



UNIVERSITATEA „BABEȘ-BOLYAI” CLUJ-NAPOCA



FACULTATEA DE ȘTIINȚA ȘI INGINERIA
MEDIULUI

ȘCOALA DOCTORALĂ ȘTIINȚA MEDIULUI

**MODEL INTEGRAT DE EVALUARE A EXPUNERII
LA PLUMB ȘI RISCURILE ASOCIATE ACESTEIA ÎN
INDUSTRIA ACUMULATORILOR AUTO**

- TEZĂ DE DOCTORAT -

Conducător de doctorat:

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

Doctorand:

Rusu (Pogăcean) Olivia Anca

CLUJ-NAPOCA

2015

Cuprins

Introducere – conceptul de „sănătate și securitate în muncă”	4
1.Studiul documentar	5
1.1.Plumbul – informații generale	5
1.2.Surse și căi de expunere	6
1.2.1.Expunerea profesională la plumb.....	8
1.3.Cinetica și absorbția plumbului în organism	9
1.3.1.Absorbția plumbului în organism	9
1.3.2.Transportul, depozitarea și eliminarea în organism.....	12
1.4.Măsurarea plumbului în medii biologice – biomarkeri de expunere și efect.....	14
1.4.1.Plumbemia (PbB).....	14
1.4.2.Alternative la evaluarea expunerii la plumb prin indicatori biologici	15
1.5.Efectele expunerii ocupaționale la plumb asupra sănătății umane	17
1.5.1.Efectele asupra sistemului nervos	17
1.5.2.Efecte asupra sistemului cardiovascular	20
1.5.3.Efecte asupra aparatului renal	21
1.5.4.Efecte hematologice datorate expunerii profesionale la plumb	22
1.5.5.Efecte asupra sistemului reproducător	24
1.5.6.Plumbul și cancerul.....	26
1.6.Reglementări legislative și regulamente privind plumbul	30
1.6.1.Legislația națională	30
1.6.2.Regulamente și ghiduri internaționale referitoare la plumb	31
2.Cadrul problemei și obiectivele lucrării.....	32
3.Descrierea surselor de expunere umană la plumbul anorganic în fabricarea acumulatorilor auto.....	34
3.1.Fluxul tehnologic și amplasarea principalelor surse de expunere	34
3.2.Cercetarea observațională a procesului muncii.....	39
3.3.Caracterizarea locurilor de muncă cu expunere la plumb.....	40
3.4.Descrierea caracteristicilor grupului populațional (angajaților) expus	42
3.5.Mijloace de control de grup și individuale ale expunerii.....	49
3.6.Concluzii.....	50
4.Estimarea expunerii prin inhalare și ingestie cu ajutorul determinărilor de plumb la locurile de muncă	52

4.1.Caracterizarea calității aerului la locurile de muncă prin măsurători în puncte fixe	53
4.1.1.Material și metodă.....	53
4.1.2.Metodologia de determinare a pulberilor inhalabile din atmosfera locului de muncă .53	
4.1.3.Metodologia de determinare a plumbului din atmosfera locului de muncă.....	55
4.1.4.Rezultate și discuții	56
4.2.Estimarea expunerii pe cale inhalatorie la plumb prin monitorizarea personală a lucrătorilor.....	60
4.2.1.Material și metodă.....	60
4.2.2.Rezultate și discuții	61
4.3.Estimarea expunerii prin ingestie – mecanismul mână - gură	62
4.3.1.Material și metodă.....	63
4.3.2.Metodologia de determinare a concentrației de plumb de pe mâinile muncitorilor	63
4.3.3.Rezultate și discuții	64
4.4.Determinarea concentrațiilor de plumb de pe suprafețe din vestiare și officii.....	66
4.4.1.Material și metodă.....	66
4.4.2.Rezultate și discuții	67
4.5.Studiul pe bază de chestionar a expunerii și a stării de sănătate a muncitorilor	70
4.6.Concluzii	80
5.Analiza expunerii la plumb prin indicatori direcți	82
5.1.Măsurarea plumbului din sânge prin Spectrometrie de Absorbție Atomică (AAS) în Cuptoraș de Grafit.....	82
5.1.1.Material si metodă.....	82
5.1.2.Metodologia de analiză a plumbului din sânge (plumbemie) (CDC, 1994).....	84
5.1.3.Rezultate și discuții	86
5.2.Măsurarea acidului delta aminolevulinic din urină.....	101
5.2.1.Material si metodă.....	101
5.2.2.Metodologia de determinare a acidului delta aminolevulinic din urină	102
5.2.3.Rezultate și discuții	103
5.3.Relția dintre plumbemie și acidul delta-aminolevulinic	115
5.4.Concluzii	118
6.Analiza efectelor asupra stării de sănătate a muncitorilor din fabrica de acumulatori auto – analize hematologice.....	121
6.1.Material și metodă.....	121
6.2.Metodologia de analiză	122

6.3.Rezultate și discuții	125
6.3.1.Parametrii hematologici în funcție de expunerea la plumb la locul de muncă	125
6.3.2.Corelarea indicatorilor hematologici cu concentrația de plumbemie	130
6.4.Concluzii	135
7.Caracterizarea hazardului în expunerea ocupațională la plumb în fabrica de acumulatori auto.....	137
7.1.Caracterizarea hazardului în expunerea inhalatorie la plumb	137
7.1.1.Material și metodă.....	137
7.1.2.Metodologia de calcul a indicilor de hazard	138
7.1.3.Rezultate și discuții	139
7.2.Caracterizarea hazardului în expunerea ocupațională la plumb prin calcularea indicilor de hazard pentru efecte specific.....	141
7.2.1.Material și metodă.....	142
7.2.2.Metodologia de calcul a indicilor de hazard pentru efecte specifice	143
7.2.3.Rezultate și discuții	143
7.3.Concluzii	146
8.Programul de intervenție pentru diminuarea expunerii și înlăturarea riscurilor asociate ...	
.....	148
8.1.Măsurile de control propuse	148
8.2.Concluzii	152
9.Concluzii generale	154
10.Originalitatea și contribuțiile inovative ale tezei	157
11.Bibliografia	158
12.Lista de publicații.....	172

Cuvinte cheie: plumb, expunere ocupațională, căi de expunere, evaluarea expunerii, risc, plumbemie, efecte hematologice, indici de hazard, program de intervenție

Introducere – conceptul de „sănătate și securitate în muncă”

Securitatea, conform dicționarului explicativ al limbii române, înseamnă a fi la adăpost de orice pericol, protecție sau apărare, iar **sănătatea** reprezintă starea unui organism în care funcționarea tuturor organelor se face în mod normal și regulat.

Prin aplicarea acestor doi termeni unui sistem de muncă a luat naștere conceptul de „*securitate și sănătate în muncă*”.

Crearea unui **mediu de muncă sigur și sănătos** a devenit obligatorie odată cu dezvoltarea economică, socială și morală și necesitatea acestuia a crescut în funcție de nivelul de civilizație atins, de respectul pe care fiecare țară l-a acordat drepturilor fundamentale ale omului.

Organizația Internațională a Muncii (International Labor Organisation) a adoptat în cadrul sesiunii celei de-a 91 Conferințe Internaționale a Muncii din 2003, strategia globală cu privire la sănătatea și securitatea ocupațională, care are ca *motto* „*Un loc decent de muncă trebuie să fie un loc de muncă sigur*”. Pentru realizarea acestui obiectiv se consideră ca prioritar, la toate nivelele atât internațional, național, local cât și al întreprinderilor, că este angajamentul tuturor partenerilor sociali pentru inițierea și susținerea mecanismelor prin care să se îmbunătățească sistemele naționale de sănătate și securitate în muncă. Pilonul principal al strategiei globale este construirea și întreținerea la nivelul fiecărei țări a unei culturi naționale în privința sănătății și siguranței ocupaționale (US EPA, 1994).

Obiectivul general al securității și sănătății în muncă este eliminarea tuturor accidentelor și îmbolnăvirilor profesionale cu ajutorul prevenirii, și reducerea consecințelor în cazul producerii accidentelor și/sau îmbolnăvirilor profesionale.

1. Studiul documentar

Primul capitol al tezei de doctorat este structurat în 6 subcapitole și cuprinde studiul documentar și revizia literaturii de specialitate în ceea ce privește aspectele referitoare la: sursele și căile de expunere la plumb, în special în expunerea profesională, cinetica și absorbția plumbului în organismul uman, măsurarea plumbului în mediile biologice și efectele expunerii ocupaționale la plumb asupra sănătății umane.

Prezența plumbului în mediu este în mare parte rezultatul activității umane, mineritul, topirea, rafinarea și reciclarea plumbului. Spre deosebire de alte metale, plumbul nu are nici

un rol fiziologic în organism și nu există un nivel minim, care să fie considerat netoxic (WHO, 2010). În rândul adulților, expunerea la plumb are loc în mare parte în mediul ocupațional.

O parte din plumbul ajuns în organismul uman prin inhalare sau ingestie este absorbit și distribuit în diferite părți ale organismului, de unde va fi eliminat în anumite condiții și în anumite cantități. De-a lungul vieții, plumbul din organism (indiferent de modul în care a pătruns) este vehiculat între sânge și oase și între sânge și țesuturi moi. Aceste schimburi sunt influențate de durata și intensitatea expunerii, vârstă și diferite variabile fiziologice (US EPA 2006, 2013).

Biomarkerii de expunere ai plumbului, utilizați în mod curent sunt reprezentați de măsurarea nivelurilor totale de plumb din țesuturi sau fluide corporale, cum ar fi sânge, oase, urină, sau păr; sau măsurarea unor răspunsuri biologice a expunerii la plumb. Dintre aceștia, concentrația de plumb din sânge (plumbemia - PbB) este, pe scară largă, cel mai utilizat și considerat a fi cel mai de încredere biomarker pentru utilizarea clinică generală și supravegherea sănătății publice (Sanders et al., 2009).

Există suficiente informații care demonstrează ca expunerea ocupațională la plumb (valori ale plumbemiei mai mari de 20 $\mu\text{g}/\text{dl}$) generează efecte asupra sistemului nervos, cardiovascular, renal, reproducător, imunitar și efecte hematologice.

2. Cadrul problemei și obiectivele lucrării

În ciuda faptului că, aparent, se cunosc foarte multe aspecte legate de expunerea profesională la plumb în topitorii secundare, există încă numeroase necunoscute legate de evaluarea integrată a expunerii.

Expunerea la plumb, într-o industrie în continuă dezvoltare la nivel internațional, continuă să reprezinte o mare prioritate, pe de o parte, datorită creșterii continue a numărului de persoane expuse, iar pe de altă parte, datorită necesității identificării de asocieri noi între expunere și efecte, care să ne facă să înțelegem mai bine ce se întâmplă în organismul uman, ca și consecințe asupra stării de sănătate, dar în același timp, să ne permită identificarea de noi indicatori măsurabili, care să fie utili, atât în procesul de management al riscului cât și în caracterizarea mai exactă a expunerii umane, a riscurilor asociate și cuantificarea rezultatelor obținute prin implementarea strategiilor de control al expunerii.

În acest context am formulat ipoteza că expunerea la locul de muncă a angajaților dintr-o întreprindere de baterii auto este asociată unor efecte adverse importante, ca un efect

multimedia și multe căi de expunere, ceea ce presupune implementarea unor strategii noi de intervenție în realizarea controlului expunerii alături de introducerea unor indicatori noi care să evalueze procesul intervenției și progresul acesteia.

De asemenea, orice propunere cu privire la utilizarea unor indicatori noi și măsurabili, care să stea la baza de programe de intervenție și inițierea de reglementări noi, trebuie să aibă la bază fundamente științifice solide.

Pentru a răspunde acestor cerințe, de mare actualitate științifică, legate de expunerea ocupațională la plumb în industria de baterii auto, ne-am propus următoarele obiective majore:

- Aprofundarea unor aspecte specifice, legate de evaluarea expunerii;
- Caracterizarea relației doză-răspuns;
- Identificarea de efecte adverse noi, în sensul susținerii/evidențierii unor teorii existente;
- Elaborarea programului de intervenție pentru pentru diminuarea expunerii și înlăturarea riscurilor asociate – abordări noi în controlul expunerii la plumb a angajaților din industria de baterii auto.

Modelul de studiu a luat în calcul grupuri populaționale mari (pe tip de activitate) cu expunere variabilă la nivel de grup și între grupuri, cu variații individuale mari (vârstă, vechime la locul de muncă, obiceiuri diferite – fumat), și indicatori de sănătate diferiți (efecte).

3. Descrierea surselor de expunere umană la plumbul anorganic în fabricarea acumulatorilor auto

3.1. Fluxul tehnologic și amplasarea principalelor surse de expunere

Procesul tehnologic cuprinde o serie de etape ce se desfășoară în compartimente separate de muncă. Principalele activități constau în: aprovizionarea cu materii prime; prepararea oxidului de plumb; alierea plumbului; topirea și turnarea plumbului în grătare; obținerea plăcilor prin pastare; producerea carcaselor; sudarea plăcilor; asamblarea acumulatorului; adăugarea electrolitului; formarea; etichetarea; ambalarea; depozitarea; livrarea.

În cele mai multe compartimente din zona productivă plumbul este principala materie primă utilizată, astfel și principala noxă la locurile de muncă. Acidul sulfuric este utilizat doar în atelierele de formare a bateriilor auto.

3.4. Descrierea caracteristicilor grupului populațional (angajaților) expus

Studiul de evaluare a expunerii la plumb în fabrica de acumulatori auto s-a desfășurat pe o perioadă de 6 ani.

În fiecare an, în studiu au fost cuprinși un număr de aproximativ 250 de lucrători, astfel în total s-au examinat 1484 de muncitori din care 1389 lucrează în sectoarele productive ale fabricii. Marea majoritate a lucrătorilor cuprinși în studiu au fost bărbați, femeile reprezentând doar 4,51 % din numărul total de subiecți examinați.

Expunerea ocupațională la plumb este influențată de o serie de factori precum vârsta și genul muncitorilor, cunoscându-se că tinerii au o susceptibilitate mai ridicată în expunerea la plumb. Dacă în cazul celor dintâi susceptibilitatea poate fi cauzată de particularitățile metabolice și de detoxifiere ale organismului, în cazul persoanelor mai în vârstă se cunoaște rolul expunerii cumulative (Bardac, 2003). O altă categorie de muncitori cu risc crescut de îmbolnăvire profesională în expunerea la plumb este reprezentată de femei, deși numărul acestora în sectoarele productive este scăzut.

4. Estimarea expunerii prin inhalare și ingestie cu ajutorul determinărilor de plumb la locurile de muncă

4.1. Caracterizarea calității aerului la locurile de muncă prin măsurători în puncte fixe

Primul pas în estimarea expunerii ocupaționale la plumbul anorganic în fabrica de acumulatori auto a fost caracterizarea calității aerului prin măsurători în puncte fixe pentru a determina zonele cu cea mai mare încărcare.

4.1.1. Material și metodă

S-au efectuat 39 de măsurători de pulberi inhalabile și plumb din atmosfera locului de muncă, în anul 2009. Probele de aer s-au prelevat de-a lungul fluxului tehnologic, în apropierea locului de muncă al operatorilor sau în zonele de circulație ale acestora.

Probele s-au prelevat în punct fix și durata de prelevare a fost atât de 15 minute (23 probe) cât și de 8 ore (16 probe), perioadele la care se raportează valorile de referință, stabilită în funcție de natura procesului tehnologic desfășurat în punctul respectiv.

4.1.2. Metodologia de determinare a pulberilor inhalabile din atmosfera locului de muncă (NIOSH 0500)

Metoda de măsurare a pulberilor inhalabile din atmosfera locului de muncă constă în aspirarea unui volum de aer pe filtre de PVC și cântărirea pulberilor depuse pe acesta.

4.1.3. Metodologia de determinare a plumbului din atmosfera locului de muncă (NIOSH 7702)

Metoda de măsurare a plumbului din atmosfera locurilor de muncă se realizează prin spectrometrie de fluorescență cu raze X, cu ajutorul unui analizor tip NITON XL 700 serie U 3362 utilizând două surse: Cd 109 cu seria 6424LY și Am 241 seria 1336CW.

4.1.4. Rezultate și discuții

În figura 9 sunt reprezentate concentrațiile medii ale plumbului în atmosfera locului de muncă în cele două subansamble industriale. După cum se poate observa, valorile medii ale plumbului determinat în aerul locurilor de muncă, prin prelevări de scurtă durată și prin cele de lungă durată, din ambele subansamble industriale sunt mai mari decât valoarea limită de expunere profesională ($0,10 \text{ mg/m}^3$, respectiv $0,05 \text{ mg/m}^3$). Concentrația medie de plumb din aer din Secția I este net mai mare decât cea din Secția II, atât pentru valorile obținute prin prelevarea de scurtă durată ($0,31 \text{ mg/m}^3$ respectiv $0,24 \text{ mg/m}^3$) cât și pentru cele obținute prin prelevare de lungă durată ($4,98 \text{ mg/m}^3$, respectiv $2,4 \text{ mg/m}^3$).

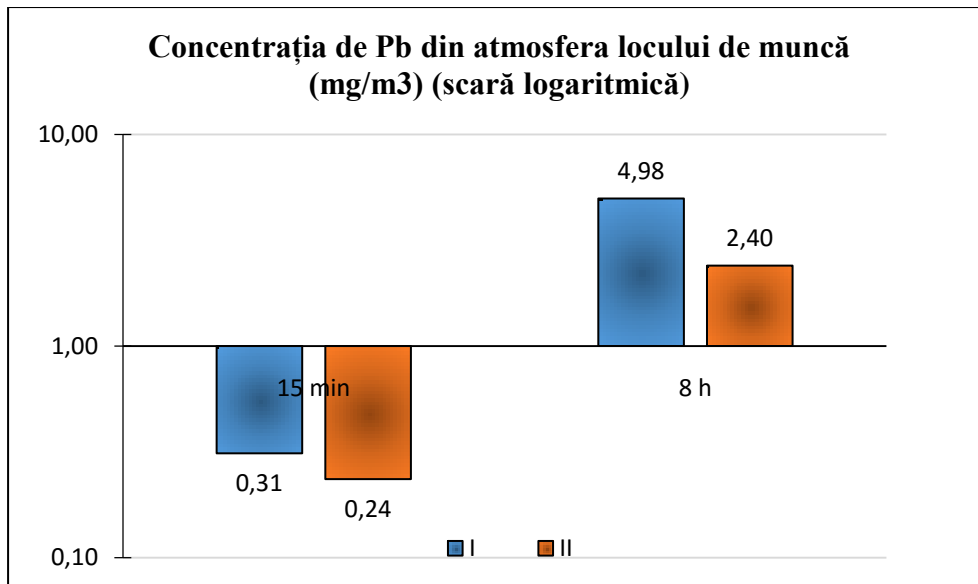


Figura 9. Concentrațiile medii ale plumbului în atmosfera locului de muncă în Secția I și Secția II (2009)

Măsurătorile în punct fix au rolul de a furniza informații generale privind calitatea aerului (prezența noxelor profesionale). Valorile astfel obținute nu caracterizează expunerea reală a muncitorilor, deoarece prelevările s-au făcut într-un punct fix, în apropierea surselor, fără să înregistreze eventualele variații ale mobilității lucrătorilor.

4.2. Estimarea expunerii pe cale inhalatorie la plumb prin monitorizarea personală a lucrătorilor

4.2.1. Material și metodă

În anul 2010 s-au efectuat 12 determinări de plumb din aerul locului de muncă prin monitorizare personală. Monitorizarea personală presupune purtarea de către muncitor a unui ansamblu format din pompa de prelevare și filtru MCE pentru prelevarea metalelor.

4.2.2. Rezultate și discuții

Din figura 13 se observă că la 4 locuri de muncă la care s-au efectuat măsurători de plumb s-au înregistrat depășiri ale valorii limită de expunere profesională.

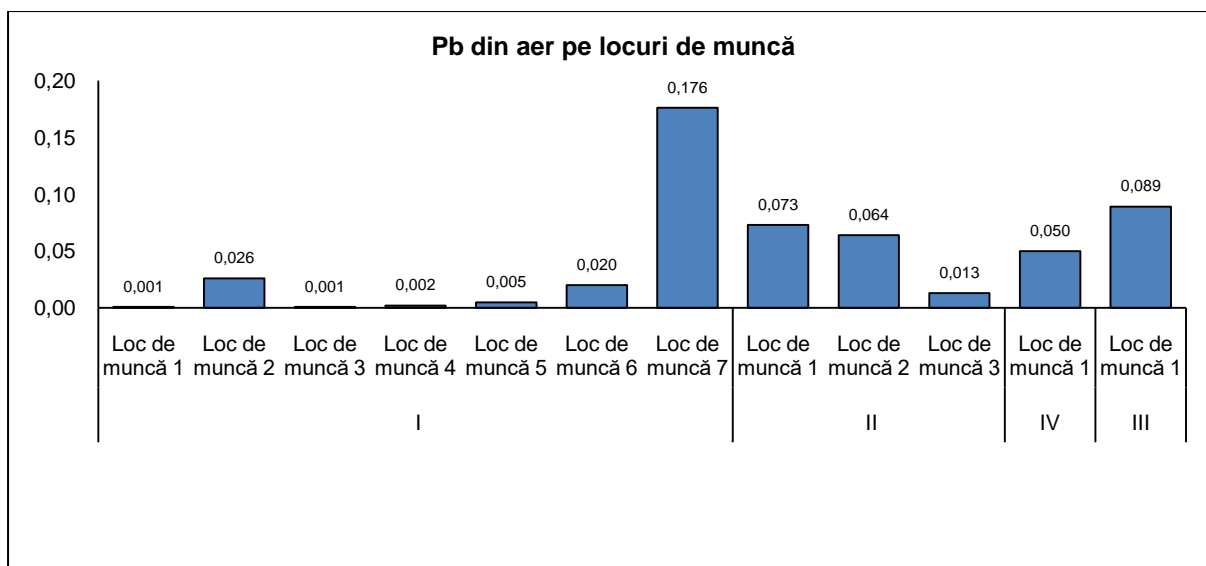


Figura 13. Concentrațiile de plumb din atmosfera locului de muncă obținute prin monitorizarea personală a operatorilor

Concentrațiile plumbului din aer obținute prin monitorizarea personală a muncitorilor sunt net mai mici decât cele obținute prin prelevarea în punct fix, deoarece ele caracterizează expunerea reală a lucrătorilor pe durata unui schimb, în timp ce determinările în punct fix au măsurat strict calitatea aerului din zona în care au fost amplasate.

4.3. Estimarea expunerii prin ingestie – mecanismul mână - gură

Principalele căi de pătrundere a plumbului în organism, în condițiile din industrie sunt inhalarea și ingestia. Măinile murdare ale muncitorilor reprezintă o sursă principală de expunere la plumb în condiții de igienă precară la locul de muncă.

4.3.1. Material și metodă

Estimarea expunerii prin ingestie datorată mecanismului mână – gură s-a realizat prin 30 de probe pentru determinarea plumbului de pe mâinile lucrătorilor din departamentele productive ale fabricii de acumulatori auto. Cele 30 de probe caracterizează 15 locuri de muncă, deoarece ele au fost prelevate de la doi operatori ai aceluiași post, dar din schimburi diferite.

4.3.2. Metodologia de determinare a concentrației de plumb de pe mâinile muncitorilor (US EPA, 2009)

Principiul metodei constă în utilizarea unor șervețele de praf (dust wipes) cu care se șterg suprafețele ce doresc a fi evaluate și analizarea acestora prin spectrometrie de fluorescență în raze X.

4.3.3. Rezultate și discuții

Concentrațiile de plumb de pe mâinile operatorilor variază în funcție de locul de muncă, de la valori de 45,4 μg/probă până la valori de 2643,2 μg/probă.

Se observă diferențe mari ale concentrațiilor de plumb de pe mâinile operatorilor de la același loc de muncă dar din schimburi diferite. În cele mai multe cazuri concentrațiile din schimbul 1 sunt mai ridicate decât cele din schimbul 2.

Există o mare neomogenitate a rezultatelor obținute prin analizarea probelor luate de pe mâinile muncitorilor. Această neomogenitate se datorează unor cumuli de factori: respectarea normelor de securitate și siguranță în muncă, igiena personală la locul de muncă, purtarea echipamentelor de protecție individuală.

4.4. Determinarea concentrațiilor de plumb de pe suprafețe din vestiare și oficii

Un aspect important în evaluarea expunerii ocupaționale la plumbul anorganic în fabrica de acumulatori auto îl constituie contaminarea spațiilor de luat masa și a vestiarelor.

4.4.1. Material și metodă

Fiecare secție din fabrică este prevăzută cu un spațiu de servit masa (oficiu) în care muncitorii își servesc gustarea zilnică și cu un vestiar unde ei se schimbă în și de hainele de lucru. Pentru a vedea dacă aceste spații sunt contaminate cu plumb s-au efectuat o serie de măsurători de plumb din praful de pe suprafețe din aceste spații:

- În vestiare s-au efectuat măsurători de pe dulapurile muncitorilor, în două zile consecutive, în trei momente diferite ale zilei: dimineața, între schimburi și seara;
- În oficii s-au efectuat măsurători de pe mese în două zile consecutive, de două ori pe zi (atât la schimbul 1 cât și la schimbul 2), după ce lucrătorii au servit gustarea.

4.4.2. Rezultate și discuții

Concentrațiile de plumb din spațiile adiacente zonelor de lucru prezintă variații mari, dar în general, atât pentru vestiare cât și pentru oficii valorile medii au fost mai mari în prima zi de măsurători față de cele din a doua zi. Variațiile concentrațiilor de plumb de pe

suprafețele din vestiare și officii sunt datorate în principal modului de efectuare a curățeniei în aceste spații și a modului de respectare a normelor de igienă la locul de muncă.

4.5. Studiul pe bază de chestionar a expunerii și a stării de sănătate a muncitorilor

Evaluarea expunerii ocupaționale la plumb în fabrica de acumulatori auto este puternic influențată de atitudinea, comportamentul și obiceiurile fiecărui muncitor la locul de muncă. Pentru a identifica acești factori de risc s-a realizat și aplicat un chestionar de evaluare a expunerii la un număr de 188 de muncitori ce lucrează în compartimentele productive ale fabricii.

În urma răspunsurilor muncitorilor am concluzionat că: muncitorii din compartimentele productive ale fabricii au activități ciclice și depun efort fizic intens la locul de muncă. Lor li se asigură echipamentul de protecție individual, dar doar o parte din ei îl utilizează în mod corect. Sistemul de ventilație în fabrică funcționează, dar muncitorii se plâng de existența unor spații neventilate, a prafului, fumurilor și a curenților de aer. Chiar dacă li se asigură toate condițiile, au fost instruiți și sunt conștienți de importanța ei, nu toți subiecții respectă normele de igienă personală la locul de muncă. De asemenea, chiar dacă fumatul este strict interzis în incinta fabricii, există un procent de aproape 4 % din lucrători care fumează. Cea mai frecventă afecțiune diagnosticată este anemia, care poate avea o cauzalitate multifactorială (de exemplu carențe nutriționale).

5. Analiza expunerii la plumb prin indicatori direcți

În cazul studiului de față s-au urmărit doi biomarkeri ai expunerii la plumb: plumbemia sau nivelul de plumb din sânge (biomarker de expunere) și acidul delta-aminolevulinic din urină (biomarker de efect).

5.1. Măsurarea plumbului din sânge prin Spectrometrie de Absorbție Atomică (AAS) în Cuptoraș de Grafit

5.1.1. Material și metodă

În perioada studiată s-au efectuat determinări ale nivelului de plumb din sânge pentru toți angajații companiei din sectoarele productive.

5.1.2. Metodologia de analiză a plumbului din sânge (plumbemie) (CDC, 1994)

Principiul metodei constă în măsurarea prin spectrometrie de absorbție atomică a conținutului de ioni de metal din probă.

5.1.3. Rezultate și discuții

Evoluția mediilor, a medianelor și a frecvenței plumbemiilor mai mari decât valoarea limită biologică a muncitorilor care au lucrat în compartimentele productive ale fabricii de acumulatori auto în perioada studiată. este relativ similară în intervalul de timp studiat.

Un aspect foarte important în analiza expunerii la plumb îl constituie durata expunerii, cuantificată prin vechimea în fabrică a muncitorilor examinați.

Atât pentru lucrătorii expuși cât și pentru cei fără expunere directă la plumb, valorile medii ale plumbemiei sunt mai mici pentru cei cu vechimea în muncă mai mică de un an față de cei din categoriile de vechime mai mare (figura 26).

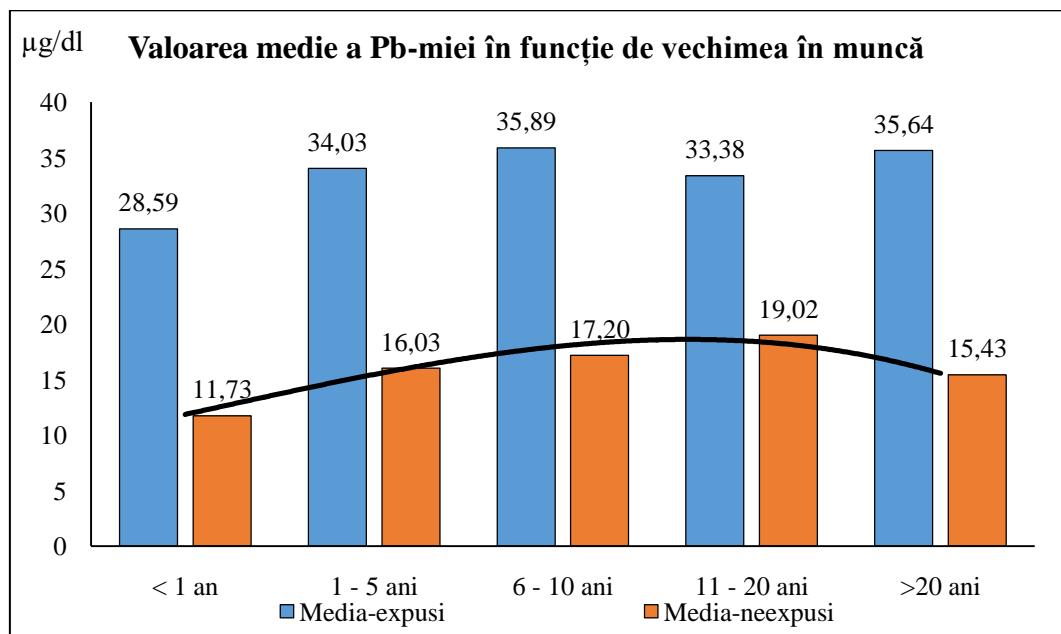


Figura 26. Valorile medii ale nivelului de Pb din sânge în funcție de vechimea în muncă

Prin aplicarea testului "t" Student s-a evidențiat faptul că există semnificație statistică între mediile plumbemiilor muncitorilor expuși și a celor neexpuși pentru fiecare categorie de vechime în muncă. În cazul frecvențelor plumbemiilor peste valoarea limită biologică există diferențe semnificative între muncitorii expuși la plumb și cei fără expunere directă la

categoriile de vechime de 1 – 5 ani ($p = 0,001$), 6 – 10 ani ($p = 0,049$), 11 – 20 ani ($p = 0,007$) și peste 20 ani ($0,0001$).

Un alt aspect foarte important în analiza expunerii la plumb îl constituie frecvența expunerii. Frecvența expunerii la plumb a angajaților din fabrica de acumulatori auto o putem cuantifica prin numărul de prezențe la locurile de muncă din producție. Astfel, cele mai mici valori medii ale plumbemiei în toți anii de studiu s-au înregistrat în departamentele fără expunere directă la plumb (expunere ocazională), urmate de secțiile productive.

Intensitatea expunerii la plumb a angajaților din fabrica de acumulatori auto o putem cuantifica prin concentrațiile de plumb determinate în atmosfera locului de muncă.

În funcție de concentrațiile de plumb determinate în aerul locului de muncă prin măsurători de scurtă durată (15 min), muncitorii investigați în anul 2009 au fost împărțiți în șapte categorii de expunere: cu concentrația de Pb în aer mai mică de $0,01 \text{ mg/m}^3$, între $0,01 \text{ mg/m}^3$ și $0,1 \text{ mg/m}^3$, între $0,11 \text{ mg/m}^3$ și $0,2 \text{ mg/m}^3$, între $0,21 \text{ mg/m}^3$ și $0,3 \text{ mg/m}^3$, între $0,31 \text{ mg/m}^3$ și $0,5 \text{ mg/m}^3$, între $0,51 \text{ mg/m}^3$ și $0,8 \text{ mg/m}^3$ și mai mare de $0,8 \text{ mg/m}^3$. Pentru fiecare grup de muncitori s-a calculat valoarea medie a plumbemiei și corelația între plumbemie și concentrația de plumb la locul de muncă.

Coefficienții de corelație ($R^2 = 0,41$, respectiv $R^2 = 0,34$) indică o asociere relativ slabă între valoarea medie a plumbemiei și concentrația de Pb în atmosfera locului de muncă, la fel ca și între frecvența valorilor plumbemiei mai mari de $40 \text{ } \mu\text{g/dl}$ și concentrația de Pb din aer (figura 34).

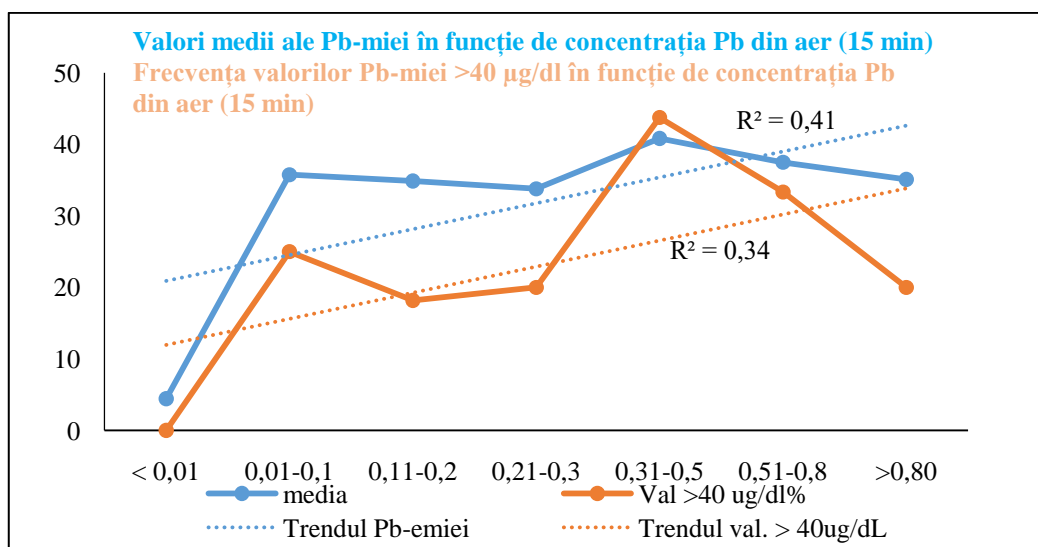


Figura 34. Corelațiile dintre valorile medii ale Pb-miei și frecvența valorilor mai mari decât valoarea limită biologică în funcție de concentrația de Pb din atmosfera locului de muncă (măsurători de 15 min) în 2009

Atât valoarea medie a plumbemiei cât și frecvența valorilor plumbemiei care depășesc valoarea limită biologică sunt mai mari pentru locurile de muncă cu concentrația de plumb din aer mai mare decât $0,1 \text{ mg/m}^3$.

În incinta fabricii de acumulatori auto fumatul este strict interzis, însă există muncitori care au declarat că fumează la locul de muncă. Atât pentru anul 2009 cât și pentru anul 2010 există o asociere foarte puternică ($R^2 = 0,99$ în 2009 și $R^2 = 0,94$ în 2010) între valorile medii ale nivelului de plumb din sânge și obiceiul de a fuma și cel de a fuma la locul de muncă.

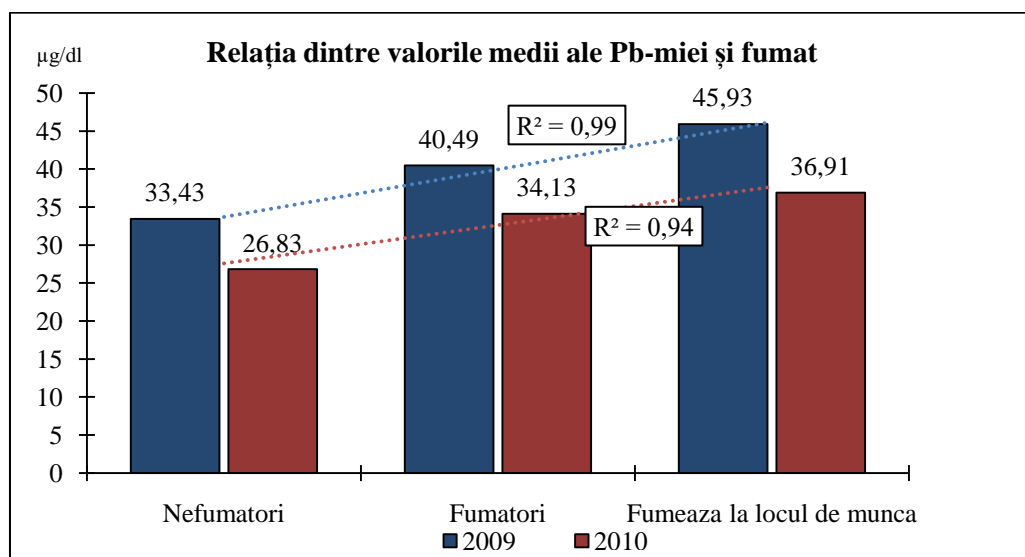


Figura 38. Relația dintre valorile medii ale plumbemiei și fumat în 2009 – 2010

5.2. Măsurarea acidului delta aminolevulinic din urină

Acidul delta-aminolevulinic (ΔALA) este un biomarker de efect în expunerea la plumb, astfel că determinarea lui este importantă în analiza expunerii la plumb a grupului populațional luat în studiu.

5.2.2. Metodologia de determinare a acidului delta aminolevulinic din urină (Metode de laborator pentru controlul medical periodic, 1978)

Metoda se bazează pe reacția de condensare a acidului delta-aminolevulinic cu acetilcetonă. Se formează un inel pirolic cu o grupă reactivă CH_2 . Pirolul inelului format, dă o

reacție de culoare cu paradimetilaminobenzaldehida (reactivul Ehrlich modificat), formând un complex colorat roșu cu absorbție maximă la 553 nm.

5.2.3. Rezultate și discuții

În figura 40 este reprezentată evoluția mediilor, medianei și a frecvenței Δ ALA mai mari decât valoarea limită biologică (10 mg/l) în cei trei ani de monitorizare. Există o evoluție similară a celor trei parametri, caracterizată de o scădere a valorilor în 2010 și o creștere ușoară în 2011.

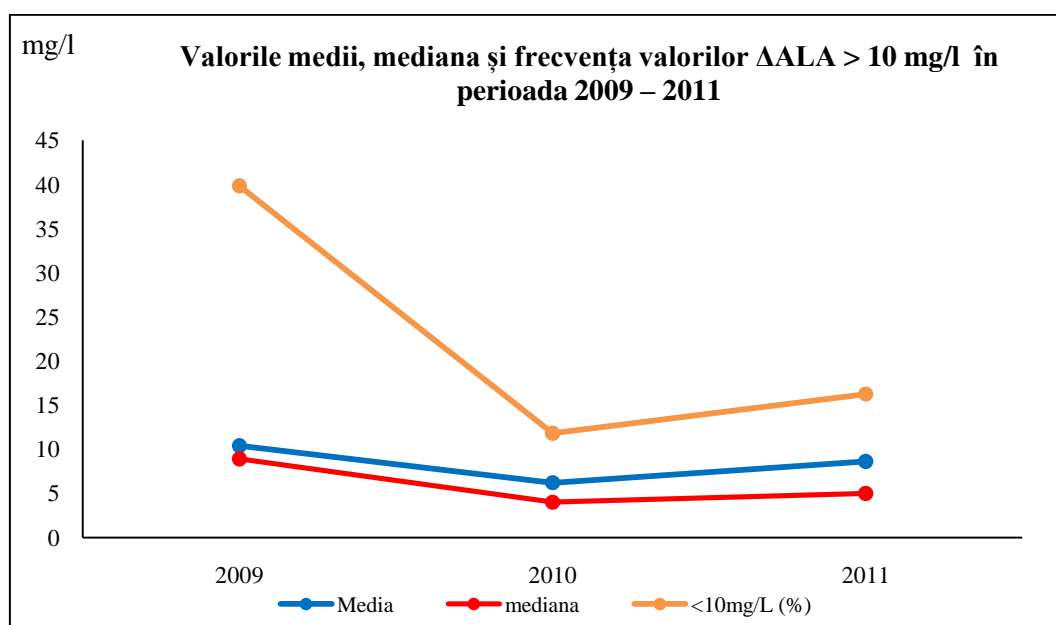


Figura 40. Valoriile medii, mediana și frecvența valorilor mai mari decât valoarea limită biologică a Δ ALA în perioada 2009 – 2011

Valorile medii ale acidului delta-aminolevulinic nu variază foarte mult în funcție de vechimea în muncă a muncitorilor. Atât pentru muncitorii ce lucrează în condiții de expunere la plumb cât și pentru cei neexpuși în mod direct, valorile Δ ALA cresc ușor de la cei cu vechimea mai mică de un an la cei cu vechimea între 1 an și 5 ani, apoi scad pentru următoarele două categorii de vechime, ajungând la valori similare cu prima categorie pentru cei cu vechimea mai mare de 20 de ani (figura 41).

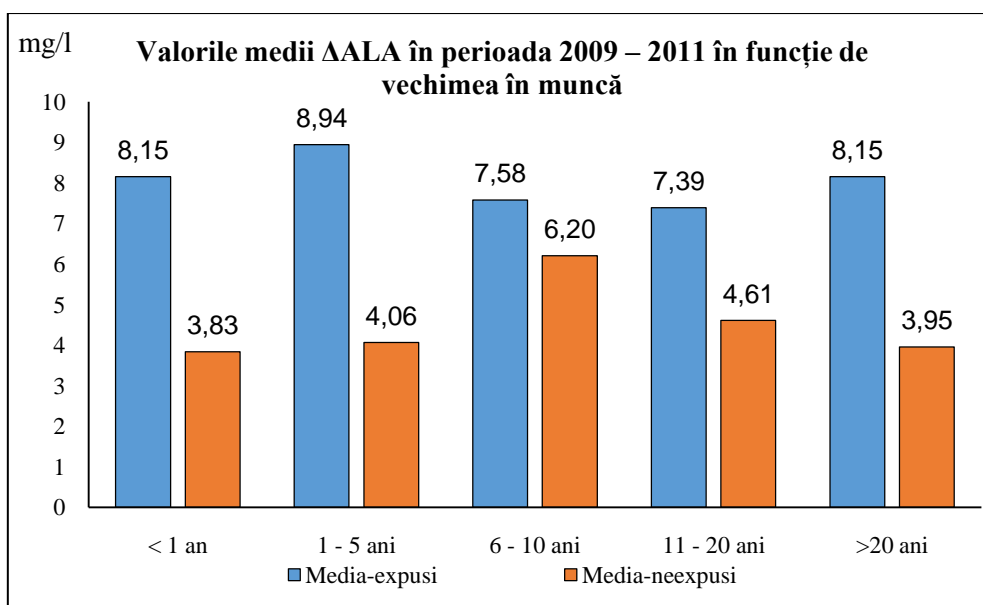


Figura 41. Valorile medii ΔALA în perioada 2009 – 2011 în funcție de vechimea în muncă

La fel ca și plumbemia, acidul delta-aminolevulinic este un indicator al expunerii umane la plumb. Astfel, atunci când valoarea ΔALA este mai mare decât valoarea limită biologică (10 mg/l) există posibilitatea producerii unei boli profesionale. Asocierea dintre expunerea la plumb și posibilitatea producerii unei boli profesionale ($\Delta\text{ALA} > 10 \text{ mg/l}$) s-a calculat cu ajutorul indicatorilor de risc.

Pentru toate categoriile de vechime în muncă, riscul relativ (RR) are valoarea mai mare decât 1, deci există o asociere între expunerea la plumb și riscul de a avea valoarea ΔALA mai mare de 10 mg/l. Odd ratio sau rata de șansă are aceeași tendință ca riscul relative, iar riscul atribuibil arată faptul că pentru lucrătorii cu vechime în fabrica de acumulatori auto mai mică de 1 an, riscul de a avea valoarea ΔALA mai mare de 10 mg/l este de 77,42 %, iar pentru cei cu vechimea în muncă de peste 20 de ani de 98,84 % (tabelul 18).

Tabelul 18. Riscurile de producere a bolii profesionale în funcție de durata expunerii

	< 1 an	1 - 5 ani	6 - 10 ani	11 - 20 ani	>20 ani
RR	4,43	24,49	5,59	33,15	86,03
OR	5,00	29,42	6,32	38,82	105,04
RA %	77,42	95,92	82,11	96,98	98,84

Indicele de corelație dintre valorile medii ale Δ ALA și plumbul din atmosfera locului de muncă evidențiază o asociere puternică ($R^2 = 0,56$), însă între frecvențele Δ ALA > 10 mg/l și plumbul din aer este o asociere slabă ($R^2 = 0,11$) (figura 48).

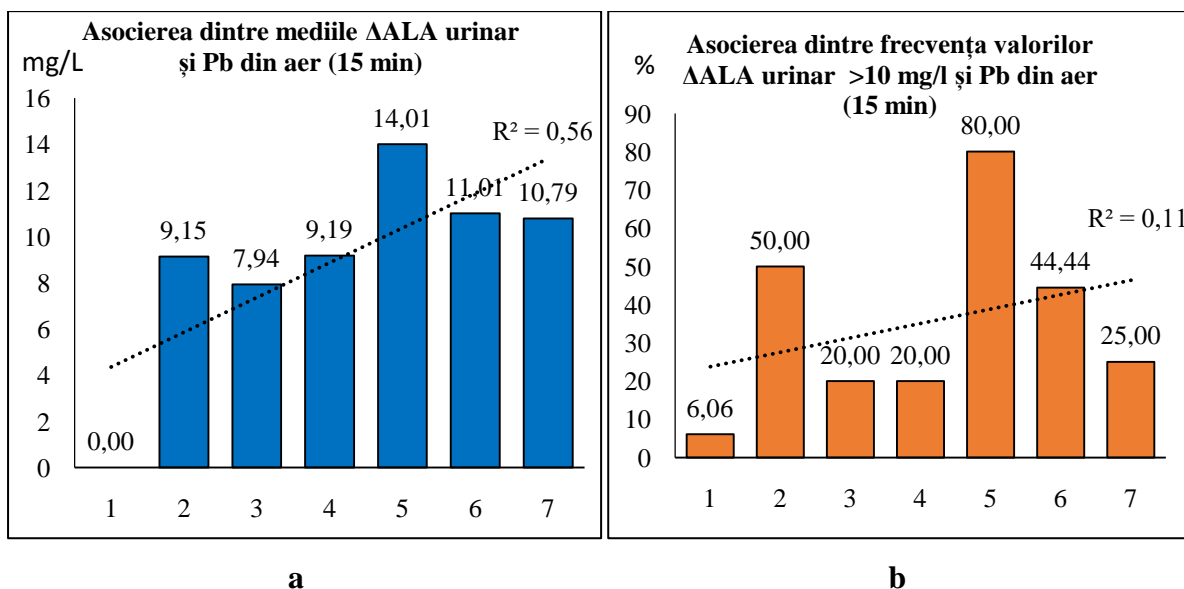


Figura 48. Corelația dintre valorile medii ale Δ ALA din urină și concentrațiile de Pb din atmosfera locului de muncă (15 min) în 2009 (a) și corelația dintre frecvența valorilor Δ ALA > 10 mg/l și Pb din aer (15 min) (b)

Pentru anul 2009 există o asociere foarte puternică ($R^2 = 0,93$) între valorile medii ale Δ ALA și obiceiul de a fuma și cel de a fuma la locul de muncă. Pentru anul 2010 asocierea este una slabă ($R^2 = 0,19$) (figura 51).

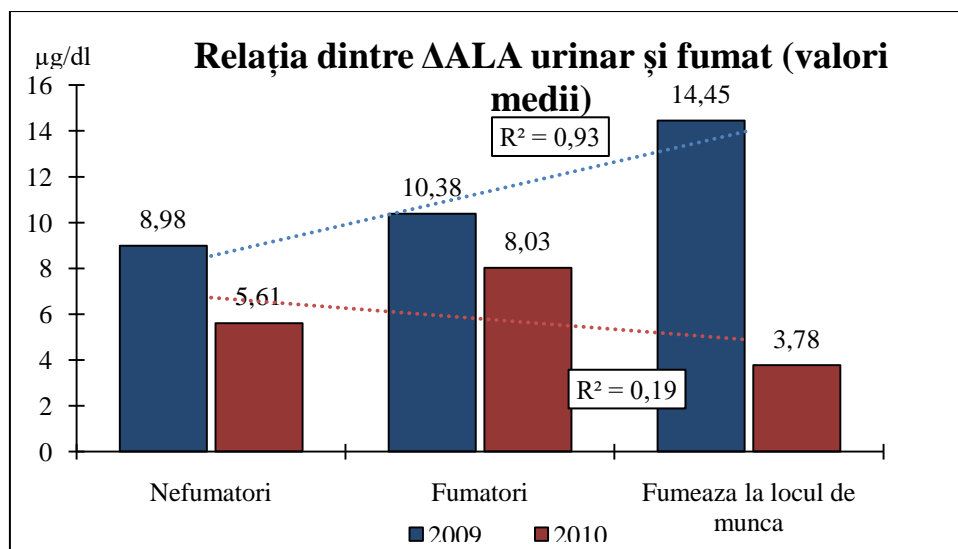


Figura 51. Relația dintre acidul delta aminolevulinic din urină și fumatul la locul de muncă în 2009 – 2010

5.3. Relația dintre plumbemie și acidul delta-aminolevulinic

Urmărind evoluția valorilor medii ale celor doi biomarkeri în perioada 2009 – 2011 se observă din figura 52 că păstrează tendința de scădere a valorii din 2009 în 2010 și o creștere ușoară în 2011, practic evoluția celor doi biomarkeri fiind identică.

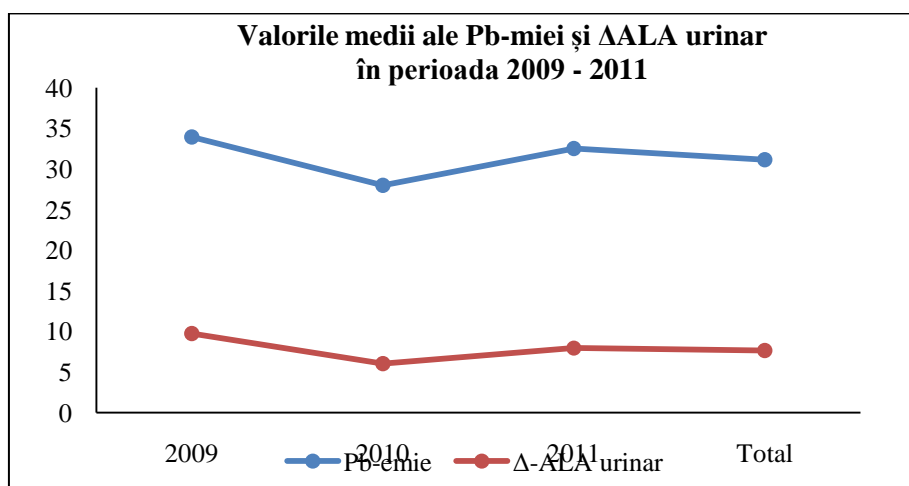


Figura 52. Valorile medii ale plumbemiei și acidului delta-aminolevulinic din urină în perioada 2009 - 2011

Valorile medii ale acidul delta-aminolevulinic urinar cresc odată cu creșterea nivelului de plumb din sânge, în fiecare din anii investigați (figura 53).

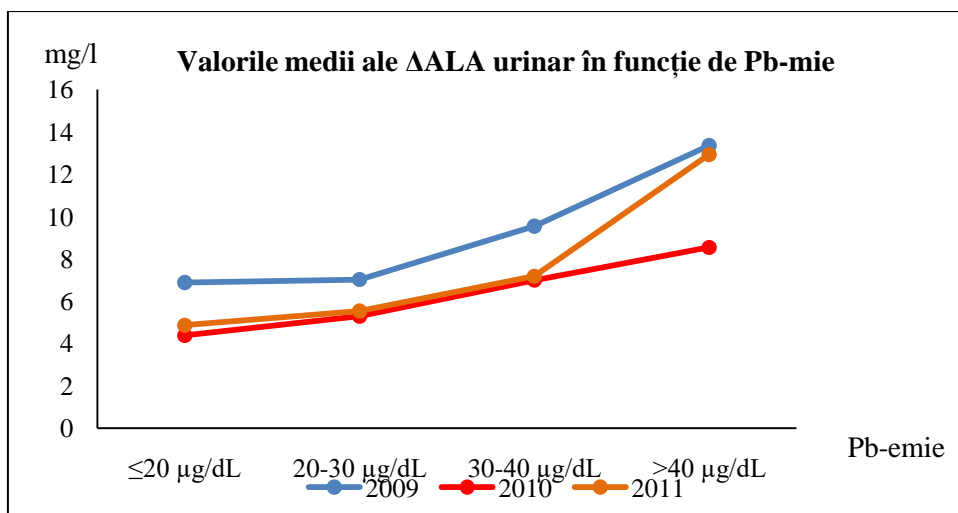


Figura 53. Acidul delta-aminolevulinic din urină în funcție de valorile plumbemiei în perioada 2009 – 2011

6. Analiza efectelor asupra stării de sănătate a muncitorilor din fabrica de acumulatori auto – analize hematologice

6.1. Material și metodă

În perioada 2009 – 2011, analiza expunerii la plumb și a efectelor asupra stării de sănătate a angajaților din compania producătoare de acumulatori auto, a cuprins și efectuarea analizelor hematologice.

Hemoleucograma completă cuprinde:

- Numărul de globule roșii din sânge - eritrocite;
- Numărul de globule albe din sânge - leucocite;
- Cantitatea totală de hemoglobină din sânge;
- Hematocritul;
- Media globulară a hemoglobinei;
- Concentrația medie a hemoglobinei;
- Numărul de trombocite.

6.2. Metodologia de analiză

Recoltarea probelor de sânge s-a realizat în eprubete venoject 2 ml pe EDTA conform protocolului. Probele s-au păstrat până în ziua următoare la frigider (+4⁰C) când au fost analizate cu un instrument electronic de măsurare automată (Abacus Plus Hematology Analyzer).

Valorile hematologice au fost interpretate în funcție de valorile de referință ale laboratorului și utilizând Ghidul de laborator: "Ioana Brudașcă, Anca Cristea - Ghid de laborator, 2005, Editura Medicală Universitară "Iuliu Hațieganu".

6.3. Rezultate și discuții

În intervalul 2009 – 2011 s-au efectuat determinări ale valorilor hematologice pentru lucrătorii companiei producătoare de acumulatori auto (atât pentru cei expuși la plumb cât și pentru cei fără expunere directă). Dintr-un total de 682 de muncitori examinați, 495 au fost examinați în fiecare an în perioada de studiu, 140 în doi ani și 47 de muncitori o singură dată, din diverse motive, în principal legate de prezența la lucru.

6.3.1. Parametrii hematologici în funcție de expunerea la plumb la locul de muncă

În tabelul 22 prezentăm valorile medii și semnificația diferențelor între medii ale parametrilor hematologici analizați în perioada 2009 – 2011. Calculele s-au efectuat separat pentru muncitorii fără expunere directă la plumb și pentru cei expuși la plumb la locul de muncă.

Tabel 22. Media valorilor hematologice și semnificația diferențelor de medii în funcție de expunere (bărbați) 2009-2011

Parametrii hematologici	2009				2010				2011			
	Fără expunere directă	Expuși la locul de muncă	t	p	Fără expunere directă	Expuși la locul de muncă	t	p	Fără expunere directă	Expuși la locul de muncă	t	p
Leucocite (x10 ³ /mm ³)	7,56	8,32	- 2,24	0,03	6,64	7,29	- 2,46	0,02	7,40	7,69	- 0,98	0,33
Eritrocite (x10 ⁶ /mm ³)	5,06	5,12	- 1,04	0,31	4,84	4,87	- 0,53	0,60	4,92	4,95	- 0,36	0,72
Hemoglobina (g/dL)	15,37	15,37	0,01	0,99	15,12	14,74	2,11	0,04	15,06	14,99	0,38	0,71
Hematocrit (%)	45,23	45,88	- 1,49	0,15	46,00	45,43	0,89	0,38	42,85	42,76	0,19	0,85
Trombocite (x10 ³ /mm ³)	214,45	232,70	- 1,97	0,06	233,55	246,70	- 1,62	0,11	241,41	244,60	- 0,36	0,72

Diferențele cele mai însemnate între cele două loturi de subiecți s-au observat pentru numărul de leucocite, valoarea medie a acestora fiind în fiecare an mai mare la lotul expus

față de cel neexpus. Prin aplicarea testului student t s-a evidențiat faptul că în anii 2009 și 2010 diferențele dintre valorile medii ale numărului de leucocite ale muncitorilor expuși la plumb față de cei neexpuși sunt statistic semnificative ($p=0,03$ în 2009; $p=0,02$ în 2010).

Raportat la fiecare an, numărul mediu de eritrocite a fost similar pentru lotul expus și pentru cel neexpus.

Dacă în anul 2009 valoarea medie a hemoglobinei a fost aceeași pentru lotul expus și pentru cel neexpus, în anii 2010 și 2011 valoarea medie a hemoglobinei este mai mică la cei expuși față de neexpuși. Diferențele dintre valorile medii ale hemoglobinei muncitorilor expuși la plumb la locul de muncă și a celor fără expunere directă sunt statistic semnificative pentru lotul de subiecți investigați în anul 2010 ($p=0,04$).

Hematocritul urmează același model ca și hemoglobina, însă nu există diferențe semnificative statistic între valorile medii ale celor două categorii de muncitori examinați.

În toți cei trei ani în care s-au realizat investigațiile hematologice, loturile de muncitori expuși au prezentat valori medii ale trombocitelor mai mari decât pentru muncitorii neexpuși, fără a exista diferențe semnificative statistic.

6.3.2. Corelarea indicatorilor hematologici cu concentrația de plumbemie

Valorile medii ale leucocitelor în funcție de clasele de plumbemie stabilite arată valori mai mari ale leucocitelor la persoanele cu plumbemie peste 40 $\mu\text{g/dl}$ față de cei cu plumbemie sub 20 $\mu\text{g/dl}$ în fiecare din anii investigați.

Tabelul 24. Numărul de leucocite în funcție de valorile plumbemiei în perioada 2009 – 2011

Pb-emie	Valori medii ($\times 10^3/\text{mm}^3$)			Valori $>10 \times 10^3/\text{mm}^3$ (%)		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011
$\leq 20 \mu\text{g/dl}$	7,26	7,47	7,07	0,00	6,45	3,70
$>20-30 \mu\text{g/dl}$	8,54	6,92	7,72	19,05	3,80	9,52
$>30-40 \mu\text{g/dl}$	8,08	7,01	7,80	14,41	5,45	12,90
$>40 \mu\text{g/dl}$	8,65	7,80	7,67	19,64	6,98	9,38

În continuare am analizat frecvența valorilor numărului de leucocite peste valoarea normală în funcție de clasele de plumbemie stabilite (figura 62). Observăm că frecvența valorilor anormale, leucocitoză, (mai mare de $10\ 000/\text{mm}^3$ a numărului de leucocite) este net mai mare în cazul plumbemiilor peste 40 $\mu\text{g/dl}$ în special în anul 2009 și 2010.

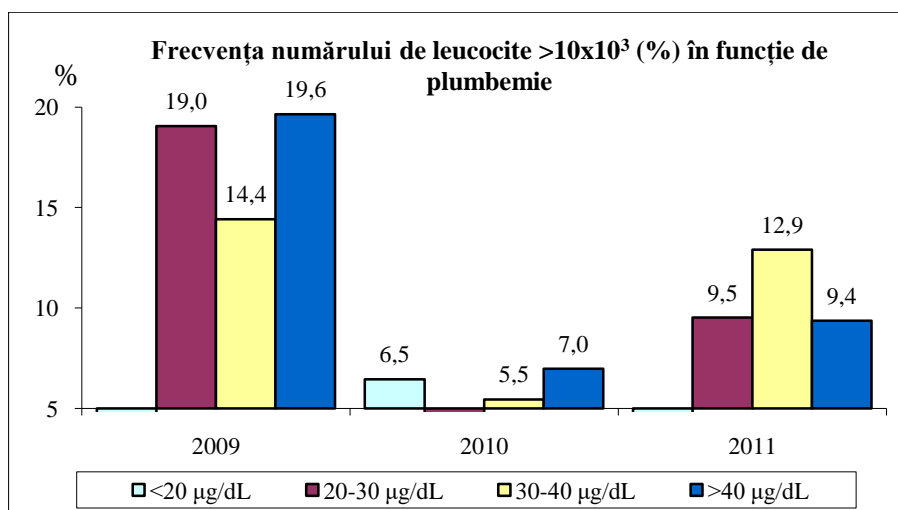


Figura 62. Frecvența numărului de leucocite mai mari decât valoarea normală în funcție de plumbemie în perioada 2009 – 2011

7. Caracterizarea hazardului în expunerea ocupațională la plumb în fabrica de acumulatori auto

Această etapă presupune combinarea informațiilor despre expunere obținute până în acest moment și reperatele de toxicitate cunoscute la nivel internațional și documentate în acte legislative. Concret, caracterizarea riscului și a hazardului în expunerea ocupațională la plumb se face prin calcularea indicilor de hazard.

7.1. Caracterizarea hazardului în expunerea inhalatorie la plumb

7.1.1. Material și metodă

Calcularea indicilor de hazard pentru expunerea ocupațională la plumb pe cale inhalatorie s-a realizat după modelul prezentat de Agenția de Protecția Mediului din SUA (EPA's Superfund Program, 2009).

Pentru valorile concentrației de plumb din aerul locului de muncă obținute în anul 2010, prin monitorizare personală, s-au calculat indicii de hazard. Aceștia s-au calculat prin raportarea la VLEP din legislația națională și la timpul de expunere, frecvența de expunere și durata de expunere specifice fiecărui loc de muncă analizat. Calculele s-au realizat cu ajutorul programului Microsoft Office Excel.

7.1.3. Rezultate și discuții

Indicii de hazard calculați în funcție de concentrația de plumb din atmosfera locurilor de muncă determinată prin monitorizare personală de lungă durată au înregistrat valori

subunitare. Astfel, putem spune că este improbabil ca muncitorii de la aceste locuri de muncă să dezvolte efecte adverse asupra sănătății datorită expunerii ocupaționale la plumb pe cale inhalatorie.

Tabelul 31. Indicii de hazard calculați pentru valorile plumbului la locurile de muncă (monitorizare personală 8 h) 2010

Secții	Loc de muncă	Concentrația expunerii (mg/m³)	VLEP (HG 1218/2006)	IH
I	Loc de muncă 1	0,000	0,05	0,005
	Loc de muncă 2	0,006	0,05	0,12
	Loc de muncă 3	0,000	0,05	0,005
	Loc de muncă 4	0,000	0,05	0,01
	Loc de muncă 5	0,001	0,05	0,02
	Loc de muncă 6	0,005	0,05	0,09
	Loc de muncă 7	0,040	0,05	0,80
II	Loc de muncă 1	0,017	0,05	0,33
	Loc de muncă 2	0,015	0,05	0,29
	Loc de muncă 3	0,003	0,05	0,06
III	Loc de muncă 1	0,011	0,05	0,23
IV	Loc de muncă 1	0,020	0,05	0,41

7.2. Caracterizarea hazardului în expunerea ocupațională la plumb prin calcularea indicilor de hazard pentru efecte specific

Deoarece numeroase studii au demonstrat faptul că efectele asupra sănătății umane datorate expunerii la plumb apar la concentrații mai mici de 40 µg/dl plumb în sânge, s-a optat pentru calcularea indicilor de hazard în funcție de valorile dozei de toxicitate asupra unor organe țintă (TTD – target organ toxicity dose) în expunerea la plumb.

7.2.1. Material și metodă

Calcularea indicilor de hazard pentru efecte specifice ale expunerii umane la plumb s-a realizat după modelul prezentat de Agenția pentru Substanțe Toxice și Registrul Bolilor (ATSDR, 2001).

7.2.2. Rezultate și discuții

Valorile plumbemiei determinate în anii de studiu au fost împărțite în valori medii în funcție de principalele locuri de muncă din fabrica de acumulatori. Pentru aceste valori medii ale plumbemiei s-au calculat indicii de hazard în funcție de efectele plumbului asupra sistemelor din organismul uman (doza de toxicitate (TTD) asupra sistemului nervos, hematologic, cardiovascular, renal și reproducător).

După cum se poate observa din tabelul 32, indicii de hazard calculați pentru efecte asupra sistemului nervos, hematologice și cardiovascular variază de la valori de 1,55 până la 4,27, iar majoritatea au valoarea peste 3. Nu există nici un loc de muncă pentru care indicele de hazard pentru efecte cardiovasculare, neurologice și hematologice să fie mai mic decât 1. Astfel, putem spune că pentru majoritatea muncitorilor din fabrica de acumulatori este posibil să apară efecte asupra acestor sisteme datorită expunerii ocupaționale la plumb.

Tabelul 32. Indicii de hazard pentru valorile medii ale plumbemiei în funcție de efecte

Secții	Locuri de muncă	Pb-emie μg/dl (media)	IH (efecte neurologice, hematologice, cardiovasculare)	IH (efecte renale)	IH (efecte reproductiv e)
I	Loc de muncă 1	40,01	4,00	1,18	1,00
	Loc de muncă 2	32,35	3,24	0,95	0,81
	Loc de muncă 3	40,18	4,02	1,18	1,00
	Loc de muncă 4	42,74	4,27	1,26	1,07
	Loc de muncă 5	34,58	3,46	1,02	0,86
	Loc de muncă 6	35,04	3,50	1,03	0,88
	Loc de muncă 7	35,15	3,52	1,03	0,88
	Loc de muncă 8	38,69	3,87	1,14	0,97
II	Loc de muncă 1	31,02	3,10	0,91	0,78
	Loc de muncă 2	36,97	3,70	1,09	0,92
	Loc de muncă 3	32,44	3,24	0,95	0,81
III	Loc de muncă 1	29,99	3,00	0,88	0,75
	Loc de muncă 2	15,54	1,55	0,46	0,39
IV	Loc de muncă 1	32,91	3,29	0,97	0,82
V	Loc de muncă 1 (fără expunere directă)	15,93	1,59	0,47	0,40

Deși un procent mic dintre subiecții din sectorul neexpus direct la Pb nu a avut valori sub limita normală a hemoglobinei, IH (1,59) ne arată că în funcție de valoarea plumbemiei pot apărea efecte.

Pentru a clasifica cele mai periculoase zone de lucru, s-au calculat indicii de hazard medii pentru fiecare secție/subansamblu industrial. După cum se poate observa din tabelul 34, Secția I cuprinde locurile de muncă cele mai periculoase (IH = 1,92), urmată de Secția II (IH = 1,72), IV (IH = 1,69), secția III (IH = 1,17) și departamentele administrative (Secția V – fără expunere directă) (IH = 0,82).

Tabelul 34. Indicii de hazard medii în funcție de efectele asupra organelor țintă pentru fiecare secție din fabrică

Secții	IH mediu în funcție de efectele asupra organelor țintă
I	1,92
II	1,72
III	1,17
IV	1,69
V	0,82

8. Programul de intervenție pentru diminuarea expunerii și înlăturarea riscurilor asociate

Riscurile expunerii ocupaționale la plumb în fabrica de acumulatori auto, identificate și evaluate în capitolele anterioare impun adoptarea unui program de intervenție pentru diminuarea expunerii și înlăturarea lor.

8.1. Măsuri de control propuse

Cel mai bun mod de a proteja sănătatea împotriva plumbului este prevenirea expunerii, însă acest lucru nu este posibil în condițiile din industrie, astfel măsurile de control vor viza, în ordine, următoarele:

1. Măsurile de control tehnice;
2. Măsurile de control administrative;
3. Dotarea muncitorilor cu echipament individual de protecție (EIP) adecvat.

Măsurile de control tehnice au rolul de a elimina plumbul din aer sau de a crea o barieră între lucrător și acesta. În cazul fabricii de acumulatori auto, ar trebui implementate următoarele măsuri de control inginereste:

- Instalarea sistemelor de ventilație
- Înlocuirea echipamentelor tehnologice învechite cu unele noi, automate.

Măsurile de control administrative care pot fi implementate în fabrica de acumulatori auto pentru a reduce riscurile expunerii la plumb cuprind: măsuri ce vizează practicile de lucru, măsuri medicale, instruiți, monitorizări periodice.

Echipamentul individual de protecție este necesar pentru locurile de muncă unde măsurile tehnice și organizatorice nu au condus la reducerea expunerii măsurată prin indicatori direcți (plumbemie) sub valoarea limită impusă de legislația națională. Echipamentul individual de protecție împotriva expunerii la plumb trebuie să fie format din:

- Mănuși de protecție adecvate conform standardului EN 374;
- Aparat respirator filtrant conform EN 143;
- Ochelari de protecție închiși etanși, rezistenți la produse chimice conform standardului EN 166;
- Salopetă/îmbrăcăminte de lucru conform EN 943, care să nu fie scoase în afara unității;

9. Concluzii generale

Expunerea ocupațională face parte din principalele cauze care stau la baza influențării/conștientizării stării de sănătate a populației din perspectiva asigurării conceptului de Securitate și siguranță a cetățeanului.

S-a urmărit un număr mare de angajați dintr-o fabrică de acumulatori auto, arătându-se că cea mai expusă categorie de angajați la noxa principală (plumbul) este reprezentată de muncitorii din sectorul productiv al fabricii. Din această categorie se evidențiază tinerii, muncitorii cu vârsta peste 50 de ani și femeile.

Identificarea factorilor de risc fizici datorati variabilității atitudinilor și comportamentelor individuale la locul de muncă reprezintă o etapă foarte importantă în procesul de evaluare a expunerii ocupaționale și reducerea riscurilor asociate ei.

Evaluarea expunerii pentru locurile de muncă investigate s-a realizat printr-o abordare complexă cu privire la stabilirea caracteristicilor individuale din perspectiva evaluării expunerii atât prin numeroși indicatori subiectivi – interviuri, anamneze (istoric profesional/sănătate), cât și prin observație (investigarea în timp real a fiecărui loc de muncă cu descrierea specifică a mijloacelor de muncă, sarcinii de muncă și stabilirea punctelor fierbinți în expunerea fiecărui individ).

Indicatorii obiectivi/măsurabili au avut în vedere monitorizarea personală, stabilirea zonelor “externe” sarcinii de muncă (vestiare, oficii), și măsurarea concentrației de plumb de pe mâna muncitorilor.

Analiza complexă a datelor a arătat tendițele în ceea ce privește posibilitatea stabilirii unor “cut out”-uri cu privire la relația doză – răspuns în grupurile populaționale expuse ocupațional funcție de vârstă, vechime și tip de activitate.

Prin teste statistice descriptive și analitice s-au stabilit asociații între expunere (loc de muncă/biomarkeri de expunere) și efecte (biomarkeri de efect). Plumbemia și acidul delta-aminolevulinic prin valorile medii, mediana, dar și prin frecvența valorilor mai mari decât valoarea limită biologică cresc odată cu creșterea vechimii (diferențe semnificative statistic).

Concentrația plumbului în aer peste VLEP a fost asociată la nivel de grup investigat, cu frecvența mai mare a biomarkerului de expunere și de efect peste valoarea limită biologică, și mai puțin la nivel de individ.

S-au identificat asocieri extrem de importante: creșterea expunerii la plumb - diminuarea sintezei hemoglobinei - creșterii numărului de leucocite, alături de alte asocieri caracteristice în expunerea la plumb și care sunt descrise în mod curent în literatura de specialitate.

Prin calcularea indicilor de hazard în funcție de concentrația de plumb din atmosfera locurilor de muncă s-a demonstrat că este improbabil ca muncitorii să dezvolte efecte adverse asupra sănătății datorită expunerii ocupaționale la plumb pe cale inhalatorie, și ca urmare trebuie să existe o altă cale de expunere care să conducă la creșterea plumbemiei.

În studiul nostru, concentrațiile de plumb măsurate pe mâinile muncitorilor și în spațiile externe locurilor de muncă, împreună cu deprinderi igienico-sanitare precare, conduc la constituirea principalei căi de expunere – cea digestivă.

Clasificarea secțiilor ca periclitate este dictată de un cumul de factori: tehnologia veche, numărul mare de muncitori, vârsta muncitorilor și vechimea în fabrică.

Măsurile de control ale expunerii trebuie să fie gândite, structurate și implementate în funcție de specificul fiecărui loc de muncă (tehnologie, ventilația, nivel de expunere măsurat prin concentrația plumbului la locul de muncă și nivelul plumbemiei) dar și de specificul

fiecărui individ (vârstă, gen, nivel de educație, obiceiuri și comportamente la locul de muncă (fumat, respectarea normelor de igienă personală)).

În studiul nostru, găsirea de noi indicatori măsurabili care a permis stabilirea unor asociații între expunere și efecte pe sănătate au constituit argumente noi și solide cu privire la programele de intervenție și îmbunătățirea stării de sănătate a muncitorilor din această industrie.

Rezultatele obținute de noi trebuie să contribuie la îmbunătățirea condițiilor de viață și creșterea progresului, la asigurarea conceptului de securitate și sănătate la locul de muncă pentru toți angajații din industria bateriilor auto.

În același timp, modelul de studiu și în special rezultatele acestui studiu se pot transfera la alte tipuri de activități unde există expunere la plumb și chiar la alte tipuri de metale. Acesta este un alt deziderat major la care această lucrare răspunde, și anume transferul cunoștințelor și informațiilor pentru alte tipuri de activități și alte tipuri de metale, cu grupuri populaționale expuse ocupațional, alături de inițierea utilizării acestor indicatori noi în reglementare și control.

10. Originalitatea și contribuțiile inovative ale tezei

Lucrarea abordează problemele de securitate și sănătate ocupațională, ca și componentă activă a conceptului de dezvoltare durabilă, pe de o parte, și a securității și siguranței cetățeanului, pe de altă parte, printr-o abordare multidisciplinară: chimia de sampling, chimia analitică, igienă industrială, medicina muncii și biotoxicologie, sociologie/psihologie, statistică/biostatistică.

Din punct de vedere științific teza cuprinde două categorii de noutăți la nivel național/internațional:

- Prima categorie, include introducerea unor indicatori noi în evaluarea expunerii angajaților din industria de baterii auto, indicatori reprezentați de: monitorizare personală în sens integrat monitorizării în punctele fixe și asocierii biomarkerilor de expunere, determinări prin metode analitice complexe ale expunerii la locul de muncă din praf (în zona locului de muncă și anexe – vestiare, oficii) și transferul

plumbului în organism prin intermediul mâinilor (determinarea concentrației de plumb pe mâna muncitorilor).

- A doua categorie, include aspectele științifice legate de asocierea, relaționarea dintre expunere, incluzând biomarkeri de expunere, și efecte, sub forma unor biomarkeri de efect, și respectiv biotoxicologici. Din cunoștințele noastre, relația dintre expunere și linia celulară albă (leucocite) este o noutate la nivel național și de altfel una dintre puținele evidențe la nivel internațional.

Ca o altă noutate, teza identifică măsuri care să răspundă cerinței de translaționalitate prin propunerea, științific fundamentată, a introducerii unor indicatori noi în evaluarea și controlul expunerii la locul de muncă, a angajaților din industria de baterii auto.

11. Bibliografie selectivă

- Ahmed K., Ayana G., Engidawork, E., 2008, Lead exposure study among workers in lead acid battery repair units of transport service enterprises, *Addis Ababa, Ethiopia: a cross-sectional study*. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology* 3, 30.
- AIHA (American Industrial Hygiene Association), 1997, *The Occupational Environment – Its Evaluation and Control*, AIHA Press, Fairfax, VA.
- Binks K., Doll R., Gillies M., Holroyd C., Jones S.R., McGeoghegan D., Scott L., Wakeford R., Walker P., 2005, Mortality experience of male workers at a UK tin smelter. *Occupational Medicine* 55(3), 215-226.
- Boffetta P., Fontana L., Stewart P., Zaridze D., Szeszenia-Dabrowska N., Janout V., Bencko V., Foretova L., Jinga V., Matveev V., Kollarova H., Ferro G., Chow W.H., Rothman N., van Bemmelen D., Karami S., Brennan P., Moore L.E., 2011, Occupational exposure to arsenic, cadmium, chromium, lead and nickel, and renal cell carcinoma: a case-control study from Central and Eastern Europe. *Occupational and Environmental Medicine* 68(10), 723-728.
- CDC (Centers for Disease Control), 1994, Determination of Lead in Blood by Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry with Deuterium Background Correction. Centers for Disease Control, Nutritional Biochemistry Branch, <<http://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/7105.pdf>> [accesat 29 ianuarie 2015]
- Chen L., Xu Z., Liu L., Huang Y., Fan R., Su Y., Hu G., Peng X., Peng X., 2012, Lead exposure assessment from study near a lead-acid battery factory in China, *Science of the Total Environment* 429, 191-198.

- Chuang H.Y., Lee M.L., Chao K.Y., Wang J.D., Hu H., 1999, Relationship of blood lead levels to personal hygiene habits in lead battery workers: Taiwan, 1991–1997. *Am J Ind Med* 35(6), 595-603.
- Gottesfeld P., Pokhrel A.K., 2011, Review: Lead exposure in battery manufacturing and recycling in developing countries and among children in nearby communities. *J Occup Environ Hyg.* 8(9): 520-32.
- Gurzău E.S., Pinteă A., Neamțiu I., Gurzău A., Tefas L., Neagu C., Zeic A., Rusu O., Popa O., Pop C., Dumitrașcu I., Lanțoș M., Vultur P., 2011, Impactul nociv al Pb și SO₂ asupra calității aerului la locurile de muncă cu risc și asupra sănătății muncitorilor din industria producătoare de acumulatori auto. Ed. Techno Media, Sibiu.
- Hsu P.C., Chang H.Y., Guo Y.L., Liu Y.C., Shih T.S., 2009, Effect of smoking on blood lead levels in workers and role of reactive oxygen species in lead-induced sperm chromatin DNA damage. *Fertility and Sterility* 91(4), 1096-1103.
- Meyer P.A., Brown M.J., Falk H., 2008, Global approach to reducing lead exposure and poisoning. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research* 659(1-2), 166–175.
- Paoliello M.M.B., De Capitani E.M., 2007, Occupational and environmental human lead exposure in Brazil. *Environmental Research* 103(2), 288–297.
- Poręba R., Gać P., Poręba M., Antonowicz-Juchniewicz J., Andrzejak R., 2011, Relationship between occupational exposure to lead and local arterial stiffness and left ventricular diastolic function in individuals with arterial hypertension. *Toxicology and Applied Pharmacology* 254(3), 342-348.
- Sanders T., Liu Y., Buchner V., Tchounwou P.B., 2009, Neurotoxic Effects and Biomarkers of Lead Exposure: A Review, *Reviews on Environmental Health* 24(1), 15–45.
- Sato M., Yano E., 2006, The association between lead contamination on the hand and blood lead concentration: A workplace application of the sodium sulphide (Na₂S) test. *Science of the Total Environment* 363(1-3), 107–113.
- US EPA, 1994, Guidance manual for the integrated exposure uptake biokinetic model for lead in children. U.S. Environmental Protection Agency. EPA540R93081, PB93963510. <<http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/2000WN4R.PDF?Dockey=2000WN4R.PDF>> [accesat 16 ianuarie 2015]
- US EPA, 2006, Air quality criteria for lead. Vol I-II. EPA/600/R-5/144aF. United States Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC. <http://ofmpub.epa.gov/eims/eimscomm.getfile?p_download_id=459555> [accesat 15 martie 2015]
- US EPA, 2013, Integrated science assessment for lead. United States Environmental Protection Agency. EPA/600/R-10/075F. June 2013, Research Triangle Park, NC. <<http://cfpub.epa.gov/ncea/isa/recordisplay.cfm?deid=255721>> [accesat 14 martie 2015]

Uzu G., Sobanska S., Sarret G., Sauvain J.J., Pradere P., Dumat C., 2011, Characterization of lead-recycling facility emissions at various workplaces: Major insights for sanitary risks assessment. *Journal of Hazardous Materials* 186(2-3), 1018–1027.

WHO (World Health Organization), 2010, Preventing Disease Through Healthy Environments, Exposure to Lead: A Major Public Health Concern, <<http://www.who.int/ipcs/features/lead..pdf>> [accesat 01 martie 2015]