

Rapport nr 4/2009

Åtgärder för att minska damm och allergen i skolan - effekt på allergibesvär och miljö

*Utvärdering av ett försök vid
Almtunaskolan, Uppsala*

Greta Smedje
Lena Elfman
Robert Wålinder

December 2009

Åtgärder för att minska damm och allergen i skolan – effekt på allergibesvär och miljö

Utvärdering av ett försök vid Almtunaskolan, Uppsala

Greta Smedje, Lena Elfman, Robert Wålinder
Arbets- och miljömedicin
Akademiska Sjukhuset

FÖRORD

Denna rapport redovisar en utvärdering av effekten på elevernas hälsa av åtgärder för att minska elevers exponering för damm och allergen i en skola. Författarna är ansvariga för rapportens innehåll, men en rad andra personer har medverkat i projektet. Vi tackar forskningssköterskorna Pia Kalm-Stephens och Ulrike Spetz-Nyström som har genomfört all provtagning på barnen i skolan och arbetsmiljöingenjör Yahong Mi som har arbetat med miljömätningarna. Värdefulla insatser har också gjorts av statistiker Tobias Nordqvist och forskningsassistent Carl Hogstedt vid Arbets- och miljömedicin samt överläkare Lennart Nordvall vid Akademiska Barnsjukhuset.

Vi tackar skolans personal för att vi fått störa undervisningen och låna eleverna under lektionstid, speciellt biträdande rektor Ulf Renman och berörda klassföreståndare. Sist vill vi naturligtvis tacka alla elever som så intresserat och återkommande ställt upp på de medicinska undersökningarna!

Utvärderingen har gjorts på uppdrag av Fastighetskontoret vid Uppsala kommun, genom Rolf Sahlqvist. Ekonomiskt stöd har också lämnats av Astma- och allergiförbundets forskningsfond och Landstinget i Uppsala län.

Uppsala 091211

Greta Smedje

Lena Elfman

Robert Wålinder

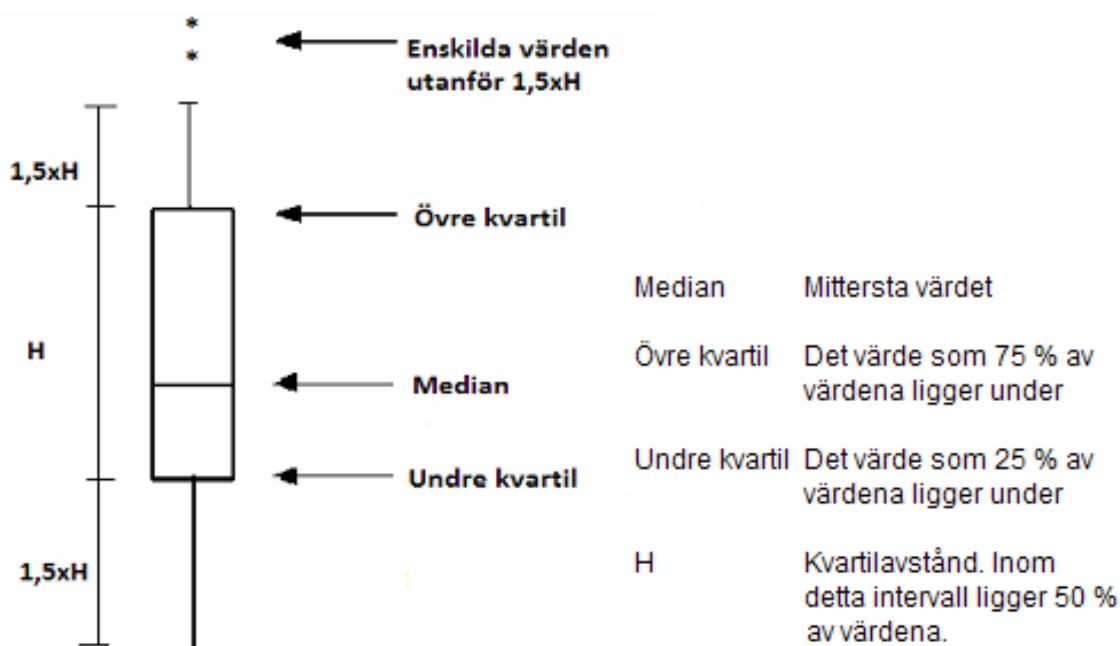
INNEHÅLL

	sida
Förkortningar och förklaringar	4
Sammanfattning	5
Bakgrund	6
Syfte	6
Uppläggning av försöket	7
Uppläggning av utvärderingen	8
Resultat,	9
Exponering	9
Hälsa	19
Diskussion	25
Slutsats	27
Referenser	27

FÖRKORTNINGAR OCH FÖRKLARINGAR

albumin	Ett protein. Ökar vid rinnsnuva.
atopi	Allergisk läggning. I denna rapport definierad som elever med astma, pollenallergi och/eller pälsdjursallergi.
CO ₂	Koldioxid. Halten i luften inomhus används ofta som ett indirekt mått på ventilationssystemets funktion. Ska normalt vara < 1000 ppm i skolor.
ECP	Eoxinofilt kationiskt protein, ett protein som ökar vid allergisk snuva och astma.
FVC	Forcerad vitalkapacitet, ett mått på lungornas funktion. Antalet liter en person blåser ut vid en snabb maximal utandning.
FEV ₁	Forcerad expiratorisk volym, ett mått på lungornas funktion. Utblåst volym under 1 sekund.
ISAAC	International Study of Asthma and Allergies in Childhood.
lysozym	Ett enzym. Avspeglar den sekretoriska aktiviteten i slemhinnor.
MPO	Myeloperoxidas, ett enzym som frisätts vid bakteriella infektioner.
PEF	Peak Expiratory Flow, ett mått på lungornas funktion. Maximalt flöde vid utandning.
NO	Kväveoxid. Halten NO i utandningsluften är förhöjd vid inflammation i luftvägarna.
PM ₁₀	Luftburna partiklar med en aerodynamisk diameter på upp till 10 µm.
p-värde	Ett statistiskt mått. P-värden som är lägre än 0,05 betraktas ofta avspegla ett statistiskt säkerställt resultat.
Ultrafina partiklar	Egentligen luftburna partiklar med en aerodynamisk diameter på upp till 0,1 µm. I denna rapport används beteckningen för partiklar som mätts med ett instrument (Ptrak) som mäter även något större partiklar.
*	(i tabell) p-värde < 0,05
**	(i tabell) p-värde < 0,01

Låddiagram



SAMMANFATTNING

Vid en skola genomfördes ett försök med syfte att undersöka om användning av luftrenare respektive allergianpassning och bättre städning hade effekt på hälsa och besvär hos eleverna. I skolan valdes fem klasser med elever i årskurs 3-5 som gick i klassrum som var i stort sett identiska. Två klassrum valdes till luftrening med var sin typ av luftrenare (L1 respektive L2), två till städning och allergianpassning (S1 och S2) och ett klassrum till att utgöra kontroll (K), där inga åtgärder vidtogs. Mätningar av miljö och hälsoaspekter genomfördes dels före intervention, dels två gånger under det att åtgärderna pågick. I klassrummen mättes rumstemperatur och relativ luftfuktighet, halten i klassrumsluften av koldioxid och partiklar (PM_{10} och ultrafina) samt förekomsten av allergen från katt, hund och häst. Elevernas hälsa kartlades genom att de besvarade enkäter om besvär och genom kliniska undersökningar bestående av mätning av lungfunktion, kväveoxid i utandningsluft och förekomsten av inflammationsmarkörer i nässköljvätska.

Vid jämförelse av miljödata före och efter interventionerna sågs endast smärre förändringar. I samtliga klassrum där någon intervention vidtagits, men inte i kontrollklassrummet, minskade mängden damm på ytor. Halten av partiklar PM_{10} minskade i klassrummet med luftrenare 1, och i klassrummet med luftrenare 2 ökade halten luftburet kattallergen medan mängden hund- och hästallergen minskade. Eleverna som gick i klassrummet med luftrenare 2 fick lägre halter av inflammationsmarkören ECP i näsan, vilket kan tyda på lägre allergipåverkan. I övrigt sågs inga effekter av någon av interventionerna på elevernas rapporterade besvär, sjukfrånvaro eller vid övriga kliniska undersökningar av luftvägarna.

Resultaten antyder att om miljön i skolan, som i detta fall, redan är relativt bra kan det vara svårt att nå ytterligare väsentliga förbättringar genom installation av luftrenare eller förbättrad städning.

BAKGRUND

Många barn och ungdomar har besvär av astma, allergi eller annan överkänslighet. Utveckling av dessa sjukdomar beror både på genetiska och miljömässiga faktorer. Skolmiljöns betydelse för allergi och överkänslighetsbesvär hos eleverna har diskuterats under senare år, såväl i Sverige som internationellt (1-2). En rad undersökningar har genomförts där brister i skolmiljön påvisats, speciellt när det gäller ventilation, damm och pälsdjursallergen (3-5). Flera studier har visat att skolbarn med pälsdjursallergi och astma blir sämre i skolmiljön (6-7).

Undersökningar har visat att mängden damm i skolor är relativt hög. Kvalsterallergen förekommer endast undantagsvis i skolorna men hund-, katt- och hästallergen förekommer allmänt. Mängden pälsdjursallergen är högre i klassrum där andelen elever med pälsdjur hemma är fler och där luftomsättningen är låg. Med hänsyn tagen till dessa faktorer har visats att mängden damm och pälsdjursallergen var högre i klassrum med mer textilier och öppen förvaring av material, och lägre i klassrum där inredningen städades oftare (8). Samband sågs också mellan astmabesvär och damm och allergen i skolan. Elever med astma hade mer besvär om de gick i skolor med fler hyllor för öppen förvaring av material och högre halt kattallergen i sedimenterat damm (9). Genom uppföljande undersökningar visade vi att bland elever med tidigare tecken på atopisk läggning var insjuknandet i astma högre bland dem som gått i skolor med mer damm på ytor och mer kattallergen. Vi fann också ett samband mellan ökande halt luftburet respirabelt damm i klassrummet och att elever under skoltiden förvärvade en pälsdjursallergi (10).

Mängden damm och allergen i skolan bestäms i huvudsak av antalet elever och personal, antalet som har pälsdjur hemma, inredningens utformning, städrutiner och ventilationssystemets utformning och prestanda. Luftrenare kan också eventuellt användas för att minska mängden luftburna partiklar. För känsliga barn rekommenderas ofta ”allergistädning”, men effekten på hälsan av sådana rekommendationer är dåligt utvärderade. Detsamma gäller användning av luftrenare. Det finns ett fåtal studier som berör damm och allergennivåer i skolor och hur dessa kan minskas genom olika åtgärder (11-16). Resultaten är dock motsägelsefulla. Det saknas också i stor utsträckning interventionsstudier i skolmiljö där man sökt undersöka åtgärdernas effekt på elevernas hälsa.

Trots frånvaron av utvärderingar så övervägs och genomförs på många håll olika åtgärder med avsikt att minska förekomsten av damm och allergen i skolan i syfte att förbättra hälsan hos elever och personal. Frånvaron av systematiska och vetenskapliga utvärderingar utgör då ett problem vid bedömning av om och vilka åtgärder som bör vidtas. Mot bakgrund av detta beslutade Fastighetskontoret vid Uppsala kommun att genomföra ett försök vid en skola med dels installation av luftrenare, dels förbättrad städning och överenskom med Arbets- och miljömedicin vid Akademiska Sjukhuset om att genomföra en utvärdering av försöket. Denna rapport redovisar utvärderingen.

SYFTE

Försökets syfte var att studera om användning av två olika typer av luftrenare respektive allergianpassning genom bättre städning och andra åtgärder i form av mer lättstädade klassrum har effekt på hälsa och besvär dels hos elever med astma och pälsdjursallergi, dels hos elever utan känd allergisjukdom. Arbetshypotesen var att var och en av de olika typerna av intervention skulle ge minskade symptom och minskade kliniska tecken på inflammation i

luftvägarna hos eleverna. Ett andra syfte var att studera åtgärdernas effekt på inomhusmiljön i klassrummen, främst mängden luftburna och sedimenterade partiklar, inklusive förekomsten av pälsdjursallergen.

UPPLÄGGNING AV FÖRSÖKET

Projektet genomfördes vid Almtunaskolan i Uppsala under läsåret 2007-2008. Almtunaskolan har elever i årskurs 0-6, med i huvudsak två klasser i varje årskurs. Skolbyggnaden är byggd ca 1950 och har 2-3 våningsplan. Den har en för den tiden traditionell planlösning med klassrummen i huvudsak placerade i rad mot söder och korridor med fönster mot norr.

I skolan valdes 5 klasser i årskurs 3-5. Dessa klasser valdes eftersom de gick i klassrum som var i stort sett identiska. Två klassrum låg på våningsplan 1 och tre direkt ovanför på plan 2. Ett problem vid denna typ av utvärdering är att ha tillräckligt många försökspersoner för att kunna påvisa eventuella effekter. Båda klasserna i åk 3 hade relativt många elever och valdes därför till att få var sin luftrenare. De två, mindre, klasserna i årskurs 4 valdes till städning och allergianpassning och en klass i årskurs 5 utsågs till att utgöra kontrollgrupp. Vid projektets början fanns det 26 elever i vardera av klass 3a och 3b, 17 elever i 4a, 19 elever i 4b och 21 elever i 5b. Enstaka in- och utflyttningar skedde i flera klasser under året.

Varje klassrum hade en golvyta på ca 9 x 6,5 m (59 m²) och en total rumsvolym på ca 175 m³. Rummen hade likartad inredning med linoleummatta på golvet och målade väggar. De var försedda med deplacerande mekanisk till- och frånluft. Eleverna hade traditionella bänkar med lock och inga stoppade dynor e.d. på stolen. För att samtliga rum skulle ha så lika förutsättningar som möjligt justerades ventilationsflöden så att mängden tilluft blev något högre än frånluften i alla rum. Det totala flödet varierade dock något i de olika rummen. Dessutom storstädades alla rum och mängden ”dammsamlade inredning” minskades något i ett par av klassrummen. Dessa åtgärder vidtogs innan projektet startade.

Interventioner

1) Luftrening. Två olika typer av luftrenare installerades; luftrenare 1 (L1) i klassrum 123 (klass 3b) och luftrenare 2 (L2) i klassrum 124 (klass 3a). Installationerna skedde under jullovet och var i drift från senare delen av januari. Funktionen hos L1 byggde på partikelavskiljning med elektrostatiskt laddade filter, medan luftrenaren i L2 arbetade med mekanisk avskiljning i glasfiberfilter.

2) Städning och allergianpassning. Åtgärderna genomfördes från vårterminens start. Avsikten från början var att genomföra denna intervention i två steg; först förbättrad städning i rum 214 (klass 4a) och annan allergianpassning i rum 215 (klass 4b). Efter sportlovet skulle sedan den andra åtgärden läggas till så att bägge klassrummen hade både förbättrad städning och annan allergianpassning. Det visade sig dock redan i januari att städningen kom att vara förbättrad även i rum 215. Det har därför inte varit möjligt att utvärdera städning och allergianpassning var för sig. Fortsättningsvis används beteckningen S1 för rum 214/klass 4a och S2 för rum 215/klass 4b.

Städningen förbättrades genom utökad städning av golv och inredning. Den vanliga städningen omfattade fuktmoppning av golven varje dag, dammtorkning av fönsterbrädor en gång per vecka och dammtorkning av fria horisontella ytor på inredning var fjärde vecka. Interventionen innebar mer tid för den dagliga städningen av golven och avtorkning av

fönsterbrädor och horisontella ytor på inredning varje dag. Fuktmoppning och avtorkning med fuktig duk användes. All städning skedde efter skoldagens slut.

Allergianpassning innebar att klassrummen gjordes mer lättstädade genom minskning av mängden öppen förvaring och textilier. Inredningen sågs över. Vid behov ersattes hyllor med skåp så att totalt maximalt ca 3 kvm öppen förvaring av material fanns i klassrummet. Två, av fem, hellånga gardinvåder togs bort och kvarvarande våder kortades.

I kontrollklassrummet K, rum 216 för klass 5b, genomfördes inga förändringar.

UPPLÄGGNING AV UTVÄRDERINGEN

Utvärderingen bygger på upprepade mätningar av partiklar och allergen i klassrummen och hälsoenkäter och kliniska undersökningar av barnen. Dessa undersökningar genomfördes dels under hösten, före intervention, samt under februari respektive mars i samtliga fem klassrum och klasser.

Exponering

Luftkvaliteten kontrollerades genom mätning av luftburet damm, s.k. PM₁₀ (partiklar med en diameter på mindre än ca 10 µm) och ”ultrafina” partiklar (partiklar med en diameter på mindre än ca 1 µm) med instrument Dusttrak respektive Ptrak (TSI Inc., Shoreview, MN, USA). Dessutom mättes halten CO₂, temperatur och relativ luftfuktighet med instrument Qtrak från samma tillverkare. Mätningarna skedde under lektionstid och varje mätning täckte in en 80-minutersperiod, som skolans schema bygger på, med loggning av mätvärden en gång/minut. Fönster och dörrar till klassrummen var stängda. I varje klassrum gjordes en sådan mätning minst en gång per dag under två veckor i september, februari och mars. Instrumenten placerades bredvid varandra. I september var de placerade på en bänk längst bak i klassrummet medan de i februari och mars var placerade på ett bord mitt i klassrummet. För att utvärdera betydelsen av att instrumenten placerats på olika ställen i rummet genomfördes under vintern i samtliga klassrum vissa jämförande mätningar. Vi kunde dock inte finna någon skillnad i uppmätt genomsnittskoncentration, relaterat till instrumentens placering. Även tidigare har visats att rumsluften vanligen är tämligen väl omblandad under lektionstid.

Parallellt med dessa mätningar skedde, under februari och mars, mätning av ultrafina partiklar utomhus vid skolan. Instrumentet var placerat utanför ett fönster på våningsplan 1 ½ och som vette mot skolgården.

Efter avslutat fältarbete har varje loggat mätperiod gått igenom och alla data som loggats utanför lektionstid har tagits bort. Varje exemplar av den typ av instrument som användes tenderar att vara individer och kan redovisa något olika mätvärden jämfört med ett annat exemplar. Använda instrument har därför körts parallellt mot varandra och loggade mätvärden har i vissa fall justerats något för att kompensera för smärre olikheter. Speciellt i ett klassrum var i vissa fall uppmätta halter av ultrafina partiklar kraftigt avvikande. Detta berodde på att man haft ”fruktstund” under lektionen. Dessa mätvärden har strukits.

Förekomsten av pälsdjursallergen i klassrummen mättes under hösten och vårterminen fram till påsklovet. Proov på sedimenterat damm från luften samlades in med s.k. petriskålar som placerades på en hållare som var fäst på skolsalens bakre kortvägg, ca 1,2 m över golvet. Varje provtagare satt uppe under en vecka. En gång per vecka samlades också damm från golv och bänkar i klassrummen in med en dammsugare försedd med en speciell provtagare

(ALK Abello, Danmark). Varje klassrum dammsögs på ett standardiserat sätt under 4 minuter med tiden lika fördelad mellan golv och inredning. Totalt togs 6 prov under hösten och 8 prov under vintern av vardera typ (luft och damm) från vardera klassrum. Proverna har analyserats för närvaro av pälsdjursallergen från katt (Fel d 1), hund (Can f 1) och häst (Ecu x) med ELISA-teknik (21, 22). Allergenbestämningarna gjordes på Arbets- och miljömedicin. Dessutom bestämdes mängden damm i dammsugningsproverna genom vägning.

Hälsa

I början av höstterminen 2007 tillfrågades samtliga elever i berörda klasser och deras föräldrar genom brev till hemmet om de vill delta i utvärderingen. Samtliga som tackade ja fick en enkät med frågor om luftvägsallergi, astma och andra luftvägsbesvär. I huvudsak användes de frågor som tagits fram för de s.k. ISAAC-studierna (17). Dessutom efterfrågades elevernas uppfattning om skolmiljön.

I september, februari och mars besvarade samtliga deltagande elever ett frågeformulär om aktuella besvär och medicinförbrukning såsom om eleven under den senaste veckan besvärats av ögonsymtom, snuva, halsont, andningsbesvär, eksem, huvudvärk, feber eller andra hälsobesvär som kan ha påverkats av inomhusmiljön i skolan. Dessutom inhämtades uppgifter om sjukfrånvaro. Eleverna undersöktes kliniskt genom mätning av lungfunktion och kväveoxid (NO) i utandningsluft samt analys i nässköljvätska av markörer för inflammatorisk och sekretorisk aktivitet. Samtliga undersökningar genomfördes under skoltid i ett rum beläget i direkt anslutning till de klassrum som ingick i projektet.

Mätningen av lungfunktion omfattade mätning av lungvolymerna genom forcerad vitalkapacitet (FVC, en snabb maximal utandning) och utblåst volym på en sekund (FEV₁). Dessutom uppmättes PEF-värdet (peak expiratory flow), vilket återspeglar det snabba initiala flödet vid utandning, vilket minskar vid s.k. obstruktivt luftvägshinder som vid astma. Vid undersökningen användes en spirometer (Spirobank G, Mir, Rom, Italien). Lungfunktionsmätningarna genomfördes i enlighet med standardiserade krav från American Thoracic Society och European Respiratory Society (18). Halten NO i utandningsluften analyserades som ett mått på allergisk inflammation i luftvägarna eftersom halten är förhöjd vid allergisk astma. NO i utandningsluft mättes med hjälp av ett handhållet instrument (NIOX MINO, Aerocrine AB, Solna, Sweden) (19).

För mätning av markörer för inflammatorisk och sekretorisk aktivitet i näsan sköljdes näsan genom att 5 ml isoton koksaltlösning spolades upp och ned fem gånger i vardera näsborren varefter sköljvätskan samlades upp. I vätskan analyserades halten av fyra proteiner som var och en speglar en specifik reaktion i slemhinnan. Halten ECP (eosinofilt kationiskt protein) speglar aktiviteten hos en grupp vita blodkroppar (eosinofiler) som ökar vid allergisk snuva och astma. Myeloperoxidas (MPO) frisätts av en annan grupp vita blodkroppar (neutrofiler) vid bakteriella infektioner. Halten lysozym speglar den sekretoriska aktiviteten hos slemhinnans körtlar. Det fjärde proteinet, albumin, ökar i mängd vid läckage från slemhinnans blodkärl vid rinnsnuva. Analys av dessa inflammationsmarkörer har utförts av Klinisk Kemi vid Akademiska Sjukhuset (20).

RESULTAT

Exponering

PM_{10}

I skolor är den dominerande källan till PM_{10} (partiklar med en aerodynamisk diameter på upp till ca 10 μm) människorna själva och vad de gör; hudflagor, textila fibrer, uppvirvlat grus m.m. (23). Halten är också starkt beroende av aktiviteten i rummet.

Eftersom det var olika många elever i klasserna har vi justerat uppmätta halter efter detta. Justeringen bygger på de mätningar som gjordes under september. Vid mätningarna räknades antal personer som var närvarande och genomsnittet var 22 personer. Alla mätningar från alla klassrum lades ihop till en databas och en regressionslinje räknades fram med antal personer som var närvarande vid mätningen på x-axeln och uppmätt halt på y-axeln. Utifrån detta bedömdes att en person påverkade halten med i genomsnitt 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Uppmätta genomsnittshalter för varje mätperiod har därför justerats uppåt eller nedåt med 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ för varje person som var färre eller fler än 22 närvarande. Ingen justering gjordes om 22 personer var närvarande.

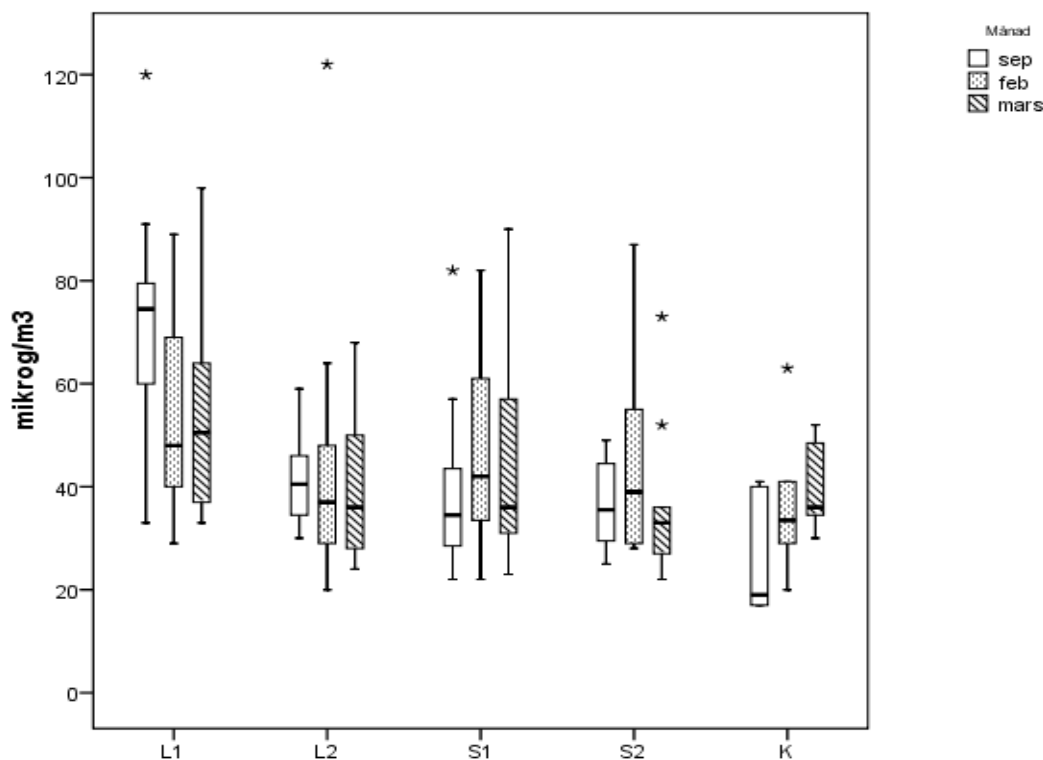
Nedan redovisas medianhalterna för mätningarna under september respektive februari och mars. Ojusterade värden redovisas i tabell 1 och justerade i tabell 2. Halterna varierade mycket mellan olika mätperiod, i samma klassrum, och det har inte gått att se någon tendens till förändring mellan februari och mars. För tydlighetens skull har mätningarna från februari och mars därför slagits ihop. För varje rum har skillnaden mellan september och februari-mars analyserats med Mann Whitney U-test. I tabellen anges det s.k. p-värdet; som anger sannolikheten för att det är skillnad mellan halten i september respektive februari-mars. En eller flera stjärnor (*) markerar att skillnaden är statistiskt signifikant.

Tabell 1 PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), ej justerat för antal närvarande personer Medianer.

Rum	September	Februari-mars	p-värde
L1	75	48	0,035 *
L2	39	39	0,654
S1	31	34	0,447
S25	32	30	0,825
K	17	32	0,093

Tabell 2 PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), justerat för antal närvarande personer. Medianer.

Rum	September	Februari-mars	p-värde
L1	75	48	0,040 *
L2	41	37	0,483
S1	35	40	0,258
S2	36	35	0,947
K	19	36	0,114



Figur 1 PM₁₀ (µg/m³) justerat för antal närvarande personer. Medianer och spridning.

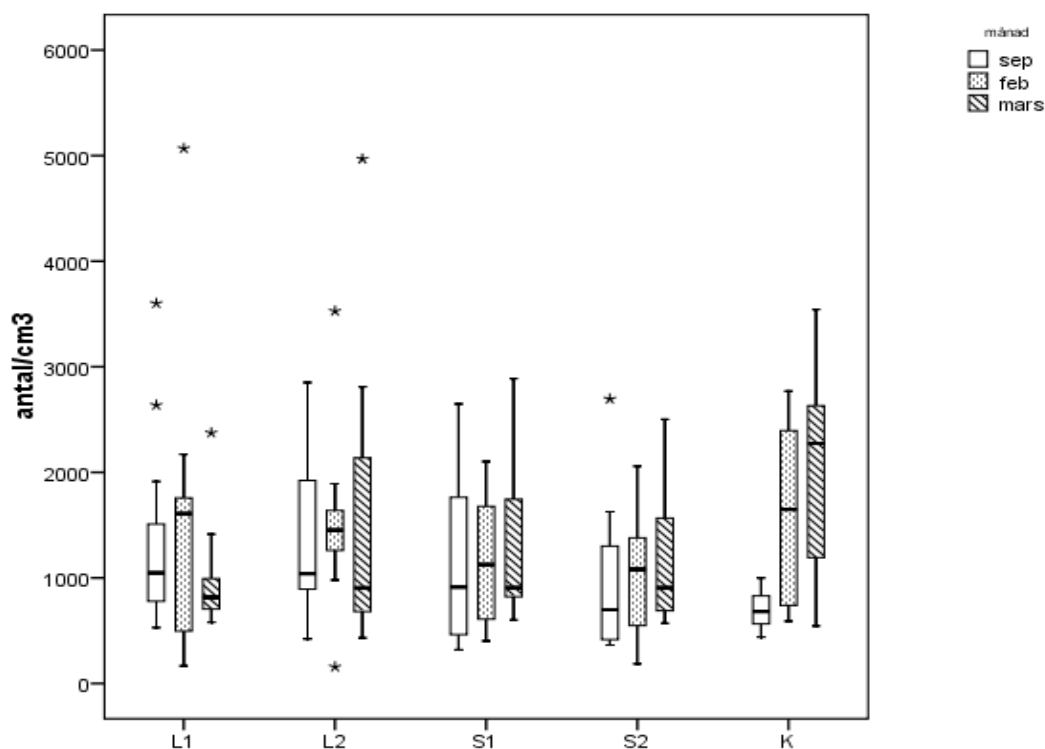
Endast för rum L1 ses en signifikant minskning i halt PM₁₀ vid jämförelse mellan före och efter interventionen. För övriga rum är det ingen skillnad. I kontrollklassrummet finns möjligen en tendens till en ökning av partikelhalten till februari-mars, dvs. efter interventionen, men skillnaden är inte statistiskt signifikant..

Ultrafina partiklar

Källan till ultrafina partiklar inomhus i skolor är framför allt utomhusluft som kommer in i lokalerna. I utomhusluften härrör de ultrafina partiklarna främst från förbränning såsom trafikavgaser, vedeldning och tobaksrök. Ultrafina partiklar inomhus kan också härröra från förbränning av stearinljus o.d. samt kemiska reaktioner mellan t.ex. flyktiga ämnen och ozon. Utan sådana källor är halten ultrafina partiklar normalt lägre inomhus än utomhus. Vid mätningarna i Almtunaskolan var den genomsnittliga halten utomhus i februari ca 5000 partiklar/cm³ och i mars ca 4000 partiklar/cm³, medan halten inomhus var betydligt lägre.

Tabell 3 Ultrafina partiklar (antal/cm³). Medianer.

Rum	September	Februari-mars	p-värde
L1	1045	960	0,591
L2	1040	1385	0,641
S1	915	940	0,477
S2	700	945	0,330
K	680	1995	0,043 *



Figur 2 Ultrafina partiklar (antal/cm³): Medianer och spridning.

I rum K var halten ultrafina partiklar signifikant högre under februari-mars än under september. För övriga klassrum sågs ingen skillnad.

Koldioxid

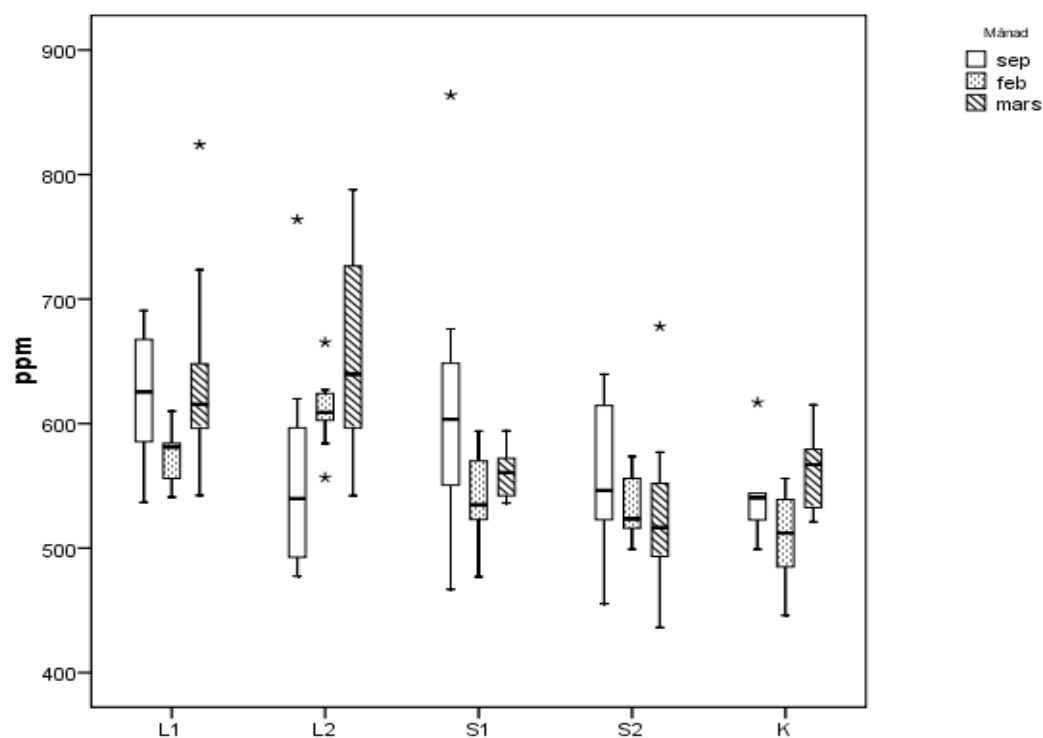
Halten koldioxid (CO₂) i skolan påverkas främst av ventilationssystemets prestanda, vädningssvanor och av hur många personer som är närvarande. Vi har därför justerat uppmätta halter efter antal personer i klassrummet under mätningen, med samma tillvägagångssätt som är beskrivet under rubriken "PM₁₀". För varje person fler respektive färre än 22 stycken räknades med ett bidrag om ± 8 ppm CO₂.

Tabell 4 CO₂ (ppm), ej justerat efter antal personer närvarande. Medianer.

Rum	September	Februari-mars	p-värde
L1	630	605	0,181
L2	540	655	0,003 **
S1	545	490	0,006 **
S2	515	475	0,025 *
K	490	495	0,961

Tabell 5 CO₂ (ppm) justerat efter antal personer närvarande. Medianer.

Rum	September	Februari-mars	p-värde
L1	625	595	0,209
L2	540	620	0,002 **
S1	605	545	0,030 *
S2	545	520	0,164
K	535	535	0,730



Figur 3 CO₂ (ppm) justerat efter antal personer närvarande. Medianer och spridning.

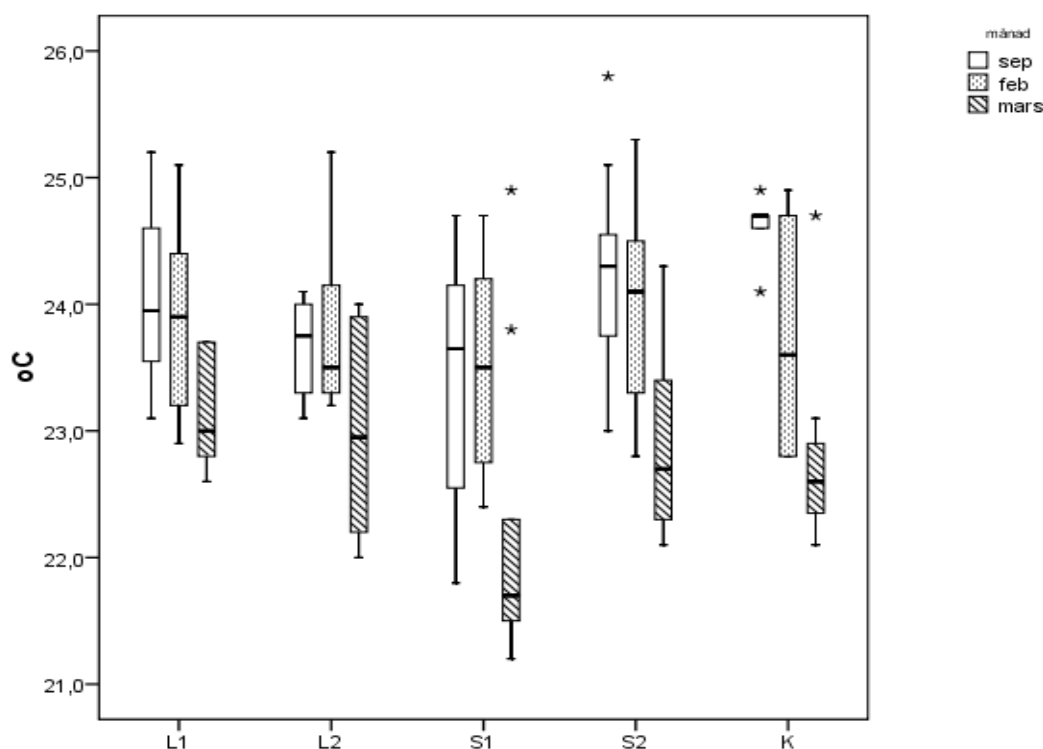
I samtliga klassrum låg halten väsentligt under normen, dvs. att halten normalt ska understiga 1000 ppm. I rum L2 var halten CO₂ signifikant högre och i S1 var den signifikant lägre under februari-mars jämfört med i september.

Rumstemperatur

Även uppmätta värden för rumstemperatur har justerats med hänsyn till antal personer närvarande. För varje 2 personer fler, eller färre, än 22 personer har uppmätt värde justerats med $\pm 0,1$ °C.

Tabell 6 Rumstemperatur (°C) justerat efter antal personer närvarande. Medianer.

Rum	September	Februari-mars	p-värde
L1	24,0	23,4	0,040 *
L2	23,8	23,4	0,295
S1	23,7	22,8	0,278
S2	24,3	23,4	0,138
K	24,7	22,8	0,048 *



Figur 4 Rumstemperatur (°C) justerat efter antal personer närvarande. Medianer och spridning.

Som framgår av tabell 6 och figur 4 var rumstemperaturen genomgående lägre under februari-mars jämfört med under september. I rum L1 och K var skillnaden statistiskt signifikant.

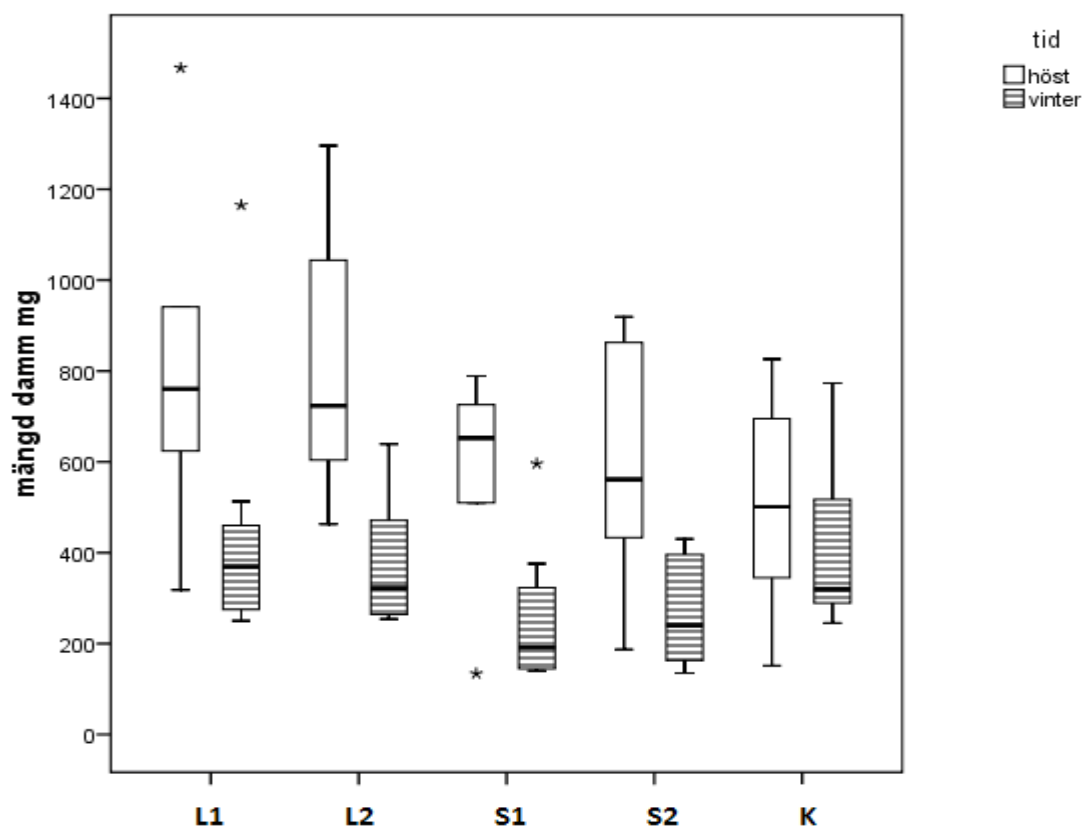
Mätningarna omfattade också relativ luftfuktighet. I september var den relativa luftfuktigheten 36-38 % medan den i februari-mars var ca 25 %, med mycket små skillnader mellan klassrummen.

Damm på ytor

Golv och andra ytor dammsögs en gång i veckan under större delen av hösten samt vintern fram till påsklovet. Mängden damm i dammsugningsproven kan ses som ett grovt mått på hur dammig miljön i klassrummen var. I tabell 7 anges total mängd damm i varje prov.mängden damm i proverna.

Tabell 7 Mängd damm i dammsugningsprov (mg). Medianer.

Rum	Höst	Vinter	p-värde
L1	761	370	0,053
L2	724	323	0,007 **
S1	653	192	0,053
S2	562	241	0,014 *
K	501	320	0,302



Figur 5 Mängd damm (mg) i dammsugningsprov. Medianer och spridning.

I rum L2 och S2 var mängden damm i proverna signifikant lägre efter att interventionerna genomförts, jämfört med under hösten. Även i L1 och S1 fanns en tydlig tendens till minskning av mängden damm. I kontrollklassrummet fanns ingen skillnad.

Pälsdjursallergen

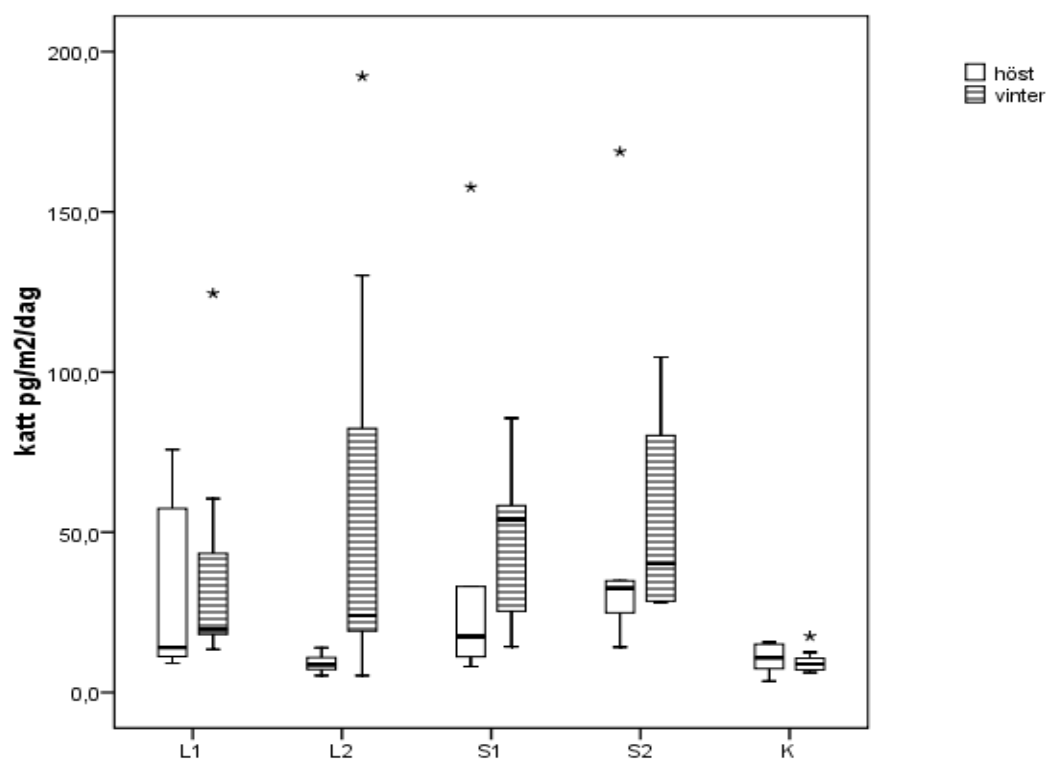
Mängden pälsdjursallergen i ett klassrum beror i stor utsträckning på hur många elever och personal i rummet som har pälsdjur hemma eller på annat sätt har regelbunden kontakt med pälsdjur. Låga halter av allergen finns dock i miljöer även utan djurägare.

Tabell 8 Antal djurägare i respektive klassrum

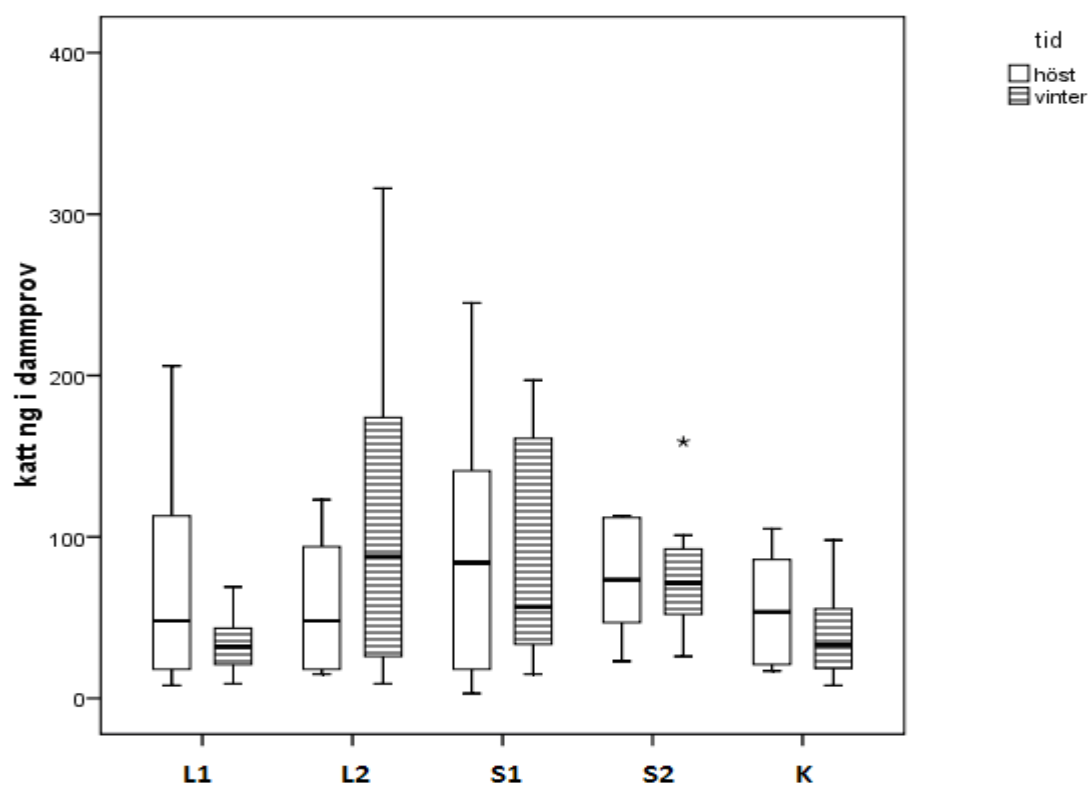
Rum	Katt	Hund	Häst
L1	3	1	4
L2	3	1	2
S1	2	2	1
S2	3	0	3
K	2	2	3

Som framgår av tabell 8 varierade antalet djurägare mellan klasserna. Vi har bedömt att det inte är möjligt att justera uppmätta allergenhalter efter detta. När det gäller att bedöma eventuella effekter av interventionerna är det alltså i detta fall speciellt viktigt att i första hand bara jämföra halterna inom respektive klassrum. Liksom vid övriga statistiska beräkningar av skillnader i miljön har skillnaderna mellan höst och vinter beräknats med Mann Whitney U test och en signifikansnivå om 5 %.

Kattallergen



Figur 6 Kattallergen, Fel d 1, (pg/m²/dag) i luft, samlat i petriskålar. Medianer och spridning.



Figur 7 Kattallergen, Fel d 1, (ng) i dammprov. Medianer och spridning.

Kattallergen uppmättes i samtliga klassrum. I figur 6 kan ses att i samtliga rum där interventioner genomfördes tenderade halten luftburet kattallergen att vara högre på vintern jämfört med hösten, medan det motsatta gällde för kontrollklassrummet. För rum L2 var ökningen statistiskt signifikant (p-värde 0,027). Total mängd kattallergen i dammprover ger inte samma bild. Numeriskt var mängden allergen ungefär lika eller något lägre efter interventionerna i alla klassrum utom i L2, men inga skillnader var statistiskt signifikanta.

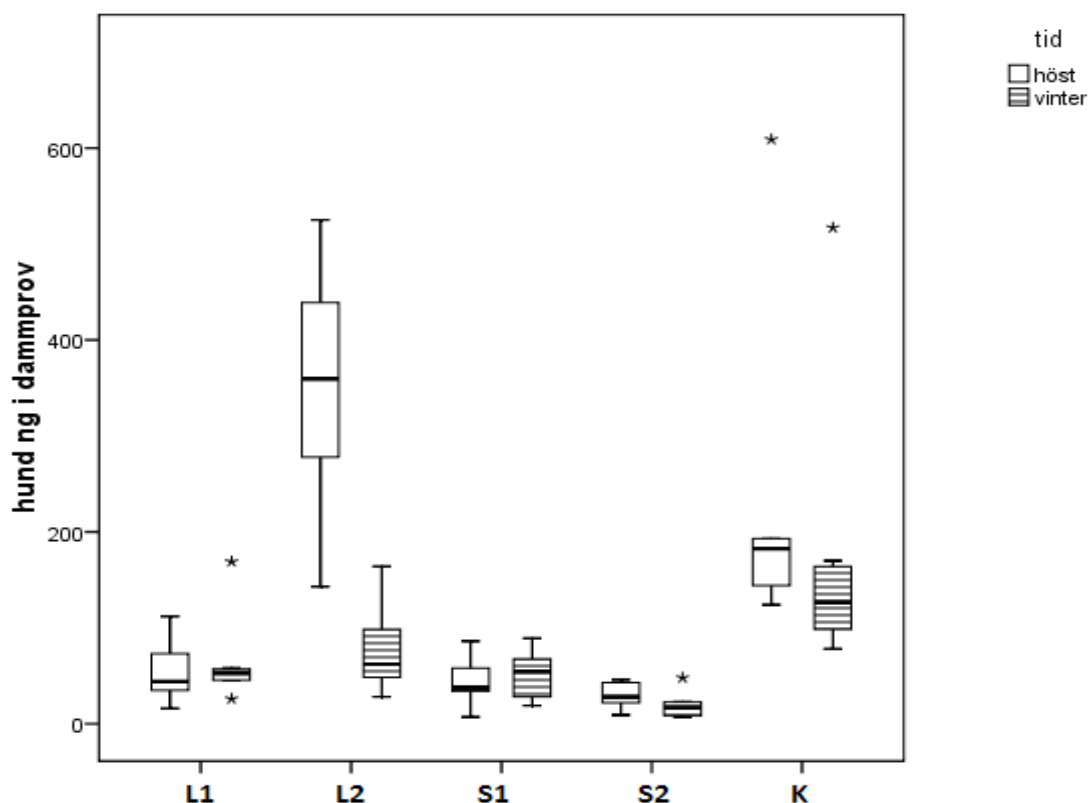
Hundallergen

Metoden för att analysera hundallergen är fortfarande inte tillräckligt känslig för att detektera de låga halter som ofta förekommer, speciellt i luftprover. I en stor andel av petriskålarna låg halten hundallergen under vad som är möjligt att mäta med dagens metoder. För petriskålarna redovisas därför inte halten, utan endast antalet prover med mätbar mängd allergen.

Tabell 9 Antal positiva prover för hundallergen i luft

Rum	Höst	Vinter
L1	0/6	1/7
L2	5/6	4/7
S1	0/6	0/7
S2	1/6	0/7
K	3/6	2/7

Med undantag för prover från rum L2 och K fanns alltså endast enstaka prov med detekterbara halter av hundallergen i luftproverna.



Figur 8 Hundallergen, Can f 1, (ng) i dammprov. Medianer och spridning.

I damm är allergenhalterna högre och analysmetoden fungerar därför bättre. I rum L2 var mängden hundallergen signifikant lägre på våren jämfört med under hösten (p-värde 0,003).

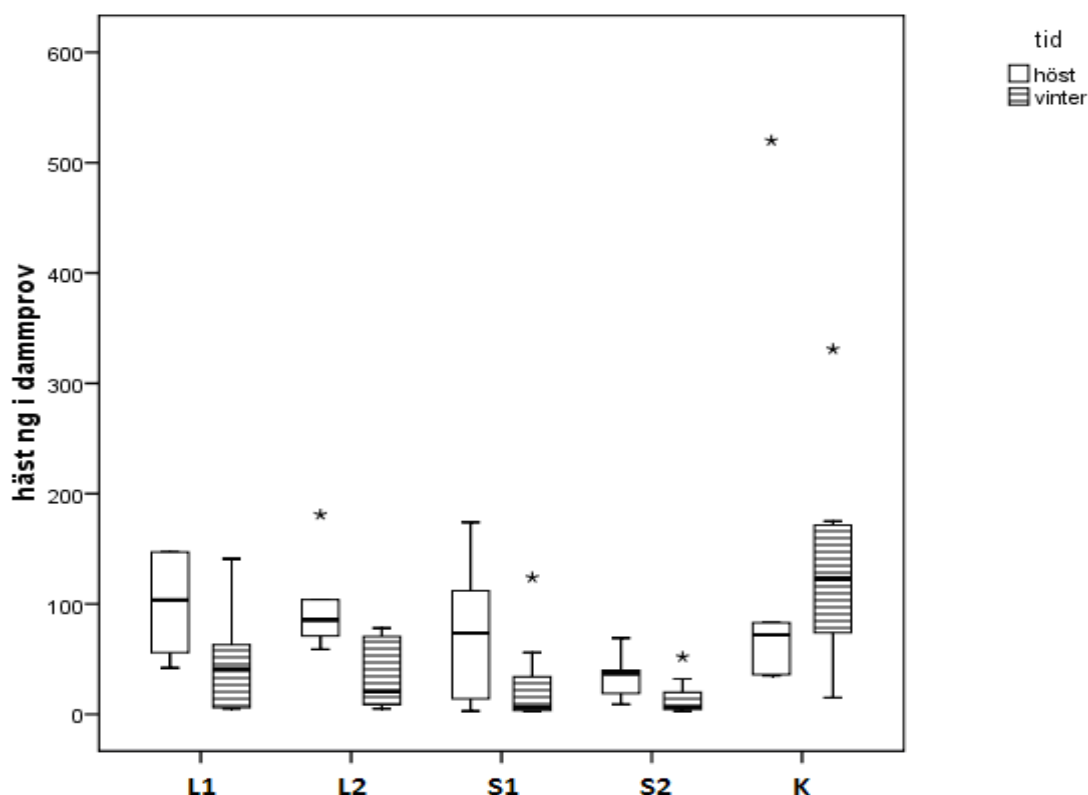
I S2 fanns ingen hundägare och detta avspeglas också i låg mängd allergen i såväl luft som damm. I K fanns två hundägare och där fanns också relativt höga halter i såväl luft som damm. Enligt uppgift fanns endast en hundägare i L2, varför den relativt höga halten hundallergen är svår att förstå.

Hästallergen

Även för hästallergen i luft fanns en hel del prover med halter under detektionsgränsen. I L2, S1 och S2 var andelen positiva prover högre under hösten än under vintern, medan andelen inte förändrades för L1 och K.

Tabell 10 Antal positiva prover för hästallergen i luft, av totalt antal prover

Rum	Höst	Vinter
L1	1/6	2/7
L2	3/6	0/7
S1	2/6	1/7
S2	3/6	0/7
K	3/6	3/7



Figur 9 Hästallergen, Equ X, (ng) i dammprov. Medianer och spridning.

Numeriskt var mängden hästallergen i dammprov lägre i samtliga interventionsklassrum under vintern jämfört med under hösten och för L2 och S2 var skillnaden statistiskt signifikant ($p=0,017$ respektive $0,028$). I kontrollklassrummet sågs däremot en inte signifikant tendens till mer hästallergen under vintern. I S2 uppmättes mycket låga halter, trots att relativt många i klassen red.

Sammanfattning exponering

Tabell 11 Förändring i exponering, efter jämfört med före intervention. Tom ruta betyder att det inte var någon förändring.

Rum	CO ₂	PM ₁₀	Ultrafina partiklar	Damm på ytor	Katt i luft	Katt i damm	Hund i luft	Hund i damm	Häst i luft	Häst i damm
L1		minskat								
L2	ökat			minskat	ökat			minskat	minskat	minskat
S1	ökat									
S2				minskat						minskat
K			ökat							

I tabell 11 sammanfattas resultaten när det gäller skillnader mellan vinter och höst, dvs. efter jämfört med före intervention, när det gäller mätta föroreningar i klassrummen. ”Minskat” betyder att halten var statistiskt signifikant lägre efter intervention, ”ökat” att halten var högre efter intervention och tom ruta betyder att ingen statistiskt signifikant skillnad sågs. Överlag var skillnaderna små. Störst förändring sågs i rum L2, med en minskning av damm på ytor, hund- och hästallergen, men med en ökning av kattallergen och CO₂. Även i S2 sågs en minskning av damm på ytor och total mängd hästallergen i dammet.

Om vi tar hänsyn även till ”tendenser” eller väljer en lägre signifikansnivå i de statistiska analyserna (10 %) så tillkommer ytterligare skillnader. Mängden damm på ytor minskade i alla klassrum utom i kontrollklassrummet. När det gäller allergen sågs dessutom en minskning av hästallergen i damm i L1, av hästallergen i luft i S2 och av hundallergen i damm i K. Inga ytterligare ”tendenser” sågs för CO₂ och partiklar. Sammantaget tycks det alltså varit en minskning av damm på ytor. När det gäller pälsdjursallergen var det i huvudsak oförändrad förekomst av kattallergen men viss minskning av hund- men framför allt av hästallergen.

Hälsa

I berörda klasser fanns vid projektets start totalt 109 elever. Av dessa har 102 (94 %) besvarat hälsoenkäterna och 93 (85 %) har deltagit i de kliniska undersökningarna. Av de 102 eleverna hade 17 läkardiagnostiserad astma (17 %) och 41 (41 %) hade allergi mot vanligt förekommande allergen såsom pollen och pälsdjur.

Besvär och sjukfrånvaro

Bland efterfrågade besvär senaste veckan var det vanligast att ha haft något allmänbesvär (huvudvärk eller trötthet) vilket rapporterades av i genomsnitt 37 elever varje undersökningsomgång (tabell 12). Näst vanligast var ögon- och näsbesvär (genomsnitt 34 elever). Andningsbesvär under den senaste veckan angavs av i genomsnitt 24 elever. Detta kan jämföras med att totalt 17 elever hade uppgivit att de hade läkardiagnostiserad astma. I genomsnitt 7 elever hade använt astma- eller allergimedicin under den senaste veckan. Bland eleverna där L1 installerats, sågs en viss men signifikant ökning av allmänbesvär efter intervention. Ökningen är inte stor och när man genomför ett så stort antal statistiska test finns alltid en risk för att det trots allt rör sig om ett slumpmässigt resultat. Någon annan effekt av interventionerna på förekomsten av efterfrågade symtom kunde inte ses. Inte heller sågs någon påverkan på medicinförbrukning eller sjukfrånvaro.

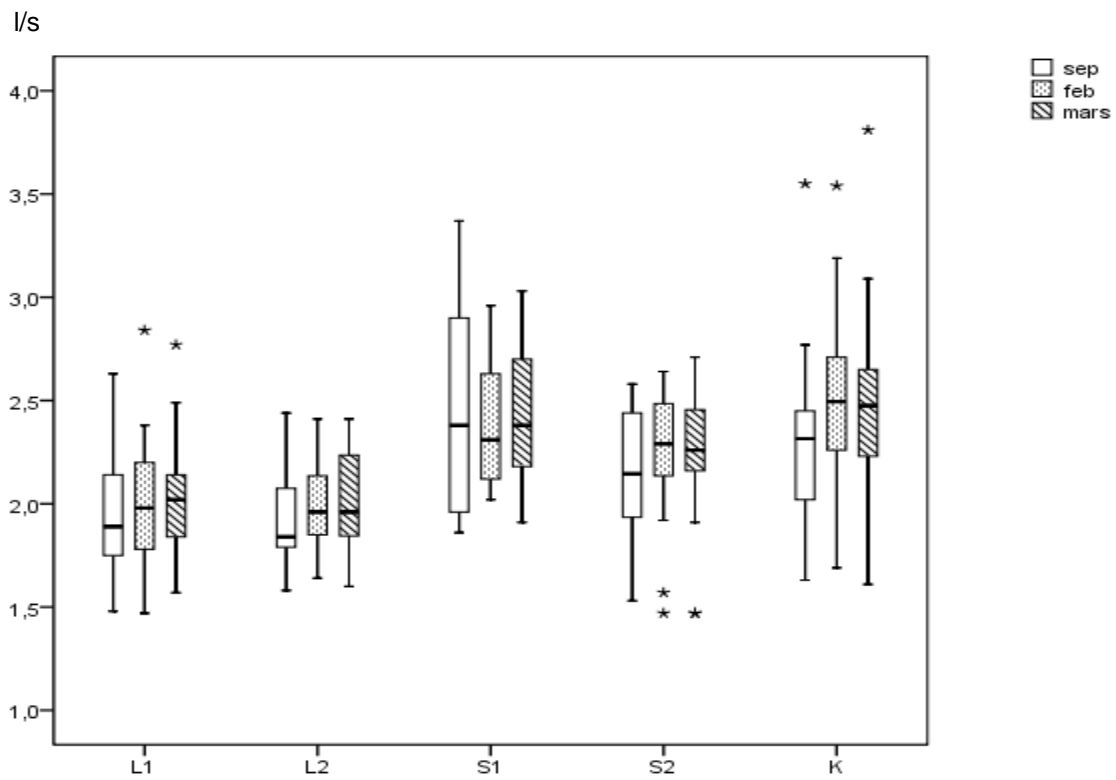
Tabell 12 Antal elever som rapporterade aktuella besvär

Typ av besvär	Klass	Sep	Feb	Mars	p-värde
Ögon-/näsbesvär	L1	4	7	8	0,102
	L2	11	6	9	0,368
	S1	4	1	6	0,156
	S2	6	7	6	0,497
	K	10	10	8	0,905
Andningsbesvär	L1	4	6	5	0,264
	L2	5	6	5	0,779
	S1	3	2	5	0,651
	S2	6	6	6	0,819
	K	5	7	3	0,368
Allmänbesvär	L1	6	8	10	0,050 *
	L2	10	10	9	1,000
	S1	6	5	8	0,687
	S2	7	8	10	0,459
	K	7	7	5	0,607
Astma-/allergimedicin	L1	1	1	3	0,368
	L2	2	2	2	0,717
	S1	1	1	0	0,607
	S2	2	2	1	0,368
	K	2	1	0	0,368
Varit sjukfrånvarande	L1	4	6	6	0,495
	L2	2	8	3	0,296
	S1	6	2	6	0,180
	S2	4	9	8	0,417
	K	8	7	7	0,401

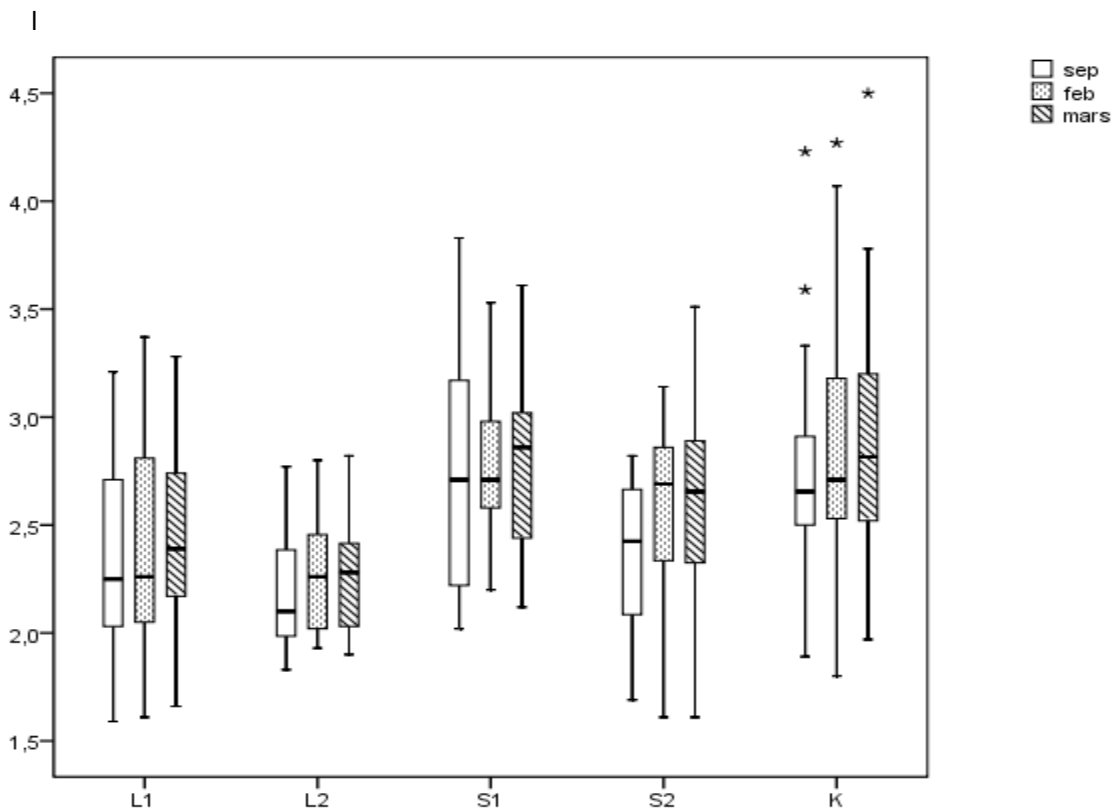
Lungfunktion och NO i utandningsluft

Lungfunktionen, hur mycket luft man kan andas in och ut, brukar mätas för att undersöka om en person är påverkad av t.ex. astma. Men lungvolymen påverkas även av en rad andra faktorer. Som väntat sågs en effekt över tid med ökande lungfunktion beroende på elevernas tillväxt (24). FEV₁ och FVC ökade bland eleverna i alla klasser. För klass S1 var dock ökningen lägre och inte statistiskt signifikant. Även PEF var högre under vintern jämfört med i september, men för klass S1 och S2 var ökningen inte signifikant. När vi i de statistiska analyserna tog hänsyn till elevernas normala lungtillväxt under projektet sågs inga förändringar kopplade till interventionerna (fig 10-12).

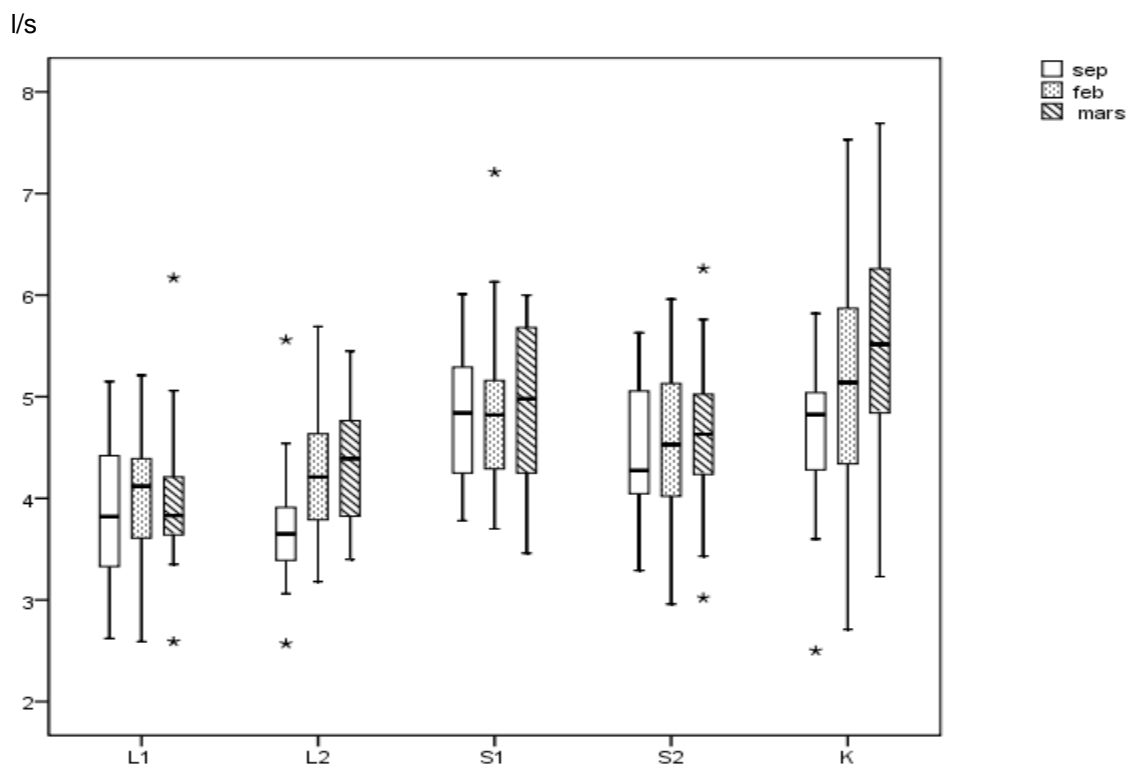
Inte heller halten NO i utandningsluften påverkades signifikant av interventionen med luftrenare eller städning (figur 13).



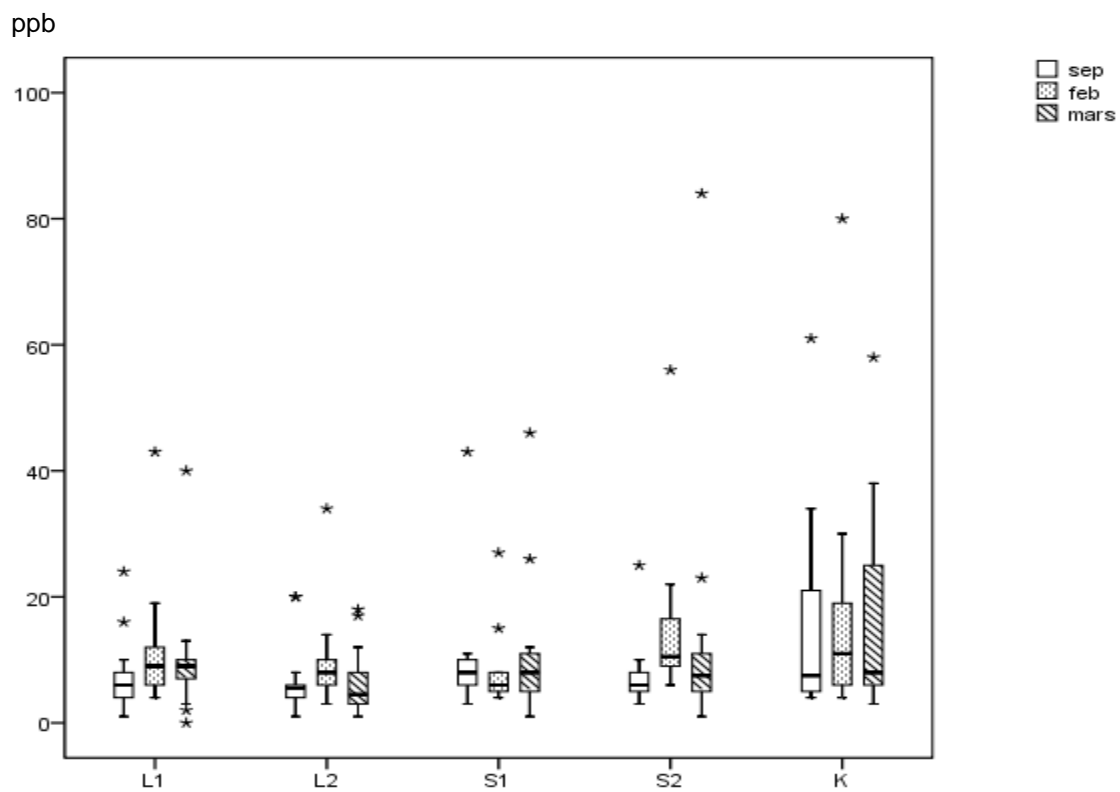
Figur 10 FEV₁ (l/s). Medianer och spridning.



Figur 11 FVC (l). Medianer och spridning.



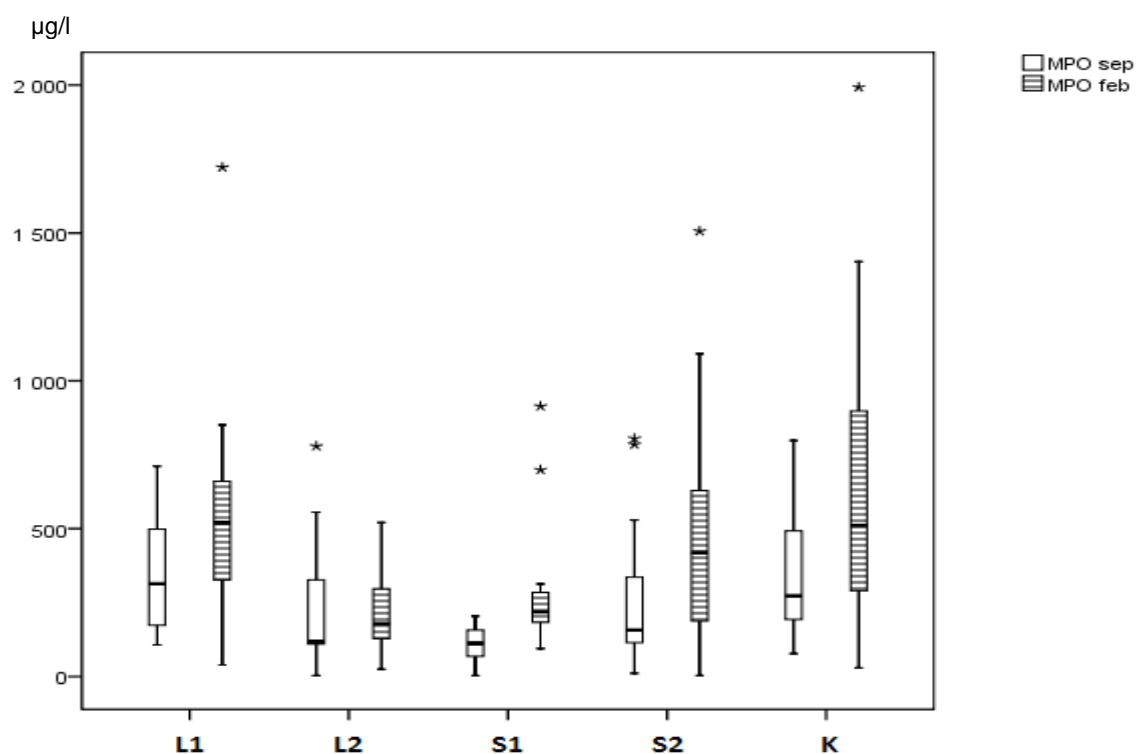
Figur 12 PEF (l/s). Medianer och spridning.



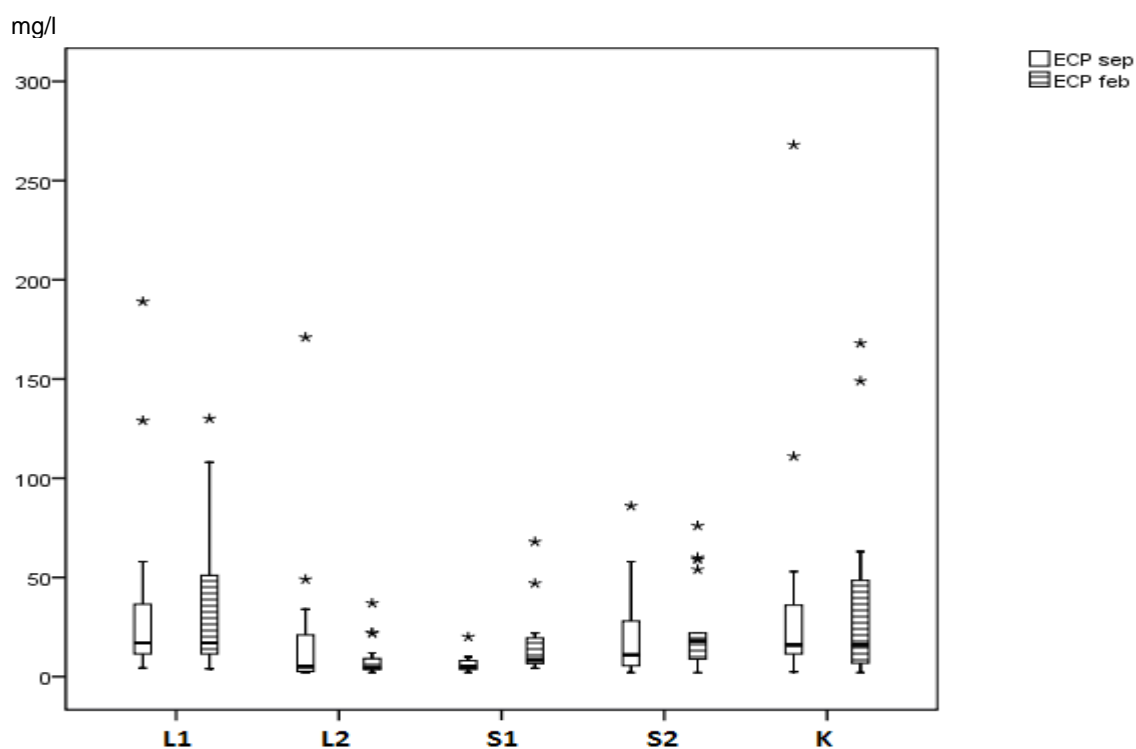
Figur 13 NO (ppb). Medianer och spridning.

Inflammationsmarkörer i nässköljvätska

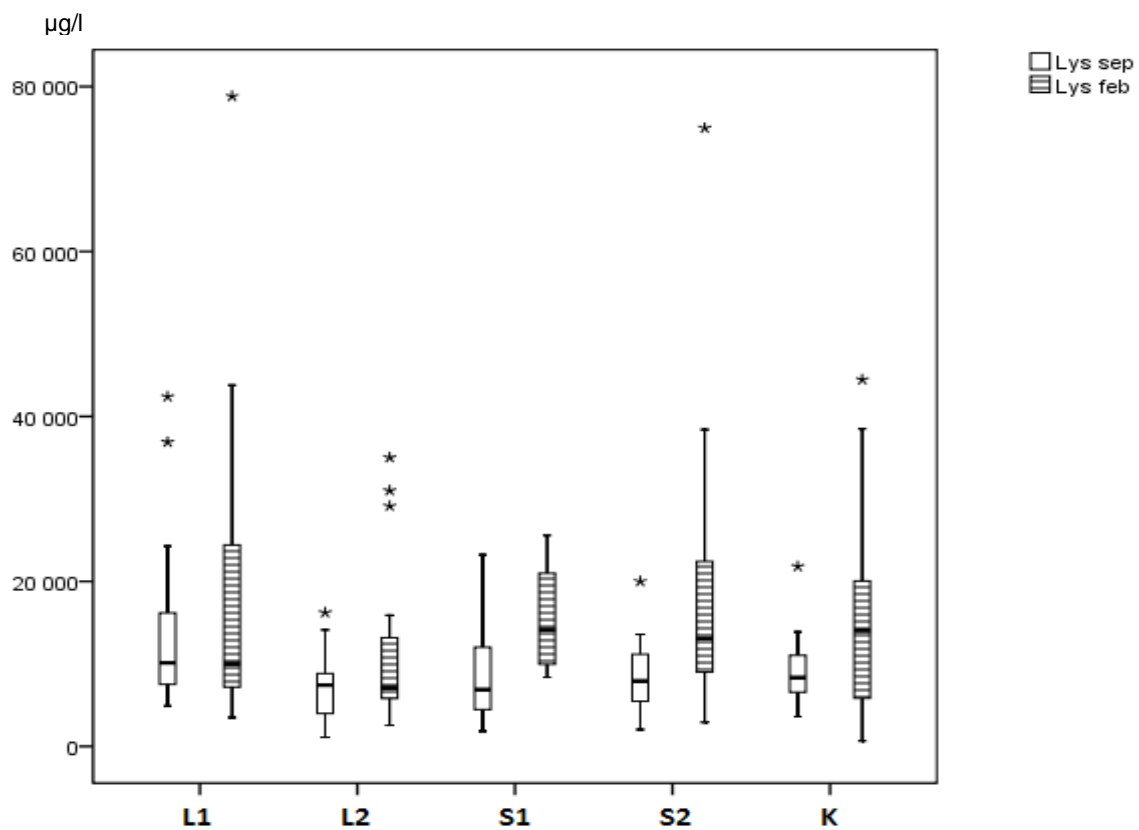
Vid undersökningen i mars var det en relativt stor andel av eleverna som inte deltog i provtagningen med nässköljning. Vid utvärderingen av interventionernas effekt på inflammationsmarkörer i nässköljvätska har vi därför valt att använda resultaten endast från september och februari (figur 14-17).



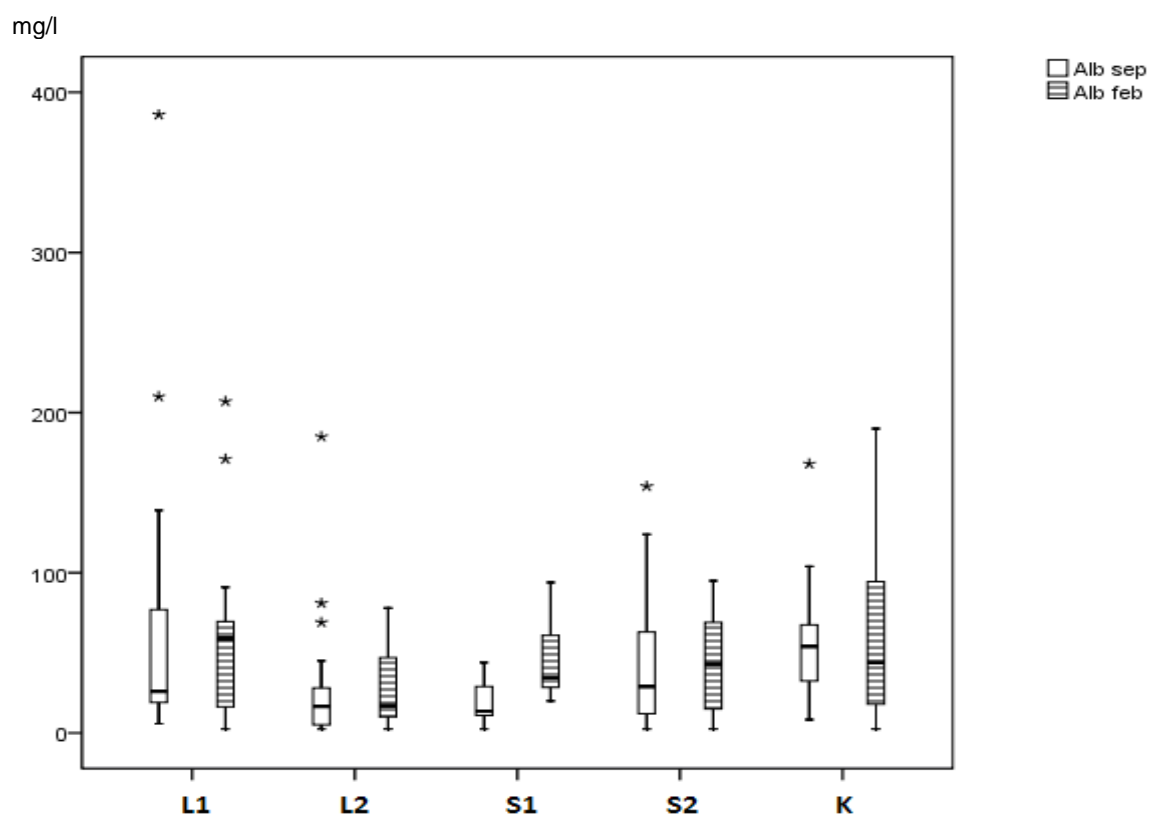
Figur 14 MPO (µg/l). Medianer och spridning.



Figur 15 ECP (mg/l). Medianer och spridning.



Figur 16 Lysozym (µg/l). Medianer och spridning.



Figur 17 Albumin (mg/l). Medianer och spridning.

En numeriskt ökad halt av inflammationsmarkörerna från höst till vinter noterades för alla elever sammantaget, men bilden varierade mellan klasserna. I klass S1, S2 och K var koncentrationen numeriskt högre i februari än i september. Ökningen var speciellt hög i klass S1. För L1 och L2 var bilden mer splittrad men inga skillnader var signifikanta. Korrigering i de statistiska analyserna för tidstrenden gav signifikant minskad halt ECP i klass L2 ($p=0,03$). I övrigt fanns inga signifikanta effekter av luftrenare eller städning på mätta inflammationsmarkörer i nässköljvätska.

Betydelsen av atopi

Interventionerna riktade sig mot att söka minska förekomsten av damm och pälsdjursallergen, dvs. sådana faktorer som kan misstänkas ha störst betydelse för elever med luftvägsallergi. Hälsodata har därför även analyserats med hänsyn tagen till atopi (allergisk läggning). Utifrån sina svar på den inledande enkäten om medicinska bakgrundsfaktorer har eleverna delats upp i atopiker (de som svarat att de haft astma, pollenallergi eller pälsdjursallergi) respektive icke atopiker.

Andelen elever med atopi varierade mellan de olika klasserna. I klass S1 bedömdes 47 % vara atopiker, medan andelen i övriga klasser var 26-28 %.

För lungfunktionsparametrarna fanns inga egentliga skillnader mellan elever med respektive utan atopi. Detsamma gällde koncentrationen av inflammationsmarkörer i nässköljvätska. Däremot fanns en genomgående tendens till att halten NO i utandningsluft var högre hos atopiker och bland eleverna i klasserna L1 och K var skillnaden statistiskt signifikant.

När det gäller effekt av interventionerna kunde vi inte se någon skillnad mellan atopiker och icke atopiker.

DISKUSSION

När det gäller föroreningshalter i klassrummen sågs få statistiskt signifikanta förändringar mellan perioden före och efter intervention. Störst förändringar sågs i rummet där luftrenare 2 installerats, där både hund- och hästallergen minskade och kattallergen och CO₂ ökade. Om vi tar hänsyn även till "tendenser" genom att välja en lägre signifikansnivå i de statistiska analyserna förstärks intrycket av en minskning av mängden damm på ytor samt hund- och hästallergen. De olika pälsdjursallergenerna har i sig något olika storlek och vikt, men merparten av allergenet sitter på andra, något större (5-20 µm), partiklar och det är inte känt att dessa skulle ha t.ex. skilda aerodynamiska egenskaper. Samtidigt sitter en påtaglig del av allergenet på partiklar som är mindre än 5 µm och dessa kan förbli luftburna under lång tid, upp till flera dagar. Denna kunskap om luftburna allergenpartiklar har främst tagits fram för kattallergen, men det mesta tyder på att även andra pälsdjursallergen har en liknande storleksfördelning (25).

Halten PM₁₀ minskade signifikant i rum L1, medan inga skillnader efter intervention sågs i övriga klassrum. Jämfört med i övriga rum var halten PM₁₀ speciellt hög i rum L1 under mätningarna i september, medan halten var mer lika övriga rum vid mätningarna under februari och mars. Man kan spekulera i om just denna klass hade speciellt livliga aktiviteter under de två septemberveckor som mätningarna pågick. Vi har dock varit i klassrummet upprepade gånger under mätningarna och inte noterat något speciellt. Ett annat alternativ är att minskningen beror på just installationen av en luftrenare, och att en sådan har störst effekt vid högre föroreningshalter. I en nyligen publicerad undersökning fann man att

partikelhalterna kunde minskas med elektrostatiske luftrenare, och att effekten var större ju lägre luftomsättningen var (26).

Halten ultrafina partiklar var genomgående mycket låg i samtliga klassrum och väsentligt lägre än utomhus. I kontrollklassrummet var dock halten ultrafina partiklar signifikant högre på våren än på hösten. Halten ultrafina partiklar inomhus påverkas mycket starkt av om man har speciella källor inomhus. En vanlig källa i skolor är ”fruktstund” och skalning av apelsiner o.d. På ett par minuter kan halten i klassrummet stiga från t.ex. 2000 till 100 000 partiklar/cm³. Det tar sedan viss tid innan denna halt klingat av varför den genomsnittliga halten under lektionen påverkas starkt. Eftersom inte alla klasser hade fruktstund beslöt vi att ta bort sådana mätvärden som bedömdes vara påverkade av detta. I rum K hade man inte fruktstund, men vi har vid flera mätperioder noterat andra oidentifierade lukter och vid dessa pass har halten ultrafina partiklar varit något högre än annars. Den troligaste förklaringen till ökningen av ultrafina partiklar i rum K är alltså påverkan från någon speciell oidentifierad aktivitet eller kemisk-teknisk produkt.

I rum L2 var halten CO₂ signifikant högre på vintern jämfört med under hösten, medan i rum S1 var den lägre på vintern jämfört med hösten. I samtliga rum var dock CO₂-halten genomgående låg och även om nämnda skillnader var signifikanta var de knappast betydelsefulla. Halten CO₂ används ju som en indikator på ventilationsflöde per person. Ventilationsflödena justerades innan projektet startade för att få rätt balans mellan mängden till- och frånluft. Det totala ventilationsflödet varierade dock något i de olika klassrummen. Flödet var högst i rum S2 och K, något lägre i rum S1 och lägst i L1 och L2. Eftersom det var olika antal elever i klasserna blev det en påtaglig skillnad i flöde per person; ca 16 l/s och person i rum S1, S2 och K och ca 9,5 l/s och person i rum L1 och L2. Detta kan förklara varför CO₂-halten genomgående var något högre i de rum där luftrenare installerades. I samtliga klassrum uppfyllde dock luftomsättningen den norm som finns, ca 8 l/s och person. Vi bör också komma ihåg att luftrenarna inte var konstruerade för att påverka t.ex. CO₂-halter, utan endast mängden partiklar.

Vid insamling av sedimenterat damm för allergenanalyserna arbetade vi på ett standardiserat sätt med 4 minuters dammsugning jämnt fördelat på olika hårda ytor i klassrummet. Mängden damm som samlades i varje enskilt prov har vägts och används som ett grovt mått på mängden damm på ytor. I samtliga rum utom i kontrollklassrummet fanns en signifikant eller nästan signifikant minskning av mängden damm på ytor efter intervention. Det antyder att även om halten allergen inte påverkades entydigt minskade troligen mängden damm totalt av alla typer av intervention.

Trots att endast en elev i klass L2 angav att man hade hund var mängden hundallergen speciellt hög i detta rum. Det gäller speciellt under höstterminen, men till även under vintern. Vi känner inte till orsaken till detta. Av klassens 27 elever svarade 25 på enkäten. Det kan inte uteslutas att någon av dem som inte svarade på enkäten hade hund, eller att någon i klassen som själv inte hade hund ändå hade tät kontakt med hund. Skillnaden är dock större än vad som borde kunna förväntas om ytterligare en eller två personer hade haft hund.

När det gäller egenrapporterade symtom under den senaste veckan låg dessa på ca 40 % för de vanligaste symtomen allmänbesvär (huvudvärk och trötthet) och näsbesvär. Detta är i samma storleksordning som setts i tidigare studier (10). Symtomförekomsten förändrades inte väsentligt från höst till vinter och kunde inte kopplas till någon av interventionerna i klassrummen.

En förväntad signifikant tillväxt av lungfunktionen kunde visas hos eleverna men ingen förbättrad lungfunktion som skulle kunna tillskrivas interventionen

Eftersom det finns en känd säsongsvariation för åtminstone inflammationsmarkören ECP (27) korrigerades för en tidstrend hos markörerna. Då framkom en klinisk signifikant lägre halt av allergimarkören ECP i näsan hos eleverna efter att luftrenare 2 installerats i klassrummet. Denna markör kan användas för att kartlägga allergisk astma och en lägre halt skulle således indikera en lägre allergisk aktivitet (28).

Slutsats

I samtliga klassrum där någon intervention genomfördes minskade mängden damm på ytor. Eleverna som gick i klassrummet med luftrenare 2 fick lägre halter av allergimarkören ECP, vilket kan tyda på lägre allergisk påverkan. I samma klassrum minskade mängden damm på ytor samt hund- och hästallergen, medan mängden kattallergen i luft, men inte i damm, ökade. I övrigt sågs få effekter av interventionen med luftrenare eller förbättrad städning och allergianpassning på rapporterade besvär, sjukfrånvaro eller vid kliniska undersökningar av luftvägarna. Utvärderingen antyder att om miljön i skolan, som i detta fall, redan är relativt bra kan det vara svårt att nå ytterligare väsentliga förbättringar genom installation av luftrenare eller förbättrad städning.

REFERENSER

- 1) Borres MP, Abrahamsson G, Andersson B, Bråkenhielm G, Fabricius T, Foucard T, Hååg C, Rinné-Ljungkvist L. Asthma and allergies at school – a Swedish national position paper. *Allergy* 2002;57:454-457.
- 2) Tanter DC. Indoor allergens in settled school dust: a review of findings and significant factors. *Clin Exp Allergy* 2005;35(2):126-36.
- 3) Patchett K, Lewis S, Crane J, Fitzharris P 1997. Cat allergen (Fel d 1) levels on school children's clothing and in primary school classrooms in Wellington, New Zealand. *J Allergy Clin Immunol* 1997;100:755-9.
- 4) Instanes C, Hetland G, Berntsen S, Lovik M, Nafstad P. Allergens and endotoxin in settled dust from day-care centers and schools in Oslo, Norway. *Indoor Air* 2005; 15(5):356-62.
- 5) Daisey JM, Angell WJ, Apte MG. Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools – an analysis of existing information. *Indoor Air* 2003; 13(1):63-64.
- 6) Almqvist C, Wickman M, Perfetti L, Berglind N, Renström A, Hedrén M, Larsson K, Hedlin G, Malmberg P. Worsening of asthma in children allergic to cats, after indirect exposure to cat at school. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;163:694-698.
- 7) Lönnkvist K, Halldén G, Dahlén SE, Enander I, van Hage-Hamsten M, Kumlin M, Hedlin G. Markers of inflammation and bronchial reactivity in children with asthma, exposed to animal dander in school dust. *Pediatr Allergy Immunol* 1999;10:45-52
- 8) Smedje G, Norbäck D. Irritants and allergens at school in relation to furnishings and cleaning. *Indoor Air* 2001;11:127-133.
- 9) Smedje G, Norbäck D, Edling C. Asthma among secondary school pupils in relation to the school environment. *Clin Exp Allergy* 1997;27:1270-1278.

- 10) Smedje G, Norbäck D. Incidence of asthma diagnosis and self-reported allergy in relation to the school environment—a four year follow-up study in schoolchildren. *Int J Tuberc Lung Dis.* 2001;5:1059-66.
- 11) Karlsson A-S, Andersson B, Renström A, Svedmyr J, Larsson K and Borres M. Airborne cat allergen reduction in classrooms that use special clothing or ban pet ownership. *J Allergy Clin Immunol* 2004;113(6):1172-7.
- 12) Karlsson A-S, Renström A, Hedrén M, Larsson K. Allergen avoidance does not alter airborne cat allergen levels in classrooms. *Allergy* 2004;59:661-667.
- 13) Elfman L, Schoeps K-O, Wessen B, Gambe A, Nybom R. The measurement of indoor environmental parameters in a newly started and refurbished school. *Proceedings Healthy Buildings* 2000;1:341-46.
- 14) Smedje G. Cleaning methods in relation to particles and allergen at school. *Proceedings from 9th International Conference on Indoor Air quality and Climate, Indoor Air 2002, Santa Cruz, California, Vol 3, pp.110-113.*
- 15) Mattsson M, Smedje G, Holmquist L, Vesterberg O, Wålinder R. Mixing and displacement ventilation compared in classrooms; distribution of particles, cat allergen and CO₂. *Proceedings from Healthy Buildings 2003; (2):458-464.*
- 16) Mattsson M, Stojanovic B, Elfman L. Effect of particulate air cleaners on the content of airborne dust and cat allergen in classrooms. *Proceeding from Roomvent, 2004.*
- 17) Asher MI, Keil U, Anderson HR, m.fl. 1995. International study of asthma and allergies in childhood (ISAAC): rationale and methods. *Eur Respir J*; 8:483-91.
- 18) ATS. 1995. Standardization of Spirometry, 1994 Update. American Thoracic Society. *Am J Respir Crit Care Med* 152(3): 1107-1136.
- 19) Alving K, Janson C, Nordvall L. Performance of a new hand-held device for exhaled nitric oxide measurement in adults and children. *Respiratory Research* 2006; 7:67.
- 20) Wålinder R, Norbäck D, Wieslander G, Smedje G, Erwall C, Venge P. 1998. Nasal patency and biomarkers in nasal lavage--the significance of air exchange rate and type of ventilation in schools. *Int Arch Occ Environ Health* 71(7): 479-486.
- 21) Chapman MD, Vailes LD, Ichikawa K. Immunoassays for indoor allergens. *Clin Rev Allergy Immunol.* 2000;18:285-300.
- 22) Elfman L, Brännström J, Smedje G. Detection of horse allergen around a stable. *Int Arch Allergy Immunol* 2008; 145:269-76.
- 23) Janssen NAH, Hoek G, Harssema H, Brunekreef B. Childhood exposure to PM₁₀: relation between personal, classroom, and outdoor concentrations. *Occup Environ Med* 1997; 54:888-94.
- 24) Knudson RJ, Lebowitz MD, Holberg CJ. Changes in the normal maximal expiratory flow-volume curve with growth and aging. *Am Rev Respir Dis* 1983; 127: 725-734.
- 25) O'Meara T, Tovey ER. Monitoring personal allergen exposure. *Clin Rev Allergy Immunol* 1000; 18:341-95.
- 26) Wargocki P, Wyon DP, Lynge-Jensen K, Bornehag CG. The effects of electrostatic particle filtration and supply-air filter condition in classrooms on the performance of schoolwork by children. *HVAC & Research* 2008; 14 (3): 327-44.

27) Ferdousi HA;Munir AK, Zetterström O, Dreborg SK. Seasonal differences of peak expiratory flow rate variability and mediators of allergic inflammation in non-atopic adolescents. *Pediatr Allergy Immunol* 2001; 12(5): 238-46.

28) Marcucci F, Sensi LG, Migali E, Coniglio G. Eosinophil cationic protein and specific IgE in serum and nasal mucosa of patients with grass-pollen-allergic rhinitis and asthma. *Allergy*. 2001 Mar;56(3):231-6

Rapport från Arbets- och miljömedicin 4/2009

Åtgärder för att minska damm och allergen i skolan
- effekt på allergibesvär och miljö

Akademiska sjukhuset, Uppsala Universitet, 751 85 Uppsala, Tfn 018-611 36 42
www.ammuppsala.se