



## Sammenhæng mellem luftkvalitet i grundskoler og elevers indlæring

Kjeldsen, Birthe Uldahl; Toftum, Jørn; Wargocki, Pawel; Clausen, Geo

*Publication date:*  
2013

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*

Kjeldsen, B. U., Toftum, J., Wargocki, P., & Clausen, G. (2013). *Sammenhæng mellem luftkvalitet i grundskoler og elevers indlæring*. Center for Indeklima og Energi, Institut for Byggeri og Anlæg, Danmarks Tekniske Universitet.

---

### 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.

# SAMMENHÆNG MELLEM LUFTKVALITET I GRUNDSKOLER OG ELEVERS INDLÆRING



UDARBEJDET AF:

Birthe Uldahl Kjeldsen, Jørn Toftum,  
Pawel Wargocki og Geo Clausen

Center for Indeklima og Energi  
Institut for Byggeri og Anlæg  
Danmarks Tekniske Universitet

Juni 2013

DTU





# INDHOLDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>SAMMENFATNING</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>INTRODUKTION</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>LÆSEVEJLEDNING</b> .....	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>BAGGRUNDSVIDEN</b> .....	<b>4</b>
4.1	INDEKLIMA .....	4
4.2	INDLÆRING .....	8
4.3	TEST AF INDLÆRING .....	11
<b>5</b>	<b>UNDERSØGELSENS METODE</b> .....	<b>13</b>
<b>6</b>	<b>RESULTATER</b> .....	<b>15</b>
6.1	INDELUFTKVALITET OG INDLÆRING .....	15
6.2	INDELUFTKVALITET OG SYGEFRAVÆR .....	16
6.3	GÆLDER RESULTATET SÅ KUN FOR SKOLER? .....	18
<b>7</b>	<b>KONKLUSION</b> .....	<b>18</b>
<b>8</b>	<b>FREMTIDIGE UNDERSØGELSER</b> .....	<b>19</b>
<b>9</b>	<b>REFERENCER/ ANBEFALET LÆSNING</b> .....	<b>19</b>
9.1	REGLER OG KRAV TIL INDEKLIMA .....	19
9.2	REFERENCER .....	19

## 1 SAMMENFATNING

Danmark er et vidensamfund og dagsinstitutioner eller grundskolen er i dag for de fleste børn startskuddet til et langt uddannelsesliv. Der er derfor stor interesse for at identificere hvilke faktorer, der har indflydelse på børn og elevers indlæring, og hvordan disse bedst optimeres.

Adskillige forskningsresultater viser en klar sammenhæng mellem dårligt indeklima og reducerede præstationer af simulerede skoleopgaver. Disse resultater har dog ikke formået at skabe tilstrækkeligt politisk engagement til igangsætte omfattende forbedringer af indeklimaet i grundskolen og andre børneinstitutioner.

Et alternativ er i stedet at måle elevernes præstation ud fra resultater fra nationale og internationale test, da disse måler hvorvidt eleverne følger pensum og akkumulerer den forventede viden.

For at besvare hvorvidt indeklima har indflydelse på elevers akademiske indlæring, var det projektets formål at undersøge hvorvidt der fandtes en sammenhæng mellem indeluftkvalitet i danske grundskoler og elevers indlæring samt sygefravær.

Ved analyse af data fra 230-267 skoler, svarende til mere end 17 % af det samlede antal folkeskoler i Danmark, var det muligt at påvise en statistisk signifikant sammenhæng mellem indeluftkvalitet og sygefravær samt elevernes resultater i nationale test korrigeret for socioøkonomisk baggrund. Indeluftkvaliteten blev indirekte beskrevet i form af skolernes ventilationssystem, som var enten naturlig ventilation, mekanisk udsugning eller mekanisk udsugning og indblæsning.

Analyse af skolers ventilationstyper og korrigerede nationale testresultater viste, at skoler med både udsugning og indblæsning havde det højeste testresultat, skoler med kun udsugning det næsthøjeste testresultat og skoler med naturlig ventilation det laveste testresultat. Forskellen i testresultatet for skoler med både udsugning og indblæsning samt skoler med naturlig ventilation var 1.5 procentpoint. Resultatet var statistisk signifikant.

Analyse af sygefravær og korrigerede nationale testresultater viste en signifikant negativ sammenhæng, hvor det nationale testresultat blev lavere, desto større sygefraværet var. Forskellen på testresultatet for skoler placeret i henholdsvis den laveste og højeste kvartil af sygefravær var 0.8 procentpoint.

Der var derudover en sammenhæng mellem skolers ventilationstype og sygefravær, hvor skoler med kun udsugning havde et signifikant lavere, om end beskedent, sygefravær end skoler med både udsugning og indblæsning samt skoler med naturlig ventilation. Forskellen på sygefraværet for skoler med kun udsugning og naturlig ventilation var 0.2 procentpoint og forskellen på sygefravær for skoler med både udsugning og indblæsning og skoler med naturlig ventilation var 0.1 procentpoint.

## 2 INTRODUKTION

Danmark er et videnssamfund og dagsinstitutioner eller grundskolen er derfor i dag startskuddet til et langt uddannelsesliv for de fleste børn. Grundskolen har igennem det sidste århundrede ændret sig drastisk i takt med samfundets udvikling. Fra at være den lille landsbyskole, der sikrede almen dannelse har grundskolen udviklet sig til en moderne videnssamfundsskole, der skal klargøre og udruste sine elever med de nødvendige færdigheder til at kunne gennemgå og ikke mindst blive optaget på et fremtidigt studie. Det moderne samfunds behov for viden er bl.a. understøttet af regeringens målsætning om, at 95 % af en ungdomsårgang skal have gennemført mindst en ungdomsuddannelse og 50 % en videregående uddannelse i år 2015.

Kravene til den moderne grundskole er altså højere end nogensinde før og det er således vigtigt at undersøge muligheden for at optimere grundskolen mest muligt.

Hvordan børn sikres størst indlæring afhænger af en lang række faktorer, hvor de vigtigste i høj grad må siges at være individbaseret. Dette i form af barnet selv og dets lyst og evne til at lære, hvilket afhænger af bl.a. familiebaggrund, motivation og intellekt. Dertil kommer underviseren og dennes evne til at lære fra sig, hvilket igen afhænger af bl.a. undervisningsstil, motivation og uddannelsesniveau. Det er således svært at definere, hvordan man bedst sikrer et højt niveau af indlæring for det enkelte barn.

Det er relevant at undersøge muligheden for at optimere de rammer omkring børnene som ikke er individafhængige, for eksempel indeklimaet, hvorved man i en noget højere grad kan sikre en mere ensartet effekt på indlæringen hos alle børn.

Adskillige forskningsresultater viser en klar sammenhæng mellem indeklima og præstationer af grundskoleelever. Undersøgelse af faktorer som både lufttemperatur og CO<sub>2</sub>-koncentration viser, at et forringet indeklima giver længere svarhastighed ved forskellige typer kognitive test og ringere fysisk velvære hos eleverne. Disse resultater har dog ikke formået at skabe tilstrækkeligt politisk engagement til at igangsætte omfattende forbedringer af indeklimaet i grundskolen og andre børneinstitutioner.

Et alternativ er i stedet at måle elevernes præstation ud fra resultater fra nationale og internationale test, da disse i forhold til traditionelle kognitive test måler hvorvidt eleverne følger pensum og akkumulerer den forventede viden. De danske nationale test, som er et anerkendt mål for elevers indlæring i folkeskolen, kan derfor med fordel anvendes som indikator for akademisk indlæring.

For at besvare hvorvidt indeklima har indflydelse på elevers akademiske indlæring, er det projektets formål at undersøge hvorvidt der findes en sammenhæng mellem indeluftkvalitet i danske grundskoler og elevers resultater i nationale test samt elevers sygefravær. Det må antages at en negativ påvirkning af børns præstationer forårsaget af dårlig luftkvalitet vil være gældende på skoler såvel som gymnasier og dagsinstitutioner.

Projektet er en del af et pilotstudie, som er gennemført i samarbejde mellem DTU og BUPL (Børne- og Ungdomspædagogernes Landsforbund).

### 3 LÆSEVEJLEDNING

Denne rapport er en kortfattet opdatering af kandidatspecialet ”Sammenhæng mellem indeklima i grundskoler og elevers indlæring”<sup>1</sup>, skrevet på populær form. I forhold til resultaterne præsenteret i specialet er der til denne rapport udført flere dybdegående analyser, to individuelle dataserier med indeklimadata er slået sammen til ét, samt der er tilføjet ny tekst med baggrundsviden. Af læsehensyn er alle referencer samlet til sidst i rapporten.

Læsere der har en teknisk baggrund, enten i forhold til kendskab til de nationale test, kendskab til teori om indeklima i bygninger eller kendskab til indeklimaet i de danske skoler, kan det anbefales at gå direkte til metode og resultater i afsnit 5-6.

Læsere uden rette tekniske baggrund anbefales først at læse afsnit 4 Baggrundsviden.

---

<sup>1</sup> Birthe Uldahl Kjeldsen: Sammenhæng mellem indeklima og elevers indlæring i grundskolen, 2013, Danmarks Tekniske Universitet

## 4 BAGGRUNDSVIDEN

I dette kapitel gennemgås hovedprincipperne for den teori og forskning som er nødvendig for at forstå projektets resultater. Kapitlet beskriver eksisterende viden om henholdsvis indeklima og indlæring.

### 4.1 INDEKLIMA

I første del gennemgås kort definitioner af indeklima og ventilation og den nyeste forskning af hvordan indeklimaet påvirker skoleelever præsenteres. Dernæst gennemgås de nyeste regler på området og viden om indeklimaet i de danske folkeskoler opsummeres.

#### 4.1.1 KORT OM INDEKLIMA OG VENTILATION

Elever og lærere opholder sig en betydelig del af deres skole- og arbejdstid i et klasselokale, hvor de bliver udsat for det klima der findes i lokalet. Der findes en lang række faktorer der har indflydelse på indeklimaet, hvor de vigtigste faktorer kort beskrives her.

Indeklimaet udgøres tilsammen af:

- luftkvalitet, beskrevet bl.a. ved luftens indhold af partikler, støv, gasser og dampe
- termiske forhold, bestemt bl.a. ved lufttemperatur, strålingstemperatur, lufthastighed og luftfugtighed
- lysforhold, beskrevet bl.a. ved lysstyrke, lysfarve, kontraster og reflekser
- lydforhold, beskrevet bl.a. ved lydstyrke og frekvensfordeling

Der er store forskelle på menneskers oplevelse af indeklima. Nogle er meget følsomme, mens andre stort set ikke bemærker om luften er for indelukket eller temperaturen for lav. De fleste kriterier for indeklima bygger på gennemsnitspersoner og det er vigtigt at bemærke, at nogle, heriblandt børn eller overfølsomme og allergikere, kan være langt mere følsomme og reagere kraftigere på indeklimaets påvirkninger end det forventes for en gennemsnitsperson. Det kan være svært at imødekomme disse særlige behov i klasseværelser, hvor mange personer deles om indeklimaet og hvor der kun yderst sjældent vil være mulighed for at tilpasse indeklimaet til individuelle ønsker og behov.

Indeluften tilføres forurening fra mange forskellige kilder. I lokaler med høj persontæthed som i skolers klasselokaler og dagsinstitutioners opholdsrum er det oftest personer selv, der er den mest betydende forureningskilde, her bl.a. i form af gasarten CO<sub>2</sub> der findes i udåndingsluften. Luften tilføres derudover forurening fra inventar og overflader samt menneskers aktiviteter i bygninger, herunder rengøring. I nogle områder kan indeluften sågar være påvirket af forurening fra udeluften f.eks. partikelforurening fra køretøjer.

Mennesker påvirker indeluften med lugte, som gør, at luften ved utilstrækkelig ventilation opleves ubehagelig og indelukket. Tilvænning til menneskeskabt lugt foregår dog relativt hurtigt, og det er derfor mest ved lokaletskift, at lugtproblemerne vil optræde.

Luftkvaliteten vurderes ofte ud fra luftens indhold af CO<sub>2</sub>. CO<sub>2</sub>-koncentration måles almindeligvis i enheden ppm (parts per million) som angiver antallet af CO<sub>2</sub>-molekyler per million luftmolekyler. I udeluften er CO<sub>2</sub>-koncentrationen omkring 380 ppm, mens koncentrationen i indeluften typisk ligger i intervallet 500 ppm til 2500 ppm. Tit ses der dog også CO<sub>2</sub>-koncentrationer over 2500 ppm, især hvis lokalet er underventileret og med høj personbelastning.



CO<sub>2</sub> er ikke i sig selv skadelig i de koncentrationer, vi normalt oplever inden døre, men nye undersøgelser har vist, at en forhøjet CO<sub>2</sub>-koncentration ved 2500 ppm kan negativt påvirke vores evne til at træffe rationelle beslutninger.

Ventilation er en af de vigtigste faktorer til at begrænse indeluftens koncentration af forurening.

Ventilationsbehovet i et lokale bliver typisk bestemt ud fra viden og antagelser om forureningskilderne i lokalet. Lokaler med en høj personbelastning som f.eks. et klasserum kræver mere ventilationsluft end et lokale med en lavere personbelastning for at kunne opretholde en tilfredsstillende luftkvalitet. For at undgå dårlig luft er det derfor vigtigt, at der er et passende forhold mellem ventilationen, størrelsen på rummet og antallet af personer, som opholder sig i det.

### *CO<sub>2</sub> i indeluften*

Luftens indhold af CO<sub>2</sub> er et mål for, hvor godt et lokale er ventileret i forhold til, hvor mange personer, der er til stede.

Produktionen af CO<sub>2</sub> afhænger af personstørrelse og aktivitetsniveau. Et barn i de mindste skoleklasser med et højt aktivitetsniveau producerer næsten den samme mængde CO<sub>2</sub> som en stillesiddende voksen, ca. 17 l/time.

Når der tales om luftkvalitet og ventilationsbehov er det praktisk at kende til de mest almindelige typer ventilationssystem. I danske skoler ses typisk de følgende tre typer ventilationsanlæg:

1. Naturlig ventilation: Ventilation sker som følge af tryk- og temperaturforskelle, igennem vinduer, friskluftsventiler og – skakte eller igennem tilfældige åbninger i bygningen.
2. Mekanisk udsugning: Ventilation sker ved at en ventilator suger luften ud af bygningen og at erstatningsluft bliver tilføjet igennem ventilationsåbninger (f.eks. en friskluftsventil).
3. Mekanisk udsugning og indblæsning: Ventilation sker ved at luft både indblæses og udsuges igennem et ventilationsanlæg.

Ventilationsformer som sjældnere ses:

4. Hybrid ventilation: Naturlig ventilation som suppleres med en ventilator.
5. Automatiseret naturlig ventilation: Naturlig ventilation hvor en automatisk regulering åbner og lukker ventilationsåbninger, for at skabe ventilation efter behov.

Mekaniske ventilationsanlæg leverer enten en fast luftmængde over tid eller efter behov, hvor luftmængden kan ændres ved et givet tidspunkt, temperatur, CO<sub>2</sub>-koncentration etc.

#### 4.1.2 INDEKLIMAETS INDFLYDELSE I KLASSELOKALET

Et utilstrækkeligt indeklima i klasseværelserne kan påvirke elevernes udbytte af skolearbejdet og give en ringe begyndelse på hele deres uddannelsesforløb. Selvom der i det følgende fokuseres på eleverne, er det klart, at det dårlige indeklima også går ud over lærerne og den undervisning, de skal yde, såvel som pædagoger og børn i dagsinstitutioner.

Indeklimasympptomer er en fælles betegnelse for en lang række af symptomer, der er blevet forbundet med indeklimaets påvirkninger. Symptomerne omfatter f.eks. slimhindeirritation i øjne, næse og svelg, hudirritation samt almensymptomer som tunghedsfornemmelse i hovedet, træthed, koncentrationsbesvær og utilpashed. Symptomerne skyldes sjældent én bestemt påvirkning og kan også forårsages af andre faktorer end indeklimaet.

Hyppigheden af symptomer kan variere fra én bygning til en anden. Samtidig er det karakteristisk, at symptomerne kan blive reduceret i intensitet eller helt forsvinde efter at personen har forladt bygningen. Det er endnu ikke fuldstændig klart hvorfor symptomerne opstår, hvad der sker i kroppen og hvilke påvirkninger, der giver anledning til hvilke symptomer.

Kvaliteten af indeluften (såvel som udeluften) kan også have relation til egentlige sygdomme som allergiske luftvejslidelser og luftvejsinfektioner. Koncentrationen af allergener i støv i klasseværelser og dagsinstitutionslokaler er ofte høj, fordi allergenerne overføres fra tøjet på de børn, som har hyppig kontakt med kæledyr. Ét ud af tre børn lider af allergi eller astma og disse lidelser er blandt de hyppigste fraværsårsager i skolen. Allergi og astma kan forværres af f.eks. skimmelsvampesporer i fugtskadede bygninger eller husstøvmider hvor allergikere og astmatikere kan opleve, at hyppigheden af anfaldene og intensiteten øges ved ophold i nogle bygninger.

### *Indeklimasympptomer*

Vi ved endnu ikke præcist, hvilke mekanismer der gør, at luftkvalitet og temperaturer påvirker elevernes præstation af typiske skoleopgaver. En nærliggende forklaring er, at dårlig luftkvalitet eller for høje temperatur gør eleverne uoplagte og for nogle skaber negative helbredseffekter, som nedsætter motivationen og øger stressniveauet i kroppen.

I utilstrækkeligt ventilerede lokaler med høj persontæthed er der med stor sandsynlighed endvidere øget risiko for overførsel af luftbåren smitte mellem mennesker. Resultatet er øget hyppighed af almindelige luftvejsinfektioner som forkølelse, ondt i halsen og mellemørebetændelse.

Sidst ses der en sammenhæng mellem indeklima og præstationer af elever og undervisere, som gennemgås særskilt i afsnit 4.2.

#### 4.1.3 HVAD SIGER REGLERNE?

I det følgende opridses nogle af de krav, der gælder for ventilation, luftkvalitet og termiske forhold i klasse- og daginstitutionslokaler.

I Danmark har der længe været diskussion af hvilke regler, der egentlig gælder for indeklimaet i klasselokaler. Lærere og pædagoger er omfattet af arbejdsmiljøloven og elever og børn er omfattet af reglerne om henholdsvis undervisnings- og børnemiljøvurderinger. Dansk Center for Undervisningsmiljø anbefaler dog, at den praksis, som gælder for ansatte, også bør følges i forhold til eleverne.

Lov om elevers og studerendes undervisningsmiljø fremhæver, at "Elever, studerende og andre deltagere i offentlig og privat undervisning har ret til et godt undervisningsmiljø, således at undervisningen kan foregå sikkerheds- og sundhedsmæssigt fuldt forsvarligt". Tilsvarende står der i loven om dag-, fritids- og klubtilbud at "Børn i dagtilbud skal have et fysisk, psykisk og æstetisk børnemiljø, som fremmer deres trivsel, sundhed, udvikling og læring." Hensigten er klar, men lovens formulering er ikke særlig funktionel ved design og drift af skolebygninger og det er derfor nødvendigt at anvende supplerende regler og retningslinjer for at kunne anviser, hvad der udgør det gode undervisningsmiljø.

Skole- og dagsinstitutionsbygninger skal leve op til det bygningsreglement, som var gældende på opførelsestidspunktet eller på tidspunktet hvor omfattende renoveringer blev gennemført. Med det seneste bygningsreglement (BR 2010 [www.ebst.dk/bygningsreglementet.dk](http://www.ebst.dk/bygningsreglementet.dk)) er det blevet tydeligere,

hvilke kriterier indeklimaet og ventilationen i bygningerne skal overholde og der er bedre overensstemmelse mellem de forskellige regelsæt end der tidligere har været.

Bygningsreglementet foreskriver at indblæsning med udeluft og udsugning i normalklasserum skal være mindst 5 l/s pr. person, samt 0.35 l/s pr. m<sup>2</sup> gulv. Ved en personbelastning på 0.5 personer/m<sup>2</sup> svarer det til en ventilationsrate på 2.85 l/s pr. m<sup>2</sup> gulv. Samtidig skal det sikres at CO<sub>2</sub>-indholdet i indeluften ikke i længere perioder overstiger 0.1 % (1000 ppm). Både naturlig og mekanisk ventilation tillades, men er tilførslen af frisk luft gennem vinduer ikke tilstrækkelig, skal tilførslen ske ved mekanisk ventilation (et ventilationssystem). De nævnte krav gør sig også gældende for dagsinstitutioner, bortset fra at indblæsning og udsugning skal ske med mindst 5 l/s pr. voksen og 3 l/s pr. barn.

Udover lovgivningen i bygningsreglementet og arbejdsmiljøloven findes nu retningslinjer for frivillig klassificering af indeklimaets kvalitet i boliger, skoler, daginstitutioner og kontorer (DS 3033). Klassifikationen opdeles i fem klasser som spænder fra det fremragende indeklima (klasse A++) med høj komfort til det ringe indeklima (klasse C) med risiko for negative helbredseffekter.

Klassificeringen omfatter i alt ni indeklimaparametre, der inkluderer ventilationsrate, CO<sub>2</sub>-koncentration, termiske forhold, radon, formaldehyd, partikler, fugt/skimmelsvamp, lysforhold og akustiske forhold. I tabel 1 er vist klassegrænser for ventilationsrate og CO<sub>2</sub>:

Parameter		DS 3033 Klassificering				
		A++	A+	A	B	C
Ventilationsrate (l/s pr. m <sup>2</sup> gulv)	Skoler	2.5	2.5	2.5	1.9	<1.9
	Børnehaver	2.0	2.0	2.0	1.4	<1.4
	Vuggestuer	1.5	1.5	1.5	1.0	<1.0
CO <sub>2</sub> (ppm)		800	1000	1200	1500	>1500

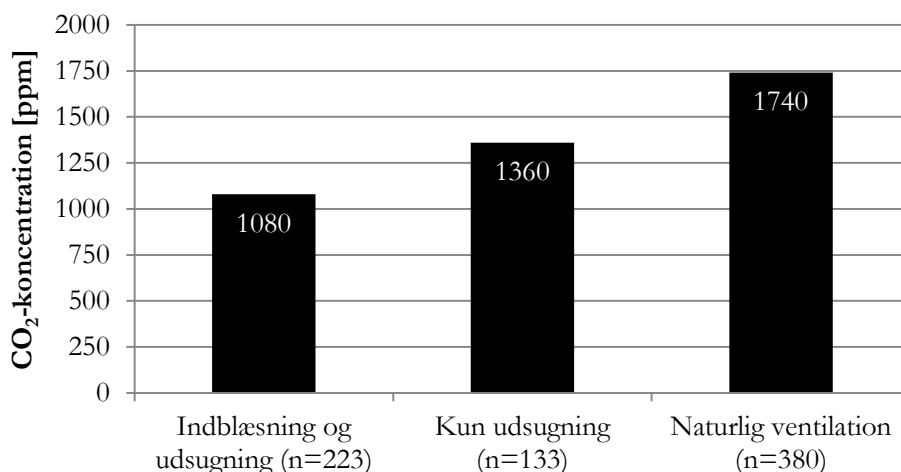
**TABEL 1. KLASSEGRÆNSER FOR SKOLER OG INSTITUTIONER FOR UDVALGTE INDEKLIMAPARAMETRE. UDDRAG AF DS 3033.**

Bygningsreglementet og DS 3033 fastsætter ikke direkte grænser for acceptable temperaturer i klasselokaler mm., men det gør arbejdsmiljøloven, som gælder for lærerne og pædagogerne. Af Arbejdstilsynets vejledning om temperaturer i arbejdsrum fremgår det, at temperaturen som udgangspunkt ikke bør være lavere end 18 °C eller højere end 25 °C. Dette er nogenlunde i overensstemmelse med de lidt mere detaljerede anbefalinger i indeklimastandarder, hvor der typisk skelnes mellem vinter og sommer pga. variationen i beklædning. De fleste indeklimastandarder anbefaler ved stillesiddende arbejde at holde temperaturen mellem 20 og 24 °C når der er behov for opvarmning og ellers mellem 23 og 26 °C. Er temperaturen lav, mellem 20 og 22 °C, er det vigtigt også at holde lufthastigheden lav, mindre end 0.15 m/s, for at nedsætte risikoen for trækgener.

#### 4.1.4 INDEKLIMAET I DE DANSKE FOLKESKOLER

Omfattende undersøgelser i danske folkeskoler har vist, at klasseværelsernes indeklima ofte ligger langt under det niveau, der ses i kontorbygninger. Således var der utilstrækkelig ventilation (CO<sub>2</sub>-koncentrationer over 1000 ppm) i hele 56 % af de mere end 700 klasselokaler hvor DTU i de senere år har gennemført målinger. Særligt i skoler uden ventilationsanlæg og hvor udluftning kræver at vinduerne åbnes, var der utilstrækkelig ventilation. For de undersøgte klasselokaler var der en signifikant sammenhæng mellem klasselokalernes ventilationstype og den målte CO<sub>2</sub>-koncentration.

## CO<sub>2</sub>-koncentration og ventilation



FIGUR 1: GENNEMSNITLIG CO<sub>2</sub>-KONCENTRATION I KLASSER FORDELT PÅ VENTILATIONSTYPE.

Figur 1 viser den gennemsnitlige CO<sub>2</sub>-koncentration i klasser fordelt på de forskellige typer ventilationsystem. CO<sub>2</sub>-målingerne blev udført fra midt september til start oktober 2009. Gennemsnittet af CO<sub>2</sub>-målingerne for de forskellige typer af ventilation var 1080 ppm for udsugning og indblæsning, 1360 ppm for kun udsugning og 1740 ppm for naturlig ventilation. CO<sub>2</sub>-koncentrationerne var altså højest i de naturligt ventilerede lokaler, som var ventilationsformen i over halvdelen af de klasser hvor der blev foretaget indeklimamålinger.

Børnerådet gennemførte i juni 2011 en spørgeskemaundersøgelse i rådets *Børne- og Ungepanel*, hvor 927 børn fra 50 skoler landet over besvarede et spørgeskema om indeklima. Mellem 36 % og 49 % af eleverne i panelet oplevede, at det hver dag eller et par gange om ugen var for varmt i klasseværelset, at luften var dårlig eller at det trak. 42 % af børnene rapporterede at de havde svært ved at koncentrere sig når det var for varmt og 25 % havde svært ved at koncentrere sig når luften var indelukket.

### 4.2 INDLÆRING

I dette kapitel gennemgås først hvilke forhold der har indflydelse på indlæring, dernæst gennemgås hvordan indeklima påvirker indlæringen, efterfulgt en beskrivelse af testformerne nationale test og international elevvurdering (PISA).

#### 4.2.1 HVILKE FORHOLD HAR INDFLYDELSE PÅ ELEVERS INDLÆRING?

Overordnet set kan de fleste faktorer med indflydelse på elevers indlæring inddeles i tre kategorier: Undervisningskvalitet, elevernes lyst og evne til at lære samt de rammer undervisningen gives i.

Undervisningskvaliteten, altså den indflydelse som selve undervisningen har på elevernes indlæring, afhænger af bl.a. underviserens evne til at lære fra sig, hvilken påvirkes af f.eks. motivation, uddannelsesniveau og undervisningsstil. Nyere dansk forskning peger på, at det især er forholdet mellem elev og lærer samt lærer og ledelse, der har betydning for skolernes mulighed for at sikre et højt undervisningsniveau.

Elevers lyst og evne til at lære er afhængig af eleven selv med sine individuelle personlige kvaliteter, der omfatter intelligens, boglighed, motivation og sprogfærdigheder. Dertil kommer elevens sociale

og økonomiske (socioøkonomiske) baggrund, der omfatter bl.a. forældrenes uddannelses- og indkomstniveau, kulturel baggrund og placering i søskendeflokken.

De rammer som undervisningen bliver givet i dækker de lokaler hvor undervisningen foregår og herunder indeklimaet, teknologiske hjælpemidler til brug i undervisningssammenhænge samt antallet af elever i klassen. Indeklimaets indflydelse på indlæring gennemgås særskilt i afsnit 4.2.4.

Men hvilke variable har så størst indflydelse på indlæring? Af de variable der knytter sig direkte til skolen, peger flere studier på underviseren som den mest dominerende faktor i elevers akademiske præsentation, hvor ét studie finder at underviserens uddannelsesniveau har større indflydelse på indlæring end undervisningsmængde eller klassekvotient.

Af de faktorer som skolerne ikke har indflydelse på er den socioøkonomiske baggrund uden tvivl den mest dominerende faktor. Indflydelsen af den socioøkonomiske baggrund er velbeskrevet i forskningen og vil i de følgende blive gennemgået mere dybdegående.

#### 4.2.2 SOCIOØKONOMISK BAGGRUND

Elevers socioøkonomiske baggrund har stor indflydelse på deres faglige præstation i grundskolen. Studier viser at skoler med et flertal af elever med ressourcestærke forældre ofte har bedre gennemsnitsresultater i prøver end skoler, hvor eleverne kommer fra mindre ressourcestærke hjem.

Effekten af den socioøkonomiske baggrund beskrives bl.a. i den internationale elevvurdering PISA (Programme of International Student Assessment, se afsnit 4.3.2), hvor PISA 2009 beskriver, at for de testede lande kan 17 % af variationen i børns læsevner forklares ud fra deres socioøkonomiske baggrund. For Danmark var tallet 15 %.

Den socioøkonomiske baggrund har indflydelse på både eleven selv og klassen som helhed: I følge PISA har den gennemsnitlige socioøkonomiske baggrund for en skole større indflydelse på den enkelte elevs faglige præstationer end elevens individuelle socioøkonomiske baggrund. Således kan forskellen på to elever med lige socioøkonomisk baggrund, men placeret i skoler med henholdsvis middel og høj gennemsnitlig socioøkonomisk baggrund, i snit have 50 point forskel i PISA-score svarende til ca. ét års skoling.

Et nyligt dansk studie har beregnet, at hvis andelen af ressource svage elever (målt i forhold til forældreindkomst og – uddannelse) overstiger 30 % i en klasse, klarer den samlede klasse sig karaktermæssigt markant dårligere end gennemsnittet og en mindre andel får en længerevarende uddannelse.

I forhold til de andre nævnte variable der har indflydelse på elevers indlæring har den socioøkonomiske baggrund den fordel, at den matematisk er forholdsvis let at beskrive, hvilket gør

#### *Socioøkonomisk baggrund*

Socioøkonomisk status er et ofte anvendt begreb indenfor socialvidenskaben. Den beskriver menneskers sociale og økonomiske placering i samfundet og er typisk defineret ud fra uddannelsesniveau, indkomst og tilknytning til arbejdsmarkedet.

Forskningen viser at forældres evne til at skabe gode læringsrammer i hjemmet forøges hvis de har en stærk socioøkonomisk baggrund. Elever der modtager samme undervisning og har samme evne og motivation for skolearbejdet vil derfor typisk klare sig forskelligt fagligt set, grundet forskelle i deres socioøkonomiske baggrund.

det muligt at medregne effekten af den i statistiske analyser. Siden skoleelevers præstation er stærkt afhængig af deres socioøkonomiske baggrund er det derfor relevant at korrigere for elevgrundlaget således at man opnår et mere nuanceret billede af skolernes faglige niveau.

#### 4.2.3 MEN HVORFOR OVERHOVEDET SE PÅ INDEKLIMAET?

Hvis videnskaben peger på elevens socioøkonomiske baggrund og kvaliteten af underviserne som de mest indflydelsesrige faktorer i børns indlæring, kan man spørge om det overhovedet er relevant at se på indeklimaets indvirkning på indlæring?

Svaret er ja! Og af flere grunde:

Først og fremmest har indeklimavariabel ikke været inddraget til fulde i den beskrevne forskning, hvor der ikke direkte er blevet inkluderet ventilation eller andre indeklimaparametre, blandt de, der er blevet anvendt til vurdering af akademisk præstation. Det er simpelthen ikke normalt at inkludere effekter af indeklima i denne type forskning.

Dernæst forekommer kvaliteten af skoler og undervisning at være en mange-facetteret størrelse at optimere i praksis, hvorimod kvaliteten af indeklimaet til sammenligning er en lettere faktor at forbedre. Den gode underviser kommer og går, men klasselokalerne består. Hvis det kan påvises, at indeklimaet har en betydelig indflydelse på indlæring og ikke kun på elevernes fysiske velvære i lokalet, kan det agere som incitament til at etablere forbedret indeklima i skolerne, såvel som i dagsinstitutionerne.

#### 4.2.4 INDEKLIMAS INDFLYDELSE PÅ INDLÆRING

Dårligt indeklima kan siges at påvirke elevens præstationer i klasselokalet på to måder: Enten påvirker indeklimaet direkte indlæringen ved at fokus fjernes fra skolearbejdet grundet gene, distraktion eller reduceret motivation. Alternativt medfører dårligt indeklima negative helbredseffekter som kan lede til forøget fravær med reduceret indlæring til følge. Negative helbredseffekter kan dog sagtens skabe gene uden at det nødvendigvis behøver resultere i forøget fravær.

Der findes forskellige måder at måle kvaliteten af elevens skolearbejde på og der skelnes her mellem ”præstation” og ”akademisk indlæring”. Præstation defineres som testpersoners evne til at udføre generelle koncentrationskrævende logiske og matematiske test samt forståelseskrævende sproglige opgaver. Disse måles typisk ud fra fejlprocent og svarhastighed. Akademisk indlæring defineres som test der måler hvorvidt skoleelever følger pensum og akkumulerer den forventede viden, som bl.a. kan måles ud fra elevernes evne til at anvende den lærte viden på nye og anderledes måder og i deres hverdag.

Der findes to nyere studier der har undersøgt indeklimaets indflydelse på elevens præstation i kognitive test, målt i forhold til bl.a. svarhastighed og fejlprocent. Studierne omfattede seks klasselokaler på én skole i Danmark samt 16 klasselokaler fordelt på 8 skoler i England. For begge studier medførte en øget udelufttilførsel i klasselokalerne forbedrede præstationer ved test med ordgenkendelse, svarhastighed og billedgenkendelse, hvor det danske studie desuden fandt at en reduktion af lufttemperaturen til det anbefalede niveau, gav hurtigere svarhastigheder for numeriske test og sprogtest uden at fejlprocenten steg.

En amerikansk undersøgelse har analyseret hvorvidt der findes en direkte sammenhæng mellem udelufttilførsel (estimeret ud fra CO<sub>2</sub>-koncentration) i klasselokaler og akademisk indlæring. Akademisk indlæring blev målt som andel elever der bestod de nationale test. Ved undersøgelse af ét

klasselokale i hver af 100 grundskoler i USA fandtes en lineær sammenhæng mellem udelufttilførsel i klasselokalene og elevernes akademiske præstation. Desto højere udelufttilførsel, desto flere elever bestod. Testresultaterne blev til en vis grad korrigeret for elevernes socioøkonomiske baggrund, bl.a. bestemt ud fra forekomsten af tosprogede elever, elever på eliteoptag eller med gratis frokostprogram.

To øvrige amerikanske studier har undersøgt sammenhængen mellem indeklima og sygefravær, da det kan ventes at sygefravær påvirker præstation, da eleven således modtager mindre undervisning. Det første studie som bestod af 434 klasselokaler fordelt på 22 skoler i USA, fandt at en større stigning i CO<sub>2</sub>-koncentration medførte signifikant højere fravær. I analysen blev der i en vis grad korrigeret for etnicitet og kønsfordeling på skoleniveau, samt elevernes socioøkonomiske baggrund. Det andet studie, der anvendte målinger fra 162 klasselokaler fordelt på 28 skoler i Californien, fandt ligeledes at øget udelufttilførsel gav signifikant lavere sygefravær.

Ovenstående gennemgang viser at påvirkningerne fra indeklimaet i klasselokalet er mange og at konsekvenserne af det utilstrækkelige indeklima spænder lige fra let ubehag til alvorlige og kroniske sygdomme, øget sygefravær samt reducerede præstationer og indlæring. Resultaterne giver altså god indikation af at tro et godt indeklima i skolers klasselokaler og dagsinstitutioners opholdsrum vil være til gavn for både børn og voksnes trivsel, sygefravær og ikke mindst børnenes indlæring.

### 4.3 TEST AF INDLÆRING

I Danmark findes der flere landsdækkende testformer, hvor de mest kendte er nationale test og international elevvurdering, også kendt som PISA.

#### 4.3.1 NATIONALE TEST

De nationale test er et anerkendt mål for at teste hvordan eleverne i den danske folkeskole klarer sig fagligt i forhold til de fastlagte mål og er derfor en velegnet indikator for akademisk indlæring.

I folkeskolen gennemfører elever fra 2. til 8. klasse ti obligatoriske test indenfor fagene: Matematik, læsning (dansk), engelsk, fysik/kemi, biologi og geografi. Testene udføres hvert år i perioden februar til april (begge inkl.) og har været obligatoriske siden 2010.

De nationale test giver et øjebliksbillede af elevernes og klassens fagligt stærke og svage sider inden for de forskellige faglige områder. Testresultaterne kan bruges til at målrette undervisningen mod elevernes niveau, justere klassens eller elevernes individuelle mål og hvis nødvendigt, iværksætte yderligere evalueringer. Resultaterne anvendes derudover som et værktøj til dokumentation og dialog med ledelse og forældre.

De nationale test opererer med en socioøkonomisk reference, hvilken beregnes som et statistisk udtryk for, hvordan elever på landsplan med samme baggrundsforhold som den pågældende skoles elever, klarer sig fagligt. Den socioøkonomiske reference præsenteres på skoleniveau og beregnes på baggrund af informationer om hver enkelt elevs baggrund, bl.a. køn, alder, forældres uddannelses- og indkomstniveau.

#### *Nationale test og klassetrin*

Fagområde	Klassetrin							
	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	
Dansk, læsning	X		X		X		X	
Matematik		X			X			
Engelsk						X		
Fysik/kemi							X	
Geografi							X	
Biologi							X	

Hvert testfag består af tre udvalgte profilmråder, som dækker forskellige grene eller discipliner indenfor hvert fag. Eksempelvis er profilmråderne for læsning: sprogforståelse, afkodning og tekstforståelse samt for matematik: tal og algebra, geometri og matematik i anvendelse. Elevernes samlede testscore for hvert fag udregnes som et gennemsnit af de tre profilmråder.

På skoleniveau opgives en socioøkonomisk reference, der beregnes ved anvendelse af forskellige baggrundsforhold, bl.a. køn, alder, forældres uddannelsesniveau og indkomst.

Testscoren og den socioøkonomiske reference opgøres som procentpoint, fra 1 til 100, hvor 1 er dårligt og 100 er bedst. Forskellen imellem testscoren og den socioøkonomiske reference viser, hvorvidt eleven præsterer over eller under gennemsnittet for elever med tilsvarende socioøkonomisk baggrund.

I analyserne der præsenteres her i rapporten er der anvendt et korrigeret testresultat, som er defineret som følger.

Korrigeret testresultat [%] = Nationalt testresultat [%] – Socioøkonomisk reference [%]

Det korrigerede testresultat beskriver udsvinget af det nationale testresultat i forhold til det forventede niveau når skolens socioøkonomiske baggrund tages med i betragtning. En eventuel forskel skyldes ikke, at skolens elever kommer fra hjem med et bestemt uddannelsesniveau, eller at skolens elever har en bestemt fordeling med hensyn til herkomst. Disse forhold er der taget højde for.

Når resultatet for de nationale test korrigeres for elevernes socioøkonomiske baggrund, består den tilbageværende værdi af undervisningseffekten (den indflydelse undervisningen har på indlæring), den eventuelle indflydelse indeklime har på indlæring, elevernes personlig motivation samt mulige parametre som ikke er identificeret i denne rapport.

### 4.3.2 PISA

PISA, på dansk International Elevvurdering, har til formål at vurdere, hvor godt unge mennesker er forberedt til det uddannelses- og arbejdsliv, der venter dem. I Danmark bruges PISA til at vurdere, hvor stærkt faglige de unge er i forhold til de andre deltagende lande og hvor de kan blive bedre. Det er således et vigtigt arbejdsredskab til politikere og beslutningstagere.

PISA vurderer 15-16 åriges kompetencer indenfor læsning, matematik og naturfag, hvor der for hvert testår er et af disse kompetenceområder, der undersøges dybere som et såkaldt profilmråde. Selve testen består af hverdagslignende opgaver, som eleverne skal udføre med den viden, de har. Opgaverne bliver alene vurderet efter elevernes evne til at svare rigtig og der tages ikke hensyn til svarhastighed, stavning eller skriftlig orden.

På verdensplan deltager ca. 500.000 unge fra 60 lande, hvoraf 6.000 unge danskere fra 275 skoler deltog i 2009. PISA udføres af den internationale samarbejdsorganisation OECD (Organisation of Economic Co-operation and Development), og testen dækker OECD-landene og en lang række samarbejdslande og -økonomier. PISA har eksisteret siden 2000, bliver gennemført hver 3. år og blev i 2012 gennemført for 5. gang.

De deltagende elever er udvalgt således at PISA giver repræsentative resultater på nationalt niveau, og alle elever løser derfor ikke nødvendigvis den samme opgave.



PISA opgives som en testscore for hvert prøvfag for hvert af de deltagende lande og opgøres således ikke af PISA på elev- eller skoleniveau. Elevernes testscore for hvert prøvfag udregnes individuelt, og for hvert land beregnes en gennemsnitsscore, der via en kompleks statistisk analyse korrigeres for nationale variationer i prøveudtaget (for eksempel elevernes præcise alder, forskelle i testmaterialet og øvrige relevante variable).

Foruden testen udfylder skolen information om elevernes baggrund og hvordan skolen er drevet. Således kan skolen og elevernes socioøkonomiske baggrund vurderes. PISA anvender den socioøkonomiske baggrund til at vurdere hvor stor indflydelse elevernes baggrund har på deres testresultater i de forskellige lande.

## 5 UNDERSØGELSENS METODE

Til analyserne er der anvendt data fra et indeklimastudie af danske skoler udført i efteråret 2009, hvor i alt 831 klasselokaler fra 388 skoler deltog. Disse data er blevet koblet med data for sygefravær og nationale test. Afhængigt af de forskellige typer analyser har der været tilgængelige data fra mellem 230 og 267 skoler. 230 folkeskoler svarer til 17 % af det samlede antal folkeskoler (i 2012: 1318 stk.)

Indeklimastudiet bestod af to forskellige undersøgelser. I den første undersøgelse medvirkede 320 skoler, hvor mellem ét og 10 skoleklasser per skole foretog en øjeblikmåling af temperatur og CO<sub>2</sub>-koncentration i klasselokalet i slutningen af en undervisningstime. I den anden undersøgelse medvirkede 88 folkeskoler, hvor der i ét klasselokale per skole blev målt CO<sub>2</sub>-koncentration, temperatur og relativ luftfugtighed i en to-ugers periode. Alle de medvirkende skoler oplyste selv tekniske specifikationer for klasselokalene, her i blandt lokalets ventilationstype.

For hver af de undersøgte skoler i indeklimastudiet er der indhentet data for sygefravær og nationale test for alle klasser på hver skole.

Data med sygefravær er indhentet for hele skolen for skoleåret 2010/2011, som var det første år der blev foretaget en national indberetning af folkeskoleelevers sygefravær. Sygefraværet er oplyst som antal dage per måned hver elev havde sygefravær, opgjort som gennemsnit per klassetrin. Det skal bemærkes at data for sygefravær således er fra skoleåret efter året hvor der er foretaget indeklimamålinger. Sygefravær er opgjort på månedsbasis klassevis og kun data fra fyringssæsonen (oktober-april) er medtaget i analyse. Dette til dels fordi at sygefraværet er højest om vinteren og det derved repræsenterer den kritiske situation bedst samt dels da det repræsenterer samme periode på året som indeklimastudiet er udført i.

Data med nationale testresultater er indhentet for hele skolen for skoleåret 2010/2011 og oplyst som samlet gennemsnit per klassetrin. For hver skole er der oplyst testresultater for alle fag og socioøkonomisk reference, begge opgivet som procentsats. I analysen er der anvendt et korrigeret testresultat, som beskrevet i afsnit 4.3.1.

Da de nationale testresultater opgøres for tre profilmråder per fag, er der flere muligheder for hvordan data kan arrangeres til analyse. I denne rapport er anvendt et gennemsnitligt testresultat per fag, beregnet som gennemsnit af de tre profilmråder. I analyserne anvendes der data fra henholdsvis alle ti testfag *samlet* og *enkeltvis*.

Det har ikke været muligt at anvende PISA-resultater i projektet, da der var for få skoler med indeklimamålinger der deltog i PISA ud af den samlede population. Da PISA ikke beregnes til brug på skoleniveau er det nødvendigt at have indeklimamålinger fra 70-80 % af den population af skoler,

der er udtrukket til deltagelse i PISA for at kunne beregne testresultaterne på skoleniveau. Ca. 16 % af skolerne med indeklimadata er udtrukket til PISA.

I analyserne undersøges sammenhænge mellem henholdsvis indeklimas og sygefraværs indflydelse på nationale testresultater samt sammenhænge mellem indeklima og sygefravær. I analyserne er det desuden testet, hvorvidt bygningskarakteristika såsom rumvolumen, beliggenhed, klassekvotient og byggeår skulle have påvirket analysens resultater.

Skolernes ventilationssystem anvendes i analyserne som en indirekte indikator for luftkvalitet, fordi der ses en signifikant sammenhæng mellem klasselokalernes CO<sub>2</sub>-koncentration og ventilationssystem, som beskrevet i afsnit 4.1.4. Det var oprindeligt hensigten at anvende CO<sub>2</sub>-koncentration som direkte indikator for luftkvalitet, men den målte CO<sub>2</sub>-koncentration var ikke tiltrækkelig robust indikator for luftkvalitet i forhold til den her tilgængelige datamængde, i det der ikke kunne opnås statistisk signifikante resultater.

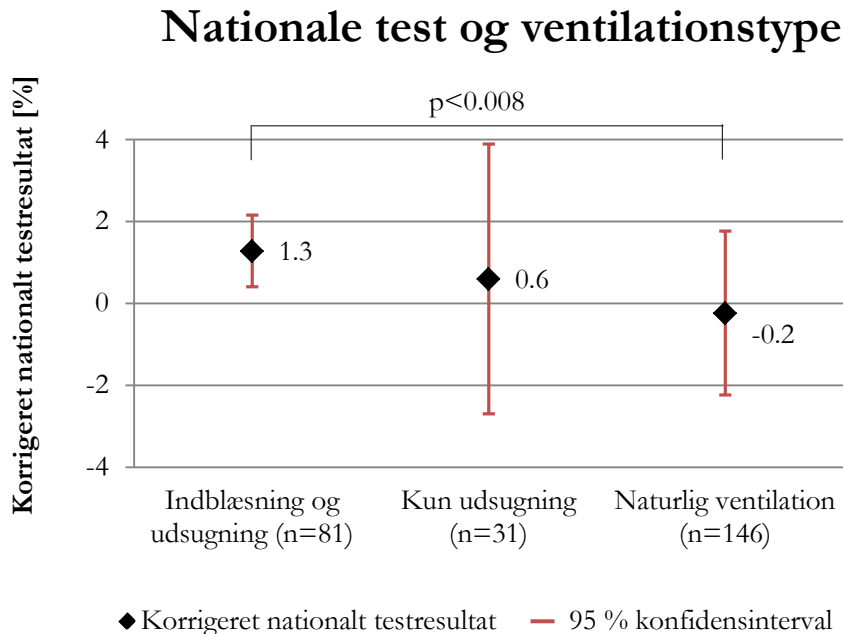
Alle værdier antages statistisk signifikante ved et signifikansniveau på  $p < 0.05$ . Hypoteser er testet ved generaliseret lineære modeller, lineære miksmodeller samt ikke-parametrisk Mann-Whitney test. Ydermere er antallet af elever per klasse vægtet i analyserne.

Resultater fra analyser med bygningskarakteristika og CO<sub>2</sub>-koncentration er ikke medtaget i denne rapport.

## 6 RESULTATER

### 6.1 INDELUFTKVALITET OG INDLÆRING

I dette afsnit præsenteres sammenhængen mellem skolernes ventilationstype og resultat i nationale test. I Figur 2 er vist sammenhængen mellem ventilationstype og korrigeret testresultat for alle testfag samlet.



**FIGUR 2: KORRIGERET NATIONALT TESTRESULTAT FOR 258 SKOLER, OPJORT FOR ALLE TESTFAG SAMLET OG FORDELTE EFTER VENTILATIONSTYPE. VIST MED 95 % KONFIDENSINTERVAL OG SIGNIFIKANSNIVEAUER.**

Figur 2 viser at skoler med mekanisk indblæsning og udsugning har det højeste testresultat i nationale test, skoler med mekanisk udsugning har det næsthøjeste testresultat og skoler med naturlig ventilation har det laveste testresultat. Forskellen på testresultater for skoler med indblæsning og udsugning og skoler med naturlig ventilation er 1.5 procentpoint, en forskel som er statistisk signifikant. Forskellen på testresultater for skoler med udsugning og naturlig ventilation er 0.8 procentpoint, og ikke statistisk signifikant.

Resultatet betyder at skoler med mekanisk indblæsning og udsugning, som typisk har den bedste luftkvalitet, har et højere testresultat end skoler med naturlig ventilation, der typisk har dårlig og utilstrækkelig luftkvalitet.

Hvis analysen i stedet laves med nationale testresultater for hvert af de ti testfag *enkeltvis* er det muligt at se hvorvidt ovenstående resultat er en tendens som gør sig gældende for hvert testfag, eller det kun er en generel tendens, der gælder hvis alle testfag observeres samtidig.

Med denne analyse har skoler med både udsugning og indblæsning det højeste testresultat i otte testfag og det næsthøjeste testresultat i to testfag, og har således aldrig det laveste testresultat. Skoler med naturlig ventilation derimod har det laveste testresultat i syv testfag og det næsthøjeste testresultat i tre testfag, og har således aldrig det højeste testresultat. Forskellen på testresultatet mellem skoler med udsugning og indblæsning og skoler med naturlig ventilation svinger mellem 0.4 procentpoint og 2.0 procentpoint for det enkelte testfag. Resultaterne er kun statistisk signifikante i få

tilfælde, da antallet af observationer falder når hvert testfag betragtes enkeltvis. Værdierne, om end de ikke er statistiske signifikante i alle tilfælde, følger dog samme tendens som ved anvendelse af nationale testresultater for *alle testfag samlet*.

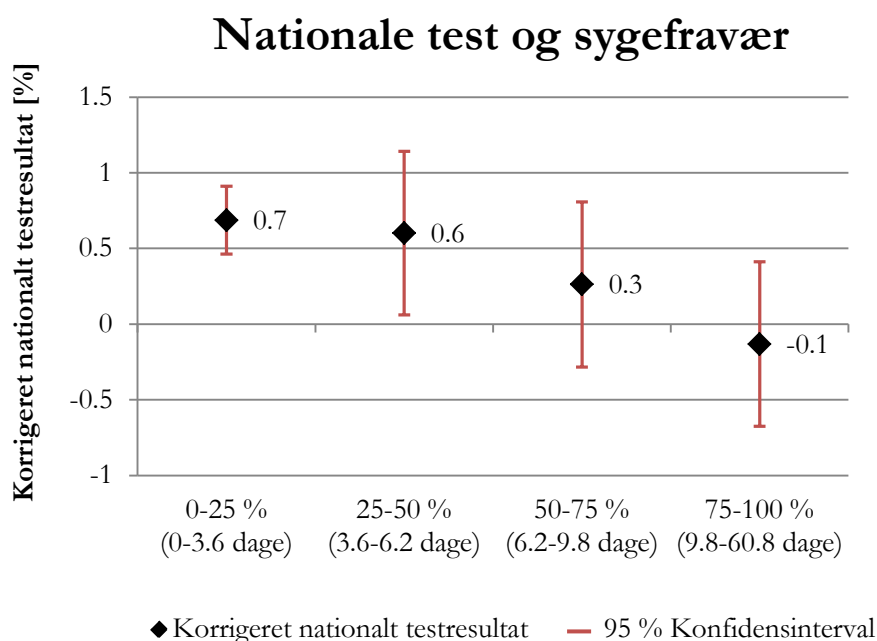
Af analysen kan det konstateres at skoler med mekanisk udsugning og indblæsning samlet set har de bedste resultater i de nationale test, mens skoler med naturlig ventilation samlet set har de dårligste resultater i nationale test.

## 6.2 INDELUFTKVALITET OG SYGEFRAVÆR

Hvis dårlig luftkvalitet medfører negative helbredseffekter, kan det lede til forøget fravær med reduceret indlæring til følge. Det var derfor relevant at undersøge hvorvidt der ses en sammenhæng mellem sygefravær og nationale test samt mellem dårlig indeluftkvalitet og sygefravær, hvilket præsenteres i det nedenstående.

### 6.2.1 SYGEFRAVÆRS INDFLYDELSE PÅ INDLÆRING

I det følgende præsenteres resultater fra analyse af sammenhæng mellem sygefravær og korrigeret nationalt testresultat. Sammenhængen mellem sygefravær opdelt i kvartiler<sup>2</sup> og de nationale testresultater er vist i Figur 3 for *alle testfag samlet*.



**FIGUR 3: NATIONALT TESTRESULTAT OPGJORT FOR ALLE TESTFAG SAMLET FORDELT PÅ KVARTILER AF SYGEFRAVÆR FOR 272 SKOLER. VIST MED 95 % KONFIDENSINTERVAL. ALLE SIGNIFIKANSNIVEAUER ER  $p < 0.01$ .**

Figur 3 viser at skoleklasser med det højeste sygefravær generelt set klarede sig dårligst i nationale test, hvor skoleklasser med det laveste sygefravær klarede sig bedst i nationale test. Det nationale testresultat var således højere jo lavere sygefraværet var. Forskellen på det korrigerede nationale

<sup>2</sup> Observationer af sygefravær er sorteret efter stigende orden og inddelt i fire lige store dele, altså 0-25 %, 25-50 %, 50-75 % og 75-100 %.

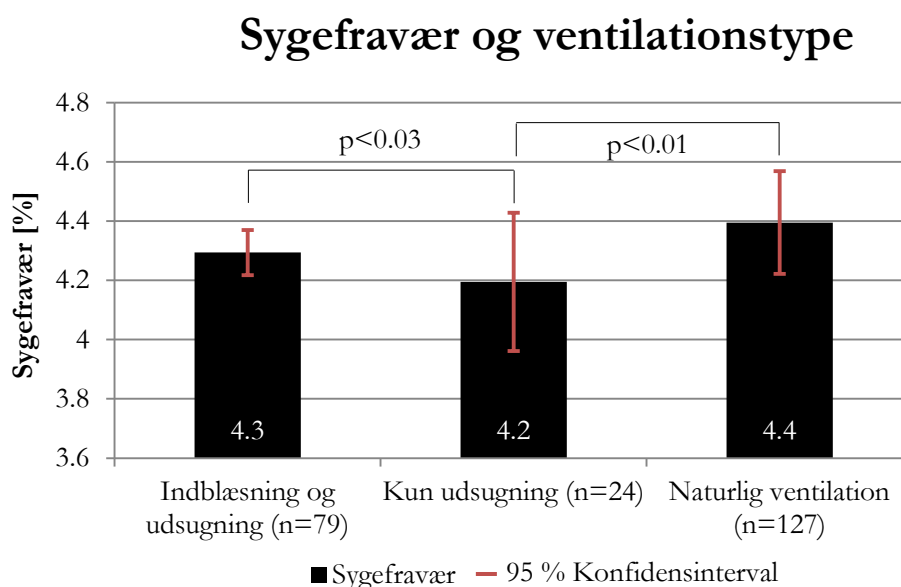
testresultat for skoler placeret i henholdsvis den laveste og højeste kvartil af sygefravær var 0.8 procentpoint og statistisk signifikant.

Hvis analysen laves med nationale testresultater for hvert testfag *enkeltvis*, bliver billedet noget mere uklart. Sygefraværet set i forhold til det nationale testresultat viser afhængig af testfag både positive sammenhænge hvor det nationale testresultat bliver højere jo større sygefraværet er, negative sammenhænge hvor det nationale testresultat bliver højere desto mindre sygefraværet er, samt kombinationer derimellem.

Generelt kan det konstateres, at sygefravær har en negativ indflydelse på elevers testresultater i nationale test, hvis testresultater for alle fag analyseres samlet. Resultatet giver god mening. En reduceret mængde undervisning som følge af sygefravær må logisk gøre det sværere for elever at følge pensum som forventet.

### 6.2.2 INDEKLIMAS INDFLYDELSE PÅ SYGEFRAVÆR

I det følgende præsenteres sammenhængen mellem ventilationstype og sygefravær. Sygefravær er opgjort efter samme metode som i afsnit 6.2.1. Sammenhængen mellem sygefravær og skolernes ventilationstype er vist i Figur 4.



**FIGUR 4: SYGEFRAVÆR FOR FYRINGSSÆSONEN FORDELT PÅ VENTILATIONSTYPE FOR 230 SKOLER. VIST MED 95 % KONFIDENSINTERVAL OG SIGNIFIKANSNIVEAUER.**

Figur 4 viser at skoler med kun udsugning har det laveste sygefravær, skoler med både udsugning og indblæsning har det næstlaveste sygefravær, og skoler med naturlig ventilation har det højeste sygefravær. Forskellen på sygefraværet for skoler med udsugning og skoler med naturlig ventilation er 0.2 procentpoint og forskellen på sygefravær for skoler med udsugning og indblæsning og skoler med naturlig ventilation er 0.1 procentpoint, begge resultater er statistisk signifikante. For en skole med 400 elever vil det svare til, at hvis skolen har udsugning eller både udsugning og indblæsning har eleverne samlet henholdsvis 160 og 80 færre sygedage end en tilsvarende skole med naturlig ventilation.

Hvis der medtages sygefravær for hele året eller ses på sygefraværet per måned i stedet er billedet i høj grad samstemmende.

Generelt set har skoler med naturlig ventilation det højeste sygefravær. Skoler med mekanisk udsugning og indblæsning har et lidt lavere sygefravær end skoler med naturlig ventilation, men ikke det laveste sygefravær. Der ses altså ikke en hel klar sammenhæng mellem dårlig luftkvalitet og sygefravær. Dette skyldes formentlig at der i analysen er anvendt sygefravær på klasseniveau. Sygefraværet kan variere meget per person og disse udsving må forventes til dels af være blevet udjævnet ved brug af middelværdier per klassetrin.

### 6.3 GÆLDER RESULTATET SÅ KUN FOR SKOLER?

En relevant overvejelse for rapportens undersøgelser er hvorvidt resultatet kan overføres til andre institutioner med børn, som bl.a. dagsinstitutionerne.

En negativ påvirkning af indeklimaet på børns indlæring samt sygefravær kræver først og fremmest at luftkvaliteten er utilstrækkeligt som det er tilfældet for skolerne, som beskrevet i afsnit 4.1.4.

Indeklimaundersøgelser af dagsinstitutioner som er udført af DTU viser, at der lige som det er tilfældet for skolerne også er brug for forbedring af luftkvaliteten i dagsinstitutionerne. Af 131 dagsinstitutioner hvor DTU har undersøgt indeklimaet havde 22 % utilstrækkeligt ventilation og 56 % kortvarigt CO<sub>2</sub>-koncentrationer over 2000 ppm. I dagsinstitutionerne sås der desuden også en signifikant sammenhæng mellem CO<sub>2</sub>-koncentration og ventilationstype, hvor institutioner med naturlig ventilation havde den dårligste luftkvalitet og institutioner med mekanisk udsugning og indblæsning havde den bedste luftkvalitet.

Da folkeskoler og dagsinstitutioner således i høj grad har den samme luftkvalitet afhængig af ventilationstype, er det rimeligt at forvente at en utilstrækkelig luftkvalitet i dagsinstitutionerne også vil have konsekvens for udviklingen af børns præstationer og færdigheder i dagsinstitutioner.

## 7 KONKLUSION

Ved analyse af data fra 230-267 skoler, mere end 17 % af det samlede antal folkeskoler, var det muligt at påvise en sammenhæng mellem indeklima og elevers resultater i nationale test og sygefravær.

Analyse af skolers ventilationstyper og testresultater i nationale test (korrigeret for socioøkonomisk baggrund) viste, at skoler med både udsugning og indblæsning havde det højeste nationale testresultat, skoler med kun udsugning det næsthøjeste testresultat og skoler med naturlig ventilation det laveste testresultat. Forskellen i testresultatet for skoler med både udsugning og indblæsning samt skoler med naturlig ventilation var 1.5 procentpoint ved analyse af alle testfag samlet og var statistisk signifikant eller mellem 0.4 og 2.0 procentpoint ved analyse af hvert testfag enkeltvis.

Analyse af sygefravær og det nationale testresultat (korrigeret for socioøkonomisk baggrund) viste en negativ sammenhæng hvis alle testfag analyseres samtidig, hvor det nationale testresultat blev lavere, desto større sygefraværet var. Forskellen på det korrigerede nationale testresultat for skoler placeret i henholdsvis den laveste og højeste kvartil af sygefravær var 0.8 procentpoint. Resultatet var statistisk signifikant. Denne tendens blev ikke bekræftet, hvis der anvendtes data fra hvert individuelt fag, hvor indflydelsen af sygefravær på nationale test var både positiv og negativ afhængig af testfaget.

Det var derudover muligt at vise en sammenhæng mellem skolers ventilationstype og sygefravær, hvor skoler med kun udsugning havde et signifikant lavere sygefravær end skoler med både udsugning og indblæsning samt skoler med naturlig ventilation. Forskellen på sygefraværet for skoler med kun udsugning og naturlig ventilation var 0.2 procentpoint og forskellen på sygefravær for skoler med både udsugning og indblæsning og skoler med naturlig ventilation var 0.1 procentpoint.

## 8 FREMTIDIGE UNDERSØGELSER

Studiets validitet er delvist begrænset af de analysemuligheder, de anvendte data rummer. Alle data om nationale testresultater og sygefravær er indhentet på klasseniveau. Især sygefravær, som svinger meget på elevniveau, vil formentlig give et anderledes billede hvis opgjort og analyseret på elevniveau.

Skolers ventilationstype anvendes i analysen som en indirekte indikator for dårlig luftkvalitet, hvor ventilationstypen i realiteten kun udgør en mindre del af det samlede indeklimaspektrum. Der er derfor behov for mere repræsentative og robuste mål for elevernes indeklimaeksponering i skolen, her bl.a. CO<sub>2</sub>-koncentration, koncentration af ultrafine partikler og støj, som skal måles på tværs af klasselokaler for et stort antal skoler.

Det er desuden interessant at måle hvor stor effekt det har på indlæring at forbedre indeklimaet i en klasse, f.eks. ved at foretage indeklimamålinger før og efter en energireovering.

Data på elevniveau vil give mulighed for at analysere hvordan indeklimaet påvirker den enkelte elevs indlæring. Det kan tænkes at elever som i forvejen er fagligt udfordret måske vil være mere påvirket af et dårligt indeklima, end elever hvor færdighederne sidder mere på ryggraden.

Det kan derudover være interessant at undersøge om der er klassetrin hvor man er særlig påvirket af indeklimaets indflydelse, eventuelt undersøge indeklimaets påvirkning på børn allerede inden de starter i skolen, f.eks. i dagsinstitutionerne.

## 9 REFERENCER/ ANBEFALET LÆSNING

### 9.1 REGLER OG KRAV TIL INDEKLIMA

ASHRAE(2004) ASHRAE Standard 62.1-2004, Ventilation for acceptable Indoor Air Quality, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta

Dansk Standard, DS/EN 15251: Input-parametre til indeklimaet ved design og bestemmelse af bygningers energimæssige ydeevne vedrørende indendørs luftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustik, 2007

Dansk Standard, DS 3033: Frivillig klassifikation af indeklimaet i boliger, skoler, daginstitutioner og kontorer. Dansk Standard, 1. udgave. 2011

Energistyrelsen, bygningsreglementets hjemmeside: [www.bygningsreglementet.dk](http://www.bygningsreglementet.dk), 01.12.2012

ECA (European Concerted Action "Indoor Air Quality and Its Impact on Man") (1992) Guidelines for ventilation requirements in buildings, Report no. 11, EUR 14449 EN, Luxembourg: Office for Publications of the European Communities.

### 9.2 REFERENCER

Baadsgaard et al, Uddannelse skal styrkes gennem hele livet – Fordeling og Levevilkår 2012, Arbejderbevægelsens Erhvervsråd, 2012

Bako-Biro Z et al, Ventilation rates in schools and pupils' performance. Build Environ. 2012; **48**: 215-223.

Fuligni A, The academic achievement of adolescents from immigrant families: The roles of family background, attitudes, and behaviour. Child Dev. 1997; **68**: 351-363.

- Haverinen-Shaughnessy U, Moschandreas D J, Shaughnessy R J, Association between substandard classroom ventilation rates and students' academic achievement. *Indoor Air*. 2011; **21**: 121-131.
- Ingersoll G M, Scamman, J.P. and Eckerling, W.D. Impact of student mobility on student achievement in an urban setting, Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, New Orleans, April 1988.
- Kjeldsen B U, Kandidatspeciale: Sammenhæng mellem indeklima og elevers indlæring i folkeskole, Danmarks Tekniske Universitet, 2013.
- Laursen P F, Tv-forelæsning til Danskernes Akademi på DR2: Den gode undervisning, [http://www.dr.dk/DR2/Danskernes+akademi/Forelaesere/P/Per\\_Fibaek\\_Laursen.htm](http://www.dr.dk/DR2/Danskernes+akademi/Forelaesere/P/Per_Fibaek_Laursen.htm), 01.08.2012 (A)
- Laursen P F, Tv-forelæsning til Danskernes Akademi på DR2: Den gode skole, [http://www.dr.dk/DR2/Danskernes+akademi/Forelaesere/P/Per\\_Fibaek\\_Laursen.htm](http://www.dr.dk/DR2/Danskernes+akademi/Forelaesere/P/Per_Fibaek_Laursen.htm), 01.08.2012 (B)
- Leiter J, Classroom composition and achievement gains. *Sociol Educ*. 1983; **56**: 126-132.
- Mendell M J, Heath G. A. Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of the literature. *Indoor Air*. 2005;**15**:27-52.
- OECD, PISA 2009 Results: Overcoming Social Background – Equity in Learning Opportunities and Outcomes (Volume II), OECD Publishing, 2010 (B)
- OECD, PISA 2009 Technical Report, PISA, OECD Publishing, 2012 (A)
- Peng S, Wright D, Explanation of academic-achievement of asian-american students. *J Educ Res*. 1994; **87**: 346-352.
- Saville-Troike M, What really matters in 2nd language-learning for academic-achievement. *Tesol Q*. 1984; **18**: 199-219.
- Shaughnessy R J, Haverinen-Shaughnessy U., Nevalainen A., Moschandreas D. A preliminary study on the association between ventilation rates in classrooms and student performance. *Indoor Air*. 2006; **16**: 465-468.
- Shendell et al, Associations between classroom CO2 concentrations and student attendance in Washington and Idaho, 2004, *Indoor Air*, 14, 333-341.
- Sirin S, Socioeconomic status and academic achievement: A meta-analytic review of research. *Rev Educ Res*. 2005; **75**: 417-453.
- Skolestyrelsen, Den socioøkonomiske reference for resultaterne af de nationale test – En vejledning til skoleledere og kommuner, Skolestyrelsen, 2011
- Stafford T. M. Estimating the effect of school indoor air quality on academic outcomes. *Epidemiology*. 2008; **19**: 159-159.
- Toftum J, Wargocki P og Clausen G, Indeklima i skoler - Status og konsekvenser, FOA, 2011
- Wargocki P, Wyon D P, The effects of moderately raised classroom temperatures and classroom ventilation rate on the performance of schoolwork by children (RP-1257). *HVAC&R Res*. 2007; **13**: 193-220.
- Wargocki P, Wyon D P, Research report on - effects of HVAC on student performance. *ASHRAE J*. 2006; **48**: 22-28.