

Kuldioxidkoncentrationer i klasseværelser

Billige og let tilgængelige sensorer kan indikere, om der er for høje CO₂-koncentrationer i skolernes klasseværelser.

Af Morten Frausig¹, Carlos Sangüesa Ferrer¹, Philip Becher Jørgensen¹, Anne Birgitte Lauridsen³ og Matthew S. Johnson^{1,2}

¹ Kemisk Institut, Københavns Universitet

² Airlabs

³ Gefion Gymnasium

Fem dage om ugen bruger skole- og gymnasieelever mange timer indendørs i et klasselokale, hvor de skal koncentrere sig om opgaver og følge med i undervisningen. Uden ordentlig udluftning stiger koncentrationen af CO₂ i klasseværelset fra elevernes udånding og chancen for smitte med den nye SARS-CoV-2 virus stiger [1]. Standardkoncentrationen af CO₂ i atmosfæren er cirka 400 parts per million (ppm), og i et klasselokale omkring 700 ppm, men som timerne går, stiger koncentrationen til over 1.000 ppm, hvilket har store konsekvenser for indlæring og helbred [1]. CO₂-sensorer kan være et godt værktøj til at indikere, om der skal luftes ud i lokalet.

Dårligt indeklima i klasselokaler
Dårligt indeklima har i mange år været et problem i danske klasseværelser. Lige fra folkeskolen til gymnasiet sidder elever mange timer dagligt og følger med i undervisningen, mens CO₂ langsomt bygger sig op i lokalet, hvis der ikke bliver ventileret ordentligt. Det er desuden anerkendt, at SARS-CoV-2 (covid-19) virus smitter gennem luftbåren transmission som små dråber og bioaerosoler og derfor er det vigtigt at have god udluftning [1,3]. Modulerne på gymnasier kan ofte trække ud og vare længe, hvilket gør, at der ikke bliver åbnet hverken døre eller vinduer i 45-90 minutter. Om sommeren er det for det meste nemt at have et vindue åbent, da udendørstemperaturen er tilpas, men når det nærmer sig efterår og vinter, forbliver vinduerne lukket, og der luftes ikke nær så meget ud. En løsning på dette kan være at opsætte effektiv mekanisk ventilation, der automatisk regulerer indeklimaet



Figur 1. Sensoren, der blev benyttet til målinger af CO₂. Den er på størrelse med en 50 cl mælkekarton.

uden at påvirke temperatur eller senere eleverne [1].

Forhøjede koncentrationer af CO₂ formindsker blandt andet koncentrationsevnen og evnen til at tage initiativ, giver hovedpine og kan lede til respiratoriske sygdomme på længere sigt. Et studie undersøgte, hvordan forhøjede koncentrationer af CO₂ påvirkede mennesker, der udførte forskellige opgaver, hvor det tydeligt kunne ses, at allerede ved 1.000 ppm klarede personer sig dårligere i de opgaver og tests, de blev præsenteret for [2]. Studiet blev udført ved at tilføre CO₂ fra en gasflaske for at kunne kontrollere koncentrationerne. Studiet undersøgte helt op til 2.500 ppm, men det er set i andre undersøgelser, at koncentrationerne helt naturligt ved menneskelig udånding kan nå højere end det.



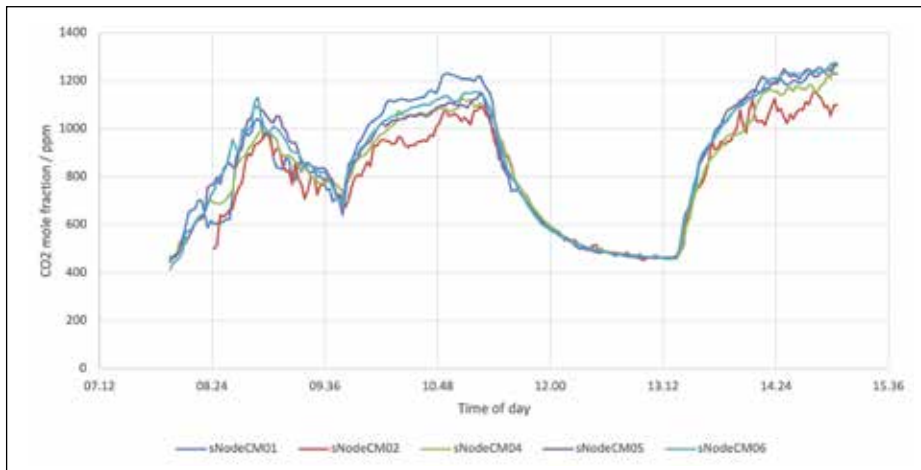
Foto: Anne Birgitte Lauridsen.

Målinger i et klasseværelse

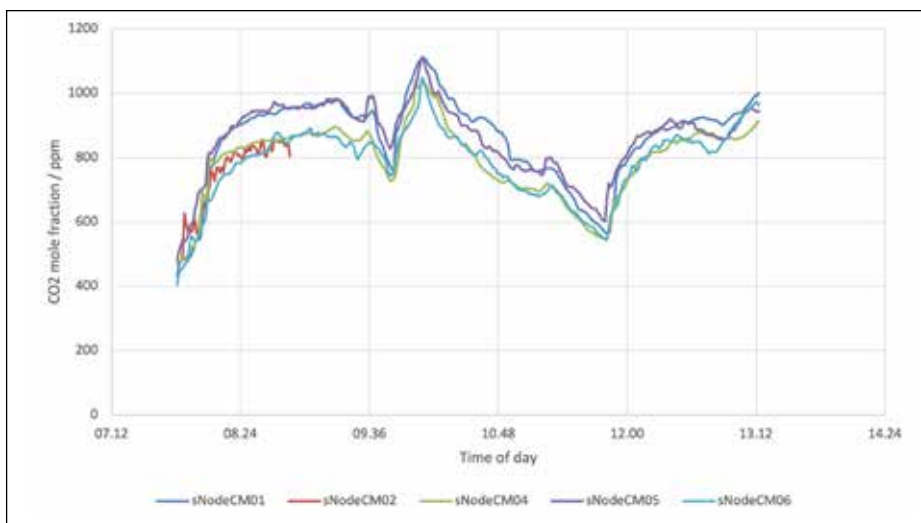
I november måned 2020 blev der foretaget målinger i et gymnasielokale for at give et overblik over CO₂-koncentrationerne og udluftning. Målingerne blev udført med 4-5 små portable sensorer udlånt fra Airlabs, der benytter infrarødt lys til at måle koncentrationerne, da CO₂ absorberer infrarødt lys ved 15 mikrometer (figur 1). Sensorerne var model SCD30 ikke-dispersiv infrarød sensor (Nova Fitness, Jinan, Kina) med automatisk baseline offset korrektion. Denne lavprissensor har en rækkevidde på 400 til 10.000 ppm og en nøjagtighed på 3 procent. Desuden blev sensorerne kalibreret mod et Gaser One fotoakustisk instrument i et kammer på Københavns Universitet. Sensorerne blev placeret jævnt i lokalet ved skoledagens start klokken cirka 8 om morgenen, og blev hentet igen mellem klokken 13 og 15.

Klasseværelset var tæt på 200 m³ og der var typisk mellem 15 og 30 elever i lokalet i hver time. De tre resultater er fra den 24., 26. og 27. november (figur 2, 3 og 4, se side 24) og viser, hvordan koncentrationerne stiger og falder i løbet af dagene. Sensor 5 (lilla kurve på graferne) manglede en kalibrering før målingerne, hvilket formentlig forklarer, at resultaterne fra denne sensor ligger et par hundrede ppm højere end de øvrige sensorer.

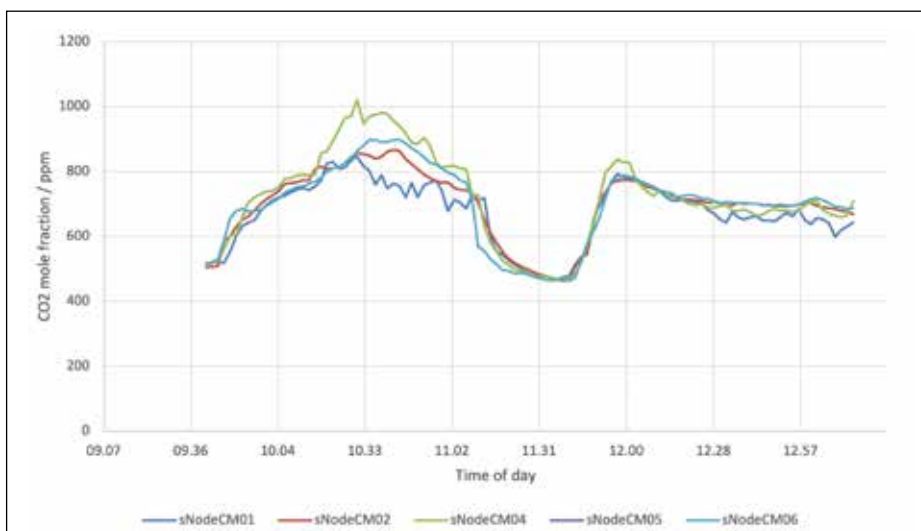
Det kan ses, hvor hurtigt koncentrationerne nærmer sig 800-1000 ppm om morgenen og hvornår der er pause, hvor



Figur 2. CO₂-koncentrationen i klasseværelset den 24. november.



Figur 3. CO₂-koncentrationen i klasseværelset den 26. november.



Figur 4. CO₂-koncentrationen i klasseværelset den 27. november.

eleverne forlader lokalet og en dør bliver åbnet. Mellem kl. 9.45 og 11.15 den 24. november sidder eleverne halvanden time i koncentrationer mellem 800 og næsten 1.200 ppm, mens koncentrationen stiger til mellem 1.100 og 1.300 ppm sidst på dagen. Det store fald fra

omkring kl. 11.15 skyldes en lang pause uden elever i lokalet.

Man kan se en lignende tendens den 26. november, hvor koncentrationerne ligger forholdsvis stabilt mellem 800 og 1.000 ppm det meste af dagen, hvor der er lektioner. Det langsomme fald

omkring klokken 10 kan skyldes, at elever har bevæget sig ind og ud af lokalet, og at døren har stået åbent under en lektion.

Målingen fra den 27. november viser koncentrationer mellem 800 og 1.000 ppm som de højeste koncentrationer i løbet af dagen. Koncentrationerne er lidt lavere end de andre dage grundet et mindre antal elever i lokalet i løbet af dagen. Desuden stod vinduerne åbent om formiddagen, hvilket har medført udluftning i lokalet og en mindre CO₂-koncentration.

Konklusion

Vores undersøgelse viste, at CO₂-koncentrationen i de undersøgte klasseværelser i løbet af skoledagen nåede niveauer, der i andre studier er fundet at påvirke indlæringssevnen. Det er klart, at dette fund lægger op til, at der bør overvejes, hvordan der kan træffes yderligere foranstaltninger for at opretholde en passende luftkvalitet indendørs på danske skoler. Et andet relevant aspekt er, at det er anerkendt, at covid spredes via luftbåren transmission [3]. Vi udånder CO₂, men også dråber og aerosolpartikler, såkaldte bioaerosoler. Forskning viser en klar kobling mellem CO₂ og bioaerosoler [4]. REHVA, Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations, anbefaler, at CO₂-senser indstilles til at give en advarsel ved 800 ppm for at opretholde sikre forhold under pandemien [5]. Det er klart, at der bør træffes yderligere foranstaltninger for at opretholde en passende luftkvalitet indendørs.

E-mail:

Matthew S. Johnson: msj@chem.ku.dk

Referencer

1. L. Brix, Forskere efter covid-19: Alle skoler bør skaffe ventilationsanlæg, 8 Sept. 2020, Videnskab.dk, <https://videnskab.dk/krop-sundhed/forskere-efter-covid-19-alle-skoler-boer-skaffe-ventilationsanlaeg>.
2. Satish, U., Mendell, M.J., Shekhar, K., Hotchi, T., Sullivan, D., Streufert, S. and Fisk, W.J., 2012. Is CO₂ an indoor pollutant? Direct effects of low-to-moderate CO₂ concentrations on human decision-making performance. *Environmental health perspectives*, 120(12), pp.1671-1677.
3. Borak, J., 2020. Airborne transmission of covid-19. *Occupational Medicine*, 70(5), pp.297-299.
4. N. Kappelt, H. Russell, S. Kwiatkowski, A. Afshari and M.S. Johnson, Correlation of Respiratory Aerosols with Metabolic Carbon Dioxide, *Sustainability* 13(21), 12203; <https://doi.org/10.3390/su132112203>, 2021.
5. Covid-19 ventilation and building services guidance for school personnel, REHVA Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations, 25 November 2020.