

Forskningsbaserede anbefalinger for godt og læringsfremmende indeklima i klasseværelser

Kort opsummering

Redigeret af **Pawel Wargocki og David P. Wyon**, 13. april, 2021

Støttet af **Realdania**

International Centre for Indoor Environment and Energy
Institut for Byggeri og Anlæg
Danmarks Tekniske Universitet

Resumé af forskningsbeviser

Forskning har vist, hvordan man kan forbedre indeklimaet i klasselokaler i Danmark så det gavner børns læring. Nedenfor følger en række anbefalinger rettet mod de primære indeklimatefaktorer. Anbefalingerne bør imødekommes for at sikre optimal præstation af skolearbejde og indlæring. Anbefalingerne sammenlignes med nuværende retningslinjer og krav til indeklima i klasselokaler i Tabel 1 og opsummeres i Figur 1.

Termisk indeklima

- Hold temperaturen i klasselokalet mellem 21 og 23°C. Ved at optimere temperaturen for skolearbejde sikrer man også energieffektiv drift af skoler og sparer derved på energien.
- Sørg for, at vinduer kan åbnes for at sænke temperaturen i klasselokalerne. Dette gælder særligt om sommeren og i overgangsperioder, da det muligvis ikke vil være muligt at undgå termisk ubehag ved f. eks. at tilpasse beklædningen.

Luftkvalitet (og ventilation)*

- Hold altid CO₂ koncentrationen under 900 ppm.
- Sørg for, at vinduer kan åbnes for at forbedre luftkvaliteten i klasselokalet på alle tidspunkter af året.
- Anskaf CO₂ sensorer, der viser, hvornår vinduer bør åbnes for at genoprette en god luftkvalitet eller kan lukkes for at spare energi til opvarmning.

Akustisk miljø

- Hold niveauet af baggrundsstøj i klasseværelset lavt for at sikre god taleforståelse.
- Undgå lange efterklangstider.
- Sørg for, at klasselokalerne lydisoleres, så støj udefra undgås eller reduceres.
- Opret specielle stillerum til undervisning af børn med høre- eller koncentrationsbesvær og for børn, der ikke undervises på deres modersmål.

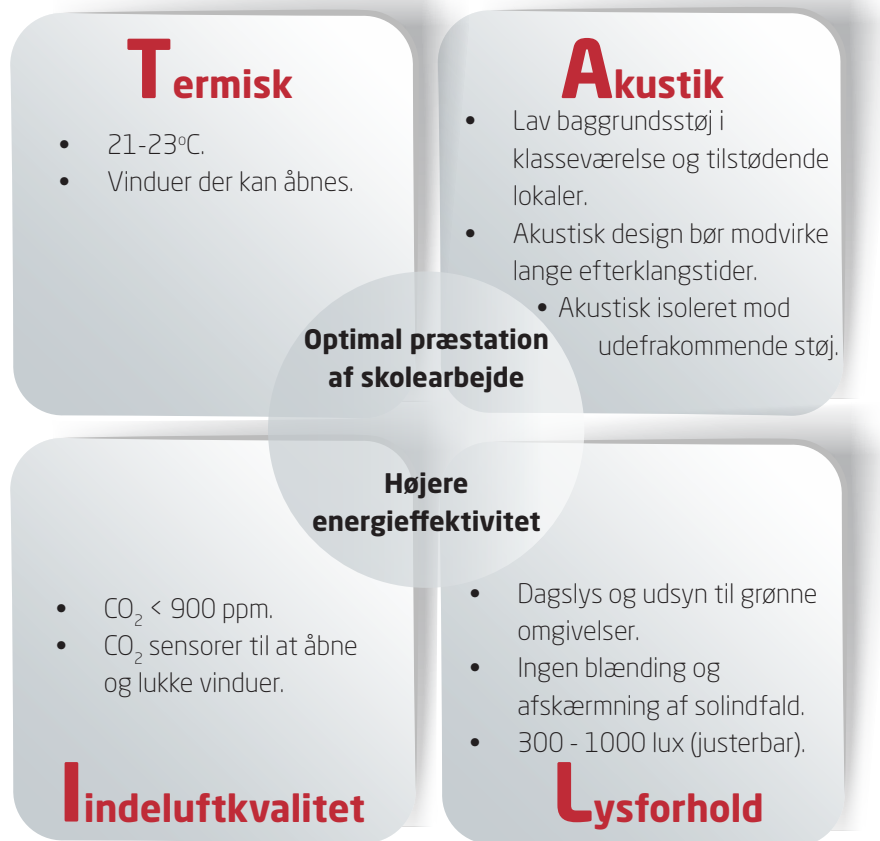
Lysforhold

- Sørg for, at klasselokaler har både dagslys og udsyn til grønne områder og undgå blænding fra vinduer samt høj solbelastning.
- Belysningsstyrken bør kunne justeres mellem 300 og 1000 lux, afhængigt af aktiviteten i klasselokalet samt tidspunkt på dagen.

* Ventilation er også et middel til at reducere risikoen for luftbåren overførsel af smitte, inkl. SARS-CoV-2

Tabel 1. Anbefalinger og krav til skolebygninger

Bygningsreglement (BR18)		
CO ₂ koncentration	≤1000	ppm
Ventilation (sum af person- og bygningsbidrag)	≥5 ≥0,35	L/s pr. person L/s pr. m ² etageareal
Temperatur	20-24 23-26	°C (i fyringssæson) °C (udenfor fyringssæson)
Støj (udefrakommende)	≤33 ≤46 ≤52	dB(A) med lukkede vinduer dB(A) med åbnede vinduer (veje) dB(A) med åbne vinduer (togtrafik)
Støj (fra bygningens tekniske installationer)	≤30	dB(A)
Efterklangstid (klasseværelse)	<0,6	s (frekvensspektrum 125-4000 Hz)
Udsyn		Vinduer, der giver udsyn og beskyttelse fra solen
Dagslys	10 ≥300	% forhold glasareal - gulvareal lux indvendig belysningsstyrke fra dagslys ved mindst halvdelen af det relevante gulvareal i mindst halvdelen af dagslystimerne
Kunstig belysning	≥500 19	Lux UGR
Arbejdstilsynet		
CO ₂ koncentration	≤1000 ≤2000	ppm (anbefalet) ppm (maksimalt tilladt)
Formaldehyd	≤0,15	mg/m ³
Temperatur	20-22 18 25	°C (anbefalet) °C minimum °C maksimum, undtagen ved hedebløge
Relativ luftfugtighed	25-60	%
Lufthastighed	≤0,15	m/s
Lys	200-500	lux



Figur 1. Indeklima i klasseværelser, der sikrer optimal præstation af skolearbejde og samtidig bidrager til højere energieffektivitet

Resumé af fremtidigt forskningsbehov

Ved at imødekomme de følgende forskningsbehov opnås bedre forståelse af sammenhænge mellem indeklimaet i klasselokaler og præstationen af skolearbejde, betydning af interaktion mellem de forskellige indeklimaparametre, samt udvikling af ny teknologi til at forbedre klasselokalers indeklime.

- 1 Interaktion mellem forskellige indeklimaparametre og hvorledes den påvirker kognitiv præstationsevne og indlæring.
- 2 Effekt af indeklimaet i klasselokaler på lærere samt hvordan dette indirekte påvirker elevernes læring.
- 3 Udvikling af metoder til at mindske smitterisiko (og derved sygefravær) i klasselokaler.
- 4 Forståelse af sammenhænge og mekanismer bag effekten af indeklime på præstation og indlæring med særlig vægt på identifikation af specifikke parametre og faktorer, der påvirker disse effekter. Dette gælder særligt specifikke forurenende stoffer, støj og øvrige akustiske parametre, mængden af dagslys, kvaliteten af belysningen og udsyn.
- 5 Udvikling af indikatorer, der kan bruges til at beskrive kvaliteten af indeklimaet i klasselokaler, især indeluftkvalitet og generel indeklimakvalitet.
- 6 Forståelse af hvordan indeklime i soveværelser påvirker søvnkvalitet og præstationsevnen næste dag samt indlæring over længere tid.
- 7 Energieffektive tekniske løsninger til at give et læringsfremmende indeklime i klasseværelset. Disse løsninger skal sænke temperaturen, forbedre luftkvaliteten og reducere smitterisikoen, sikre tilstrækkeligt dagslys og yde akustisk isolering som kan reducere baggrundsstøj og udefrakommende støj.



Figur 2. Fremtidige forsknings- og udviklingsbehov

