

Technical University of Denmark



## Renovering af skoleventilation – Elevernes velvære og præstationer

Toftum, Jørn; Wargocki, Pawel

*Published in:*  
H V A C Magasinet

*Publication date:*  
2017

*Document Version*  
Peer-review version

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Toftum, J., & Wargocki, P. (2017). Renovering af skoleventilation – Elevernes velvære og præstationer. H V A C Magasinet, 53(12), 20-23.

## DTU Library

Technical Information Center of Denmark

---

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

## Renovering af skoleventilation – Elevernes velvære og præstationer

Jørn Toftum og Pawel Wargocki

Center for Indeklima og Energi, Danmarks Tekniske Universitet

I en tidligere artikel i HVAC Magasinet nr. 7 (oktober) beskrev vi i hvilken grad, forskellige løsninger anvendt til renovering af skoleventilation kunne forbedre luftkvaliteten i klasselokaler og om energiforbruget med de forskellige løsninger. Denne artikel præsenterer hvordan ventilationen påvirkede elevernes oplevelse af indeklimaet og deres præstationer.

### Resumé af undersøgelsens udformning

For kort at resumere, blev fem forskellige løsninger til at forbedre klasseværelsens ventilation afprøvet. Tre klasseværelser blev ombygget med hver sit system: ét med et decentralt, mekanisk ventilationsanlæg med varmegenvinding og to lokaler med hybride, automatisk styrede naturlige ventilationsløsninger. I det ene lokale fungerede den styrede naturlige ventilation sammen med en udsugningsventilator og i det andet med seks mikroventilationsenheder indbygget i facaden. Yderligere to klasselokaler i samme fløj blev anvendt i undersøgelsen: ét lokale fungerede som et referencelokale, hvor der ikke blev foretaget ændringer i ventilationsforholdene og hvor elever og lærere på eget initiativ manuelt skulle åbne vinduerne. I et andet lokale fik elever og lærere en CO<sub>2</sub>-indikator, der kunne fortælle, hvornår der var behov for at lufte ud, men de skulle stadig selv sørge for det.

I seks-ugers forsøgsperioder i og udenfor fyringssæsonen blev klasseværelserne i en uge ad gangen ventileret af den anvendte løsning eller ved manuel åbning af vinduer og døre som før ombygningen. I disse uger blev styringen af systemerne holdt slukket og CO<sub>2</sub>-indikatoren deaktiveret. I hele perioden blev der målt temperatur, luftfugtighed, støj og CO<sub>2</sub> koncentration i klasseværelserne.

### Måling af velvære og præstationer

Sidst i hver uge blev eleverne bedt om at udfylde et spørgeskema om indeklimaet i klasseværelset i løbet af ugen. Eftersom undersøgelsen foregik på fjerde og femte klassetrin, hvor eleverne er mellem 10 og 12 år gamle, var spørgeskemaerne opbygget med smileys som vist i figur 1. Eleverne udførte en række sproglige og matematiske opgaver for at bedømme, hvor godt de kunne arbejde, tænke logisk og koncentrere sig. De udførte også en standardopgave, som bedømte deres opmærksomhed. Opgaverne blev udarbejdet efter konsultation af dansk- og matematiklærerne. Eksempler på to af de opgaver, der blev anvendt, er vist i figur 2. Den ene af de viste opgaver bestod af multiplikations- og subtraktionsstykker og den anden var en visuelt-logisk opgave, hvor det skulle markeres, om et udsagn var sandt eller falsk. Eleverne havde en fast periode til at arbejde med opgaverne og lærerne administrerede afviklingen.

### Komfort og velvære

Selvom målingerne af CO<sub>2</sub> koncentration generelt viste en klar forbedring af luftkvaliteten i de uger, de installerede ventilationsløsninger var aktive, viste de første analyser af spørgeskemaerne ikke helt samme tydelige forskel i elevernes oplevelse af indeklimaet. Generelt var der størst kontrast i de spørgsmål, hvor der kunne forventes en effekt såsom eksempelvis luftens friskhed, men heller ikke her var forskellen systematisk. Blandt de symptomer, der blev spurgt om, var mønsteret nogenlunde det samme og der var således ikke klare eller systematiske forskelle mellem uger med aktiv eller inaktiv ventilation.

### Præstationer

Elevernes præstationer blev vurderet ud fra hastighed (antallet af korrekt løste opgaver per tid) og fejlraten. Den største stigning i præstationen af de matematiske opgaver ved at ændre fra inaktiv til aktiv ventilation blev målt i klasseværelserne med decentral mekanisk ventilation og i lokalet med CO<sub>2</sub>-indikatoren. I de tre øvrige klasseværelser var der ingen eller kun en ikke-systematisk effekt af at forbedre ventilationen. Tilsvarende var stigningen i de logiske opgaver størst i klasseværelset med decentral ventilation og i lokalet med automatisk styret vinduesåbning suppleret af en udsugningsventilator. En mindre forbedring blev observeret i lokalet med en CO<sub>2</sub>-indikator. I de øvrige lokaler var der ingen effekt af at ændre på ventilationsforholdene. Præstationen af opmærksomhedsopgaven øgedes ligeledes mest i lokalet med decentral mekanisk ventilation efterfulgt af lokalet med automatisk styret vinduesåbning suppleret af mikroventilationsenhederne, når ventilationen ændredes fra inaktiv til aktiv. Der var også en mindre stigning i præstationen af denne opgave i lokalerne med henholdsvis en CO<sub>2</sub>-indikator og med automatisk styret åbning af vinduer suppleret af en udsugningsventilator.

Selvom der var tydelig forskel på luftkvaliteten mellem perioder med aktiv og inaktiv ventilation, især i fyringssæsonen, hændte det, at CO<sub>2</sub> koncentration i den lektion, hvor eleverne blev præsenteret for opgaverne, var lavere med inaktiv end med aktiv ventilation. Dette kunne f.eks. skyldes, at de ikke havde opholdt sig i lokalet i tiden op til lektionen eller andre tilsvarende og uforudsete uregelmæssigheder i lokalets belastning eller anvendelse. I stedet for kun at sammenligne præstationen mellem aktiv og inaktiv ventilation, blev sammenhængen mellem den gennemsnitlige CO<sub>2</sub> koncentration i løbet af lektionen sammenholdt med klassens gennemsnitlige præstation af de forskellige opgaver. For matematikopgaverne viser figur 3a et eksempel på denne sammenhæng for logaritmen til hastigheden opgaven blev løst med og figur 3b for logaritmen til fejlraten. Logaritmen blev anvendt af hensyn til de statistiske analyser.

Selvom sammenhængen ikke kunne bekræftes af statistikken indikerer figuren, at eleverne arbejdede langsommere med en højere CO<sub>2</sub> koncentration i klassen, hvilket svarer til resultaterne af flere tidligere tilsvarende undersøgelser. For flere af de øvrige anvendte opgavetyper var der en statistisk sammenhæng mellem præstationen og CO<sub>2</sub> koncentrationen.

### Afrunding

I opvarmningssæsonen forbedrede alle de afprøvede ventilationsløsninger luftkvaliteten i klasseværelserne, om end i forskellig grad. Det er ikke kun på den aktuelle skole at manglen på ventilation er en udfordring, men også i mange andre af de ældre og ikke-renoverede skoler i Danmark, hvor ventilation afhænger af manuel åbning af vinduer. Disse skoler blev bygget før kravene til ventilation og indeklima blev medtaget i det danske bygningsreglement. Behovet for renovering af ventilationen er således påtrængende i mange skoler.

I denne undersøgelse gav løsninger med automatisk styret og ventilatorunderstøttet ventilation størst forbedring af indeklimaet. Disse løsninger var samtidig også de dyreste. Lavprisløsninger som CO<sub>2</sub>-indikatoren kan bruges midlertidigt og den kan give en vis forbedring, indtil en mere permanent løsning bliver en mulighed. CO<sub>2</sub>-indikatoren har en dokumenteret effekt kort efter installationen, men det er endnu ikke klart, om effekten fortsætter efter at elever og lærere har vænnet sig til instrumentet og måske ikke længere lægger mærke til det.

Et af formålene med undersøgelsen var at udpege den bedste løsning til renovering af ventilationen på skolen. Men på grund af de mange forskellige variable, der blev brugt til at kvantificere effektiviteten af de afprøvede løsninger, var det ikke muligt at identificere én bedste løsning, der kunne udkonkurrere de øvrige på alle parametre. Men undersøgelsens resultater kan anvendes til at vurdere, hvordan indeklimaet i en given skole forventeligt forbedres med de forskellige løsninger og målinger og observationer udtrykker

således variationen i indeklima, velvære og præstationer, adfærd og energiforbrug, der kan forventes i skoler med lignende renovering af ventilationen.

Figurtekster:

Figur 1. Eksempler fra det anvendte spørgeskema, hvor skalaerne blev opbygget med smileys.

Figur 2. Eksempler på de opgaver, der blev anvendt til at måle indeklimaets effekt på elevernes præstationer.

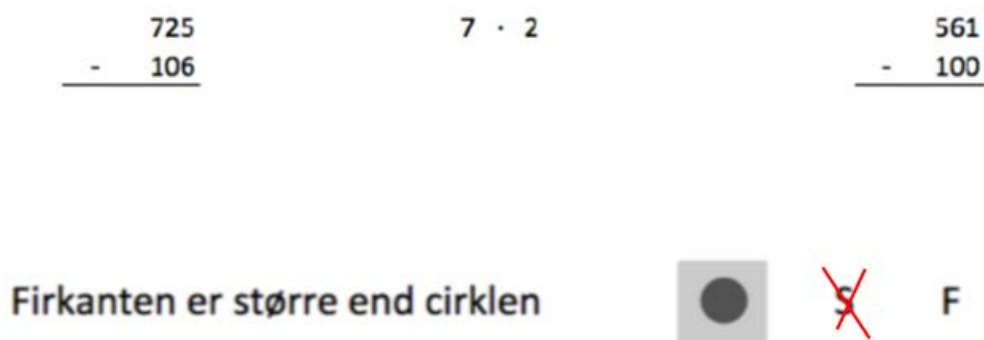
Figur 3a. Sammenhæng mellem CO<sub>2</sub> koncentration og logaritmen til hastigheden af matematikopgaven.

Figur 3b. Sammenhæng mellem CO<sub>2</sub> koncentration og logaritmen til fejlraten af matematikopgaven.

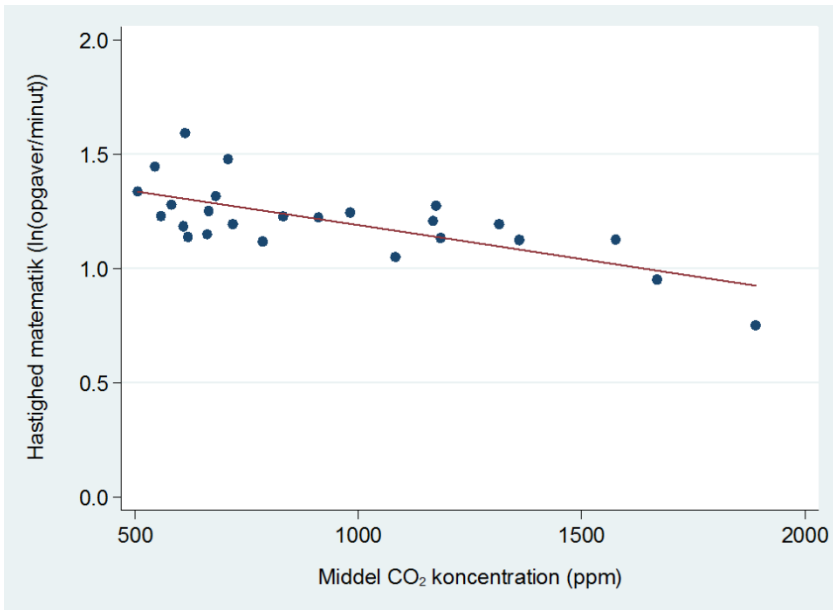
**Figur 1.**



**Figur 2.**



**Figur 3a.**



**Figur 3b.**

