

Problem med luftkvalitet i klassrum

Rena, varma och torra klassrum är inte bra nog.

Problemskolor?

Skandinaviska länder är stolta över att kunna tillhandahålla bra arbetsmiljö för alla. I byggnader där vuxna arbetar har man också till stor del lyckats med detta. Men på barnens "arbetsplatser", klassrummen där de tillbringar 10 år av sina liv och varje dag ställs inför nya, utmanande uppgifter, skulle det kunna vara mycket bättre. På 1800-talet var problemen i skolorna synliga. Klassrummen var dåligt upplysta, smutsiga, för trånga, dåligt möblerade och undermåligt utrustade. Våra föregångare tog tag i dessa problem och löste dem. Senare på 1800-talet och till och med på 1900-talet var klassrummen ofta alldeles för kalla eller för varma. I dag, på 2000-talet, har bättre design löst detta problem. Ändå har det nu visat sig att barn skulle kunna utföra sitt skolarbete 30 % snabbare, utan att anstränga sig mer, om bara deras arbetsmiljö förbättrades. Det är ett problem vi måste lösa.

Ett problem kvarstår

Även om varken elever eller lärare i dagsläget upplever det som oacceptabelt eller obehagligt kvarstår ett problem: inomhustemperaturen och osynliga luftföroreningar i klassrummen gör det mycket svårare för eleverna att prestera under en stor del av året. Ny forskning visar att det skulle räcka om eleverna fick vad som redan fastslagits som minsta godtagbara mängd frisk luft för vuxna på arbetsplatsen.

Fältsudier i skolor påvisar problemet

2003 gav ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers) ett anslag för en forskningsstudie (1257-RP), som hade till syfte att fastslå huruvida bättre luftkvalitet och temperaturreglering i klassrummen förbättrar elevernas skolarbete och, i sådana fall, hur mycket. ASHRAE är en ideell organisation som stödjer en blygsam del av framför allt teknikforskning, som bekostas av donationer från medlemmarna. Det internationella centret för inomhusklimat och energi (ICIEE, International Centre for Indoor Environment and Energy) vid Danmarks tekniska universitet lämnade, i konkurrens med många andra forskningsinstitut världen över, in ett förslag som godkändes i december 2004. Författaren till denna artikel var en av de två initiativtagarna.

Forskare från ICIEE modifierade flera klassrum parvis på en förortsskola i Köpenhamn. På så sätt kunde två klasser med elever mellan 10 och 12 år utsättas

för två olika förhållanden samtidigt i en rad olika experiment. Förhållandena upprätthölls en vecka åt gången. Under helgen byttes förhållandena i klassrummen så att båda klasserna kunde uppleva samma förhållanden som den andra klassen upplevt veckan innan. Denna korsvisa undersökningsmetod har tre tydliga fördelar: 1) Jämförelser mellan förhållandena kan mätas för varje enskild elev, vilket gör att individuella skillnader i förmåga och attityd till skolarbete inte är en faktor; 2) Ordningen i vilken förhållandena upplevs är jämnt fördelad, vilket innebär att risken för skillnader som kan inträffa under försökstiden, t.ex. på grund av olika mottaglighet för inläring och attityd till skolarbete, är densamma oavsett förhållande; 3) Alla yttre störningsmoment som kan påverka hur eleverna presterar, t.ex. dåligt väder, olyckor eller en brandövning, har samma påverkan på resultaten från båda förhållandena. Forskarna träffade aldrig eleverna. De arbetade istället från källaren eller före/efter skoltid med att höja ventilationssystemets kapacitet och med att ställa in det så att varje klassrum antingen fick normal mängd uteluft eller ungefär fyra gånger så mycket. Luftkonditionering installerades i två klassrum så att man kunde undersöka fördelarna med sänkt temperatur sommardag. Klassrummen försågs obemärkt med utrustning för att kontinuerligt kunna mäta de fysiska förhållandena under dessa fältstudier.

Det finns självfallet hundratals faktorer som kan påverka hur väl eleverna utfört sitt skolarbete, men i en fältstudie måste varje systematisk prestationsförändring mellan förhållandena bero på effekten av dessa förhållanden, eftersom inga andra faktorer förändras exakt samtidigt. Prestationerna mättes genom att barnens ordinarie lärare introducerade åtta standardövningar som passade in i skolschemat, t.ex. läsövningar under språklektioner eller räkneövningar under matematiklektioner.

Eleverna arbetade i ungefär 10 minuter med övningarna som sedan ställdes till ICIEE-forskarnas förfogande. Varken lärare eller elever visste vilka förhållanden som gällde vilken vecka och hade därför inga förväntningar om att de skulle prestera bättre de veckor förhållandena förbättrades. Som referensförhållande användes alltid det förhållande som skulle ha upplevts i klassrummet om inga förändringar hade gjorts.

2006 presenterades de iögonfallande resultaten av experimenten för medlemmarna i ASHRAE [1]. Ett år senare publicerades de som två vetenskapliga artiklar i förhandsgranskade vetenskapliga publikationer [2, 3]. Fältstudien visade tydligt att elevers prestationer skulle kunna förbättras avsevärt om klassrummen försågs med lika mycket uteluft per person och sekund som minimikravet för tilluftstillförsel i kontorslokaler och om klassrummen inte var lika varma som de nu blir under sommaren. Resultaten av försöken i de olika försöksomgångarna, som utfördes

under olika tider på året, i olika klassrum och med olika elevgrupper, var väldigt konsekventa. Medelkoncentrationen av koldioxid var alltid mellan 750 och 1300 ppm, vilket är förhållandevis lågt mot den normala koncentrationen i klassrum. Koldioxid avges av de personer som befinner sig i rummet. Nivån späds därför ut när frisk luft kommer in genom dörrar, öppna fönster eller otätheter och när uteluft tillförs via ventilationssystemet. Medeltemperaturen i de temperaturförsök som utfördes sommartid i varmt väder var alltid i det ofarliga intervallet mellan 20 och 25 °C.

Fig.1 och 2 visar att skillnaderna i tillförseln av uteluft och lufttemperaturen inom dessa intervall systematiskt påverkade hur mycket skolarbete som utfördes inom en given tidsram. En fördubbling av tillförseln av uteluft skulle ha förbättrat prestationerna med 8–14 %, medan en temperatursänkning på 1 °C vid varmt väder skulle ha förbättrat prestationerna 2–4 % (den lägre siffran är medelvärdet för alla uppgifter; den högre siffran är för de uppgifter som påvisade en enskild ökning). Detta innebär att en ökning av utelufttillförseln från 2,5 till 10 liter per sekund per person (l/s/p) skulle förbättra prestationerna med 16–28 %. Observera att 2,5 l/s/p var den normala uteluftstillförseln i de klassrum som användes i studien och att 10,0 l/s/p är minimirekommendationen för ventilation för vuxna i kontorslokaler. En minskning av lufttemperaturen från 25 till 20 °C skulle förbättra prestationerna med 10–20 %. Vi räknar med att prestationerna skulle ha varit 14–28 % sämre vid en temperatur på 27 °C än vid 20 °C (27 °C anses ofta vara en acceptabel temperatur i klassrum). Dålig luftkvalitet förekommer främst under de tider på året då det är kallt utomhus och uppvärmning krävs, varför fönster hålls stängda. På sommaren när det är varmt ute har man ofta öppna fönster, vilket leder till bättre ventilation. Det är därför ovanligt att de negativa effekterna av värme och dålig luftkvalitet uppträder samtidigt. Siffrorna ovan visar dock att de båda faktorerna, oberoende av varandra, påverkar elever som försöker lära sig nya saker genom sitt skolarbete mycket negativt.

Nya undersökningar har visat hur utbrett problemet är

I september 2009 inledde två ingenjörstudenter med HVAC-inriktning och deras handledare på DTU i Danmark ett samarbete med vetenskapsfrämjande organisationer från tre skandinaviska länder. Syftet var att mobilisera 1000-tals elever i 100-tals skolor för att mäta lufttemperaturen och koldioxidnivån i deras egna klassrum med hjälp av instruktioner och utrustning som skickats till dem med post. Mätningarna utfördes i 743 klassrum i Danmark, 244 i Sverige och 676 i Norge. Forskarna installerade också utrustning i 100 slumpvis utvalda skolor i Danmark och mätte fortlöpande lufttemperatur, luftfuktighet och koldioxidnivå under två veckor i november 2009 då utomhustemperaturen var mellan 0 och 15 °C.

Analysen av dessa två uppsättningar data beskrivs i en examensavhandling från mars 2010 [4]. Det är en mycket informativ rapport som visar att 1000-tals barn i hela Skandinavien, men framförallt i Danmark, utsätts för väldigt dålig luftkvalitet, även om lufttemperaturen är godtagbar under den tid på året då uppvärmning krävs. Figur 3 återger tabell 3 ur avhandlingen, vilken sammanfattar resultatet från massundersökningen. Koldioxidnivån i naturligt ventilerade klassrum var över det rekommenderade maxvärdet, 1000 ppm, i 69 % av de danska klassrummen, 47 % av de svenska och 48 % av de norska. Det var över 2000 ppm i respektive 30 %, 7 % och 7 % av klassrummen. Även i klassrum med balanserad, mekanisk till- och avluftsventilation var koldioxidnivån över 1000 ppm i 37 % av de danska klassrummen, 12 % av de svenska och 10 % av de norska, vilket visar att ventilationssystem som utformas för att möta minimikraven ofta är otillräckliga. Det krävs alltså bättre marginaler för att säkerställa bra ventilation. Naturlig ventilation tillhandahåller i dagsläget inte tillräckligt bra ventilation, och då Danmark har den högsta andelen naturligt ventilerade klassrum, överstiger koldioxidnivån 1000 ppm i 56 % av alla danska klassrum, jämfört med endast 16 % i Sverige och 21 % i Norge. Mätningarna i massundersökningen utfördes under slutet av lektionen, men tycks vara ganska representativa – i 65 av de 100 slumpvis utvalda klassrummen i Danmark där koldioxidnivån uppmättes under två veckor, överskreds den rekommenderade maxgränsen, 1000 ppm, under 50 % av skoltiden (inklusive raster, då klassrummen stod tomma och koldioxidnivån sjönk).

Energibesparing är ett relaterat problem

När den danske utbildningsministern, Bertil Haarder, uppmärksammades på resultaten, svarade han i en intervju att lösningen var att ha öppna fönster lite oftare. Denna lösning har tre problem. Det första är att öppna fönster i kallt väder leder till att det blir väldigt kyligt längs golvet. Det andra är att de termostatiska radiatorventilerna öppnas, vilket leder till att stora mängder värme lämnar rummet via fönstren, utan att värma upp klassrummet. Det är inget bra sätt att spara energi på. Det tredje problemet är att lärare och elever inte öppnar fönstren förrän de märker att luftkvaliteten är dålig. I de kontrollerade försök som utfördes av DTU [1-3], där förhållandena i klassrummen förändrades [5] under flera veckor, observerades hur ofta och när fönstren öppnades. Det visade sig att fönstren ofta öppnades när lufttemperaturen höjdes, men inte när koldioxidnivåerna ökade (genom att tillförseln av uteluft obemärkt minskats). Lärare och elever kände uppenbarligen inte behov att öppna fönstren, trots att luftkvaliteten var så dålig att den avsevärt sänkte nivån på skolarbetet. Det beror på att, även om personer som kommer in i ett kvavt rum genast känner att det är instängt, märker personerna i rummet inte att luftkvaliteten långsamt blivit sämre.

Bra konstruktion kan lösa problemen

Behovet av konstruktionslösningar som kan spara energi och samtidigt tillhandahålla bra luftkvalitet i klassrum är akut. Det finns i huvudsak tre typer av lösningar:

- 1) Koldioxidsensorer kopplade till signallampor som uppmärksammar läraren på när fönstren bör öppnas och när de bör stängas för att spara energi. De flesta dagar skulle dessa signaler förekomma varje timme och därigenom utgöra ett störningsmoment
- 2) Datoriserade system som tar hänsyn till inomhus-/utomhustemperatur och koldioxidnivåer, vindhastighet och -riktning, regn, solvärme och ljudstörningar utifrån. Dessa system tvingas att ständigt väga olika former av störningsmoment och källor till obehag mot varandra för att uppnå en godtagbar kompromiss
- 3) Mekanisk ventilation som förser varje klassrum med rätt mängd uteluft och som sparar energi genom att överföra värme mellan tillufts- och avluftsströmmarna. En tillsatsenhet i ett sådant system skulle fortlöpande kunna rena luften från föroreningar och på så sätt reducera den mängd uteluft som krävs. För att detta ska kunna fungera effektivt behövs mera forskning kring vilka föroreningar som påverkar skolarbetet. I dagsläget vet vi inte ens om de aktiva föroreningarna avges av människor eller av material.

Referenser

[1] Wargoeki P and Wyon DP (2006) "Effects of HVAC on Student Performance", **ASHRAE Journal**, October, 22-28

[2] Wargoeki P and Wyon, DP (2007) The effects of outdoor air supply rate and supply air filter condition in classrooms on the performance of schoolwork by children (RP-1257), *HVAC&R Research*, 13(2), 165-191

[3] Wargoeki P and Wyon, DP (2007) The effects of moderately raised classroom temperatures and classroom ventilation rate on the performance of schoolwork by children (RP-1257), *HVAC&R Research*, 13(2), 193-220

[4] Menå HM and Larsen EM (2010) Indoor environment in schools. MSc Thesis presented in March 2010 (Supervisors: Clausen G and Toftum J), International Centre for Indoor Environment and Energy (ICIEE), Department of Civil Engineering (BYG), Technical University of Denmark (DTU)

[5] Wyon DP and Wargoeki P (2008) Window-opening behaviour when classroom temperature and air quality are manipulated experimentally (ASHRAE 1257-RP). Proceedings of Indoor Air 2008, 17-22 August 2008, Copenhagen, Denmark - Paper ID: 119, 6p

Författare

David P. Wyon, gästprofessor, ICIEE, Institutionen för Bygg och Anläggning, vid DTU.

Figur 1 Mängden uteluft som tillfördes och dess effekt på elevernas skolarbete.
(Öppna cirklar visar de uppgifter som påverkades avsevärt) från [1]



