

**UNIVERSITATEA DE MEDICINĂ ȘI FARMACIE  
„IULIU HAȚIEGANU” CLUJ-NAPOCA**

**TEZĂ DE DOCTORAT**

**Efectele gazelor arse emise de dispozitivele termice  
individuale asupra sănătății din punctul de vedere al  
sănătății publice și medicinei moleculare**

**REZUMAT**

Doctorand

Conducători de doctorat

**Gheorghe Zsolt Nicula**

**Prof. Dr. Monica Popa (2010 – 2011)  
Prof. Dr. Gheorghe Benga (2003 - 2010)**

**Cluj-Napoca  
2011**

# CUPRINS

<b>INTRODUCERE</b>	13
<b>STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII</b>	17
<b>1. Producții de ardere ai combustibililor utilizați în dispozitivele termice individuale</b>	19
1.1. Componentele rezultate prin arderea gazului metan	19
1.2. Caracteristici ale microcentralelor termice de apartament	19
1.3. Standardele de calitate ale aerului	20
<b>2. Importanța studierii poluării aerului respirabil prin gazele arse emise de dispozitivele termice individuale</b>	22
<b>3. Efectele asupra sănătății și mediului ale produșilor de ardere rezultați din arderea combustibililor în dispozitivele termice individuale</b>	24
3.1. Monoxidul de carbon	24
3.2. Oxizii de azot	26
3.3. Dioxidul de sulf și acidul sulfuric	28
3.4. Hidrocarburile policiclice aromatice	29
3.4.1. Motivele structurale ale aducțiilor duplexului de ADN	30
3.4.2. Rolul citocromilor P450 în metabolismul PAH-urilor	32
3.4.3. Relația dintre formarea aducțiilor de ADN și incidența tumorilor	34
3.4.4. Metode analiză ale aducțiilor de ADN	35
3.5. Particulele materiale	35
3.6. Modificarea pH-ului și a conductivității condensatului din emisiile microcentralelor termice de apartament	37
<b>CONTRIBUȚIA PERSONALĂ</b>	41
<b>1. Ipoteza de lucru/obiective</b>	43
<b>2. Studiul 1 - Evaluarea expunerii la noxele emise de microcentralele termice de apartament</b>	45
2.1. Introducere	45
2.2. Obiective	45
2.3. Materiale și metode	45
2.4. Rezultate și discuții	48
2.5. Concluzii	51
<b>3. Studiul 2 - Identificarea particulelor materiale (PM) rezultate din emisiile microcentralelor termice de apartament prin microscopie electronică de baleiaj (SEM)</b>	53
3.1. Introducere	53
3.2. Obiective	53
3.3. Material și metodă	53
3.4. Rezultate și discuții	56
3.5. Concluzii	64
<b>4. Studiul 3 - Evaluarea impactului asupra stării de sănătate a populației țintă (copii 7-14 ani) a poluării generate de dispozitivele termice individuale</b>	65
4.1. Introducere	65
4.2. Obiective	65

4.3. Materiale și metode	65
4.4. Rezultate și discuții	66
4.5. Concluzii	71
<b>5. Studiul 4 - Decesele datorate intoxicației acute cu monoxid de carbon datorate dispozitivelor termice individuale pe raza județului Cluj</b>	<b>73</b>
5.1. Introducere	73
5.2. Obiective	74
5.3. Materiale și metode	74
5.4. Rezultate și discuții	76
5.5. Concluzii	96
<b>6. Concluzii generale</b>	<b>99</b>
<b>REFERINȚE</b>	<b>103</b>
<b>ANEXE</b>	<b>109</b>

## LISTA DE PUBLICAȚII

### Articole publicate *in extenso* ca rezultat al cercetării doctorale

1. Nicula G, Bâlici Ș, Florea A, Mironescu E, Munteanu R, Murea P, Benga Gh. Scanning electron microscopic aspects of particulate matter in the exhaust (emission) of “apartment” heating appliances fuelled by natural gas. *Annals of RSCB* 2010; XV(2):22 – 25. *CNCSIS B+ (studiu cuprins în capitolul 3 Contribuții personale)*.
2. Nicula GZ, Munteanu R, Bâlici Ș, Siserman C, Popa M. Deaths caused by acute carbon monoxide intoxication recorded between 2005 and 2008 in Cluj county, Romania. *Clujul Medical* 2011; 84(3):423 – 425. *CNCSIS B+ (studiu cuprins în capitolul 5 Contribuții personale)*.

**Cuvinte cheie:** dispozitive termice individuale, microcentrale termice de apartament, intoxicație, monoxid de carbon, particule materiale, microscopie electronică de baleiaj.

### Introducere

Motivația care a stat la baza realizării unui studiu aprofundat privind efectele gazelor arse emise de dispozitivele termice individuale (DTI) asupra sănătății constă în necesitatea asigurării unui mediu de viață, ambiental și profesional sănătos, ca o condiție determinantă a stării de sănătate atât la nivel individual cât și populațional și comunitar, în contextul extinderii accelerate a unor soluții alternative de încălzire a locuințelor, locurilor de muncă și a locurilor publice, mult mai poluante pentru aerul respirabil al locuitorilor. Printre acestea își găsesc locul dispozitivele termice individuale folosind drept combustibil gazul natural (microcentrale termice de apartament - MTA, convectoare, sobe etc.), care în foarte multe cazuri sunt instalate necorespunzător din punctul de vedere al normelor de instalare și folosire vizând siguranța utilizatorilor și a vecinilor, precum și menținerea calității mediului de viață, norme recomandate de producătorii dispozitivelor și prevăzute de lege.

Studiile epidemiologice și din domeniul sănătății publice indică clar faptul că expunerea la poluanți a unei populații determină creșterea mortalității specifice și chiar generale, precum și a morbidității în populația respectivă printr-o diversitate de boli (respiratorii, cardiovasculare, oncologice, neurologice, psihice, digestive, genetice, mediate imun, alergice, cutanate, osteoarticulare, diabet zaharat etc.), poluarea aerului prin combustie (prin produșii de ardere ai combustibililor) în general fiind de mult recunoscută în țările dezvoltate ca o problemă majoră de sănătate publică.

În acest context, prin realizarea acestui studiu am încercat să stabilesc impactul pe care îl are poluarea cauzată de dispozitivele termice individuale asupra sănătății, vizând efectele pe termen scurt

(decesele cauzate de intoxicația cu monoxidul de carbon) și pe termen lung (incidența crescută a astmului bronșic la populația țintă, reprezentată de copiii cu vârsta între 7 și 14 ani).

Lucrarea este structurată în 9 capitole, 3 abordând stadiul actual al cunoașterii, iar 6 contribuțiile personale și conține 14 tabele și 43 de figuri.

În secțiunea privind **stadiul actual al cunoașterii** am abordat principalele aspecte legate de producția de ardere ai combustibililor utilizați în DTI, importanța studierii poluării aerului respirabil prin gazele arse emise de DTI, precum și efectele asupra sănătății și mediului ale produșilor de ardere rezultați din arderea combustibililor în DTI.

**Contribuțiile personale** s-au concretizat prin realizarea a 4 studii.

**Primul studiu** a vizat evaluarea expunerii la noxele emise de microcentralele termice de apartament.

**Obiectivele** studiului au constat în:

1. Măsurători ale unor poluanți din emisiile microcentralelor termice de apartament (MTA):
  - a. Determinarea concentrațiilor **NO, NO<sub>2</sub>, și CO din emisiile MTA** cu ajutorul unui *detector portabil multigaz Oldham tip MX21 Plus*.
  - b. Determinarea concentrațiilor **NO, NO<sub>2</sub>, CO și SO<sub>2</sub> din emisiile MTA** cu ajutorul unui *analizor de gaze portabil AFRISO Multilyzer NG*.
  - c. Determinarea concentrației de **NO<sub>2</sub> din emisiile MTA** prin *metoda colorimetrică Saltzman*.
2. Măsurători ale unor poluanți din aerul de interior:
  - d. Determinarea concentrațiilor **NO, NO<sub>2</sub>, CO și SO<sub>2</sub> din aerul de interior** cu ajutorul unui *detector portabil multigaz Oldham tip MX21 Plus*.
  - e. Determinarea concentrației de **NO<sub>2</sub> din aerul de interior** prin *metoda colorimetrică Saltzman*, standardizată în Uniunea Europeană.
  - f. Determinarea concentrației **particulelor materiale PM<sub>2,5</sub> și PM<sub>10</sub>** din aerul de interior.

**Materiale și metode:** Determinarea concentrațiilor NO, NO<sub>2</sub>, și CO din emisiile a 16 MTA s-a efectuat cu ajutorul unui *detector portabil multigaz Oldham tip MX21 Plus* (produs de OLDHAM S.A., ARRAS Cedex, Franța) echipat cu senzori electrochimici pentru NO, NO<sub>2</sub>, respectiv CO, folosindu-se o sondă izocinetică cu diametrul de 3 mm, poziționată direct în coșul de evacuare a gazelor arse rezultate în urma folosirii MTA. Gazele arse au fost aspirate și trecute prin cei trei senzori cu ajutorul unei pompe cu care este dotat detectorul, al cărei debit a fost constant, respectiv de 0.8 l/min. Determinarea concentrațiilor NO, NO<sub>2</sub>, CO și SO<sub>2</sub> din emisiile a 2 MTA s-a realizat și cu ajutorul unui *analizor de gaze portabil AFRISO Multilyzer NG*, cu ajutorul unei sonde care se introduce direct în coșul de evacuare a gazelor arse.

Determinarea concentrației de NO<sub>2</sub> atât din emisiile a 9 MTA s-a făcut în paralel și prin *metoda colorimetrică Saltzman*. Probele de gaz rezultate în urma combustiei sunt barbotate - utilizând o *pompă Gilian tip HSF* prevăzută cu vase de colectare special - în soluția absorbantă pentru NO<sub>x</sub>. NO<sub>2</sub> reacționează cu acidul sulfanilic și cu N-[naphthyl-(1)]-ethylenediammonium dichloride și formează sarea de diazoniu, cu o colorație specifică, roșie (colorație „azo”), care ulterior este supusă analizei spectrofotometrice, la lungimea de undă  $\lambda = 550$  nm, comparativ cu mediul de referință apa bidistilată.

Determinarea concentrațiilor NO, NO<sub>2</sub>, CO și SO<sub>2</sub> din aerul de interior a 47 de apartamente din Cluj-Napoca (12 fără expunere, 26 cu MTA, 7 cu sobe de teracotă, 2 cu convectoare) s-a realizat cu ajutorul unui *detector portabil multigaz Oldham tip MX21 Plus*, iar determinarea concentrației de NO<sub>2</sub> din aerul de interior prin *metoda colorimetrică Saltzman* în 43 de apartamente din Cluj-Napoca (12 fără expunere, 25 cu MTA, 5 cu sobe de teracotă și unul cu convector).

Determinarea concentrației particulelor materiale PM 2,5 și PM 10, exprimate în mg/m<sup>3</sup>, s-a efectuat cu ajutorul unui *aparatur portabil MIE* (dotat cu o unitate de citire model *pDR 1200* și cu un ciclon metalic model *pDR-GK2.05*) din aerul de interior (camera copiilor din 39 apartamente din Cluj-Napoca, 8 fără expunere, 25 cu MTA, 5 cu sobe de teracotă, 1 cu convector).

**Concluzii:** Concentrațiile unor poluanți (NO, NO<sub>2</sub>, CO) din emisiile unor MTA au depășit limitele maxim admise, în timp ce concentrațiile SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, CO din aerul din interior s-au situat în limitele maxim admisibile, dar valorile sunt semnificativ mai mari în camerele copiilor expuși la noxele emise de MTA față de cele ale copiilor care nu sunt expuși. Determinarea concentrației particulelor materiale (PM) a arătat că valoarea medie este crescută față de limita maxim admisibilă atât pentru PM 2,5 (79

$\mu\text{g}/\text{m}^3$  față de valoarea de referință de  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pe 24 ore după NIOSH), cât și pentru PM 10 ( $84 \mu\text{g}/\text{m}^3$  față de valoarea de referință de  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pe 24 ore după WHO Europa).

**Studiul 2:** identificarea particulelor materiale (PM) în emisiile microcentralelor termice de apartament prin microscopie electronică de baleiaj (SEM).

**Obiective:** 1. Identificarea particulelor materiale (PM) rezultate din emisiile microcentralelor termice de apartament prin microscopie electronică de baleiaj (SEM). 2. Măsurarea diametrelor PM. 3. Determinarea distribuției tipurilor PM în funcție de diametrul acestora.

**Materiale și metode:** Identificarea particulelor materiale (PM) rezultate din emisiile microcentralelor termice de apartament (MTA) prin microscopie electronică de baleiaj (SEM) s-a efectuat cu ajutorul unui *microscop electronic Jeol JSM 25S* (Jeol, Japonia). Recoltarea probelor s-a efectuat pe lamele de sticlă cu aria de  $1\text{cm}^2$  și grosimea de 1 mm poziționate pe un suport în dreptul coșului de evacuare a MTA, timp de 30 de minute, de la 16 MTA, precum și de la 3 probe control.

**Concluzii:** Distribuția PM în funcție de diametrul acestora relevă preponderența covârșitoare a particulelor mai mici de  $10 \mu\text{m}$  (89%): 31% dintre particule au avut diametrele între 1 –  $2.5 \mu\text{m}$ , 25% între  $2.5 - 10 \mu\text{m}$ , 21% între  $0.5 - 1 \mu\text{m}$ , 12% sub  $0.5 \mu\text{m}$  și numai 11% au avut diametrul de peste  $10 \mu\text{m}$ . Toate MTA analizate au prezentat o distribuție asemănătoare a particulelor, cu preponderența celor mai mici de  $10 \mu\text{m}$ .

**Studiul 3:** evaluarea impactului poluării generate de DTI asupra stării de sănătate a populației țintă (copii 7-14 ani).

**Obiective:** Stabilirea impactului asupra stării de sănătate a populației țintă (copii între 7 și 14 ani expuși la poluanți) în comparație cu cea neexpusă. 1. Examenul clinic: anamneza și examenul obiectiv. 2. Măsurarea parametrilor funcționali respiratori (capacitatea vitală – CV, volumul expirator maxim secundă – VEMS, debitul expirator maxim instantaneu la 50% din CV – MEF50). 3. Analize de laborator: hemoleucograma, indici eritrocitari și imunobiomarkeri (IgE totale).

**Materiale și metode:** Activitățile legate de realizarea studiului de impact au fost coordonate de Dr. Dorin Andea (S.C. STARLEX S.A. Medstar Grup Cluj-Napoca) și Șef lucr. Dr. Răzvan Ionuț (Disciplina de Medicină Muncii a U.M.F. "Iuliu Hațieganu" Cluj-Napoca) și S.C. STARLEX S.A. Medstar Grup Cluj-Napoca), în conformitate cu protocoalele medicale din ghidurile de liberă practică aprobate de Ministerul Sănătății și avizate de Colegiul Medicilor din România.

Studiul s-a efectuat în perioada ianuarie 2007 – martie 2008 pe 53 de copii, între 7 și 14 ani, 29 băieți și 24 fete, din care 41 copii (24 băieți și 17 fete) sunt expuși la noxele emise de mijloacele de încălzire a locuinței (32 cu microcentrale termice de apartament, 7 cu sobe de teracotă și două cu convector) și 12 copii (5 băieți și 7 fete) nu sunt expuși.

**Concluzii:** Examenul clinic nu a arătat modificări semnificative pentru impactul expunerii la noxele emise de DTI. Nu am constatat diferențe semnificative statistic nici între valorile parametrilor funcției respiratorii (CV, VEMS și MEF50) între expuși și lotul martor, dar valori alterate ale probelor funcționale respiratorii au apărut doar la copiii expuși la noxele emise de MTA. Deși valorile medii ale determinărilor de laborator s-au încadrat în limitele considerate normale, au existat diferențe cu semnificație statistică între copiii expuși față de cei neexpuși (creșterea numărului de leucocite și a procentului de eozinofile, respectiv scăderea procentului de bazofile la copiii expuși). Anemia, hiperleucocitoza și creșterea Ig E s-au observat într-un număr mai mare de cazuri expuse, ceea ce sugerează posibilitatea apariției efectelor nocive asupra funcției hematopoetice ca urmare a expunerii copiilor la poluanții emiși de DTI. Deoarece numărul copiilor neexpuși a fost prea mic în raport cu al celor expuși, pentru a demonstra impactul poluării pe starea de sănătate este necesară continuarea cercetărilor pe un număr mai mare de copii.

**Studiul 4:** decesele datorate intoxicației acute cu monoxidul de carbon datorate DTI pe raza județului Cluj, între anii 2000 și 2010.

**Obiective:** analiza statistică multifactorială a deceselor cauzate de intoxicația acută cu CO pe raza județului Cluj între anii 2000 și 2010 în funcție de mai multe criterii: sex, vârstă, mediul de proveniență, cauza intoxicației, nivelul sanguin al carboxihemoglobinei, alcoolemie, condiții patologice asociate, evoluția în timp a ratei de mortalitate specifică etc.

**Materiale și metode:** Datele atestând numărul deceselor datorate intoxicației cu CO în perioada 2000 – 2010 au fost adunate din rapoartele de constatare medico-legală a deceselor din arhiva Institutului de Medicină Legală din Cluj-Napoca.

**Concluzii:** Am constatat că majoritatea covârșitoare a deceselor prin intoxicația acută cu CO s-au datorat DTI (cel puțin 62%, ținând cont și de cauzele neraportate), din care cele mai multe au avut ca sursă sobele folosind drept combustibil gazul metan, urmate în ordine de încălzitoarele instant de apă, MTA, sobele cu lemne, centralele pentru case și firme, convectoarele și aragazele. S-a constatat o scădere continuă a numărului deceselor prin intoxicația acută cu CO cauzate de DTI. Distribuția sezonieră a deceselor cauzate de intoxicația acută cu CO prezintă o preponderență pentru lunile sezonului rece (82,68% decese între lunile noiembrie – martie), ceea ce reflectă faptul că principala cauză a intoxicațiilor cu CO este reprezentată de mijloacele de încălzire a locuințelor, locurilor de muncă și ale spațiilor publice.

**Concluzii generale:**

1. Determinările concentrațiilor unor poluanți (NO, NO<sub>2</sub>, CO) din emisiile unor microcentrale termice "de apartament" (MTA) cu ajutorul a două tipuri de detectoare portabile (OLDHAM, respectiv AFRISO), precum și a NO<sub>2</sub> prin metoda colorimetrică Saltzman au demonstrat existența acestora în gazele de ardere la nivele care depășesc nivelele maxim admisibile, considerând în special faptul că aceste gaze sunt eliminate în aerul respirabil.

2. Concentrațiile SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, CO din aerul din interior (camera copiilor) determinate cu detectorul OLDHAM s-au situat în limitele maxim admisibile, dar valorile sunt semnificativ mai mari în camerele copiilor expuși la noxele emise de microcentralele termice "de apartament" față de cele ale copiilor care nu sunt expuși.

3. Determinarea concentrației particulelor materiale (PM) a arătat că valoarea medie este crescută față de limita maxim admisibilă atât pentru PM 2,5, cât și pentru PM 10, important fiind faptul că majoritatea particulelor au diametrele sub 10 μm, deci pot intra în căile respiratorii profunde.

4. S-a identificat un număr foarte mare de particule materiale (PM) pe suprafața lamelelor de sticlă expuse la emisiile MTA folosind drept combustibil gazul metan prin microscopie electronică de baleiaj, analiza distribuției dovedind preponderența covârșitoare a particulelor mai mici de 10 μm (89%).

5. Examenul clinic nu a arătat modificări semnificative pentru impactul expunerii la noxele emise de DTI. Nu am constatat diferențe semnificative statistic nici între valorile parametrilor funcției respiratorii (CV, VEMS și MEF50) între expuși și lotul martor, dar valori alterate ale probelor funcționale respiratorii au apărut doar la copiii expuși la noxele emise de MTA.

6. Deși valorile medii ale determinărilor de laborator s-au încadrat în limitele considerate normale, au existat diferențe cu semnificație statistică între copiii expuși față de cei neexpuși (creșterea numărului de leucocite și a procentului de eozinofile, respectiv scăderea procentului de bazofile la copiii expuși). Anemia, hiperleucocitoza și creșterea Ig E s-au observat într-un număr mai mare de cazuri expuse, ceea ce sugerează posibilitatea apariției efectelor nocive asupra funcției hematopoetice ca urmare a expunerii copiilor la poluanții emiși de DTI. Deoarece numărul copiilor neexpuși a fost prea mic în raport cu al celor expuși, pentru a demonstra impactul poluării pe starea de sănătate este necesară continuarea cercetărilor pe un număr mai mare de copii.

7. Majoritatea covârșitoare a deceselor prin intoxicația acută cu CO pe raza județului Cluj în perioada 2000 - 2010 s-au datorat DTI (cel puțin 62%, ținând cont și de cauzele neraportate), din care cele mai multe au avut ca sursă sobele folosind drept combustibil gazul metan, urmate în ordine de încălzitoarele instant de apă, MTA, sobele cu lemne, centralele pentru case și firme, convectoarele și aragazele.

8. Distribuția sezonieră a deceselor cauzate de intoxicația acută cu CO prezintă o preponderență pentru lunile sezonului rece reflectând faptul că principala cauză a intoxicațiilor cu CO este reprezentată de mijloacele de încălzire a locuințelor, locurilor de muncă și ale spațiilor publice.

9. Rata mortalității specifice cauzată de intoxicația acută cu CO are o tendință descrescătoare, indicatorul având o scădere de 4,77 ori la sfârșitul perioadei urmărite (anul 2010) față de început (anul 2000). Cu toate acestea, indicatorul nu a atins limita nulă, intoxicațiile cauzate de CO constituind încă o problemă de sănătate publică. În plus, ne putem aștepta din nou la creșterea numărului de decese cauzate de DTI învechite, în contextul extinderii utilizării DTI (în principal MTA) în detrimentul centralelor de cartier.

Teza cuprinde 71 cote bibliografice din literatura de specialitate recentă.

## CURRICULUM VITAE

### 1. Date personale:

**Numele:** NICULA

**Prenumele:** GHEORGHE ZSOLT

**Data și locul nașterii:** Hunedoara, 17 decembrie 1971.

**Numele părinților:** Gheorghe și Claudia.

### 2. Ocupația:

dr-medic, medic specialist Sănătate Publică și Management.

Funcția: asistent universitar, Disciplina de Biologie Celulară și Moleculară, Universitatea de Medicina și Farmacie „Iuliu Hațieganu” Cluj-Napoca.

### 3. Educația:

1987 – 1991: Liceul de Matematică-fizică Decebal Deva, profil matematică-fizică.

1991 – 1997: absolvent al Facultății de Medicină Generală, Universitatea de Medicina și Farmacie „Iuliu Hațieganu” Cluj-Napoca (6 ani).

1997: Licența în Medicina Generală, Universitatea de Medicina și Farmacie „Iuliu Hațieganu” Cluj-Napoca.

### 4. Educația postuniversitară:

1999, ianuarie: examen pentru intrarea în rezidențiat.

1999 – 2003: rezidențiat în specialitatea *Sănătate Publică și Management*.

2000 – 2001: Studii Aprofundate - Master în *Informatică Medicală și Biostatistică*, Universitatea de Medicina și Farmacie “Iuliu Hațieganu” Cluj-Napoca.

2003, martie – prezent: medic specialist în specialitatea *Sănătate Publică și Management*.

2003: obținerea certificatului în supraspecializarea *Informatică Medicală și Biostatistică*, Ministerul Educației, București.

2003 – 2007: Doctorand cu frecvență în Medicină, specialitatea Biologie Celulară și Moleculară, îndrumător științific Prof. Dr. Gheorghe Benga, Catedra de Biologie Celulară și Moleculară, Facultatea de Medicină Generală, Universitatea de Medicina și Farmacie “Iuliu Hațieganu” Cluj-Napoca.

2007 – prezent: Asistent universitar la Disciplina de Biologie Celulară și Moleculară, Universitatea de Medicina și Farmacie „Iuliu Hațieganu” Cluj-Napoca, doctorand fără frecvență (îndrumător științific Prof. Dr. Gheorghe Benga 2007 – 2010, Prof. Dr. Monica Popa, Disciplina de Igienă, 2010 - 2011).

### 5. Activitatea profesională:

1998 – 1999: 1 an de stagiu efectuat în clinicile universitare din Cluj-Napoca.

1999 – 2003: rezidențiat în specialitatea *Sănătate Publică și Management*.

2003, martie – prezent: medic specialist în specialitatea *Sănătate Publică și Management*.

2003 – 2007: Doctorand cu frecvență în Medicină, specialitatea Biologie Celulară și Moleculară, Universitatea de Medicina și Farmacie “Iuliu Hațieganu” Cluj-Napoca.

2007 – prezent: Asistent universitar la Disciplina de Biologie Celulară și Moleculară, Universitatea de Medicina și Farmacie „Iuliu Hațieganu” Cluj-Napoca, doctorand fără frecvență.

### 6. Domenii de competență:

Medicină generală, specialitatea Sănătate Publică și Management, medic specialist.

Informatică Medicală și Biostatistică.

### 7. Limbi străine:

engleza – citit, scris, vorbit (mediu).

### 8. Membru în societăți științifice:

Membru al Societății Române de Biologie Celulară.

**9. Activitatea științifică:** comunicări poster și orale la manifestări științifice (sesiuni, congrese) naționale și internaționale, 2 articole ca prim autor în reviste cotate CNCSIS B+, 2 capitole dintr-o carte, 5 comunicări orale și 14 prezentări poster.

## LUCRĂRI ȘTIINȚIFICE

### Articole CNCSIS B+

1. Nicula G., Bâlici Ș, Florea A, Mironescu E, Munteanu R, Murea P, Benga Gh. Scanning electron microscopic aspects of particulate matter in the exhaust (emission) of “apartment” heating appliances fuelled by natural gas. *Annals of RSCB* 2010; XV(2):22 – 25. *CNCSIS B+* (studiu cuprins în capitolul 3 *Contribuții personale a tezei de doctorat*).
2. Nicula GZ., Munteanu R, Bâlici Ș, Siserman C, Popa M. Deaths caused by acute carbon monoxide intoxication recorded between 2005 and 2008 in Cluj county, Romania. *Clujul Medical* 2011; 84(3):423 – 425. *CNCSIS B+* (studiu cuprins în capitolul 5 *Contribuții personale a tezei de doctorat*).

### Capitole din cărți

1. Vasile Ciurchea, Gheorghe Zsolt Nicula, *Exemple privind consecințele medico-sociale ale nocivității gazelor de ardere emise în aerul respirabil de microcentralele termice de apartament*, în *Efecte negative multiple ale înlocuirii sistemelor centralizate de încălzire a blocurilor de locuințe din România cu dispozitive termice individuale alimentate cu gaz natural (microcentrale termice de apartament, convectoare etc.)*, Gh. Benga, D. Fowler, I. Haiduc, I.M. Năstase (Eds.), Vol.I, Ed. Medicală Universitară Iuliu Hațieganu Cluj-Napoca, Ed. a-2-a, 2004.
2. Gheorghe Zsolt Nicula, *Studiu comparativ al costurilor anuale ale încălzirii și furnizării apei calde menajere pentru un apartament racordat la rețeaua centrală de termoficare față de un apartament similar cu o microcentrală termică pe bază de gaze naturale*, în *Efecte negative multiple ale înlocuirii sistemelor centralizate de încălzire a blocurilor de locuințe din România cu dispozitive termice individuale alimentate cu gaz natural (microcentrale termice de apartament, convectoare etc.)*, Gh. Benga, D. Fowler, I. Haiduc, I.M. Năstase (Eds.), Vol.I, Ed. Medicală Universitară Iuliu Hațieganu Cluj-Napoca, Ed. a-2-a, 2004.

### Lucrare de disertație pentru obținerea titlului de medic specialist

*Proiect de program privind prevenirea consumului abuziv de alcool și a alcoolismului la tineri – SART CLUJ*, Lucrare de disertație pentru obținerea titlului de medic specialist, îndrumător științific Conf. Dr. Cristina Borzan, Catedra de Sănătate Publică, Universitatea de Medicină și Farmacie “Iuliu Hațieganu” Cluj-Napoca, 2003.

### Comunicări orale

1. Gheorghe Zsolt Nicula, Ciprian Marchiș, *Prima proteină – canal pentru apă în membrana celulei roșii sanguine umane*, Comunicare orală, Sesiunea anuală a Societății Naționale de Biologie Celulară, Sighișoara, 2004.
2. Gheorghe Zsolt Nicula, Ștefana Bâlici, Gheorghe Benga, *Evaluarea comparativă a poluării interioare și exterioare a aerului urban prin arderea gazului natural în microcentralele termice „de apartament”*, Comunicare orală, Simpozionul internațional “Aer curat în toate orașele țării”, în cadrul Sesiunii Științifice de Toamnă 2005 a Academiei Oamenilor de Știință din România, București, 14-15 septembrie 2005.
3. Ștefana Bâlici, Gheorghe Nicula, Ramona Duma, Gheorghe Marcu, Gheorghe Benga, *Evaluarea poluării interioare și exterioare datorată arderii gazului natural în microcentralele termice „de apartament”*, comunicare orală, *Mediul – Cercetare, Protecție și Gestiune, Environment & Progress*, Simpozion național cu participare internațională, Ediția A VI-a, Cluj-Napoca, 28-29 Octombrie 2006.



4. Ștefana Bâlici, Gheorghe Zsolt Nicula, Adrian Florea, Eugen Mironescu, Radu Munteanu, Paul Murea, Gheorghe Benga. Scanning electron microscopic aspects and concentration of particulate matter emitted by “apartment” heating appliances fueled by natural gas in the indoor air. Comunicare orală, The Central and Eastern European Conference on Health and the Environment, poster presentation, 3rd edition, Cluj-Napoca, 2009.
5. Gheorghe Zsolt Nicula, Ștefana Bâlici, Adrian Florea, Andreea Vârvaș, Ramona Duma, Paul Murea, Radu Munteanu, Eugen Mironescu, Angelica Tiotiu, Răzvan Ionuț, Gheorghe Benga. Implicații ale poluării datorate microcentralelor termice de apartament asupra stării de sănătate a populației expuse și a mediului. Comunicare orală, Congresul Societății Române de Medicină de Laborator, Iași, 2009.

### Comunicări poster

1. Gheorghe Zsolt Nicula, *Studiu comparativ al costurilor anuale ale încălzirii și furnizării apei calde menajere pentru un apartament racordat la rețeaua centrală de termoficare față de un apartament similar cu o microcentrală termică pe bază de gaze naturale*, Comunicare poster în cadrul Zilelor UMF “Iuliu Hațieganu” Cluj Napoca, decembrie 2004.
2. Ștefana Bâlici, Gheorghe Zsolt Nicula, Gheorghe Benga, *Determinarea  $NO_x$  în aerul urban datorat poluării din trafic, sursa de eroare pentru măsurătorile efectuate în noxele emise în timpul folosirii Microcentralelor Termice de Apartament*, Comunicare poster, Sesiunea anuală a Societății Naționale de Biologie Celulară, Sibiu, 2005.
3. Gheorghe Zsolt Nicula, Ștefana Bâlici, Gheorghe Benga, *Determinarea concentrației  $NO$ ,  $NO_2$  și  $CO$  în gazele arse din coșurile de evacuare ale microcentralelor termice de apartament*, Comunicare poster, Sesiunea anuală a Societății Naționale de Biologie Celulară, Sibiu, 2005.
4. Ștefana Bâlici, Gheorghe Marcu, Gheorghe Zsolt Nicula, Gheorghe Benga, *Evaluarea comparativă a poluării prin  $NO_x$  emise de microcentralele termice de apartament în interiorul locuințelor și în aerul urban din Cluj-Napoca*, Comunicare poster, Simpozionul internațional “Aer curat în toate orașele țării”, în cadrul Sesiunii Științifice de Toamnă 2005 a Academiei Oamenilor de Știință din România, București, 14-15 septembrie 2005.
5. Gheorghe Zsolt Nicula, Ștefana Bâlici, Gheorghe Benga, *Determinarea concentrației  $NO$ ,  $NO_2$  și  $CO$  în gazele arse emise de microcentralele termice de apartament*, Comunicare poster, Simpozionul internațional “Aer curat în toate orașele țării”, în cadrul Sesiunii Științifice de Toamnă 2005 a Academiei Oamenilor de Știință din România, București, 14-15 septembrie 2005.
6. Gheorghe Zsolt Nicula, Ștefana Bâlici, Gheorghe Benga, *Determinarea cantitativă a  $NO$ ,  $NO_2$  și  $CO$  în gazele emise de „microcentralele termice de apartament”*, Comunicare poster în cadrul Zilelor UMF “Iuliu Hațieganu” Cluj-Napoca, decembrie 2005.
7. Ștefana Bâlici, Gheorghe Marcu, Gheorghe Zsolt Nicula, Gheorghe Benga, *Evaluarea poluării prin  $NO_x$  în aerul urban din Cluj-Napoca*, Comunicare poster în cadrul Zilelor UMF “Iuliu Hațieganu” Cluj-Napoca, decembrie 2005.
8. Gheorghe Zsolt Nicula, Stelian Șarlea, *Progress in the recognition of Gheorghe Benga as a discoverer of the first water channel protein in the red blood cell membrane, several years before the 2003 Nobel Prize Laureate in Chemistry*, comunicare poster, Cel de al 2-lea Congres Internațional de Biologie Celulară și Moleculară, A 24-a Sesiune Anuală a Societății Naționale de Biologie Celulară, Iași, iunie, 2006.
9. Nicula Gheorghe, Bâlici Ștefana, Marcu Gheorghe, Duma Ramona, Benga Gheorghe, *Evaluation of  $NO$ ,  $NO_2$  and  $CO$  concentrations in combustion gases evacuated by the small heating devices*, The Central and Eastern European Conference on Health and the Environment, poster presentation, 2nd edition, Bratislava, 22-25 October, 2006.
10. Bâlici Ștefana, Marcu Gheorghe, Nicula Gheorghe, Duma Ramona, Benga Gheorghe, *Evaluation of the indoor and outdoor pollution by nitrogen oxides in Cluj Napoca by small heating devices*, The Central and Eastern European Conference on Health and the Environment, poster presentation, 2nd edition, Bratislava, 22-25 October, 2006.
11. Nicula Gheorghe, Bâlici Ștefana, Angelica Tiotiu, Duma Ramona, Marcu Gheorghe, Benga Gheorghe, *Determination of  $NO$ ,  $NO_2$  and  $CO$  concentrations in combustion gases evacuated*

- through the horizontal stacks of the small heating devices, poster presentation, International Conference on Trends in Environmental Education EnvEdu 2006, Braşov, 18-20 November, 2006.
12. Bâlici Ştefana, Nicula Gheorghe, Angelica Tiotiu, Duma Ramona, Marcu Gheorghe, Benga Gheorghe, Comparative evaluation of the indoor and outdoor pollution by nitrogen oxides in Cluj-Napoca by burning fossil fuels in small heating devices, poster presentation, International Conference on Trends in Environmental Education EnvEdu 2006, Braşov, 18-20 November, 2006.
  13. Gheorghe Nicula, Andreea Varvaş, Ştefana Bâlici, Angelica Tiotiu, Dorin Andea, Răzvan Ionuţ. Implicaţii ale poluării datorate microcentralelor termice de apartament asupra aparatului respirator şi a unor parametrii hematologici şi markeri imunologici la copii. Comunicare poster, Sesiunea anuală a Societăţii Române de Biologie Celulară, Bistriţa, 2009.
  14. Gheorghe Zsolt Nicula, Ştefana Bâlici, Adrian Florea, Andreea Vârvaş, Ramona Duma, Paul Murea, Radu Munteanu, Eugen Mironescu, Angelica Tiotiu, Răzvan Ionuţ, Gheorghe Benga. Implicaţii ale poluării datorate microcentralelor termice de apartament asupra stării de sănătate a copiilor cu vârsta între 7 şi 14 ani şi a mediului. Comunicare poster, Zilele U.M.F. "Iuliu Haţieganu" Cluj-Napoca, decembrie 2009.

Cluj-Napoca, octombrie 2011

Gheorghe Zsolt Nicula

**„IULIU HAȚIEGANU” UNIVERSITY  
OF MEDICINE AND PHARMACY - CLUJ-NAPOCA**

**Effects of exhaust gas emitted by individual heating  
devices on health in terms of public health and  
molecular medicine**

**ABSTRACT  
of the DOCTORAL THESIS**

Scientific supervisor:

**Prof. Dr. Monica Popa (2010 – 2011)  
Prof. Dr. Gheorghe Benga (2003 - 2010)**

PhD student:

**Gheorghe Zsolt Nicula**

**Cluj-Napoca  
2011**

## SUMMARY

<b>INTRODUCTION</b>	13
<b>STATE OF KNOWLEDGE</b>	17
<b>1. Combustion products of fuels used in individual heating devices</b>	19
Components resulted from burning methane gas	19
Characteristics of apartment heating devices	19
Air quality standards	20
<b>2. The importance of studying breathable air pollution by exhaust gases emitted by individual heating devices</b>	22
<b>3. Health and environmental effects of products resulting from fuel combustion in individual heating devices</b>	24
3.1. Carbon monoxide	24
3.2. Nitrogen oxides	26
3.3. Sulphur dioxide and sulphuric acid	28
3.4. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH)	29
3.4.1. Structural motifs of DNA duplex adducts	30
3.4.2. The role of P450 cytochromes in PAH metabolism	32
3.4.3. The relationship between DNA adducts formation and tumor incidence	34
3.4.4. Methods for DNA adducts analysis	35
3.5. Particulate matter	35
3.6. pH and conductivity changes of the condensate resulting from apartment heating devices emissions	37
<b>PERSONAL CONTRIBUTION</b>	41
<b>1. Working hypothesis /Objectives</b>	43
<b>2. Study no. 1 - Evaluation of exposure to particulate matter emitted from apartment heating devices</b>	45
2.1. Introduction	45
2.2. Objectives	45
2.3. Materials and methods	45
2.4. Results and discution	48
2.5. Conclusions	51
<b>3. Study no. 2 - Identification of particulate matter (PM) emissions resulting from apartment heating devices by scanning electron microscopy (SEM)</b>	53
3.1. Introduction	53
3.2. Objectives	53
3.3. Materials and methods	53
3.4. Results and discution	56
4.5. Conclusions	64
<b>4. Study no. 3 - Health impact assessment of individual apartment heating devices pollution on a target population (children 7-14 years)</b>	65
4.1. Introduction	65
4.2. Objectives	65
4.3. Materials and methods	65
4.4. Results and discution	66
4.5. Conclusions	71

<b>5. Study no. 4 - Deaths caused by acute carbon monoxide intoxication due to individual heating devices in Cluj county area</b>	73
5.1. Introduction	73
5.2. Objectives	74
5.3. Materials and methods	74
5.4. Results and discution	76
5.5. Conclusions	96
<b>6. General conclusions</b>	99
<b>REFERENCES</b>	103
<b>ANNEXES</b>	109

## LIST OF PUBLICATIONS

### Articles published *in extenso* as a result of doctoral research

3. Nicula G, Bâlici Ș, Florea A, Mironescu E, Munteanu R, Murea P, Benga Gh. Scanning electron microscopic aspects of particulate matter in the exhaust (emission) of “apartment” heating appliances fuelled by natural gas. *Annals of RSCB* 2010; XV(2):22 – 25. *CNCSIS B+ (studiu cuprins în capitolul 3 Contribuții personale)*.
4. Nicula GZ, Munteanu R, Bâlici Ș, Siserman C, Popa M. Deaths caused by acute carbon monoxide intoxication recorded between 2005 and 2008 in Cluj county, Romania. *Clujul Medical* 2011; 84(3):423 – 425. *CNCSIS B+ (studiu cuprins în capitolul 5 Contribuții personale)*.

**Keywords:** individual heating devices, apartment heating appliances, poisoning, carbon monoxide, particulate matter, scanning electron microscopy.

### Introduction

Motivation behind the implementation of a detailed study on the effects of exhaust gas emitted by individual heating devices (IHDs) on public health is the need to ensure a proper living environment, at work and at home, as a determinant of health condition of individuals and community in the context of accelerated expansion of alternative heating devices in homes, but also workplaces and public places, excessively polluting the breathing air. Such heating devices include apartment heating devices (AHDs) using natural gas as fuel (boilers, convectors, stoves etc.), often improperly installed in terms of safety rules and air quality recommendations.

Epidemiological and public health studies clearly indicate that exposure to pollutants increases the specific and general mortality and morbidity of a population through a variety of diseases (respiratory, cardiovascular, oncological, neurological, psychiatric, digestive , genetic, immune-mediated, allergic disorders, osteoarticular, diabetes, of the skin etc.) – a major health concern in the developed countries.

In this context, the present study intended to determine the impact of pollution induced by individual heating devices on health state of local population, both as short-term (deaths by carbon monoxide poisoning) and long term effects (increased incidence of bronchial asthma on the target population represented by children aged between 7 and 14).

The thesis is structured into 9 chapters, 3 addressing the current state of knowledge and 6 presenting personal contributions. It contains 14 tables and 43 figures.

In the section on the current **state of knowledge** I approached the main aspects concerning combustion products of IHD fuels, the importance of studying breathable air pollution generated by exhaust gases emitted by IHD, and also health and environmental effects of air pollution caused by such combustion products.

**Personal contributions** have resulted in four studies.

**The first study** aimed to assess exposure to particulate matter emitted from apartment heating devices.

**Study objectives** were:

1. Measuring pollutant levels from AHD emissions:
  - a. Determination of NO, NO<sub>2</sub>, and CO levels in AHD emissions using a *Oldham MX21 Plus* portable multigas detector.
  - b. Determination of NO, NO<sub>2</sub>, CO and SO<sub>2</sub> levels in AHD emissions using a *portable AFRISO Multilyzer NG* portable multigas analyzer.
  - c. Determination of NO<sub>2</sub> level in AHD emissions using the Saltzman colorimetric method.
2. Measurements of indoor air pollutants:
  - d. Determination of NO, NO<sub>2</sub>, CO and SO<sub>2</sub> levels in indoor air using a *Oldham MX21 Plus* portable multigas detector.
  - e. Determination of NO<sub>2</sub> level in indoor air using the Saltzman colorimetric method, standardized in the European Union.
  - f. Determination of particulate matter PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> levels in indoor air.

**Materials and methods:** Determination of NO, NO<sub>2</sub>, and CO levels from emissions of 16 different AHDs was performed with a portable multigas detector Oldham MX21 Plus (produced by OLDHAM SA, ARRAS Cedex, France) equipped with electrochemical sensors for NO, NO<sub>2</sub> and CO respectively, using an isokinetic probe with a 3 mm diameter positioned directly in the exhaust gas stack. Exhaust gas was aspirated and filtered through the three sensors by a pump fitted to the detector, set up at a constant flow of 0.8 l/min. In case of two AHDs a portable gas analyzer AFRISO Multilyzer NG using a probe inserted directly into the exhaust gas stack was additionally employed in the determination of NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> and CO levels.

In 9 cases NO<sub>2</sub> levels in gas emissions were also determined with the Saltzman colorimetric method. Samples resulting from combustion gas were bubbled into the NO<sub>x</sub> absorbent solution - using a HSF Gilian pump equipped with special collecting vessels. NO<sub>2</sub> reacted with the sulphanilic acid and N-[naphthyl-(1)]-ethylenediammonium dichloride to form a diazonium salt with a specific red color which afterwards was subjected to a spectrophotometric comparison with double-distilled water at a wavelength of 550 nm.

Determination of NO, NO<sub>2</sub>, CO and SO<sub>2</sub> in the indoor air of 47 apartments in Cluj-Napoca (26 equipped with AHDs, 7 heated with tiled stoves and two with so-called convection devices, plus 12 'unexposed' apartments connected to central heating systems) was performed using a portable multigas detector Oldham MX21 Plus, while the Saltzman colorimetric method was employed to measure NO<sub>2</sub> concentration in indoor air in 43 of the 47 apartments (12 'unexposed', 25 with AHDs, 5 tiled stoves and one convection device).

Determination of particulate matter PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> (expressed in mg/m<sup>3</sup>) in indoor air was performed using a portable MIE device equipped with a pDR 1200 model reading unit and a metallic cyclone model GK2.05 PDR. In 39 apartments measurements were conducted in the rooms inhabited by children aged 8 to 14 years (target population). Of these 39 cases, 8 were 'unexposed', 25 were heated with AHDs, 5 with tiled stoves, 1 with a convection device).

**Conclusions:** The concentrations of various pollutants (NO, NO<sub>2</sub>, CO) in some AHDs emissions have exceeded the maximum limits, while the concentrations of SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, CO in indoor air were around the maximal allowable limits. Of note, values in childrens' rooms were significantly higher in apartments equipped with AHDs than in those connected to central heating systems. Particulate matter (PM) levels were shown to be above admissible limits for both PM<sub>2.5</sub> (79 µg/m<sup>3</sup>, NIOSH 24 hours reference value being 65 µg/m<sup>3</sup>) and PM<sub>10</sub> (84 µg/m<sup>3</sup>, WHO Europe 24 hours reference value 70 mg/m<sup>3</sup>).

**Study no. 2:** Identification of particulate matter (PM) in AHD emissions using scanning electron microscopy (SEM).

**Objectives:** 1. Identification of particulate matter (PM) in AHD emissions. 2. PM diameter measurements. 3. PM distribution according to diameter (PM class).

**Materials and Methods:** Identification of particulate matter (PM) resulting from AHD emissions by scanning electron microscopy (SEM) was performed using a Jeol JSM 25S electron microscope (Jeol,

Japan). Sampling was performed on 1 cm<sup>2</sup> glass slides of 1 mm thickness placed on a stand held for 30 minutes next to the AHD exhaust pipe in case of 16 in-function ADHs and three control samples.

**Conclusions:** The distribution of PM according to their diameter shows that the overwhelming majority of particles are smaller than 10 mm (89%): 25% of the PM have diameters ranging between 2.5 and 10 mm, 31% between 1 and 2.5 mm, 21% between 0.5 and 1 mm, 12% below 0.5 mm. Only 11% of the PM had over 10 mm in diameter (relatively safe 'non-breathable' PM). All AHDs analyzed presented a similar distribution of particles (predominance of PM below 10 mm in diameter).

**Study no. 3:** Assessing the impact of AHD-generated pollution on public health (target population: children aged 7-14 years).

**Objectives:** To determine the impact of AHD emissions on the health of the target population (children between 7 and 14 years exposed to such pollutants) compared with unexposed children living in non-AHD areas. 1. Clinical examination: medical history and physical exam. 2. Measurement of respiratory function parameters (vital capacity-VC, per second forced expiratory volume - FEV, maximum instant expiratory flow at 50% of VC - MEF50). 3. Laboratory tests: complete blood count, erythrocyte indices and immunobiomarkers (total IgE).

**Materials and Methods:** Activities related to the study of impact were co-ordinated by Dr. Dorin Andea, MD (SC STARLEX MedStar Group SA Cluj-Napoca) and Dr. Răzvan Ionuț (Department of Occupational Medicine, 'Iuliu Hațieganu' University of Medicine and Pharmacy in Cluj-Napoca, and also SC STARLEX MedStar Group SA Cluj-Napoca), in accordance with medical protocols of free practice guidelines approved by the Ministry of Health and approved by the College of Physicians in Romania.

The study was conducted in the January 2007 - March 2008 interval and included 53 children aged 7 to 14 years (29 boys and 24 girls), of which 41 children (24 boys and 17 girls) were exposed to particulate matter emitted by means of heating devices (32 AHDs, 7 tile stoves and two convection devices) and 12 children (5 boys and 7 girls) were unexposed.

**Conclusions:** Clinical examination showed no significant changes in regard of the impact of AHDs emissions. No statistically significant differences between the values of respiratory parameters (VC, FEV and MEF50) between exposed children and control group were found, but altered values of respiratory function tests were found strictly in children exposed to hazards issued by AHD. Although average values of laboratory measurements were within 'the normal range', there were statistically significant differences between exposed and unexposed children (increases in the number of white blood cell count and eosinophils percentage, decrease of basophils percentage seen in exposed children). Anemia, hyperleukocytosis and increased Ig E were observed to a higher degree in exposed cases, suggesting possible harmful effects on hematopoietic function following children exposure to pollutants emitted by the IHD. As the number of hard-to-find unexposed children was rather low, to draw appropriate conclusions further study is needed.

**Study no. 4:** Deaths due to acute poisoning with carbon monoxide generated by IHDs between 2000 and 2010 in the county of Cluj.

**Objectives:** multifactorial statistical analysis of deaths caused by acute intoxication with carbon monoxide in Cluj county between 2000 and 2010 according to several criteria: gender, age, area of origin, cause of intoxication, blood levels of carboxyhemoglobin and alcohol, associated pathological conditions, evolution of the specific mortality rate over the reference interval etc.

**Materials and methods:** Data concerning CO poisoning deaths in the 2000 - 2010 reference interval were depicted from forensic finding reports kept in the archives of the Institute of Forensic Medicine of Cluj-Napoca.

**Conclusions:** The majority of acute CO poisoning deaths (at least 62%, taking into account the unreported cases) were due to various IHDs: in decreasing percentage of mortality rate methane fueled stoves, water boilers, AHDs, wood stoves, central heating systems, convector devices and cookers. Over the reference interval a decreasing trend in the number of deaths caused by acute CO intoxications due to IHDs was observed. Seasonal distribution of acute CO poisoning deaths shows 82.68% of total deaths occurred between November and March (winter months), reflecting the fact that heating means (as opposed to cooking or water boiling) are the main cause of CO poisoning.

## General conclusions:

1. Determination of concentrations of pollutants (NO, NO<sub>2</sub>, CO) emissions from AHDs conducted with two types of portable detectors (OLDHAM and AFRISO, respectively), and NO<sub>2</sub> measurements using the Saltzman colorimetric method have demonstrated emission concentrations in the breathable air exceeding maximum allowable levels.

2. Concentrations of SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, CO determined with OLDHAM detectors in indoor air (children rooms) were within the maximum allowable limits, but those values were significantly higher in AHD-equipped rooms than in those connected to central heating systems.

3. Determination of particulate matter (PM) concentrations in AHD emissions showed levels above maximum allowable limit for both PM 2.5 and PM 10, extremely risky considering that PMs below 10 mm in diameter can enter deeply into the airways.

4. A large number of particulate matter (PM) was identified on the surface of glass slides exposed to methane gas - fueled AHD emissions by scanning electron microscopy. Distribution analysis indicated that the overwhelming majority of particles (89%) are smaller than 10 mm.

5. Clinical examination of children aged 7-14 showed no significant impact of exposure to emissions issued by AHD. No statistically significant differences in the respiratory parameters (VC, FEV and MEF50) values were found between children exposed or not to AHD emissions, but altered values of respiratory function tests were found only in children exposed to hazards issued by AHDs.

6. Although average values of laboratory measurements were within the 'normal' range, some statistically significant differences between children exposed or not to AHD emissions were observed: exposed children presented increased white blood cell count and eosinophils percentage, while the basophils percentage was decreased compared to unexposed children). Anemia, hyperleukocytosis and increased Ig E were observed in a larger number of exposed cases, suggesting the possibility of harmful effects on hematopoietic function following exposure of children to pollutants emitted by the AHD. As the number of unexposed children was significantly smaller than the exposed ones, to demonstrate the impact of pollution on health a larger trial is needed.

7. The majority of deaths by acute CO poisoning in the county of Cluj in the 2000 - 2010 interval (at least 62%, taking into account unreported cases) were caused by IHDs, of which most were methane-fueled stoves, followed by instant water heaters, AHDa, wood stoves, central heating systems, convector devices and cookers.

8. Seasonal distribution of acute CO poisoning deaths reflects that the main cause of CO poisoning are the means of homes, workplaces and public spaces heating devices during the winter months.

9. The rate of specific mortality caused by acute intoxication with CO shows a downward trend on the 2000-2010 reference interval, with a 477% decrease in 2010 compared with 2000. However, the indicator has not reached the zero limit, consequently CO poisoning caused by IHDs remains a public health problem. In addition, we might expect an increased incidence of CO poisoning deaths caused by obsolete IHDs that proliferated at the expense of central heating systems.

The thesis covered 71 recent bibliographic references.



## CURRICULUM VITAE

### 1. Personal data:

**Name:** NICULA

**Surname:** GHEORGHE ZSOLT

**Date/place of birth:** December 17<sup>th</sup>, 1971, Hunedoara.

**Parents' name:** Gheorghe and Claudia.

**2. Occupation:** MD, specialist physician in *Public Health and Management*.

Current job: Assistant lecturer, Cell and Molecular Biology Discipline; „Iuliu Hațieganu” University of Medicine and Pharmacy in Cluj-Napoca.

### 3. Education:

1987 – 1991: „Decebal” Mathematic and Physics High School Deva.

1991 – 1997: General Medicine student, „Iuliu Hațieganu” University of Medicine and Pharmacy in Cluj-Napoca (MD, Public Health and Management).

### 4. Post university education:

1999 – 2003: MD resident specialised in *Public Health and Management*.

2000 – 2001: Master Degree in *Medical Informatics and Biostatistics*, „Iuliu Hațieganu” University of Medicine and Pharmacy in Cluj-Napoca.

2003 – 2011: PhD student at the „Iuliu Hațieganu” University of Medicine and Pharmacy in Cluj-Napoca, Faculty of General Medicine.

### 5. Professional activity:

1998 – 1999: Practical clinical stage in Cluj County Emergency Hospital clinics

1999 – 2003: MD resident specialised in *Public Health and Management*

2003 – present MD, specialist physician in *Public Health and Management*.

2007 – present: Assistant lecturer, Cell and Molecular Biology Discipline; „Iuliu Hațieganu” University of Medicine and Pharmacy in Cluj-Napoca

### 6. Professional competences

General Medicine, Public Health and Management.

Medical Informatics and Biostatistics

**7. Foreign languages:** English – written, spoken (average level).

**8. Affiliation to professional organizations:** Member of the Romanian Society of Cell Biology.

**9. Scientific activity:** communications and posters at national and international sessions and congresses, papers in national journals, two articles as first author in CNCSIS B+ journals, two book chapters, five oral communications and fourteen poster presentations.

### Scientific papers

#### In extenso papers published in national CNCSIS B+ journals

1. Nicula G, Bâlici Ș, Florea A, Mironescu E, Munteanu R, Murea P, Benga Gh. Scanning electron microscopic aspects of particulate matter in the exhaust (emission) of “apartment” heating appliances fuelled by natural gas. *Annals of RSCB* 2010; XV(2):22 – 25. *CNCSIS B+ (study included in chapter 3 of the PhD thesis)*.

2. Nicula GZ, Munteanu R, Bâlici Ș, Siserman C, Popa M. Deaths caused by acute carbon monoxide intoxication recorded between 2005 and 2008 in Cluj county, Romania. *Clujul Medical* 2011; 84(3):423 – 425. *CNCSIS B+* (study included in chapter 5 of the PhD thesis)

### Book chapters

1. Vasile Ciurchea, Gheorghe Zsolt Nicula, *Examples of medical and social consequences of the harmfulness of combustion gases emitted into breathing air by apartment heating devices, the multiple negative effects of replacing centralized heating systems of apartment buildings in Romania with individual heating appliances fueled by natural gas*. Gh. Benga, D. Fowler, I. Haiduc, I.M. Năstase (Eds.), Vol.I, Ed. Medicală Universitară Iuliu Hațieganu Cluj-Napoca, Ed. a-2-a, 2004.
2. Gheorghe Zsolt Nicula, *Comparative study of the annual costs of heating and hot water supply for an apartment connected to a central heating system versus a similar apartment equipped with an individual heating device*, in *Multiple negative effects of replacing centralized heating systems of apartment buildings in Romania with individual heating appliances fueled by natural gas*, Gh. Benga, D. Fowler, I. Haiduc, I.M. Năstase (Eds.), Vol.I, Ed. Medicală Universitară Iuliu Hațieganu Cluj-Napoca, Ed. a-2-a, 2004.

### Specialist MD disertation thesis

*Draft program for preventing alcohol abuse and alcoholism in young people - SART CLUJ*, scientific advisor reader dr. Cristina Borzan, MD, Department of Public Health, „Iuliu Hațieganu” University of Medicine and Pharmacy, Cluj-Napoca, 2003.

### Oral communications

1. Gheorghe Zsolt Nicula, Ciprian Marchiș, *First water channel protein found in human erythrocyte membrane* – Yearly session of the National Society of Cell Biology, Sighișoara, 2004.
2. Gheorghe Zsolt Nicula, Ștefana Bâlici, Gheorghe Benga, *Comparative evaluation of indoor and outdoor air pollution caused by natural gas emissions from apartment heating devices*, International Symposium on “Clean Air in All Cities”, AOSR, București, September 14-15, 2005.
3. Ștefana Bâlici, Gheorghe Nicula, Ramona Duma, Gheorghe Marcu, Gheorghe Benga, *evaluation of indoor and outdoor air pollution caused by natural gas emissions from apartment heating devices*, Environment – Research, Protection & Progress, National Symposium with international participation, VIth Ed., Cluj-Napoca, October 28-29, 2006.
4. Ștefana Bâlici, Gheorghe Zsolt Nicula, Adrian Florea, Eugen Mironescu, Radu Munteanu, Paul Murea, Gheorghe Benga. *Scanning electron microscopic aspects and concentration of particulate matter emitted by “apartment” heating appliances fueled by natural gas in the indoor air*. The Central and Eastern European Conference on Health and the Environment, poster presentation, 3rd edition, Cluj-Napoca, 2009.
5. Gheorghe Zsolt Nicula, Ștefana Bâlici, Adrian Florea, Andreea Vârvaș, Ramona Duma, Paul Murea, Radu Munteanu, Eugen Mironescu, Angelica Tiotiu, Răzvan Ionuț, Gheorghe Benga. *Implications of apartment heating devces pollution on health and environment*. Congress of the Romanian Society of Laboratory Medicine, Iași, 2009.

### Poster presentations

1. Gheorghe Zsolt Nicula, *Comparative study of the annual costs of heating and hot water supply for an apartment connected to a central heating system versus a similar apartment equipped with an individual heating device*, “Iuliu Hațieganu” University Days, Cluj Napoca, December 2004.
2. Ștefana Bâlici, Gheorghe Zsolt Nicula, Gheorghe Benga, *NO<sub>x</sub> measurements in urban air caused by traffic polution - error source for NO<sub>x</sub> measurements caused by emissions of individual heating devices*, Yearly session of the National Society of Cell Biology, Sibiu, 2005.

3. Gheorghe Zsolt Nicula, Ștefana Bâlici, Gheorghe Benga, *Determination of NO, NO<sub>2</sub> and CO levels in the exhaust stacks of apartment heating devices* Yearly session of the National Society of Cell Biology, Sibiu, 2005.
4. Ștefana Bâlici, Gheorghe Marcu, Gheorghe Zsolt Nicula, Gheorghe Benga, *Comparative evaluation of indoor and outdoor air pollution caused by NO<sub>x</sub> emissions from apartment heating devices in Cluj-Napoca urban area*, International Symposium on “Clean Air in All Cities”, AOSR, București, September 14-15, 2005.
5. Gheorghe Zsolt Nicula, Ștefana Bâlici, Gheorghe Benga, *Determination of NO, NO<sub>2</sub> and CO levels in the exhaust stacks of apartment heating devices*, International Symposium on “Clean Air in All Cities”, AOSR, București, September 14-15, 2005.
6. Gheorghe Zsolt Nicula, Ștefana Bâlici, Gheorghe Benga, *Quantitative determination of NO, NO<sub>2</sub> and CO levels in the exhaust stacks of apartment heating devices*, “Iuliu Hațieganu” University Days, Cluj Napoca, December 2005.
7. Ștefana Bâlici, Gheorghe Marcu, Gheorghe Zsolt Nicula, Gheorghe Benga, *Evaluation of NO<sub>x</sub> pollution in Cluj-Napoca urban area*, “Iuliu Hațieganu” University Days, Cluj Napoca, December 2005.
8. Gheorghe Zsolt Nicula, Stelian Șarlea, *Progress in the recognition of Gheorghe Benga as a discoverer of the first water channel protein in the red blood cell membrane, several years before the 2003 Nobel Prize Laureate in Chemistry*, 2nd International Congress of Cell and Molecular Biology, 24-th Yearly session of the National Society of Cell Biology, Iași, June 2006.
9. Nicula Gheorghe, Bâlici Ștefana, Marcu Gheorghe, Duma Ramona, Benga Gheorghe, *Evaluation of NO, NO<sub>2</sub> and CO concentrations in combustion gases evacuated by the small heating devices*, The Central and Eastern European Conference on Health and the Environment, 2nd edition, Bratislava, 22-25 October, 2006.
10. Bâlici Ștefana, Marcu Gheorghe, Nicula Gheorghe, Duma Ramona, Benga Gheorghe, *Evaluation of the indoor and outdoor pollution by nitrogen oxides in Cluj Napoca by small heating devices*, The Central and Eastern European Conference on Health and the Environment, 2nd edition, Bratislava, 22-25 October, 2006.
11. Nicula Gheorghe, Bâlici Ștefana, Angelica Tiotiu, Duma Ramona, Marcu Gheorghe, Benga Gheorghe, *Determination of NO, NO<sub>2</sub> and CO concentrations in combustion gases evacuated through the horizontal stacks of the small heating devices*, International Conference on Trends in Environmental Education EnvEdu 2006, Brașov, 18-20 November, 2006.
12. Bâlici Ștefana, Nicula Gheorghe, Angelica Tiotiu, Duma Ramona, Marcu Gheorghe, Benga Gheorghe, *Comparative evaluation of the indoor and outdoor pollution by nitrogen oxides in Cluj-Napoca by burning fossil fuels in small heating devices*, International Conference on Trends in Environmental Education EnvEdu 2006, Brașov, 18-20 November, 2006.
13. Gheorghe Nicula, Andreea Varvaș, Ștefana Bâlici, Angelica Tiotiu, Dorin Andea, Răzvan Ionuț, *Implications of pollution caused by apartment heating devices on respiratory and haematological parameters and immunological markers in children*, Yearly session of the Romanian Society of Cell Biology, Bistrița, 2009.
14. Gheorghe Zsolt Nicula, Ștefana Bâlici, Adrian Florea, Andreea Vârvaș, Ramona Duma, Paul Murea, Radu Munteanu, Eugen Mironescu, Angelica Tiotiu, Răzvan Ionuț, Gheorghe Benga. *Implications of pollution caused by apartment heating devices on the health state of children aged 7 to 14 years*, “Iuliu Hațieganu” University Days, Cluj Napoca, December 2009.

Cluj-Napoca, October 2011

Gheorghe Zsolt Nicula