



UNIVERSITATEA „BABEȘ-BOLYAI” CLUJ-NAPOCA



FACULTATEA DE ȘTIINȚA ȘI INGINERIA  
MEDIULUI

ȘCOALA DOCTORALĂ ȘTIINȚA MEDIULUI

**MODEL DE EVALUARE A EXPUNERII LA  
POLUANȚII DIN INTERIORUL CLASELOR DE  
ȘCOALĂ DIN ROMÂNIA**

- TEZĂ DE DOCTORAT -

Conducător de doctorat:

**C.Ș. I Prof. Univ. Asoc. Dr. Gurzău Eugen Stelian**

Doctorand:

**Blaga Andrea Brigita**

CLUJ-NAPOCA

2015

# CURPINS

1. Studiu documentar .....	1
1.1. Particularități ale expunerii la formaldehidă .....	3
1.2. Particularități ale expunerii la benzen .....	9
1.3. Particularități ale expunerii la terpeni (limonen și pinen) .....	15
1.4. Particularități ale expunerii la compușii organici volatili în școli .....	20
2. Cadrul problemei, modelul de studiu și obiectivele lucrării .....	25
3. Metode de lucru .....	29
3.1. Metodologia de investigare pe bază de chestionar .....	29
3.2. Monitorizarea calității aerului din interior și exterior .....	31
4. Surse de expunere umană la poluanții din interior din unele școli din România .....	34
4.1. Rezultatele obținute în urma studiului pe bază de chestionar și liste de verificare aplicate în școli.....	41
4.2. Rezultatele obținute în urma studiului pe bază de chestionar și liste de verificare aplicate în săli de clasă.....	55
4.3. Surse de poluare din exterior și interior din școlile analizate .....	56
4.4. Relaționarea surselor de poluare cu concentrațiile poluanților identificate .....	79
4.5. Concluzii .....	93
5. Frecvența apariției simptomelor respiratorii la elevi relaționate cu sursele de poluare din școli și locuință .....	95
5.1. Poluarea aerului din sala de clasă conștientizată de elevi .....	96
5.2. Posibile surse de poluare din locuințe .....	99
5.3. Frecvența apariției simptomelor de sănătate la elevi relaționate cu sursele de poluare din școli.....	104
5.4. Concluzii .....	114

6.	Model experimental – calitatea aerului din unele săli de clasă din România, urmărind evoluția concentrațiilor poluanților într- o zi normală de școală.....	116
6.1.	Scopul și obiectivele modelului experimental .....	116
6.2.	Locația desfășurării studiului pilot și grupul populațional studiat .....	117
6.3.	Metoda de prelevare și analiză .....	118
6.4.	Identificarea schimbărilor din sălile de clasă apărute după etapa I a studiului .....	124
6.5.	Evoluția concentrațiilor poluanților din sălile de clasă într-o zi de școală .....	128
6.6.	Evaluarea surselor de poluare din sălile de clasă - 2014 .....	135
6.7.	Măsuri de îmbunătățire a calității aerului din interior sălilor de clasă .....	140
6.8.	Model experimental de evaluarea a calității aerului din interiorul școlilor prin urmărirea evoluției poluanților .....	141
6.9.	Concluzii .....	142
7.	Concluzii generale .....	144
	Originalitatea și contribuțiile inovative ale tezei .....	147
	Bibliografie.....	148
	Lista de publicații .....	149
	Anexe .....	150

**Cuvinte cheie: poluarea aerului interior, sala de clasă, copii, formaldehidă, benzen, limonen, pinen, pulberi în suspensie**

## INTRODUCERE

Începând cu anii 70, când problema conservării energiei a devenit prioritară, clădirile au suferit modificări importante. Consecințele neașteptate la acel moment au constat în creșterea poluării interioare datorită ventilării neadecvate. Poluanții din procesele de combustie, din materialele de construcție, dar și poluanții biologici au generat un fenomen patologic uman complex cunoscut ca “sick building syndrom - sindromul cladirilor bolnave”.

Calitatea aerului din interior este influențată de poluarea exterioară, sursele interioare de poluare, caracteristicile clădirilor și stilul de viață al rezidenților. Dacă în perioada de pionerat a studiului calității aerului din interior accentul era pus pe poluanții rezultați din arderea combustibililor, apariția ulterioară a noi materiale de construcții, adezivi, vopsele, materiale pentru mobilier, produse de curățenie și odorizante a deplasat polul de atenție de la particulele în suspensie, oxizi de azot și oxid de carbon spre compușii organici volatili, în special spre formaldehidă cunoscută pentru efectele iritante asupra ochilor, nasului și căilor respiratorii.

Impactul calitatii aerului din interior asupra sănătății, la fel ca și măsurile de remediere, au fost studiate cu mult mai puțin în școli decât în alte tipuri de clădiri, ceea ce a făcut ca aceasta problematică să capete atenție în ultimii ani la nivel mondial. În mediul școlar copiii sunt expuși constant la mixturi de substanțe din aer dintr-o mare varietate de surse atât din sala de clasă cât și din împrejurimile școlii. Principiul ”Copiii nu sunt adulți mici” este susținut așadar de expunerea diferită, dezvoltarea fiziologică dinamică, speranța de viață mai mare (față de momentul expunerii) și lipsa puterii politice (WHO, 2008).

Prezența numeroaselor surse de poluare în interiorul/exteriorul școlii și mai ales pericolul reprezentat de unii contaminanți cum ar fi compușii organici volatili asupra sănătății, a determinat importanța studiului acestora (Branco et al., 2015). În acest context, managementul calității aerului interior trebuie menținut continuu în școli pentru prevenția și controlul bolilor acute și cronice, în mod particular a celor relaționate poluării chimice și biologice.

### 1. STUDIU DOCUMENTAR

Compușii organici volatili (COV) sunt un grup mare de compuși chimici care au o presiune crescută a vaporilor, de unde rezultă și volatilitatea ridicată a acestora. Există mii de specii diferite de COV produse și utilizate în viața noastră de zi cu zi (printre care formaldehida, benzenul, pinenul sau limonenul). Capacitatea acestora de a produce efecte negative asupra sănătății umane depinde foarte mult de toxicitatea fiecărui compus în parte. Ca și în cazul altor poluanți, gradul și natura efectelor depinde de mai mulți factori, inclusiv de nivelul și durata de expunere. În mediul interior, există nenumărate posibilele surse de poluare: materiale de construcții, vopsele, solvenți, mobilier, produse din lemn presat, produse de curățenie etc (EPA, 2013).

## 1.1. Particularități ale expunerii la formaldehidă

Formaldehida este un gaz incolor și cu miros înțepător și este foarte activ cu multe substanțe reacționând rapid cu poluanții din atmosferă.

Cea mai importantă sursă antropogenică de formaldehidă este reprezentată de gazele de eșapament ale motoarelor nedotate cu filtre/convertoare catalitice. Alte surse de origine umană includ emisiile directe, în special din fabricarea și utilizarea industrială a formaldehidei. Sursele majore în mediul interior din școli sunt reprezentate de materialele de construcții (placajul și panourile fibrolemnoase, izolarea cu spumă ureoformaldehydică) și produsele de larg consum care emit formaldehidă (mobila, vopsele, adezivi, lacuri; produse de curățenie, echipamentele electronice, insecticidele și produsele din hârtie) (Salthammer et al., 2010).

Efectele după o expunere acută la formaldehidă pe termen scurt la niveluri din mediul interior pot afecta mirosul (poate provoca disconfort), iritația senzorială a ochilor și căilor respiratorii superioare. În urma unei expunerii la concentrații mai mari poate apărea tusea, respirația șuierătoare, dureri în piept sau efecte pulmonare (astm, bronșită) sau în cele din urmă alergii și eczeme. Agenția de Protecție a Mediului din SUA recomandă concentrația de  $0,1 \text{ mg/m}^3$  pe termen scurt (30 minute) pentru a preveni iritația senzorială în populația generală. Respectarea acestei recomandări poate preveni și efectele pe termen lung asupra sănătății (United States Environmental Protection Agency, 2000).

## 1.2. Particularități ale expunerii la benzen

Benzenul este un gaz incolor extrem de inflamabil și volatil. Principala sursă de benzen în aerul ambiental (90 %) provine din traficul rutier; alte surse sunt reprezentate de emisiile rezultate în urma arderii cărbunilor, emisii de la stațiile de carburanți, din solvenții industriali, arderea combustibililor fosili, a lemnului și deșeurilor lemnoase.

În aerul din mediul interior al școlilor, benzenul poate proveni din aerul din exterior și de asemenea din surse din interior, cum ar fi materiale de construcție și mobilier, materiale de decorațiuni interioare și materiale polimerice, adezivi pentru pardoseli, vopsele, sisteme de încălzire (sobe), solvenți depozitați și diverse activități umane (curățenia, utilizarea produselor de larg consum, fotocopierea și imprimarea) (WHO, 2010).

Efectele acute la expunerea prin inhalare se manifestă prin simptome neurologice: dureri de cap și astenie ( $162\text{-}325 \text{ mg/m}^3$ ), simptome mai accentuate  $1625 \text{ mg/m}^3$  și toleranță pentru 30 – 60 de minute la  $920 \text{ mg/m}^3$ . Vaporii de benzen pot irita pielea, ochii sau tractul respirator superior, concentrația de referință fiind de  $0,03 \text{ mg/m}^3$  bazat pe efecte hematologice la om pentru expunerea cronică prin inhalare sub care nu ar trebui să apară efecte negative asupra sănătății (EPA, Toxicity and Exposure Assessments for Children's Health, 2009). Expunerea cronică la benzen poate afecta și sistemul imunitar umoral și celular. Acesta a fost clasificat ca fiind carcinogen pentru om, clasat în Grupa A, observându-se o incidență crescută a leucemiei la expunerea profesională la benzen.

### **1.3. Particularități ale expunerii la terpeni (limonen și pinen)**

Terpenii sunt substanțe de origine vegetală ce intră în compoziția naturală a amestecurilor moleculare care conduc la formarea uleiurilor volatile (esențiale, eterice). Emisiile biogenice (vegetație) în cazul terpenilor precum limonenul și pinenul par să excede emisiile provenite din surse antropogenice. Acestea din urmă provin în special din industria alimentară (de exemplu fabricile de sucuri naturale din portocale sau alte fructe citrice), industria prelucrătoare de material lemnos, industria farmaceutică, industria cosmetică, respectiv industria chimică).

Limonenul și pinenul ajung în aerul interior al școlilor din materiale de construcții lemnoase, mobilă, agenți de curățenie, odorizante de cameră, vopsele, lacuri, din plantele din ghiveci, precum și diferite alimente sau băuturi. Germanii au introdus un ghid de precauție în care se specifică valorile limită recomandate în aerul de interior pentru limonen, o concentrație sub  $1 \text{ mg/m}^3$ , iar ghidul pentru hazarde de sănătate indică o limită de  $10 \text{ mg/m}^3$  pentru ca acesta să nu producă reacții adverse (Schmidt et al., 2015).

Pinenul și limonenul reprezintă un hazard prin inhalare cu efecte nedorite precum iritarea ochilor, sistemului respirator și a pielii la contact cu acestea.

### **1.4. Particularități ale expunerii la compușii organici volatili în școli**

Copiii constituie una din categoriile susceptive la îmbolnăviri datorate expunerii la poluanți. Având în vedere că ei își petrec cel puțin 25 % din timpul zilei la școală, în sălile de clasă, recent aceste încăperi primind și denumirea de a doua casă a elevilor (Ghiță et Cătălina, 2015).

Proiectul european AIRMEX, care a monitorizat aerul interior din școli, a arătat că hidrocarburile aromatice se găsesc într-o concentrație mai accentuată în zonele cu trafic ridicat. În cazul aldehydelor, s-a observat o tendință de creștere în funcție de procentul de lemn utilizat în construcții. În ceea ce privește terpenii, principala sursă a acestora au constituit-o odorizantele și produsele de curățenie (Geiss et al., 2011). Un alt proiect european, SINPHONIE, a arătat faptul că cei mai des întâlniți poluanți din școli au fost compușii organici volatili, alergenii și mucegaiurile. Majoritatea acestora s-au datorat construcțiilor clădirilor, tehnicilor deficitare de mentenanță (curățenie, renovare) și sistemelor de ventilație ineficiente sau chiar inexistente. Traficul pare factorul dominant în ceea ce privește sursele exterioare de praf și pulberi, dar și oxizi de azot sau compuși organici volatili (Annesi-Maesano et al. 2013).

În România, într-un studiu desfășurat în județul Vâlcea, concentrațiile anumitor poluanți din sălile de clasă au fost destul de ridicate din cauza aerisirii neadecvate (Ghiță et Cătălina, 2015). În școlile evaluate din cadrul proiectului SINPHONIE, concentrațiile de COV au fost mai scăzute în exterior decât în interior, indicând ca sursă principală localizată în interior.

## 2. CADRUL PROBLEMEI, MODELUL DE STUDIU ȘI OBIECTIVELE LUCRĂRII

Cunoașterea calității aerului din interior și a surselor de poluare în diferite tipuri de clădiri dă o privire de ansamblu asupra cauzelor care generează probleme de sănătate în relație cu aerul din interior. Specificul calității aerului din interior din școli este influențat de un număr foarte mare și variat de surse de poluare, factorii cauzali direcți fiind greu de identificat în apariția problemelor de sănătate legate de expunerea în școli, cu atât mai mult cu cât, cel puțin până în ultimii ani, nu au existat proceduri de evaluare standardizate sau armonizate la nivel național și internațional (Jantunen, 2011).

Studii efectuate în Europa, China sau SUA (Annesi-Maesano, 2012; Mi, 2006; Zhao, 2008) au arătat modificări ale calității aerului din interior din școli, cauza principală fiind ventilația deficitară; aceste modificări de calitate au fost relaționate stării de sănătate respiratorii a copiilor, accentuându-se încălcarea dreptului de a respira un aer curat și ca urmare, nevoia unor cercetări care să se adreseze impactului poluării interioare asupra sănătății publice, în special a spațiilor interioare ocupate de copii. Înțelegerea efectelor poluanților din aerul interior din școli asupra sănătății elevilor constituie condiții de bază pentru formularea unor recomandări și ghiduri privind măsurile de remediere a mediului din interiorul școlilor și a reducerii efectelor posibile asociate.

Cercetarea noastră a avut ca punct de plecare proiectul SINPHONIE (Schools Indoor Pollution and Health: Observatory Network in Europe), un proiect de cercetare complex al calității aerului din interiorul școlilor și grădinițelor (E. Csobod, 2014). Acesta s-a desfășurat la nivel european în perioada 2010 - 2012 (în 25 de țări) și a avut ca obiective evaluarea mediului interior și exterior din școlile din Europa și impactul lui asupra sănătății; gestionarea riscurilor și elaborarea unor recomandări și standarde care vor fi diseminate grupurilor interesate.

În România, studiul s-a desfășurat în 5 școli din județul Alba, școli selecționate din mediul urban și rural iar în fiecare din acestea, din zona verde, zonă cu trafic intens sau industrie. Din aceste școli s-au selectat 15 clase conform următoarelor criterii: să fie ocupate, dacă a fost posibil, de aceeași elevi pe durata unui an întreg, copiii să fie cu vârste cuprinse între 8 – 11 ani, să fie situate pe nivele diferite (dacă a fost cazul) și în locuri diferite ale clădirii, luând în considerare aspecte cum ar fi surse de poluare interioare și exterioare care ar putea afecta calitatea aerului din interior și orientarea (față de stradă sau curte) și în ultimul rând, săli de clasă care au fost date în folosință cu cel puțin șase luni în urmă, pentru a evita emisii din materiale noi de construcție. În cazul în care au fost identificate criterii asemănătoare, au fost alese cele cu cei mai mulți copii în sala de clasă.

Activitățile efectuate în cadrul proiectului SINPHONIE au constat în:

- Măsurători în paralel ale poluanților chimici și biologici din interior cu aceeași poluanți chimici din exterior
- Chestionare/liste de verificare aplicate profesorilor, copiilor, părinților și administratorilor școlilor
- Examinarea statusului respirator al elevilor (spirometrie)

Prin datele obținute din proiectul SINPHONIE, mi-am propus prin această lucrare să obțin o viziune asupra variației expunerii în interiorul claselor de școală și posibilele efecte ale expunerii asupra stării de sănătate a copiilor, având în vedere și poluarea din locuința acestora.

Pornind de la lipsa de date în ceea ce privește prezența poluanților chimici (formaldehidă, benzen, pinen și limonen), relaționarea acestora cu sursele din exterior și apariția simptomelor respiratorii pe parcursul programului școlar, cercetarea noastră a avut următoarele obiective:

1. Obținerea de informații privind caracteristicile școlilor și sălilor de clasă, posibile surse de poluare pentru poluanții urmăriți, modalități de ventilație și mentenanță a curățeniei
2. Cunoașterea gradului de poluare interioară cu compuși organici volatili (formaldehidă, benzen, pinen, limonen) și pulberi în sălile de clasă din școli urbane și rurale și zone cu grade diferite de poluare exterioară (trafic, industrie);
3. Studiul modificării concentrațiilor poluanților urmăriți pe parcursul unei zile normale de școală
4. Relaționarea caracteristicilor sălilor de clasă și a ratei de ventilație cu gradul de poluare interioară
5. Cunoașterea caracteristicilor locuinței și a surselor de poluare din acestea pentru poluanții urmăriți în sălile de clasă
6. Cunoașterea simptomatologiei respiratorii asociată duratei, frecvenței și intensității expunerii la compuși organici volatili (formaldehidă, benzen, pinen și limonen) și pulberi în suspensie (PM<sub>10</sub> și PM<sub>2,5</sub>) la școală și în locuință.

Etapele cercetării noastre au constat în:

- 2010 – 2012 identificarea surselor la poluanți chimici din interior (formaldehidă, benzen, pinen, limonen) din cinci școli din România: date obținute în proiectul SINPHONIE
  - Culegerea de informații pe baza chestionarelor și a listelor de verificare privind clădirile școlilor și sălile de clasă
  - Măsurători pasive continue ale concentrațiilor poluanților timp de cinci zile
  - Prelucrări statistice pentru relaționarea informațiilor obținute pe baza chestionarelor și listelor de verificare cu concentrațiile compușilor măsurate în interior
- 2010 – 2012 studiul simptomelor respiratorii la elevi: date obținute în proiectul SINPHONIE
  - Culegerea informațiilor pe bază de chestionar privind simptomele respiratorii asociate de copil cu prezența la școală în ultimele șapte zile
  - Culegerea de informații pe baza de chestionar privind simptomele respiratorii acuzate de copii în ultimele trei luni acasă și la școală



- Prelucrarea statistică a datelor pentru corelarea simptomatologiei respiratorii declarate și concentrațiile poluanților măsurate în interiorul sălilor de clasă
- 2014 - model experimental de evaluare a calității aerului din două săli de clasă
  - Culegerea de informații pe baza listelor de verificare privind sălile de clasă (surse de poluare, ventilație, curățenie)
  - Măsurători simultane în interior și exterior ale concentrației poluanților chimici (formaldehidă, limonen, pinen, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>) în intervalul orar 06 – 12, care include o zi normală de școală (8 - 12)
  - Calculul ratei de ventilație în sălile de clasă
  - Prelucrarea statistică a datelor pentru corelarea concentrațiilor interior/exterior și rata de ventilație.

### **3. METODE DE LUCRU**

#### **3.1. Metodologia de investigare pe bază de chestionar**

În urma evaluării observaționale clădirilor și a claselor la fața locului, pentru fiecare școală/clasă au fost completate liste de verificare. Pentru a obține informații mai detaliate în legătură cu acestea, au mai fost completate chestionare privind școala (de către administratori) și chestionare privind sala de clasă (de către învățători). Informațiile au cuprins detalii legate de caracterizarea exteriorului și a construcției, a sălilor de clasă, ventilație, surse de poluare din interior și exterior și sistem de încălzire.

Elevii din fiecare sală de clasă evaluată, împreună cu câte un părinte, au completat la rândul lor câte un chestionar privind statusul respirator al copiilor, apariția la școală a simptomatologiilor specifice poluării cu COV și caracterizarea expunerii la aceștia prin identificarea surselor de poluare din locuița fiecăruia.

#### **3.2. Monitorizarea calității aerului din interior și exterior**

Pentru a evalua nivelul de expunere la substanțe care pot provoca efecte negative asupra sănătății copiilor, au fost prelevate probe de aer atât în interiorul sălii de clasă cât și în exterior. În acest studiu, au fost urmăriți 4 poluanți, compuși organici volatili: formaldehida, benzenul, limonenul și pinenul. Prelevarea probelor de aer a avut loc în timpul anotimpului rece, de la sfârșitul lunii octombrie 2011 până la începutul lunii ianuarie 2012, prin metoda pasivă (prelevatoare pasive de tip Radiello cu cartuș adsorbant) acoperind o perioadă de cinci zile, (de luni de la începutul cursurilor până vineri dupămasă la terminarea acestora) echivalentul a 120 de ore de prelevare. Benzenul, pinenul și limonenul reținuți pe substanța adsorbantă, au fost desorbiți în diclormetan și analizați prin cromatografie în fază gazoasă. Formaldehida a fost analizată prin cromatografie lichidă cuplată cu detecția spectrometrică UV-Vis.

## **4. SURSELE DE EXPUNERE UMANĂ LA POLUANȚII DIN INTERIOR DIN UNELE ȘCOLI DIN ROMÂNIA**

Prima parte a studiului s-a desfășurat în perioada 2010 - 2012 în cinci școli din județul Alba, diferite din punctul de vedere al construcției și al surselor de poluare exterioare, astfel încât să înglobeze principalele caracteristici ale școlilor din România. Cele cinci școli sunt: Școala Gimnazială „Avram Iancu” din comuna Unirea (*sc-ro1*), Școala Gimnazială „Axente Sever” din localitatea Aiud (*sc-ro2*), Școala Gimnazială „Avram Iancu” din localitatea Alba Iulia (*sc-ro2*), Școala Gimnazială „Silviu Cărpinișanu” actualul Liceu Tehnologic Sebeș din localitatea Sebeș (*sc-ro4*) și Școala Gimnazială „Iuliu Maniu” din localitatea Vințu de Jos (*sc-ro5*).

### **4.1 Rezultatele obținute în urma studiului pe bază de chestionar și liste de verificare aplicate în școli**

Prin analizarea informațiilor din chestionarele și listele de verificare aplicate școlilor, a rezultat faptul că trei sferturi din clădiri (73%) au fost construite dinainte de anii 1900 până în 1950, 43% având o vechime de peste 100 de ani. Cu toate acestea, fiecare din clădiri a suferit modificări/renovări majore în ultimii 5 ani înaintea desfășurării studiului.

Sursele de poluare din exterior au fost reprezentate, în principal, de circulația intensă de pe șoselele din imediata vecinătate și parcărilor din zonă; 60% fiind amplasate în zone cu trafic mediu și foarte mare. Alte surse de poluare au fost reprezentate de industrie și stații de alimentare cu carburanți. O posibilă sursă de contaminare prezentă atât în interior cât și în exterior a fost reprezentată de produsele utilizate pentru deratizare și dezinsecție, aplicarea acestora predominând în interior.

Rezultatele evaluării interioare a clădirilor efectuate de noi, au arătat faptul că deteriorările pereților provocate de umezeală, la fel ca și prezența prafului, au fost principalele aspecte negative a condițiilor de igienă din școli.

Aprecierea subiectivă de către administratorii școlilor asupra calității aerului din exterior și interior a arătat faptul că numai 40% din respondenți au considerat calitatea aerului bună, în egală măsură cea din interior și cât și cea exterior, față de 60% care au considerat calitatea aerului doar destul de bună.

### **4.2 Rezultatele obținute în urma studiului pe bază de chestionar și liste de verificare aplicate în săli de clasă**

În ceea ce privește expunerea la poluanți din sălile de clasă analizate în acest studiu, orientarea acestora a fost primul factor de influență analizat. Astfel, 47% dintre săli au fost orientate spre stradă, iar 53% dintre acestea spre curtea școlii.

Ultima renovare a sălilor de clasă a avut loc în 53% din cazuri cu cel puțin 12 luni înainte de momentul prelevărilor, 13% între 1 – 2 ani și în 34% din săli cu 3 sau mai mulți ani în urmă.

Produsele cu miros iritant folosite la orele de arte plastice au fost depozitate în 60% din clasele evaluate în interiorul sălilor de clasă, în dulapuri închise etanș (20%) sau cu rafturi

normale, deschise (40%). În majoritatea sălilor de clasă există un număr mare de ghivece cu plante, 54% având peste 10 la număr. Doar 13% nu au nici o plantă în clasă.

Declarativ au fost folosite în principal materiale cu emisii reduse pentru mobila, pardosea, pereți și alte materiale pentru etanșeizare.

Deși încălzirea a fost pe gaz în toate școlile, în 87% din sălile de clasă s-a făcut prin centrale termice cu radiatoare cu apă caldă situate sub ferestre și doar în 13% cu sobe de teracotă închise.

În ceea ce privește aprecierea bunăstării din sălile de clasă având ca și criteriu de apreciere confortabilitatea și calitatea aerului din interior, personalul didactic din cele 15 săli investigate aparținând celor 5 școli, este apreciată la un nivel mediu sau foarte bun în 4 din cele 5 școli, calitative inferioare primind doar școala *ro-s2*. Indicatorii globali privind bunăstarea, luând în calcul cei doi parametri, au variat între 6,33 și 9 (10 fiind maxim), cel mai mic fiind semnalat la *ro-s2*, deși a fost cea mai recent construită școală.

### 4.3 Surse de poluare din exterior și interior din sălile de școlile analizate

Ventilația din sălile de clasă este exclusiv naturală prin deschiderea geamurilor, care se face cu o frecvență redusă în sezonul rece, pe timpul iernii existând săli de clasă cu aerisire extrem de limitată, doar o dată pe zi, și mult mai mare (aproape permanent pe timp de vară). Gradul de ventilație al încăperilor depinzând și de numărul geamurilor deschise variabil de la o școală la alta.

Posibilele surse de poluare care pot afecta calitatea aerului din interior sunt legate în principal de acoperirea și ultima renovare a pereților, tipul de pardosea și acoperirea acestuia, dispozitivele de protecție solară, vechimea mobilierului, prezența echipamentelor electrocasnice, utilizarea materialelor cu emisii reduse sau depozitarea produselor cu miros iritant.

Procedurile de curățenie cu frecvență zilnică până la anuală sunt predominante de proceduri zilnice și săptămânale prin mijloace în principal uscate (măturat sau șters praful de pe suprafețe), deși se declară zilnic spălătul pardoselelor.

Problemele de igienă perceptibile în școlile investigate legate de mucegai (prezență miros, umiditate/pete de umezeală) au existat numai la două școli, unde vechimea construcției nu a fost corelabilă cu acești parametri, factorul comun perceptibil fiind existența prafului în porții diferite în toate sălile de clasă.

### 4.4 Relaționarea surselor de poluare cu concentrațiile de poluanți indentificate

Concentrațiile formaldehidei au fost între 15,5 – 66,19  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , pentru pinen între 0,395 – 5,065  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  iar pentru limonen între 1,085 – 23,05  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . În aproape jumătate din sălile de clasă, valoarea benzenului a fost sub limita de cuantificare a metodei, de 0.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Astfel concentrațiile obținute au fost între <0,1 și 2,93  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Conform rezultatelor, s-a găsit o relație semnificativă statistic între mediile concentrațiilor de pinen și vechimea renovării pereților. Cu cât a trecut mai mult timp, cu atât concentrațiile au început să crească. Relaționările s-au făcut între mediile concentrațiilor poluanților din sălile renovate sub un an, între 1 și 2 ani și 3 sau mai mulți ani. Valoarea  $p=$

0,01 pentru compararea variabilelor 1 an vs.  $\geq 3$  ani și  $p=0,002$  pentru variabilele 1-2 ani vs.  $\geq 3$  ani a demonstrat acest lucru.

În ceea ce privește materialul cu care au fost acoperiți pereții, s-a putut observa o ușoară creștere a nivelurilor concentrațiilor COV în sălile de clasă în care s-a folosit mai frecvent vopsea lavabilă și vopsea de ulei, însă aceste rezultate nu au fost semnificative statistic.

A fost identificată o relaționare între creșterea concentrației pinenului la folosirea parchetului din lemn față de parchetul laminat ( $p=0,03$ ) și la parchetul din lemn vechi față de cel din lemn lăcuit ( $p=0,01$ ), evidențiindu-se faptul că parchetul din lemn vechi a avut cele mai mari emisii. În cazul formaldehidei, rezultatul a fost invers, s-a putut observa o scădere în timp a concentrațiilor, însă ne semnificative statistic.

În ceea ce privește relația dintre frecvenței folosirii diferitelor materiale pentru mobilier cu modificarea concentrațiilor COV-urilor, s-a observat o creștere semnificativă statistic al nivelului concentrației de formaldehidă la folosirea mobilierului din PAL față de cel din lemn amestecat cu PAL ( $p=0,001$ ). Și în cazul celorlalți poluanți s-a putut observa o medie a concentrațiilor mai ridicată pentru mobilierul din PAL, însă ne semnificativa statistic. În ceea ce privește vechimea mobilierului, evoluția concentrațiilor a avut un trend descrescător, scăzând semnificativ după primul an.

Grivecele cu plante influențează și ele calitatea aerului din interior, însă nu s-a identificat o relaționare semnificativă statistic cu modificarea concentrațiilor urmărite în acest studiu. Totuși, s-a putut observa faptul că nivelul concentrațiilor a crescut direct proporțional cu numărul plantelor.

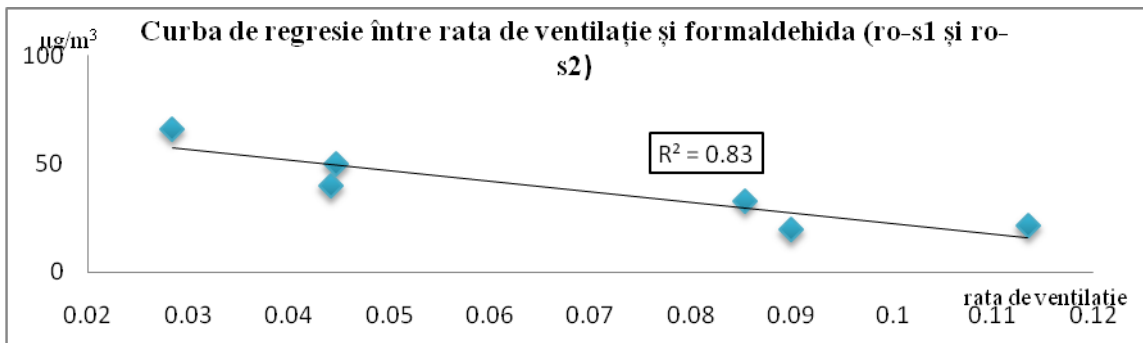
Nivelul mediilor concentrațiilor COV-urilor a fost mai mare în sălile de clasă unde produsele cu miros iritant folosite în timpul orelor de arte plastice au fost depozitate în dulapuri deschise în interior, însă relaționarea nu a fost semnificativă statistic.

Coeficientul de corelație „r” calculat între rata de ventilație și nivelul concentrațiilor poluanților se poate observa în tabelul 4.4.5.

	<i>sc-ro1</i>	<i>sc-ro2</i>	<i>sc-ro3</i>	<i>sc-ro4</i>	<i>sc-ro5</i>
<b>Formaldehydă</b>	<b>-0.84</b>	<b>-0.93</b>	<b>0.99</b>	<b>0.84</b>	<b>1.00</b>
<b>Benzen</b>	-0.25	<b>0.98</b>	0.01	-0.42	0.03
<b>Pinen</b>	0.23	0.48	<b>0.72</b>	<b>0.68</b>	<b>-0.70</b>
<b>Limonen</b>	<b>-0.77</b>	<b>0.92</b>	0.38	0.35	0.19

Tabelul 4.4.5 Coeficientul de corelație între rata ventilației și concentrațiile măsurate

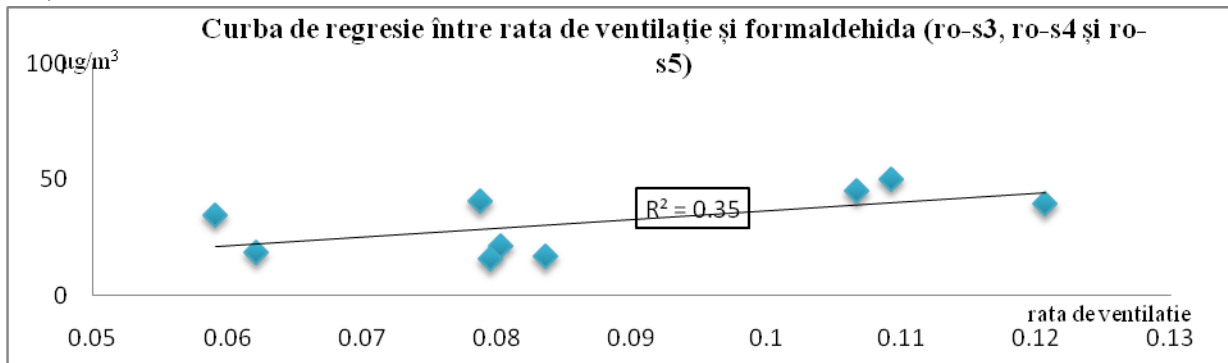
În cazul formaldehidei, coeficientul „r” a fost negativ și aproape de -1 pentru *ro-s1* și *ro-s2*, astfel, cu cât rata ventilației a fost mai mică, cu atât a crescut nivelul concentrației de formaldehidă în interior, sursa principală de poluare fiind din interior. În ambele cazuri s-a înregistrat o corelație puternică între cele două variabile. Acest lucru se poate observa și în curba de regresie din *Graficul 4.4.8*.



Graficul 4.4.8 Curba de regresie între rata de ventilație și conc.de formaldehidă din ro-s1 și ro-s2

Printre sursele de poluare identificate în interior pentru ro-s1 s-au numărat: parchetul laminat, mobilierul din PAL, vechimea mobilierul de sub un an, numărul mare de plante din sălile de clasă și depozitarea în interior, în dulapuri deschise, a materialelor folosite la orele de arte plastice. Pentru școala ro-s2, sursele de poluare din interior au fost: vopseaua cu ulei de pe pereți, parchetul din lemn lăcuit, mobilierul din PAL și vechimea acestuia de sub un an și numărul mare de plante din interior.

În școlile ro-s3, ro-s4 și ro-s5, coeficientul de corelație „r” a fost pozitiv și aproape de 1, existând o influență semnificativă asupra concentrație și din exterior, cu toate că nivelul celei din interior a fost mai mare. În curba de regresie din Graficul 4.4.9 se poate observa creșterea nivelelor concentrațiilor direct proporțională cu rata de ventilație.



Graficul 4.4.9 Curba de regresie între rata de ventilație și conc.de formaldehidă din ro-s3, ro-s4 și ro-s5

Pentru școala ro-s3, având în vedere și orientarea spre stradă a celor 3 clase, sursa principală de formaldehidă a fost reprezentată de emisiile din traficul auto. În ceea ce privește ro-s4 și ro-s5 s-au identificat multiple posibile surse de poluare: emisii din trafic auto (drum intens circulat, parcare, benzinărie), existența la o distanță considerabilă a 3 fabrici mari care se ocupau cu industria de prelucrare a lemnului și a uneia producătoare de produse din piele.

În ceea ce privește benzenul, corelația a fost negativă și moderată pentru ro-s1 și ro-s4; în ro-s2 însă, a fost pozitivă și puternică. În școlile ro-s3 și ro-s5 coeficientul de corelație obținut a fost nesemnificativ. Pentru școala ro-s1, principala sursă de poluare cu benzen din exterior a reprezentat-o traficul rutier. Faptul că s-a făcut deratizare și dezinsecție cu cel mult 12 luni înaintea prelevărilor în interiorul și exteriorul școlii, face ca substanțele folosite, care au în conținutul lor și COV-uri, să influențeze calitatea aerului din interior. Pentru școala ro-s4; principalele surse din exterior identificate au fost: traficul rutier, industria din jur (fabrica

de prelucrare a lemnului și un producător de produse din piele), dezinfecția și deratizarea realizate cu mai puțin de 12 luni înaintea prelevărilor. Coeficientul negativ din *ro-s2* a indicat indică faptul că principala sursă de poluare a fost în interiorul sălilor de clasă. În urma evaluării chestionarelor, acestea au fost: renovarea recentă a pereților, vopseaua lavabilă, parchetul din lemn vechi, mobilierul din PAL și numărul mare de plante.

Coeficientul obținut între rata de ventilație și concentrația pinenului a fost pozitiv pentru majoritatea sălilor de clasă, corelația fiind una moderată pentru *ro-s3* și *ro-s4* și slabă pentru restul școlilor. Posibilele surse de poluare din exterior pentru pinen identificate au fost: vegetația din jurul școlilor (în special coniferele) dar și faptul că s-a făcut deratizare și dezinfecție cu cel mult 12 luni înaintea prelevărilor în interiorul și exteriorul școlilor. În cazul școlii *ro-s5*, coeficientul de corelație „r” obținut pentru pinen a fost negativ și moderat, astfel printre sursele de poluare principale din interior s-au numărat: vopseaua cu ulei de pe pereți, parchetul din lemn de fag vechi, mobilierul din PAL și mobilierul nou, de sub 1 an.

În cazul limonenului, corelația între rata de ventilație și concentrație a fost pozitivă pentru majoritatea sălilor de clasă și chiar puternică pentru *ro-s2*. Ca și în cazul pinenului, principalele surse de poluare identificate au fost vegetația din jurul școlilor și dezinfecția/deratizarea executate cu cel mult 12 luni înaintea prelevărilor în cazul *ro-s5*. Pentru școala *ro-s1*, corelația a fost negativ și moderată, nivelul concentrațiilor fiind influențată în principal de surse din interior cum ar fi: parchetul laminat, mobilierul din PAL, numărul mare de plante din și depozitarea produselor cu miros iritant folosite la orele de arte plastice în dulapuri în sala de clasă.

#### 4.5 Concluzii

Caracterizarea calității aerului din punctul de vedere al compușilor organici volatili din interiorul sălilor de clasă s-a făcut prin măsurători pasive. Dintre compușii analizați, concentrațiile cele mai mari s-au înregistrat pentru formaldehidă în toate sălile de clasă, cu valori cuprinse între 15,5 – 66,19  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  și limonen care a avut concentrații cuprinse între 1,08 – 23,05  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; pentru ceilalți doi compuși s-au măsurat concentrațiile cele mai mici și anume pentru pinen între 0,39 – 5,06  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  și benzen între 0,1 (limita de cuantificare) și 2,93  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

S-au stabilit relaționări între concentrațiile măsurate ale pinenului cu momentul ultimei renovări, nivelul acesteia crescând în timp. Deși nesemnificativă statistic, s-a observat o scădere a concentrației de formaldehidă în timp.

Nivelul concentrațiilor celor 4 poluanți, în special în cazul formaldehidei, au fost mari acolo unde s-a folosit vopsea tip lavabil sau baza de ulei.

Creșterea concentrației pinenului a fost relaționată cu frecvența folosirii parchetului din lemn. Concentrațiile pinenului au fost semnificativ mai mari în sălile de clasă unde pardoselele au fost din lemn, față de orice alt tip de parchet.

Concentrația formaldehidei a fost singura relaționată cu frecvența utilizării mobilierului exclusiv din PAL față de alte tipuri de mobilier, fără să se gasească însă concentrații diferite statistic în funcție de vechimea mobilierului din restul sălilor de clasă.

Concentrațiile măsurate în cazul păstrării produselor cu miros irtant, deși pare că influențează concentrațiile poluanților urmăriți, nu au fost semnificative staistic; la fel a fost și în cazul ghivecelor cu plante.

## 5. FRECVENȚA APARIȚIEI SIMPTOMELOR RESPIRATORII LA ELEVI RELAȚIONATE CU SURSELE DE POLUARE DIN ȘCOLI ȘI LOCUINȚĂ

Copiii petrecând mai mult timp la școală decât în orice alt loc, cu excepția locuinței, (Robert J. Geller, 2007) face ca expunerea la poluanții din aer de la școală să fie una secundară ca timp de expunere, și complementară celei de acasă. Astfel, în acest studiu am urmărit identificarea surselor de poluare și din școală, conform capitolului anterior, dar și din locuințe, și am evaluat relaționarea cu posibile efecte asupra stării de sănătate exprimată prin frecvența apariției simptomelor specifice expunerii la COV.

Evaluarea frecvenței apariției acestora s-a făcut în urma analizei chestionarelor aplicate copiilor și părinților.

Conform descrierilor din subcapitolul Metodologia de investigare pe bază de chestionar al Capitolului III, simptomele vizate au fost: usturimea ochilor, pruritul ocular, ochii roșii sau umflați, prurit nazal sau rinoree, strănut, nas înfundat, gât uscat, tuse și wheezing (respirație șuierătoare). Un număr de 280 de elevi cu vârste cuprinse între 7 – 11 ani din școlile participante la studiu și părinții acestora au completat câte un chestionar. Informațiile relevante urmărite în acest studiu au fost cele referitoare la apariția în ultimele 3 luni a simptomelor și ameliorarea acestora în momentul în care copilul nu este la școală sau acasă și cele legate de expunerea din locuință.

### 5.1 Poluarea aerului din sala de clasă conștientizată de elevi

Prin completarea chestionarelor de către copii s-a urmărit dacă aceștia au fost conștienți de calitatea aerului din sala de clasă prin metoda relaționării simptomelor descrise mai sus cu nivelele de concentrațiile ale poluanților urmăriți.

Media frecvențelor simptomelor respiratorii declarate de copii este prezentată în *Tabelul 5.1.1.*

	rinoree	strănut	nas înfundat	tuse seacă	Media
<i>ro-s1</i>	0	0	2	6.33	<b>2.1</b>
<i>ro-s2</i>	13	11.33	14.66	14.66	<b>13.4</b>
<i>ro-s3</i>	14.33	5.33	12.66	14.66	<b>11.7</b>
<i>ro-s4</i>	15	15.33	14	11.66	<b>13.9</b>
<i>ro-s5</i>	15	8.66	11.66	10	<b>11.3</b>
<b>Media</b>	<b>11.4</b>	<b>8.1</b>	<b>10.9</b>	<b>11.4</b>	

*Tabelul 5.1.1 Media frecvențelor simptomelor respiratorii declarate de copii*

La copii din școala *ro-s1* au fost identificate doar două simptome, și anume nasul înfundat și tusea uscată. Tusea uscată a fost cel mai des întâlnită, cu o frecvență între 5 - 8 %; cazuri de nas înfundat au fost declarate doar în *ro-s1-r3* cu frecvența de 6 %.

În ceea ce privește școala *ro-s2*, atât numărul simptomelor cât și frecvențele apariției acestora la copii a crescut semnificativ. Rinoreea și strănutul au fost declarate în plus față de *ro-s1*, majoritatea simptomelor fiind identificate în sala de clasă *ro-s2-r3*, cu frecvențe la copii cuprinse între 19-24%, urmând *ro-s2-r1* (frecvențe între 10-15%) și apoi *ro-s2-r2*, în cea din urmă nefiind declarate cazuri de strănut în urma analizei chestionarelor de copii.

Aceleași patru simptome prezentate mai sus (rinoree, strănut, nas înfundat, tuse uscată) au fost semnalate de către copii și în școala *ro-s3*. Frecvența apariției acestora a fost cea mai ridicată la copii din sala de clasă *ro-s3-r1* (între 6-19 %) și cea mai scăzută în *ro-s3-r2* (5-15 %). În toate cele trei săli de clasă, strănutul este cel mai rar consemnat simptom (5-6 %).

La copii din școala *ro-s4* a fost identificată frecvența cea mai mare a simptomelor analizate în acest studiu. În sala de clasă *ro-s4-r2*, copii au declarat apariția acestora cu o frecvență cuprinsă între 16 % și 32 %., cei din *ro-s4-r1* au avut cele mai scăzute frecvențe de apariție a simptomelor din școală, între 5-11 %.

În școala *ro-s5*, în sala de clasă *ro-s5-r2*, rinoreea a fost singurul simptom identificat de către copii, cu o frecvență de 10 %. În ceea ce privește celelalte două săli de clasă, *ro-s5-r1* a avut cel mai ridicat nivel al frecvențelor simptomelor la copii (între 14-21 %).

Relaționarea concentrațiilor poluanților măsurați în școli și frecvența apariției simptomelor s-a făcut utilizând Coeficientul de Corelație („r” person). Conform *Tabelului 5.1.2*. S-a identificat o corelație foarte slabă între concentrațiile de limonen, benzen și apariția rinoreei și între benzen și frecvența apariției strănutului și a nasului înfundat.

	Indice de corelație "r"			
	rinoree	strănut	nas înfundat	tuse uscată
formaldehidă	-0.08	0.02	-0.18	-0.19
benzen	0.27	0.18	0.11	-0.19
pinen	-0.33	-0.50	-0.15	-0.13
limonen	0.16	0.04	-0.17	0.05

*Tabelul 5.1.2 Corelația mediilor conc. poluanților cu frecvența apariției simptomelor în școli*

## 5.2 Posibile surse de poluare din locuințe

Conform datelor obținute din chestionar, 63% din locuințe au fost situate într-o zonă cu trafic redus. Aproape în egală măsură însă (18 % respectiv 19%) traficul din zona acestora au fost situate departe de trafic, respectiv cu trafic intens.

Pentru evaluarea condițiilor de locuire, importante în evaluarea expunerii de acasă a fiecărui copil, s-au luat în calcul factori precum: tipul locuinței (apartament, casă, duplex), anul construcției, aglomerarea din casă (numărul de persoane pe cameră), timpul de când stă copilul în locuință. Astfel, majoritatea copiilor au stat la casă (61 %) cu o vechime mai mare de 10 ani (81 %) și cu mai multe persoane într-o cameră. În mare parte (47 %) sau stat în aceea locuință de când s-au născut. Ca și în cazul școlilor, ventilația naturală este cea mai des



întâlnită în locuințele copiilor (86 %) și doar 14 % au o ventilație mecanică (incluzând și aerul condiționat) în casă.

Conform *Tabelului 5.2.1*, 38 % din locuințe au fost renovate în anul anterior desfășurării studiului, iar în 30% din acestea, pereții au fost acoperiți cu vopsea lavabilă. Spre deosebire de sălile de clasă, în locuințe se foloseau mult mai des odorizantele de cameră (51%) și bețișoare parfumate (12%). Pardoseaua din camera copiilor a fost în general acoperită cu parchet din lemn (73%), iar în 88% din cazuri erau acoperite de covoare/mochete.

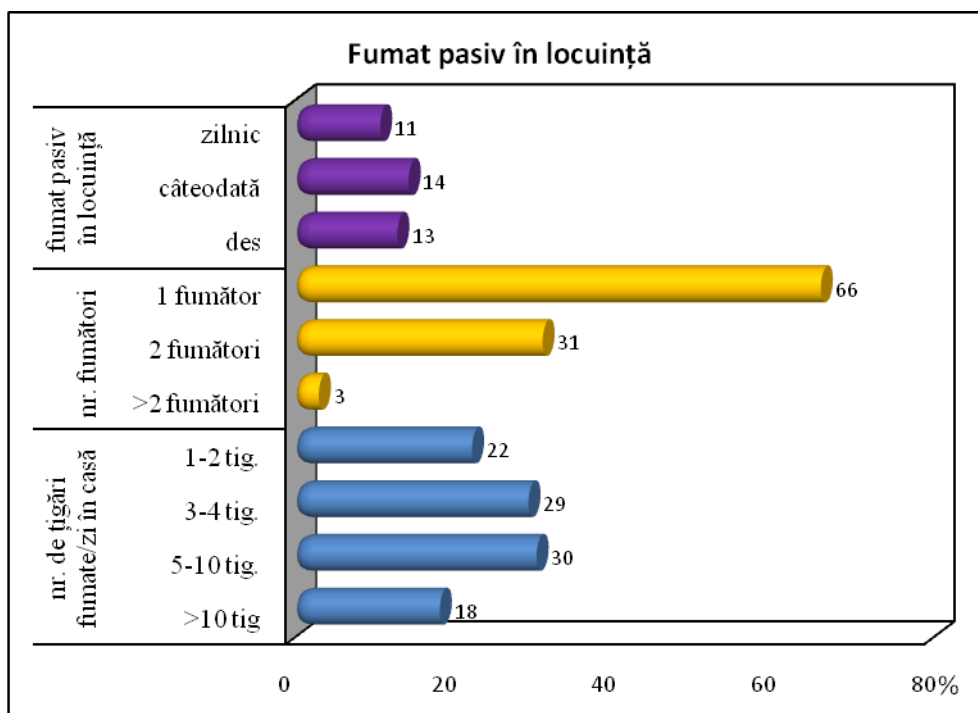
Posibile surse de poluare		%
din locuință	<b>renovat ultimele 12 luni</b>	<b>38</b>
	tapet	1
	var	14
	<b>lavabil</b>	<b>30</b>
	lambriuri	1
	<b>odorizante de cameră</b>	<b>51</b>
	bețișoare parfumate	12
din camera copilului	linoleum	3.2
	<b>lemn/parchet</b>	<b>73</b>
	gresie	2
	<b>mocheta/covor</b>	<b>88</b>

*Tabelului 5.2.1* Posibile surse de poluare din interior în locuințe

Combustibilul folosit pentru gătit și încălzire sunt și acestea importante surse de poluare în interiorul unei locuințe. Astfel, în 93% din locuințe s-a folosit gazul pentru gătit, însă fără exhaustare (hotă) în 39 % din cazuri. În 4% din locuințe s-a folosit lemnul pentru gătit. Încălzirea din locuințe a fost în majoritatea locuințelor prin calorifere/radiatoare cu apă caldă. Importante surse de poluare au fost identificate în 11% din locuințe unde s-a folosit sobă de teracotă pe gaz respectiv în 27% sobe de teracotă pe lemn.

Cei mai des întâlniți parametri de identificare a problemelor de igienă perceptibile au fost umezeala și formarea condensului în interiorul ferestrelor în 28% din locuințe, urmată de mucegai (16%). Un parametru nou față de școli a fost prezența gândacilor, în 12% din cazurile analizate. În 6% din camerele copiilor au fost identificate urme de mucegai și umezeală.

Spre deosebire de școli, unde copii nu au fost expuși deloc la fumatul pasiv, acest lucru s-a schimbat în locuințe. După cum se poate observa în *Graficul 5.2.6*, 38 % din copii au fost expuși fumatului pasiv acasă, dintre care 11% zilnic și 13% des. În majoritatea cazurilor (66%) a fost un singur fumător în casă, iar în 18% din locuințe s-a fumat mai mult de 10 țigări pe zi în interior.



*Graficul 5.2.6 Frecvența expunerii la fumatul pasiv în locuință*

### 5.3 Frecvența apariției simptomelor de sănătate la elevi relaționate cu sursele de poluare din școli

Chestionarul aplicat părinților a cuprins întrebări legate de frecvența apariției diverselor simptome, dintre care, au fost analizate cele relaționate cu posibilele efecte ale poluanților analizați în acest studiu, și anume: iritația ochilor, durere de cap, greață, rinoree, nas înfundat, gât uscat, durere de gât, tuse iritantă și dificultăți de respirație. În urma analizei răspunsurilor date de părinți, apariția acestora a fost împărțită în 3 situații diferite: frecvența apariției simptomelor în ultimele 3 luni, frecvența apariției simptomelor când copilul este la școală și frecvența apariției simptomelor când copilul este acasă. Media frecvențelor simptomelor respiratorii ale copiilor apărute la școală este prezentată în *Tabelul 5.3.1*.

	durere cap	rinoree	nas infundat	durere gat	tuse seaca	Medii
<i>ro-s1</i>	0.0	15.7	20.3	0.0	0.0	<b>7.2</b>
<i>ro-s2</i>	21.3	0.0	26.3	34.3	22.7	<b>20.9</b>
<i>ro-s3</i>	24.0	36.0	40.3	52.3	38.0	<b>38.1</b>
<i>ro-s4</i>	41.3	35.3	45.3	53.3	29.0	<b>40.9</b>
<i>ro-s5</i>	43.7	39.3	41.7	52.7	33.7	<b>42.2</b>
<b>Medii</b>	<b>26.1</b>	<b>25.3</b>	<b>34.8</b>	<b>38.5</b>	<b>24.7</b>	

*Tabelul 5.3.1 Media frecvențelor simptomelor respiratorii la copii declarate de părinți*

Cele mai mari frecvențe au fost înregistrate în școala *ro-s5* (42,1%), durerea de gât fiind cel mai des întâlnit simptom (52,7), urmat de durerea de cap și nasul înfundat. În școlile *ro-s3* și *ro-s4*, simptomele urmărite au apărut cu o frecvență asemănătoare (38,1% și 40,9%), durerea de gât (>50%) și nasul înfundat (>40%) având frecvențele cele mai mari. Ca și în

cazul apariției simptomelor declarate de copii, în școala *ro-s1* au fost cele mai mici frecvențe înregistrate de 7,2% (doar rinoreea și nasul înfundat).

S-au obținut corelații moderate între creșterea frecvențelor apariției rinoreii și a nasului înfundat cu creșterea concentrației de limonen din interior (*Tabelul 5.3.2*). Alte corelații (foarte slabe) s-au găsit între frecvența apariției nasului înfundat și a tusei iritante cu concentrațiile de benzen și durerea de gât și tusea iritantă cu concentrația de pinen. Variabilele au avut o tendință de creștere ușoară concomitentă, însă fără a putea spune cu certitudine faptul că acești poluanți au avut o influență directă asupra creșterii frecvenței simptomelor.

	Indice de corelație "r"			
	formaldehida $\mu\text{g}/\text{m}^3$	benzen $\mu\text{g}/\text{m}^3$	pinen $\mu\text{g}/\text{m}^3$	limonen $\mu\text{g}/\text{m}^3$
iritația ochilor	0.21	0.38	0.09	-0.21
durere de cap	-0.03	0.14	-0.39	-0.24
rinoree	0.04	-0.05	-0.31	<b>0.77</b>
nas înfundat	<b>0.16</b>	<b>0.34</b>	-0.17	<b>0.72</b>
gât uscat	<b>0.13</b>	-0.10	-0.45	<b>0.35</b>
durere de gât	-0.23	0.05	<b>0.30</b>	<b>0.17</b>
tuse iritantă	-0.20	<b>0.23</b>	<b>0.25</b>	-0.25

*Tabelul 5.3.2 Corelații între frecvența apariției simptomelor în școli și conc. poluanți*

Aceleași întrebări legate de simptome ale elevilor apărute în sala de clasă s-au regăsit atât în chestionarul aplicat părinților, cât și în cel al copiilor. Una din motivele pentru care s-a făcut acest lucru este de a verifica răspunsurile date de copii, întru-cât aceștia pot să nu conștientizeze cu adevărat apariția acestora în timpul școlii. După cum era de așteptat, diferența dintre frecvențele declarate de copii și cele de părinți sunt mari, chiar foarte mari la unele clase.

Răspunsurile au fost total diferite în școala *ro-s1*, părinții declarând apariția nasului înfundat și al rinoreii când copiii sunt la școală, pe când elevii declară apariția unei tuse iritante. Explicația ar putea fi aceea că tusea iritantă a fost un efect de moment, în urma unor posibile eforturi fizice, părinții neștiind de apariția lor, iar copii nu au conștientizat cu adevărat apariția altor simptome.

În cazul școlii *ro-s2*, simptomele declarate de elevi s-au regăsit în cele declarate de părinți însă cu frecvențe diferite. Explicația ar putea fi și în acest caz referitoare la un efect de moment cauzat de diferențele de temperatură mari între interior sau. Datorită frecvențelor răspunsurilor aproximativ asemănătoare, este posibilă existența unui fond patologic persistent care să facă elevii să conștientizeze faptul că aceste simptome apar și la școală.

În școlile *ro-s3* și *ro-s4*, aceleași simptome s-au regăsit la ambii respondenți, însă cu frecvențe net diferite. Răspunsurile date de elevii din școala *ro-s5* au fost diferite față de cele date de părinți atât din punctul de vedere al frecvențelor cât mai ales din cel al simptomelor. Cauzele pot fi mai multe: lipsa conștientizarea unora dintre copii a acestor simptome sau frecvența cu care apar, lipsa de comunicare între părinți și copii în ceea ce se întâmplă la

școală, sau influențe exteriorare provenite de la un efort fizic, expunere la diferențe mari de temperatură într-un timp foarte scurt sau chiar la anumiți poluanți.

## 5.4 Concluzii

Au existat diferențe între numărul și frecvența de apariție a unor simptome respiratorii între școli și în cadrul școlilor, între clase, frecvența tuturor simptomelor respiratorii oscilând între 2.1- 14%.

În ansamblu, cea mai mare frecvență a tuturor simptomelor declarate s-a înregistrat la școala *ro-s4*, situată în apropierea unei zone cu trafic intens și zonă industrială (industria lemnului) din mediu urban.

Simptomele declarate au fost doar 4, și anume rinoree, strănut, nas înfundat, tuse uscată; cele mai frecvente simptome asociate de copii cu apariția în timpul petrecut la școală în ultimele 7 zile înaintea completării chestionarului (medie total elevi chestionați în cele 5 școli) au fost rinoreea (11.47%), tusea uscată (11.46%) și nasul înfundat (11%). Frecvența cea mai mare a rinoreei a fost declarată la școala *ro-s3*, strănutul la școala *ro-s4*, nasul înfundat la școala *ro-s2* și tusea seacă la școlile *ro-s2* și *ro-s3*. Realizarea concentrațiilor poluanților măsurați continuu pe parcursul a 5 zile în școli și frecvența apariției simptomelor respiratorii declarate de copii nu a evidențiat nicio corelație semnificativă statistic.

Sursele de poluare identificate din locuințe au fost: 63% din locuințe au fost situate într-o zonă cu trafic redus și ventilate natural (86%); odorizantele de cameră (51%) și bețișoare parfumate (12%), pardoseaua din camera copiilor acoperită cu parchet din lemn și covoare/mochete. Expunerea pasivă a copiilor la fumul de țigară acasă a fost frecventă (38%) și de intensități diferite.

Simptomele predominante ca frecvență la copii (peste 25%) - raportându-ne la toți părinții participanți în studiu de la cele 5 școli – au fost durerea în gât (38.53%), nasul înfundat (34.8%), urmând durerea de cap (26%), rinoreea (25.26%) și tusea seacă (24.66%).

Între frecvența apariției simptomelor declarate de părinți în sălile de clasă și nivelul concentrațiilor poluanților, s-au găsit corelații pozitive semnificative între: creșterea frecvențelor apariției rinoreei și a nasului înfundat cu creșterea concentrației de limonen din interior, frecvența apariției nasului înfundat și a tusei iritante cu concentrațiile de benzen și durerea de gât și tusea iritantă cu concentrația de pinen.

Marea majoritate a părinților nu au putut da un răspuns privind locul de apariție a simptomelor (la școală sau acasă), și ca urmare, apar diferențe extrem de mari între răspunsurile copiilor și ale părinților, părinții declarând, cu mici excepții, un număr mai mare de simptome și frecvențe crescute ale acestora față de copii.

Una din cele mai importante limitări ale acestei etape a fost însăși competarea chestionarelor. În primul rând, chestionarul a fost tradus și adaptat pentru România, ceea ce a rezultat în pierderea sensului unor cuvinte sau neînțelegerea lui de către cei care le-au completat. Chestionarul prea lung, nivelul de educație și trai al părinților/tutorilor copiilor a dus la lipsa multor răspunsuri, aceștia neavând răbdare sau neștiind ce să completeze.

## **6. MODEL EXPERIMENTAL – CALITATEA AERULUI DIN UNELE SĂLI DE CLASĂ DIN ROMÂNIA, URMĂRIND EVOLUȚIA CONCENTRAȚIILOR POLUANȚILOR ÎNTR-O ZI NORMALĂ DE ȘCOALĂ**

Evidențierea evoluției concentrațiilor unor poluanți într-o zi normală de școală și aplicarea unei liste de verificare pentru sălile de clasă s-a făcut în cadrul unui studiu pilot care a urmărit evaluarea calității aerului din săli de clasă din România. Acest studiu s-a desfășurat în două din cele 5 școli participante la studiul anterior (2010 -2011), în câte o sală de clasă, în perioada 09 – 10 decembrie 2014.

### **6.1 Scopul și obiectivele modelului experimental**

Pentru o mai bună înțelegere a variației expunerii copiilor la poluanții din aer în interiorul sălilor de clasă, scopul acestui studiu a fost de a urmări evoluția și variația concentrației poluanților din interior (formaldehidă, pinen, limonen, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>) pe durata unei zile normale de școală.

#### *Obiective urmărite în modelul experimental*

- identificarea schimbărilor apărute în timp la cele două săli de clasă prin analiza listelor de verificare aplicate în studiul pilot și identificarea unor noi surse de poluare;
- relaționarea concentrațiilor obținute cu posibilele surse de poluare și rata de ventilație din sălile de clasă;
- stabilirea evoluției concentrațiilor unor poluanți în decursul unei zi normale de școală;

### **6.2 Locația desfășurării modelului experimental și grupul populațional studiat**

Pentru a putea urmări schimbările care pot să apară de-a lungul timpului într-o sală de clasă care pot avea o influență semnificativă asupra calității aerului din interior, modelul experimental s-a desfășurat în 2 din locațiile din etapa anterioară, și anume Școala Gimnazială „Avram Iancu” din comuna Unirea (ro-s1) în sala de clasă ro-s1-r1 și în Școala Gimnazială „Axente Sever” din localitatea Aiud (ro-s2), sala de clasă ro-s2-r3.

Grupul populațional studiat este format din copii cu vârsta cuprinsă între 6 - 8 ani.

### **6.3 Metoda de prelevare și analiză**

Au fost efectuate măsurători directe ale poluanților în interiorul și exteriorul sălilor de clasă și măsurători indirecte prin aplicarea unei liste de verificare pentru sala de clasă în perioada 9 – 10 Decembrie 2014.

Măsurătorile directe au vizat următorii poluanți: formaldehidă, pinen, limonen, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> și CO<sub>2</sub>. Prelevările au constat în 6 măsurători pentru fiecare școală, a câte 50 de minute, cu câte o aerisire între acestea. Prima prelevare s-a realizat între 6 și 6<sup>50</sup> dimineața, evidențiind nivelul concentrațiilor cumulate în sala de clasă din momentul în care elevii au terminat cursurile (ora 12), până a doua zi dimineață. După o aerisire de 10 minute, s-a trecut

la următoarea prelevare, între 7 și 7<sup>50</sup>. Acestea a reprezentat nivelul concentrațiilor cumulate timp de 50 de minute din sala de clasă, fără prezența elevilor. După o aerisire de încă 10 minute, s-a continuat în același mod cu următoarele 4 seturi de prelevări. Acestea au reprezentat evoluția concentrațiilor poluanților într-o zi de școală, cu elevii în clasă. Concomitent cu măsurătorile din sălile de clasă s-au făcut aceleași prelevări și în fața școlii pentru aceiași poluanți. Atât învățătorii cât și elevii au fost rugați să-și desfășoare în mod normal toate activitățile.

Formaldehida adsorbită pe cartușele XAD-2 a fost analizată prin cromatografie urmată de identificarea și cuantificarea prin spectrometrie de masă. GC-MS-ul a fost operat în modul SIM (monitorizarea ionilor selectivi) iar concentrația a fost calculată pe baza curbei de calibrare.

Pinenul și limonenul adsorbite pe cartuse de carbină activ au fost analizate prin cromatografie urmată de identificarea și cuantificarea prin spectrometrie de masă de fază staționară. GC-MS-ul a fost operat în modul SIM (monitorizarea ionilor selectivi) iar concentrația a fost calculată pe baza curbei de calibrare.

Aparatura utilizată pentru măsurarea pulberilor în suspensie PM<sub>10</sub> și PM<sub>2,5</sub> au fost monitoare tip PD Ram, EPAM și HAZDUST. Acestea au funcția de a determina în timp real concentrația fracției respirabile pe baza detecției dispersiei luminii.

Prelevarea CO<sub>2</sub> s-a realizat cu ajutorul a două analizoare de gaze IAQ-CALC, model 7545, TSI. Principiul de măsurare al este detecția în infraroșu pentru măsurarea CO<sub>2</sub> (senzor cu două lungimi de undă non-dispersiv în infraroșu).

Măsurătorile indirecte au constat în completarea unei liste de verificare și calcularea ratei de ventilație din fiecare sală. Pentru a vedea ce schimbări care s-au făcut în salile de clasă față de campania de prelevări din anul 2010 - 2011, s-a completat o listă de verificare împreună cu învățătoarea. S-au inclus în această listă și detaliile legate de modul în care s-a făcut curățenie, această parte fiind completată cu ajutorul personalului de îngrijire a curățeniei din școli. Modelul listei de verificare se regăsește în anexe.

Calculul ratei de ventilație s-a făcut utilizând următoarea formulă matematică:

$$\frac{-}{A} = \frac{[\ln(C(t_2) - C(ext)) - \ln(C(t_1) - C(ext))]}{(t_2 - t_1)}$$

S-a luat în calcul concentrația CO<sub>2</sub> la sfârșitul perioadei de prelevare – t<sub>1</sub> – și concentrația CO<sub>2</sub> la începutul perioadei de prelevare – t<sub>2</sub> .

#### **6.4 Identificarea schimbărilor din sălile de clasă apărute după etapa I a studiului**

Pentru *ro-s1-r1*, printre schimbările apărute se numără: parchetul schimbat în urmă cu mai puțin de 12 luni, podiumul din fața clasei a fost desființat, mobilierul nu a mai fost schimbat și avea în acel moment o vechime de 5 ani, exista un număr mai mare de plante și nu se mai foloseau perne pe scaune. O schimbare importantă care apare în anul 2014 față de prima etapă a fost modul în care s-a făcut ventilația. Nu s-au mai deschis geamurile în timpul orelor sau al pauzelor. Umiditatea a fost la fel, ridicată, prezența acesteia fiind sesizabilă prin

urmele vizibile de mucegai din încăperea sau miros. Praful a fost de asemenea prezent conform observațiilor de la fața locului. Conform declarației persoanei care se ocupă de efectuarea curățeniei, aceasta s-a făcut mai des, însă după observațiile personale de la fața locului, sala era foarte prăfuită, parchetul și băncile erau murdare, la fel și geamurile.

În ceea ce privește sala de clasă *ro-s2-r3*, modificările față de prima etapă a studiului, au fost următoarele: s-a renovat sala de clasă și pe lângă vopseaua lavabilă folosită s-au pus și lambriuri pe pereți și tavan, s-a pus parchet laminat, a fost schimbat mobilierul care în momentul completării chestionarului avea o vechime de 3 ani și au apărut un număr semnificativ de plante în sala de clasă. În ceea ce privește ventilația, aceasta a fost aproximativ la fel. În afară de umezeală (geamurile aburite pe interior), nu a fost identificat nici un alt parametru de igienă perceptibil. În ceea ce privește curățenia, și aici s-a intensificat față de prima etapă: lustruitul podelelor și al obiectelor din sală s-a făcut mai des.

## **6.5 Evoluția concentrațiilor poluanților din sălile de clasă într-o zi de școală**

### **6.5.1. Evoluția concentrațiilor poluanților din *ro-s1-r1***

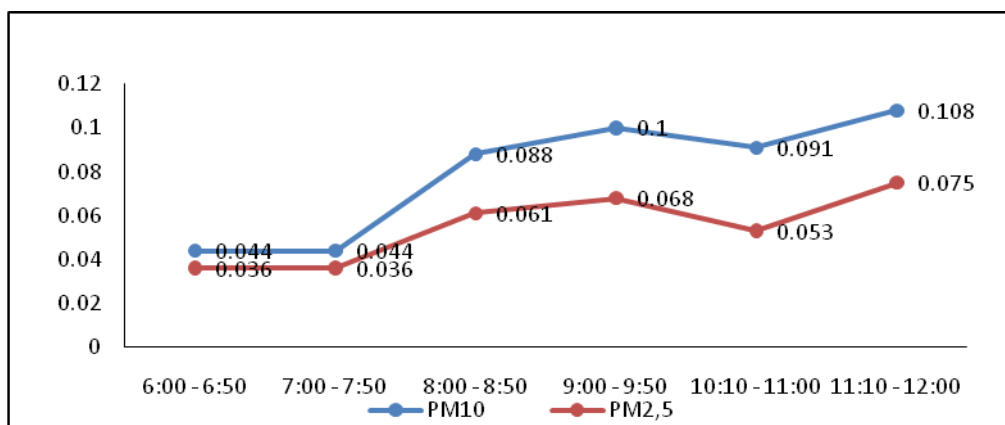
Nivelele concentrațiilor de formaldehidă în interior au fost între 0,02 mg/m<sup>3</sup> și 0,025 mg/m<sup>3</sup> (media: 0,02 mg/m<sup>3</sup> și deviația standard [SD] 0,00) iar în exterior între 0,022 – 0,034 (media: 0,03 mg/m<sup>3</sup>, SD: 0,00).

Variația concentrației de PM<sub>10</sub> a fost între 0,044 – 0,108 mg/m<sup>3</sup> (media: 0,079 mg/m<sup>3</sup>, SD: 0,028) în interiorul sălii de clasă și între 0,02 – 0,121 (media: 0,056 mg/m<sup>3</sup>, SD 0,046) în fața școlii; PM<sub>2,5</sub> a variat între 0,036 – 0,075 mg/m<sup>3</sup> (media: 0,055 mg/m<sup>3</sup>, SD: 0,016) în interior și între 0,016 și 0,073 mg/m<sup>3</sup> (media: 0,036 mg/m<sup>3</sup>, SD: 0,027) în exterior.

Concentrația de limonen a fost între 0,064 și 0,236 mg/m<sup>3</sup> (media: 0,111 mg/m<sup>3</sup>, SD: 0,06) în sala de clasă și între 0,012 - 0,085 mg/m<sup>3</sup> (media: 0,056 mg/m<sup>3</sup> and SD: 0,025) în exterior.

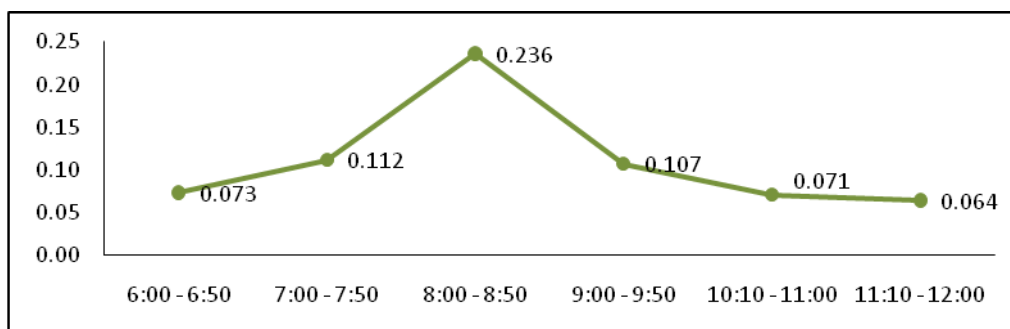
Concentrațiile pentru pinen au fost sub limita de detecție de <0,020 mg/m<sup>3</sup>.

Evoluția paralelă a pulberilor în suspensie PM<sub>10</sub> și PM<sub>2,5</sub> (*Graficul 6.5.1.1*) a fost influențată de traficul rutier în momentul deschiderii geamurilor dar și de prezența copiilor care au perturbat mișcarea curenților de aer din interior, rezultând, printre altele, și în ridicarea prafului. Orientarea sălii de clasă spre stradă a evidențiat și mai mult rezultatele obținute în subcapitolul anterior. După venirea copiilor în sălile de clasă, nivelul concentrației pulberilor a crescut brusc, moment în care s-au înregistrat și valorile cele mai mari ale ratei de ventilație (datorită deschiderii ușii, dinamica curenților de aer între geamurile deschise și ușă este mai mare). După pauza mare de 20 de minute, nivelul concentrației de pulberi măsurată între 10<sup>50</sup> și 11<sup>00</sup> a scăzut odată cu rata de ventilație, deoarece sala de clasă a fost aerisită mai mult iar copiii au ieșit în curte. Cel mai ridicat nivel de concentrație s-a înregistrat în ultima oră, și asta pentru că elevii au fost liberi să facă ce vroiau și au alergat prin sala de clasă, ridicând praful în interior.



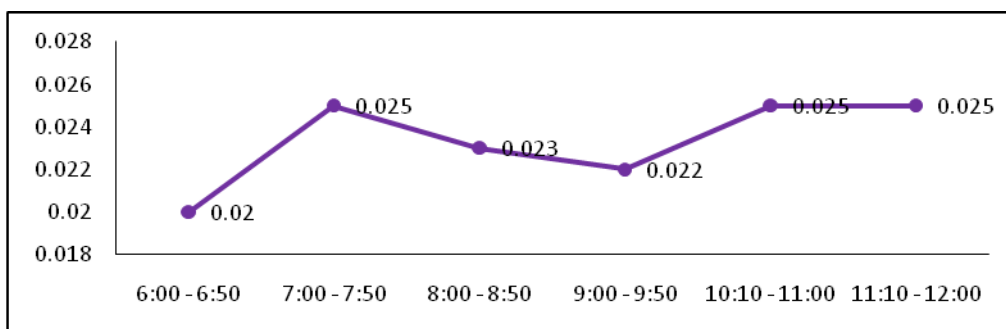
Graficul 6.5.1.1 Evoluția pulberilor în suspensie PM10 și PM2,5 din ro-s1-r1

În ceea ce privește evoluția concentrațiilor de limonen în sala de clasă, s-a înregistrat o creștere a concentrație pe durata primei ore, apoi nivelul concentrațiilor a scăzut. Nivelul concentrației din exterior a fost mai scăzut decât cel din interior (Graficul 6.5.1.2). În acest studiu nu am identificat posibیلی factori care au influențat evoluția concentrațiilor pe durata zilei. În acest caz, puteam doar explica posibilele surse de poluare identificate anterior. Pentru exterior sunt coniferele din jurul școlii și posibil dezintecția/deratizarea iar pentru interior parchetul laminat, mobilierul din PAL, ghivecele cu plante sau produsele utilizate pentru curățenie se pot constitui de asemenea în surse de poluare a aerului cu pinen.



Graficul 6.5.1.2 Evoluția limonenului din ro-s1-r1

În evoluția formaldehidei de-a lungul unei zile de școală, s-au observat diferențe minime între concentrații, de  $0,005\text{mg}/\text{m}^3$  între maxima și minima zilei (Graficul 6.5.1.3). Asta înseamnă că nici rata de ventilație și nici concentrația formaldehidei din exterior nu au influențat nivelul din interior, acestea fiind aproape constante datorită emisiilor din interior.



Graficul 6.5.1.3 Evoluția formaldehidei din ro-s1-r1



### 6.5.2. Evoluția concentrațiilor poluanților din ro-s2-r3

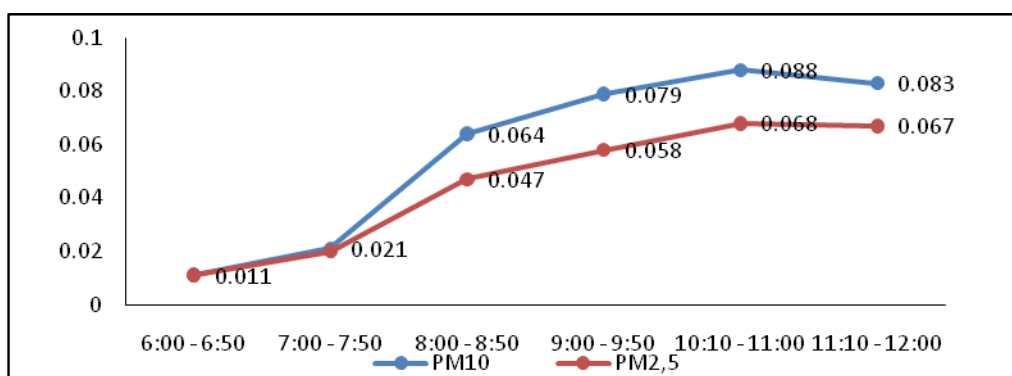
Nivelele concentrațiilor de formaldehidă în interior au fost între 0,016 mg/m<sup>3</sup> și 0,021 mg/m<sup>3</sup> (media: 0,018 mg/m<sup>3</sup> și SD: 0,02) iar în exterior între 0,018 – 0,029 (media: 0,024 mg/m<sup>3</sup>, SD: 0,004).

Variația concentrației de PM<sub>10</sub> a fost între 0,011 – 0,088 mg/m<sup>3</sup> (media: 0,058 mg/m<sup>3</sup>, SD: 0,033) în interiorul sălii de clasă și între 0,012 – 0,064 (media: 0,039 mg/m<sup>3</sup>, SD 0,019) în fața școlii; PM<sub>2,5</sub> a variat între 0,011 – 0,068 mg/m<sup>3</sup> (media: 0,045 mg/m<sup>3</sup>, SD: 0,024) în interior și între 0,009 și 0,042 mg/m<sup>3</sup> (media: 0,019 mg/m<sup>3</sup>, SD: 0,006) în exterior.

Concentrația de limonen a fost între 0,064 și 0,236 mg/m<sup>3</sup> (media: 0,111 mg/m<sup>3</sup>, SD: 0,06) în sala de clasă și între 0,022 - 0,164 mg/m<sup>3</sup> (media: 0,070 mg/m<sup>3</sup> and SD: 0,062).

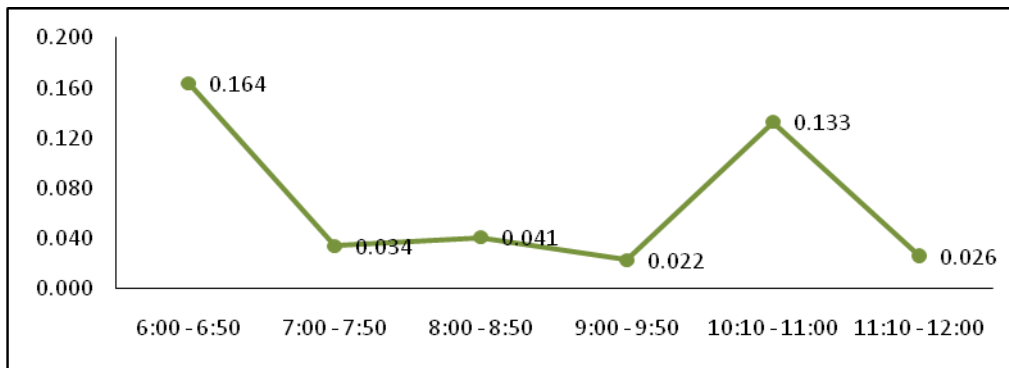
Concentrațiile pentru pinen au fost sub limita de detecție de <0,020 mg/m<sup>3</sup>.

Evoluțiile pulberilor în suspensie au avut un trend crescător cu fiecare oră ce a trecut (*Graficul 6.5.2.1*), prezența copiilor influențând direct concentrația de pulberi din aer. Faptul că nu se folosea aspiratorul la curățenie, utilizarea măturii doar recirculând pulberile, fără a le și elimina iar spălătul pardoselelor doar o dată pe săptămână și cel al perdelelor o dată pe an, au ajutat și ele la reținerea prafului în interior. Drept urmare, prezenței copiilor care perturbă mișcarea curenților de aer din interior rezultă în creșterea concentrațiilor de PM<sub>10</sub> și PM<sub>2,5</sub> din aerul din interior.



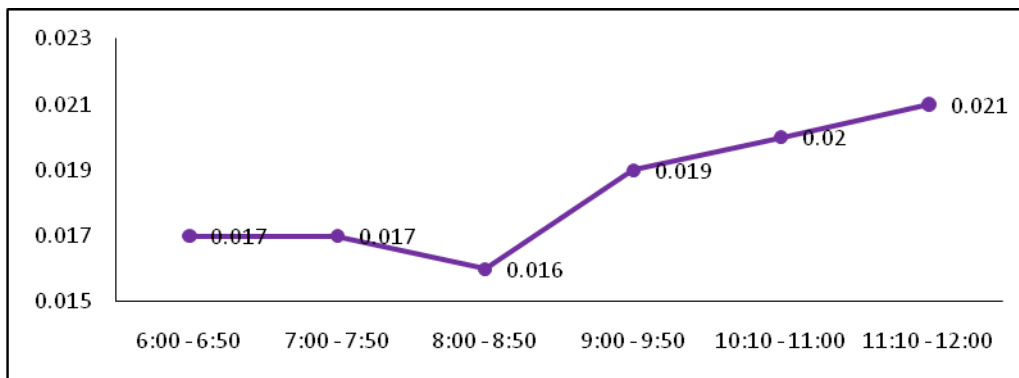
*Graficul 6.5.2.1 Evoluția pulberilor în suspensie PM<sub>10</sub> și PM<sub>2,5</sub> din ro-s2-r3*

Evoluția limonenului, așa cum se observă în *Graficul 6.5.2.2*, nu a fost concludentă pentru o evoluție în funcție de timp sau ventilație. Factorii care i-au influențat apariția nu au fost identificați în acest studiu, găsindu-se doar posibile surse de poluare fără a avea însă semnificații statistice. Astfel, posibilele surse depoluare din exterior au fost coniferele din jurul școlii iar pentru interior parchetul laminat, mobilierul din PAL, ghivecele cu plante sau produsele utilizate pentru curățenie.



Graficul 6.5.2.2 Evoluția limonenului din ro-s2-r3

Ca și în cazul sălii de clasă *ro-s1-r1*, evoluția formaldehidei de-a lungul unei zile nu a fost semnificativă, diferența concentrațiilor fiind foarte mică, tot de  $0,004 \text{ mg/m}^3$  între maxima și minima zilei.



Graficul 6.5.2.3 Evoluția formaldehidei din ro-s2-r3

## 6.6 Evaluarea surselor de poluare din sălile de clasă – 2014

Evaluarea surselor de poluare s-a realizat prin două metode: corelarea concentrațiilor din exterior cu cele din interior și prin corelarea concentrațiilor din interior cu rata de ventilație calculată pentru fiecare perioadă de prelevare.

Pentru sala de clasă *ro-s1-r1*, indicele de corelație pozitiv pentru concentrațiile pulberilor în suspensie  $\text{PM}_{10}$  au confirmat faptul că nivelul concentrațiilor din exterior le-au influențat pe cele din interior, identificându-se o corelație moderată ( $r=0,6$ ). Cu toate acestea, concentrațiile măsurate au fost mai mari în interior, ceea ce înseamnă că sursa principală a fost în interior, însă nivelul concentrațiilor au fost influențate și de cele din exterior. Pentru pulberile în suspensie  $\text{PM}_{2,5}$  corelația între concentrațiile din interior și exterior a fost una slabă ( $r=0,4$ ). În studiu de față, raportul dintre mediile concentrațiilor de  $\text{PM}_{10}$  a fost de 1,8 iar în cazul  $\text{PM}_{2,5}$  de 2, a indicat și de această dată sursa preponderentă în interiorul sălii de clasă.

Pe de altă parte, limonenul având exclusiv nivelul concentrațiilor mai mari în interior decât în exterior, iar valoarea I/O obținută de 0,9, a făcut ca sursa de poluare principală să fie în sala de clasă, deși corelația dintre exterior și interior a fost pozitivă și moderată ( $r=0,7$ ).

În ceea ce privește formaldehida, s-a calculat un indice de corelație negativ și puternic ( $r = -0,8$ ) între evoluția concentrațiilor din interior față de cele din exterior iar valoarea I/O obținută a fost de 2,3, ceea ce a însemnat că deși concentrațiile au fost mai mari în exterior, acestea nu le-au influențat pe cele din interior.

Indicele de corelație negativ ( $r = -0,9$ ) dintre concentrațiile formaldehidei și rata de ventilație calculată pentru fiecare perioadă de prelevare, au demonstrat încă o dată faptul că sursa de poluare preponderentă a fost din interiorul sălii de clasă. Principalele surse de poluare în interior în cazul *ro-s1-r1* au fost: renovarea pereților cu mai puțin de 12 luni înaintea prelevării, parchetul laminat, mobilierul din PAL, numărul mare de plante din sala de clasă și depozitarea produselor cu miros iritant în dulapuri, neînchise etanș, în sala de clasă.

Indicele de corelație obținute între rata de ventilație și concentrațiile  $PM_{10}$  și  $PM_{2,5}$  au fost foarte slabe ( $r = 0,07$  și  $r = 0,19$ ), evidențiind faptul că rata de ventilație nu a influențat aproape deloc nivelul poluării din interior cu PM. La fel a fost și în cazul limonenului, corelația fiind una foarte slabă ( $r = 0,13$ ).

În cazul sălii de clasă *ro-s2-r3*, indicele de corelație pozitiv și valoare moderată între concentrațiile din exterior cu cele din interior a pulberilor în suspensie  $PM_{10}$  ( $r = 0,8$ ) și  $PM_{2,5}$  ( $r = 0,7$ ) au indicat influență semnificativă din exterior. Ca și în cazul clasei *ro-s1-r1*, concentrațiile din interior au fost mai mari, ceea ce a presupus existența sursei principale de poluare în interior, dar cu influențe și din exterior. Raportul I/O dintre mediile concentrațiilor de  $PM_{10}$  a fost de 1,4 iar în cazul  $PM_{2,5}$  de 1,6, a indicat și de această dată sursa preponderentă în interiorul sălii de clasă.

În cazul formaldehidei și a limonenului, corelația dintre concentrațiile din interior și cele din exterior a fost nesemnificativă, însă valoarea I/O a formaldehidei de 3,1 iar a limonenului de 0,8 au indicat și în acest caz sursa preponderentă în interiorul sălii de clasă.

Indicii de corelație dintre concentrațiile de PM și rata de ventilație au fost de această dată negative, în cazul  $PM_{10}$  obținându-se o corelație moderată ( $r = -0,6$ ) iar pentru  $PM_{2,5}$  corelația a fost slabă ( $r = -0,4$ ). Astfel, se poate afirma faptul că sursa de poluare preponderentă a fost în interiorul sălii de clasă. Având în vedere faptul că sursele de pulberi sunt considerate predominant exterioare (în special din traficul auto), rezultatul nostru se poate explica prin orientarea sălii de clasă spre curtea școlii și depărtarea mai mare față de trafic, ceea ce face ca poluanții odată pătrunși înăuntru prin deschiderea geamului, să rămână acolo datorită unei ventilații slabe a sălii. În sprijinul acestei explicații vine faptul că în același timp, nefolosirea aspiratorului la curățenie doar recirculă pulberile în suspensie, fără a le și elimina. Spălatul pardoselelor doar o dată pe săptămână și cel al perdelelor o dată pe an, ajută și el la reținerea prafului de unde este recirculat în interior.

În ceea ce privește formaldehida, și de această dată s-a obținut un indice de corelație negativ, sursa de poluare predominantă fiind în interiorul sălii de clasă. Principalele surse de poluare în interior cu formaldehidă în cazul *ro-s2-r3* au fost: renovarea pereților cu mai puțin de 12 luni înaintea prelevării, parchetul laminat, mobilierul din PAL și numărul mare de plante din sala de clasă. O nouă sursă de poluare ar putea fi lambriurile de pe pereți

## 6.7 Măsuri de îmbunătățire a calității aerului din interiorul sălilor de clasă

Pe baza rezultatelor obținute privind calitatea aerului din școli, în urma analizei listelor de verificare și a relaționării concentrațiilor poluanților obținute cu posibilele surse de poluare, propunem următoarele măsuri pentru îmbunătățirea calității aerului din interiorul școlilor, care vizează atât controlul sursei de poluare cât și ventilația.

### 1. Controlul sursei:

- Alegerea materialelor de mobilier/construcții cu emisii reduse;
- Alegerea produselor cu emisii reduse (pentru curățenie, materiale utilizate în activități școlare, materiale didactice);
- Asigurarea curățeniei adecvate în principal prin proceduri umede și folosirea aspiratorului cât mai des posibil, pentru a evita recircularea poluanților;
- Activitățile de curățenie să se desfășoare după terminarea orelor, emisiile din produsele de curățenie fiind mult reduse până a doua zi când revin elevii în sala de clasă;
- Evitarea folosirii mochetelor;
- Număr moderat de plante în sala de clasă; multe plante nu înseamnă neapărat un aer mai curat;
- Evitarea utilizării echipamentelor electronice în sala de clasă, în special a fotocopiatoarelor;
- Evitarea folosirii odorizantelor de cameră de orice fel.

### 2. Ventilație:

- Aerisirea sălilor de clasă în timpul curățeniei;
- Aerisirea sălilor de clasă în pauze;
- Filtrarea aerului care pătrunde în sala de clasă.

## 6.8 Model experimental de evaluarea a calității aerului din interiorul școlilor prin urmărirea evoluției poluanților

În urma rezultatelor obținute în acest studiu, modelul experimental dezvoltat în evaluarea calității aerului din interior în școli prin urmărirea evoluției poluanților într-o zi de școală cuprinde următoarele etape:

### 1. Prelevare probe de aer pentru poluanții urmăriți în interior și exterior

Fiecare poluant urmărit are propriile surse de poluare și este influențat de nenumărați factori atât din interior cât și din exterior. Astfel, este nevoie de urmărirea evoluției concentrațiilor în paralel din interiorul sălii de clasă și în exterior clădirii școlii, pentru a stabili zona în care se va acționa pentru îmbunătățirea calității aerului.

## 2. Calculul ratei de ventilație

Evaluarea eficacității ventilației prin calculul ratei de ventilație este importantă din două motive: în primul rând stabilește influența aerului din exterior asupra celui din interior iar în al doilea rând, poate deveni o măsură corectivă foarte importantă. Metoda utilizată în acest studiu folosește formula matematică care a luat în calcul concentrația CO<sub>2</sub> la sfârșitul perioadei de prelevare – t<sub>1</sub> – și concentrația CO<sub>2</sub> la începutul perioadei de prelevare – t<sub>2</sub> și concentrațiile poluanților măsurate.

## 3. Stabilirea influenței poluării din exteriorul școlii asupra calității aerului din interiorul sălii de clasă

Stabilirea influenței poluării din exteriorul școlii asupra calității aerului din interiorul sălii de clasă se poate realiza prin corelarea rezultatelor obținute în pașii anteriori, și anume prin corelarea concentrației poluantului din interior cu cel exterior și cu rata de ventilație. În acest fel se poate stabili dacă sursa preponderentă este în interiorul sălii de clasă sau nu. Există mai multe tipuri de calcul al coeficientului de corelație, în acest studiu folosindu-se Coeficientul de corelație Pearson (r).

## 4. Implementarea de măsuri pentru îmbunătățirea calității aerului din interior

Implementarea de măsuri pentru îmbunătățirea calității aerului din interior este ultima etapă. Strategia recomandată pentru gestionarea calității aerului din interior are două etape: controlul sursei și a ventilației (vezi subcapitolul 6.7 privind măsuri de îmbunătățire a calității aerului din interiorul sălilor de clasă )

## 6.9 Concluzii

Studiul s-a desfășurat în două din cele 5 școli participante la studiul initial, în câte o sală de clasă, în perioada 09 – 10 decembrie 2014. Școlile investigate provin din medii diferite (urban/rural), au construcții diferite (formă, vârstă, amplasament, caracteristici, construcție etc.) și expunere diferită la surse de poluare (trafic, industrie).

Caracterizarea sălilor de clasă s-a realizat prin analiza listei de verificare completată împreună cu personalul din școală, rezultatele evidențiind modificări, față de anul 2010 – 2011, ce au constat în renovări, schimbarea parchetului/mobilierului, modul de ventilare naturală și de efectuare a curățeniei.

Analiza listei de verificare privind parametrii perceptibili de igienă în ambele săli de clasă a evidențiat în principal aceleași aspecte, și anume prezența umezelii și a mucegaiului.

Măsurătorile directe în 6 perioade de prelevări pe parcursul unei zile de școală au evidențiat următoarele aspecte:

- Creșterea concentrațiilor pulberilor PM<sub>10</sub> și PM<sub>2,5</sub> până la terminarea orelor de școală;
- Oscilații mici ale concentrațiilor formaldehidei, diferența dintre valoarea minimă și maximă fiind de cel mult 0,005mg/m<sup>3</sup>;

- Concentrațiile limonenului au fost variabile dar fără diferențe majore între prima și ultima perioadă de măsurare, cu excepția primei măsurători în *ro-s2-r3*, când cea mai mare valoare s-a înregistrat înainte de intrarea copiilor în școală (peste noapte lipsa de ventilație poate duce la creșterea concentrațiilor);
- Pinenul a fost măsurat sub limita de detecție a metodei.

Pentru toți poluanții urmăriți, concentrațiile măsurate în interior și în exterior au fost în majoritatea covârșitoare a situațiilor mai mari la școala situată în zonă de trafic intens (*ro-s1*).

Corelațiile dintre concentrațiile poluanților din interior cu concentrațiile din exterior și rata de ventilație au arătat că pentru  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  și limonen, principala sursă a fost în interior (în sala de clasă).

Corelația negativă dintre concentrațiile formaldehidei și rata de ventilație calculată pentru fiecare perioadă de prelevare, demonstrează încă o dată faptul că sursa de poluare preponderentă a fost în interiorul sălii de clasă.

Concentrația medie a formaldehidei obținută în acest studiu de  $0,02 \text{ mg/m}^3$  pentru *ro-s1-r1* și de  $0,018 \text{ mg/m}^3$  în *ro-s2-r3*, nu ating limita de  $0,1 \text{ mg/m}^3$  (pentru 30 de min), doză recomandată de Organizația Mondială a Sănătății ca fiind pragul de apariție a iritației senzoriale (Kaden et al., 2010). Menținerea concentrațiilor sub această limită poate preveni și efectele asupra sănătății copiilor după o expunere cronică, nu doar acută.

Nivelul concentrațiilor de D-limonen din interiorul claselor a variat între  $0,022 - 0,164 \text{ mg/m}^3$  în *ro-s1-r1*, și între  $0,064 - 0,236 \text{ mg/m}^3$  în *ro-s2-r3*, valorile fiind sub limita recomandată RW-I de  $1 \text{ mg/m}^3$  și RW-II din  $10 \text{ mg/m}^3$ , reglementate de Comitetul Național German, un grup de lucru ad-hoc cu experți tehnici în aerul de interior Comisia Igienei Aerului (IRK - ) al Agenției Federale de Mediu a Germaniei (Heine, Eckhardt, 2014).

În ceea ce privește nivelul concentrațiilor de  $PM_{10}$  și  $PM_{2,5}$ , nu există un ghid pentru valoarea obținută în acest studiu, și anume o valoare pentru expunere acută, însă valorile obținute au fost sub cele din studii asemănătoare (Fromme et al. 2008, Simoni et al. 2010 sau Stranger et al. 2007).

Calitatea aerului din exterior influențează calitatea aerului din interior în cele două situații. Ventilația deficitară a fost însă factorul care a determinat influența existentă dar redusă a concentrațiilor exterioare, traficul auto având un rol important în modificarea calității aerului în zonele studiate.

## 7. CONCLUZII GENERALE

Pornind de la lipsa de date în ceea ce privește prezența poluanților chimici (formaldehydă, benzen, pinen și limonen) în aerul din sălile de clasă, acest studiu și-a propus să ofere o viziune asupra duratei, frecvenței și intensității expunerii copiilor la compușii organici volatili din aerul din interior și relaționarea cu posibilele efecte asupra stării de sănătate, având în vedere și poluarea din locuință.

Școlile luate în studiu cu caracteristici variate privind mediul urban sau rural, vârsta și renovările suferite, au ca surse de poluare principale traficul auto.

Principalele aspecte negative ale condițiilor de igienă a clădirilor școlilor la fel ca și a claselor investigate din fiecare școală, sunt deteriorările pereților provocate de umezeală, prezența prafului și mușgaiului, ceea ce a condus la aprecierea subiectivă a calității aerului din interior ca fiind bună în proporție de 60%.

Bunăstarea din școli a fost, din punctul de vedere al calității aerului, apreciată în 40% de cazuri destul de bună; indicatorii globali în ceea ce privește bunăstarea din sălile de clasă, pe baza confortabilității și calității aerului din interior, au fost apreciați la un nivel mediu sau foarte bun.

Posibilele surse de poluare care pot afecta calitatea aerului din interior sunt legate în principal de acoperirea și ultima renovare a pereților, tipul de pardosea și acoperirea acestuia, dispozitivele de protecție solară, tipul și vechimea mobilierului, prezența echipamentelor electrocasnice, utilizarea materialelor cu emisii reduse sau depozitarea produselor cu miros iritant.

Ventilația din sălile de clasă este exclusiv naturală prin deschiderea geamurilor, care se face cu o frecvență redusă în sezonul rece și mult mai mare, aproape permanent, pe timp de vară.

Procedurile de curățenie cu frecvență zilnică până la anuală sunt predominante de proceduri zilnice și săptămânale prin mijloace în principal uscate (măturat sau șters praful de pe suprafețe), deși se declară zilnic spălătul pardoselelor.

Dintre compușii analizați pe durata măsurătorilor pasive, concentrațiile cele mai mari s-au înregistrat pentru formaldehidă în toate sălile de clasă, cu valori cuprinse între 15,5 – 66,19  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  și limonen care a avut concentrații cuprinse între 1,08 – 23,05  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; pentru ceilalți doi compuși s-au măsurat concentrațiile cele mai mici și anume pentru pinen între 0,39 – 5,06  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  și benzen între 0,1 (sub limita de cuantificare) și 2,93  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , nedepășind valorile recomandate în ghiduri internaționale pentru aerul de interior.

S-au identificat relaționări între creșterea concentrațiilor poluanților cu frecvența renovărilor recente, folosirii anumitor tipuri de vopsea (lavabilă) sau de pardoseală.

Concentrația formaldehidei a fost singura semnificativ statistic mai mare în cazul sălilor de clasă cu mobilier exclusiv din PAL față de alte tipuri de mobilier.

Indici de corelație pozitivi și negativi au fost identificați în cazul corelației tuturor celor patru compuși cu rata de ventilație din clasă, formaldehida fiind singura pentru care s-au obținut corelații semnificative statistic pentru toate cele 5 școli.

În cazul celor 5 școli, rata de ventilație a fost factorul decisiv care a influențat variația concentrațiilor din sălile de clasă, subliniind diferențele dintre școli. Alți factori care au influențat concentrațiile măsurate au fost în principal tipul de vopsea de pe pereți, tipul de pardosea, mobilier, prezența plantelor și depozitarea produselor cu miros iritant.

Principala sursă de expunere la poluanții din interiorul locuinței a fost fumatul pasiv, folosirea odorizantelor de cameră, utilizarea gazului natural pentru gătit fără exhaustare și renovarea recentă a locuinței în proporție mai mică față de sălile de clasă, umezeala și mușgaiul.

Simptomele declarate de copii relaționate timpului petrecut la școală au fost limiate ca număr, și relativ reduse ca frecvență, totalizând între 2,1 – 14%; au predominat rinoreea,

tusea uscată și nasul înfundat. Frecvența acestor simptome nu a fost corelată semnificativ statistic cu concentrațiile fiecărui poluant măsurat continuu (5 zile).

Marea majoritate a părinților nu au putut da un răspuns privind locul de apariție a simptomelor (la școală sau acasă), și ca urmare, apar diferențe extrem de mari între răspunsurile copiilor și ale părinților, declarând, cu mici excepții, un număr mai mare de simptome și frecvențe crescute (25 – 39%), ale acestora față de copii. Frecvența apariției simptomelor declarate a fost corelată pozitiv și semnificativ cu concentrațiile de benzen, pinen și limonen.

Studiul evoluției concentrațiilor poluanților urmăriți pe parcursul unei zile normale de școală s-a efectuat în două săli de clasă, patru ani mai târziu față de prima evaluare, timp în care sălile de clasă au suferit o serie de modificări (renovări, schimbare parchet, mobilier etc.).

Pentru poluanții urmăriți, cu excepția formaldeidei, concentrațiile măsurate în sălile de clasă au fost mai mari în majoritatea situațiilor față de cele măsurate în exterior, și față de zona cu trafic redus.

Pe parcursul orelor de clasă, s-a observat o creștere semnificativă doar în cazul concentrației pulberilor  $PM_{10}$  și  $PM_{2,5}$ .

Corelația negativă dintre concentrațiile formaldehidei și rata de ventilație calculată pentru fiecare perioadă de prelevare, demonstrează încă o dată faptul că sursa de poluare preponderentă este în interiorul sălii de clasă.

Calitatea aerului din exterior poate modifica calitatea aerului din interior, dar rata de ventilație scăzută este cea care influențează migrarea poluanților din exterior în interior, făcând ca sala de clasă să constituie ea însăși principala sursă de poluare.

Ventilație deficitară este factorul care determină influența existentă dar redusă a concentrațiilor exterioare, traficul auto având un rol important în modificarea calității aerului în zonele studiate.

În ansamblu, calitatea aerului de interior din școli este complex relaționată poluării exterioare, caracteristicilor sălilor de clasă și școlilor, operațiunilor de întreținere curentă și mai ales a ventilației spațiilor. Asocierea apariției simptomatologiei respiratorii în mod direct cu prezența copilului la școală, este un proces delicat, multimplu influențat de factori de eroare dintre care, conștientizarea de către copil și comunicarea cu părintele sunt esențiale. Modelul de evaluare a expunerii elaborat și rezultatele obținute arată că școlile investigate sunt departe de a putea fi considerate un mediu sănătos pentru copii, necesitând acțiuni de management specifice pentru corectarea și îmbunătățirea calității aerului din interior, impunându-se totodată ca integrarea expunerii de acasă cu cea de la școală să fie necesară.



## **8. ORIGINALITATEA ȘI CONTRIBUȚIILE INOVATIVE ALE TEZEI**

1. Primul studiu din România care abordează pe baza unei metodologii unice și armonizate problema calității aerului din interior din școli și efectele asupra stării de sănătate posibil asociate;
2. Este primul studiu din România care oferă date sistematice privind calitatea aerului interior din școli din punct de vedere al compușilor organici volatili și al pulberilor în suspensie și influența mediului exterior asupra acesteia;
3. Studiul este noutate națională, din cunoștințele noastre nu există date publicate în studiul dinamicii pe parcursul unei zile normale de școală a concentrațiilor compușilor organici volatili și PM;
4. Studiul oferă informații importante privind contrastul dintre conștientizarea de către copii a apariției simptomelor respiratorii pe parcursul unei zile de școală și datele oferite de părinți;
5. Studiul este noutate națională, și din cunoștințele noastre nu există date publicate privind modele de evaluare a expunerii la poluanți din interiorul sălilor de clasă.

## BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

- Annesi-Maesano I, Baiz N., Banerjee S., Rudnai P., Rive S & on behalf of the SINPHONIE Group (2013). Indoor Air Quality and Sources in Schools and Related Health Effects. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B: Critical Reviews*, 16:8, 491 – 550.
- Annesi-Maesano, I. F. (2012). Poor air quality in classrooms related to asthma and rhinitis in primary schoolchildren of the French 6 Cities Study. *Thorax*. 67(8) , 682-688.
- Csobod, I. A.-M. (2014). *SINPHONIE* Final Report. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Dodson RE et al., (2008) Influence of basement, garages and common hallways on indoor residential volatile organic compound concentrations. *Atmospheric Environment*, 42, 1569–1581.
- Edwards R.D., Schweizer C., Llacua V., Kan Lai H., Jantunen M., Bayer-Oglesby L., Kuenzli N., (2006). Time–activity relationships to VOC personal exposure factors, *Atmospheric Environment*, 40, 5685-5700.
- Geiss O., Giannopoulos G., Tirendi S., Barrero-Moreno J/, Larsen B.R. (2011), The AIRMEX study - VOC measurements in public buildings and schools/ kindergartens in eleven European cities: Statistical analysis of the data. *Atmospheric Environment* 45, 3676 - 3684
- Ghita S.A., Catalina T., (2015.). Energy efficiency versus indoor environmental quality in different Romanian countryside schools, *Energy and Buildings*; 92, 140–154.
- Jantunen, M. D. (2011). *Promoting actions for healthy indoor air (IAIAQ)*. Luxembourg: European Commission Directorate-General for Health & Consumers.
- Mi, Y. D. (2006). Current asthma and respiratory symptoms among pupils in Shanghai, China: influence of building ventilation, nitrogen dioxide, ozone, and formaldehyde in classrooms. *Indoor Air*. 6(6) , 454-464.
- Schmidt L., Lahrz T., Kraft M., Göen T., Fromme H., (2015), Monocyclic and bicyclic monoterpenes in air of German daycare centers and human biomonitoring in visiting children, the LUPE 3 study, *Environment International* 83, 86-93.
- United States Environmental Protection Agency. 2009. Toxicity and Exposure Assessment for Children's Health (TEACH). Accesat 11.02.2015 <http://archive.epa.gov/region5/teach/web/html/index.html>
- United States Environmental Protection Agency. (2000, 1). Preluat pe 4 12, 2014, de pe Technology Transfer Network - Air Toxics Web Site: <http://www3.epa.gov/airtoxics/hlthef/formalde.html#ref11>.
- WHO – World Health Organization. 2008. Children are not little adults - Children's Health and the Environment - WHO Training Package for the Health Sector World Health Organization [http://www.who.int/ceh/capacity/Children\\_are\\_not\\_little\\_adults.pdf](http://www.who.int/ceh/capacity/Children_are_not_little_adults.pdf) Accesat 03.04.2015
- Yasmeen F., Szmigielski R., Vermeulen R., Gomez-Gonzalez Y., Surratt J.D., Chan A.W.H., Seinfeld J.H., Maenhaut W., Claeys M., (2011). Mass spectrometric characterization of isomeric terpenic acids from the oxidation of  $\alpha$ -pinene,  $\beta$ -pinene, d-limonene, and 3-carene in fine forest aerosol, *J. Mass. Spectrom.*, 46, 425-442.
- Zhao, Z. Z. (2008). Asthmatic symptoms among pupils in relation to winter indoor and outdoor air pollution in schools in Taiyuan, China. *Environ Health Persp.* 116(1) , 90-97.