



Én vej til bedre luftkvalitet i skoler

Haahr, Stine Pagaard; Olsen, Elisa Rex; Christensen, Dan Aas; Grønbæk, Henning; Toftum, Jørn

Published in:
HVAC Magasinet

Publication date:
2024

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Haahr, S. P., Olsen, E. R., Christensen, D. A., Grønbæk, H., & Toftum, J. (2024). Én vej til bedre luftkvalitet i skoler. *HVAC Magasinet*, 60(1), 22-25.

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.



Én vej til bedre luftkvalitet i skoler

Mange danske skoler lider af åndenød. Dette studie undersøger betydningen af at installere et decentralt ventilationsanlæg for klasselokalers indeklima og elevernes trivsel og præstation

Af Stine Pagaard Haahr¹,
Elisa Rex Olsen¹, Dan Aas Christensen¹,
Henning Grønæk² og Jørn Toftum¹

¹Center for Indeklima og Energi, DTU
²Exhausto A/S

Adskillige undersøgelser har gennem de seneste 15-20 år vist, at klasseværelser i mange danske skoler er underventileret, og at luftkvaliteten derfor er for ringe. Senest viste en omfattende undersøgelse i



Figur 1. Det decentrale ventilationsanlæg monteret under loftet i det ene klasselokale.

2021, at CO₂-koncentrationen i mere end halvdelen af 700+ involverede klasser oversteg de 1.000 ppm, som sædvanligvis anvendes som pejlemærke for overgangen mellem god og dårlig luftkvalitet (Mas-seeksperiment 2021).

Resultatet fra 2021 var stort set identisk med resultaterne af tilsvarende undersøgelser gennemført i 2009 og 2014. Det er efterhånden velkendt, at den dårlige luftkvalitet kan forringe elevernes velvære og præstationsevne og derigennem deres trivsel og indlæring (Baloch et al. 2020, Shendell et al. 2009).

Problemet med utilstrækkelig ventilation i skoler er således ikke nyt, men det går for langsomt med at gøre noget ved det. Kommunernes budgetter presses af mange forskellige forpligtelser, der alle konkurrerer om de samme utilstrækkelige bevillinger. Der er derfor behov for overkommelige og effektive løsninger og gerne nogle, som ikke kræver omfattende og langvarige ombygninger. Nogle af disse kriterier kan opfyldes af et decentralt

ventilationsanlæg, som forholdsvis let kan installeres i mange klasselokaler afhængigt af bygningens udformning.

Undersøgelsens metode

I et interventionsstudie har vi sammen med Exhausto undersøgt betydningen for indeklima og elever af at installere en decentral ventilationsløsning i to udvalgte klasseværelser i en skole (figur 1). Exhausto leverede og installerede de decentrale anlæg, men har ellers ikke haft indflydelse på undersøgelsens forløb eller resultater.

I alt fire klasseværelser var involveret, hvoraf to klasser fik ny ventilation (I1 og I2 i figur 2, side 24), mens to andre var med i undersøgelsen som kontrolklasser (K1 og K2). Ventilationssystemet kunne levere en luftmængde mellem 150 og 900 m³/h og ventilationsraten blev styret efter CO₂-koncentrationen i klasseværelset via en integreret sensor i returluften.

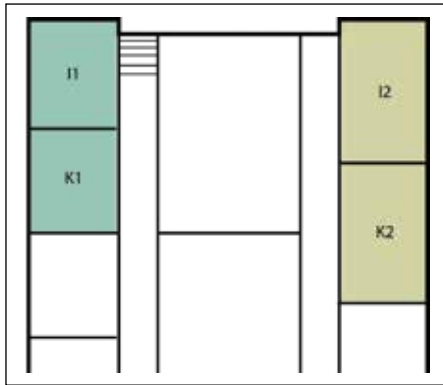
I alle lokaler kunne vinduerne åbnes i den ene side af klasseværelset. I I1 og K1 kun-

► Fortsat

ne 6 m² ud af et samlet vinduesareal på 14,3 m² åbnes. I I2 og K2 var det 4,2 m² ud af et vinduesareal på 18,3 m². Desuden havde alle lokaler en aftrækskanal med et tværsnitsareal på cirka 300 cm². Vinduerne i I1 og K1 vendte mod vest og i I2 og K2 mod øst.

Indeklimamålinger

Indeklimamålingerne omfattede luftens CO₂-koncentration, temperatur og fugtighed i løbet af hele undersøgelsen fra september 2022 til maj 2023. Perioden inkluderede referencemålinger i en periode før installation af ventilationssystemerne, en indkøringsperiode samt en egentlig driftsperiode. Fire gange i forløbet blev



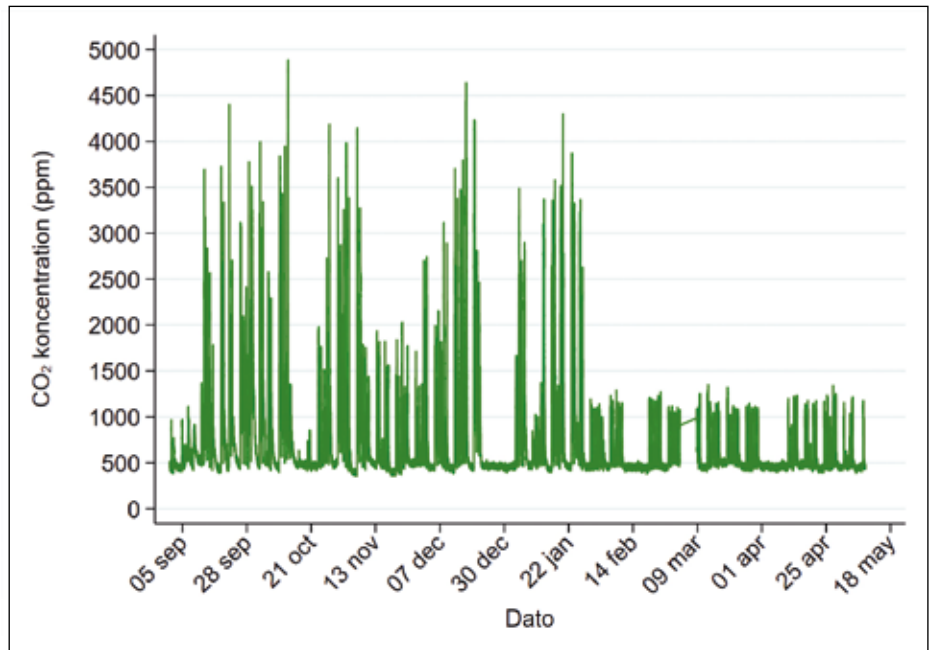
Figur 2. De fire klasselokaler, som husede 7. og 9. klasser.

eleverne i alle fire klasser bedt om at udfylde et spørgeskema om deres oplevelse af indeklimaet og gennemføre to forskellige koncentrationstests.

Luftkvalitet før og efter installation og indregulering af ventilationsanlæg

Figur 3 viser tydeligt forskellen på CO₂-koncentrationen i lokale I1 før og efter installation og senere gentaget indregulering af ventilationssystemet i løbet af januar. Samtidig viser figuren, at lokalet havde meget utilstrækkelig ventilation, før anlægget blev installeret og at CO₂-koncentrationen jævnligt oversteg 4.500 ppm. For alle de fire lokaler viser varighedskurverne i figur 4 betydningen for klasseværelsets luftkvalitet af, at der er regulering af luftudskiftningen.

Figur 4 omfatter perioden, efter at ventilationsanlæggene var installeret i lokale I1 og I2. I kontrolklasserne oversteg CO₂-koncentrationen 1.000 ppm i cirka 45 procent (K2) og 55 procent (K1) af brugstiden fra januar og frem, mens det i I1 og I2 var mindre end 20 procent af brugstiden. I lokale I1 indikerer et tydeligt knæk på kurven ved cirka 1.000 ppm, hvordan en



Figur 3. Forløb af CO₂-koncentration før og efter installation og indregulering af et decentralt ventilationsanlæg.

ny indregulering resulterede i, at luftkvaliteten blev markant bedre. I dette lokale var første indregulering, der blev udført i forbindelse med installationen af anlægget, ikke korrekt. I lokale I2 fungerede anlægget som ønsket i hele perioden og luftkvaliteten var generelt tilfredsstillende. På trods af at undersøgelsen blev gennemført i fyringssæsonen og med en lovbestemt maksimumtemperatur på 19°C, lå mediantemperaturen i de fire lokaler mellem 21,2°C og 22,3°C.

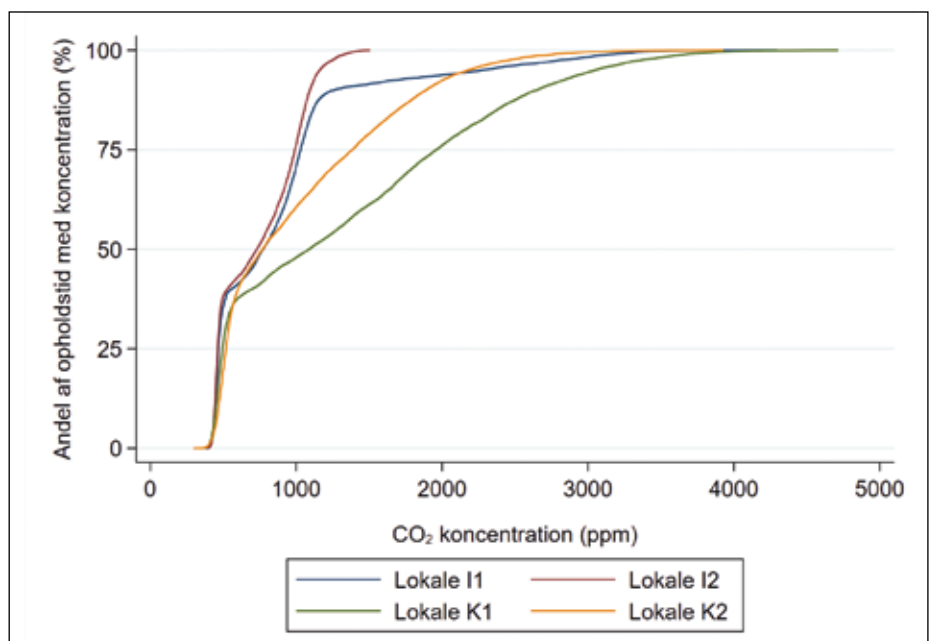
Betydning for eleverne af bedre luftkvalitet

De fire klasser leverede i alt 263 besva-

relser af spørgeskema og koncentrationstest. Tilsammen kan den store variation mellem eleverne og det forholdsvis begrænsede antal besvarelser have gjort, at der ikke kunne påvises en statistisk forskel i trivsel mellem de klasser, der havde fået opgraderet ventilation og de, der ikke havde. Imidlertid var der en tendens til, at elevernes oplevelse af luftkvaliteten, deres lyst til skolearbejde og deres præstation af den ene koncentrationstest faldt med stigende CO₂-koncentration.

Økonomisk gevinst

Sammen med konsulenthuset Incentive og Realdania har vi udviklet en model til



Figur 4. Varighedskurver over fordelingen af luftens CO₂-koncentration i brugstiden fra kl. 8 til kl. 14 i de fire klasselokaler.

beregning af den økonomiske gevinst ved opgradering af luftkvalitet og temperatur i klasselokaler (Madsen et al. 2019). Modellen baserer sine beregninger på årsfordelingen af temperatur og CO₂-koncentration før og efter en intervention, for eksempel som den der er foretaget i dette studie med installation af et ventilationsanlæg. Den økonomiske gevinst opnås gennem reduceret sygefravær for elever og lærere, bedre indlæring som følge af mindre sygefravær og bedre indlæring via bedre indeklime i klasseværelset. Selvom vi i dette lille studie ikke kunne påvise en statistisk effekt på eleverne af forbedret luftkvalitet, har vi alligevel vurderet den økonomiske gevinst på skoleniveau med mere ventilation og det målte indeklime som input (tabel 1). I skolen med cirka 450 elever og 35 lærere var den beregnede nutidsværdi over en 20-års periode således 12 millioner kroner fra reduceret sygefravær og 7,2 millioner kroner fra bedre indlæring.

Energiforbruget til at ventilere et klasse-lokale vil naturligvis være højere med et ventilationsanlæg, end hvis der stort set ikke er ventilation. Men hvis luftkvaliteten ikke skal være helt uacceptabel, som

Kvalitetsklasse	CO ₂ koncentration (% af brugstid)		Temperatur (% af brugstid)	
	Før intervention	Efter intervention	Før intervention	Efter intervention
I	23	45	56	65
II	13	54	30	28
III	7	1	9	7
IV	20	0	3	0
Udenfor kategori	37	0	2	0
Total	100	100	100	100

Tabel 1. Fordeling af brugstid med CO₂-koncentration og temperatur i forskellige kvalitetsklasser før og efter opgradering af ventilation (EN-DS16798-2 2019).

den tydeligvis var i de kolde perioder i den undersøgte skole, skal der tilføres mere luft. Ingen kan i dag forestille sig en bygning beregnet til ophold, uden at der er opvarmning om vinteren eller belysning til de mørke timer. Begge dele bruger energi, men er uundværlige. Udfordringen er at opretholde det gode indeklime så energieffektivt som muligt. Som regnestykket ovenfor viser, er det en god investering.

Referencer

Baloch, R.M., Maesano, C.N., Christoffersen, J., Banerjee, S., Gabriel, M., Csobod, É., Fernandes E de O., Annesi-Maesano, I. Sabella & Symphonie Study Group. (2020). Indoor air pollution,

physical and comfort parameters related to schoolchildren's health: Data from the European SINPHONIE study. Science of the Total Environment, 739, 139870.

Madsen, M., Hauberg, D.S., Kolstrup, K., Toftum, J. (2019). Samfundsøkonomiske gevinster ved forbedret indeklime. <https://realdania.dk/publikationer/faglige-publikationer/samfundsoekonomiske-gevinster-ved-forbedret-indeklime>.

Masseeksperiment 2021. Resultatrapport. <https://masseeksperiment.dk/wp-content/uploads/2022/08/MX-Indeklima-resultatrapport-FINAL.pdf>.

Shendell, D.G., Prill, R., Fisk, W.J., Apte, M.G., Blake, D., Faulkner, D. (2004). Associations between classroom CO₂ concentrations and student attendance in Washington and Idaho. Indoor air, 14(5), 333-341.

Mød nogle af ventilationsbranchens mest erfarne luftakrobater.

AAF/Dinair er en af verdens førende producenter af luftfiltre. Koncernen har flere end 3.000 ansatte i 22 lande. Vi har over 100 års erfaring og en vision om til stadighed at være verdens førende inden for luftfiltre og luftfilterløsninger.

Vores produkter produceres bæredygtigt med fokus på energibesparelser og effektivitet iht. ISO16890 og EN1822. Vores eFRM HEPA filtre (membran filtre) er godkendt til pharma og renrum m.m. og kan give besparelser på op til 50%.

Disse historier og mange andre uddyber vi gerne ved lejlighed.



Henrik Lassen
Luftakrobat og Country manager.