i perioder hvor utendørstemperatur ligger rundt -2 °C til -6 °C. Målingsdataene og ørebroundersøkelsen viser at den relative luftfuktigheten fyller ikke krav og anbefalinger av TEK17 som er mellom (20-60) %. Luftmengde fra ventilasjonen til rommene baseres på CO<sub>2</sub>-nivået, som igjen er avhengig av menneskelig aktivitet i driftstiden. Lufthastigheten i begge etasjer er tilfredsstillende. PMV-verdier i andre- og tredje etasje ligger rundt ±0,01. Dette tilsvarer ca. 6 % i PPD. Det betyr antall misfornøyde som synes at det er litt kaldt eller varmt er ca. 6 %.

CO<sub>2</sub>-nivået i begge etasjer ligger under 1000 ppm når det er menneskelig aktivitet i rommene i arbeidsdagene, og rund 500 ppm i utenfordriftstider. CO<sub>2</sub>-nivået er tilfredsstillende i arbeidsdager i perioden ventilasjonen er på, men ikke i perioder ventilasjonen er av og det befinner seg folk i rommene. I Følge TEK17 maksimal CO<sub>2</sub>-konsentrasjon i oppholdsrom skal ikke overskride 1000 ppm ( $1800 \frac{mg}{m^3}$ ). TOC-nivået ligger rundt 1 ppm til 9 ppm når det menneskelig aktivitet i rommene, men ca. 1 ppm til 3 ppm over natta og helg, da ventilasjonen skrur av. Ifølge anbefaling i [\[1\]](#), konsentrasjonen av TOC bør ikke overskride 1-3 ppm for rom for varig opphold. Målingsdataene i begge etasjer viser at formaldehydnivået ligger rundt 0,01 ppm til 0,55 ppm i arbeidsdager da ventilasjonen er på. Ifølge [\[1\]](#) konsentrasjonen av formaldehyd i rom for varig opphold bør ikke overskride 0,1 mg/m<sup>3</sup> (0,083 ppm). Dermed konsentrasjonen av formaldehyd er ikke tilfredsstillende når ventilasjonen er av.

Målingsdataene viser at den middelveien for etterklangstiden i kantina ligger rundt 0,73 sekunder. Målingsdataene og beregninger viser en betydelig forbedring av etterklangstiden i kantina. Tabell 2.2 i [2], angir krav om etterklangstid for restauranter, serveringssteder, kantiner, spiserom og pauserom med hensyn til gjennomsnittlig takhøyde  $h$ . Ifølge standarden ligger etterklangstiden for kantina mellom klasse C og klasse D, hvor minimumskrav for nybygg er klasse C, og for rehabilitering / oppgradering av eksisterende bygg klasse D.

### Forslag til videre arbeid

Forslag til videre arbeid er å gjennomføre en likende undersøkelse/ måling når det er store menneskelige aktiviteter i rommene, slik rommene er dimensjonert for maks personbelastninger, samt utføre målingen i andre årstider som kan være gunstige. I tillegg ta en spørreundersøkelse når det er mulig å få flere svar.

## 5 Referanse

- [1] SINTEF (2006), "Skole miljø for læring- veiledning for skoleeiere" Hentet fra :  
[https://www.sintefbok.no/book/index/107/skolemiljoe\\_for\\_laering\\_veiledning\\_for\\_skoleeiere?fbclid=IwAR252bmEDJwM3rNjLjt-8OnqJcKZ15pQh-H-9CHNeK9g3UnDuMTjAc4jrY](https://www.sintefbok.no/book/index/107/skolemiljoe_for_laering_veiledning_for_skoleeiere?fbclid=IwAR252bmEDJwM3rNjLjt-8OnqJcKZ15pQh-H-9CHNeK9g3UnDuMTjAc4jrY) .(Hentet: 27. 04.2021).
- [2] Standard Norge (2012), "*NS-EN 8175: 2012 Lydforhold i bygninger, lydklasser for ulike bygninger*", (Hentet: 28.03.2021).