



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
CERCĂȚĂRII
TÎNERETULUI
ȘI SPORTULUI

OIPOSDRU



UNIVERSITATEA TEHNICĂ
"GHEORGHE ASACHI"
DIN IAȘI



UNIVERSITATEA „BABEȘ-BOLYAI” DIN CLUJ-NAPOCA

Facultatea de Știința și Ingineria Mediului



CONTRIBUȚII LA EFICIENTIZAREA SISTEMELOR DE GESTIONARE A DEȘEURILOR MENAJERE (STUDIU DE CAZ: JUDEȚUL CLUJ) - REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT -

Conducător de doctorat:

Prof. univ. dr. Laurențiu Călin BACIU

Doctorand:

Gabriela-Emilia POPIȚA

CLUJ-NAPOCA – 2012



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
CERCETĂRII
ȘI SPORTULUI

OIPOSDRU



UNIVERSITATEA TEHNICĂ
"GHEORGHE ASACHI"
DIN IAȘI

Teza de doctorat a fost realizată cu sprijinul financiar al proiectului „Burse Doctorale pentru Performanța în Cercetare la Nivel European (EURODOC)”.

Proiectul „Burse Doctorale pentru Performanța în Cercetare la Nivel European (EURODOC)”, POSDRU/88/1.5/S/59410, ID 59410, este un proiect strategic care are ca obiectiv general „Dezvoltarea capitalului uman pentru cercetare prin programe doctorale pentru îmbunătățirea participării, creșterii atractivității și motivației pentru cercetare. Dezvoltarea la nivel european a tinerilor cercetători care să adopte o abordare interdisciplinară în domeniul cercetării, dezvoltării și inovării.”

Proiect finanțat în perioada 2009 - 2012

Finanțare proiect: 18.943.804,97 RON

Beneficiar: Universitatea Tehnică “Gheorghe Asachi” din Iași

Partener: Universitatea „Babeș Bolyai” din Cluj-Napoca

Director proiect: Prof. univ. dr. ing. Mihaela-Luminița LUPU

Responsabil proiect partener: Prof. univ. dr. ing. Alexandru OZUNU



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



OIPOSDRU



UNIVERSITATEA TEHNICĂ
"GHEORGHE ASACHI"
DIN IAȘI

Mulțumiri

Pe această cale adresez cele mai alese mulțumiri conducătorului științific domnului Prof. univ. dr. ing. Călin Baci, pentru sprijinul și ajutorul acordat pe toată durata cercetărilor și fără de care nu ar fi fost posibilă realizarea acestei teze de doctorat.

De asemenea le adresez alese mulțumiri membrilor Comisiei de Evaluare a tezei de doctorat și anume domnilor: Prof. univ. dr. Rédey Ákos, Prof. univ. dr. Matei Macoveanu, Conf. univ. dr. Liviu Muntean și nu în ultimul rând Președintelui Comisiei Prof. univ. dr. ing. Alexandru Ozunu, decanul Facultății de Știința și Ingineria Mediului.

Mulțumesc în mod deosebit și Comisiei de Îndrumare din cadrul Facultății de Știința și Ingineria Mediului, pentru sfaturile acordate în timpul elaborării tezei de doctorat și anume: domnilor Conf. univ. dr. Liviu Muntean, Lector univ. dr. Radu Mihăiescu și Lector univ. dr. Nicolae Baci.

Stagiul extern a fost efectuat pe o durată de 6 luni în cadrul Institutului de Ingineria Mediului, Universitatea Pannonia, Veszprem, Ungaria, sub îndrumarea domnului Prof. univ. dr. Ákos Redey, directorul acestui institut, căruia îi adresez alese mulțumiri.

Rezultatele experimentale care au stat la baza realizării acestei teze de doctorat au fost obținute în următoarele laboratoare, cărora le mulțumesc: Laboratorului integrat de analiză apă și sedimente din cadrul Facultății pentru Știința și Ingineria Mediului Cluj-Napoca (Lector univ. dr. Radu Mihăiescu și Asist. cercetare dr. Varga Ildiko; Laboratoarelor Institutului de Ingineria Mediului, Universitatea Pannonia, Veszprem, Ungaria (Prof. univ. dr. Redey Ákos și drd. Fazekas Bence și Laboratorului Centrului de Mediu și Sănătate Cluj (Prof. univ. dr. Eugen Gurzău și d-nei Prof. Asociat dr. Anca Elena Gurzău.

Adresez mulțumiri și următoarelor instituții pentru sprijinul acordat în timpul cercetărilor și în elaborarea tezei: Agenției Regionale pentru Protecția Mediului Cluj-Napoca (drd. Raluca Hațegan și drd. Antoanela Popovici), Societății Salprest Rampă, operatorul depozitului Pata Rât (directorului executiv Eugen Vereș și responsabilului de mediu Adriana Vădean), Companiei PE International, Germania, pentru licența programului GaBi4.

Mulțumesc echipei manageriale care a realizat Proiectul EURODOC „Burse doctorale pentru performanță de cercetare la nivel european”, ID 59410, proiect finanțat de Fondul Social European al cărui beneficiar am fost în perioada elaborării prezentei teze de doctorat.

Nu în ultimul rând le sunt recunoscătoare tuturor colegilor ce m-au susținut pe toată durata studiilor de doctorat.

Mamei și fiicei mele le adresez cele mai profunde mulțumiri pentru răbdarea și suportul moral pe care mi l-au acordat în tot acest timp.

Cluj-Napoca
Octombrie, 2012

CUPRINS

I. INTRODUCERE	11
1.1 Cadrul cercetării	12
1.2 Justificarea și obiectivul temei	13
II. ELEMENTE PRIVIND PERCEPȚIA POPULAȚIEI ASUPRA SISTEMELOR DE GESTIONARE A DEȘEURILOR MENAJERE	17
2.1. Sondaj de opinie privind percepția populației în mediul urban	17
2.2. Sondaj de opinie privind percepția populației în mediul rural	19
2.3. Colectarea selectivă a deșeurilor menajere în diferite țări ale Uniunii Europene	22
III. OBIECTUL STUDIULUI	27
3.1 Aria geografică de studiu	27
3.1.1 Județul Cluj – contextul teritorial	27
3.1.2 Spații rurale de depozitare a deșeurilor menajere	30
3.1.3 Depozite municipale - Depozitul municipal de deșeuri “Pata Rât”	32
3.2 Situația actuală a gestionării deșeurilor	33
3.2.1. Generarea deșeurilor solide municipale	36
3.2.2. Compoziția deșeurilor menajere	37
3.2.3. Colectarea și transportul deșeurilor menajere	39
3.2.4. Tratarea și valorificarea deșeurilor	40
3.2.5. Depozitare – situația depozitelor	41
3.3 Modelul de sistem integrat de gestionare a deșeurilor propus pentru județul Cluj	42
IV. PROBLEMATICA DEȘEURILOR	45
4.1. Deșeurile	45
4.2. Deșeurile menajere	47
4.3. Cadrul legislativ pentru deșeurile menajere, principii	48
4.4. Gestionarea deșeurilor menajere	51
4.4.1. Generarea deșeurilor menajere	51
4.4.2. Colectarea deșeurilor menajere	53
4.4.3. Descrierea succintă a recipientelor pentru colectarea și transportul deșeurilor	54

menajere	
4.4.4. Stații de transfer	58
4.4.5. Tratarea deșeurilor menajere	60
4.4.5.1. Tratarea mecanică	60
4.4.5.1.1. Mărunțirea deșeurilor	60
4.4.5.1.2. Sortarea deșeurilor menajere	60
4.4.5.1.3. Tehnici de curățare a deșeurilor	62
4.4.5.1.4. Tehnici de balotare și compactare a deșeurilor	62
4.4.5.2. Tratarea biologică	63
4.4.5.2.1. Compostarea	63
4.4.5.2.2. Tratarea biologică în instalații de biogaz	64
4.4.5.3. Tratarea mecano-biologică	64
4.4.5.4. Tratarea fizico-chimică	66
4.4.5.5. Tratarea termică	66
4.4.5.5.1. Incinerarea	66
4.4.5.5.2. Coincinerarea	68
4.4.5.5.3. Piroliza	68
4.4.6. Reciclarea deșeurilor menajere	69
4.4.7. Depozitarea deșeurilor menajere – depozite ecologice	70
V. POLUAREA SOLULUI, APEI ȘI AERULUI	73
5.1. Poluarea solului	73
5.2 Poluarea apei de suprafață	76
4.3 Poluarea aerului	78
VI. PARTEA EXPERIMENTALĂ ȘI METODOLOGIA DE STUDIU	81
6.1. Metoda integrată cantitativă de evaluare a impactului și riscului de mediu (MICEIRM)	81
6.1.1. Descrierea metodei MICEIRM	81
6.1.2. Estimarea impactului și riscului de mediu în cazul depozitelor rurale	85
6.1.2.1. Introducere	85
6.1.2.2. Material și metodă	86
6.1.2.2.1. Recoltarea probelor de sol	87
6.1.2.2.2. Aparatura folosită și analiza probelor de sol	87
6.1.2.2.3. Recoltarea probelor de apă de suprafață	90

6.1.2.2.4. Aparatura folosită și analiza probelor de apă de suprafață	91
6.1.2.3. Rezultate și discuții	91
6.1.2.4. Interpretarea rezultatelor	96
6.1.2.5. Concluzii	100
6.1.3. Estimarea impactului și riscului de mediu în cazul depozitului municipal “Pata Rat”	103
6.1.2.1. Introducere	103
6.1.3.2. Material și metodă	103
6.1.3.2.1. Recoltarea probelor de sol	103
6.1.3.2.2. Aparatura folosită și analiza probelor de sol	105
6.1.3.2.3. Recoltarea probelor de apă de suprafață	105
6.1.3.2.4. Aparatura folosită și analiza probelor de apă de suprafață	107
6.1.3.2.5. Prelevarea probelor de aer	108
6.1.3.2.6. Aparatura folosită și analiza probelor de aer	109
6.1.3.2.7. Recoltarea probelor de levigat	109
6.1.3.2.8. Aparatura folosită și analiza levigatului colectat de la depozitul „Pata Rât”	109
6.1.3.3. Rezultate și discuții	110
6.1.3.4. Interpretarea rezultatelor	116
6.1.3.5. Concluzii	126
6.1.4. Evaluarea impactului depozitului de deșuri Pata Rât asupra sănătății umane	127
6.2. Estimarea emisiilor de gaze cu efect de seră (metan și dioxid de carbon) de pe depozitul de deșuri municipale “Pata Rât”	129
6.2.1. Metodologie	130
6.2.1.1. Metoda Camerei Inchise MCI	131
6.2.1.2. Metoda IPCC 2006 – Default Method DM	134
6.2.2. Rezultate și discuții	135
6.2.2.1 Rezultate obținute prin metoda MCI	135
6.2.2.2. Rezultate obținute prin metoda IPCC 2006 DM	139
6.2.3. Concluzii	140
6.3. Metoda evaluării ciclului de viață (ECV)	143
6.3.1. Introducere	143
6.3.2. Metodologie	144
6.3.2.1. Generalități despre Evaluarea Ciclului de Viață (ECV)	144
6.3.2.2. Evaluarea Ciclului de Viață (ECV) aplicată studiului de caz	150

6.3.3. Rezultate și discuții	155
6.3.4. Concluzii	159
VII. PROPUNERI DE EFICIENTIZARE A ACTUALULUI SISTEM DE GESTIONARE A DEȘEURILOR MENAJERE	161
VIII. CONCLUZII	169
BIBLIOGRAFIE	179
Anexa 1. Chestionar pentru zona urbană	193
Anexa 2. Chestionar pentru zona rurală	198
Anexa 3. Localizarea punctelor de colectare a probelor de sol și apă din ariile rurale 1 și 2	201

În rezumatul tezei de doctorat se prezintă o parte din rezultatele cercetărilor experimentale proprii, concluziile generale și o bibliografie selectivă. La redactarea rezumatului s-au păstrat aceleași notații pentru capitole, paragrafe, figuri, tabele și ecuații utilizate în textul tezei de doctorat.

Sinteză

Prezenta temă a tezei de doctorat a fost definită în urma analizei situației actuale a sistemului de gestionare a deșeurilor în județul Cluj, corelată cu analiza obiectivelor prevăzute în legislație (obiective cu termene exacte de îndeplinire), în urma cărora s-a constatat că există numeroase aspecte ce pot fi îmbunătățite în acest domeniu. Ulterior alegerii temei s-a decis că pentru înlocuirea sau îmbunătățirea unor etape din cadrul sistemului de gestionare a deșeurilor este necesară efectuarea unei analize a principalelor surse de poluare existente în cadrul acestui sistem. Astfel, s-au ales ca obiective de studiu depozitul municipal Pata Rât și spațiile de depozitare rurală din două arii ale județului Cluj. În cazul spațiilor de depozitare rurală s-a constatat că deși acestea au fost declarate închise, ele nu sunt monitorizate și încă nu sunt ecologizate, continuând să polueze mediul.

Pentru cunoașterea percepției populației asupra problematicii deșeurilor s-au efectuat două sondaje de opinie în zonele urbană și rurală ale județului Cluj. Din analiza sondajelor s-a observat pe o parte că populația consideră că există probleme reale în gestionarea actuală a deșeurilor menajere, iar pe de altă parte, lipsește o bună informare a populației în legătură cu aceste probleme.

S-au studiat, de asemenea, mai multe modalități de colectare selectivă a deșeurilor la sursă, în țări dezvoltate ale Uniunii Europene, iar prin comparație s-a constatat că în județul Cluj această colectare este aproape absentă sau există într-o măsură extrem de redusă.

Adițional s-a estimat cantitatea de metan și dioxid de carbon emisă de depozitul municipal Pata Rât, având în vedere contribuția acestor gaze la bugetul global de gaze cu efect de seră. De asemenea, s-au modelat patru scenarii de sisteme de gestionare a deșeurilor prin metodologia ECV (Evaluarea Ciclului de Viață) în vederea obținerii scenariului cel mai favorabil în raport cu mediul.

În urma corelării rezultatelor obținute s-a propus un sistem de gestionare integrată a deșeurilor menajere în județul Cluj, eficient din punct de vedere al impactului său asupra mediului. Acestui sistem i s-a aplicat o analiză SWOT, în vederea identificării punctelor tari, slabe, oportunităților și amenințărilor.

Cuvinte cheie:

Sistem de gestionare integrată a deșeurilor

Evaluarea ciclului de viață

Metoda Camerei Închise

Metoda IPCC 2006

Spectrometrie de absorbție atomică

Depozitarea deșeurilor

Colectarea selectivă a deșeurilor

CAPITOLUL I

INTRODUCERE

Este bine cunoscut faptul că societatea în care trăim este o societate a creșterii economice și a dezvoltării. Fără îndoială obiectivul primordial al oricărei țări este creșterea economică continuă. Însă aceasta presupune și o protecție adecvată a mediului, în scopul asigurării unei dezvoltări durabile a societății. Dintre numeroasele probleme de mediu care există, fără îndoială că deșeurile reprezintă o problemă majoră. Cantitățile de deșuri generate cresc într-un mod alert de la an la an, iar impactul pe care îl au asupra mediului și implicit asupra comunității este din ce în ce mai mare.

Gestionarea deșeurilor municipale reprezintă o mare responsabilitate în primul rând pentru autoritățile administrațiilor publice, dar și pentru populație. În județul Cluj gestionarea deșeurilor municipale se realizează prin trei etape principale: colectarea amestecată a deșeurilor, transportul acestora la depozitul de deșuri și depozitarea deșeurilor.

Obiectivul general al tezei este analiza sistemului existent de gestionare a deșeurilor și elaborarea unor propuneri de îmbunătățiri, în vederea obținerii unui sistem de gestionare integrată a deșeurilor menajere, favorabil din punct de vedere al impactului asupra mediului.

Obiectivele specifice ale tezei

Pentru a obține o imagine asupra poluării mediului de către depozitele neconforme de deșuri din județul Cluj, s-au efectuat analize ale probelor de apă de suprafață, sol și aer prelevate din spațiile de depozitare din ariile rurale și de la depozitul municipal de deșuri „Pata Rât”. Măsurarea concentrațiilor de poluanți în componentele de mediu din ariile depozitelor de deșuri este importantă datorită efectelor negative pe care aceștia le au asupra mediului și sănătății umane.

De asemenea, poluanții atmosferici emiși de depozitele de deșuri (dioxid de carbon metan, protoxid de azot, COV etc) iau parte la distrugerea ozonului stratosferic, contribuie la apariția smogului fotochimic, a schimărilor climatice. Este importantă estimarea emisiilor celor mai reprezentativi dintre aceștia, metanul și dioxidul de carbon, pe suprafața depozitelor de deșuri, deoarece 3% din gazele cu efect de seră din Uniunea Europeană sunt generate de depozitele de deșuri menajere (EEA Report, 2011). În scopul estimării cantității de metan și dioxid de carbon emise pe suprafața depozitului de deșuri Pata Rât, s-au efectuat măsurători *in situ* prin *metoda camerei închise*, cu ajutorul unui detector portabil de metan și dioxid de carbon (West Systems, SRL, Italia). Acestea au fost comparate cu rezultatele obținute prin metoda IPCC 2006 DM.

În ce privește incinerarea deșeurilor, în municipiul Cluj-Napoca funcționează un incinerator modern, unde se incinerează deșeurile medicale și alte deșuri periculoase. Acest incinerator, cu capacitate de incinerare de 550 kg/oră, ar putea fi introdus în circuitul sistemului de gestionare integrată a deșeurilor menajere, pentru incinerarea fracțiilor de deșuri periculoase menajere, deșuri textile, resturi de plastic etc. Evaluarea impactului incineratorului asupra

mediului s-a realizat în cadrul studiului *Monitorizarea distribuției metalelor grele provenite din cenușa de incinerare – studiu de caz* la care am colaborat. Acest studiu a fost realizat de către Hategan et al., 2011. Din rezultatele acestui studiu reies următoarele:

- analizele demonstrează caracterul nepericulos al cenușii de bază, ceea ce permite depozitarea acesteia în depozitul de deșeuri municipale;
- concentrațiile metalelor grele din gazele de ardere evacuate în atmosferă nu depășesc limitele maxim admise prevăzute în Hotărârea nr. 128/2002 privind incinerarea deșeurilor;
- metodele moderne de tratament și gestionare a deșeurilor/emisiilor dezvoltate în instalație asigură că eliberarea imediată de metale grele în mediu este redusă;
- datorită standardelor înalte de protecție a mediului pe care trebuie să le îndeplinească, incineratoarele au devenit o soluție „ecologică” pentru tratarea deșeurilor, în mod deosebit a celor periculoase.

Aceiași autori constată că atât la nivelul municipiului Cluj Napoca, cât și al României, deșeurile municipale nu sunt incinerate, deși ar fi o alternativă viabilă în cazul aplicării corecte a unui sistem integrat de management al deșeurilor (Hategan et al., 2011).

Pentru a putea alege sistemul cel mai eficient de gestionare integrată a deșeurilor menajere s-a utilizat programul GaBi4, varianta pentru universități, a companiei PE International, Germania. Cu ajutorul acestui software au fost analizate patru scenarii de sistem de gestionare a deșeurilor menajere și s-au calculat cele mai importante impacturi potențiale asupra mediului. În urma comparării rezultatelor obținute, s-a ales scenariul de sistem de gestionare integrată a deșeurilor menajere, cel mai eficient din punct de vedere al protecției mediului.

Structura lucrării

Teza este organizată pe opt capitole ce însumează 201 de pagini, 66 de tabele, 74 de figuri, 3 anexe și 150 de referințe bibliografice.

Lucrarea de față este structurată pe **șapte capitole**, dintre care primele cinci au un conținut predominant teoretic. În **primul capitol** sunt prezentate cadrul cercetării, precum și motivația și obiectivul tezei.

Capitolul 2 prezintă rezultatele a două sondaje de opinie efectuate pentru ariile urbană și rurală, în vederea cunoașterii modului de percepție a populației asupra sistemelor de gestionare a deșeurilor menajere. De asemenea, s-au analizat și prezentat câteva sisteme de colectare selectivă a deșeurilor menajere din diferite țări din Europa, în vederea comparării cu situația din România și a identificării unor căi de creștere a performanței sistemelor de management a deșeurilor în țară.

Capitolul 3 descrie zona de studiu (județul Cluj, două arii rurale din județul Cluj și depozitul municipal Pata Rât), situația actuală a gestionării deșeurilor în județul Cluj precum și noul sistem de gestionare a deșeurilor propus pentru județul Cluj și aflat actualmente în stadiul de proiect. De asemenea, mai sunt prezentate problemele identificate în actualul sistem de gestionare a deșeurilor municipale solide în județul Cluj și țintele și obiectivele la nivel județean, referitoare la gestionarea deșeurilor municipale.

Capitolul 4 se referă la problematica deșeurilor, prezentând aspecte generale despre deșeuri și incluzând etapele prin care trec deșeurile în cadrul unui sistem de gestionare integrat. De asemenea, este prezentat sintetic cadrul legislativ actual aflat în relație cu gestiunea deșeurilor.

Capitolul 5 cuprinde informații despre poluarea factorilor de mediu analizați în prima parte a capitolului experimental și anume: apa de suprafață, solul și aerul.

Partea experimentală este descrisă în **Capitolul 6**, cel mai extins, ce conține trei părți: *prima parte* se referă la estimarea impactului și riscului de mediu în cazul câtorva depozite rurale și a depozitului municipal Pata Rât, *a doua parte* la estimarea cantității de metan și dioxid de carbon de pe suprafața depozitului municipal Pata Rât, iar în *a treia parte* sunt comparate patru scenarii de sisteme integrate de gestionare a deșeurilor, în vederea găsirii scenariului cu cele mai bune performanțe de mediu. Toate cele trei părți prezintă în final o serie de concluzii preliminare.

Capitolul 7 se referă la propunerile de eficientizare a sistemului actual de gestionare a deșeurilor menajere în județul Cluj, bazate pe analiza comparativă.

În finalul tezei sunt prezentate concluziile care se desprind din rezultatele obținute, urmate de referințele bibliografice ce se referă într-un mod foarte precis la tema aleasă.

Rezultatele originale ale tezei de doctorat au fost diseminate astfel: 3 articole publicate în jurnale ISI, 3 articole în curs de evaluare pentru publicare în reviste cotate ISI, 4 articole publicate în reviste BDI, 1 articol publicat într-un volum al manifestărilor științifice, 3 lucrări prezentate sub formă de comunicări orale și 3 lucrări prezentate sub formă de postere la conferințe naționale și internaționale

CAPITOLUL VI

PARTEA EXPERIMENTALĂ ȘI METODOLOGIA DE STUDIU

6.1. METODA INTEGRATĂ CANTITATIVĂ DE EVALUARE A IMPACTULUI ȘI RISCULUI DE MEDIU (MICEIRM)

Pentru a evalua calitatea mediului în ansamblu într-un anumit areal, ca și a componentelor individuale (apă, aer, sol), managementul de mediu folosește diferite metode, între care: bilanțul de mediu, evaluarea impactului de mediu, a riscului de mediu, evaluarea ciclului de viață.

Pentru evaluarea impactului de mediu se folosesc tehnici diverse, cum ar fi: listele de verificare (checklists), matricile, modelele calitative și cantitative, sistemele suport de decizie, revizuirea literaturii de specialitate (Cârlig et al, 2008), dar este necesar ca metodele de evaluare să urmeze proceduri simple (Kuitunen et al., 2007).

Metoda integrată cantitativă de evaluare a impactului și riscului de mediu MICEIRM este o combinație de două metode: metoda indicelui de poluare globală și metoda matricei cu scară de importanță (Gavrilesco, 2003; Macoveanu, 2005; Robu, 2005; Robu și Macoveanu, 2005). În

procesul de evaluare a impactului asupra mediului, cunoștințele și experiența evaluatorilor de mediu reprezintă un factor important în minimizarea gradului de subiectivitate al metodei. Metoda MICEIRM este o metodă cantitativă de tip statistic cu grad de subiectivitate scăzut, iar avantajele pe care le prezintă constau în faptul că folosește “modele” matematice ce urmează o procedură simplă și bine definită. Robu (2005) a aplicat cu rezultate foarte bune această metodă, pentru evaluarea impactului și a riscului de mediu pentru cazul unui depozit de deșuri din România.

6.1.2. Estimarea impactului și riscului de mediu în cazul depozitelor rurale

6.1.2.1. Introducere

Cele două arii din județul Cluj care includ spații rurale de depozitare a deșeurilor menajere, de unde au fost prelevate probe de apă de suprafață și sol, sunt următoarele:

➤ **Aria 1** formată din: *Comuna Gârbău* cu 2 foste spații de depozitare rurală: locul *Tog* din localitatea Turea și locul *Cariera* din localitatea Cornești, respectiv *Comuna Aghireșu* cu 4 foste spații de depozitare rurală situate în localitățile: Ticu sat, Ticu Colonie, Arghișu și Dâncu.

➤ **Aria 2** formată din *Comuna Mociu* cu 2 foste spații de depozitare rurală: locul *Sojba* din localitatea Mociu și locul *Sub Deal* din localitatea Chesău, respectiv *Comuna Suatu* cu 2 foste spații de depozitare rurală: locul *Ciscut* din localitatea Aruncuta și locul *Dâmburile* din localitatea Dâmburile.

În **figura 3.2** este prezentată localizarea ariilor 1 și 2 din județul Cluj.

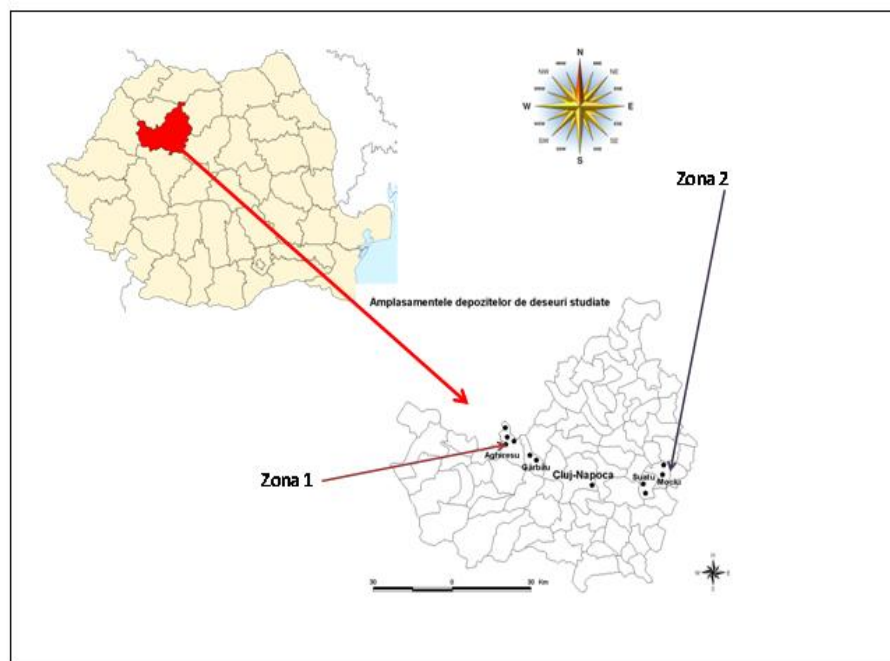


Figura 3.2. Localizarea ariilor rurale 1 și 2 din județul Cluj.

(Sursa: *Atlasul Geografic, Județele României, Hărțile fizice, economice și turistice*)

Pentru a evalua poluarea componentelor de mediu (apă de suprafață și sol) în cele două arii rurale luate în studiu, s-au prelevat probe de apă de suprafață din apele ce curg în apropierea

fostelor spații rurale de depozitare a deșeurilor și probe de sol din imediata apropiere a acestora. Apoi s-au analizat parametrii specifici pentru fiecare componentă de mediu (apă și sol) și s-au interpretat rezultatele cu ajutorul metodei integrate de evaluare a impactului și riscului de mediu MICEIRM.

Pentru probele de sol (extract apos) s-au determinat *indicatori fizico-chimici* (pH-ul, potențialul de oxido-reducere, conductivitatea electrică, solidele dizolvate în extractul apos, salinitatea) cu ajutorul multiparametrului WTW 720 SERIES INOLAB, *umiditatea, humusul și carbonații* prin metode estimative și *metale grele* prin metoda de spectrometrie de absorbție atomică SAA.

Pentru probele de apă s-au analizat *indicatori fizico-chimici* (pH-ul, potențialul de oxido-reducere, conductivitatea electrică, solidele dizolvate în extractul apos, salinitatea) cu ajutorul multiparametrului WTW 720 SERIES INOLAB. De asemenea s-au mai determinat *metalele grele* prin metoda de spectrometrie de absorbție atomică SAA (Popita et al, 2011a). Spectrometrul de absorbție atomică ZeEnit 700 se folosește pentru determinări de microelemente din soluție (cu flacără pentru determinări de ordinul mg/l și cu cuptor de grafit pentru determinări de ordinul μg/l). (Parametrii de mai sus, atât pentru sol cât și pentru apă, au fost analizați în Laboratorul integrat de analiză apă și sedimente al Facultății de Știința și Ingineria Mediului Cluj-Napoca.

Pentru interpretarea rezultatelor s-a aplicat metoda integrată cantitativă de evaluare a impactului și riscului de mediu.

6.1.2.3. Rezultate și discuții

Cuantificarea impactului și riscului de mediu pentru fiecare componentă de mediu, precum și unitățile de importanță sunt prezentate în **tabelul 6.1.27**.

Tabel 6.1.27. Impactul și riscul de mediu cuantificat pentru fiecare componentă de mediu

Componenta de mediu	Unitățile de importanță UI	Impactul de mediu IM	Riscul de mediu RM
Apa de suprafață aria 1	689,66	3.290	2.437
Apa de suprafață aria 2	689,66	2.895	2.145
Sol aria 1	413,79	267	129
Sol aria 2	413,79	716	345

În cazul componentei de mediu sol, valorile pentru impactul de mediu și riscul de mediu sunt relativ mici, impactul mediu depinzând direct de concentrația măsurată a poluanților analizați. Acest lucru indică faptul că poluarea acestor factori de mediu este minoră. Pentru componenta de mediu apă de suprafață, valorile mari ale impactului și riscului de mediu indică prezența unor concentrații mari de poluanți în apă.

Figura **6.1.7** prezintă o comparație între impacturile (IM) și riscurile de mediu (RM) în cele două arii luate în studiu.

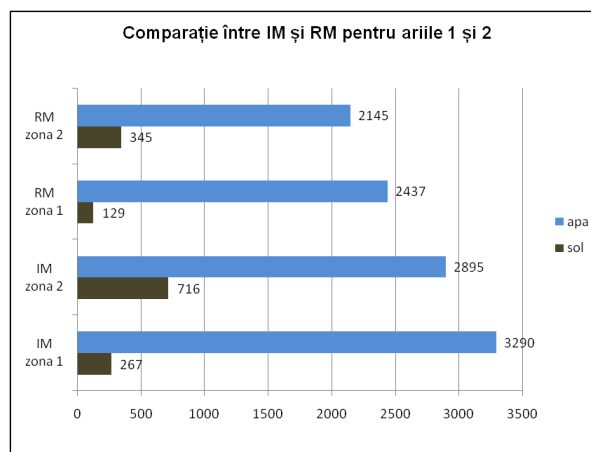


Figura 6.1.7. Comparație între impacturile și riscurile de mediu calculate pentru ariile 1 și 2

Din analiza graficului **6.1.7** reiese că IM și RM pentru apă sunt mai mari în aria 1 decât în aria 2, însă pentru sol IM și RM sunt mai mari în aria 2 decât în aria 1. Din acest rezultate se poate concluziona că apa de suprafață este mai poluată în aria 1, iar solul este mai poluat în aria 2.

6.1.2.5. Concluzii

În urma analizei rezultatelor obținute pentru cele două componente de mediu (apă și sol) din ariile rurale 1 și 2 și luând în considerare clasificarea impactului și riscului din metoda indicelui de poluare globală Rojanschi, se poate observa că impactul de mediu *asupra solului* în *aria 1* are valori cuprinse între 100-350. Aceasta înseamnă “mediu supus efectelor activităților umane în limite admisibile” iar riscul de mediu este minor (din perspectiva parametrilor analizați), însă cu toate acestea este necesară efectuarea de monitorizări.

Pentru *aria 2*, deși impactul de mediu are valori cuprinse între 500-700, ceea ce înseamnă “*mediu supus efectelor activităților umane provocând tulburări formelor de viață*”, riscul de mediu se găsește la un nivel acceptabil, însă și în acest caz este necesară monitorizarea componentelor de mediu studiate.

În schimb *pentru apa de suprafață*, atât impactul de mediu cât și riscul de mediu au valori ce depășesc valoarea de 1000, ceea ce înseamnă “*mediu degradat, impropriu formelor de viață*” și un risc foarte mare de mediu. Din aceste rezultate putem concluziona că în apa de suprafață există cantități mari de poluanți și este necesară luarea de măsuri de control și prevenire a poluării cu metale a apei de suprafață.

6.1.3. Estimarea impactului și riscului de mediu în cazul depozitului municipal “Pata Rât”

“Pata Rât” este cel mai mare depozit municipal din județul Cluj și este localizat pe drumul de legătură dintre satul Pata și municipiul Cluj-Napoca (**Figura 3.5.**) A început să funcționeze în anul 1973 și a fost proiectat să primească o capacitate de 3,5 milioane tone pe o suprafață de aproximativ 9 hectare, în timp de 30 ani. (Proorocu, 2005)

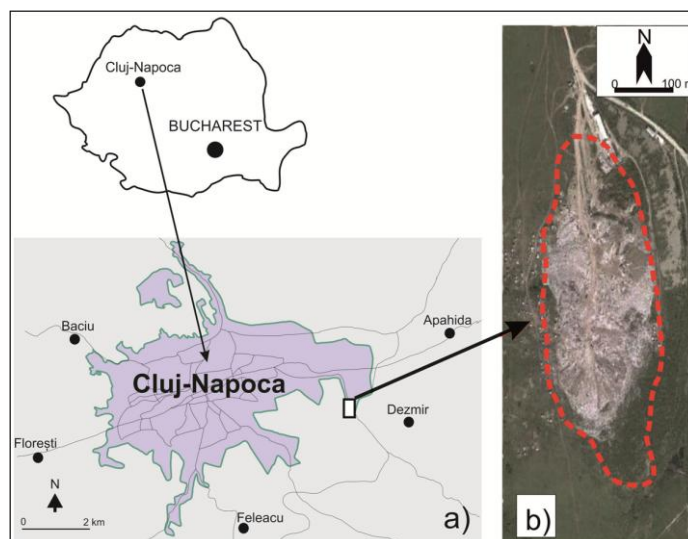


Figura 3.5. Depozitul de deșeuri Pata Rât situat lângă municipiul Cluj-Napoca, Conturul roșu reprezintă zona în care au fost depozitate deșeuri. *Imagine: Google Earth*

Potrivit datelor de monitorizare, după 38 de ani de operare, depozitul a ajuns să aibă o suprafață de 18 ha și pe el au fost depozitate între 8 și 10 milioane de tone de deșeuri municipale și industriale, fără o separare sau tratament prealabil. Depozitul nefiind construit în conformitate cu noua legislație de mediu europeană, deșeurile depozitate în aceste condiții au afectat componentele de mediu: apă, aer, sol iar capacitatea depozitului a fost depășită încă din anul 2005 (Medana, 2010).

Estimarea impactului și riscului de mediu în cazul depozitului municipal “Pata Rât” s-a efectuat prin:

- prelevarea de probe de apă de suprafață (din pârâul Zăpodie ce curge la baza depozitului), de sol (de pe suprafața depozitului și din împrejurimi) și de aer (din împrejurimile depozitului)
- analiza unor parametri specifici pentru fiecare componentă de mediu (apă, aer, sol)
- interpretarea rezultatelor cu ajutorul metodei integrate de evaluare a impactului și riscului de mediu.

Adițional s-au prelevat probe de levigat și s-au analizat în laboratoarele Centrului de Mediu și Sănătate din Cluj-Napoca, pentru a putea observa efectele poluării datorate scurgerii acestuia în apa pârâului Zăpodie.

Pentru probele de sol s-au determinat: *indicatorii fizico-chimici (pH-ul, potențialul de oxido-reducere, conductivitatea electrică, solidele dizolvate, salinitatea)* cu ajutorul multiparametrului WTW 720 SERIES INOLAB, *umiditatea* prin metoda uscării în etuvă, *humusul* printr-o metodă estimativă cu NaOH solid, *carbonații* printr-o metodă estimativă cu HCl, citindu-se intensitatea efervescenței și *metalele grele* prin metoda de spectrometrie de absorbție atomică SAA.

Pentru probele de apă s-au analizat următorii *indicatori fizico-chimici: pH-ul, potențialul de oxido-reducere, conductivitatea electrică, solidele dizolvate, salinitatea* cu ajutorul multiparametrului WTW 720 SERIES INOLAB. *Metalele grele* s-au analizat prin metoda de

spectrometrie de absorbție atomică SAA. Parametrii au fost analizați în *Laboratorul integrat de analiză apă și sedimente al Facultății de Știința și Ingineria Mediului Cluj-Napoca*.

De asemenea, s-au analizat și următorii parametri: *CCOCr* (consumul chimic de oxigen) *CBO₅* (consumul biochimic de oxigen) cu ajutorul fotometrului portabil cu pastilă Lovibond, *azotatul de amoniu* (NH₄-N), *azotul nitrit* (NO₂- N), *azotul nitrat* (NO₃-N), *fosforul total* (P total) și *reziduul fix* cu ajutorul și fotometrului digital Nanocolor Linus MN.

Acești parametri au fost analizați în *laboratoarele Institutului de Ingineria Mediului din Veszprem, Ungaria*.

Pentru interpretarea rezultatelor s-a aplicat metoda integrată cantitativă de evaluare a impactului și riscului de mediu.

Probele de sol au fost recoltate de pe perimetrul depozitului Pata Rât (P₁₋₃) și din localitățile din jurul depozitului. Distanțele dintre depozit și localități sunt: la Nord Pata Rât (aprox. 1,2 km), la Est Dezmir (aprox. 1,3 km), la Sud – Feleacu (aprox. 1,8 km) și la Vest – Colonia Budunuș (aprox. 0,4 km).

Probele de apă de suprafață au fost prelevate din pârâul Zăpodie, ce curge la baza depozitului. Pârâul Zăpodie, ce izvorăște în apropierea depozitului de deșuri menajere “Pata Rât”, se încadrează în clasa a IV-a de calitate, datorită depășirii indicatorilor din grupa nutrienți (azotiți și amoniu), ca urmare a scurgerilor de levigat provenite de la depozitul de deșuri (APM Cluj, 2008, 2009, 2010; APM Cluj, 2011).

Probele de apă au fost prelevate în două perioade diferite din punctul de vedere al precipitațiilor atmosferice. Prima perioadă a fost toamna anului 2011, când s-au înregistrat condiții de secetă, precipitațiile fiind foarte scăzute, iar apa existentă în pârâu fiind foarte poluată de către scurgerile de levigat de la depozitul de deșuri. A doua perioadă de prelevare a probelor de apă a fost primăvara anului 2012, când precipitațiile atmosferice au fost mai abundente.

Probele de aer au fost prelevate în 6 localități din împrejurimile depozitului de deșuri menajere “Pata Rât”: Colonia Budunuș, Dezmir, Apahida, Sânnicoara, Someșeni și Pata.

Metodologia de lucru a inclus mai multe determinări, efectuate în cadrul laboratoarelor Centrului de Mediu și Sănătate Cluj, prin următoarele metode:

- Determinarea conținutului de dioxid de sulf și dioxidului de azot prin spectrofotometrie utilizându-se un Spectrofotometru cu cuve cu drumul optic de 1 cm, Analytic Jena Specord 30

- Determinarea pulberilor respirabile PM₁₀ s-a realizat cu ajutorul unui aparat care citește și afișează concentrația momentană și media pulberilor pe intervalul de măsurare, conectat cu un dispozitiv care permite segregarea mărimii particulelor prin variația fluxului de colectare și pompă atașabilă, care asigură un debit minim de 1 l/minut și un debit maxim de 5 litri/minut (MIE Personal Data RAM pDR-1200).

- Determinarea concentrației de formaldehidă s-a realizat cu ajutorul unui aparat portabil pentru măsurarea gazelor prin spectroscopie fotoacustică în IR: Aparatul Multi-gas Monitor tip 1302 Bruel&Kjaer seria 1568766.

- Determinarea concentrației de compuși organici volatili COV s-a realizat cu ajutorul gaz cromatografului Shimadzu GC2010GP (CJ Cluj și CMS SEI, 2009).

Levigatul este un deșeu lichid generat în timpul activităților de depozitare a deșeurilor solide prin: pătrunderea apelor meteorice în corpul depozitului, separarea apei conținute în deșeurile depozitate și descompunerea deșeurilor biodegradabile depozitate (MMGA MO 86bis, 2004).

Levigatul poate fi încărcat cu compuși organici, anorganici, metale etc, fiind necesară o colectare și o tratare a acestuia. Compoziția chimică a levigatului poate fi influențată de natura deșeurilor existente în depozitul de deșuri. În cazul depozitului de la Pata Rât, levigatul este doar parțial colectat într-un bazin aflat la baza depozitului iar partea necolectată se scurge în pârâul Zăpodie.

Analizele au fost efectuate în laboratoarele Centrului de Mediu și Sănătate Cluj, pentru următorii indicatori de calitate: arsen, crom total, seleniu, plumb, crom hexavalent, cloruri, CCO-Mn (consum chimic de oxigen), CCO-Cr (consum chimic de oxigen), MTS (materii totale în suspensie), substanțe extractibile în eter de petrol, amoniac, azotiți, azotați, fosfați, fosfor total, sulfati, reziduu filtrabil uscat la 105°C (fix), cianuri totale, pH, Cd, Co, Cu, Hg, Ni.

6.1.3.3. Rezultate și discuții

Pentru a evalua impactul și riscul de mediu cu ajutorul metodei integrate, s-au calculat unitățile de importanță pentru componentele de mediu considerate în evaluarea impactului: sol, aer și apă de suprafață. Există două seturi de rezultate: primul set pentru care s-au folosit rezultatele analizelor obținute pentru probele de apă recoltate în sezonul secetos, împreună cu rezultatele analizelor obținute pentru aer și sol și cel de-al doilea set pentru care s-au folosit rezultatele analizelor probelor de apă recoltate în sezonul ploios, împreună cu rezultatele analizelor obținute pentru aer și sol.

Cuantificarea impactului și riscului de mediu pentru fiecare componentă de mediu (primul set de probe de apă), precum și unitățile de importanță sunt prezentate în **tabelul 6.1.51**. (Popița et al, 2012a).

Tabel 6.1.51. Impactul și riscul de mediu cuantificat pentru fiecare componentă de mediu (primul set de probe)

Componenta de mediu	Unitățile de importanță UI	Impactul de mediu IM	Riscul de mediu RM
Apa de suprafață	476,19	37.402	25.618
Sol	440,56	332	114
Aer	314,69	63	14

În cazul componentelor de mediu aer și sol, valorile impactului și riscului de mediu sunt relativ mici, impactul mediu depinzând direct de concentrația măsurată a poluanților analizați, ceea ce indică faptul că poluarea acestor factori de mediu este minoră. Pentru componenta de mediu apă de suprafață, valorile mari ale impactului și riscului de mediu indică prezența unor concentrații mari de poluanți în apă (Popița et al, 2012a).

În vederea reprezentării grafice a rezultatelor obținute, s-a luat în considerare faptul că rezultatele obținute pentru sol și pentru aer sunt aceleași pentru ambele interpretări. Pentru apa de suprafață s-au luat în considerare rezultatele celor două seturi de rezultate obținute.

Cuantificarea impactului și riscului de mediu pentru fiecare componentă de mediu (al doilea set de probe de apă), precum și unitățile de importanță sunt prezentate în **tabelul 6.1.52**.

Tabel 6.1.52. Impactul și riscul de mediu cuantificat pentru fiecare componentă de mediu (al doilea set de probe de apă)

Componenta de mediu	Unitățile de importanță UI	Impactul de mediu IM	Riscul de mediu RM
Apa de suprafață	476,19	2.604	1.818
Sol	440,56	332	114
Aer	314,69	63	14

Figura 6.1.16. reprezintă dependența impactului de riscul de mediu, pentru cele trei componente ale mediului analizate.

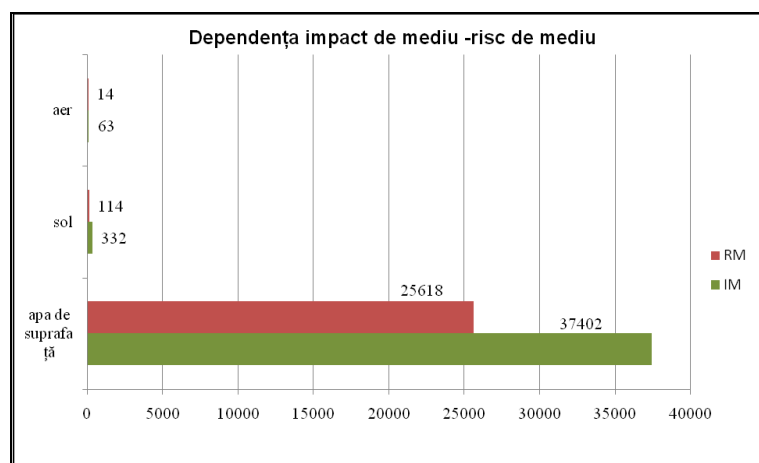


Figura 6.1.16. Reprezentarea grafică a dependenței impactului (IM) și riscului de mediu (RM) pentru apa de suprafață, aer și sol (pentru primul set de rezultate ale analizelor probelor de apă de suprafață)

Se poate observa că IM este mai mare decât RM pentru toate cele trei componente ale mediului, însă pentru apa de suprafață valorile atât pentru IM cât și pentru RM sunt foarte ridicate.

Figura 6.1.19 reprezintă dependența impactului de riscul de mediu, pentru cele trei componente ale mediului analizate.

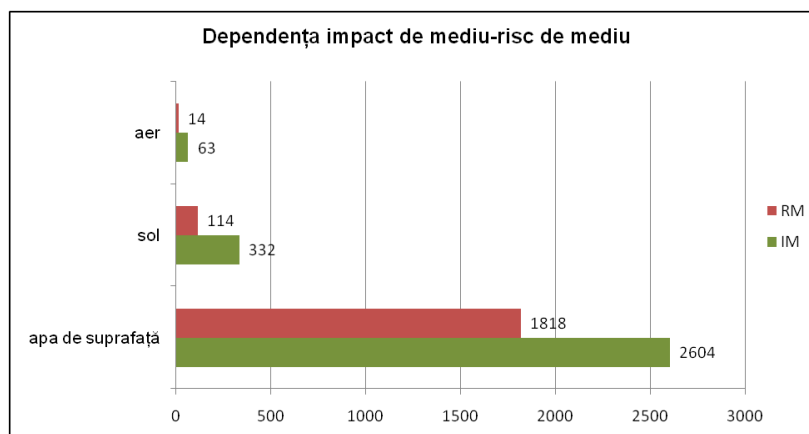


Figura 6.1.19. Reprezentarea grafică a dependenței impactului (IM) și riscului de mediu (RM) pentru apa de suprafață, aer și sol (pentru al doilea set de rezultate ale analizelor probelor de apă de suprafață)

Se poate observa la fel ca și în figura 6.1.22 că IM este mai mare decât RM pentru toate cele trei componente ale mediului. Pentru apa de suprafață, valorile sunt mai scăzute decât pentru primul set de măsurători, atât pentru IM cât și pentru RM și sunt mai ridicate decât pentru aer și sol.

Figura 6.1.20 reprezintă grafic pentru apa de suprafață, o comparație între impactul și riscul de mediu pentru cele două seturi de rezultate obținute.

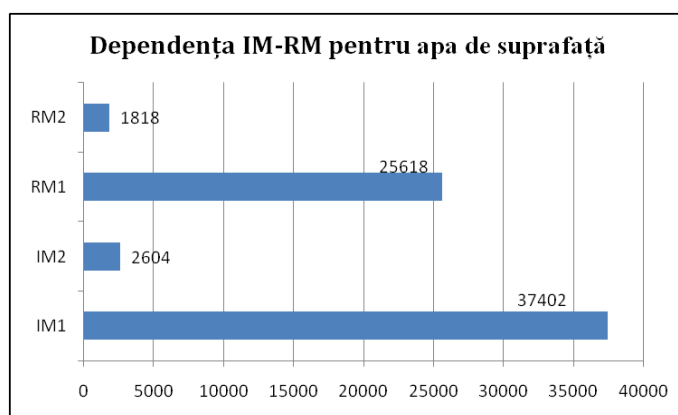


Figura 6.1.20. Comparația între impactul și riscul de mediu pentru cele două seturi de rezultate obținute, pentru apa de suprafață

Din **figura 6.1.20** rezultă faptul că pentru primul set de probe analizate (prelevate în perioadă secetoasă), IM și RM *sunt de 14 ori mai mari* decât pentru cel de-al doilea set de probe de apă analizate.

Clasificarea pârâului Zăpodie în stări ecologice (MMGA MO 511, 2006), din punct de vedere al concentrației indicatorilor de calitate analizați (*în cazul primului set de probe*), este prezentată în **tabelul 6.1.53**.

Tabel 6.1.53. Clasificarea pârâului Zăpodie în stări ecologice din punct de vedere al concentrației indicatorilor de calitate analizați, P_{a1} aval (■), P_{a3} amonte (●)

Nr. crt	Indicator de calitate	Clasa I F. bună	Clasa II Bună	Clasa III Moderată	Clasa IV Slabă	Clasa V Proastă
1	CCOCr		●			■
2	CBO5			●		■
3	NH4-N					●■
4	NO2-N	●				■
5	NO3-N		●			■
6	P total	●				■
7	reziduu fix	●		■		
8	Cd				■●	
9	Cr		■●			
10	Cu	■●				
11	Ni					■●
12	Zn	■●				
13	Pb	■●				

După cum se poate observa din **tabelul 6.1.53**, pentru proba prelevată în amonte de depozit, din 13 indicatori de calitate analizați *6 se încadrează în clasa I (foarte bună) de calitate, 3 în clasa II (bună) de calitate*, iar restul de 4 indicatori în clasele III (moderată), IV (slabă) și V (proastă) de calitate.

Clasificarea pârâului Zăpodie în stări ecologice (MMGA MO 511, 2006), din punct de vedere al concentrației indicatorilor de calitate analizați (*în cazul celui de-al doilea set de probe*), este prezentată în **tabelul 6.1.54**.

Tabel 6.1.54. Clasificarea pârâului Zăpodie în stări ecologice din punct de vedere al concentrației indicatorilor de calitate analizați, P_{a1} aval (Δ), P_{a2} amonte (◇)

Nr. crt	Indicator de calitate	Clasa I F. bună	Clasa II Bună	Clasa III Moderată	Clasa IV Slabă	Clasa V Proastă
1	CCOCr				◇	Δ
2	CBO5	◇				Δ
3	NH4-N			◇		Δ
4	NO2-N			Δ	◇	
5	NO3-N	◇	Δ			
6	P total		◇			Δ
7	reziduu fix	Δ◇				
8	Cd	Δ◇				
9	Cr	Δ◇				
10	Cu	◇	Δ			
11	Ni			Δ◇		
12	Zn	◇	Δ			
13	Pb	◇	Δ			

După cum se poate observa din **tabelul 6.1.54**, pentru proba prelevată în amonte de depozit, din 13 indicatori de calitate analizați 8 se încadrează în clasa I (foarte bună) de calitate, 1 în clasa II (bună) de calitate, iar restul de 2 indicatori în clasa III (moderată) și 2 indicatori în IV (slabă) de calitate.

Interpretarea rezultatelor pentru levigat

Rezultatele analizelor obținute arată o poluare mare a levigatului în special cu cloruri, sulfuri și substanțe extractibile în eter de petrol. De asemenea, levigatul prezintă depășiri ale valorilor limită admise pentru Cu, Ni și P total, precum și depășiri ale valorii limită la azotați.

Prezența metalelor în cantități mai mari sau mai mici în levigatul analizat, depinde de tipul și cantitățile de deșeuri depozitate, aici referindu-ne în special la cele periculoase menajere, din categoria cărora fac parte și bateriile portabile (Popita et al, 2010).

În ce privește CCO-Cr, MTS și reziduul filtrat uscat la 105°C, valorile măsurate depășesc cu câteva ordine de mărime valorile limită admise. Se cunoaște că amoniacul prezintă un grad mare de toxicitate pentru majoritatea organismelor din ecosistemele acvatice, concentrațiile crescute de amoniac din ape indicând existența unei poluări avansate cu substanțe organice. Din rezultatele analizelor rezultă că valorile pentru azotul amoniacal depășesc cu multe ordine de mărime valoarea limită admisă. Trebuie avut în vedere însă că acest levigat este colectat doar dintr-o anumită parte a depozitului (de pe cca 15% din suprafața depozitului) și anume aceea în care nu se mai depozitează deșeuri de mai mult de 10 ani. Restul levigatului care se infiltrează direct în sol, este posibil să fie supus în mod natural unui efect de autopurificare, dar aceasta presupune existența unor mari suprafețe de sol cu porozitate medie și o anumită distanță față de stratul freatic, iar în acest caz distanța față de stratul freatic este relativ mică (CJ Cluj și CMS SEI, 2009).

6.1.3.5. Concluzii

Dacă luăm în considerare clasificarea impactului și riscului din metoda indicelui de poluare globală Rojanschi, se poate observa *pentru sol*, că impactul de mediu are valori cuprinse între 100-350 ceea ce înseamnă “mediu supus efectelor activităților umane în limite admisibile”, iar riscul de mediu este minor și trebuie efectuată o monitorizare a poluării. *Pentru aer*, valorile atât pentru impact cât și pentru riscul de mediu sunt ne semnificative (Popița et al, 2012a), ceea ce înseamnă că mediul nu este foarte afectat de activitățile umane, însă rămân alte probleme nerezolvate cum ar fi: mirosurile, poluările accidentale etc.

În schimb pentru apa de suprafață, atât impactul cât și riscul de mediu au valori ce depășesc cu mult 1000, ceea ce înseamnă “mediu degradat, impropriu formelor de viață”, aceasta însemnând că în apa de suprafață există cantități foarte mari de poluant, fiind necesară luarea de măsuri de control și prevenire a poluării cu levigat a apei de suprafață.

Primul set de rezultate pentru apa de suprafață arată valori de 14 ori mai ridicate decât cel de-al doilea set. Din analiza celor două seturi de măsurători se poate concluziona faptul că impactul și riscul de mediu sunt foarte mari în cele două perioade, depășind în ambele cazuri

valoarea 1000, însă în perioada ploioasă când debitul pârâului este mai mare, poluarea este semnificativ mai scăzută decât în perioada secetoasă, datorită diluției. Ambele rezultate indică o poluare importantă a pârâului cu poluanți proveniți din levigatul de la depozitul de deșeuri.

În ce privește *levigatul*, este deosebit de important ca acesta să se colecteze în totalitate, pentru a evita poluarea apei de suprafață, apei subterane și a solului.

Din datele prezentate în tabelele **6.1.53** și **6.1.54** rezultă că mai mult de jumătate din indicatorii de calitate analizați arată o calitate foarte bună și bună a apei pârâului Zăpodie înainte de trecerea pe lângă depozitul de deșeuri “Pata Rât”. De asemenea, se pot observa diferențe mari între cele două perioade de prelevare a probelor.

Pentru proba prelevată în aval de depozit (primul set de probe), din 13 indicatori de calitate analizați, *7 se încadrează în clasa V (proastă) de calitate*, 1 în clasa IV de calitate (slabă), iar restul de 5 indicatori în clasele III (moderată), II (bună) și I (foarte bună) de calitate. Din aceste date rezultă că mai mult de jumătate din indicatorii de calitate analizați arată o calitate proastă a apei pârâului Zăpodie după trecerea pe lângă depozitul de deșeuri Rata Rât.

În cazul celui de-al doilea set de probe prelevate, pentru proba prelevată în aval de depozit, din 13 indicatori de calitate analizați, *4 se încadrează în clasa V (proastă) de calitate*, 1 în clasa III de calitate (moderată), iar restul de 7 indicatori în clasele II (bună) și I (foarte bună) de calitate. Din datele prezentate pentru al doilea set de probe, rezultă că mai mult de jumătate din indicatorii de calitate analizați arată o calitate bună a apei pârâului Zăpodie după trecerea pe lângă depozitul de deșeuri Rata Rât.

Din rezultatele prezentate mai sus, reiese că în funcție de perioadele de prelevare a probelor, apa pârâului Zăpodie își modifică clasa de calitate, după trecerea pe lângă depozitul de deșeuri “Pata Rât”, astfel: în perioade secetoase apa pârâului Zăpodie își modifică clasa de calitate din II (bună) în V (proastă), iar pentru perioade ploioase, apa pârâului Zăpodie își modifică clasa de calitate din II (bună) în III (moderată).

Aceasta înseamnă că pentru o monitorizare adecvată a poluării cu levigat a acestui pârâu, este necesară prelevarea de probe tot timpul anului, în vederea efectuării unor medii ale concentrațiilor de poluanți în apă. Însă, indiferent de perioadele secetoase sau ploioase, este imperios necesară luarea de măsuri de prevenire a poluării cu levigat a pârâului Zăpodie.

6.2. ESTIMAREA EMISIILOR DE GAZE CU EFECT DE SERĂ (METAN ȘI DIOXID DE CARBON) DE PE DEPOZITUL DE DEȘEURI MUNICIPALE PATA RÂT, CLUJ-NAPOCA

Metanul (CH₄) și dioxidul de carbon (CO₂) sunt importante gaze cu efect de seră, cu contribuție la schimbările climatice. Cele mai importante cantități de CO₂ provin din industrie, în urma proceselor de combustie, sau se datorează traficului. Emisiile de CH₄ provin cu precădere din agricultură, de la tratarea și depozitarea deșeurilor și de la rețelele de distribuție a gazelor naturale. Depozitele de deșeuri sunt recunoscute ca fiind importante surse antropogene de emisii de metan. Emisiile de metan de pe depozitele de deșeuri solide sunt cea mai importantă sursă de

emisie din sectorul deșeurii (IPCC, 2006). Emisiile globale de metan de pe suprafața depozitelor de deșeurii sunt estimate între 16 și 57 Mt an⁻¹ (Bogner și Matthews, 2003; IPCC, 2001).

Metanul emis de depozitele de deșeurii poate fi recuperat și folosit ca o sursă de energie. Poate fi utilizat drept combustibil pentru locuințe, pentru zone comerciale sau pentru uz industrial (XU Xin-Hua et al, 2003).

Descompunerea anaerobă a deșeurilor solide municipale (DSM) în depozite generează biogaz, ai cărui componenți mai importanți sunt metanul CH₄ 60% vol. și dioxidul de carbon CO₂ 40% vol., împreună cu urme de alte gaze (Hegde et al., 2003). Aceste procente diferă în funcție de compoziția deșeurilor, timpul de depozitare, cantitatea de deșeurii, umiditate și raportul hidrogen/oxigen la momentul descompunerii deșeurilor, precum și de natura DMS ce diferă în funcție de țară, oraș, cartier și anotimp (Joseph et al., 2003; Vishwanathan și Trakler, 2003). Compoziția deșeurilor constituie un factor important în generarea metanului și dioxidului de carbon din depozitele de deșeurii (Chakraborty et al., 2011). După depozitarea deșeurilor, în prezența aerului atmosferic de la suprafața depozitului compușii organici încep să sufere reacții biochimice de oxidare aerobă. Reacția este similară combustiei deoarece produșii de reacție sunt CO₂ și vaporii de H₂O.

În general compoziția volumului biogazului este: 55 % CH₄, 40 % CO₂, 5 % N₂ și mici cantități de COV cum ar fi benzenul, clorvinilul, cloroformul, 1,1 –dicloretena, tetraclorura de carbon și altele (USEPA, 2005). Biogazul mai conține și vapori de apă aflați aproape de punctul de saturație corespunzător temperaturii celulei de depozitare, mici cantități de amoniac, H₂S și alte substanțe aflate în cantități foarte mici.

În condiții optime, cel puțin 50% din metanul provenit din DMS, poate fi generat în primul an după depozitarea deșeurilor, cu condiția ca zona de depozitare să nu fie acoperită, iar precipitațiile să se poată infiltra în masa depozitului (Themelis et al, 2007).

Emisia totală de gaz la suprafață se exprimă printr-un factor de emisie exprimat în t km⁻² an⁻¹. Acesta este parametrul cheie folosit pentru extrapolarea emisiei de gaze din surse antropogene și naturale (EMEP/EEA, 2009) și permite compararea emisiilor de gaze provenite de la diferite depozite. Biogazul poate fi utilizat pentru a înlocui sursele tradiționale de energie, neregenerabile și din ce în ce mai costisitoare (Yuzhakova et al, 2012).

6.2.1. Metodologie

Studiul emisiilor de metan și dioxid de carbon de pe suprafața depozitului de deșeurii Pata Rât s-a axat în principal pe măsurarea *in situ* a emisiilor de CH₄ și CO₂. Emisia totală de metan și dioxid de carbon a fost estimată folosind Metoda Camerei Închise (MCI), iar rezultatele au fost comparate cu cele obținute prin aplicarea metodei IPCC 2006 Default Method pentru estimarea cantității de metan emise de către depozit.

Trebuie menționat că pentru prima dată în România, emisiile de metan și de dioxid de carbon de la suprafața unui depozit de deșeurii au fost efectuate *in situ* prin măsurători cu ajutorul MCI.

Suprafața totală a depozitului de deșeuri Pata Rât este de aproximativ 80.000 m², astfel fiind necesar un număr de 49 de măsurători conform ”Ghidului pentru monitorizarea gazului la suprafața depozitelor” (USEPA, 1986). Datorită morfologiei heterogene a depozitului, nu s-au putut efectua măsurători pe întreaga sa suprafață. Măsurătorile au fost efectuate în două anotimpuri: primăvara (luna martie) și vara (luna august) ale anului 2011. În etapa de primăvară (temperatura aerului a fost 16°C) s-au efectuat 88 de măsurători pe o suprafață de aproximativ 60.000 m², iar în vara aceluiași an (temperatura aerului a fost 25°C) s-au efectuat 74 de măsurători pe o suprafață de aproximativ 40.000 m².

Metoda Camerei Inchise MCI

Măsurarea fluxului de metan și dioxid de carbon s-a realizat cu ajutorul unui sistem bazat pe tehnica camerei închise și anume dispozitivul portabil de măsurare a fluxului prin difuzie, pentru dioxid de carbon și metan (**figura 6.2.1.**).

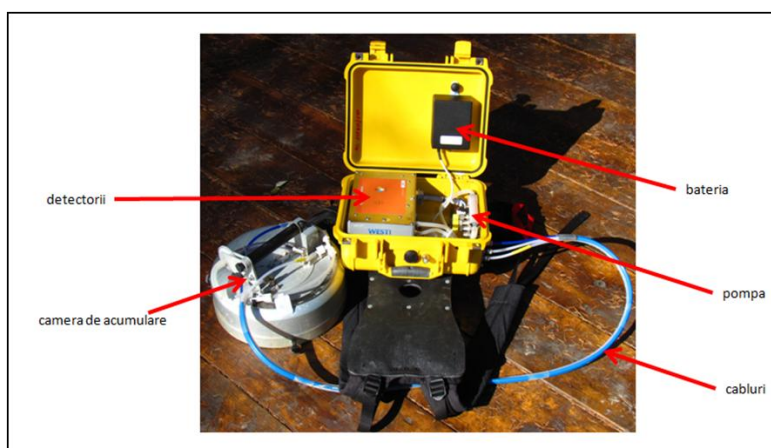


Figura 6.2.1. Dispozitivul portabil de măsurare a fluxului prin difuzie, pentru dioxid de carbon și metan

Dispozitivul are la bază un sistem alcătuit din senzori de detecție a metanului (cu limita detecției inferioare de 1 ppm și rezoluția de 1 ppm), datele obținute fiind transmise prin rețea wireless la un Palmtop PC. Datele sunt stocate, iar fluxul calculat (calculele se bazează pe o regresie liniară) este afișat în timp real. Sistemul detectează valori scăzute ale fluxului de metan (de ordinul câtorva zeci de mg CH₄ m⁻² zi⁻¹ în 10-15 minute).

Componentele dispozitivului portabil de măsurare a fluxului prin difuzie sunt: *camera de acumulare*, *detectorul de metan* (compus din trei senzori de detecție), *detectorul de dioxid de carbon*, *pompa*, *bateriile*, *placa de bază* și *un calculator portabil*.

Figura 6.2.2. prezintă structura dispozitivului portabil de măsurare a fluxului prin difuzie (A) și modul efectiv de măsurare a fluxului de gaze (B).

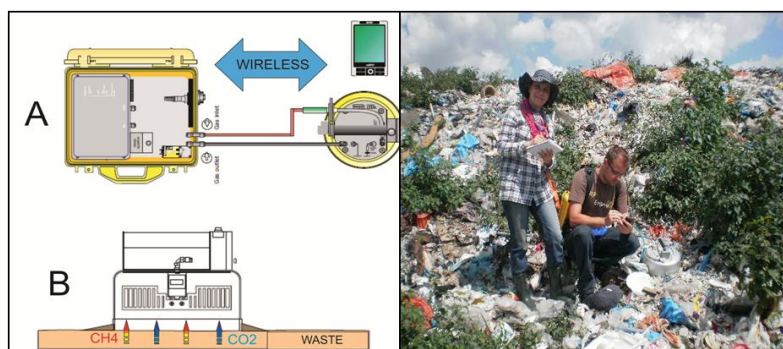


Figura 6.2.2. Partea stângă – structura dispozitivului portabil (A) și modul efectiv de măsurare a fluxului de gaz (B); Partea dreaptă – măsurători pe teren cu ajutorul dispozitivului portabil de măsurare a fluxului prin difuzie

MCI este metoda cea mai folosită pentru măsurarea gazelor din soluri. Aceasta este simplă și ușor de folosit în cazul obiectivelor de cercetare ce folosesc variabilitatea spațială și temporală a fluxurilor de gaze, la o scară mică. Camerele închise sunt indicate pentru măsurători *in situ*, din punctul de vedere al schimbului de gaz sol-atmosferă (Livingston și Hutchinson, 1995).

Principiul metodei se bazează pe plasarea camerei pe suprafața unde există emisii de gaz, urmând ca gazele emise să se acumuleze în interiorul camerei (Abichou et al, 2006). Dacă rata de creștere a gazului din interiorul camerei este constantă, pentru a calcula fluxul de gaz se poate folosi regresia liniară.

Pentru măsurarea fluxurilor de metan și dioxid de carbon, camera de acumulare a fost plasată pe sol în punctele de măsurare stabilite, asigurându-se că aceasta este bine izolată de influența aerului atmosferic. Pentru obținerea unei înregistrări optime a curbei de flux, aceasta s-a menținut pentru 2-4 minute în poziția de captare (dacă sunt necesare măsurători pentru fluxuri de metan foarte reduse, atunci intervalul de timp este 5-6 minute sau chiar mai mult). Între intervalele de măsurare, gazul este captat în camera de acumulare și prin intermediul pompei este ghidat către detectorii de metan și dioxid de carbon, care transmit calculatorului portabil datele înregistrate.

Programul instalat pe calculatorul portabil, FluxManager, permite înregistrarea în timp real a curbelor fluxului de metan și dioxid de carbon precum și calcularea fluxului. Această informație este stocată de asemenea și pe cardul de memorie care poate fi folosit ulterior pe un alt calculator, pentru analize detaliate.

Fiecărui punct investigat îi este asociată valoarea măsurată a fluxului ($\text{g/m}^2/\text{zi}$) și coordonatele spațiale (Garmin GPS Map 60). Valorile măsurate pentru CH_4 și CO_2 au fost interpolate cu ajutorul programului Surfer 10 (Golden Software) prin metoda “Natural Neighbour”. Această metodă este indicată pentru măsurători neregulate și fluxuri heterogene de gaz. Setul de măsurători A (efectuat în primăvara 2011) a cuprins 88 de măsurători iar setul de măsurători B (efectuat în vara 2011) a cuprins 74 de măsurători. Pentru interpolarea setului A s-au luat în calcul 87 de puncte de măsurători, iar pentru interpolarea setului B s-au luat în calcul

64 de puncte de măsurători. Celelalte măsurători nu au fost luate în calcul datorită distanței mari la care s-au situat față de cele interpolate.

Metoda IPCC 2006 – Default Method DM

Pentru estimarea cantității de metan emise în anul 2011 pe suprafața depozitului Pata Rât, s-a utilizat metoda “**Default Method – Tier I**” (IPCC, 2006). Această metodă a fost recomandată de către IPCC ca o metodologie implicită de estimare a emisiilor de CH₄ de pe depozitele de deșeuri. Toate constantele empirice au fost preluate din această metodologie. Cantitatea de CH₄ produsă de totalitatea deșeurilor depozitate într-un anumit an se calculează cu următoarea ecuație:

$$CH_4(t \cdot an^{-1}) = [(DMST \times DMSF \times L_0) - R] \times (1 - OX) = 9.930 t \cdot an^{-1} \quad (1)$$

unde:

DMST = cantitatea de DMS totală generată (Gg an⁻¹) (**197,024 t an⁻¹ în 2011**)

DMSF = fracția din DMS depozitată în depozit (**80%**)

R = cantitatea CH₄ recuperat Gg an⁻¹ (**0 în cazul în care nu se recuperează**)

OX = factor de oxidare (**este 0**)

L₀ = potențialul de generare a CH₄ care depinde de compoziția morfologică a deșeurilor (**0,063**) se calculează conform ecuației ec. 2.

$$L_0[GgC / GgDMS] = FCM \times COD \times CODF \times F \times 16 / 12 = 0,063 \quad (2)$$

unde:

FCM = factorul de corecție al metanului (**0,8; >5 m adâncime**)

COD = carbon organic degradabil (**0,2169**)

CODF = fracția COD disimilat (**0,55**)

F = fracția de CH₄ în biogaz (**0,5**)

$$COD(GgC / GgDMS) = (0.4 \times A) + (0.17 \times B) + (0.15 \times C) + (0.3 \times D) = 0,2169 \quad (3)$$

unde:

A – fracția din DMS reprezentată de hârtie și textile ,

B - fracția din DMS reprezentată de deșeuri de grădină, parcuri și alte deșeuri organice biodegradabile (cu excepția celor alimentare), (40% din deșeurile biodegradabile)

C - fracția din DMS reprezentată de deșeuri alimentare, (60% din deșeurile biodegradabile)

D - fracția din DMS reprezentată de deșeuri din lemn și paie.

6.2.2. Rezultate și discuții

6.2.2.1. Rezultate obținute prin metoda camerei închise

Cantitatea totală de metan de pe suprafața măsurată a fost estimată aplicând metoda de interpolare „Natural Neighbour”. Această metodă se utilizează pentru puncte cu spațiere neregulată având valori ridicate ale fluxului, evitând în același timp alocarea unor fluxuri mari sectoarelor unde nu au fost efectuate măsurători.

S-au efectuat două seturi de măsurători. Pentru setul A s-au interpolat 87 de măsurători, iar pentru setul B s-au interpolat 64 de măsurători. Valorile măsurate pentru fluxurile de CO₂ și CH₄ au fost mai mari în luna martie decât în luna august. În primăvară emisia medie pentru fluxul de dioxid de carbon a fost de 450 g m⁻² zi⁻¹ comparativ cu 220 g m⁻² zi⁻¹ în perioada de vară. Pentru fluxul de metan emisia medie a fost de 37 g m⁻² zi⁻¹ în perioada de primăvară, față de 22 g m⁻² zi⁻¹ în perioada de vară. Valorile mai ridicate în perioada de primăvară se datorează probabil umidității mai ridicate, ce reprezintă un factor important pentru activitatea microbiană (Jang și Yang, 2001), în contrast cu vara care a fost secetoasă. S-a observat că pentru dioxidul de carbon cele mai multe măsurători s-au situat în jurul valorii de 250 g m⁻² zi⁻¹, iar pentru metan în jurul valorii de 25 g m⁻² zi⁻¹.

Tabelul 6.2.2 prezintă câțiva parametri ai fluxurilor de CH₄ și CO₂ pentru seturile A și B de măsurători. Totalul emisiei de CO₂ pe suprafața măsurabilă a depozitului (aproximativ 8 ha) este estimată la 9.102 t·an⁻¹, iar totalul emisiei de CH₄ este estimată la 827 t·an⁻¹ (Popița et al, 2012).

Tabel 6.2.2. Valorile parametrilor pentru fluxurile de CH₄ și CO₂ pentru seturile A și B

Parametri	Set A	Set B
Număr de măsurători	87	64
Temperatura °C	16	25
Presiunea atmosferică mBar	982	979
Suprafața interpolată	6,062 ha	3,87 ha
Factor de emisie pentru CO ₂	148.400 t·m ⁻² ·zi ⁻¹	80.645 t·m ⁻² ·zi ⁻¹
Factor de emisie pentru CH ₄	11.850 t·m ⁻² ·zi ⁻¹	8.966 t·m ⁻² ·zi ⁻¹
Emisia de CO ₂ pe suprafața interpolată	8.906 t·an ⁻¹	3.121 t·an ⁻¹
Emisia de CH ₄ pe suprafața interpolată	711 t·an ⁻¹	347 t·an ⁻¹
Totalul emisiei de CO ₂ pe suprafața deschisă a depozitului (aprox. 8 ha)	9.102 t·an ⁻¹	
Totalul emisiei de CH ₄ pe suprafața deschisă a depozitului (aprox. 8 ha)	827 t·an ⁻¹	

Rezultatele obținute arată pentru CO₂ valori de aproximativ 11 ori mai mari decât pentru CH₄. Valorile factorului de emisie a metanului sunt comparabile cu cele obținute pe alte depozite de deșeuri cu caracteristici similare în ce privește: mărimea, compoziția și înălțimea stratului de deșeuri depozitate (Chakraborty et al., 2011; Di Bella et al., 2011).

Figura 6.2.4 prezintă hărțile (realizate cu ajutorul programului Surfer) cu distribuția măsurătorilor fluxurilor de metan și de dioxid de carbon, incluzând distribuția punctelor de

măsurare și valorile logaritmice ale fluxurilor exprimate în $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{zi}^{-1}$, pentru cele două seturi de măsurători. Aceeași figură arată fluxuri mai reduse de metan și de dioxid de carbon în partea de NE a depozitului, unde depozitarea este sistată de mai mult de 10 ani.

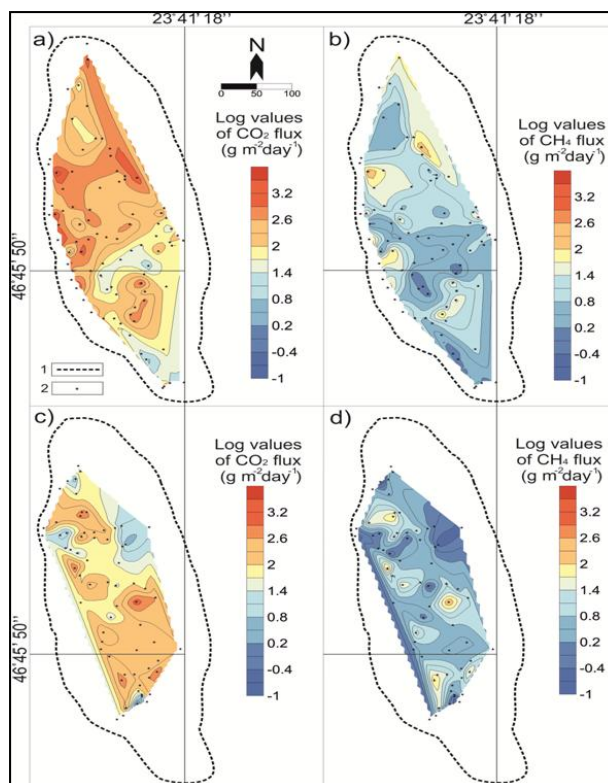


Figura 6.2.4. Distribuția măsurătorilor fluxurilor de metan și dioxid de carbon, pe suprafața măsurabilă deschisă a depozitului de deșeuri municipale Pata Rât, 1 – marginile suprafeței măsurabile, 2 – punctele măsurate

6.2.2.2. Rezultate obținute prin metoda IPCC 2006 DM

Prin metoda IPCC 2006 Default Method s-a realizat o estimare a cantității de metan emise de către depozitul de deșeuri Pata Rât. Pentru COD s-a calculat valoarea de 0,2169 (vezi ec. 1) iar pentru L_0 de 0,063 (vezi ec. 2). Cantitatea de metan emisă de către depozit și calculată cu ajutorul metodei IPCC 2006 DM este de $9,93 \text{ Gg an}^{-1}$ (9.930 t an^{-1}) (vezi ec. 3) și reprezintă o cantitate de 12 ori mai mare decât cea obținută prin măsurătorile *in situ*. Multe studii similare au raportat o supraestimare a valorilor obținute prin utilizarea metodei IPCC 2006 DM (Chakraborty et al., 2011; Jha et al., 2008), ceea ce arată o incertitudine în ce privește estimarea cantității de metan emise de către depozitele de deșeuri.

6.2.3. Concluzii

Prezentul studiu s-a efectuat în vederea estimării emisiilor de metan și dioxid de carbon prin măsurători *in situ* prin metoda MCI.

Măsurătorile au avut loc în lunile martie și august 2011, iar rezultatele arată emisii mai ridicate în perioada de primăvară, datorate probabil umidității mai ridicate a deșeurilor, ce reprezintă un important factor al activității microbiene.

În primăvară, media fluxului de CO₂ a fost de 450 g m⁻² zi⁻¹ comparativ cu 220 g m⁻² zi⁻¹ în perioada de vară. Pentru metan media fluxului în perioada de primăvară a fost de 37 g m⁻² zi⁻¹ și de 22 g m⁻² zi⁻¹ în perioada de vară. De asemenea, s-a observat că cele mai multe valori s-au situat în jurul valorii de 250 g m⁻² zi⁻¹ pentru CO₂ și 25 g m⁻² zi⁻¹ pentru CH₄.

Din cele două seturi de măsurători rezultă o medie a valorilor emisiilor de metan de 827 t·an⁻¹ și de 9.102 t·an⁻¹ pentru dioxidul de carbon. Din rezultatele măsurătorilor efectuate prin MCI putem spune că emisiia totală de dioxid de carbon este de aproximativ 11 ori mai ridicată decât cea a metanului.

Prin metoda IPCC 2006 Default Methodology (DM), emisiia de CH₄ a fost estimată la 9,93 Gg·an⁻¹ (9.930,00 t·an⁻¹) și este de aproximativ 12 ori mai mare decât cea estimată prin MCI, confirmând afirmațiile unor studii anterioare și anume o supraestimare a cantității de metan calculate prin IPCC 2006 DM.

Emisiile mai scăzute de metan se pot datora compoziției deșeurilor solide, scurgerilor necontrolate de levigat, arderilor deșeurilor solide la suprafața depozitului și condițiilor climatice.

Diferențele între emisiile de metan estimate prin cele două metode IPCC și MCI, se pot datora lipsei de date specifice suficiente. Din acest motiv este foarte importantă studierea preliminară a generării și a compoziției deșeurilor solide ce ajung pe depozit, înaintea măsurării emisiilor de metan și dioxid de carbon. Totodată considerăm că măsurătorile *in situ* sunt mai fiabile pentru estimarea mai corectă a cantității de metan de pe suprafața depozitelor (Popița et al, 2012).

6.3. METODA EVALUĂRII CICLULUI DE VIAȚĂ (ECV)

ECV reprezintă o metodă standardizată la nivel internațional pentru identificarea și evaluarea impacturilor de mediu provenite din opțiunile de sisteme de gestionare a deșeurilor. (Finnveden, 1999; Clift. et al, 2000; Bjarnadottir et al., 2002; Cherubini et al, 2008, Morrissey și Browne, 2004; Cherubini et al, 2009; Björklund et al., 2010). Într-o perspectivă mai largă însă, ECV face posibilă luarea în considerare a beneficiilor importante de mediu ce pot fi obținute prin introducerea a diferite procese ca de exemplu: incinerarea cu recuperare de energie, tratarea, reciclarea etc, în sistemul de gestionare a deșeurilor (Cherubini et al, 2009). În general ECV poate fi definită ca o metodă ce studiază aspectele de mediu și impacturile potențiale asupra mediului ale unui produs sau sistem, începând cu faza de materie primă, utilizare și terminând cu faza de eliminare (Guinée, 2002).

Bjarnadóttir et al. (2002), prezintă următoarele aplicații ale ECV în gestionarea deșeurilor:

- Identificarea procedurii de tratare cel mai “prietenos” cu mediul, ce poate fi inclus în gestionarea deșeurilor;
- Identificarea celor mai importante probleme de mediu din cadrul scenariilor/tehnologiilor gestionării deșeurilor;

- Identificarea impacturilor de mediu în vederea îmbunătățirii performanțelor de mediu și a optimizării gestionării deșeurilor;
- Evaluarea performanței de mediu a scenariilor de gestionare a deșeurilor studiate.

6.3.2. Metodologie

6.3.2.1. Generalități despre Evaluarea Ciclului de Viață (ECV)

Evaluarea Ciclului de Viață ECV sau LCA (Life Cycle Assessment) este o metodă de analiză și evaluare a impactului de mediu a unui material, produs sau serviciu, de-a lungul întregului *ciclu de viață*, pornind de la achiziționarea materiilor prime, până la depozitarea deșeurilor (Mattsson, 1999). Începând cu anul 1994, ECV a apărut ca instrument de management de mediu, pe scară mondială, sub forma seriei de standarde ISO 14040.

Conform standardului ISO 14040 prin *ciclu de viață* se înțelege "*ansamblul etapelor consecutive și intercorelate ale unui sistem-produs, de la achiziția materiilor prime sau generarea resurselor naturale până la post-utilizare*". Sistemul total de procese unitare implicate în ciclul de viață al unui produs este denumit "*sistem-produs*".

Termenul "proces unitar" se referă la orice fel de activitate care produce o ieșire cu valoare economică (oțel, electricitate etc.) sau care oferă un serviciu cu valoare economică (transport sau *managementul deșeurilor*). Termenul "produs" este include bunuri fizice și servicii, atât la niveluri operaționale, cât și strategice (Ionescu, 2003).

Ciclul de viață al unui produs începe în momentul proiectării produsului și se continuă prin achiziția și utilizarea materiilor prime, fabricarea sau procesarea cu fluxul de deșeuri asociate, stocarea, distribuția, utilizarea și retragerea din uz sau reciclarea. (Ionescu, 2003).

Sistemul produs studiat este delimitat de mediul ce-l înconjoară, printr-un domeniu limită de aplicare. Energia și fluxurile de materiale ce străbat această limită sunt denumite *elemente de intrare*: materii prime folosite în procesul de producție, transport etc și *elemente de ieșire*: emisii și deșeuri ce părăsesc sistemul și pătrund în mediul din jur (Mattsson, 1999).

Sistemul limită reprezintă interfața dintre produs sau sistemul de gestionare a deșeurilor și mediul sau alte sisteme-produs, determinând care procese vor fi incluse în ECV (Eriksson et al., 2002). Prin ECV se pot examina deșeurile generate de-a lungul unui întreg proces de producție precum și în timpul utilizării produselor obținute. Pornind de la aceste date poate fi urmărit impactul potențial creat asupra resurselor naturale, mediului și sănătății umane. Impactul de mediu declanșat de aceste produse se poate evalua pe întreg ciclul lor de viață. Aceasta implică înregistrarea sistematică (în kg sau kW) a cantităților de materii prime și energie folosite pentru fabricarea produselor, a cantităților de materiale și energie consumate precum și a emisiilor și deșeurilor rezultate în diferitele etape ale ciclului de viață ale acestora.(ECV1, 2010).

Figura 6.3.1. prezintă sistemul-limită în cazul sistemelor de gestionare a deșeurilor.

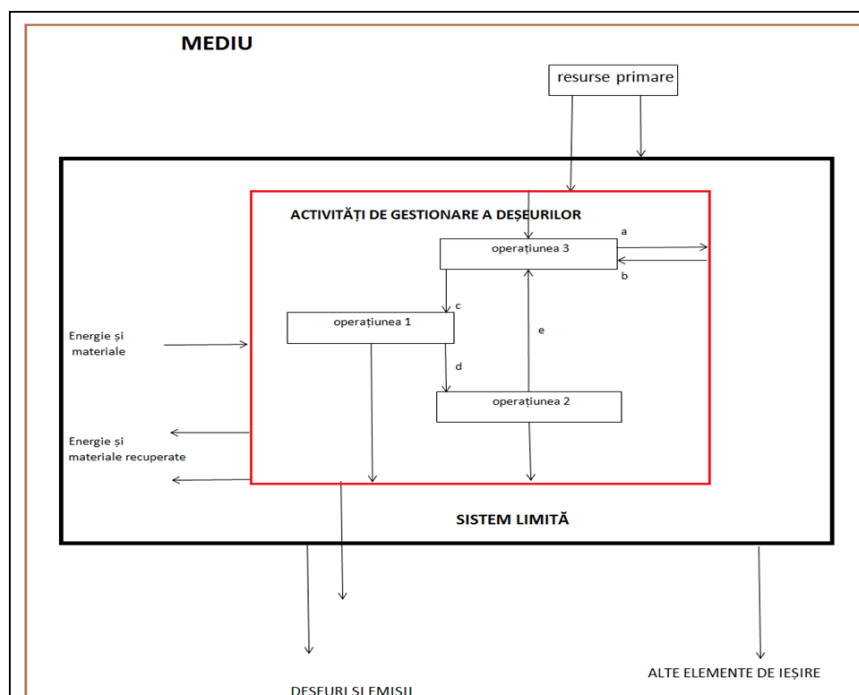


Figura 6.3.1. Sistemul-limită pentru sisteme de gestionare a deșeurilor, Sursa: *Barton et al., 1996*

**a și b sunt fluxuri deschise de materiale iar c, d și e sunt fluxuri închise de materiale*

Limitările ECV

ECV este un instrument de evaluare bazat pe o modelare liniară, concentrându-se pe aspectele de mediu și nu pe cele economice, sociale sau cu alte caracteristici. Impacturile de mediu sunt descrise în mod curent ca „impacturi potențiale”, deoarece timpul și spațiul nu pot fi specificate cu exactitate (Guinee, 2002). Din cauza naturii sale holistice, ECV nu poate face diferența între emisiile ce apar într-o anumită locație în diferite perioade de timp. În consecință, ECV este mai potrivit a se aplica problemelor de mediu ce apar la nivel regional. (Tarantini et al., 2009)

ECV este un instrument analitic ce oferă *informații ca suport pentru decizii*, dar nu poate înlocui procesul de decizie. În ECV calitatea datelor are o influență majoră asupra rezultatelor și de aceea o evaluare corectă a datelor reprezintă un pas foarte important în ECV (Guinee, 2002).

ECV este o metodă de management de mediu folosită pentru evaluarea aspectelor de mediu ale sistemelor-produs și a impacturilor potențiale asociate și care este condusă prin *parcurgerea a patru etape*:

- definirea scopului și a domeniului de aplicare
- analiza inventarului pentru elementele relevante de intrare și ieșire ale unui sistem-produs
- evaluarea impacturilor potențiale asupra mediului
- interpretarea rezultatelor analizei inventarului și a fazei de evaluare a impacturilor (SETAC, 1992).

Categoriile cele mai importante ce pot fi evaluate sunt:

- *Potențialul de încălzire globală sau schimbările climatice (GWP Global Warming Potential)* Potențialul de încălzire globală (GWP) se calculează în termeni de potențial de încălzire pentru 100 de ani al unui kilogram de gaz, comparativ cu un kilogram de CO₂
- *Toxicitatea umană (HTP Human Toxicity Potential)* se referă la impactul substanțelor toxice asupra sănătății umane. Emisiile totale pot fi evaluate în termeni de echivalent benzen (cancerigene) și echivalent toluen (non-cancerigene) (Hertwich et al, 2001).
- *Potențialul de formare de foto-oxidanți (POCP Photochemical Ozone Creation Potential)* se referă la formarea de compuși chimici cum este ozonul O₃ (cel mai important dintre acești compuși) din interacțiunea razelor soarelui cu poluanți ai aerului. (GHK and Bio Intelligence Service, 2006).
- *Potențialul de ecotoxicitate acvatică FAETP (Freshwater Aquatic Ecotoxicity Potential)* se referă la impactul substanțelor toxice asupra ecosistemelor acvatice. Unitatea de măsură pentru FAETP este echivalentul de 1,4-diclorobenzen / kg emisie. Indicatorul se poate aplica la scară globală, continentală sau regională (Garrett and Collins, 2009).
- *Potențialul de acidificare (AP Acidification Potential)* se folosește pentru a descrie efectul de acidificare a substanțelor, potențialul acestora de a forma acizi (abilitatea de a forma ioni de hidrogen). Se calculează în comparație cu o substanță de referință dioxidul de sulf (SO₂). (GHK and Bio Intelligence Service, 2006).
- *Potențialul de eutrofizare* se referă la atingerea unor nivele foarte ridicate în mediu a macronutrienților. Cei mai importanți sunt azotul N și fosforul P. În majoritatea cazurilor gradul de eutrofizare este dat de către fosfor, dar în ecosistemele marine și terestre de cele mai multe ori factorul decisiv este azotul. (GHK and Bio Intelligence Service, 2006).

6.3.2.2. Evaluarea Ciclului de Viață (ECV) aplicată studiului de caz

Definirea scopului și a domeniului de aplicare

Studiul de față se referă la evaluarea performanței de mediu a patru SGDS ce pot fi utilizate în județul Cluj:

- Scenariul #1 reflectă situația actuală a gestionării deșeurilor în județul Cluj, adică deșeurile sunt colectate amestecat și sunt transportate direct la depozitul de deșeuri, fără un tratament prealabil;
- Scenariul #2. În acest scenariu s-a inclus un Centru Integrat de Management al Deșeurilor SMID care include: o stație de sortare, o stație de compostare, o instalație de reciclare și depozitul ecologic. În Scenariul 2 s-a considerat că deșeurile se colectează amestecat după care se transportă la SMID și se sortează în două fracții umedă și uscată. Frația umedă (biodeșeul) se tratează în stația de compostare, iar reziduurile de la compostare și fracția uscată sunt depozitate.
- Scenariul #3 se referă la colectarea amestecată a deșeurilor, sortarea în cele două fracții și compostarea biodeșeului ca și în Scenariul #2. La acestea se adaugă reciclarea materialelor: plastic, hârtie, sticlă, lemn și metal, sortate în prealabil în stația de sortare. Reziduurile provenite de la compostare, reciclare și alte deșeuri rămase după sortare sunt depozitate.

- Scenariul #4. La procedeele prezentate în Scenariul#3 se adaugă separarea deșeurilor periculoase menajere care sunt transportate la incinerator.

Deșeurile municipale solide (DMS) luate în calcul în acest studiu sunt deșeurile generate de către populație, instituții și zone comerciale. Tipurile de deșeuri luate în considerare sunt: deșeurile reciclabile (plastic, sticlă, carton, metal și lemn), deșeurile biodegradabile și alte deșeuri (textile și deșeuri periculoase din deșeuri menajere).

Pentru efectuarea acestui studiu s-a folosit un software specific GaBi4, furnizat de către compania PE International. Este printre primele studii de acest gen efectuat în România, în domeniul deșeurilor, cu ajutorul acestui software specific ca instrument de analiză a ciclului de viață a sistemelor de gestionare a deșeurilor solide.

Procesul unitar sau unitatea funcțională

Unitatea funcțională a acestui studiu o reprezintă cantitatea și compoziția de deșeuri municipale solide DMS generate în județul Cluj în anul 2010. Limita sistemului pentru ECV a fost selectată ca fiind momentul în care materialele au încetat să mai aibă valoare economică și au devenit deșeuri.

Câțiva parametri de intrare referitori la compoziția deșeurilor au fost aproximați, iar fluxurile de deșeuri luate în studiu sunt:

- biodeșeuri 46,5 % (deșeuri verzi, deșeuri provenite din bucătărie, deșeuri biodegradabile vegetale),
- hârtie reciclabilă 19% (reviste și jurnale, materiale publicitare, cărți, hârtie de birou, hârtie curată, hârtie și carton, cutii),
- aluminiu 3% (folie, doze),
- sticlă 4% (sticlă curată, sticlă verde, sticlă maro, alte tipuri de sticlă),
- plastic 20% (plastic moale, plastic dur, butelii de plastic),
- lemn 3,5%
- alte deșeuri 6% (textile, deșeuri periculoase din deșeuri menajere, deșeuri stradale etc).

Datele de intrare în sistem au fost obținute din investigații proprii sau parțial furnizate de către ARPM Cluj-Napoca (Agenția Regională pentru Protecția Mediului) (ARPM Cluj-Napoca, 2010), iar parametrii de intrare în sistem referitori la compoziția deșeurilor au fost aproximați.

Presupuneri luate în calcul în prezentul studiu

Cantitatea totală de deșeuri utilizată ca parametru de intrare pentru toate cele patru scenarii este de aproximativ 197.000 tone/an și corespunde valorii înregistrate în anul 2010 pentru județul Cluj.

Transportul

S-a considerat că transportul deșeurilor între punctele de colectare, CMID și incinerator este același pentru toate scenariile. Pentru primul scenariu, kilometrii parcurși s-au distribuit între punctele de colectare amestecată a deșeurilor și depozitul de deșeuri. Pentru celelalte trei scenarii (Scenariile #2, #3 și #4) transportul s-a distribuit între punctele de colectare a deșeurilor

și CMID. Acesta din urmă include o stație de sortare, o stație de compostare, o instalație de reciclare și depozitul ecologic. S-a considerat că CMID este situat la distanțe aproximativ egale de fiecare colț al județului.

Pentru Scenariul #4, transportul ar fi trebuit să fie mai mare datorită adăugării transportului reziduurilor de la CMID la incinerator, însă datorită distanței scurte între CMID și incinerator (aprox. 10 km) nu s-a luat în considerare această distanță.

De asemenea s-a considerat că transportul deșeurilor de la punctele de colectare la CMID este o constantă pentru toate scenariile. Aproximările au fost făcute în baza faptului că datele statistice referitoare la transportul deșeurilor sunt insuficiente, iar pentru distanțele scurte (< 1000 km) cum sunt cele dintre punctele de colectare ale deșeurilor și CMID, contribuțiile la impactul asupra mediului sunt scăzute (Smith et al., 2001; Beigl și Salhofer, 2004; Salhofer et al., 2007).

Implicațiile energetice sau de mediu referitoare la *colectarea deșeurilor* nu au fost luate în considerare în prezentul studiu. S-a considerat că aceasta este o colectare mixtă comună celor patru scenarii, din care prin sortare manuală se desprind principalele fluxuri de deșuri.

Sistemul limită

Sistemul limită se referă la procesele incluse în cele patru scenarii:

- Compostarea, reciclarea, incinerarea și depozitarea;
- Generarea de emisii directe de poluanți din procesele de compostare, incinerare, reciclare și depozitare;
- Producerea de energie.

Analiza inventarului s-a efectuat în vederea comparării impactului diferitelor scenarii asupra mediului. Impactul unui scenariu reprezintă suma impacturilor generate de către fiecare proces în parte, prezent în acel scenariu.

Scenariile analizate

Cele patru scenarii analizate în acest studiu au sistemele-limită prezentate în **figura 6.3.5**.

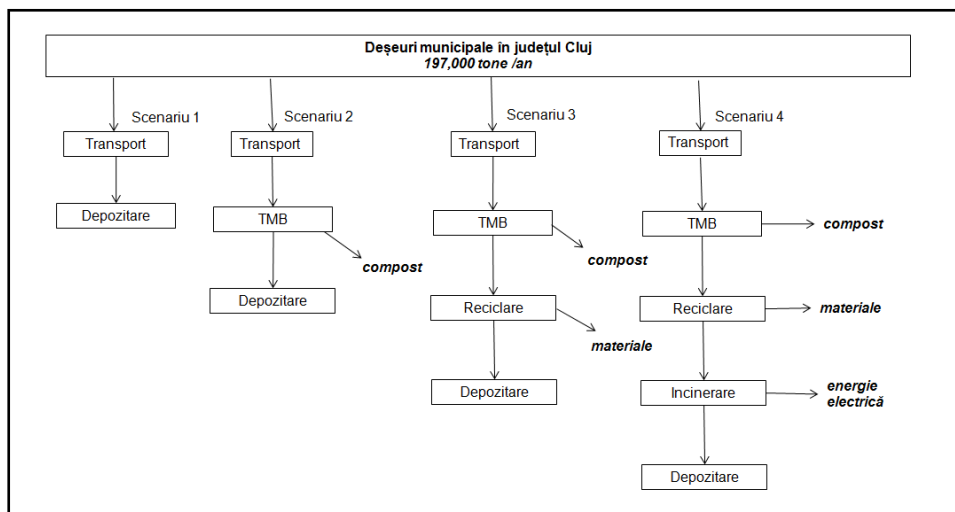


Figura 6.3.5. Sistemul-limită a scenariilor analizate în prezentul studiu

Scenariul #1 se referă la un sistem simplu de gestionare a deșeurilor ce include colectarea amestecată a deșeurilor, urmată de transportul acestora la depozitul municipal neconform. Aceasta este situația actuală a gestionării deșeurilor menajere în județul Cluj. În acest caz depozitarea reprezintă metoda de eliminare a deșeurilor colectate. Prin comparație, în Uniunea Europeană în 1995 se depozita aproximativ 62% din totalul deșeurilor solide generate, iar în 2005 se depozita aproximativ 44% (ETC/RWM, 2008).

Cantitatea totală de deșeuri municipale generate în județul Cluj în anul 2010 a fost de aproximativ 197.000 tone. (ARPM Cluj-Napoca, 2010). Această cantitate a fost folosită ca element de intrare pentru toate cele patru scenarii. Compoziția deșeurilor a fost aproximată și este următoarea: deșeuri biodegradabile 46,5%, hârtie 17%, plastic 21%, metal 3%, sticlă 3%, lemn 5%, alte deșeuri (textile, deșeuri periculoase din deșeuri menajere, deșeuri stradale etc) 6%. Compoziția deșeurilor s-a păstrat aceeași pentru toatele cele patru scenarii.

Scenariul #2 prezintă o îmbunătățire a Scenariului #1 cu o operație de compostare a deșeurilor biodegradabile. Aceasta a fost adăugată înaintea depozitării. Din cantitatea inițială de deșeuri de 197.000 tone folosită ca element de intrare, o cantitate de 92.000 tone de deșeuri umede se tratează pentru a obține compost (59.000 tone), în timp ce deșeurile uscate (105.000 tone) sunt transportate la depozit. Reziduurile obținute după fabricarea compostului (33.000 tone) sunt de asemenea transportate la depozit.

Scenariul #3 include următoarele etape: colectare, transport, compostare, reciclare și depozitare. Față de Scenariul #2, în Scenariul #3 a fost introdusă reciclarea. S-a considerat că aceasta se realizează pentru următoarele fluxuri de deșeuri: hârtie, plastic, sticlă, metal și lemn, în vederea recuperării de materiale și a economisirii materiei prime. Cantitățile de deșeuri destinate reciclării au fost calculate astfel: hârtie 33.000 tone, plastic 39.000 tone, sticlă 8.000 tone, metal 6.000 tone și lemn 7.000 tone. Reziduurile provenite de la procesele de reciclare (24.000 tone) și compostare (33.000 tone) împreună cu fracția „alte deșeuri” (12.000 tone) se consideră că sunt transportate direct la depozit.

Față de Scenariul #3 *Scenariul #4*, include incinerarea ca metodă de eliminare a deșeurilor periculoase menajere, iar depozitarea rămâne metoda de eliminare finală pentru reziduurile provenite de la operațiile de tratare. Reziduurile de la compostare și reciclare împreună cu părțile de deșeuri stradale și textile din fracția „alte deșeuri” sunt transportate la depozitul de deșeuri (total 66.929,50 tone). Partea de deșeuri periculoase menajere din fracția „alte deșeuri” (788 tone) este transportată la incinerare. Cenușa de bază rezultată în urma incinerării este transportată de asemenea la depozit (214, 01 tone) (**figura 6.3.6**). **Figura 6.3.6.** prezintă balanța de masă a sistemului de gestionare a deșeurilor din Scenariul #4.

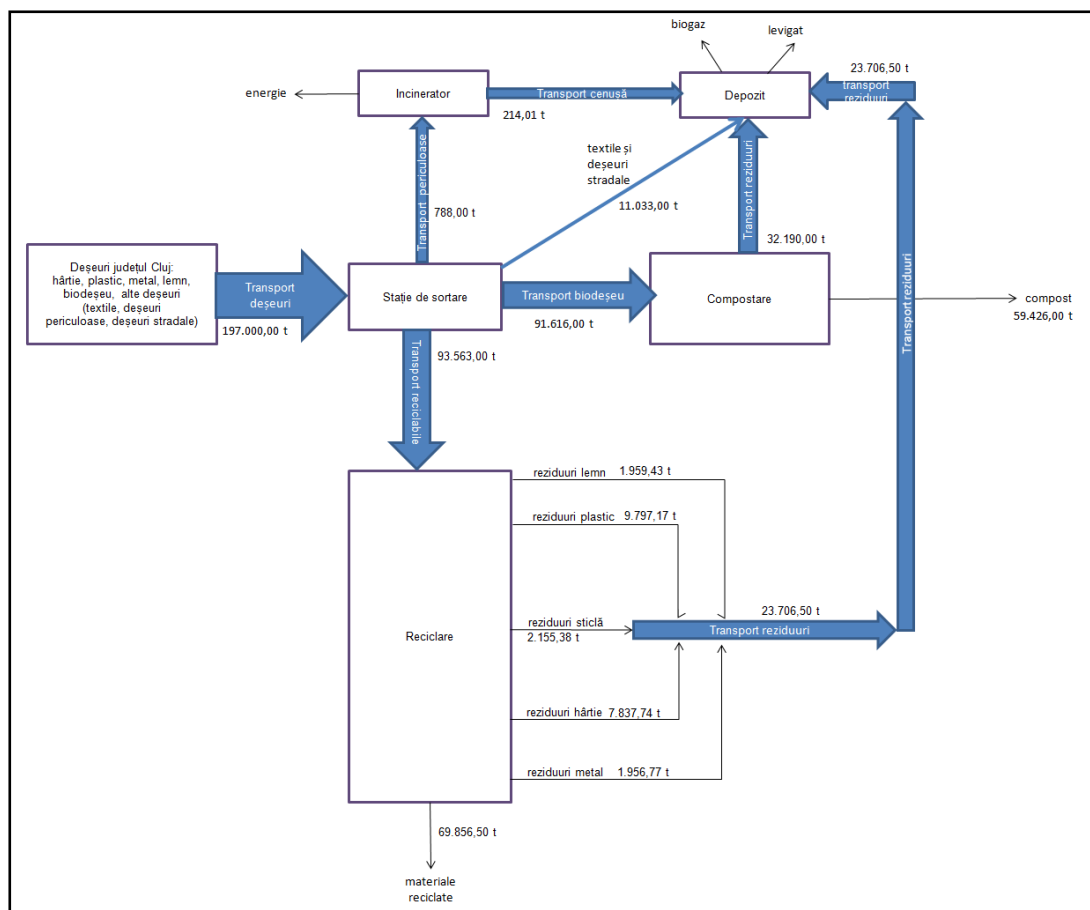


Figura 6.3.6. Balanța de masă calculată pentru Scenariul #4.

Analiza inventarului evaluării ciclului de viață

În prezentul studiu s-a folosit programul GaBi4 ca instrument de analiză a ciclului de viață a sistemelor de gestionare a deșeurilor solide. S-a folosit versiunea pentru universități, a acestui program conceput de către Institutul pentru Testarea Polimerilor și Știința Polimerilor al Universității din Stuttgart în colaborare cu societatea PE Europe GmbH, Germania.

Programul GaBi4 este un instrument ce creează balanțe complete ale ciclului de viață elaborate pe baza inventarului și care ajută la analizarea datelor și la interpretarea rezultatelor. Sistemul poate fi utilizat ca parte a tuturor metodelor de modelare și de analiză legate de procesele ce la rândul lor se leagă între ele. Caracteristicile sale fundamentale permit analiza materialului și a energiei, referitor la studiul obiectivelor, condițiilor sistemului limită și a cantităților de referință, precum și la evaluarea impactului asupra mediului. GaBi 4 este de asemenea un sistem modular ceea ce înseamnă că planurile, procesele și fluxurile formează unități modulare. Are o structură clară și transparentă, o bază de date pentru inventarul ciclului de viață, iar analiza ciclului de viață și modelele cantitative sunt separate cu grijă între ele, din acest motiv modulele individuale fiind ușor de manevrat. Sistemul este flexibil și transparent și poate fi extins cu ușurință la sisteme noi sau la cele mai recente descoperiri din categoriile de impact ale ciclului de viață. Programul poate calcula balanțe la diferite niveluri de detaliere,

facilitând identificarea punctelor slabe (PE Europe GmbH and IKP University of Stuttgart, 2012).

Datele disponibile folosite în acest studiu au fost obținute de la ARPM (Agenția Regională pentru Protecția Mediului). Acestea includ cantitățile de deșeuri, compoziția și datele operaționale de la depozitul de deșeuri. În cazurile în care anumite date nu au fost disponibile, au fost utilizate date din baza europeană de date a programului GaBi4 (acestea includ date despre infrastructură, materii prime, substanțe chimice și producerea de energie).

6.3.3. Rezultate și discuții

Rezultatele simulării celor patru scenarii, cu ajutorul programului GaBi4, au furnizat o mai bună înțelegere a aspectelor de mediu ale acestora. Acest lucru s-a realizat prin metoda ECV, ca instrument utilizat pentru a compara diferitele opțiuni de tratare și/sau eliminare. Rezultatele obținute arată că ECV, ca instrument de evaluare de mediu, poate fi aplicat cu succes ca suport de decizie într-un sistem de gestionare integrată a deșeurilor solide și poate fi utilizat în mod adecvat pentru activitățile de gestionare a deșeurilor. Evaluarea ciclului de viață însă rămâne în esență o tehnică bazată pe estimare, deoarece funcționează cu incertitudini (Ekvall et al, 2007) și încă mai există o lipsă de consens în ceea ce privește metodologia de determinare a calității datelor și a efectelor incertitudinilor (Bernstad și La Cour, 2011). Metodologia utilizată din cadrul software-ului Gabi 4, pentru calcularea impacturilor potențiale de mediu, este CML 2001.

Pentru interpretarea rezultatelor s-a aplicat o normalizare (Wegener et al, 2008). Această normalizare constă într-o caracterizare numerică a impacturilor de mediu obținute în urma analizei inventarului multiplicată cu factorul de normalizare pentru fiecare categorie de impact (Pennington et al., 2004) și preluat din studiul autorilor Wegener et al (2008+).

Figurile 6.3.7 și 6.3.8 prezintă contribuțiile Scenariilor 1-4 la categoriile de impacturi potențiale asupra mediului luate în studiu. Valorile negative ale impacturilor potențiale asupra mediului reprezintă faptul că acestea pot fi evitate, deci scenariul respectiv are o influență benefică asupra mediului. (PE Europe GmbH și IKP University of Stuttgart, 2012).

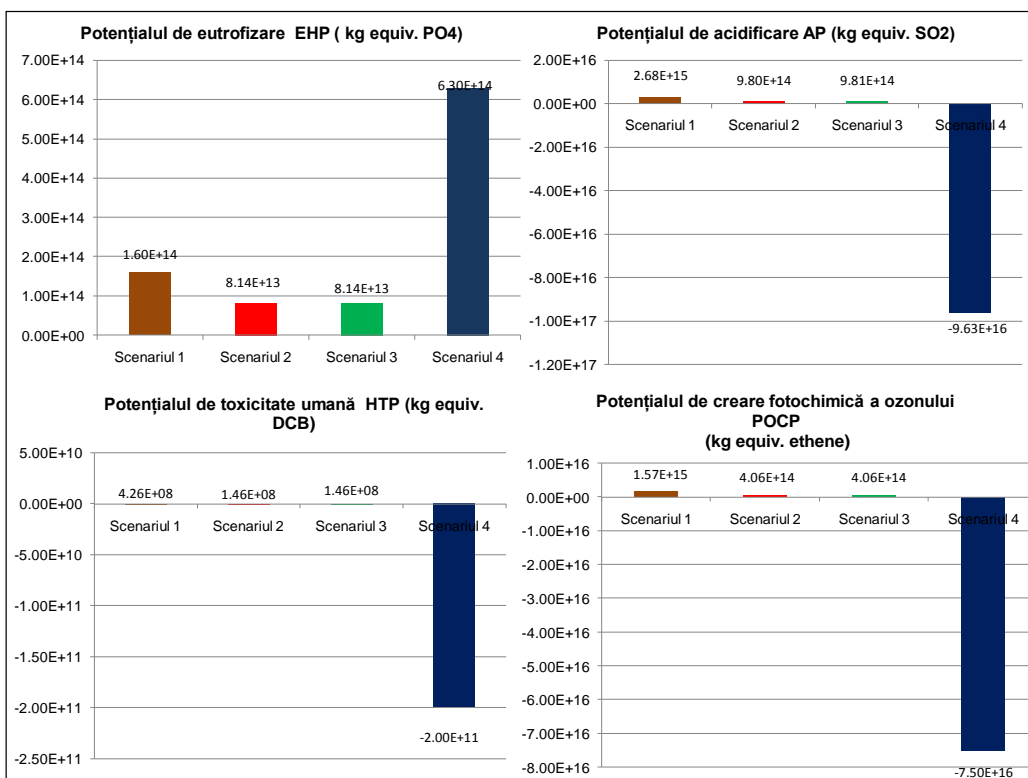


Figura 6.3.7. Contribuțiile Scenariilor 1-4 la impacturile potențiale asupra mediului: EHP, AP, HTP și POCP.

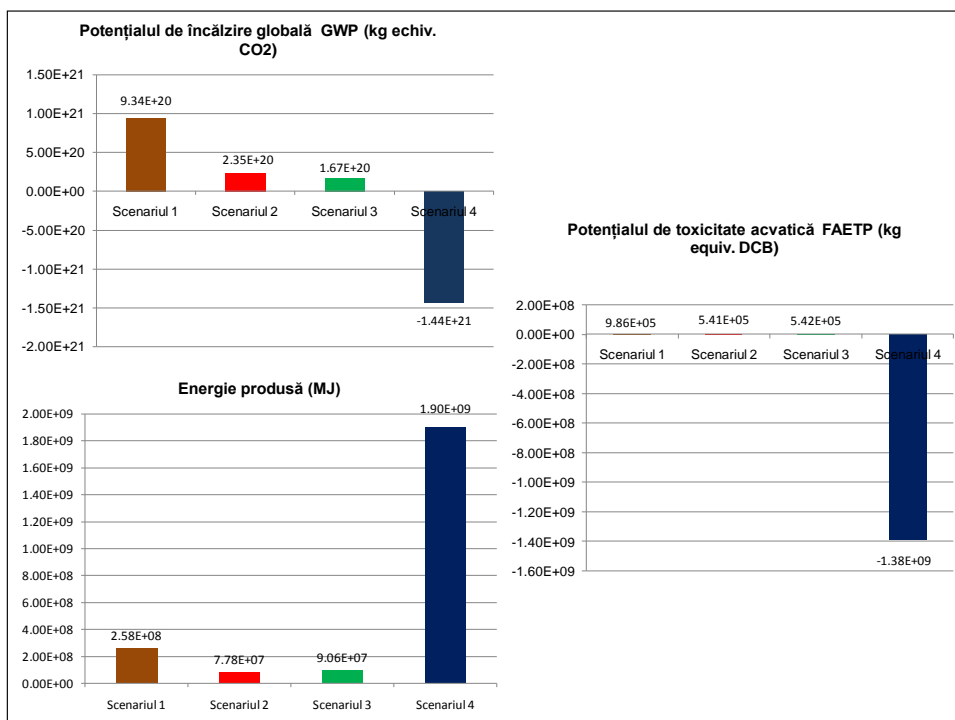


Figura 6.3.8. Contribuțiile Scenariilor 1-4 la impacturile potențiale asupra mediului: GWP, FAETP și energia produsă.

Rezultatele arată că Scenariul #4 furnizează cea mai mare recuperare de energie, datorată însumării energiei produse prin utilizarea biogazului provenit de la depozit, cu producerea de energie de la incinerator. Scenariile #1 și #2 prezintă cele mai scăzute valori.

Emisiile directe de poluanți provenite de la depozitare și incinerare joacă un rol important, în timp ce impactul potențial generat de transport și infrastructură nu prezintă valori foarte mari. De asemenea, o importanță majoră o prezintă recuperarea de energie în procesele de incinerare și depozitare (prin utilizarea biogazului).

6.3.4. Concluzii

În studiul de față s-au luat în considerare patru sisteme de gestionare a deșeurilor municipale solide cu scopul de a determina cel mai favorabil scenariu în raport cu mediul.

Cele mai importante concluzii ale acestui studiu sunt următoarele:

- În toate scenariile impactul potențial de încălzire globală a avut o contribuție dominantă, valorile negative apărând datorită recuperării mari de energie de la incinerator;
- În toate scenariile impactul potențial de eutrofizare joacă un rol important;
- Cea mai mare cantitate de energie produsă corespunde Scenariului #4 datorită prezenței incineratorului în sistem;
- Pentru toate categoriile de impact, Scenariul #1 reiese a fi cea mai defavorabilă opțiune;
- Scenariul #4 a reieșit a fi cea mai bună opțiune datorită recuperării de energie și a valorilor scăzute pentru toate categoriile de impact, cu excepția eutrofizării. În acest caz este indicată introducerea unei stații de epurare pentru reducerea nivelurilor emisiilor de azot și fosfor.

De asemenea, trebuie menționat că rezultatele studiului depind de caracteristicile deșeurilor municipale solide și de gestionarea acestora în județul Cluj. În alte zone, probabil că rezultatele vor arăta diferit în funcție de caracteristicile deșeurilor, de tehnologiile și datele disponibile luate în calcul.

În concluzie, rezultatele studiului arată că un sistem de gestionare integrată a deșeurilor bazat pe separarea la sursă a deșeurilor, transportul anumitor fracții de deșeuri la diferite instalații de tratare, incinerarea anumitor fracții și depozitarea ca opțiune finală de eliminare (cazul Scenariului #4), este mai eficient decât acela în care se utilizează o singură opțiune de eliminare a deșeurilor (cazul Scenariului #1) sau o singură opțiune de tratare (cazul Scenariului #2).

CAPITOLUL VII

PROPUNERI DE EFICIENTIZARE A ACTUALULUI SISTEM DE GESTIONARE A DEȘEURILOR MENAJERE ÎN JUDEȚUL CLUJ

În urma analizării problemelor identificate în gestionarea actuală a deșeurilor menajere în județul Cluj și a obținerii rezultatelor simulării scenariilor de gestionare a deșeurilor menajere, s-a considerat oportună propunerea unui sistem integrat de gestionare a deșeurilor menajere (SIGDM) în județul Cluj (**Figurile 5.1 și 5.2**) (Popita et al, 2011).

Pentru a putea explica mai în detaliu etapele acestui sistem s-au delimitat zona urbană de zona rurală și s-au prezentat etapele principale ale acestui sistem pentru cele două zone: colectarea, transportul, tratarea, incinerarea și depozitarea deșeurilor.

Pentru colectarea selectivă a deșeurilor în *aria urbană* se propune un sistem combinat ce cuprinde:

- automate de reciclare (acestea ar trebui să fie achiziționate de producătorii de ambalaje) pentru *ambalaje din sticlă, PET-uri și doze de aluminiu*, pentru a stimula financiar cetățenii să colecteze selectiv deșeurile;

- colectarea selectivă la sursă a *deșeurilor de hârtie, a deșeurilor solide mixte amestecate cu metale, a deșeurilor periculoase menajere și a deșeurilor organice*. Colectarea trebuie corelată cu frecvența de ridicare a acestora de către companiile de salubritate și cu alcătuirea unui calendar de colectare.

- colectarea selectivă la sursă sau în puncte de colectare a *DEEE, a bateriilor portabile și a deșeurilor voluminoase*. Pentru aceste tipuri de deșeuri este necesară alcătuirea unui calendar de colectare de către companiile de salubritate (Popita et al, 2011).

SIGDM poate păstra structura propusă de proiectul autorităților județene Cluj și anume:

- Trei stații de transfer în Huedin, Mihai Viteazu și Gherla;
- Un Centru de Management Integrat al Deșeurilor CMID la Cluj Napoca, constând din:
 - 1 instalație de sortare, de recuperare a materialelor reciclabile;
 - 1 instalație pentru tratarea mecano-biologică a deșeurilor biodegradabile;
 - 1 depozit județean de deșeuri;
 - Infrastructura suplimentară (instalație de tratare a apelor uzate, utilități, facilități administrative etc).

SIGDM pentru zona urbană din județul Cluj include etapele din **figura 7.2**.

Deșeurile organice împreună cu *cele din parcuri, piețe și grădini* vor fi transportate la STMB, unde se va obține un compost ce poate fi comercializat ulterior. Reziduurile de la TMB vor fi transportate la depozitul ecologic. *Deșeurile stradale* pot fi sortate manual la depozitul de deșeuri în vederea recuperării materialelor reciclabile (plastic, metal, sticlă) (Popita et al, 2011).

SIGDM pentru zona rurală din județul Cluj include etapele din **figura 7.3**:

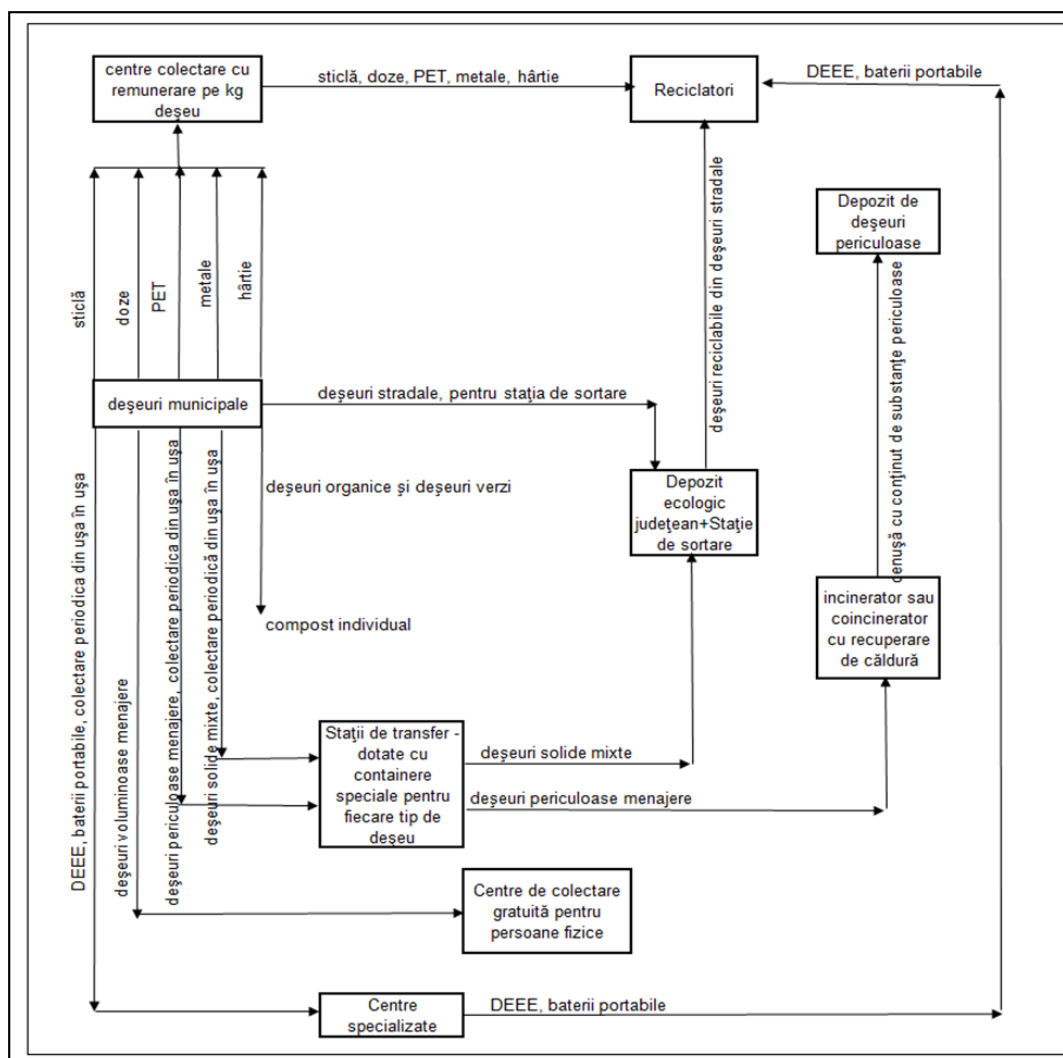


Figura 7.3. Sistem de gestionare integrată a deșeurilor menajere pentru zona rurală

În *aria rurală* se vor înființa *centre de colectare* care să funcționeze în sistem depozit, pentru următoarele categorii de deșeuri reciclabile: *sticlă, PET, doze de aluminiu, hârtie, carton și metale*, acestea urmând apoi a fi duse direct la reciclatori.

Deșeurile organice se vor composta direct în gospodării, urmând a fi folosite ca fertilizant pentru grădini.

Deșeurile voluminoase, DEEE, bateriile portabile, deșeurile solide mixte și deșeurile periculoase menajere vor fi colectate selectiv și ridicate de către companiile de salubritate. *DEEE și bateriile portabile* vor fi duse în centrele specializate. *Deșeurile voluminoase* vor fi duse la stațiile de transfer, de unde vor ajunge la STMB, unde vor urma același curs cu cele colectate din mediul urban. *Deșeurile periculoase menajere* împreună cu *deșeurile solide mixte*

vor fi transportate la incineratorul sau co-incineratorul cu recuperare de căldură (Popita et al, 2011).

Pentru a putea interpreta rezultatele obținute s-a efectuat o analiză SWOT ce duce la obținerea de concluzii asupra satisfacerii scopului și obiectivelor studiului.

CAPITOLUL VIII

CONCLUZII

În ultimele decade, gestionarea deșeurilor solide a devenit un domeniu important pentru cercetarea științifică și tehnologică din lumea întreagă. Probleme esențiale din domeniul mediului, cum ar fi poluarea, recuperarea de energie și chiar efectele asupra sănătății umane, au o legătură directă cu gestionarea deșeurilor. Diminuarea impactului asupra mediului pe care-l are gestionarea deșeurilor reprezintă o urgență, acest lucru putându-se realiza prin utilizarea de tehnici și tehnologii potrivite. Datorită naturii complexe a deșeurilor, este necesară utilizarea unui complex de tehnologii de tratare/eliminare a acestora, pentru a gestiona toate tipurile de deșeuri într-un mod durabil.

Lucrarea a fost motivată de analiza situației actuale a sistemului de gestionare a deșeurilor în județul Cluj, corelată cu analiza obiectivelor prevăzute în legislație (obiective cu termene exacte de îndeplinire) precum și de perspectiva introducerii unui sistem integrat de management a deșeurilor la nivel județean. Au fost, de asemenea, luate în calcul rezultatele a două sondaje de opinie efectuate în două arii de tip urban, respectiv rural ale județului Cluj. Analiza efectuată a condus la următoarele concluzii:

- majoritatea persoanelor chestionate nu cunosc situația reală a gestionării deșeurilor în localitatea de care aparțin
- dezvoltarea unui sistem de gestionare a deșeurilor menajere, atât în zona urbană cât și în cea rurală, este acceptată și așteptată de către populație
- majoritatea persoanelor sunt interesate de existența unor facilități de plată pentru colectarea selectivă a deșeurilor și este dispusă să își asume riscurile plății unor amenzi în cazul nerespectării acestora
- populația este dispusă să colaboreze cu instituțiile care au îndatoriri în acest domeniu, pentru o mai bună gestionare a deșeurilor
- este necesară inițierea de campanii de sensibilizare și de informare adresate publicului larg sau unor categorii speciale de consumatori

În urma analizării acestor chestionare și a bibliografiei, s-a considerat că cea mai mare problemă, în domeniul gestionării deșeurilor menajere în județul Cluj, este lipsa unui sistem integrat de gestionare a deșeurilor. De asemenea, este importantă și evaluarea poluării factorilor de mediu cauzată de către instalațiile de eliminare a deșeurilor menajere existente în județ și anume depozitele de deșeuri neconforme.

Partea experimentală și metodologia de studiu a tezei este structurată pe *trei direcții principale de cercetare*:

- evaluarea poluării factorilor de mediu (apă, aer, sol) provocată de către spațiile de depozitare rurală și depozitele municipale
- estimarea emisiilor de metan și dioxid de carbon de pe suprafața depozitului Pata Rât
- modelarea unor sisteme de gestionare a deșeurilor și alegerea variantei optime în raport cu mediul, cu factorii economici, sociali etc, pentru județul Cluj

Prima direcție de cercetare își propune să contribuie la conturarea unei imagini de ansamblu a gestionării actuale a deșeurilor menajere în județul Cluj și la evaluarea poluării factorilor de mediu de către depozitele de deșeuri. Pentru aceasta s-a studiat actualul sistem de gestionare a deșeurilor atât din surse bibliografice, așa cum este acesta prezentat în documentele de specialitate ale Agenției Regionale pentru Protecția Mediului Cluj, cât și prin vizite pe teren, efectuate la depozitele de deșeuri rurale și orășenești din județ. Menționăm că ultimul studiu complex ce a cuprins analize de apă de suprafață, sol, aer și apă subterană a fost efectuat în anul 2001 la depozitul Pata Rât, de către o firmă specializată.

În ce privește fostele amplasamente rurale de depozitare a deșeurilor, este pentru prima dată când în județul Cluj se efectuează analize de apă și sol pentru evaluarea poluării acestor factori de mediu. În cursul acestor vizite s-au recoltat probe de apă, sol și aer în vederea analizării acestora din punct de vedere fizic și chimic. Probele de apă au fost recoltate din pârâurile ce trec prin apropierea spațiilor rurale de depozitare a deșeurilor, iar solul s-a recoltat dimprejurul acestora. Analizele fizico-chimice ale apei au constat în determinări de pH, TDS, conductivitate, potențial de oxido-reducere, salinitate și metale (Cr, Mn, Pb, Cd, Fe, Ni și Zn).

În apele analizate în cele două arii rurale au fost determinate valori ridicate pentru Ni, Pb, Cd și Cr. Interpretarea rezultatelor a fost făcută cu ajutorul metodei integrate cantitative de evaluare a impactului și riscului de mediu MICEIRM. Impactul și riscul de mediu în cazul apei de suprafață au valori mari, ceea ce înseamnă că aceasta conține cantități mari de poluanți fiind necesară luarea de măsuri de control și prevenire a poluării acesteia cu metale.

Analizele de sol din aria rurală 1 arată că din 8 măsurători pentru Pb, 6 valori sunt peste valoarea normală VN prevăzută în legislație, iar pentru Cd doar 1 probă depășește această valoare normală. În aria rurală 2, din 8 măsurători pentru Pb, 1 valoare depășește pragul de intervenție, 1 valoare depășește pragul de alertă, restul de 6 depășind valorile normale. Pentru Cd, 3 probe din 8 prezintă valori peste VN, iar pentru Cu și Ni doar 1 probă depășește VN.

Din cele de mai sus reiese că solurile din cele două zone sunt poluate la rândul lor cu metale grele, însă într-o măsură mult mai mică decât în cazul apelor. Pentru redarea acestor terenuri pentru folosințe mai puțin sensibile, este necesară monitorizarea zonelor și refacerea peisajului. Din observațiile de teren reiese că, în mare parte, terenurile destinate fostelor spații rurale de depozitare a deșeurilor sunt abandonate, nu sunt reamenajate și nici monitorizate de către autoritățile locale, aceste terenuri putând fi considerate ca fiind ieșite din circuitul celor utilizabile. Mai mult, acestea pot fi focare de infecție pentru animale și chiar pentru persoanele ce locuiesc în apropierea zonelor respective.

În ce privește calitatea pârâului Zăpodie, ce curge la baza depozitului Pata Rât, aceasta prezintă o înrăutățire în aval de perimetrul depozitului, înregistrându-se depășiri ale concentrației maxime admise de lege la toate elemente analizate, ajungând la clasa V. Pe lângă analizele efectuate pe probele de apă prelevate din zonele rurale, pentru pârâul Zăpodie s-au analizat și următorii parametri chimici: CCO-Cr, CBO5, NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, P total și reziduul fix.

Analizele efectuate pe probele de sol cu privire la concentrația de metale grele indică o poluare mai ridicată cu Cu și Pb, ale căror valori medii depășesc VN prevăzute în legislație.

Nivelul de poluare a aerului este relativ redus, cu excepția unor episoade accidentale de aprindere a deșeurilor depozitate. Probele de aer prelevate nu indică depășiri ale valorilor normate în legislație.

Totuși, din observațiile de teren, putem evidenția că în afara celor descrise mai sus există o poluare vizuală puternică și un miros persistent, ce afectează comunitățile din apropiere. Este foarte probabil ca levigatul ce se infiltrează în sol să afecteze calitatea pânzei freatice, după cum au indicat și studiile efectuate în 2001.

Persoanele ce trăiesc în apropiere sunt expuse la pericole de infectare cu diverse boli datorită dezvoltării unui mare număr de insecte și rozătoare, cunoscute ca vectori ai unor boli infecțioase și parazitare. Turmele de animale ce pasc în zonă și se adapă din pârâul Zăpodie, în aval de depozit, prin ingerarea de cantități mari de poluanți din apă sunt expuse la pericole. Implicit și persoanele care consumă produsele rezultate de la aceste animale sunt expuse riscului de îmbolnăvire.

În cazul depozitului Pata Rât, este necesară luarea de măsuri urgente de: colectare a levigatului pentru evitarea poluării în continuare a apei de suprafață și eventual subterane, stoparea oricărei forme de depozitare a diverse deșuri reciclabile, inițierea procedurilor de închidere a depozitului, colectare și tratare a biogazului, monitorizare post-inchidere, curățarea zonei, evacuare a persoanelor care locuiesc în perimetrul acestui depozit, acoperire cu strat vegetal și reamenajare a acestuia.

A doua direcție de cercetare constă în estimarea emisiilor de metan și dioxid de carbon de pe suprafața depozitului de deșuri Pata Rât. Această estimare a fost efectuată în vederea evaluării cantității de biogaz pe care acest depozit o generează. Conform informațiilor pe care le deținem, este pentru prima dată în România când emisiile de metan și dioxid de carbon provenite de la un depozit de deșuri municipale sunt măsurate in situ prin metoda camerei închise MCI.

Din cele două seturi de măsurători efectuate în două anotimpuri diferite (primăvara și vara anului 2011) rezultă o medie a valorilor emisiilor de metan de 827 t·an⁻¹ și de 9.102 t·an⁻¹ pentru dioxidul de carbon. În primăvara anului 2011 s-au efectuat 88 de măsurători pe o suprafață de aproximativ 60.000 m², iar în vara anului 2011 s-au efectuat 74 de măsurători pe o suprafață de aproximativ 40.000 m².

Pentru metan, s-a calculat emisia și prin metoda IPCC 2006 Default Methodology (DM) și s-a obținut o valoare de 9,93 Gg·an⁻¹ adică 9.930 t·an⁻¹. Aceasta este de aproximativ 12 ori mai mare decât cea estimată prin măsurătorile in situ, confirmând afirmațiile unor studii anterioare și anume o supraestimare a cantității de metan. Din rezultatele acestui studiu se poate concluziona

că estimarea cantității de metan măsurate in situ este mai fiabilă decât aceea determinată prin metoda IPCC 2006.

A treia direcție de cercetare este modelarea unor sisteme de gestionare a deșeurilor și alegerea variantei optime în raport cu mediul. Acest studiu s-a efectuat utilizând un program specific pentru Evaluarea Ciclului de Viață și anume GaBi4, varianta pentru universități (licență acordată de către compania PE International GmbH Germania). Este printre primele studii de acest gen efectuate în România, în domeniul deșeurilor, cu ajutorul acestui software specific ca instrument de analiză a ciclului de viață pentru sistemele de gestionare a deșeurilor solide.

ECV este o metodă standardizată la nivel internațional pentru identificarea și evaluarea impacturilor de mediu provenite din opțiunile de sisteme de gestionare a deșeurilor și face posibilă luarea în considerare a beneficiilor importante de mediu ce pot fi obținute prin introducerea a diferite procese în sistemul de gestionare a deșeurilor.

S-au luat în calcul patru variante de sisteme de gestionare a deșeurilor. Deșeurile municipale solide (DMS) luate în considerare în acest studiu sunt deșeurile generate de către populație, instituții și zone comerciale și anume: deșeurile reciclabile (plastic, sticlă, carton, metal și lemn), deșeurile biodegradabile și alte deșeuri (textile și deșeuri periculoase din deșeuri menajere).

Scenariul #1 se referă la actualul sistem de gestionare a deșeurilor ce include colectarea amestecată a deșeurilor, urmată de transportul acestora la depozitul municipal neconform. Al doilea scenariu prezintă o îmbunătățire a Scenariului #1 cu o operație de tratare mecano-biologică (TMB) a deșeurilor biodegradabile ce a fost adăugată înaintea depozitării, de această dată într-un depozit ecologic. Scenariul #3 include următoarele etape: colectare, transport, TMB, reciclare și depozitare. Scenariul #4 include incinerarea ca metodă de minimizare a volumului deșeurilor periculoase menajere, iar depozitarea rămâne metoda de eliminare finală pentru reziduurile provenite de la operațiile de tratare.

Rezultatele obținute arată că ECV, ca instrument de evaluare de mediu, poate fi aplicat cu succes ca suport de decizie într-un sistem de gestionare integrată a deșeurilor solide și poate fi utilizat adecvat pentru activitățile de gestionare a deșeurilor. Scenariul #4 a reieșit a fi cea mai bună opțiune datorită emisiilor scăzute de gaze cu efect de seră și a recuperării de energie, provenite în principal de la incinerare.

Propunerile de eficientizare a actualului sistem de gestionare a deșeurilor menajere în județul Cluj vizează o restructurare majoră a întregului sistem, prin introducerea incineratorului, a stațiilor de transfer, a sortării și reciclării în acest circuit și nu în ultimul rând introducerea metodelor de colectare selectivă, diferențiate în ariile rurale și urbane. S-a considerat că factorul uman este foarte important și de aceea s-a propus combinarea metodelor de stimulare a populației în ce privește colectarea selectivă (de exemplu: automatele de reciclare, centrele de preluare a deșeurilor reciclabile cu funcționare în regim depozit, taxe diferențiate de ridicare a deșeurilor amestecate în funcție de cantitatea de deșeuri reciclabile colectată selectiv) cu metodele de constrângere (cum ar fi amenzile aplicate în caz de nerespectare a deciziilor adoptate în comun de către cetățeni și administrațiile publice locale). De asemenea, considerăm

că este de o importanță majoră organizarea de către administrația publică de campanii de informare periodică și continuă a cetățenilor asupra bunei funcționări a sistemului, precum și introducerea în școli (indiferent de profil) a unei informări ample și periodice legate de buna gestionare a deșeurilor în general și a păstrării curățeniei

În urma analizei SWOT considerăm că sistemul propus are multe puncte tari care demonstrează fiabilitatea și fezabilitatea sistemului. Amenințările care există legate de instabilitatea politică și de penalizările ce pot fi aplicate în caz de neîndeplinire a obiectivelor, sunt periculoase și impun o implementare cât mai rapidă a unui sistem de gestionare a deșeurilor.

Ca o *concluzie generală* și o recomandare pentru viitoarele proiecte de gestionare a deșeurilor, considerăm necesară efectuarea de investigații și analize corespunzătoare, măsurători in situ și folosirea de metode moderne de interpretare a rezultatelor, înainte de luarea de decizii majore și de adoptarea unor soluții specifice.

Potențiale direcții de cercetare

Studiile și proiectele de cercetare ce pot avea ca punct de plecare lucrarea de față, ar putea fi următoarele:

- perfecționarea sistemului de gestionare integrată, propus în lucrare, prin studii de fezabilitate economică
- găsirea de soluții moderne de închidere și reamenajare a depozitelor neconforme de deșeuri
- estimarea emisiilor de metan și dioxid de carbon prin măsurători in situ pentru depozitele neconforme din fiecare regiune și implicit pe țară și compararea cu emisiile raportate de România la nivel internațional.
- studiul sistemelor de captare a metanului de pe suprafața depozitelor neconforme de deșeuri și aplicarea sistemului adecvat pentru fiecare depozit.
- elaborarea de simulări detaliate, cu ajutorul programului specific pentru evaluarea ciclului de viață (GaBi4), pentru fiecare operație de tratare/eliminare în parte, ce intră în componența unui sistem de gestionare a deșeurilor precum și includerea detaliilor legate de transport și de diferite metode de colectare a deșeurilor menajere.
- extinderea studiilor efectuate cu ajutorul programului GaBi4 și la alte categorii de deșeuri.

Bibliografie selectivă

- Abichou T., Chanton J., Powelson D., Fleiger J., Escoriaza S., Lei Y., Stern J.,** 2006, *Methane flux and oxidation at two types of intermediate landfill covers*, Waste Management 26, p. 1305–1312.
- Barton J.R., Dalley D., Patel V. S.,** 1996, *Life cycle assessment for waste management*, Waste Management, Vol. 16, Nos 1-3, pp. 35 50
- Beigl P., Lebersorger S., Salhofer S.,** 2008, Modelling municipal solid waste generation: A review. *Waste Management*, 28, 200–214.
- Bernstad A. și La Cour J. J.,** 2011, *A life cycle approach to the management of household food waste – A Swedish full-scale case study*, Waste Management 31 1879–1896.
- Bjarnaddottir HJ, Fridriksson GB, Johnsen T, Sletsen H,** 2002, *Guidelines for the use of LCA in the waste management sector*, Nordtest TR 517, Espoo, Finland: Nordtest, <<http://www.p2pays.org/ref/37/36469.pdf>>; accesat la 28/10/2011.
- Bogner J. și Matthews E.,** 2003, *Global methane emission from landfills: New methodology and annual estimates 1980-1996*, Global Biogeochemical Cycles, 17(2), 1065.
- Chakraborty M., Sharma C., Pandey J., Singh N., Gupta P. K.,** 2011, *Methane emission estimation from landfills in Delhi: A comparative assessment of different methodologies*, Atmospheric Environment ,45, p. 7135-7142.
- Cherubini F., Bargigli S., Ulgiati S.,** 2009, *Life cycle assessment (LCA) of waste management strategies: Landfilling, sorting plant and incineration*, Energy 34, p. 2116–2123.
- Clift R., Doig A., Finnveden G.,** 2000, *The application of life cycle assessment to integrated waste management. Part 1. Methodology*, Trans. IchemE;78(B):279–87.
- Di Bella G., Di Trapani D., Viviani, G.,** 2011, *Evaluation of methane emissions from Palermo municipal landfill: Comparison between field measurements and models*, Waste Management, 31, p. 1820-1826.
- Eriksson O, Frostell B, Björklund A, Assefa G, Sundqvist J-O, Granath J,** 2002, *ORWARE A simulation tool for waste management*, Resources, Conservation and Recycling; 36(4):287–307.
- Finnveden G.,** 1999, *Methodological aspects of life cycle assessment of integrated solid waste management systems*, Resources, Conservation and Recycling; 26:173–87.
- Garrett P.și Collins M.,** 2009, *Life Cycle Assessment of Product Stewardship Options for MercuryContaining Lamps in New Zealand: Final Report*, published for the Ministry for the Environment, New Zealand, on-line la: <http://www.mfe.govt.nz/publications/waste/product-stewardship-options-mercury-containing-lamps/index.html>, 13.06.2012.
- Gavrilescu M.,** 2003, *Risk assessment and management*, Ecozone Press, Iasi, Romania.
- Guinee JB.,** 2002, *Handbook on life cycle assessment—operational guide to the ISO standards*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

- Hațegan Raluca Mariana, Popovici Antoanela, Șandor Marius, Popița Gabriela-Emilia, Roman Cecilia, Levei Erika, Tănăselia Claudiu, Cordoș Emil**, 2011, *Monitoring of heavy metals distribution in waste incineration ash – Case Study*, Environmental Engineering and Management Journal, Volumul 10/2011, no.1, p. 469-473
- Hațegan Raluca Mariana, Popița Gabriela-Emilia, Varga Ildiko, Popovici Antoanela, Frențiu Tiberiu**, 2012, *The environmental impact caused by heavy metals from the non-sanitary municipal landfill Pata Rât-Cluj Napoca*, Studia Chemia, Volumul 57 (LVII), p. 119-127.
- Hegde, Ullas, Chang, Tsan-Chang, Yang, Shang-Shyng**, 2003, *Methane and carbon dioxide emissions from Shan-Ch-Ku landfill site in northern Taiwan*, Chemosphere 52, 1275–1285.
- Hertwich G. Edgar, Mateles F. Sarah, Pease S. William, McKone E. Thomas**, 2001, *Human toxicity potentials for life-cycle assessment and toxics release inventory risk screening*, Environmental Toxicology and Chemistry, Volume 20, Issue 4, pages 928–939.
- Ionescu C.**, 2003, *Curs de Politici de management de mediu*, <http://www.hydrop.pub.ro/polcurs11.pdf>, accesat la 28.06.2011, 17:58
- Jang H, D. și Yang S. S.**, 2001, *Greenhouse gasses emission from municipal solid wastes in the column bioreactor*, J. Biomass Energy Soc. China, 20, 101-112.
- Joseph, K., Viswanathan, C., Trakler, J., Basnayake, B.F.A., Zhou, G.M.**, 2003, *Regional networking for sustainable landfill management in Asia*, Proceedings of the Sustainable Landfill Management Workshop, Anna University, Chennai, pp. 39.
- Livingston, G.P. și Hutchinson, G.**, 1995, *Enclosure-based measurement of trace gas exchange: applications and sources of error*, Matson, P.A., Harriss, R.C. (Eds.), Methods in Ecology, Biogenic Trace Gases: Measuring Emissions from Soil and Water. Blackwell Science, Cambridge, MA., p. 14–52.
- Macoveanu M.**, 2005, *Methods and techniques for environmental impact assessment*, 2nd Edition, Ecozone Press, Iasi, Romania.
- Mattsson B.**, 1999, *Environmental Life Cycle Assessment (LCA) of Agricultural Food production*, Doctoral Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, ISSN 1401-6249, ISBN 91-576-5734-3.
- Morrissey A.J. și Browne J.**, 2004, *Waste management models and their applications to sustainable waste management*, Waste Management; 24:297–308.
- Popița Gabriela-Emilia, Popovici Antoanela, Hațegan Raluca Mariana**, 2010, *Colectarea Selectivă a Bateriilor Portabile Uzate*, Articol bibliografic, ProEnvironment Promediu nr. 3, 2010, p. 278-283
- Popița Gabriela-Emilia, Popovici Antoanela, Hațegan Raluca Mariana**, 2011, *Developing a municipal urban waste management integrated system in Cluj County*, AES Bioflux 3(2):194-205, <http://www.aes.bioflux.com.ro/home/volume-3-2-2011>.
- Popița Gabriela-Emilia, Varga Ildiko, Modoi Cristina, Hațegan Raluca Mariana, Popovici Antoanela**, 2011a, *Heavy metal contamination assessment and its environmental impact in*

- the area of rural waste disposals in Cluj County, Romania*, 2011, Hungarian Journal of Industrial Chemistry Veszprém, Vol. 39(2) p. 271-278.
- Popița Gabriela-Emilia, Frunzeti Nicolae, Adina-Laura Lazar, Artur Ionescu, Călin Baci, Antoanela Popovici, Eugen Vereș**, 2012, *Evaluation of carbon dioxide and methane emissions from Cluj-Napoca municipal landfill*, International Journal of Environmental Pollution, în curs de publicare.
- Popița Gabriela-Emilia**, Varga Ildiko, Gurzau Anca, Bence Fazekas, Redey Akos, Yuzhakova Tatiana, Hațegan Raluca Mariana, Popovici Antoanela, Veres Eugen, 2012a, *Environmental impact and risk assessment in the area of the municipal landfill "Pata Rât" from Cluj - Napoca, Romania*, Environmental Engineering and Management Journal, în curs de publicare.
- Proorocu M.**, 2005, *Waste Management*, Publishing House Napoca Star, ISBN: 973-647-264-7, Cluj-Napoca, 229.
- Robu Brîndușa**, 2005, *Evaluarea impactului și a riscului induse asupra mediului de activități industriale*, Editura Ecozone, Iași, 2005, ISBN 973-7645-00-6, 225 p.
- Robu B. și Macoveanu M.**, 2005, *Environmental impact and risk assessment of an industrial site used for solid wastes disposal, resulted from steel processing*, proc. Of the 3rd International Conference on Ecological Chemistry, 551-560, Chisinau.
- Salhofer S., Schneider F., Obersteiner, G.**, 2007, The ecological relevance of transport in waste disposal systems in Western Europe, *Waste Management*, **27**, 47–57.
- Smith A., Brown K., Ogilvie S., Rushton K., Bates J.**, 2001, *Waste Management Options and Climate Change – Final Report to the European Commission, DG Environment, Luxembourg*. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Tarantini M., Loprieno A. D., Cucchi E., Frenquellucci F.**, 2009, *Life Cycle Assessment of waste management systems in Italian industrial areas: Case study of 1st Macrolotto of Prato*, Energy, 34, p. 613–622.
- Themelis Nickolas J. și Ulloa Priscilla A.**, 2007, *Methane generation in landfills*, Science Direct, Renewable Energy, 32, p. 1243–1257.
- Vishwanathan, C. și Trakler, J.**, 2003, *Municipal solid waste management in Asia: A comparative analysis*, Proceedings of the Sustainable Landfill Management Workshop, 3–5 December Anna University, 2003, pp. 5, 40.3, September 2005, USEPA, Washington.
- XU X.-H., YANG Y.-P., WANG D.-H.**, 2003, *CH₄ emission and recovery from Municipal Solid Waste in China*, ISSN 1009 - 3095 Journal of Zhejiang University SCIENCE V. 4, No .3, p.352 – 357.
- Wegener S.A., Van Oers L.F.C.M. Guinée J.B., Struijs J., Huijbregts M.A.J.**, 2008, Normalisation in product life cycle assessment: An LCA of the global and European economic systems in the year 2000, *Science Of The Total Environment*, 30, 227 – 240.

Yuzhakova T., Rédey Á., Lakó J., Hancsók J., Domokos E., Somogyi V., Utasi A. and Popita G., *Biomass potential in Hungary*, 2012, Journal Fresenius Environmental Bulletin, vol. 12, 7b.

APM Cluj, 2008, 2009, 2010, 2011, Agenția pentru Protecția Mediului Cluj, *Raport privind starea factorilor de mediu în județul Cluj – 2008, 2009, 2010*, on line la: http://www.apmcluj.ro/index.php?option=com_content&view=article&id=81&Itemid=88, 22.01.2011, 13:23.

ARPM Cluj-Napoca, 2010, *Agenția Regională pentru Protecția Mediului Cluj-Napoca, Raport privind starea factorilor de mediu – Regiunea 6 NV – 2010*, www.arpmnv6.ro, 20.04.2011, 10:15.

CJ Cluj și CMS SEI, 2009, Consiliul Județean Cluj, Centrul de Mediu și Sanatate Cluj-Napoca, *Studiu de evaluare a impactului asupra stării de sanatate in relatie cu obiectivul “Sistem de Management Integrat al Deseurilor in jud. Cluj – Centru de Management Integrat al Deseurilor Statie de tratare mecano-biologica si depozit deseuri intravilan Cluj-Napoca”* (inclusiv faza PUZ), Noiembrie 2009, on line la: <http://www.cjcluj.ro>, http://www.cjcluj.ro/UserUploadedFiles/File/deseuri/Impact%20Deseuri%20Cluj_fin_7.pdf, accesat la 28.06.2011, 15:39

ECV1, 2010, *Evaluarea Ciclului de Viață, managementul deșeurilor* <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:2HvDwcm4mC8J:www.scribd.com/doc/26378291/Evaluarea-Ciclului-de-Via%C5%A2%C4%82-Ciclul-De+Evaluarea+ciclului+de+via%C5%A3a+managementul+deseurilor&cd=4&hl=ro&ct=c&link&gl=ro>, accesat 11.07.2010 14:00

EEA Report, 2011, *Greenhouse gas emission trends and projections in Europe, Tracking progress towards Kyoto and 2020 targets*, ISBN 978-92-9213-224-8 ISSN 1725-9177 doi:10.2800/8087, Denmark.

EMEP/EEA, 2009, *European Environment Agency, Air pollutant emission inventory guidebook*, on line at <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009/#>, 20.02.2012, 12:11.

GHK și Bio Intelligence Service, 2006, *A Study to Examine the Costs and Benefits of the ELV Directive – Final Report Annexes*, Annex 5 Environmental impacts analyzed and characterization factors, Birmingham, England, on line la: <http://www.ec.europa.eu/environment/waste>, accesat 01.02.2012

IPCC, 2001, *Guidelines IPCC for National Greenhouse Gas Inventories: Waste 2001*.

IPCC, 2006, *Guidelines IPCC for National Greenhouse Gas Inventories*, Chapter 5 <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol5.html>

ISO 14040:2006, ISO (International Organization for Standardization) no. 14040, *Environmental management, Life cycle assessment, Principles and framework, Requirements and guidelines*, International Standards for Business, Government and Society, Geneva, Switzerland.

- Medana**, 2010, *Raport la studiul de evaluare a impactului asupra mediului pentru Sistem de management integrat al deșeurilor în județul Cluj*.
- MMGA MO 86bis**, 2004, Ministerul Mediului și Gospodăririi Apelor, Monitorul Oficial, Partea I nr. 86bis din 26/01/2005, *Normativ tehnic privind depozitarea deșeurilor din 26/11/2004*.
- MMGA MO 511**, 2006, Ministerul Mediului și Gospodăririi Apelor, Monitorul Oficial 511 din 13.06.2006, *Ordinul 161 din 16 februarie 2006 pentru aprobarea Normativului privind clasificarea calității apelor de suprafață în vederea stabilirii stării ecologice a corpurilor de apă*.
- PE Europe GmbH & IKP University of Stuttgart**, 2012, <http://www.gabisoftware.com/software.html>.
- USEPA**, 1986, US Environmental Protection Agency, *Measurement of gaseous emission rated from land surfaces using an emission isolation flux chamber. User's guide*, EPA 600/8-86-008 (NTIS PB-223161). USEPA, Washington.
- USEPA**, 2005, US Environmental Protection Agency, *Guidance for evaluating landfill gas emissions from closed or abandoned facilities*, EPA Contract No. 68-C-00-186, Task Order
- Waste to resources**, 2010, *Household participation in waste management*, <http://hpwm.eu> accesat la 05.03.2011, 13:09.

ACTIVITATEA ȘTIINȚIFICĂ
ARTICOLE PUBLICATE SAU ACCEPTATE SPRE PUBLICARE
ÎN PERIOADA 2009-2012

Reviste ISI

1. **Gabriela-Emilia Popița**, Ildiko Varga, Anca Gurzau, Fazekas Bence, Akos Redey, Tatiana Yuzhakova, Raluca Mariana Hațegan, Antoanela Popovici, Eugen Veres, **2012**, *Environmental impact and risk assessment in the area of the municipal landfill "Pata Rât" from Cluj - Napoca, Romania, (revised after peer review)*, *Environmental Engineering and Management Journal, Iasi, Romania, factor impact 1,004*.
2. **Gabriela-Emilia Popița**, Călin Baci, Akos Redey, Tatiana Yuzhakova, Nicolae Frunzeti, Artur Ionescu, Antoanela Popovici, Raluca-Mariana Hategan, **2012**, *Life Cycle Assessment (LCA) of municipal solid waste management in Cluj County, Romania, (under review)*, *Environmental Engineering and Management Journal, Iasi, Romania, factor impact 1,004*.
3. **Gabriela-Emilia Popița**, Nicolae Frunzeti, Adina-Laura Lazăr, Artur Ionescu Călin Baci, Antoanela Popovici, **2012**, *Evaluation of carbon dioxide and methane emissions from Cluj-Napoca municipal landfill, Romania, (under review)*, *International Journal of Environmental Pollution, factor de impact 0,626, SRI 0,29264*.
4. Raluca Mariana Hațegan, Antoanela Popovici, Marius Șandor, **Gabriela-Emilia Popița**, Cecilia Roman, Erika Levei, Claudiu Tănăselia, Emil Cordoș, **2011**, *Monitoring of heavy metals distribution in waste incineration ash – Case study*, *Environmental Engineering and*

Management Journal, Vol.10, No. 1, 7-15, <http://omicron.ch.tuiasi.ro/EEMJ>, <http://omicron.ch.tuiasi.ro/EEMJ/issues/vol10/vol10no1.htm>, factor de impact 1,004.

5. Raluca Mariana Hațegan, **Gabriela-Emilia Popița**, Ildiko Varga, Antoanela Popovici, Tiberiu Frențiu, **2012**, *The environmental impact caused by heavy metals from the non-sanitary municipal landfill Pata Rât-Cluj Napoca*, Studia Chemia, Volume 57 (LVII), March of 2012, p. 119-127, factor de impact 0,129.

6. T. Yuzhakova, Á. Rédey, J. Lakó, J. Hancsók, E. Domokos V. Somogyi, A. Utasi and **G. Popița**, **2012**, *Biomass potential in Hungary*, Journal Fresenius Environmental Bulletin, Vol. 21; 8B, 2336-2361 (2012), factor de impact 0,716, SRI 0,13043.

Reviste BDI (COTATE CNCSIS(B+, B și C))

1. **Gabriela-Emilia Popița**, Antoanela Popovici, Raluca Hațegan, **2010**, *Selective Collection of Used Portable Batteries*, ProEnvironment Promediu 3, 278 – 283, Editura Bioflux, Cluj-Napoca, TODESCO Publishing House pISSN: 1844 – 6698; BIOFLUX Publishing House eISSN: 2066 – 1363, <http://proenvironment.ro/promediu/article/view/5490/5123>.

2. **Gabriela-Emilia Popița**, Antoanela Popovici, Raluca Hațegan, *Developing a municipal urban waste management integrated system in Cluj County*, **2011**, AES Bioflux Advances in Environmental Sciences - International Journal of the Bioflux Society 3(2):194-205, **2011**, <http://www.aes.bioflux.com.ro/home/volume-3-2-2011>.

3. **Gabriela-Emilia Popița**, Ildiko Varga, Cristina Modoi, Raluca-Mariana Hațegan, Antoanela Popovici, **2011**, *Heavy metal contamination assessment and its environmental impact in the area of rural waste disposals in Cluj County, Romania*, Hungarian Journal of Industrial Chemistry Veszprém, Vol. 39(2) pp. 271-278.

4. **Gabriela-Emilia Popița**, **2012**, *Life cycle assessment (LCA) of municipal solid waste, management in Cluj County, Romania, preliminary results, (under review)*, Studia Ambientum, Cluj-Napoca.

Lucrări publicate în volumul unor conferințe

1. Yuzhakova Tatiana, Kovacs József, Sinka Zsófia, Rédey Akos, Miklós László, Ráduly István, Ráduly Lenke, Lakó János, Utasi Anett, **Popița Gabriela Emilia**, **2012**, Investigation of composition of the exhaust gases of gasoline engines, Lucrare publicată în volumul conferinței internaționale VIII. KÁRPÁT-MEDENCEI KÖRNYEZETTUDOMÁNYI KONFERENCIA 18-21 aprilie, Veszprem, Ungaria, ISBN 978-963-86627-2-9, pag 299-303.

Participări la Conferințe Naționale

1. "Colectarea selectivă a bateriilor portabile uzate", **Gabriela-Emilia POPIȚA**, Antoanela POPOVICI, Raluca HAȚEGAN, Conferința dedicată Zilei Mondiale a Mediului: „Relația Mediu & Agricultură & Industrie: Conflict și Sinergie” din cadrul Universității de Științe Agricole și Medicină Veterinară, Facultatea de Agricultură, ediția a II-a, 2 iunie 2010, Cluj-Napoca, România (comunicare).

2. *“The environmental impact caused by heavy metals from the municipal landfills - preliminary results”*, **Gabriela-Emilia Popița**, Ildiko Varga, Raluca Mariana Hațegan, Antoanela Popovici, Conferința ENVIRONMENT & PROGRESS 2011, Environment – Research, Protection and Management, organizată de Universitatea Babeș-Bolyai, Facultatea de Știința și Ingineria Mediului, Cluj-Napoca, Romania în perioada 11 - 12 Noiembrie 2011 (poster).
3. *„Evaluarea Ciclului de Viață Metodologie modernă aplicată gestionării deșeurilor”*, **Gabriela-Emilia Popița**, Călin Baci, Conferința AMDD (Antreprenoriatul în Domeniul Dezvoltării Durabile) din cadrul proiectului POSDRU/92/3.1/S/50933, organizată în perioada 2-3 iulie, de către Universitatea Tehnică, Cluj-Napoca (comunicare).

Participări la Conferințe Internaționale

1. *“Developing a municipal urban waste management integrated system in Cluj County”*, **Gabriela-Emilia POPITA**, Antoanela POPOVICI, Raluca Mariana HAȚEGAN, Conferința Internațională : „Legislație de Mediu, Ingineria Siguranței și Managementul Dezastrelor” ELSESEDIMA, organizată de Universitatea Babeș-Bolyai, Facultatea de Știința și Ingineria Mediului, ediția a 8-a, 21-23 octombrie 2010 Cluj-Napoca, România (comunicare).
2. *„Distribution monitoring of heavy metals issued from ash incineration-Study Case”*, Raluca Mariana HAȚEGAN; Emil CORDOȘ, Antoanela POPOVICI, Marius ȘANDOR, **Gabriela-Emilia POPITA**, Conferința Internațională : „Legislație de Mediu, Ingineria Siguranței și Managementul Dezastrelor” ELSESEDIMA, organizată de Universitatea Babeș-Bolyai, Facultatea de Știința și Ingineria Mediului, ediția a 8-a, 21-23 octombrie 2010 Cluj-Napoca, România (poster).
3. *„Heavy metal contamination assessment and its environmental impact in the area of rural waste disposals in Cluj County, Romania”*, **G. Popița**, I. Varga, C. Modoi, R. Hațegan, A. Popovici, Conferința pentru masteranzi și doctoranzi "Mobility and Environment" organizată de Universitatea Pannonia, Veszprem, Ungaria, în perioada 29 august-1 septembrie 2011 (poster).