

Evaluarea calității aerului interior într-o școală primară și soluții de îmbunătățire prin utilizarea de purificatoare de aer

Tiberiu CATALINA(1), Andrei DAMIAN(1), Andreea VARTIRES(1), Marius NITA(1), Vicentiu RACOVITEANU(1), Catalin NEGRUTIU(2)

(1) Universitatea Tehnica de Constructii Bucuresti, Facultatea de Inginerie a Instalatiilor

(2) DAIKIN Europa-Centrala Romania

1. Introducere

Elevii își petrec o bună parte a timpului lor în sala de clasă (aproximativ 25%), făcând ca sălilor de clasa să li se acorde o foarte mare importanță, considerat ca și un al doilea camin. Gradul de ocupare al sălilor de clasă este foarte ridicat, sunt cele mai aglomerate în comparație cu oricare altă clădire din lume, de aceea este vital ca climatul interior să nu afecteze confortul, sănătatea sau performanța intelectuală a ocupanților. Proiectele de școli vizează atingerea unor norme minime de siguranță, sănătate, confort și încadrarea într-un buget minim, fără a avea drept scop optimizarea sănătății și a confortului utilizatorilor.

Început în ianuarie 2022, proiectul Școli Sănătoase (<https://scolisanatoase.ro/>) reunește o echipă interdisciplinară de experți formată din ingineri de instalații, ingineri constructori, arhitecți, antropologi, cercetători, chimiști, medici, profesori și este coordonată de Tiberiu Catalina, conferențiar la Universitatea Tehnică de Construcții București.

Dimensiunea de cercetare aplicativă a proiectului Școli Sănătoase are ca obiectiv implementarea și testarea într-o școală-pilot din București a unor soluții eficiente energetic de asigurare a calității aerului interior, a confortului termic, acustic și vizual. Proiectul propune, ca primă etapă, o serie de măsurători experimentale ale parametrilor interiori: temperatura, umiditatea, nivelul de praf, nivelul de compuși organici volatili, nivelul de radon, nivelul de dioxid de carbon și a altor poluanți interiori, nivelul de zgomot, nivelul iluminatului natural și artificial etc. **Dilema în cercetarea privind clădirile de școală provine din încercarea de a găsi un echilibru în triumfiul: eficiență energetică – confort termic – calitatea aerului interior.**

Confortul termic se bazează pe un cumul de 6 factori: temperatura aerului, temperatura radiantă, rata de ventilare a aerului, umiditatea relativă, calitatea îmbrăcămînții și rata metabolică de bază.

Aerisirea naturală prin intermediul ferestrelor exclusiv în timpul pauzelor nu este suficientă. Iar majoritatea școlilor nu deține sisteme de ventilare mecanică. Controlul ventilării poate fi

însă dificil de realizat, din cauza condițiilor variabile (vânt, temperatură, presiune). Astfel că, în timpul unor temperaturi foarte ridicate vara sau foarte scăzute iarna, soluția nu este aplicabilă. Aparatele de climatizare utilizate în mod curent în școli nu îmbunătățesc calitatea aerului interior, iar ventilarea exclusiv naturală induce pierderi necontrolate de energie.

Pe măsură ce dovezile din studii de cercetare se acumulează, acestea trebuie nu doar arhivate, cât mai ales menținute la un nivel ușor accesibil, pentru a putea fi aplicate în noi proiecte. Iar pe măsură ce ne antrenăm și din ce în ce mai multe organizații vor utiliza proiectarea bazată pe dovezi (Evidence-based Design – EBD), va crește încărcătura de responsabilitate de pe umerii arhitecților și inginerilor.

Copiii sunt deosebit de sensibili și în dezvoltare fizică (plămânii acestora nu sunt ajunși la maturitate) și în comparație cu un adult sănătos, vor suferi mult mai devreme consecințele unui mediu interior neadecvat. Școlile sunt ocupate de un număr mare de elevi care produc poluanți precum CO₂, umiditate și praf. În plus, componentele clădirii, mobilierul și echipamentele contribuie la eliberarea de poluanți, cum ar fi compușii organici volatili (COV), formaldehida. Este necesară o ventilație adecvată pentru a elimina acești poluanți din aerul interior, totodată elevii produc și căldură, care, fără o ventilație adecvată, crește temperatura în clasă. Numărul copiilor cu probleme de sănătate legate de calitatea aerului este adesea subestimat, la nivel mondial, astmul este cea mai răspândită boală cronică la copii.

Un mediu sănătos și curat, lipsit (pe cât posibil) de alergeni (acarieni de casă, alergeni de pisică, polen etc.) și alte substanțe iritante (luând în considerare de exemplu vapori chimici sau praful din aer) reduce considerabil șansa de astm bronșic.

Expunerea copiilor cu astm bronșic și alte tulburări ale căilor respiratorii cât mai puțin posibil reduce dezvoltarea bolii, ceea ce aduce beneficii funcționării lor zilnice și sănătății pe viitor.

„În ultimii ani, au fost efectuate diverse studii privind relația dintre ventilație și performanța de învățare (Bakó-Biró et al., 2008; De Gids et al., 2008; De Gids et al., 2006; Shaughnessy și colab., 2006; Wargoeki și colab., 2005).” Performanța de învățare scade puternic când debitul de ventilare alocat unei singure persoane este sub 4 l/s pers.

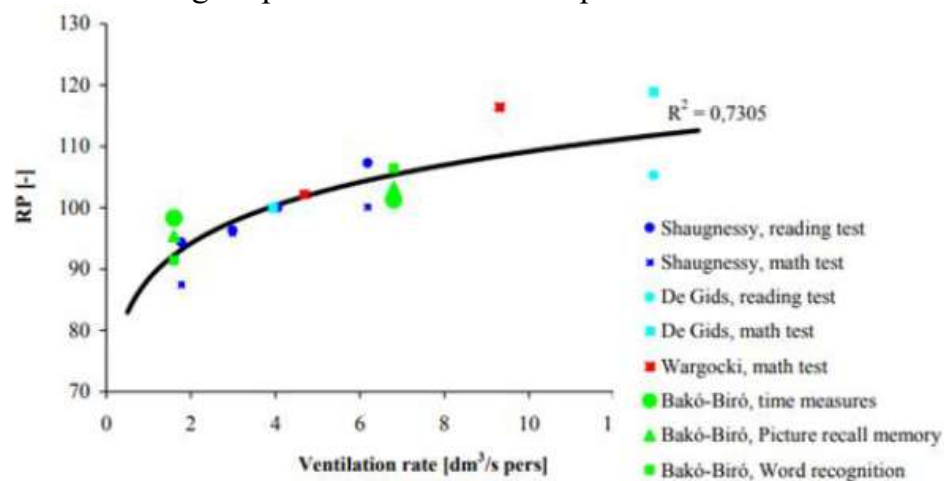


Figura 1. Relația dintre rata de ventilare și performanța relativă a învățării (Franchimon et al., 2009; Jacobs et al., 2007)

În figura 1 se poate observa că un mediu interior bun se realizează printr-o bună proiectare a clădirii și a sistemelor, dar și managementul și întreținerea adecvată împreună cu utilizarea responsabilă a dotărilor de către utilizatorii clădirii.

Prevalența calității aerului interior într-o clădire școlară, ca exemplu, o școală elementară din Finlanda, este evidențiată în articolul "*Indoor environmental quality in school buildings, and the health and wellbeing of students*" și are ca scop studiul la nivel de școală sau de clasă a simptomelor auto-raportate folosind date colectate printr-un chestionar de sănătate care cuprinde 37 de întrebări.

În urma chestionarului au rezultat următoarele:

Cele mai frecvente simptome săptămânale în semestrul de primăvară au fost oboseala (7,7%), nasul înfundat (7,3%) și durerea de cap (5,5%).

„La nivel de grup, valorile cele mai frecvent găsite peste 95% au fost respirația îngreunată, tusea cu respirație îngreunată și febra peste 37°C.”

„Factorii IEQ cei mai frecvent raportați care cauzează disconfort zilnic în sălile de clasă au fost zgomotul (11,0%) și calitatea slabă a aerului din interior (IAQ – Indoor air quality) (7,0%), care au fost, de asemenea, cele mai frecvent găsite, peste 95% la nivel de grup, împreună cu temperatura interioară ridicată resimțită și praf sau murdărie.”

„Deoarece elevii sunt principala sursă de poluare interioară în sălile de clasă, evaluarea calității aerului s-a bazat pe măsurători ale concentrației de dioxid de carbon.”

Particulele de nivel microscopic pătrund adânc în plămâni, ocolind apărarea naturală a organismului și pot intra în sânge provocând boli pulmonare, cancer, accidente vasculare, cerebrale și atacuri de cord. După ce particulele sunt inhalate, soarta fiecărei particule depinde de dimensiunea acesteia: cu cât particulele sunt mai fine, cu atât pătrund mai departe în corp. PM10, particule cu diametre mai mici de 10 micrograme (μg), sunt suficient de mici pentru a trece prin firele de păr din nas. Acestea călătoresc în tractul respirator și în plămâni, unde elementele metalice de pe suprafața particulelor oxidează celulele pulmonare, lezându-le ADN-ul și crescând riscul de cancer. Interacțiunile particulelor cu celulele pulmonare pot duce, de asemenea, la inflamație, iritație și blocarea fluxului de aer, crescând riscul sau agravând bolile pulmonare care îngreunează respirația, cum ar fi tulburarea pulmonară obstructivă cronică (BPOC), boala pulmonară chistică și bronșiectazia.

Obiectivele articolului sunt de a analiza calitatea aerului prin măsurări ale concentrației de CO₂ dar și a particulelor de praf PM_{2.5}, PM₁₀. Un al doilea obiectiv important a fost impactul unor purificatoare produse de DAIKIN asupra reducerii particulelor de praf.

2. STUDIU DE CAZ

2.1 Descriere scoala-pilot

Clădirea pilot este situată în București are regimul de înălțime Sp+P+2E, are amprenta la sol de aproximativ 765 m² și din informațiile primite de la administratorul imobilului reiese că a fost construită în jurul anului 1967, proiectul fiind un proiect tip re folosibil la mai multe școli. Construcția are o formă dreptunghiulară (cu excepția zonelor de capăt) cu laturile exterioare de 18.80 m x 45.50 m, având o deschidere marginală de 6.20m și patru deschideri cu mărimea cuprinsă între 3.00m și 3.20m și 15 travee cu mărimea cuprinsă între 3.00 m și 3.10 m. Înălțimile de nivel sunt: 1.80 m subsolul tehnic parțial și 3.40 m parterul, etajul 1 și etajul 2. Clădirea are acoperiș de tip pod cu șarpană din lemn.

Din punct de vedere funcțional clădirea cuprinde săli de clasă, laboratoare pentru chimie, biologie și informatică, cancelarie, bibliotecă, grupuri sanitare, spații administrative (birouri pentru director, secretariat, etc.), cabinet medical, spații tehnice, anexe și depozitari.

Este de tip șarpanță acoperită cu tablă zincată și sisteme de jgheaburi și burlane din tablă zincată. Tâmplăria exterioară din PVC și geam termopan este parțial degradată.



Figura 2. Poza exterioara cladire si poza interior sala de curs

Au avut loc lucrări de reabilitare cu scopul de a crește performanța energetică a unității de învățământ, respectiv reducerea consumurilor energetice pentru încălzirea spațiilor, în condițiile asigurării și menținerii climatului termic interior, modernizarea acestora precum și ameliorarea aspectului urbanistic al localităților.

Lucrările s-au făcut conform celor menționate în auditul energetic întocmit pentru aceasta unitate de învățământ.

Lucrările de intervenție au presupus modificări ale elementelor de clădire care afectează consumurile energetice și calitatea învățământului în această unitate.

Aceste lucrări au fost concepute încât să asigure o imagine arhitecturală îmbunătățită, integrare în ansamblul urban, precum și o creștere a confortului utilizatorilor.

2.2 Descriere purificatoare de aer DAIKIN

Purificatoarele de aer Daikin filtrează particulele, alergenii și mirosurile neplăcute, pentru a furniza aer curat pentru respirație, optimizând nivelurile de confort și reducând riscurile asupra sănătății.

Purificatoarele de aer vă permit să controlați în totalitate locația și momentul de furnizare a aerului curat.

Dimensiunile compacte și greutatea ușoară vă permit să amplasați purificadorul de aer acolo unde este nevoie, iar comenzile sofisticate, dar ușor de utilizat, vă permit să controlați pe deplin debitul, nivelurile de umiditate și utilizarea programată.

Modurile diferite au funcții prestabilite, care pot fi utilizate în caz de situații speciale.

Asemenea tuturor produselor și sistemelor Daikin, purificatoarele de aer au eficiență energetică ridicată, grație senzorilor speciali, care detectează nivelul de poluanți din aer și pornesc și opresc unitatea în funcție de necesitate, în timp ce programatoarele permit programarea purificării automate a aerului.

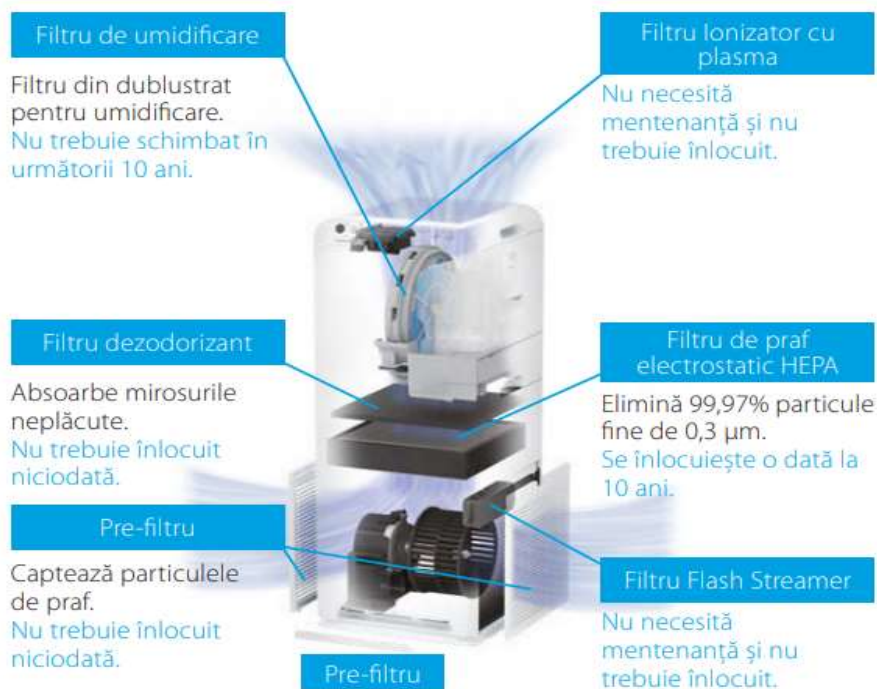


Figura 3. Componenta unui purificator de aer Daikin MCK22W

Purificatorul de aer MCK55W de la Daikin are o capacitate de purificare a aerului de la 54m³/h în modul Silențios până la 330m³/h în modul Turbo, o capacitate de umidificare a acestuia de la 200ml/h până la 500ml/h și un consum maxim de energie de 56W în modul Turbo.

Din punct de vedere acustic, acesta produce un nivel de zgomot cuprins în intervalul 19-53dB(A), depinzând de modul de funcționare ales.

Caracteristicile purificatorului de aer MCK55W:

- **Funcția de umidificare**
Purificatorul are funcția de umidificare pentru menținerea unui raport optim de umiditate și protecție împotriva virusurilor.
- **Structura inovatoare**
Datorită noii structuri inovatoare pe verticală, aparatul este compact, eficient și silențios, iar grație roților incluse în pachet, aparatul este portabil și ușor.
- **Filtru HEPA electrostatic**
Elimină 99,97% particule fine de 0,3 μm de praf și poluanți. Filtrul are o durată de viață de 10 ani.
- **Modul antipolen**
Prin crearea unei turbulențe ușoare în aerul din încăpere, polenul este prins înainte de a ajunge pe podea.
- **Funcție de monitorizare praf PM2.5**
Controlează și afișează nivelul de praf și miros.
- **Child lock - protecție pentru copii**
Previne operarea necorespunzătoare a purificatorului de aer de către copii.
- **Modul economic**
În modul de economisire a energiei, setarea ventilatorului se mută automat pe Silențios sau Încet. Consumul de energie și zgomotul de funcționare sunt reduse.
- **Aer curat și purificat**
Aer curat obținut prin descărcarea ionilor de plasmă activi, cu ajutorul tehnologiei Flash Streamer.
- **Modul Auto**
Setarea ventilatorului (Silențios, Încet, Standard, Mare) este reglată automat în funcție de gradul de impuritate al aerului și de umiditate (când funcția de umidificare este activă). Capacitatea de purificare crește odată cu puterea ventilatorului.

3. REZULTATE

Prima etapa de masura a constat in evaluarea concentratiei de CO2 si a temperaturii interioare asa cum se poate observa din Figura 4. Putem observa ca se depaseste pragul maxim admisibil iar concentratia de CO₂ ajunge la valori de 3000 ppm in mare partea a timpului de ocupare.

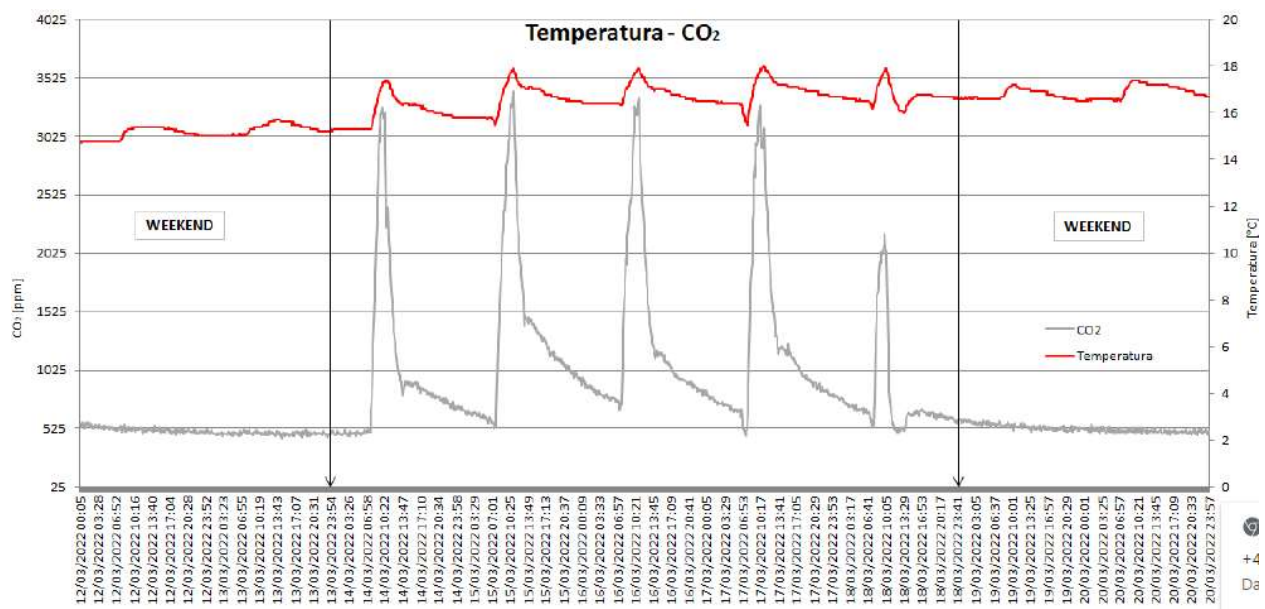


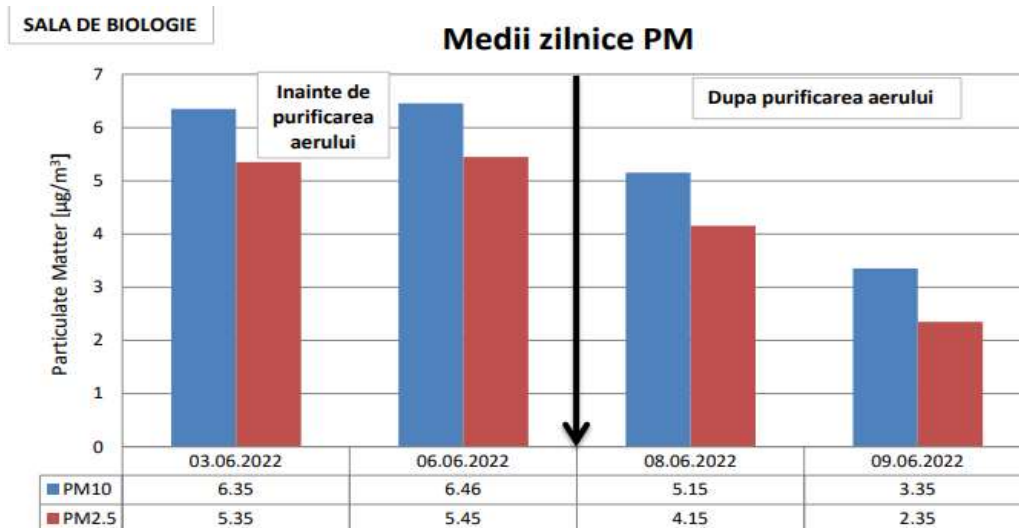
Figura 4. Masurari CO2 si temperatura sala de curs – saptamana 12.03-20.03.2022

Concentrația de CO₂ crește în momentul în care elevii se adună în sala de clasă (cu aproximativ 30 de minute înainte de începerea orelor). Creșterea este una rapidă, înregistrându-se valori mari la aproximativ 2 ore de la începerea orelor.

Conform ASHRAE (The American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers) nivelul de concentrații de CO₂ interior nu trebuie să depășească valoarea de 1000ppm.

La finalul orelor concentrația de CO₂ scade brusc, scădere datorată elevilor ce părăsesc încăperea și ferestrelor ce sunt deschise în vederea aerisirii sălii de curs. În momentul în care sursa de poluare interioară principală (oamenii) nu mai sunt prezenți și ferestrele sunt deschise, concentrația de dioxid de carbon scade destul de rapid (în 2 ore), atingând valori cuprinse între aproximativ 950ppm și 1500ppm. Practic, aerul interior viciat a fost “spălat” de aerul exterior curat, astfel concentrația de dioxid de carbon din aerul interior a fost diminuată.

După închiderea ferestrelor, concentrația de CO₂ continuă să scadă lent, această scădere este datorată neetanșeităților (infiltrațiilor de aer), realizându-se permanent schimburi de aer cu încăperile vecine și/sau exteriorul. La finalul zilelor din cursul săptămânii, la ora 23:00, s-au înregistrat valori cuprinse între 460ppm și 687ppm, valori la care calitatea aerului interior se consideră ca fiind una bună.



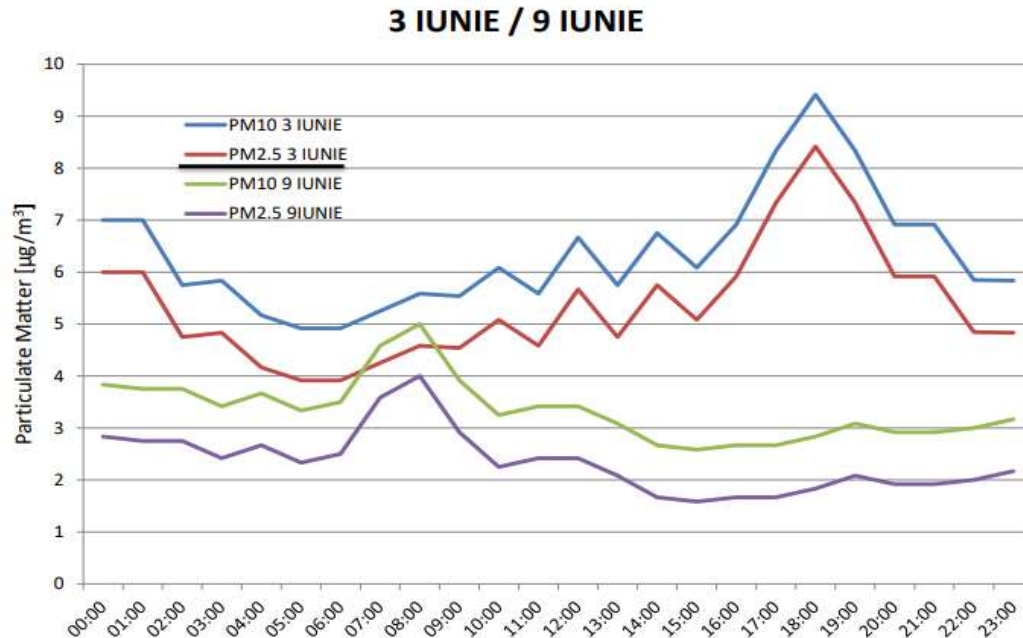


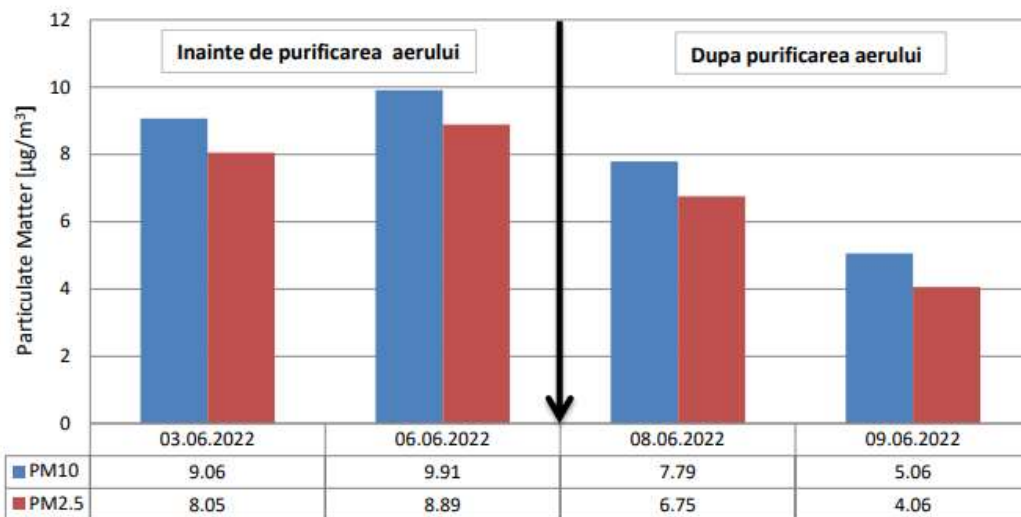
Figura 5. Analiză particule de praf PM2.5 și PM10 cu și fără purificatoare – Sala de Biologie

S-a ales ca și perioadă de analizare a datelor înregistrate de senzorii Daikin IAQ zilele de până în montarea purificatoarelor de aer Daikin MCK55W, zilele de 3 și 6 iunie, respectiv zilele de după montarea acestora, acestea fiind zilele de 8 și 9 iunie. În ziua de 7 iunie, la aproximativ ora 15:00 au fost instalate purificatoarele de aer, datele înregistrate în această zi nefiind luate în calcul în cadrul comparației.

În sala de Biologie se poate observa o îmbunătățire a calității aerului prin scăderea concentrației particulelor de praf PM2.5 de la o medie de $5.45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ înregistrată înaintea instalării purificatoarelor de aer, la o medie de doar $2.35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ după instalarea acestora. În ceea ce privește concentrația de particule de praf mai mari PM10, aceasta a scăzut de la valoarea medie înregistrată de $9.91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ la o valoare medie de $5.06 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Practic, concentrațiile de particule de praf PM2.5 și PM10 au fost reduse cu aproximativ 50% în cazul sălii de Biologie.

SALA DE CLASA 3B - 6C

Medii zilnice PM



3 IUNIE / 9 IUNIE

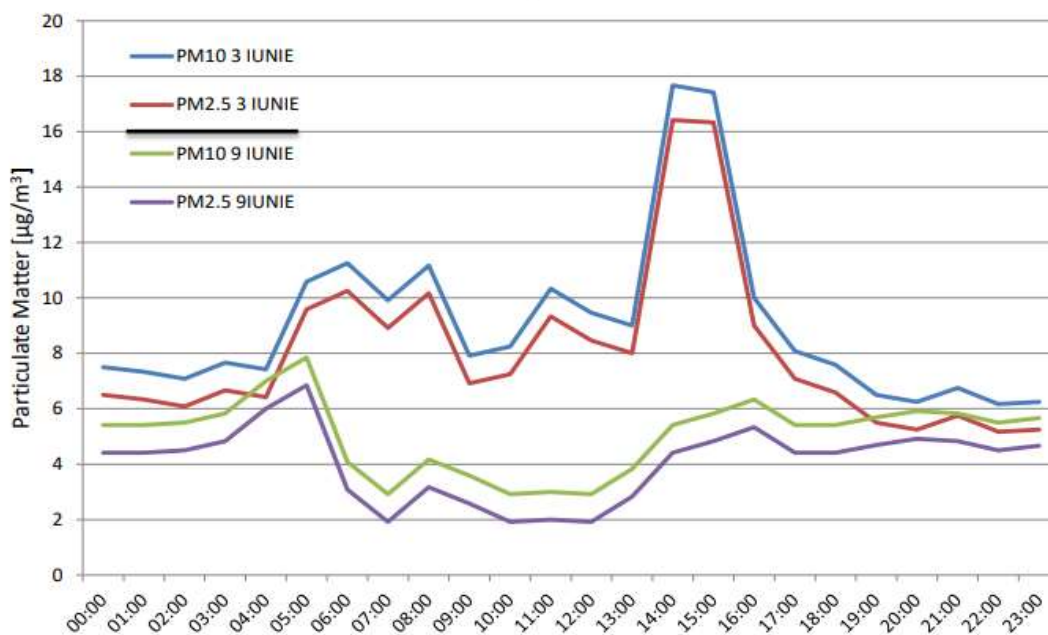


Figura 6. Analiză particule de praf PM2.5 și PM10 cu și fără purificatoare – Sala 3B/6C

În sala de clasă 3B - 6C s-au înregistrat valori mai mari ale concentrației de particule de praf, acest lucru este datorat numărului mai mare de elevi prezenți și de o activitate a acestora mai ridicată în timpul orelor. O activitate fizică mai ridicată conduce la o rată mai mare de antrenare a particulelor de praf în aerul interior (particulele de praf de PM10 sau mai mici sunt mai ușoare și implicit sunt menținute în aer un timp mai îndelungat, acestea pot rămâne cu ușurință în aer timp de câteva ore).

Conform datelor înregistrate în perioada premergătoare instalării purificatoarelor de aer s-au observat valorii medii ale concentrației de particule de praf de până la $9.91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ în cazul PM10, și de până la $8.89 \mu\text{g}/\text{m}^3$ în cazul PM2.5.

Ca și în cazul sălii de Biologie, valorile medii ale concentrației de PM10 și PM2.5 se înjumătățesc, acestea reducându-se până la o valoare medie a PM10 de $5.06 \mu\text{g}/\text{m}^3$ și o valoare medie a PM2.5 de $4.06 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

4. CONCLUZII

Calitatea aerului în școala generală “Alexandru Ioan Cuza” din București, conform studiului realizat, este una redusă. Acest studiu a avut ca scop urmărirea parametrilor aerului de-a lungul timpului prin folosirea senzorilor ce au permis stocarea datelor referitoare la concentrația de dioxid de carbon, temperatură, umiditate, particule de praf și prelucrarea acestora pentru stabilirea calității aerului interior (IAQ).

În urma acestui studiu s-au observat concentrații ridicate de dioxid de carbon în timpul orelor, valorile acestora au depășit cu mult concentrațiile de CO₂ maxime admise conform ASHRAE , concentrații de 1000ppm peste concentrația de CO₂ de la exterior.

Au fost atinse valori de până la 3500ppm, cu 3000ppm peste valoarea concentrației de CO₂ din mediul exterior, valoarea acesteia fiind de aproximativ 420ppm în zona școlii.

În ceea ce privește praful la interiorul sălilor de clasă, rezultatele arată faptul ca sunt prezente particule de praf PM10 și PM2.5 în cantități destul de ridicate, acest lucru putând duce la probleme grave de sănătate în rândul elevilor, aceștia fiind foarte vulnerabili mai ales la particulele fine de praf precum este PM2.5 și PM10 (particule cu un diametru sub 2.5 micrometri, respectiv sub 10 micrometri), acestea nefiind filtrate de nas și gât (precum sunt particulele mai mari de 10 micrometri) și se pot infiltra cu ușurință în căile respiratorii și în plămâni.

Recomandarea pentru creșterea calității aerului este implementarea unui sistem de ventilație mecanică cu recuperare de căldură, folosind energia extrasă din aerul viciat pentru încălzirea sau răcirea aerului proaspăt introdus din mediul exterior. În acest fel se realizează o economie de energie pentru ventilația sălilor de clasă, eliminarea pierderilor necontrolate de energie prin deschiderea manuală a ferestrelor și eliminarea disconfortului termic la deschiderea acestora. Totodată, prin introducerea unui sistem de ventilație mecanică se reduce variația bruscă a temperaturii în planurile paralele cu ferestrele (în momentul deschiderii acestora), ducând la o mai bună omogenitate a temperaturilor aerului în toată sala de clasă.

În acest caz, problema disconfortul creat de curenții de aer la deschiderea ferestrelor este eliminată și ea, sistemul de ventilație mecanică introduce aerul proaspăt cu o viteză setată constantă pe la partea superioară a încăperii, neinfluențând negativ activitatea elevilor.

Conform datelor prezentate în Fig.5 și Fig.6 - concentrația particulelor de praf din aerul interior al sălilor de clasă este redusă cu până la 50% de purificatoarele de aer Daikin, acest lucru contribuind la o creștere a calității aerului în școală și implicit o creștere a calității vieții elevilor și a personalului din cadrul școlii.

5. REFERINTE

- [1] Asociația de Standardizare din România (ASRO). *SR EN 7730 - Ambianțe termice moderate. Determinarea analitică și interpretarea confortului termic prin calculul indicilor PMV și PPD și specificarea criteriilor de confort termic local*, 2006.

- [2] M.El Asmar, A.Chokor, I.Srour. *Are Building Occupants Satisfied with Indoor Environmental Quality of Higher Education Facilities?*. Energy Procedia, Vol. 50, 2014, Pag. 751-760, 2014.
- [3] M. Turunena, O. Toyinboa, T. Putus, A. Nevalainen, R.Shaughnessy, U. Haverinen-Shaughnessy. *Indoor environmental quality in school buildings, and the health and wellbeing of students*. International Journal of Hygiene and Environmental Health, Vol. 217, Issue 7, Pag. 733-739, 2014.
- [4] F.R d'Ambrosio Alfano, L. Bellia, A. Boerstra, F. Van Dijken, E. Ianniello, G. Lopardo, F. Minichiello, P. Romagnoni, M.C.G. da Silva. *Indoor Environment and Energy Efficiency in schools, REHVA Guidebook no.13*, 2010.
- [5] M.C. Lee, K.W. Mui, L.T. Wong, W.Y. Chan, E.W.M. Lee, C.T. Cheung. *Student learning performance and indoor environmental quality (IEQ) in air-conditioned university teaching rooms*. Building and Environment, Vol.49, Pag. 238-244, 2012.
- [6] E.A Burdova, S. Vilcekova, L. Meciarova. *Investigation of particulate matters of the university classroom in Slovakia*. Energy Procedia, Vol. 96, Pag. 620-627, 2016.
- [7] S. Vilcekova, L. Meciarova, E. Kridlova Burdova, J. Katunská, D. Kosicanova, S. Doroudiani. *Indoor environmental quality of classrooms and occupants' comfort in a special education school in Slovak Republic*. Building and Environment, Vol.120, 1 Pag. 29-40, 2017.
- [8] Ministerul Dezvoltării Regionale și Turismului. *Normativ privind proiectarea și execuția instalațiilor de ventilare și climatizare. Indicativ I5/2010*, 2011.