

Samfundsøkonomiske gevinster ved forbedret indeklima



Kolofon

Udarbejdet af: Maria Madsen (Incentive), Daniel Sloth Hauberg (Incentive), Kristian Kolstrup (Incentive) og Jørn Toftum (DTU)



Støttet af Realdania

Dato: 17. februar 2020

Kontakt

Incentive, Holte Stationsvej 14, 1., 2840 Holte

T. 61 333 500, M. kontakt@incentive.dk

incentive.dk

Indholdsfortegnelse

1	INTRODUKTION	4
2	SAMMENHÆNG MELLEM VENTILATION OG INDEKLIMA	5
2.1	Lavere ventilationsrate medfører højere CO ₂ -koncentration	5
2.2	Indeklimaet i klasseværelset påvirkes af temperaturen udenfor	6
2.3	Luftkvaliteten har betydning for elevernes præstationer	9
2.4	Temperatur har betydning for elevernes præstationer	13
2.5	Øvrige indeklimaparametre, der har effekt på eleverne	14
3	SAMFUNDSØKONOMISKE GEVINSTER VED BEDRE PRÆSTATIONER I GRUNDSKOLEN	18
3.1	Læring og karakterer	19
3.2	Læring og valg af uddannelse	21
3.3	Læring og løn	22
4	SAMFUNDSØKONOMISKE GEVINSTER VED MINDRE SYGEFRAVÆR	26
4.1	Lavere sygefravær reducerer lønudgifter til lærere og øger arbejdsudbuddet	26
4.2	Ingen én-til-én-effekt mellem sygefravær for elever og arbejdsudbud for voksne	30
4.3	Effekten på sygefravær for lærere er mindre end for eleverne	32
5	FØLSOMHEDSANALYSER	33
6	LITTERATURLISTE	35

1 Introduktion

Indeklimatet i en stor del af de danske folkeskoler lever ikke op til de gældende anbefalinger (Realdania 2017). Det kan have en betydning for eleveres trivsel, koncentrationsevne og indlæring og kan desuden have konsekvenser for elevernes videre uddannelsesmuligheder og sundhed (Sundhedsstyrelsen 2012).

Børn oplever større påvirkning fra indeklimaet end voksne, fordi de indånder større luftvolumener i forhold til deres kropsvægt, og fordi deres organer stadig er under udvikling.

Sundhedsstyrelsen udarbejdede i 2012 en forebyggelsespakke med det formål at understøtte kommunernes indsats for at forbedre kvaliteten af indeklima i grundskolerne (Sundhedsstyrelsen 2012). Mere end en halv million danske børn og unge og omkring 50.000 ansatte tilbringer en stor del af deres tid i skolen. Der er derfor et stort potentiale i at sikre et godt indeklima i de danske folkeskoler.

Forbedret indeklima kan samtidig have en positiv afledt effekt på samfundsøkonomien, både for kommuner og staten. Flere internationale studier peger nemlig på, at højere præstation blandt eleverne resulterer i, at de bliver mere veluddannede og produktive voksne. Og samtidig medfører bedre indeklima mindre sygefravær for både elever og lærere.

I denne rapport giver vi et overblik over den nuværende viden på området. Vi opgør desuden det samfundsøkonomiske potentiale, der er forbundet med at forbedre indeklimaet i de danske grundskoler.

I kapitel 2 præsenterer vi den viden, der belyser sammenhængen mellem indeklima i grundskolen og præstation blandt eleverne. I kapitel 3 giver vi et overblik over de samfundsøkonomiske gevinster ved bedre præstation i grundskolen, og i kapitel 4 opgør vi de samfundsøkonomiske gevinster ved mindre sygefravær i grundskolen. I kapitel 5 findes følsomhedsanalyser, og litteraturlisten i kapitel 6.

2 Sammenhæng mellem ventilation og indeklima

Der er efterhånden god dokumentation for, at mange danske skolebygninger lider under utilstrækkeligt vedligehold (Realdania 2017). Dette påvirker skolernes indeklima og derigennem elevernes velvære, sundhed og indlæring. Børn er samtidig mere følsomme over for indeklimaets påvirkninger, fordi de indånder større luftvolumener i forhold til deres kropsvægt, og fordi deres organer stadig er under udvikling (Bateson og Schwartz 2007; Moya, Bearer, og Etzel 2004). Næst efter hjemmet tilbringer børn mest tid i skolen, hvor et dårligt indeklima i klasseværelset kan betyde nedsat koncentrationsevne, ubehag eller højere fravær (Mendell m.fl. 2013 og Gaihre m.fl. 2014). Alt dette bidrager til nedsat indlæring.

2.1 Lavere ventilationsrate medfører højere CO₂-koncentration

På baggrund af empiriske sammenhænge mellem indeklima og elevernes læring, sygefravær og helbred har vi vurderet potentialet ved at forbedre indeklimaet i klasseværelset i forhold til indeklimaparametre i løbet af skoleåret. Parametrene kan fx være temperatur, ventilationsrate og CO₂-koncentration. For at forenkle vurderingen har vi anvendt kvalitetskategorier opdelt på indeklimastandarder for klasseværelser, jf. tabel 1. Kvalitetskategorierne er baseret på standarden ISO 17772-2 (2018).

Tabel 1

Kvalitetskategorier for klasseværelser for temperatur, ventilationsrate og CO₂-koncentration

Kategori	Temperatur, vinter [°C]	Ventilationsrate (L/sekund/ person)	CO ₂ -koncentration [parts per million, ppm]
I	21-23	12	950 ¹
II	20-21 og 23-24	8,4	1.200
III	19-20 og 24-25	4,8	1.350
IV	18-19 og 25-26	3,1	1.750 ²

Kilde: (ISO_TR 17772-2 2018).

¹ Gælder for en CO₂-koncentration udendørs på 400 ppm.

Kategori I er typisk forbundet med et særlig højt forventningsniveau eller med følsomme eller skrøbelige individer, der kræver omhyggelig regulering af indeklimaet. Kategori II er forbundet med et normalt forventningsniveau og er målrettet nye bygninger eller renoveringer. De lavere kategorier er forbundet med acceptable eller mindre acceptable forhold, svarende til et lavt forventningsniveau. Kvalitetskategorierne anvendes ofte til at sætte mål for det ønskede indeklima i et nybyggeri eller ved renovering.

Et klasseværelses CO₂-koncentration kan fx i 50% af skoleåret være i den bedste kategori, 30% i den næstbedste, 10% i den tredjebedste og 10% i den fjerdebedste. I skoler med meget ringe indeklimate kan der også være perioder, hvor indeklimaet er helt uden for kategori. Man kan opnå den største gevinst, hvis den betragtede parameter i 100% af skoletiden tilhører den bedste kategori. Denne procedure imødekommer gængs praksis med at simulere indeklimate og energiforbrug før og efter en større renovering.

Elevernes beklædning har betydning for oplevelsen af temperaturen

Relationen mellem klasseværelsets termiske indeklimate og elevernes præstationsevne kompliceres af, at det ikke er klart, om det er temperaturen i sig selv eller elevernes oplevelse af, om temperaturen i klasseværelset er høj, der påvirker præstationen. Hvis man kun ser på temperatur, vil beklædningens isoleringsevne (høj om vinteren og lavere om sommeren) samt elevernes aktivitetsniveau kunne betyde, at den samme temperatur i nogle situationer opleves varm og i andre kølig. Da hovedparten af de anvendte studier har undersøgt temperaturs betydning for præstationsevnen, vil vi ligeledes anvende temperaturen i denne analyse.

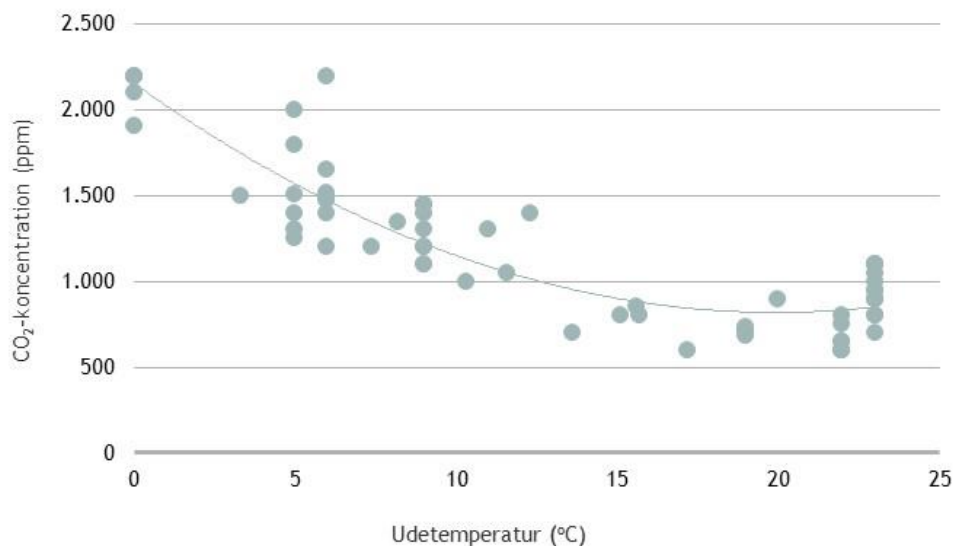
Der findes endnu ikke valide sammenhænge mellem alle indeklimaparametre og effekterne på eleverne. I det følgende fokuserer vi på betydningen af klasseværelsets luftkvalitet og temperatur, da sammenhænge mellem disse og elevernes respons er de mest veletablerede.

2.2 Indeklimaet i klasseværelset påvirkes af temperaturen udenfor

I klasseværelser, hvor manuel åbning af vinduer er den primære ventilationsform, er der stor forskel på luftkvaliteten vinter og sommer. For at estimere ventilationsforholdene i et klasseværelse forud for en renovering kan man måle CO₂-koncentrationen i løbet af en uge i fyringssæsonen. Den gennemsnitlige CO₂-koncentration, man har målt i den periode, klasseværelset bliver brugt kan da sammen med den gennemsnitlige udetemperatur i måleperioden anvendes til at estimere den forventede fordeling af CO₂-koncentrationen i løbet af fyringssæsonen, som i Danmark går fra 1. oktober til 30. april. Uden for fyringssæsonen antages det, at elever og lærere hyppigere åbner vinduer, og at den gennemsnitlige CO₂-koncentration ligger i kvalitetsklasse I (<950 ppm).

På baggrund af målinger, der er foretaget sommer og vinter i seks skoler med manuel naturlig ventilation, har vi beregnet en sammenhæng mellem udetemperatur og klasseværelsets CO₂-koncentration, jf. figur 1. Målingerne anvendes som grundlag for en metode til at estimere et klasseværelses CO₂-fordeling i løbet af skoleåret. Ved en gennemsnitlig udetemperatur på omkring 14°C indikerer figur 1, at CO₂-koncentrationen kan forventes at være i kvalitetsklasse I, og at faldende udetemperatur vil resultere i stigende CO₂-koncentrationer.

Figur 1 Sammenhæng mellem gennemsnitlig CO₂-koncentration og gennemsnitlig udetemperatur i brugstid



Kilde: (DTU Byg 2017) og (Toftum og Wargocki 2017).

Note: Data fra målinger sommer og vinter i 32 klasseværelser i 6 skoler med manuel naturlig ventilation.

Note: Sammenhængen mellem udetemperatur og CO₂-koncentration kan beskrives ved følgende ligning:

$y = 3,3632x^2 - 134,12x + 2156,8$ med $R^2 = 0,8064$.

CO₂-koncentration er højest om vinteren, hvor vinduerne åbnes mindre

Tabel 2 viser den månedlige middeltemperatur udendørs i tidsrummet 8-15 for København samt den tilsvarende gennemsnitlige CO₂-koncentration beregnet efter sammenhængen i figur 1. I de måneder, der ligger uden for fyringssæsonen, er CO₂-koncentrationen gennemgående i kategori I. Tabel 2 kan således anvendes til at beskrive et forløb for CO₂-koncentrationen som funktion af den gennemsnitlige udetemperatur i en skoles brugstid.

Hvis den gennemsnitlige CO₂-koncentration i et klasseværelse i løbet af brugstiden i en måleuge fx bestemmes til 1900 ppm ved en gennemsnitlig udetemperatur i brugstiden på 5°C, kan kurven, der er vist i figur 1, anvendes til en vægtning af det aktuelle klasseværelse i forhold til denne værdi. Dernæst kan man bestemme en tidsvægtet CO₂-koncentration for et givet klasseværelse.

Tabel 2

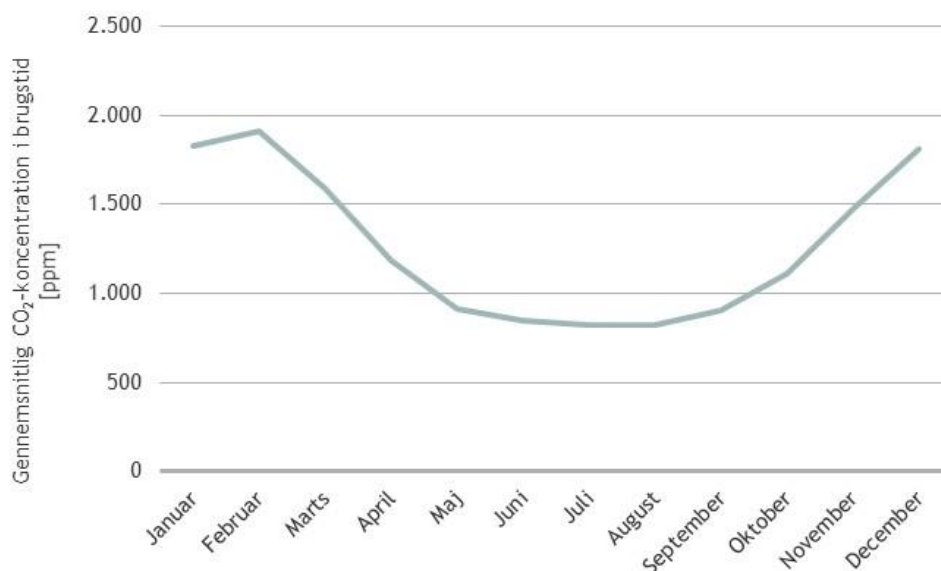
Månedlig middeltemperatur beregnet for tidsrummet 8-15 i København

Måned	Middeltemperatur [°C]	Minimumtemperatur [°C]	Maksimumtemperatur [°C]	Estimeret middel CO ₂ -koncentration [ppm]
Januar	2,6	-7,8	9,2	1.831
Februar	1,9	-4,0	7,0	1.914
Marts	4,8	-1,0	15,7	1.591
April	9,5	3,2	18,0	1.186
Maj	14,6	9,5	21,8	916
Juni	17,2	10,2	28,3	845
Juli	18,6	13,0	27,0	826
August	19,1	13,8	28,7	822
September	15,0	11,0	20,0	902
Oktober	10,6	4,2	16,2	1.113
November	6	1,4	11,8	1.473
December	2,8	-5,1	10	1.808

Kilde: DTU, middeltemperaturer baseret på timeværdier fra ASHRAE IWEC2 København-Kastrup (ASHRAE, u.å.).
Note: Middeltemperaturen er beregnet for tidsrummet 8-15.

Figur 2 viser, hvordan en årsprofil for CO₂-koncentrationen vil se ud med månedlige middeltemperaturer som angivet i tabel 2.

Figur 2 **Årsprofil af gennemsnitlig CO₂-koncentration i klasseværelser med manuel åbning af vinduer**



Note: Koncentrationer bestemt efter sammenhængen vist i figur 1 og månedsmiddeltemperaturer i brugstid vist i tabel 2.

2.3 Luftkvaliteten har betydning for elevernes præstationer

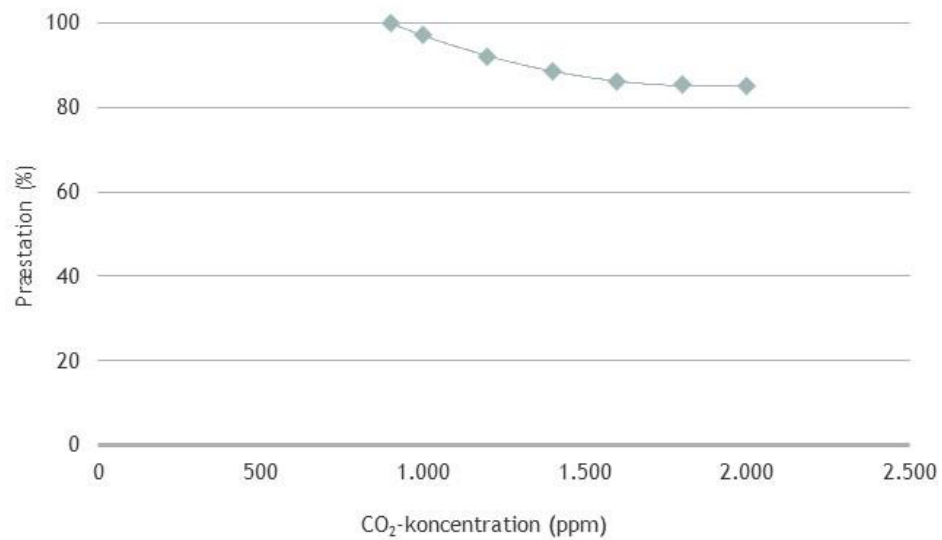
På baggrund af en analyse af 16 tidligere studier af luftkvalitet og indlæring i skoler foreslog Wargocki, Porras-Salazar, og Bahnfleth 2019 en kvantitativ sammenhæng mellem CO₂-koncentrationen i klasseværelset og den hastighed og nøjagtighed, med hvilken elever løste skoleopgaver. Reduktionen i hastighed og nøjagtighed var stort set identisk ved den samme stigning i CO₂-koncentration, og i det følgende vil hastighed blive anvendt til samlet at beskrive, hvordan elevernes præstation kan afhænge af luftkvaliteten udtrykt ved en CO₂-koncentration. Sammenhængen er primært baseret på studier med elever på fjerde til sjette klassesetrin.

Figur 3 viser den fundne sammenhæng mellem CO₂-koncentration og præstation. Studierne anvendt af (Wargocki, Porras-Salazar, og Bahnfleth 2019) havde ingen eller få datapunkter ved en CO₂-koncentration lavere end 900 ppm, og derfor antager vi, at 100% præstation nås ved 900 ppm eller derunder. Ligeledes nås et øvre cut-off ved 2.000 ppm. Til konvertering af denne sammenhæng til kvalitetskategorier anvender vi en præstation estimeret for den gennemsnitlige CO₂-koncentration i kategorien.

Sammenhængen i figur 3 blev etableret ved at beregne den marginale ændring af præstationen pr. 100 ppm-ændring i CO₂-koncentration i det CO₂-interval, som et givet studie dækkede. Dernæst indgik middelværdien af den marginale ændring i en regression med den tilsvarende

middelværdi af CO₂-koncentrationen som forklarende variabel. Regressionsmodellen blev derefter anvendt til at kvantificere sammenhængen mellem CO₂ og præstation. Sammenhængen viser således reduktionen i præstation med udgangspunkt i en antaget optimal præstation.

Figur 3 **Sammenhæng mellem CO₂-koncentration og præstation**



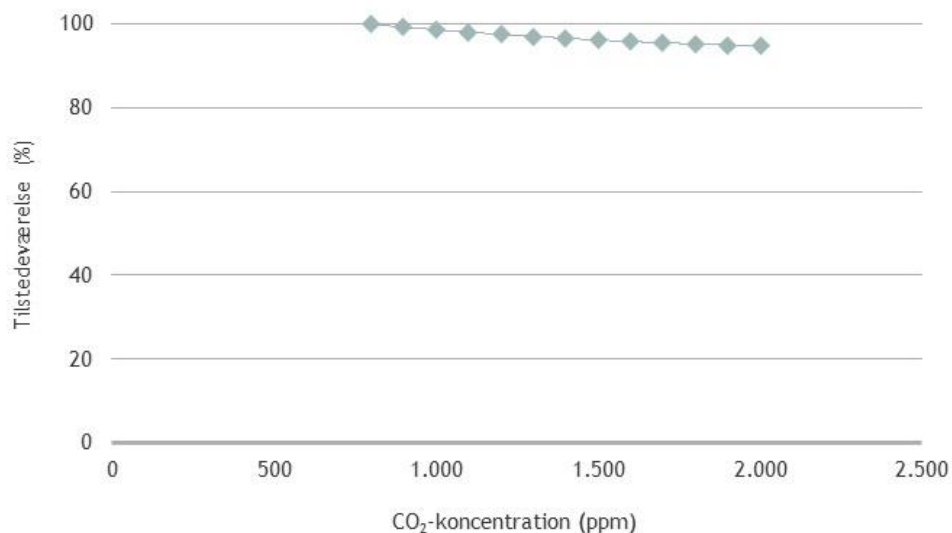
Kilde: Wargocki, Porras-Salazar, og Bahnfleth 2019 og studier heri.

Note: Sammenhængen mellem CO₂-koncentration og præstation kan beskrives ved følgende ligning:
 $y = 2E-05x^2 - 0,059x + 140,28$ med $R^2 = 0,9986$.

Sammenhæng mellem CO₂-koncentration og fravær

Tilsvarende fås en sammenhæng mellem CO₂-koncentration og fravær som vist i figur 4. Denne sammenhæng er baseret på det gennemsnitlige fravær observeret i tre forskellige studier, som rapporterede ændring i sygefravær som funktion af klasseværelsets CO₂-koncentration, jf. (Shendell m.fl. 2004), (Mendell m.fl. 2013) og (Gaihre m.fl. 2014).

Figur 4 Sammenhæng mellem CO₂-koncentration og tilstedeværelse i skolen



Kilde: (Shendell m.fl. 2004), (Mendell m.fl. 2013) og (Gaihre m.fl. 2014).
 Note: Sammenhængen mellem CO₂-koncentration og tilstedeværelse kan beskrives ved følgende ligning:
 $2E-06x^2 - 0,0103x + 106,63$ med $R^2 = 0,996$.

Højere CO₂-koncentration giver dårligere præstation og mere fravær

Tabel 3 kombinerer tabel 1, figur 3 og figur 4 og kvantificerer tab af præstation og fravær som følge af utilstrækkelig ventilation i klasselokalet. Værdier for præstation og elevfravær er aflæst i figur 4 og figur 5 for middelværdien af CO₂-koncentrationen i en kvalitetskategori. Koncentrationer lavere end 950 ppm svarer til 100% præstation og tilstedeværelse, og for koncentrationer højere end 1.750 ppm (uden for kategori) til 85% præstation og 95% tilstedeværelse.

Tabel 3 Estimeret præstation og elevfravær ved CO₂-koncentrationer i forskellige kvalitetsklasser

Kategori	Grænse for CO ₂ -koncentration [parts per million, ppm]	Middelkoncentration i interval [ppm]	Præstation [%]	Tilstedeværelse [%]
I	950		100	100
II	1.200	1.025	96	98
III	1.350	1.275	91	97
IV	1.750	1.550	87	96
Uden for kategori	>1.750		85	95

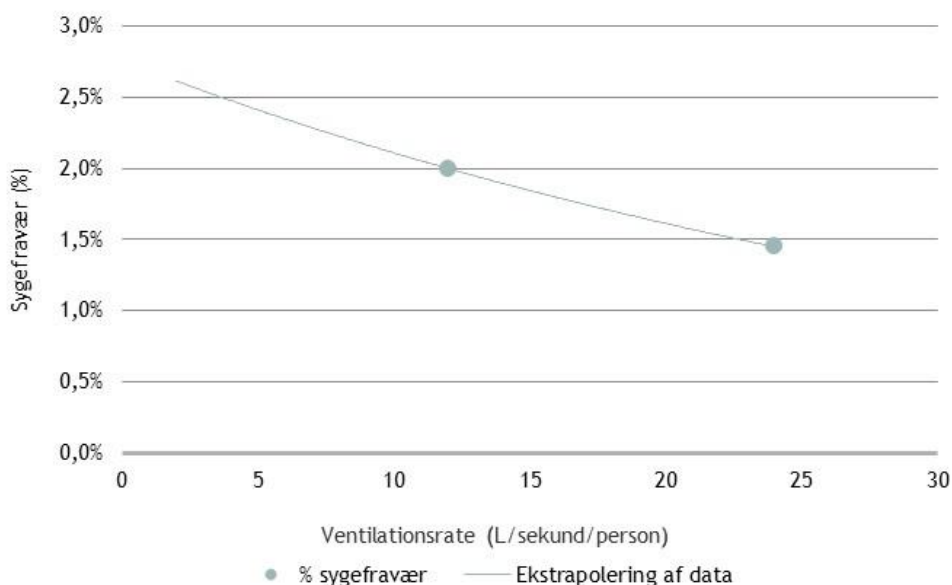
Ventilation har mindre betydning for lærernes fravær

Kun få studier har undersøgt indflydelsen af indeklime og ventilation på lærernes fravær, og derfor må lærerfravær estimeres ud fra tilgængelige data, som stammer fra et omfattende amerikansk studie, der er udført blandt voksne (Milton, Glencross, og Walters 2000). De fandt, at kortvarigt sygefravær, som kunne henføres til ventilation, blev reduceret 35% ved at øge ventilationsraten fra ca. 12 L/sekund/person til 24 L/sekund/person.

Imidlertid er selv den laveste betragtede ventilationsrate på 12 L/sekund/person højere end i de fleste skoler, og da effekten af ventilation på sygefravær kan forventes at være størst ved de helt lave ventilationsrater, som er almindelige i skoler, må data fra Milton et al.'s studie ekstrapoleres for at kunne anvendes i skoler.

Vi estimerer ventilationens effekt på lærernes sygefravær ved at antage en eksponentiel sammenhæng mellem ventilationsrate og sygefravær, da vi antager, at ventilationens betydning for sygefravær vil være større ved lavere ventilationsrater.

Figur 5 Sammenhæng mellem ventilationsrate og lærernes sygefravær



Kilde: Sammenhæng baseret på data fra Milton, Glencross, og Walters 2000.

Note: Sammenhængen mellem ventilationsrate og lærernes sygefravær kan beskrives ved følgende ligning:
 $y = 0,0276e^{-0,027x}$.

Tabel 4 estimerer ændringen i lærernes fravær mellem de forskellige kvalitetsklasser. Kun ét studie har kvantificeret effekten af ventilation på voksnes sygefravær (Milton et al. 2000). Resultaterne indikerer, at voksnes sygefravær afhænger mindre af ventilationsforholdene end børnenes, hvilket harmonerer godt med hypotesen om, at børn er mere følsomme over for påvirkninger fra indeklimate.

Tabel 4

Ændring i læreres sygefravær som funktion af ventilationsrate

Kategori	Ventilationsrate (L/sekund/ person)	Tilstedeværelse (%)	Forskel i fravær (dage)*
I	12	100	0
II	8,4	99,2	1,5
III	4,8	99	0,4
IV	3,1	98,9	0,2

Kilde: Sammenhæng baseret på data fra Milton, Glencross, og Walters 2000.

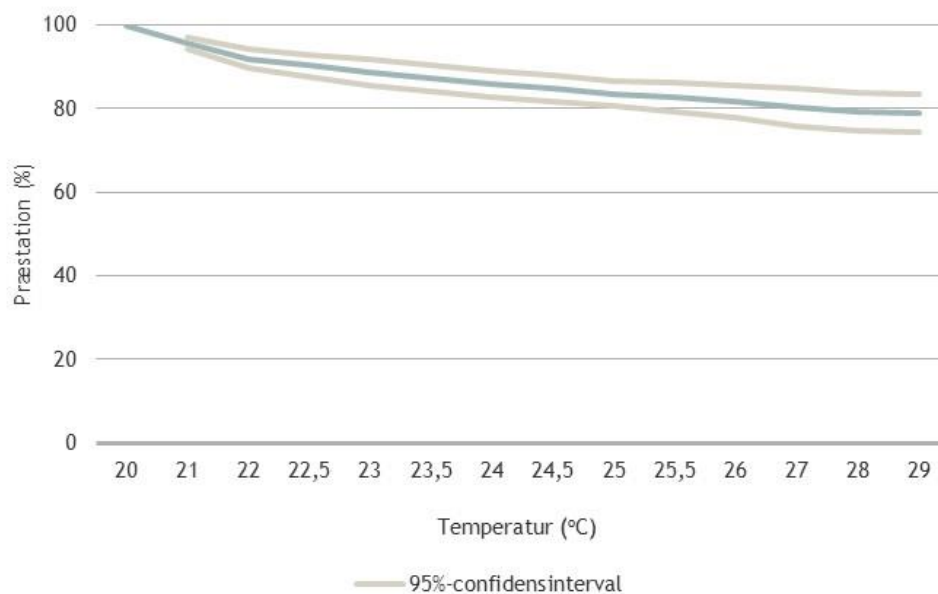
* Note: Ved 200 skoledage om året.

2.4 Temperatur har betydning for elevernes præstationer

I en nylig meta-analyse identificerede (Wargocki, Porras-Salazar, og Contreras-Espinoza 2019) i alt 18 studier, der via skoleopgaver og psykologiske tests undersøgte sammenhængen mellem temperaturen i klasseværelsets og elevernes præstationer. Formålet var at foreslå et udtryk til at kvantificere temperaturens betydning for elevernes præstationer og læring. Ni af studierne kunne anvendes til formålet, og på baggrund af analysen blev sammenhængen mellem temperatur og præstation etableret, som vi i figur 3 sammenligner med resultaterne af enkelte af de tidligere studier, der indgik i analysen.

Sammenhængene mellem CO₂-koncentration og præstation og fravær antages at være ensidige (lavere CO₂-koncentration betyder højere præstation og lavere fravær), mens de for temperatur ofte antages at være tosidige (både høj og lav temperatur betyder lavere præstation). Højeste præstation opnås ved en temperatur på mellem 20°C og 21°C, hvilket er lavere end den bedste kvalitetskategori i en vintersituation. Vi har derfor valgt at tage udgangspunkt i en kvalitetskategori, der svarer til højeste kategori for vinter ved temperaturer mellem 21°C og 23°C, og at anvende temperaturintervallets middeltemperatur som input til at estimere præstation. Tabel 5 kombinerer tabel 1 og figur 6 og kvantificerer på denne måde ringere præstation ved stigende temperaturer.

Figur 6 Sammenhæng mellem præstation og temperatur



Kilde: Baseret på meta-analyse af studier inkluderet i Wargocki, Porras-Salazar, og Contreras-Espinoza 2019.
 Note: Sammenhængen mellem temperatur og præstation kan beskrives ved følgende ligning:
 $y = 0.2269 \cdot t^2 - 13.441 \cdot t + 277.84$.

Tabel 5 Estimeret præstation ved temperaturer i forskellige kvalitetsklasser

Kategori	Temperaturinterval [°C]	Middeltemperatur i kvalitetsklasse [°C]	Præstation [%]
I	21 - 23	22	92 ± 1,5
II	23 - 24	23,5	87 ± 2,3
III	24 - 25	24,5	85 ± 2,7
IV	25 - 26	25,5	83 ± 3,5
Uden for kategori	>26		82 ± 3,8

Kilde: Baseret på meta-analyse af studier inkluderet i Wargocki, Porras-Salazar, og Contreras-Espinoza 2019

2.5 Øvrige indeklimaparametre, der har effekt på eleverne

Temperatur og CO₂-koncentration er de mest gængse og formentlig bedst beskrevne indeklimaparametre med tilknytning til ventilation og klimatisering af klasseværelser. Sammen med dagslys, belysning og akustik er det de parametre, der indgår i den måde, forskellige

standarder kategoriserer indeklimaets kvalitet, men sammenhængene mellem disse parametre og elevernes komfort, præstation og sygefravær er ikke lige så velbeskrevne som for temperatur og CO₂. Derudover er der en række andre indeklimaparametre og bygningsmæssige forhold, som påvirker eleverne, og som i et vist omfang er beskrevet i litteraturen. De omfatter fx fugt og skimmel, luftbårne gasformige kemikalier og partikler.

De følgende afsnit opsummerer en litteraturgennemgang, som tilstræber at beskrive sammenhænge mellem øvrige indeklimaparametre og relevante udfald som præstation, sygefravær og helbredseffekter.

Fugt

I danske skoler fandt (Holst m.fl. 2016), at indikationer på høj fugtighed, dog ikke i barnets soveværelse, reducerede barnets lungefunktion (FEV1 og FVC) og øgede forekomsten af hvæsende vejrtrækning (OR (95% KI): 8,09 (1,49-43,97)). Derimod var der ingen sammenhæng mellem de betragtede helbredsudfald og målte biologiske fugtindikatorer.

(Meyer m.fl. 2004) fandt, at fire ud af otte symptomer forværredes signifikant med øget koncentration af skimmel i danske klasseværelser (øjenirritation, irritation i hals, hovedpine og svimmelhed). Centrale estimater for OR lå i intervallet 2,3-2,9.

Efter screening af mere end 5.000 artikler udvalgte (Fisk, Chan, og Johnson 2019) 11 tværsnitsundersøgelser til en meta-analyse af helbredseffekter af fugt og skimmel i skoler. Ni af studierne fokuserede på hoste, syv på næsesymptomer, seks på vejrtrækningsproblemer og fire på astma og hudproblemer. Risikofaktorerne i analysen inkluderede synlig fugt og skimmel, vandskade, skimmellugt og kombinationer af de fire faktorer. Populationerne opdeltes i børn og voksne (lærere eller andet personale) eller børn alene. Tabel 6 viser odds ratier (OR) for de forskellige helbredsudfald.

Tabel 6

Odds ratier (OR) for effekten på respiratoriske symptomer af fugtproblemer på skoler

Helbredsudfald	Antal studier i analyse	OR (95% KI)
Børn		
Hoste	6	1,30 (1,17-1,45)
Næsesymptomer	4	1,16 (0,86-1,56)
Hvæsende vejrtrækning	4	1,88 (0,66-5,37)
Børn og voksne		
Hoste	7	1,30 (1,18-1,43)
Astma	4	1,38 (0,72-2,63)
Næsesymptomer	6	1,20 (0,92-1,58)
Hvæsende vejrtrækning	5	1,43 (0,97-2,09)

Kilde: Fisk et al. 2019.

Note: 95% KI angiver et 95% konfidensinterval.

Generelt var de centrale estimater for OR større end 1, hvilket indikerer, at symptomerne var mere udbredte med fugtrelaterede problemer på skolerne. Imidlertid var OR for hoste det eneste estimat, der var signifikant større end 1.

Elevernes fravær i mere end 2.700 amerikanske skoler i staten New York blev ligeledes øget signifikant med synlig skimmel (OR: 2,22 (1,34-3,68)), utilstrækkelig ventilation (OR: 3,1 (1,79-5,37)) og skadedyr (OR: 2,23 (1,32-,76)) (Simons m.fl. 2010).

Øvrige eksponeringer

På baggrund af både omfattende målinger af ventilation, temperatur, relativ luftfugtighed, lys, partikler, NO₂, CO₂, O₃, formaldehyd, støv, allergener, skimmelsporer og bakterier, spørgeskemaer og kliniske tests undersøgte (Simoni m.fl. 2010) sammenhænge mellem indeklimaet i skoler og respiratoriske symptomer. Symptomerne var generelt mere udbredt blandt børn i klasseværelser med en udelufttilførsel på <10 L/sekund/person. Derudover var OR ved sammenligning af elever i klasseværelser med lav (< 1.000 ppm) og med høj CO₂-koncentration (>1.000 ppm) signifikant for natlig hoste (OR (95% KI): 2,99 (1,65-5,44) og løbenæse (OR: 2,07 (1,14-3,73)). Ligeledes viste analyserne, at både natlig hoste og løbenæse blev øget med en faktor 1,05 (1,01-1,09) for hver 100 ppm stigning i CO₂-koncentration.

(Oliveira m.fl. 2019) anvendte et omfattende antal studier af partikel- og PAH-koncentrationer i klasseværelser til at estimere og vurdere helbredseffekter for børn i Europa, Asien og Amerika med beregningsværktøjet AirQ+ udviklet af (WHO 2018). AirQ+ estimerer konsekvenserne af luftforurening for dødelighed, bronkitis, astma, hospitalsindlæggelser og tabt arbejde i en population. For dødelighed og hospitalsindlæggelser blandt børn i Europa viser tabel 7 relativ risiko, henførbar andel og ekstra hændelser på kort og langt sigt som følge af partikeleksponering.

Tabel 7 **Relativ risiko, henførbar andel og ekstra hændelser af død og hospitalsindlæggelse forårsaget af partikelforurening**

Helbredsudfald	Kilde	Relativ risiko	Henførbar andel	Antal ekstra hændelser
Langt sigt				
Dødelighed forårsaget af akut respiratorisk infektion	PM _{2.5}	-	22,5% (16,0%-28,6%)	0
Kort sigt				
Hospitalsindlæggelse grundet respiratoriske symptomer	PM _{2.5}	1,02 (0,99-1,04)	1,86% (-0,18%-3,9%)	31 (-3-65)

Kilde: (Oliveira m.fl. 2019).

Note: PM_{2.5}: Koncentration af luftbårne partikler med en aerodynamisk diameter mindre end 2.5 mm.

Kortsigtede helbredsudfald blandt skolebørn blev bestemt via antallet af hospitalsindlæggelser grundet respiratoriske symptomer ud fra 2.307 tilfælde (henførbar andel 9,03%), og 31 tilfælde (henførbar andel på 1,86%) estimeres årligt grundet PM_{2.5}-koncentrationer i skoler i Europa.

Samlet set eksisterer der således kun nogle fragmenterede sammenhænge mellem indeklima og helbred. Hoste er den eneste af de nævnte helbredsudfald nævnt i tabel 6, der har en odds ratio signifikant større end 1. Da vi allerede medtager effekten af reduceret sygefravær, og da hoste ikke nødvendigvis kræver lægebesøg, har vi i det følgende ikke medtaget det særskilt i beregningerne af de samfundsøkonomiske omkostninger. Det samme gælder effekterne af reduceret partikelforurening. Det betyder, at vi potentielt undervurderer gevinsterne som følge af reducerede fugtproblemer og partikelforurening.

3 Samfundsøkonomiske gevinster ved bedre præstationer i grundskolen

For at kortlægge den viden, der findes om de samfundsøkonomiske gevinster ved forbedrede præstationer i grundskolen, har vi udført en litteratursøgning. Vi har kategoriseret den i følgende grupper:

- Sammenhæng mellem læring og karakterer
- Sammenhæng mellem læring og valg af uddannelse
- Sammenhæng mellem læring og løn.

Artikler om sammenhængen mellem læring og karakterer bruges til at underbygge hypotesen om, at elever præsterer bedre, når indeklimaet er forbedret. Artikler om sammenhængen mellem læring og valg af uddannelse underbygger hypotesen om, at bedre præstationer i grundskolen vil resultere i valg af længere uddannelse, hvilket er forbundet med højere løn senere i livet. Artikler, der omhandler sammenhængen mellem læring og løn, bruges til at estimere det samfundsøkonomiske potentiale, der skabes, når elever præsterer bedre og dermed opnår højere løn efterfølgende.

Fakta

Måling af læring

Der findes forskellige måder at måle kvaliteten af elevers skolearbejde på. I denne rapport definerer vi læring dels som antal timers undervisning, dels som afsluttende karakterer i grundskolen og dels som resultater af PISA-tests.

Få danske undersøgelser

Der findes enkelte danske undersøgelser, som belyser ovennævnte sammenhænge. Undersøgelser fra Danmark og andre nordiske lande er særlig relevante i denne rapport, da grundskolen er tilrettelagt forskelligt i andre lande og derfor ikke er helt sammenlignelig med det danske skolesystem.

(Slotsholm A/S 2012) udførte i 2012 en undersøgelse af de samfundsøkonomiske konsekvenser af bedre luftkvalitet i grundskolen. Sammenlignet med skoleelever i Norge og Sverige oplever danske skoleelever dårligere luftkvalitet i klasselokalerne. Luftkvaliteten er acceptabel i 44% af danske klasselokaler og i 84% af svenske klasselokaler. Slotsholm estimerede den samfundsøkonomiske gevinst ved, at luftkvaliteten i danske klasselokaler er på samme niveau som i de svenske på følgende parametre:

- Øget produktivitet (bedre PISA-resultater giver højere produktivitet og indtjening senere i livet).

- Færre elever, der vælger 10. klasse.¹
- Færre sygedage hos lærerne.

Ifølge Slotsholms beregninger vil effekten af, at danske skoleelever får en luftkvalitet som de svenske, resultere i en gennemsnitlig årlig fremgang i BNP på 1,3 mia. kr. og en årlig forbedring af de offentlige finanser på 270 mio. kr.

(DEA 2016) undersøgte, hvilken betydning karakterer i grundskolen har for fremtidigt valg af uddannelse. Overordnet finder de, at elevers karakterer i grundskolen er relativt afgørende for videre adfærd. Eleverne med de højeste afgangskarakterer i grundskolen vælger overvejende gymnasiale uddannelser, hvor de også får de højeste karakterer, og de vælger efterfølgende oftest en lang videregående uddannelse.

Elever med de laveste afgangskarakterer i grundskolen vælger overvejende erhvervsuddannelser, og dem, der vælger gymnasiale uddannelser, får oftest de laveste karakterer. Meget få i denne gruppe begynder på en kort eller mellemlang videregående uddannelse.

Endelig vælger elever med de mellemste afgangskarakterer mere varieret, men overvejende gymnasiale uddannelser, og efterfølgende begynder flest på en mellemlang eller lang videregående uddannelse.

Undersøgelsen kan dog ikke bruges direkte til at konkludere, at højere karakterer vil resultere i valg af længere uddannelse, da en række andre faktorer også har betydning for uddannelsesvalg.

Fakta

Fortolkning af estimater fra videnskabelige artikler

Resultaterne fra de udenlandske undersøgelser skal fortolkes med forsigtighed, da der kan være store forskelle på fx lønniveauer i Danmark og i USA. I de følgende afsnit gennemgår vi resultaterne fra de identificerede artikler kategoriseret inden for de tre hovedområder. Når resultaterne bruges i den efterfølgende samfundsøkonomiske beregning, skal de fortolkes med stor forsigtighed.

3.1 Læring og karakterer

Det varierer meget fra land til land, hvor mange timer folkeskoleelever bliver undervist. En nylig opgørelse fra OECD viser, at kun australske grundskoleelever går mere i skole end danske elever (OECD 2019a) (s. 358).

¹ Ifølge Slotsholm vil forbedring af resultater i grundskolen med stor sandsynlighed føre til en lille reduktion af elever, der må tage 10. klasse, fordi de har faglige vanskeligheder.

Der findes en del videnskabelige artikler, som undersøger sammenhængen mellem antal undervisningstimer og karakterer, da det afspejler et vigtigt aspekt af kvaliteten i skolen. De fleste studier finder, at et øget antal undervisningstimer har en positiv effekt på elevers læring og karakterer (Andersen, Humlum, og Nandrup 2016; Bellei 2009; Dahmann 2015; Huebener, Kuger, og Marcus 2016; Gershenson, Jackowitz, og Brannegan 2017). Desuden finder nogle studier, at effekten er betydelig større blandt elever med lav socioøkonomisk status (Bingley m.fl. 2018). I det følgende beskæftiger vi os dog alene med de gennemsnitlige effekter og ikke med, hvordan effekterne varierer blandt forskellige elever.

Tre studier er særligt værd at fremhæve

Vi beskriver i det følgende de tre væsentligste studier, der har undersøgt sammenhængen. I 2018 udførte Rockwoolfonden en analyse blandt danske elever (Bingley m.fl. 2018) af, hvilken betydning antallet af undervisningstimer i grundskolen har for elevernes afgangskarakterer i dansk, matematik og engelsk i 9. klasse. Forfatterne brugte variationen mellem skemalagt undervisning, som varierer mellem skoler, fag, elever og klassetrin til at identificere effekten af øget undervisning over hele grundskoleperioden på afgangskarakterer blandt eleverne. De fandt store variationer i kumuleret undervisningstid fra 1. til 9. klasse mellem eleverne.²

Gennemsnitligt finder de, at én undervisningstime mere om ugen fra 1. til 9. klasse øger gennemsnitskarakteren på den danske 7-trinsskala fra 6,62 til 6,80 i dansk, fra 6,48 til 6,67 i matematik og fra 7,51 til 7,72 karakter i engelsk.³ Det svarer til, at hvis undervisningstiden øges med 4,6%⁴ fra 1. til 9. klasse, resulterer det i en gennemsnitlig stigning på 2,8% i karakterer.

Derudover undersøgte (Huebener, Kuger, og Marcus 2016) i 2016 effekten af øget undervisningstid på elevernes præstation, målt ved PISA-resultater i 9. klasse blandt tyske skoleelever. Studiet undersøgte effekten, da den tyske uddannelsesreform øgede undervisningstiden med to timer om ugen over en periode på næsten fem år. Gennemsnitligt finder de en forbedring i PISA-resultaterne blandt eleverne i både læsning, matematik og fysik. Derudover finder de, at elever, der før havde gode resultater, forbedrede sig mere end elever, der havde dårligere resultater. Dermed havde reformen den konsekvens, at den resulterede i større forskelle i resultater mellem eleverne.

Endelig undersøgte (Aucejo og Romano 2016) effekten på testresultater af at reducere skolefravær sammenlignet med at øge undervisningstiden. Fravær fra skolen, allerede i de tidlige skoleår, kan have store konsekvenser for eleverne. I studiet finder forfatterne, at det har en betydelig større effekt på elevernes præstation at reducere fraværet frem for at forlænge skoletiden. En øgning af skoleåret på 10 dage resulterede i, at testresultaterne blev øget med 0,8-1,7%, mens en 10 dages reduktion af fraværet ville øge testresultaterne med 2,9-5,5%. De finder desuden, at elever med et lavt præstationsniveau vil have bedre effekt af reduceret fravær end, elever der præsterer godt, formentlig fordi det er elever med lavest præstation,

² Forskellen i undervisningstid fra 1. til 9. klasse var mere end det, der svarer til et års undervisning mellem dem, der havde mindst og mest undervisning.

³ Øgningen af gennemsnitskarakteren er beregnet ud fra estimaterne i tabel 1 i artiklen.

⁴ De 4,6% er baseret på et minimumstimeantal fra 1. til 9. klasse på 7.890.

som har størst fravær fra skolen. Studiet indikerer dermed, at det formentlig vil have en bedre effekt at reducere fraværet fra skolen end det vil have at forlænge undervisningstiden.

Sammenhæng mellem øget undervisning og karakterer i grundskolen

Når man tager ovennævnte artikler i betragtning, er det rimeligt at konkludere, at der er en sammenhæng mellem øget undervisningstid og karakterer i grundskolen. Det kan også tyde på, at det har en større effekt at reducere fraværet frem for at forlænge skoletiden. I denne rapport har vi dog valgt ikke at skelne mellem reduceret fravær og forlænget skoletid, da sammenhængen endnu er usikre. Vi antager derfor, at den effekt, indeklima har for elevernes præstation, giver samme afkast som øget undervisningstid. Dvs. at 5% mere undervisning svarer til 5% højere indlæring.

3.2 Læring og valg af uddannelse

I dette afsnit kortlægges det, om bedre præstation i folkeskolen fører til valg af længere uddannelse, som efterfølgende resulterer i højere løn.

Flere danske rapporter har undersøgt sammenhængen mellem karakterer i folkeskolen og valg af uddannelse (DEA 2016; 2015; Produktivitetskommissionen 2014; Rockwool Fondens Forsningsenhed 2013). Fx fandt (DEA 2015) ved brug af danske registerdata, at sandsynligheden for at gennemføre gymnasiet var betydeligt større blandt elever, der havde et gennemsnit over 7 i dansk og matematik i 9. klasse sammenlignet med elever med et snit under 2. Omkring halvdelen af de elever, der havde et snit under 4 i grundskolen, begyndte aldrig på en videregående uddannelse, hvorimod 77% af elever med et snit over 7 startede på en videregående uddannelse. Undersøgelsen viser desuden, at andelen af elever, der vælger en gymnasial uddannelse, har været stigende i de seneste år, mens andelen af elever, der vælger erhvervsuddannelser, har været faldende. På baggrund af DEA's analyse er det dog ikke muligt at konkludere, i hvor høj grad øget læring og karakterer påvirker uddannelsesvalget. Resultaterne kan fx også skyldes, at elever med høje karakterer kommer fra familiebaggrunde, hvor det er mere naturligt at vælge gymnasiale uddannelser.

En undersøgelse udført af (Rockwool Fondens Forsningsenhed 2013) viste, at matematikkarakteren i 9. klasse havde en særlig betydning for lønindkomsten for personer, der har gennemført en erhvervsuddannelse. De, der havde fået mellem 7 og 12 i matematik til 9. klasses eksamen, tjente som nyuddannede i gennemsnit 37.000 kr. mere om året end dem, der havde fået mellem 2 og 4. Uddannelsesvalget kan have en betydning for, hvor meget man får i løn.

Vi har i det efterfølgende identificeret en række studier, som har undersøgt den direkte sammenhæng mellem læring og løn.

3.3 Læring og løn

Der er kun enkelte studier har estimeret, hvilken betydning længere undervisningstid har for indkomst. Vi har identificeret fem studier, som har undersøgt sammenhængen. Disse er beskrevet i det følgende.

(Bhuller, Mogstad, og Salvanes 2014) undersøgte ved hjælp af norske registerdata i 2014 effekten af undervisning på livstidsindkomst i Norge. Formålet med artiklen var at give et detaljeret billede af den kausale sammenhæng mellem skoletid og løn over et helt arbejdsliv. Blandt en population af mænd, som var på arbejdsmarkedet i 1943-1963, estimerede de gevinsten ved ét års uddannelse mere. De estimerer effekten af skolegang på løn på tre måder, og i deres foretrukne specifikation finder de, at et års længere skolegang resulterer i 2% højere livstidsindkomst, hvilket i gennemsnit svarer til 9.750,6 NOK pr. år.

Derudover undersøgte (Angrist og Krueger 1991) sammenhængen mellem undervisningstid og løn i USA. I USA er grundskolereformen indrettet sådan, at børn ikke har den samme alder, når de starter i skole; skolestart er nemlig afhængig af, hvornår på året de er født. Reformen siger samtidig, at de skal gå i skole indtil deres 16- eller 17-års fødselsdag. Derfor starter børn, der er født i begyndelsen af året, normalt i skole, når de er ældre end deres klassekammerater, og de kan dermed fuldføre grundskolen, efter de har gennemført færre undervisningstimer end børn der er født senere på året⁵. Forfatterne brugte dette som et naturligt eksperiment til at sammenligne undervisningstid blandt børn født først på året med de resterende elever. Resultaterne viser, at elever, der har gået i skole i længere tid, opnår ca. 7,5% højere lønninger.

(Grenet 2013) undersøgte, hvordan to reformer i hhv. Frankrig og England/Wales, som øgede alderen for at gå ud af grundskolen til 16 år, havde betydning for indkomst senere i livet. Studiet inkluderede hhv. 155.562 elever i Frankrig og 247.440 elever i England og Wales. Studiet konkluderede, at længere undervisningstid i England og Wales medførte 6-7% højere løn for hvert års ekstra grundskolegang, mens betydningen af reformen i Frankrig var tæt på nul.

Endelig undersøgte (Pischke 2007), hvilken betydning et kortere skoleår – uden at ændre i pensum – havde for indlæring og senere løndannelse. I 1966-67 blev skoleåret i Vesttyskland ændret, så det startede efter sommerferien i stedet for om foråret. Ændringen blev indfaset over to år ved at forkorte skoleåret. Eleverne mistede dermed en tredjedel skoleår to år i træk. Pischke finder, at det medførte valg af kortere uddannelser, men at det ikke havde nogen negative effekter på løn eller beskæftigelse.

(Ashenfelter og Krueger 1994) undersøgte i 1994 sammenhængen mellem undervisningstid og løn hos genetisk identiske tvillinger med forskellig uddannelseslængde. De estimerede, at et års ekstra skolegang øger den gennemsnitlige løn med 12-16%. De skriver dog selv, at estimatet er betydeligt højere, end hvad andre studier tidligere har fundet.

Tabel 8 viser estimaterne for øget indkomst for hver af de ovennævnte artikler.

Tabel 8

Sammenhæng mellem et års ekstra skolegang og indkomst

Artikel	Øget indkomst
Bhuller, Mogstad og Salvanes (Bhuller, Mogstad, og Salvanes 2014)	2%
Joshua D. Angrist and Alan B. Krueger (Angrist og Krueger 1991)	7,5%
Grenet, 2013	6-7% / 0%
Pischke, 2007	0%
Ashenfelter and Krueger (Ashenfelter og Krueger 1994)	12-16%

Note: Estimaterne er udregnet ved forskellige estimationsmetoder og er derfor ikke direkte sammenlignelige. Vi har rapporteret det resultat, som forfatterne selv fremhæver i deres artikler.

Opsummering

Vi har i alt identificeret fem artikler, der estimerer sammenhæng mellem ét års ekstra skolegang og indkomst. De fem artikler rapporterer indkomststigninger fra 0 til 16% som følge af ét års ekstra skolegang, jf. tabel 8, og variationen i resultaterne er således stor.

Vi har i det følgende taget udgangspunkt i estimatet på 2% fra (Bhuller, Mogstad, og Salvanes 2014). I modsætning til de øvrige artikler bygger deres artikel ikke på selvrapporteret løn og skolegang gennem spørgeskemadata, men tager i stedet udgangspunkt i norske registre. De norske registre indeholder detaljeret viden om hhv. skolegang og løn.

Derudover vurderer vi, at det norske skolesystem minder mere om det danske end de øvrige studier, hvor en stor del er baseret på data fra USA. Ligesom i Danmark er der i Norge fx ikke direkte betaling for at gå i skole.

I deres hovedanalyse benytter (Bhuller, Mogstad, og Salvanes 2014) IV-estimation. Her bruger de vedtagelsen af en lov, der hæver den obligatoriske skolegang i Norge fra 7 til 9 år. Loven blev implementeret i perioden 1960-1975, og det har den fordel, at vi kan få et estimat for lønstigningen, som gælder et helt arbejdsliv. Omvendt kan en potentiel ulempe være, at den gennemsnitlige effekt på løn som følge af ét års ekstra skolegang er anderledes i 2019 end i 1960. Det er desuden værd at bemærke, at et IV-estimat kun giver den estimerede effekt for de personer, der reagerer på loven om længere skolegang (compliers).

Eksempel på samfundsøkonomiske gevinster som følge af øget indlæring

Bedre indeklime medfører øget præstation i form af øget hastighed og nøjagtighed, jf. afsnit 2.3. Det er begrænset evidens for, i hvor høj grad det medfører øget læring. (Bhuller, Mogstad, og Salvanes 2014) finder, jf. afsnit 3.3, at øget timeantal øger den gennemsnitlige livsløn med 2%. Vi har i det følgende forudsat, at øget præstation har samme effekt som øget timeantal. I afsnit 5 har vi belyst, hvor meget denne forudsætning betyder for resultatet.

De samlede gevinster ved at ændre én kvalitetskategori som følge af øget læring er mellem 250 og 859 kr. for én elev, der har 9 års skolegang med forbedret indeklime, afhængig af, hvilken kategori der er udgangspunktet, jf. tabel 9. For en skole med 650 elever over 30 år er gevinsten på mellem 2,9 og 10,1 mio. kr. i nutidsværdi. Det inkluderer både effekten af øget læring pga. bedre præstation og øget læring pga. mindre sygefravær.

Det er dog væsentligt at gøre opmærksom på, at beregningerne er forbundet med stor usikkerhed, da den kausale sammenhæng mellem forbedret indeklime i grundskoler og øget læring såvel som størrelsen af sammenhængen mellem øget læring og højere livstidsløn kan påvirkes af mange andre faktorer end forbedret indeklime.

Tabel 9

Samlede gevinster opdelt på stat og kommune pr. elev, nutidsværdi, mio. kr.

		Én elev i 9 år Nutidsværdi (kr.)	650 elever i 30 år Nutidsværdi (mio. kr.)
Fra 'Uden for kategori' til 'kategori IV'	Stat	31	0,35
	Kommune	62	0,73
	Borgere	157	1,83
	I alt	250	2,91
Fra 'kategori IV' til 'kategori III'	Stat	99	1,14
	Kommune	201	2,35
	Borgere	505	6,33
	I alt	805	9,42
Fra 'kategori III' til 'kategori II'	Stat	106	1,22
	Kommune	214	2,51
	Borgere	539	6,33
	I alt	859	10,05
Fra 'kategori II' til 'kategori I'	Stat	96	1,11
	Kommune	195	2,28
	Borgere	492	5,77
	I alt	782	9,16

Kilde: Egne beregninger.

Note: Baseret på en statslig indkomstskat på 12,13% og en gennemsnitlig kommuneskat på 24,93%.

Note: Alle gevinster er opgjort i 2019-priser.

Forudsætninger

Vi har baseret beregningerne på en gennemsnitsløn på 261 kr./timen, 7,4 timer pr. arbejdsdag og 216 arbejdsdage pr. år.⁶

Vi har forudsat, at 80% af elevtimerne gennemføres i lokaler, de har fået forbedret indeklimaet, og at 10% af læringen foregår uden for lokalerne, fx derhjemme.

Nutidsværdien pr. elev er for én elev, der går ni år i skole med forbedret ventilation. Eleven er forudsat at have 50 år på arbejdsmarkedet.

Nutidsværdien for 650 elever er effekten over 30 år svarende til den forudsatte levetid på ventilationsanlægget. Dvs. vi har medtaget en forbedring for alle de elever, der har gået på skolen i de 30 år, og har medtaget deres øgede arbejdsindtjening 50 år på arbejdsmarkedet. For de ældste elever, der kun når at modtage undervisning et år med klimaanlægget, inden de går ud af skolen, har vi medtaget 1/9 af gevinsterne og tilsvarende for andre årgange, der ikke oplever et helt grundskoleforløb med forbedret indeklima.

Vi har desuden forudsat en gennemsnitlig reallønsvækst på 1% pr. år, jf. (Finansministeriet 2019). Alle gevinster er diskonteringsrente med 4% de første 35 år og 3% de efterfølgende år svarende til Finansministeriets vejledning for samfundsøkonomiske analyser (Finansministeriet 2019).

⁶ Løn er baseret på Danmarks Statistik, tabel LONS50 2019 og Danmarks Statistik, tabel PRIS111 2019. Antal arbejdsdage pr. år er baseret på Skat.

4 Samfundsøkonomiske gevinster ved mindre sygefravær

Bedre indeklima som følge af forbedret udluftning sænker CO₂-koncentration og kan reducere sygefravær for både elever og lærere. Lavere sygefravær for lærerne reducerer lønudgiften. Når eleverne har færre sygedage, kan det også øge arbejdsudbuddet, fordi forældre skal tage færre fridage, hvor de passer den syge elev.

I dette afsnit præsenterer vi resultaterne ved at løfte en skole én kvalitetskategori. Vi præsenterer resultaterne for hhv. én elev og én lærer, men også for en eksempelskole med 650 elever og 50 lærere. De 50 lærere er baseret på, at der er 13 elever pr. lærer i folkeskolen (Undervisningsministeriet 2019).

Sammenhængen mellem indeklima og tilstedeværelse er beskrevet i tabel 10.

Tabel 10

Sammenhæng mellem indeklima og tilstedeværelse for elever og lærere

Kategori	Tilstedeværelse for elever (%)	Tilstedeværelse for elever (dage)	Tilstedeværelse for lærere (%)	Tilstedeværelse for lærere (dage)
I	100%	200	100,0%	200,0
II	98%	196	99,2%	198,4
III	97%	194	99,0%	198,0
IV	96%	192	98,9%	197,8
Uden for kategori	95%	190	98,8%	197,6

Kilde: Incentive og DTU 2019.

Note: Tilstedeværelsen i dage er baseret på 200 skoledage pr. år, jf. Undervisningsministeriet 2019

Da en del timer enten gennemføres i lokaler, hvor der enten ikke gennemføres indeklimateforbedring, eller hvor gevinsten ved indeklimateforbedring er lav, antager vi i vores eksempelberregning, at andelen af elevtimer, der gennemføres i lokaler, der får ændret indeklima, er 80%.

4.1 Lavere sygefravær reducerer lønudgifter til lærere og øger arbejdsudbuddet

Vi har opgjort de sparede lønudgifter pr. lærer samt gevinsten i form af øget arbejdsudbud pr. elev ved at løfte en dansk folkeskole én kvalitetskategori ad gangen.

1-års-effekten er størst ved at gå fra 'kategori II' til 'kategori I' med hhv. 1.904 kr. pr. elev og 1.287 kr. pr. lærer, jf. tabel 11. For de øvrige trin er 1-års-effekten pr. elev 952 kr., mens

effekten pr. lærer er 322 kr. henholdsvis 161 kr. Nutidsværdien over 30 år med en diskonteringsrente på 4% er 20-30.000 kr. pr. elev, mens den er 0-20.000 kr. pr. lærer.

Tabel 11

Samlede resultater pr. elev og pr. lærer

Kategori	Pr. elev		Pr. lærer	
	1-års effekt (kr.)	Nutidsværdi (mio. kr.)	1-års effekt (kr.)	Nutidsværdi (mio. kr.)
Fra 'Uden for kategori' til 'kategori IV'	952	0,02	161	0,00
Fra 'kategori IV' til 'kategori III'	952	0,02	161	0,00
Fra 'kategori III' til 'kategori II'	952	0,02	322	0,01
Fra 'kategori II' til 'kategori I'	1.904	0,03	1.287	0,02

Note: Samlede resultater, nutidsværdi over 30 år med en diskonteringsrente på 4% (2019-priser).

Når vi opdeler gevinsten pr. elev og lærer i en del, der tilfalder staten, og en del, der tilfalder kommunen, får vi resultaterne præsenteret i tabel 12.

Tabel 12

Samlede gevinster opdelt på stat og kommune pr. elev og pr. lærer

		Pr. elev		Pr. lærer	
		1-års effekt (kr.)	Nutidsværdi (mio. kr.)	1-års effekt (kr.)	Nutidsværdi (mio. kr.)
Fra 'Uden for kategori' til 'kategori IV'	Stat	117	0,00	20	0,00
	Kommune	237	0,00	40	0,00
	Borgere	597	0,01	101	0,00
	I alt	952	0,02	161	0
Fra 'kategori IV' til 'kategori III'	Stat	117	0,00	20	0,00
	Kommune	237	0,00	40	0,00
	Borgere	597	0,01	101	0,00
	I alt	952	0,02	161	0
Fra 'kategori III' til 'kategori II'	Stat	117	0,00	40	0,00
	Kommune	237	0,00	80	0,00
	Borgere	597	0,01	202	0,01
	I alt	952	0,02	322	0,01
Fra 'kategori II' til 'kategori I'	Stat	234	0,00	158	0,00
	Kommune	475	0,01	321	0,00
	Borgere	1.195	0,02	808	0,01
	I alt	1.904	0,03	1.287	0,02

Kilde: Egne beregninger, Skat 2019b og Skatteministeriet 2019.

Note: Baseret på en statslig indkomstskat på 12,13% og en gennemsnitlig kommuneskat på 24,93%.

Note: Nutidsværdi over 30 år med en diskonteringsrente på 4% (2019-priser).

Vi har opgjort de samlede sparede lønudgifter til lærerne og gevinsten ved det øgede arbejdsudbud for et scenarie med 650 elever og 50 lærere, jf. tabel 13. 1-års-effekten varierer fra 619.000 til 1.238.000 kr. for eleverne, mens den varierer fra 0 til 64.000 kr. for lærerne. Nutidsværdien over 30 år med en diskonteringsrente på 4% er mellem 11 til 22 mio. kr. for eleverne og 0 til 1,16 mio. kr. for lærerne.

Tabel 13

Samlede resultater for 650 elever og 50 lærere

Kategori	650 elever		50 lærere	
	1-års effekt (kr.)	Nutidsværdi (mio. kr.)	1-års-effekt (kr.)	Nutidsværdi (mio. kr.)
Fra 'Uden for kategori' til 'kategori IV'	619.000	11	8.000	0,14
Fra 'kategori IV' til 'kategori III'	619.000	11	8.000	0,14
Fra 'kategori III' til 'kategori II'	619.000	11	16.000	0,29
Fra 'kategori II' til 'kategori I'	1.238.000	22	64.000	1,16

Note: Samlede resultater, nutidsværdi over 30 år med en diskonteringsrente på 4% (2019-priser).

De samlede gevinster, der tilfalder stat og kommune i scenariet med 650 elever og 50 lærere, ses i tabel 14.

Tabel 14

Samlede gevinster opdelt på stat og kommune ved 650 elever og 50 lærere

		650 elever		50 lærere	
		1-års-effekt (kr.)	Nutidsværdi (mio. kr.)	1-års-effekt (kr.)	Nutidsværdi (mio. kr.)
Fra 'Uden for kategori' til 'kategori IV'	Stat	75.085	1,33	970	0,02
	Kommune	154.292	2,74	1.994	0,03
	Borgere	389.623	6,92	5.036	0,09
	I alt	619.000	11	8.000	0,14
Fra 'kategori IV' til 'kategori III'	Stat	75.085	1,33	970	0,02
	Kommune	154.292	2,74	1.994	0,03
	Borgere	389.623	6,92	5.036	0,09
	I alt	619.000	11	8.000	0,14
Fra 'kategori III' til 'kategori II'	Stat	75.085	1,33	1.941	0,04
	Kommune	154.292	2,74	3.988	0,07
	Borgere	389.623	6,92	10.071	0,18
	I alt	619.000	11	16.000	0,29
Fra 'kategori II' til 'kategori I'	Stat	150.169	2,67	7.763	0,14
	Kommune	308.584	5,48	15.953	0,29
	Borgere	779.247	13,85	40.284	0,73
	I alt	1.238.000	22,00	64.000	1,16

Kilde: Egne beregninger, Skat 2019b og Skatteministeriet 2019.

Note: Baseret på en statslig indkomstskat på 12,13% og en gennemsnitlig kommuneskat på 24,93%.

Note: Nutidsværdi over 30 år med en diskonteringsrente på 4% (2019-priser).

Gevinsten ved at reducere sygefraværet for en elev er 595 kr. pr. dag, mens gevinsten pr. lærer pr. dag er 2.011, jf. tabel 15.

Tabel 15

Gevinst ved én dags reduceret sygefravær

	Kr.
Pr. elev	595
Heraf:	
Stat	72
Kommune	148
Pr. lærer	2.011
Heraf:	
Stat	244
Kommune	501

Kilde: Egne beregninger, Skat 2019b og Skatteministeriet 2019.

4.2 Ingen én-til-én-effekt mellem sygefravær for elever og arbejdsudbud for voksne

Én syg elev én dag medfører et reduceret arbejdsudbud på 0,31 dage

Som beskrevet tidligere vil færre sygedage for eleverne øge arbejdsudbuddet for elevernes forældre. Gevinsten kommer ved, at eleverne har højere tilstedeværelse, og derfor kan forældre på arbejdsmarkedet reducere antallet dage, hvor de er væk fra arbejdsmarkedet.

Det er dog værd at bemærke, at der ikke er en én-til-én-sammenhæng mellem antallet af elever, der er syge, og antallet af dage, en voksen er væk fra arbejdsmarkedet.

Baggrunden for, at vi ikke forventer en én-til-én-sammenhæng, skyldes tre faktorer. For det første forventer vi ikke, at det er alle elever, der har behov for at blive passet af en voksen ved sygdom. I beregningsmodellen antager vi, at elever fra 1-6. klasse passes af en voksen. Under en antagelse om, at elever har samme sygefravær relateret til indeklima uanset klassetrin, svarer det til 66% af sygedagene.

Derudover vil en del af elevernes forældre enten være ledige eller uden for arbejdsmarkedet. Baseret på tal fra Danmarks Statistik finder vi, at det gør sig gældende for 48% af voksne 20-49-årige (Danmarks statistik, tabel FOLK2 2019; Danmarks statistik, tabel LONS50 2019).

Den sidste faktor, som påvirker sammenhængen mellem sygefravær og arbejdsudbuddet, er andelen af syge elever, der passes af personer uden for arbejdsmarkedet (fx bedsteforældre), af forældre med fleksibel arbejdstid, eller hvor forældre arbejder, mens de passer det syge barn,

og mindst én forælder er på arbejdsmarkedet. Da vi har ikke identificeret en kilde, der estimerer, hvor stor en andel af elever der er dækket af ovenstående, antager vi, at det drejer sig om 10% af elevernes sygedage.

Samlet set betyder disse antagelser, at 31% af elevernes sygedage medfører fravær fra arbejdsmarkedet for en voksen, jf. tabel 16.

Tabel 16

Andel af sygefravær for skoleelever, der medfører fravær fra arbejdsmarkedet for pårørende (forældre, bedsteforældre, osv.)

	Procent
Andel af sygedage, hvor eleven har behov for en voksen (gennemsnit for hele skolen) ¹	66%
Andel ledige og uden for arbejdsstyrken blandt 25-49-årige ^{2, 4-5}	48%
Andel af sygedage, hvor eleven passes af personer uden for arbejdsmarkedet (fx bedsteforældre), af forældre med fleksibel arbejdstid, eller hvor forældre arbejder, mens de passer det syge barn, og mindst én forælder er på arbejdsmarkedet ³	10%
Andel af sygedage, som medfører fravær fra arbejdsmarkedet for en voksen	31%

¹Note: Det svarer til, at elever fra 1. til 6. klasse altid passes af en voksen, mens elever fra 7. til 9. klasse aldrig passes af en voksen.

²Kilde: Danmarks Statistik, tabel FOLK2 2019 og Danmarks Statistik, tabel LONS50 2019.

³Kilde: Forudsætning Incentive.

⁴Note: Andel af ledige og personer uden for arbejdsstyrken er beregnet som antal fuldtidsbeskæftigede divideret med antallet af personer i hver aldersklasse. Antallet af fuldtidsbeskæftigede i lønstatistikken er opgjort på baggrund af en 37 timers arbejdsuge og dermed 1924 arbejdstimer pr. år. Nogle personer arbejder mere end 1.924 timer pr. år, mens andre arbejder færre timer. Arbejder en person 962 timer pr. år, indgår han/hun som 0,5 fuldtidsbeskæftigede, mens en person, som arbejder 3848 timer pr. år, indgår som 2 fuldtidsbeskæftigede. Antal fuldtidsbeskæftigede i lønstatistikken viser således ikke antallet af ansættelsesforhold, men op-/nedregner den samlede sum af de enkelte ansættelsesforhold til antal fuldtidsbeskæftigede.

Værdien af én dags mindre elevsygefravær er i gennemsnit 595 kr.

På baggrund af løn tal fra Danmarks Statistik har vi opgjort en gennemsnitlig lønomkostning pr. dag for en voksen til 1.928 kr., jf. tabel 17.

Tabel 17

Gennemsnitlig lønomkostning og arbejdstid, 2019-niveau

Lønomkostning pr. time, 2019-niveau (kr.)	261
Antal arbejdstimer pr. dag (timer)	7,4
Beregnet lønomkostning for en voksen pr. arbejdsdag (kr./dag)	1.928

Kilde: Danmarks statistik, tabel LONS50 2019 og Danmarks statistik, tabel PRIS111 2019.

Note: Den standardberegnete timefortjeneste er som udgangspunkt de timer, som medarbejderen har arbejdet til normal sats (inkl. særlig feriegodtgørelse, ferie- og søgnehelldagsbetalinger, pensionsbidrag, uregelmæssige betalinger, personalegoder og genetillæg), og angiver tilnærmelsesvist den løn, som er aftalt, eller den løn, som lønmodtageren får for hver normal time, han/hun arbejder. Vi antager, at forældrene er ansat 37 timer pr. uge i en fem dages arbejdsuge svarende til 7,4 timer pr. dag i gennemsnit. Lønomkostningen pr. time er vægtet med antallet af personer i hver alderskategori.

Note: Vi har undersøgt, om lønnen for forældre (25-49-årige) og for arbejdsstyrken generelt er forskellig. Da vi ikke finder nogen forskel mellem de to lønniveauer, inkluderer vi derfor kun ét lønniveau i modellen.

Da 31% af elevernes sygedage medfører fravær fra arbejdsmarkedet for en voksen, har én dags reduceret elevsygefravær i gennemsnit en arbejdsudbudseffekt på 595 kr.

4.3 Effekten på sygefravær for lærere er mindre end for eleverne

Lærere tilbringer mindre tid i undervisningslokaler end elever

Baseret på de kommunale arbejdstidsaftaler og OECD 2019 forventer vi, at lærerne tilbringer mindre tid i klasselokaler med forbedret indeklime sammenlignet med eleverne.

Vi forudsætter således i vores hovedanalyse, at lærerne bruger 50% af deres arbejdstid i lokaler, der får ændret indeklime, jf. tabel 18.

Tabel 18

Gennemsnitlig tilstedeværelse for lærere i lokaler, der får ændret indeklime, %

	Procent
Andel af ugentlig arbejdstid lærerne er til stede i lokaler, der får ændret indeklime	50%

Kilde: Incentive på baggrund af kommunale arbejdstidsaftaler og OECD 2019.

Værdien af én dags mindre sygefravær for lærere er i gennemsnit 2.011 kr.

Den gennemsnitlige lønomkostning pr. arbejdsdag for lærere er 2.011 kr., jf. tabel 19.

Beregningen er baseret på den månedlige bruttoløn fra kommunernes og regionernes løndatakontor, som herefter er omregnet til en omkostning pr. time. Ved en lærers sygefravær har vi antaget, at det er hele lærerens arbejdsdag, der dækkes af vikarer.

Tabel 19

Gennemsnitlig lønomkostning og antal undervisningstimer for lærere, 2019-niveau

Lønomkostning for lærere pr. time, 2019-niveau (kr.)	272
Antal undervisningstimer, der dækkes af vikar, timer	7,4
Beregnet lønomkostning for lærere pr. arbejdsdag (kr./dag)	2.011

Kilde: Kommunernes og regionernes løndatakontor 2019.

Note: Den gennemsnitlige bruttoløn (inkl. centralt aftalte tillæg, lokalt aftalte tillæg, særydelser, feriegodtgørelse, pension og beregnet pension for tjenestemænd). Er beregnet som den månedlige bruttoløn divideret med 160,33 løntimer pr. måned.

5 Følsomhedsanalyser

Størrelsen på en del af de forudsætninger vi bruger som grundlag for beregningerne er behæftet med usikkerhed. Derfor gennemfører vi her en række følsomhedsanalyser på de forudsætninger, hvor usikkerheden er størst. Alle følsomhedsanalyserne er gennemført for en eksempelskole med 650 elever og 50 lærere, hvor vi antager en fordeling af indeklimaet før og efter forbedret udluftning, jf. tabel 20.

Tabel 20

Fordeling af indeklima, eksempel anvendt i følsomhedsanalyser

Kategori	I dag	Med forbedret udluftning
I		10%
II		60%
III	10%	30%
IV	60%	
Uden for kategori	30%	

Vi præsenterer en oversigt over de otte gennemførte følsomhedsanalyser i tabel 21.

Tabel 21

Beskrivelse af følsomhedsanalyser

Følsomhedsanalyse	Beskrivelse
1. Læring, der finder sted uden for skolen: +10%-point	20% af elevernes læring finder sted uden for skolen (hovedanalyse: 10%)
2. Arbejdstid i lokaler for lærere: +10%-point	Lærerne bruger 60% af deres arbejdstid i lokaler med forbedret indeklima (hovedanalyse: 50%)
3. Sygedage, hvor eleven passes af voksen: +10%-point	Eleverne passes af en voksen i 76% af sygdomstilfældene (hovedanalyse: 66%)
4. Ledige og uden for arbejdsstyrken: +10%-point	Andelen af ledige og uden for arbejdsstyrken blandt 25-49-årige er 58% (hovedanalyse: 48%)
5. Sygedage, uden det påvirker arbejdsudbud: +10%-point	I 20% af sygedagene passes elever af personer uden for arbejdsmarkedet, af forældre med fleksibel arbejdstid, eller hvor forældre arbejder imens (hovedanalyse: 10%)
6. Tid på arbejdsmarkedet: +10%	Eleverne er 55 år på arbejdsmarkedet (hovedanalyse: 50 år)
7. Effekt af øget indlæring: +100%	Lønstigningen pr. ekstra års skolegang er 4% (hovedanalyse: 2%)
8. Præstationsforbedring og øget timeantal: -50%	Andelen af præstationsforbedring, som kan omsættes til øget timetal, er 50% (hovedanalyse: 100%)

Vi har opgjort resultaterne for de otte følsomhedsanalyser samt en hovedanalyse, hvor forudsætninger ikke er ændret, jf. tabel 22. Resultaterne præsenterer vi i både 1-års-effekt og nutidsværdi for både sygefravær og indlæring.

To parametre i analysen er ærligt behæftet med usikkerhed. Det drejer sig om effekten af øget indlæring (følsomhedsanalyse nummer 7) og sammenhængen mellem præstation og indlæring (følsomhedsanalyse nummer 8).

For effekten af øget indlæring vil en fordobling af løngevinsten fra 2% til 4% pr. ekstra års skolegang medføre, at effekten på indlæring fordobles, mens der ingen effekt er på sygefravær. Tilsvarende vil en halvering af sammenhængen mellem præstation og indlæring halvere gevinsten af øget indlæring.

For effekten på sygefravær er det andelen af sygedage, hvor eleven passes af en voksen, samt andelen af forældre, som enten er ledige eller uden for arbejdsstyrken, der har den største effekt, jf. følsomhedsanalyse nummer 3 og 4.

Tabel 22

Resultat af følsomhedsanalyser

	Indlæring (NV mio. kr.)	Sygefravær (1-års effekt)	Sygefravær (NV mio. kr.)
Hovedanalyse	18	1.326.000	23
1. Læring, der finder sted uden for skolen: +10%-point	15	1.326.000	23
2. Arbejdstid i lokaler for lærere: +10%-point	18	1.332.000	24
3. Sygedage, hvor eleven passes af voksen: +10%-point	18	1.522.000	27
4. Ledige og uden for arbejdsstyrken: +10%-point	18	1.076.000	19
5. Sygedage, uden at det påvirker arbejdsudbud: +10%-point	18	1.182.000	21
6. Tid på arbejds-markedet: +10%	18	1.326.000	23
7. Effekt af øget indlæring: +100%	35	1.326.000	23
8. Præstationsforbedring og øget timeantal: -50%	9	1.326.000	23

Note: NV= Nutidsværdi over 30 år med en diskonteringsrente på 4% (2019-priser). Beregningerne er gennemført for en eksempelskole med 650 elever og 50 lærere.

6 Litteraturliste

- Andersen, Simon Calmar, Maria Knoth Humlum, og Anne Brink Nandrup. 2016. "Increasing Instruction Time in School Does Increase Learning". *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113 (27): 7481-84. <https://doi.org/10.1073/pnas.1516686113>.
- Angrist, J. D., og A. B. Krueger. 1991. "Does Compulsory School Attendance Affect Schooling and Earnings?" *The Quarterly Journal of Economics* 106 (4): 979-1014. <https://doi.org/10.2307/2937954>.
- Ashenfelter, Orley, og Alan Krueger. 1994. "Estimates of the Economic Return to Schooling from a New Sample of Twins". *The American Economic Review* 84 (5): 1157-73.
- ASHRAE. u.å. "American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), International Weather for Energy Calculations 2 (IWEC2) for København-Kastrup".
- Aucejo, Esteban M., og Teresa Foy Romano. 2016. "Assessing the Effect of School Days and Absences on Test Score Performance". *Economics of Education Review* 55 (december): 70-87. <https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2016.08.007>.
- Bateson, Thomas F., og Joel Schwartz. 2007. "Children's Response to Air Pollutants". *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A* 71 (3): 238-43. <https://doi.org/10.1080/15287390701598234>.
- Bellei, Cristián. 2009. "Does lengthening the school day increase students' academic achievement? Results from a natural experiment in Chile".
- Bhuller, Manudeep, Magne Mogstad, og Kjell G Salvanes. 2014. "Life Cycle Earnings, Education Premiums and Internal Rates of Return", 32.
- Bingley, Paul, Eskil Heinesen, Karl Fritjof Krassel, og Nicolai Kristensen. 2018. "The Timing of Instruction Time: Accumulated Hours, Timing and Pupil Achievement", 43.
- Dahmann, Sarah. 2015. "How Does Education Improve Cognitive Skills? Instructional Time versus Timing of Instruction", 59.
- Danmarks statistik, tabel FOLK2. 2019. "Danmarks statistik, tabel FOLK2". 2019. statistikbanken.dk.
- Danmarks statistik, tabel LONS50. 2019. "Danmarks statistik, tabel LONS50". 2019. statistikbanken.dk.
- Danmarks statistik, tabel PRIS111. 2019. "Danmarks statistik, tabel PRIS111". 2019. statistikbanken.dk.
- DEA. 2015. "Kun de bedste fra grundskolen starter på videregående uddannelse".
———. 2016. "Hvad betyder grundskolekarakteren for vejen gennem uddannelsessystemet".
- DTU Byg. 2017. "Indeklima i danske skoler. Formidlingsrapport WP 2.2, 2.3, 2.4 Indeklimaet i danske folkeskoler - skoler, klasseværelser og faglokaler."
- Finansministeriet. 2019. "Finansministeriets nøgletalskatalog".
- Fisk, William J., Wanyu R. Chan, og Alexandra L. Johnson. 2019. "Does Dampness and Mold in Schools Affect Health? Results of a Meta-analysis". *Indoor Air*, august, ina.12588. <https://doi.org/10.1111/ina.12588>.
- Gaihre m.fl. 2014. "Classroom carbon dioxide concentration, school attendance, and educational attainment." *Journal of school health* 84 (9): 569-74.
- Gershenson, Seth, Alison Jacknowitz, og Andrew Brannegan. 2017. "Are Student Absences Worth the Worry in U.S. Primary Schools?" *Education Finance and Policy* 12 (2): 137-65. https://doi.org/10.1162/EDFP_a_00207.
- Grenet, Julien. 2013. "Is Extending Compulsory Schooling Alone Enough to Raise Earnings? Evidence from French and British Compulsory Schooling Laws*: *Is Extending Compulsory Schooling Alone Enough to Raise Earnings?*" *The Scandinavian Journal of Economics* 115 (1): 176-210. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9442.2012.01739.x>.
- Holst, G. J., A. Høst, G. Doekes, H. W. Meyer, A. M. Madsen, K. B. Plesner, og T. Sigsgaard. 2016. "Allergy and Respiratory Health Effects of Dampness and Dampness-Related Agents in

- Schools and Homes: A Cross-Sectional Study in Danish Pupils". *Indoor Air* 26 (6): 880-91. <https://doi.org/10.1111/ina.12275>.
- Huebener, Mathias, Susanne Kuger, og Jan Marcus. 2016. "Increased Instruction Hours and the Widening Gap in Student Performance", 46.
- Incentive og DTU. 2019. "Samfundsøkonomiske gevinster ved forbedret indeklima i skolen".
- ISO_TR 17772-2. 2018. "Energy performance of buildings - Overall energy performance assessment procedures - Part 2: Guideline for using indoor environmental input parameters for the design and assessment of energy performance of buildings."
- Kommunernes og regionernes løndatakontor. 2019. "Kommunernes og regionernes løndatakontor". 2019. <https://krl.dk/#/sirka>.
- Mendell m.fl. 2013. "Association of classroom ventilation with reduced illness absence: a prospective study in California elementary schools". *Indoor air* 23 (6): 515-28.
- Meyer, H. W., H. Würtz, P. Suadicani, O. Valbjørn, T. Sigsgaard, F. Gyntelberg, og Members of a Working Group under the Danish Mould in Buildings program (DAMIB). 2004. "Molds in Floor Dust and Building-Related Symptoms in Adolescent School Children: **Molds in Floor Dust and Building-Related Symptoms in Children**". *Indoor Air* 14 (1): 65-72. <https://doi.org/10.1046/j.1600-0668.2003.00213.x>.
- Milton, D. K., P. M. Glencross, og M. D. Walters. 2000. "Risk of Sick Leave Associated with Outdoor Air Supply Rate, Humidification, and Occupant Complaints". *Indoor Air* 10 (4): 212-21.
- Moya, Jacqueline, Cynthia F. Bearer, og Ruth A. Etzel. 2004. "Children's behavior and physiology and how it affects exposure to environmental contaminants". *Pediatrics* 113 (4): 996-1006.
- OECD. 2019a. "Education at a glance".
- . 2019b. "Education at a Glance 2019 | READ Online". OECD ILibrary. 2019. https://read.oecd-ilibrary.org/education/education-at-a-glance-2019_f8d7880d-en.
- Oliveira, Marta, Klara Slezakova, Cristina Delerue-Matos, Maria Carmo Pereira, og Simone Morais. 2019. "Children Environmental Exposure to Particulate Matter and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Biomonitoring in School Environments: A Review on Indoor and Outdoor Exposure Levels, Major Sources and Health Impacts". *Environment International* 124 (marts): 180-204. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.12.052>.
- Pischke, Jörn-Steffen. 2007. "The Impact of Length of the School Year on Student Performance and Earnings: Evidence from the German Short School Years". *The Economic Journal* 117 (523): 1216-42. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0297.2007.02080.x>.
- Produktivitetskommissionen. 2014. "Uddannelse og innovation".
- Realdania. 2017. "Indeklima i skoler".
- Rockwool Fondens Forsningsenhed. 2013. "Folkeskolekarakterer og succes på erhvervsuddannelserne".
- Shendell m.fl. 2004. "Associations between classroom CO2 concentrations and student attendance in Washington and Idaho." *Indoor Air* 14 (4): 333-41.
- Simoni, M., I. Annesi-Maesano, T. Sigsgaard, D. Norback, G. Wieslander, W. Nystad, M. Canciani, P. Sestini, og G. Viegi. 2010. "School Air Quality Related to Dry Cough, Rhinitis and Nasal Patency in Children". *European Respiratory Journal* 35 (4): 742-49. <https://doi.org/10.1183/09031936.00016309>.
- Simons, Elinor, Syni-An Hwang, Edward F. Fitzgerald, Christine Kielb, og Shao Lin. 2010. "The Impact of School Building Conditions on Student Absenteeism in Upstate New York". *American Journal of Public Health* 100 (9): 1679-86. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2009.165324>.
- Skat. 2019b. "Skat". 2019b. <https://skat.dk/skat.aspx?oid=2035568>.
- Skatteministeriet. 2019. "Skatteministeriet". 2019. <https://www.skm.dk/skattetil/satser/kommunal-beskatning/kommuneskatte-gennemsnitsprocenten-i-2019>.

- Slotsholm A/S. 2012. "Samfundsøkonomiske konsekvenser af bedre luftkvalitet i grundskolen". www.slotsholm.dk.
- Sundhedsstyrelsen. 2012. "Forebyggelsespakke, indeklima i skoler".
- Toftum, J., og P. Wargocki. 2017. "Effective Energy-efficient Classroom Ventilation for Temperate Zones. Final report ASHRAE Research Project 1624-RP."
- Undervisningsministeriet. 2019. "Undervisningsministeriet". 2019. <https://www.uvm.dk:443/statistik/grundskolen/personale-og-skoler/paedagogisk-personale>.
- Wargocki, Pawel, José Alí Porras-Salazar, og William P Bahnfleth. 2019. "Quantitative Relationships between Classroom CO2 Concentration and Learning in Elementary Schools", 8.
- Wargocki, Pawel, Jose Ali Porras-Salazar, og Sergio Contreras-Espinoza. 2019. "The Relationship between Classroom Temperature and Children's Performance in School". *Building and Environment* 157 (juni): 197-204. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.04.046>.
- WHO. 2018. "WHO". WHO/Europe | Air quality - AirQ+: software tool for health risk assessment of air pollution. 2018. <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/activities/airq-software-tool-for-health-risk-assessment-of-air-pollution>.