



Parteneriate Prioritare

Cercetăm pentru România



DENUMIREA PROIECTULUI: Bilanțul metalelor grele în agrosistemele din România

SECȚIUNEA 1: Raportul științific și tehnic (RST)

ETAPA DE EXECUȚIE NR.:3, 10 decembrie 2010....

DENUMIREA ETAPEI: Continuarea activităților pentru caracterizarea distribuției metalelor și a bilanțurilor la nivel de fermă, inițierea activitatilor pentru calibrarea și validarea modelelor

CUPRINSUL RAPORTULUI ȘTIINȚIFIC ȘI TEHNIC IN EXTENSO:

- 1 Obiectivele generale și de etapă
- 2 Rezumatul etapei
- 3 Descriere in extenso
 - 3.1 Inventarierea tipurilor de ferme din zona Copșa Mică
 - 3.1.1 Contextul problemei: situația la nivel național
 - 3.1.2 Situația în zona Copșa Mică
 - 3.2 Tipare de distribuție spațio-temporală a metalelor și metode pentru caracterizarea lor
 - 3.2.1 Calibrări ale aparatului XRF de teren pentru cartare locală și regională a distribuției metalelor
 - 3.2.1.2 Rezultate folosind aparatul Oxford X-MET
 - 3.2.1.2 Rezultate folosind aparatul Niton GOLDD
 - 3.2.2 Caracterizarea bilanțului metalelor la nivel de parcel și fermă
 - 3.2.3 Relația contaminării cu distanța față de sursă și modelarea acesteia
 - 3.3 Procesarea imaginilor satelitare pentru corelarea proprietăților spectrale cu contaminarea terenului
 - 3.4 Modelarea bioacumulării în plante
 - 3.4.1 Modelare mecanismică
 - 3.4.2 Modelare statistică
 - 3.4.2.1 Modelare statistică pe probe de vegetație ierboasă și porumb
 - 3.4.2.2 Modelare statistică pe probe de porumb cu setul de date georeferențiate din 2009 și setul suplimentar din 2010
- 4 Date georeferențiate de distribuție a metalelor în sol și plante
- 5 Concluzii
- 6 Bibliografie

Anexa 1 - RST

1 Obiectivele generale și de etapă

În condițiile finanțării proiectului în primele trei etape cu o sumă reprezentând 17.4 % din bugetul proiectului toate activitățile de etapă se subsumează primului obiectiv al proiectului (figura 1). Denumirea activităților de etapă conform planului de realizare este prezentată în tabelul 2.

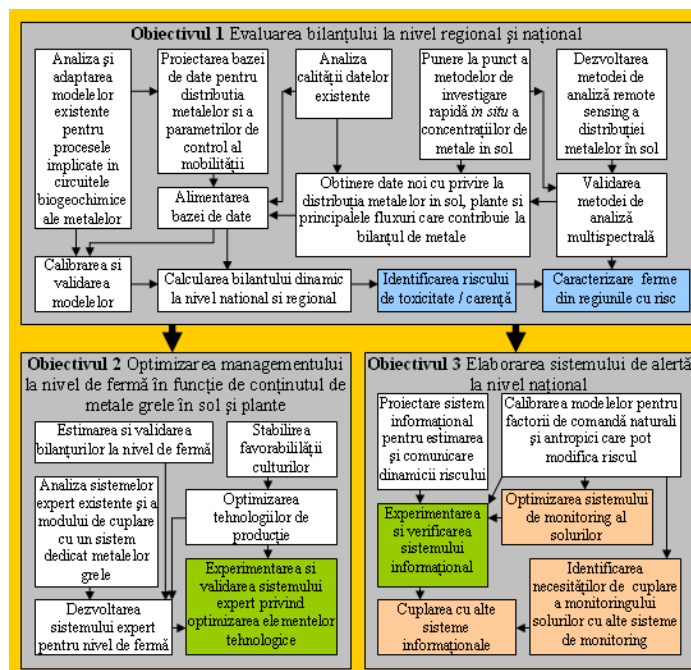


Figure 1 Diagrama PERT a proiectului METAGRO. Cu albastru sunt indicate rezultate intermediare ale proiectului, cu verde produsele finale, iar cu roz rezultate finale care vor deschide noi direcții de cercetare aplicativă.

Tabelul 1 Planul de realizare în etapa 3.

				Raport științific 10.12.2010 Decontare Trimestrul 1 2011		angajat 2010 decontat 2011 187058	angajat 2010 decontat 2011 187058
2010	Etapă 3						
	Continuare Calibrarea și validarea modelelor pentru estimarea fluxurilor de microelemente asociate proceselor de eroziune	A.2.2	CO		rezultate parțiale modelare	50131	50131
	Începerea evaluării în teren a parametrilor pentru calcularea bilanțurilor la nivel de fermă	A.3.3	P1		bilanțuri parțial estimate	46368	46368
	Inventarierea tipurilor de ferme din regiunile cu risc de toxicitate sau deficit, a ponderii lor, crearea unei baze de date cu principalele lor caracteristici tehnologice și economice	A.2.2	P2		baze de date cu ferme și caracteristici în zone contaminate	17696	17696
	Începere Adaptarea modelelor de bioacumulare la plantele de cultură din România	A.2.2	P2		modele parțial adaptate	3000	3000
	Începere Obținerea de date noi pentru validarea modelelor de bioacumulare în plante de cultură din România	A.2.2	P2		date preliminare	14696	14696
	Punerea la punct a metodelor pentru investigarea rapidă în teren a distribuției microelementelor în sol în vederea verificării rezultatelor analizelor multispectrale care vor fi efectuate de ROSA – rezultate preliminare	A.2.2	P3		metoda de investigare rapidă	25140	25140
	Continuare Analize multispectrale pentru calibrarea și validarea modelelor pentru estimarea fluxurilor de microelemente asociate proceselor percolare, eroziune și depuneri atmosferice	A.2.2	P4		imagini multispectrale procesate	30027	30027

Datorită eforturilor tuturor partenerilor instituționali ai proiectului METAGRO rezultatele obținute mult peste valoare finanțării angajate, după cum se va putea constata cu ușurință mai jos. Este strategia noastră de cercetare să ridicăm standardele cât mai sus din punct de vedere științific și să producem rezultate cu o valoare publică maximă în condițiile date. În situațiile în

care unii parteneri au avut dificultăți în derularea activităților datorită condițiilor specifice situației de criză alți parteneri au compensat prin activități suplimentare fără modificarea distribuției bugetului între parteneri.

2 Rezumatul etapei

Prezentăm sub formă sintetică în tabelul de mai jos rezultatele etapei și felul în care ele vor susține rezultatele anticipate pe anul 2011. Datorită timpului scurt care va fi disponibil în 2011, în raport cu volumul activităților prevazute, obiectivul 3 va trebui ajustat de la scară națională la scară regională și macroregională, situația anticipată în proiectarea activităților din anul 2010 prin limitarea analizei spațiale la un număr de patru bazine hidrografice cu probleme de contaminare cu metale grele.

Tabelul 2 Imagine de ansamblu asupra rezultatelor obținute în 2010 și a relației lor cu cele anticipate în 2011.

Rezultat în etapa 2010				Capitolul din raportul pe 2010
1 Tipologia tipurilor de ferme care necesită asistarea deciziilor datorită contaminării cu metale			Inventariere tipurilor de ferme din zona Copșa mică	3.1
2 Tipare de distribuție a metalelor și instrumente pentru caracterizarea lor	2.1 Locală	2.1.1 Spațială	Calibrare a XRF-T pentru cartare locală	3.2.1
		2.1.2 Spațio-temporală	Bilanț de parcel și fermă	3.2.2
	2.2 Regională	2.2.1 Spațială	2.2.1.1 Calibrare regională a XRF-T pentru cartare bazinală și regională	3.2 .1
			2.2.1.2 Predicție a contaminării în funcție de distanță	3.2.3
		2.2.2 Spațio-temporală	2.2.2.1 Zone puternic contaminate localizate la distanță	3.2.3
			2.2.2.2 Software public de transport al solului contaminat	3.2.3
	2.3 Macroregională		Procesare imagini satelitare pentru corelarea proprietăților spectral cu contaminarea terenului	
3 Bioacumulare în plante de cultură	3.1 Verificare modele statistice de predicție a concentrațiilor în plante pornind de la cele din sol			3.4
	3.2 Elaborare model statistic de corelare e concentrațiilor din metale din partea subterană a plantelor cu cele din partea supraterană			3.4
4 Date georeferențiate publice	2.1.1 + 2.2.1 + 3.1			Pagina web a proiectului www.metagro.cesec.ro
Rezultate anticipate în etapa 2011 pornind de la cele din 2010				
Rezultate din 2010 care susțin producerea celor din 2011		Rezultat principal anticipate		
1 + 2.1 + 3		Clasificarea georeferențiată a fermelor din zona Copșa mică din punct de vedere al implicațiilor manageriale datorate prezenței metalelor grele în sol		
		Sistem expert privind optimizarea elementelor tehnologice experimentat în ferme din zona Copșa Mică		
2.2 + 2.3 +3.		Sistem informațional pentru estimarea și comunicarea dinamicii riscului datorat metalelor grele în agrosisteme localizate în patru bazine hidrografice		
		Căi de optimizare a sistemului de monitoring al solului la scară regională și macroregională în patru bazine hidrografice experimentale		
		Modul pentru bioacumulare în plante de cultură cuplat cu software-ul public de dispersie hidrologică a solului poluat de la punctul 2.2.2.2		

Situația tinerilor implicați în proiect și a publicațiilor pentru fiecare partener în anul 2010 este prezentată în tabelul 3. Menționăm și faptul că la data obținerii proiectului directorul de proiect avea 39 de ani.

Tabelul 3 Situația implicării tinerilor și a publicațiilor în anul 2010.

Partener instituțional	Tineri în 2010	Lucrări publicate sau acceptate în 2010 cu recunoașterea METAGRO
UB	2 asistenți de cercetare doctoranzi, 1 tehnician	1 capitol Springer acceptat, 1 articol în proceeding intern
ICPA	-	1 carte internă
USAMVB	1 tânăr cercetător	1 articol ISI acceptat, 1 articol indexat, trei articole în reviste recunoscute CNCSIS
INMR	2 doctoranzi și 2 masteranzi	1 comunicare internă
ROSA	Coordonatorul partenerului ROSA și trei doctoranzi	-

3 Descriere in extenso

Contextul cercetării noastre este o abordare socio-ecologică a circuitelor biogeochimice ale metalelor în România. Circulația metalelor în agrosisteme este o componentă locală a circulației naturale și tehnologice la scară mare luată în considerare în cadrul portofoliului de proiecte derulat în cadrul Consorțiului Național pentru Biogeochimia Microelementelor (Iordache 2009). Distribuția metalelor în spațiu și timp în agrosisteme va depinde nu doar de aspecte tehnologice, ci și de dispersia primară a metalelor de la sursa de contaminare (în cazul Copșa Mică pe cale atmosferică) urmată de dispersia pe cale hidrologică în bazinele contaminate.

Zona de studiu intensiv în proiectul METAGRO (pentru susținerea obiectivului 2) este Copșa Mică, după programul de prelevare detaliat în al doilea raport de etapă. Acest program de prelevare (ilustrat în figura 2) a stat la baza producerii setului de date georeferențiate folosite pentru diversele prelucrări statistice, dintre care doar datele de distribuție în soluri era disponibil la finele anului 2009.

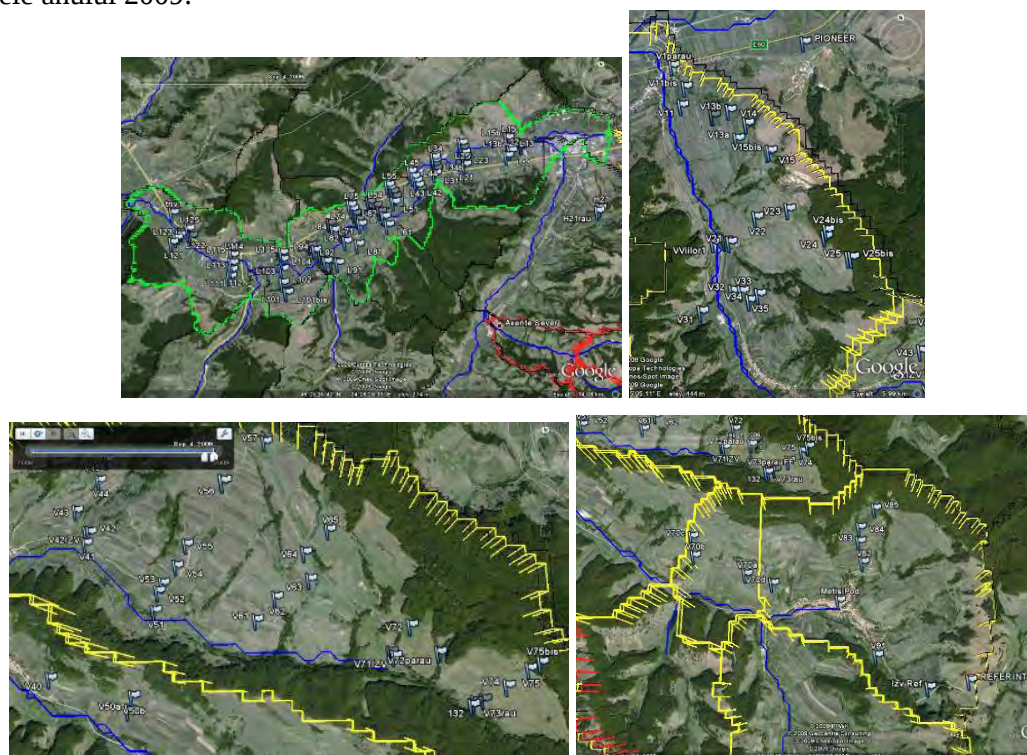


Figura 2 Localizarea punctelor de prelevare a probelor georeferențiate (captură Google Earth).

În ce privește programul extensiv de cercetare, care va susține în 2011 atingerea obiectivului 3, avem în vedere patru bazine hidrografice: Târnava Mare, Arieș, Ampoi și Geoagiu.

3.1 Inventarierea tipurilor de ferme din zona Copșa Mică

3.1.1 Contextul problemei: situația la nivel național

Pentru efectuarea studiului, am ales 5 alte localități din zona orașului Copșa Mică: Târnava, Valea Viilor, Axente Sever, Micăsasa și Șeica Mică. În această zonă am întâlnit, din păcate, foarte bine exprimate câteva dintre principalele puncte slabe ale agriculturii românești: fărâmițarea excesivă a proprietății și abandonarea terenurilor.

După Luca (2009), România are o populație ocupată în agricultură dublă față de Polonia; chiar de zece ori mai mare decât ponderea populației agricole a Germaniei, Belgiei etc. Suprafața medie pe fermă este ceva mai mare decât în Malta, dar mai mică decât în Cipru. Propovăduitorilor de mari și foarte mari exploatații, studiul le reamintește că, în Europa, fermele au în medie: 7 ha în Italia; 24 ha în Olanda; 49 ha în Germania și Franța. Așadar, modelul european de agricultură se bazează pe ferma familială, mică ori mijlocie. Modelul românesc, cu mici gospodării și concentrări de zeci de mii de hectare, este “bizar”.

România are două agriculturi (tabelul 4), fără legătură între ele, cu interese divergente. Sub 10 ha sunt aproape patru milioane de exploatații, iar peste 100 ha sunt doar 9.000. Nu înseamnă că avem 9.000 de fermieri, ci vreo 5-6 mii, căci unii au câte două, trei firme. În Polonia, cu care ne place să ne comparăm, sunt 100.000 de ferme cu 20-50 ha. La noi, fermele cu 20 - 50 ha reprezintă 0,4%!

Raportul Centrului Român pentru Politici Europene - “O țară, două agriculturi”, prezentat de Lucian Luca (2009), face o amplă radiografie a stării actuale a agriculturii românești. El relevă că în țara noastră sunt două agriculturi fără legătură între ele și cu obiective, interese și soluții de dezvoltare divergente. Astfel, în 2007, existau 3.751 mii exploatații sub 10 ha, cu o suprafață utilizată de 6.846 mii ha; 90 mii exploatații între 10-100 ha, cu o suprafață de 1.733 ha și 9.600 exploatații peste 100 ha, care utilizau 5.173 mii ha. Rezultă că agricultura de mijloc, subdezvoltată, utilizează doar 12% din suprafața agricolă. Această structură, se arată în studiu, este contrară modelului european, care nu se bazează pe exploatații uriașe, ci pe ferma mijlocie, de obicei familială.

Referitor la subvenții, se constată că, în 2008, 0,2% din exploatații (cele peste 500 ha) au luat 30% din subvențiile PAC alocate României. Adăugând fermele de 100-500 ha, rezultă că 0,9% din exploatații au primit 51% din subvenții. De altfel, primele 10 exploatații ca dimensiuni, de ordinul miilor de hectare, au încasat plăți directe din fonduri europene în valoare de aproape 9,8 milioane de euro.

Principala concluzie este că avem nevoie de o viziune națională, care să pornească de la realitatea celor două sectoare - subzistență/agroindustrie - și care să se integreze în PAC. De asemenea, România trebuie să fie un participant activ privind reforma PAC și să caute aliați pentru propuneri care servesc cel mai bine structura agriculturii.

În opinia autorilor, această viziune trebuie să fie favorabilă pe termen lung fermelor mijlocii familiale (20-100 ha), ceea ce ar face să se amelioreze productivitatea și să se rezolve uriașa problemă socială care este satul românesc.

Cât privește fermele mari, se propune o poziție nuanțată, respectiv aplicarea unei limite superioare pentru plățile directe și transferul unei părți din bani către dezvoltare rurală (de care

beneficiază și fermele mari). Marile ferme agro-industriale de la noi sunt, și ele, un subiect de polemică la Bruxelles. Unii întreabă: de ce să dăm banii contribuabililor europeni unor milionari în euro? Ecologiștii spun că fermele mari distrug mediul prin tehnologia superintensivă pe care o practică. Apărătorii “bunăstării animalelor” arată cu degetul către grajdurile din complexele zootehnice. Au fost încercări de limitare a sumei maxime care poate fi primită de o singură fermă.

Tabelul 4 Structura exploatațiilor în România în 2003 și 2007.

Exploatații		2003		2007	
		Total	%	Total	%
Suprafața exploatației	<2 ha	3 252 680	72,5	2 565 130	65,2
	2-5 ha	952 400	21,2	965 590	24,6
	5-10 ha	218 880	4,9	300 000	7,6
	10-20 ha	37 410	0,8	70 130	1,8
	20-30 ha	5 530	0,1	9 550	0,2
	30-50 ha	3 950	0,1	6 560	0,2
	50-100 ha	3 790	0,1	4 740	0,1
	100 ha	10 270	0,2	9 660	0,2
Structura în funcție de numărul unităților de dimensiune economică (UDE*)	<1	3 273 110	73,0	3 064 670	78,0
	1-2	865 500	19,3	629 800	16,0
	2-4	268 540	6,0	169 560	4,3
	4-8	51 630	1,2	43 320	1,1
	8-16	12 610	0,3	12 950	0,3
	16-40	6 670	0,1	6 390	0,2
	40-100	3 870	0,1	2 910	0,1
	100-250	1 880	0,04	1 270	0,03
	>250	1 100	0,02	480	0,01
Numărul de animale exprimat în unități vită mare (UVM)	0	906 230	20,2	604 310	15,4
	0-5	3 379 960	75,4	3 143 580	80,0
	5-10	160 830	3,6	128 880	3,3
	10-15	19 360	0,4	24 820	0,6
	15-20	6 870	0,2	11 010	0,3
	20-50	9 050	0,2	14 580	0,4
	50-100	1 670	0,04	2 990	0,1
	100-500	750	0,02	1 020	0,03
	>500	180	0,004	180	0,005
Vârsta fermierilor	< 35 ani	400 410	8,9	171 430	4,4
	35-44 ani	541 020	12,1	467 060	11,9
	45-54 ani	846 210	18,9	666 810	17,0
	55-64 ani	993 840	22,2	886 550	22,6
	>64 ani	1 703 410	38,0	1 739 490	44,2

Sursa: Eurostat, Studiul despre structura fermei. Actualizat în iunie 2009

UDE* - Conform informațiilor oferite de Agenția de Plăți pentru Dezvoltare Rurală și Pescuit (APDRP), UDE exprimă dimensiunea economică a unei ferme și se calculează pe baza unui coeficient european, care se înmulțește cu suprafața cultivată sau cu numărul de animale (Decizia Comisiei nr. 85/377/CEE). Valoarea unei unități de dimensiune economică este de 1.200 de euro.

În anul 2007 s-a înregistrat o scădere a numărului de exploatații cu suprafețe mai mici de 2 ha cu 7,3% față de anul 2003, în timp ce numărul exploatațiilor cu suprafețe cuprinse între 5-10 ha a crescut cu 2,7%, iar al celor cu suprafețe cuprinse între 10 și 20 ha a înregistrat o creștere cu 1% din total. Modul de folosință a terenului agricol în 2007 este prezentat în figura 3. În ceea ce privește numărul de animale, în anul 2007 s-au înregistrat în general creșteri față de anul 2003

Dacă în anul 2003, fermierii cu vârste de până la 35 ani, reprezentau 8,9% din total, în anul 2007 ponderea acestora a scăzut la 4,4% din total. În anul 2007, s-a observat însă o creștere a numărului de fermieri cu vârste de peste 64 ani (44,2% în anul 2007 față de 38% în anul 2003). Din păcate, se pare că între 2 și 3 milioane de hectare rămân anual necultivate. Din totalul producției agricole, în ultimii 10 ani, aproximativ 60% o reprezintă producția vegetală. Cerealele sunt cele mai cultivate specii, inclusiv în zona Copșa Mică. După datele de la Ministerul

Agriculturii, ponderea cea mai mare au avut-o porumbul și grâul. Alte specii care au ocupat mari suprafețe dintre culturile de câmp sunt floarea-soarelui cu 823,6 mii ha, rapiță cu 579,5 mii ha, soia cu 64,1 mii ha. Ponderea cerealelor cultivate în 2010 este prezentată în figura 4.

Figura 3 Modul de folosință a terenului agricol în anul 2007.

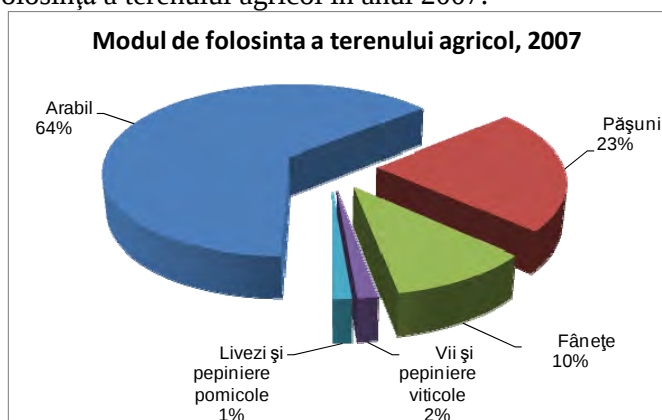
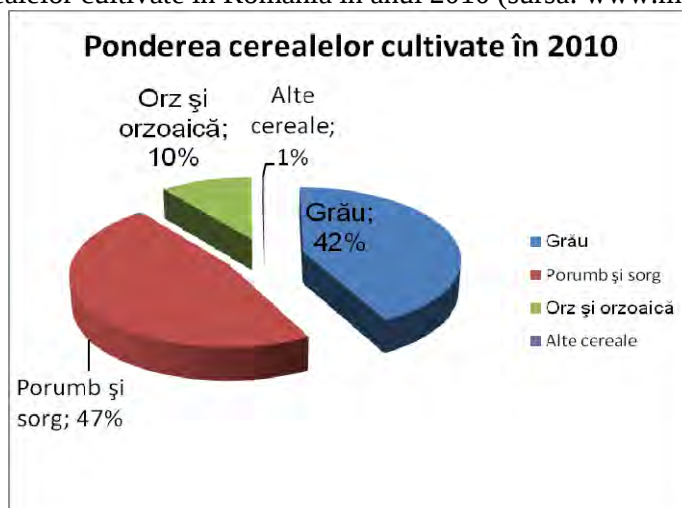


Figura 4 Ponderea cerealelor cultivate în România în anul 2010 (sursa: www.madr.ro)



3.1.2 Situația în zona Copșa Mică

În orașul Copșa Mică sunt 62 de fermieri¹ (figurile 5-7) Dintre aceștia, numai 10 (16%), au exploatații cu suprafețe mai mari de 4,5 ha. Suprafața arabilă din localitate este de 140,42 ha.

Din cele 10 exploatații luate în calcul, 8 dintre ele au întreaga suprafață în arabil, celelalte două având 81% și 95% în arabil. Se observă că suprafața totală a exploatației variază între 4,51 ha și 15,07 ha, iar suprafețele medii ale parcelelor sunt foarte mici (între 0,55 și 2,04 ha). Acest lucru se datorează numărului mare de parcele, cuprins între 3 și 16 parcele/exploatație.

În Copșa Mică am întâlnit cea mai mică suprafață cultivată cu grâu în localitățile din zonă, de numai 3 ha, deși anul acesta producția a fost bună, 26,7 q/ha², mai mare chiar decât potențialul natural al zonei, care este de numai 21 q/ha. Explicația este una tehnică: nu există combine

¹ În acest raport ne vom referi numai la "fermierii" care au depus la APIA cereri de plată pe suprafață

² Din cauza diferenței mari de producții dintre cartof, plantele furajere și restul culturilor, în același grafic am folosit două unități de măsură diferite: tone pentru cartof, lucernă și alte plante furajere și chintale (q) pentru culturile de câmp.

pentru recoltare. De aceea se seamănă mai mult porumb (379 ha), deoarece se recoltează manual. Producția medie de porumb a fost de 30 q/ha. S-au mai cultivat 70 ha de lucernă cu o producție de 34 t/ha. Producția de cartofi de pe cele 20 ha a fost una destul de mică (12 t/ha), cartoful fiind o cultură care nu a avut condiții bune de vegetație în acest an (exces de ploi).

Figura 5 Ponderea fermierilor cu suprafețe în arabil mai mari de 4,5 ha în orașul Copșa Mică

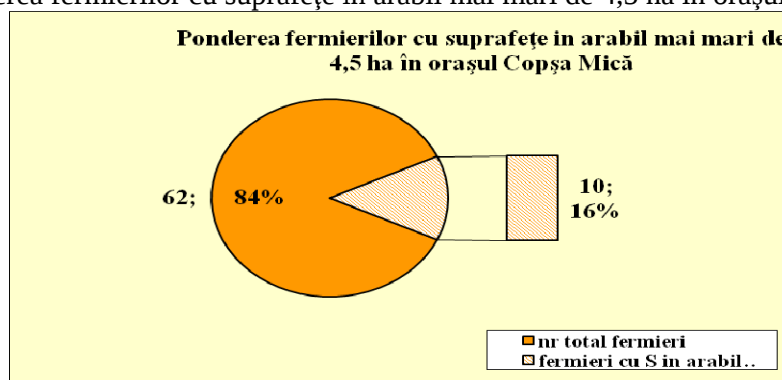


Figura 6 Suprafața totală a exploatației și suprafața medie a parcelelor la cele mai mari 10 exploatații din orașul Copșa Mică.

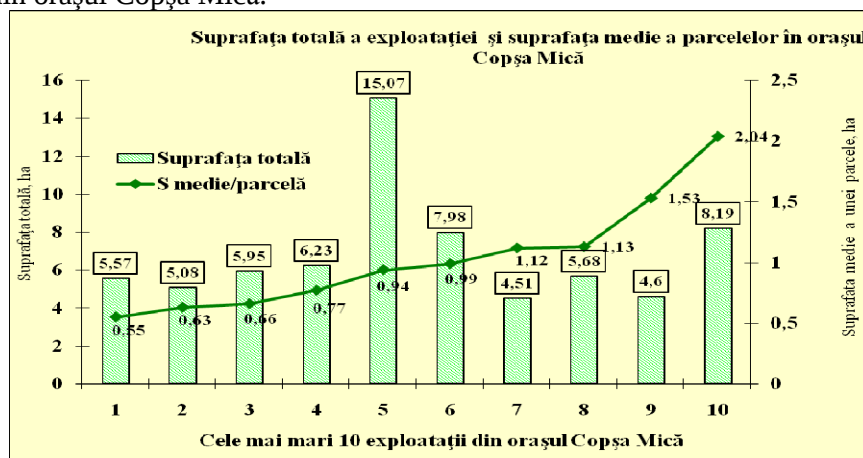
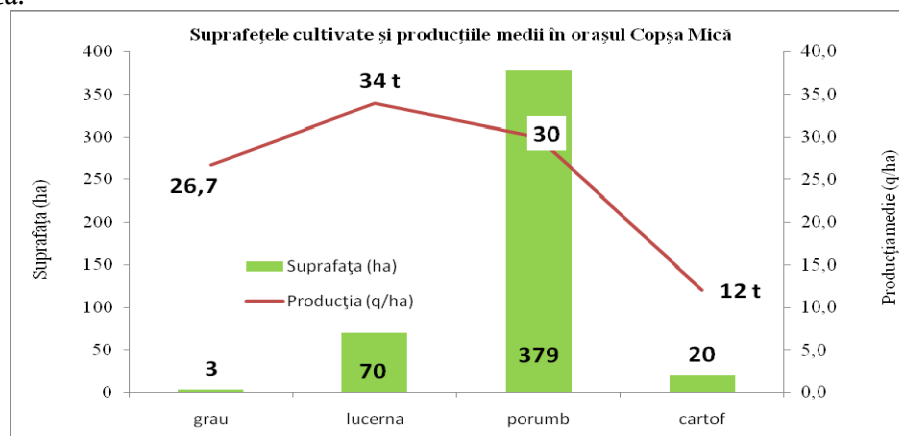


Figura 7 Suprafețele cultivate și producțiile medii la cele mai mari 10 exploatații din orașul Copșa Mică.



În comuna Axente Sever sunt 217 fermieri (figurile 8-10). Numai 9 dintre aceștia (4%) au suprafețe în teren arabil mai mari de 8 ha. Suprafața arabilă totală este de 554,46 ha. Din totalul suprafeței unei astfel de exploatații, suprafața arabilă reprezintă între 19% și 100% (figura 8).

Din figura 9 se observă că și în această localitate există o fărâmițare excesivă a suprafeței arabile. Deși mărimea unor exploatații este considerabil mai mare (între 70,91 și 10,12 ha), număr mare de parcele/exploatație (între 2 și 17), face ca suprafața medie a unei sole să varieze de la 1,13 ha la 7,07 ha.

Figura 8 Ponderea terenului arabil din suprafața totală la cele mai mari 9 exploatații din comuna Axente Sever.

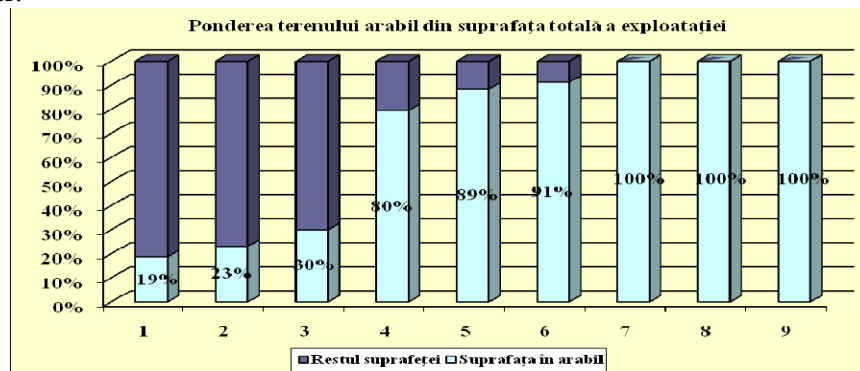


Figura 9 Suprafața exploatației și numărul de parcele/exploatație la cele mai mari 9 exploatații din comuna Axente Sever.

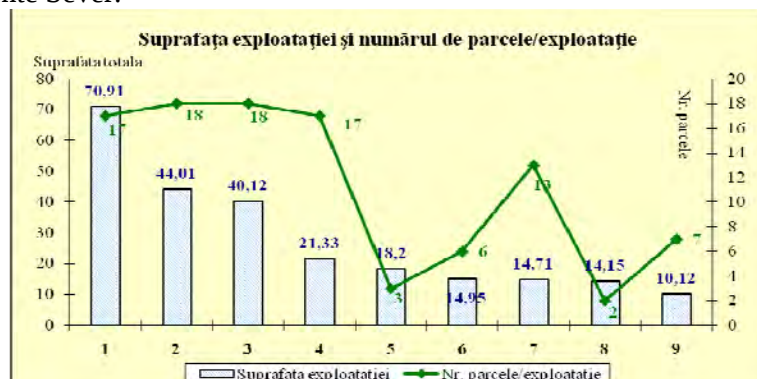
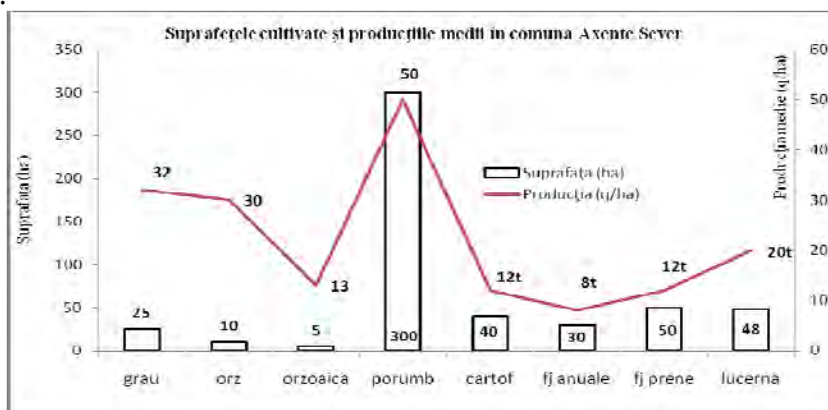


Figura 10 Suprafețele cultivate și producțiile medii la cele mai mari 9 exploatații din comuna Axente Sever.



În ceea ce privește culturile de câmp, în Axente Sever se cultivă cea mai largă gamă de specii, deși, cu excepția porumbului, care se cultivă pe 300 ha, suprafețe sunt destul de mici: 25 ha la grâu, 10 ha orz, 5 ha orzoaică de primăvară, 40 ha cartof și între 30 și 50 ha plante furajere (anuale, perene și lucernă).

La cereale s-au obținut cele mai mari producții dintre localitățile luate în studiu: 50 q/ha la

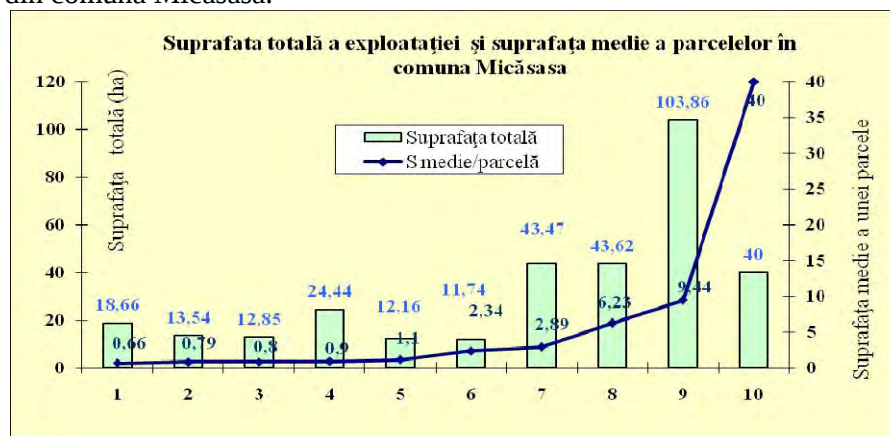
porumb, 32 q/ha la grâu, 30 q/ha la orz. La orzoaica de primăvară, producția a fost mai mică, de numai 13 q/ha. Tot o producție relativ mică a fost obținută și la cartof (12 t/ha). Nici la plantele furajere nu s-au obținut producții mari. Cele mai bune rezultate au fost la lucernă (20 t/ha), dar de pe pajiști, producțiile au fost mai mici, de 8-12 t/ha.

De remarcat exploatarea unui specialist, medic veterinar din comună. Are 7,5 ha și ar dori să se extindă. Dar este destul de dificil, deoarece are mult teren nelucrat în jur. În aceste condiții pagubele produse de mistreți și de furturi sunt mari. Pentru cele 4 vaci pe care le are, a cultivat în 2010, 2 ha cu porumb (37 q/ha), 1 ha de grâu (32 q/ha), 1 ha de ovăz (15 q/ha), 0,5 ha cartof (20 t/ha). Folosește erbicide pentru controlul buruienilor la parcele de porumb mai îndepărtate de sat, restul suprafeței prășind-o manual. Folosește sămânță hibridă, iar fertilizarea o face cu gunoiul de grajd de la cele 4 vaci. Pentru cartof folosește produse pentru protecția plantelor. Recoltarea cartofului o face acum manual, dar au fost ani în care a folosit și mașini de recoltat.

În comuna Micăsasa sunt 286 de fermieri (figurile 11-12). Marea majoritate (97%) au suprafețe în arabil mai mici de 11 ha. În această localitate este cea mai mică suprafață de teren arabil (78,76 ha). Dacă analizăm cele mai mari 10 exploatați din Micăsasa, observăm că:

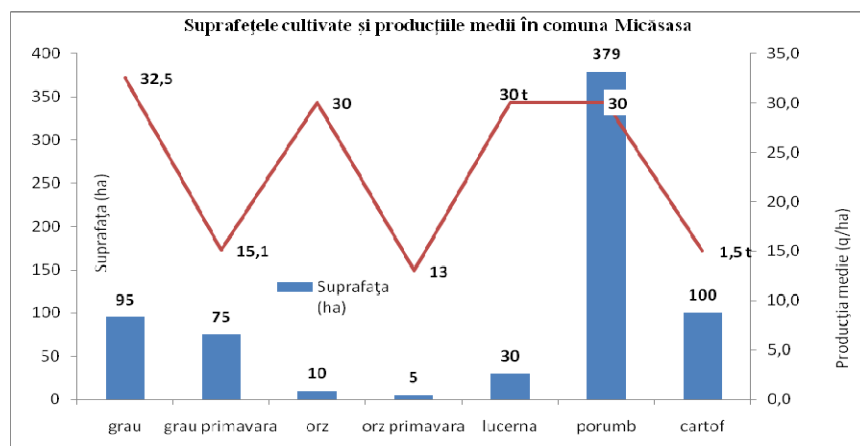
- Suprafața terenului arabil ocupă o pondere variabilă, între 0% și 100%
- În majoritatea cazurilor, terenul care nu este în arabil este abandonat. La exploatarea ceva mai mari, este folosit ca pășune.
- Cele mai mari exploatați aparțin crescătorilor de animale (ciobanilor).
- La cele mai mari 10 exploatați din Micăsasa, suprafața exploatarei variază între 11,74 ha și 103,86 ha.
- Deși sunt suprafețe mici, numărul de parcele este ridicat, între 1 și 28. Se remarcă un fermier care are tot terenul comasat, într-o singură parcelă de 40 ha.
- La Micăsasa, suprafața medie pe parcelă variază de la 0,66 ha (la o exploatare de 18,66 ha), la 40 ha (un caz fericit, o singură parcelă).

Figura 11 Suprafața totală a exploatarei și suprafața medie a parcelelor la cele mai mari 10 exploatați din comuna Micăsasa.



Deși în comuna Micăsasa se cultivă cea mai mică suprafață în arabil (78,76 ha), producțiile au fost destul de bune în acest an. La cereale de toamnă (grâu și orz), producțiile au fost de 32,5 și 30 q/ha. La soiurile de primăvară ale aceluiași specii, randamentele au fost la jumătate (15,1 q/ha la grâu și 8 q/ha la orzoaică). La porumb s-au realizat 30 q/ha. La lucernă s-au realizat 20 t/ha masă verde. În schimb, producția de cartof a fost compromisă pe cele 100 ha, din cauza excesului de ploi. Mulți dintre fermieri nu și-au recuperat nici măcar cantitatea de cartofi pe care au plantat-o. Randamentul în acest an a fost de 1,5 t/ha.

Figura 12 Suprafețele cultivate și producțiile medii la cele mai mari 10 exploatații din comuna Micăsasa.



Inginerul din comună (angajatul primăriei), lucrează 5 ha. Pe suprafețe mici (500-1000 mp de cartof, 0,5 ha orz, 1 ha grâu, 1 ha porumb), obține producții destul de bune: 65 q/ha la orz, 40 q/ha la porumb, 15 t/ha la cartof. 90% din fermieri folosesc sămânță certificată. La porumb se folosește și fertilizarea minerală cu azot (60-70 kg N/ha). La cartof se folosesc produse pentru protecția plantelor, iar la porumb, de obicei se aplică erbicide.

În comuna Șeica Mică sunt 130 de fermieri (figurile 13-14). Dintre ei, cei mai mari 10 (8%), lucrează peste 15 ha. Cele mai mari 10 exploatații din comună au suprafețele între 15,43 ha și 78,11 ha. Suprafața medie a unei parcele variază între 0,81 ha și 22,5 ha, deoarece număr de parcele/exploatație variază, de la 2 parcele/exploatație la 21 parcele/exploatație.

Figura 13 Suprafața totală a exploatației și suprafața medie a parcelelor la cele mai mari 10 exploatații din comuna Șeica Mică.



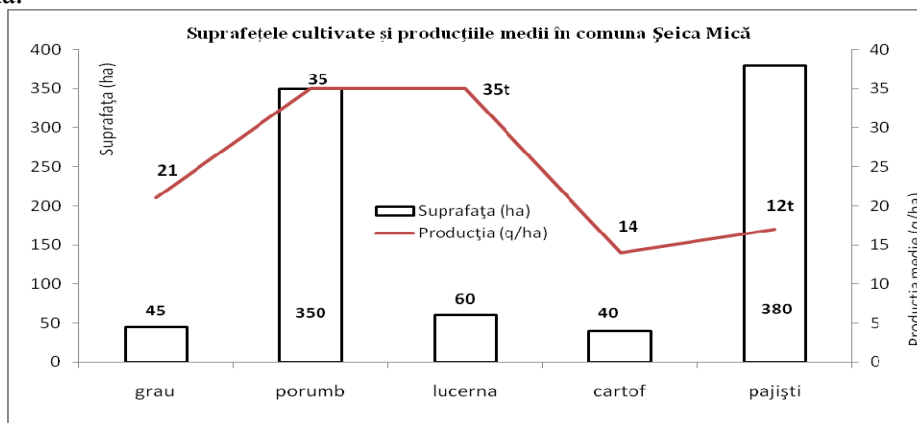
Și în Șeica Mică cea mai mare suprafață este semănată cu porumb (350 ha), iar producția este destul de bună (35 q/ha), față de potențialul zonei³. Se cultivă porumb, în special pentru a fi utilizat în gospodării pentru creșterea 1-2 porci. Porumbul este o cultură puternic afectată de porcii mistreți, ca de altfel în toate localitățile din zonă. O parte din solele cu porumb se erbicidează, iar o altă parte se sapă anual.

Pe cele 45 ha de grâu s-a obținut o producție de 21 q/ha. La lucernă producția a fost mai bună decât în alte localități (35 t/ha), dar la pajiștile naturale, randamentul a fost, cum este de așteptat, mai mic (12 t/ha). Producția de cartof a fost afectată de ploi, fiind de numai 14 t/ha. La cartof se folosesc produse pentru protecția plantelor.

³ Potențialul natural de producție în zona Copșa Mică este în jur de 25 q/ha la porumb și de 28 q/ha la grâu

În Șeica Mică o parte din lucrări se efectuează mecanizat, iar o parte cu animalele (se lucrează cu prășitoare tractată de cai) și manual. Grâul se fertilizează cu azotat de amoniu și cu gunoi de grajd. Și în această localitate fermieri acordă atenție calității semințelor, pe care le cumpără de la distribuitori autorizați.

Figura 14 Suprafețele cultivate și producțiile medii la cele mai mari 10 exploatații din comuna Șeica Mică.

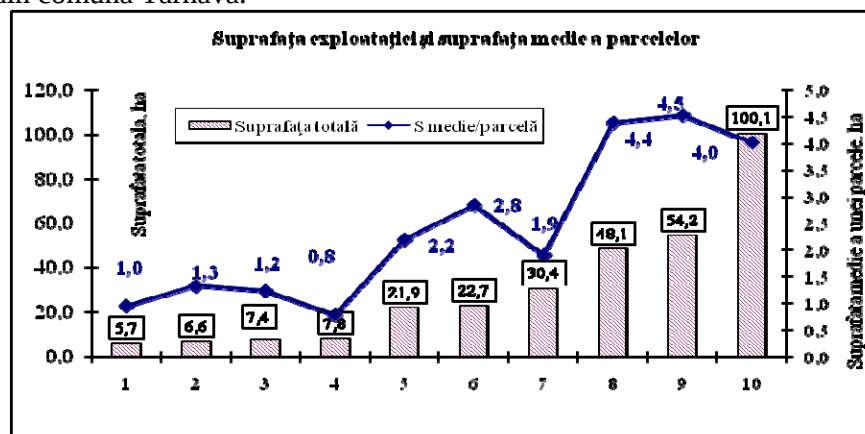


În comuna Târnava, din 136 de fermieri (figurile 15-17), numai 10 dintre ei (7%) au exploatații cu suprafețe mai mari de 5 ha. Modul de folosință al terenului este prezentat în figura 15.

Figura 15 Modul de folosință al terenului în comuna Târnava (ha).



Figura 16 Suprafața totală a exploatației și suprafața medie a parcelelor la cele mai mari 10 exploatații din comuna Târnava.



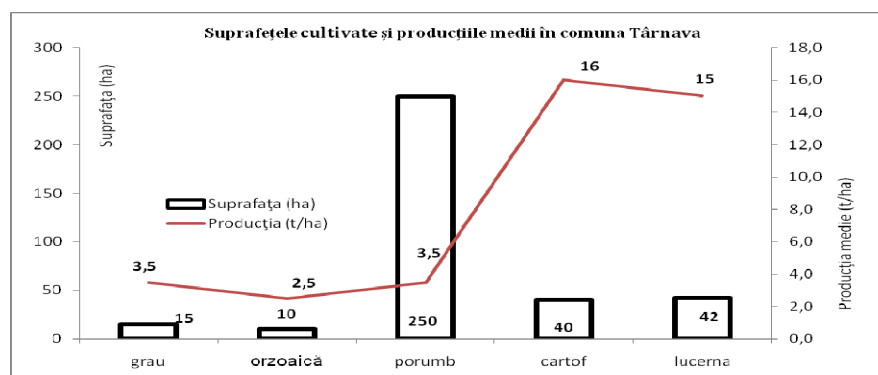
Suprafața celor mai mari 10 exploatații din Târnava variază de la 5,7 ha la 100,1 ha, în timp ce suprafața medie a unei parcele variază de la 1 la 4,5 ha. Numărul de parcele variază de la 5 la 25

(în cazul exploatației de 100,1 ha).

60% din suprafață este în paragină, supusă unui proces de îmburuienare, împădurire și eroziune. Cultivat pe suprafețe mici (15 ha), la grâu s-a obținut cea mai mare producție dintre localitățile studiate (3,5 t/ha). Producții mari s-au obținut și la orzoaica de primăvară (2,5 t/ha). În schimb, producția de masă verde de la lucernă a fost destul de mică. La cartof producția a fost de 16 t/ha.

Majoritatea fermierilor nu au utilaje proprii, lucrările mecanice se realizează prin prestări de servicii. Porumbul se recoltează în știuleți, în mare parte mecanizat, cu o combină pe două rânduri. La grâu și porumb se folosesc produse pentru protecția plantelor.

Figura 17 Suprafețele cultivate și producțiile medii la cele mai mari 10 exploatații din comuna Târnava.



În comuna Valea Viilor, din cei 177 de fermieri (figurile 18-19), doar 10 (6%) au exploatații mai mari de 7 ha. Suprafața exploatațiilor variază de la 8,1 ha la 49,17 ha, iar cea a suprafeței soarelui, de la 0.62 ha la 4,91 ha. Numărul de parcele/exploatație este cuprins între 4 și 16.

Figura18 Suprafața totală a exploatației și suprafața medie a parcelelor la cele mai mari 10 exploatații din comuna Valea Viilor.

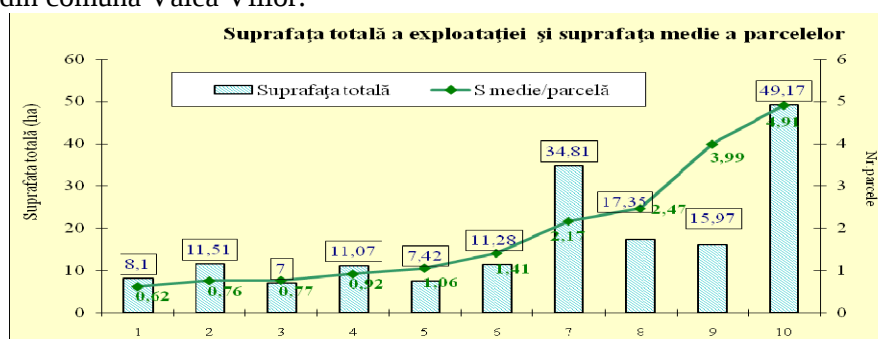
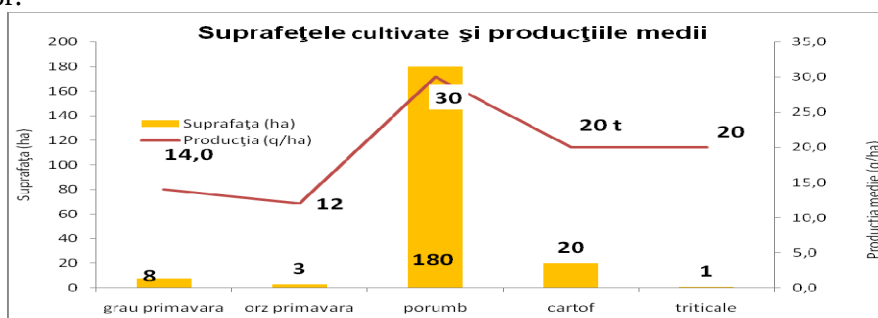


Figura 19 Suprafețele cultivate și producțiile medii la cele mai mari 10 exploatații din comuna Valea Viilor.



Deși mai mică decât în alte localități din zonă, cea mai importantă suprafață se cultivă cu porumb (180 ha). Producția a fost de 30 q/ha. În comuna Valea Viilor se cultivă cea mai mică suprafață cu grâu (8 ha). Producția este ceva mai mică decât în cazul grâului de toamnă, de numai 15,1 q/ha. La fel și în cazul orzoaicei de primăvară și a triticalei. Producția de cartof este bună (20 t/ha), deoarece se fertilizează organic și cu îngrășăminte complexe și se aplică produse de protecția plantelor.

În general sămânța pentru semănat se cumpără, dar nu este întotdeauna certificată. La grâu și porumb se folosesc erbicide, dar buruienile din porumb se controlează și mecanic cu prășitoare trase de cai. Se recoltează mecanizat porumbul.

Următoarele concluzii se pot desprinde din datele obținute:

- Porumbul este cea mai cultivată specie și va fi, probabil, cultura asupra căreia ne vom îndrepta cel mai mult atenția pentru realizarea sistemului expert. Acest lucru este posibil deoarece se folosește sămânță hibridă, metode diverse de control al buruienilor, fertilizare organică și minerală.
- Deși este o zonă agricolă vitregită de poluarea din anii trecuți, fermierii lucrează corect pământul, chiar dacă pe suprafețe mici. Acest lucru de datorează specialiștilor din comune, bine pregătiți și interesați (unii dintre ei au avut activități de prestări servicii: lucrări mecanice, aprovizionare cu semințe pentru semănat și pesticide).
- mare parte din teren este nelucrat. O piedică în calea extinderii suprafețelor lucrate sunt pierderile de producție cauzate de porcii mistreți și de problemele sociale.
- Sistemul expert (care va fi realizat în anul următor), pentru alte culturi poate fi calibrat într-una din foarte puținele ferme comerciale din zonă. Cea mai importantă dintre ele are 250 ha, având teren pe raza orașului Copșa Mică și a comunei Târnavă. La porumb a obținut în acest an 6 t/ha, la păioase 3,5 t/ha, 20 t/ha la sfecla de zahăr (calamitată de excesul de ploi). Aplică 1-2 tratamente cu pesticide, iar fertilizarea o face atât cu gunoi de la un complex de păsări, cât și cu îngrășăminte chimice (cca. 80 kg N/ha). Fermierul realizează loturi demonstrative, în special pentru porumb. Din acest motiv vom putea încerca un mare număr de hibrizi (în acest an a testat aproape 60 de hibrizi), pentru a determina absorbția diferită a metalelor grele.

3.2 Tipare de distribuție spațio-temporală a metalelor și metode pentru caracterizarea lor

3.2.1 Calibrări ale aparatului XRF de teren pentru cartare locală și regională a distribuției metalelor

Într-o zonă puternic contaminată cu metale distribuția metalelor în parcelele agricole situate la aceeași distanță față de sursă este foarte heterogenă (capitolul 3.2.3) datorită proceselor de distribuție primară și secundară a metalelor. Caracterizarea acestei heterogenități la o scară adecvată managementului prin metode clasice de determinare a metalelor în sol ar presupune costuri foarte mari, și în acest context calibrarea aparatelor XRF de teren care permit determinări ieftine, o dată achiziționat aparatul, pentru solurile din zonele de interes este o chestiune de importanță aplicativă foarte mare. Dată fiind diversitatea aparatelor existente s-a lucrat cu două tipuri de aparate, un instrument portabil X-MET și un aparat Niton.

3.2.1.2 Rezultate folosind aparatul X-MET

Adoptarea metodologiei de lucru privind utilizarea instrumentului portabil X-MET (având la bază fluorescența cu raze X) la analiza solului s-a făcut în conformitate cu METODA USEPA nr.6200 a Agenției de Protecția Mediului din SUA. Am preluat această metodologie deoarece în țările membre UE nu există nici un document de acest gen, tematica fiind abordată în premieră

de un colectiv de cercetare din România.

Metoda 6200 a Agenției de Mediu din SUA are denumirea de Spectrometria XRF (fluorescență de raze X) portabilă pentru determinarea concentrațiilor elementelor în soluri și sedimente.

Succint este o metodă de analiză fie in – situ pe sol, fie a probelor recoltate din câmp și ambalate. Dezvoltătorii acestei metode afirmă că datorită variației concentrației contaminanților pe distanțe mici, pentru o caracterizare bună a sitului contaminat este necesară efectuarea cât mai multor măsurări în zona contaminată. Se recomandă, de asemenea, ca minimum 5% din probele măsurate cu instrumentul portabil XRF să fie confruntate în laborator, cu rezultatele metodei de analiză recomandată de standardele în vigoare, spectroscopia cu absorbție atomică

Aparatele XRF portabile pot fi utilizate pentru determinarea metalelor din sol în 3 moduri:

- Determinări in-situ, efectuate pe sol.
- Măsurarea probelor de sol ambalate, în câmp.
- Măsurarea probelor de sol prelucrate.

Avantajele oferite de aparatele portabile XRF

- Localizarea rapidă a surselor contaminante
- Stabilirea limitei de contaminare.
- Delimitarea zonelor cu contaminare ridicată de zonele cu contaminare coborâtă.
- Economie de timp și bani.

Minimizarea volumului deșeurilor periculoase care necesită tratare sau depozitare. Probele pot fi verificate on – site, ori de câte ori se dorește pentru a fi siguri că sunt tratate numai solurile a căror conținut de metale toxice depășește limita acceptată de legislația în vigoare.

Asigurarea calității în operația de prelucrare a probelor.

La baza asigurării calității în operația de prelucrare a probelor stau 2 reguli empirice:

- Nu te baza pe rezultatele testelor XRF in situ aflate sub nivelul prevăzut de legislație pentru curățirea solului
- Confirmă rezultatele testelor in situ prin analiza de laborator la minimum 5% din probele analizate.

Asigurarea calității în operația de prelucrare a probelor are 3 componente, după cum urmează:

- Verificarea corectă a modului de operare al instrumentului.
- Determinarea calității determinărilor in situ și a numărului de probe prelucrate necesare atingerii calității rezultatelor analitice.
- Prelucrarea și testarea corespunzătoare a probelor pentru compararea cu datele analizelor de laborator.

Determinarea calității datelor obținute se poate face pe 2 căi:

1. Prin compararea directă a rezultatelor obținute în măsurătorile in situ cu cele obținute în analizele de laborator. În cadrul acestei căi, operatorul își alege locația și face mai multe măsurători XRF direct sau pe proba colectată de acolo și ambalată. Din aceeași zonă se colectează o probă, se prelucrează și se analizează în laborator. Rezultatul mediu al seriei de măsurători XRF este comparat cu rezultatul analizei de laborator. Se determină curba de corelare care poate fi utilizată pentru corectarea viitoare a rezultatelor testelor in situ . Curba de corelare rezultată din aceste date include incertitudinea în rezultatele XRF datorată probelor grobe, neprelucrate.

2. Prin compararea măsurătorilor pe probe prelucrate cu datele analizei de laborator pe aceleași probe.

3.2.1.2.1 Procedura privind metoda de prelucrare a probelor pentru determinarea „calității” rezultatelor testelor in situ.

Scopul acestei proceduri este acela de a determina gradul de prelucrare a probelor impus de obținerea unor date cantitative. La baza acestei proceduri stă prelucrarea treptată, riguroasă a probelor, urmată de analiza XRF după fiecare treaptă de prelucrare, până când aceste rezultate nu se mai modifică.

Această procedură nu trebuie aplicată tuturor probelor ci numai unui procent redus de probe, considerate reprezentative pentru situl poluat.

În cazul în care se demonstrează că se pot obține date cantitative cu un număr redus de prelucrări sau chiar fără prelucrarea probelor, caracterizarea sitului poluat va fi completă și corectă mult mai rapid și mai puțin costisitor, comparativ cu analiza clasică a aceluiași probe.

Procedura pentru determinarea numărului adecvat de prelucrări a probelor este următoarea.

Se delimitează o zonă de sol de cca. 10cmx10cm.

În zona delimitată se fac mai multe măsurători XRF in situ, sau se colectează sol din stratul superior, se ambalează și fac mai multe măsurători XRF pe proba ambalată. Se face media măsurătorilor în fiecare caz.

Se cerne proba prin sita de 2mm și se măsoară XRF. Dacă rezultatul acestei probe prelucrate diferă cu mai puțin de 20% de rezultatul mediu determinat in situ avem indicația că solul din zona delimitată este suficient de omogen pentru a asigura analizei nivelul „semicantitativ”.

Dacă rezultatele diferă cu peste 20% solul nu este omogen și dimensiunea particulelor afectează măsurătorile in situ. În acest caz, se mojarază proba, se cerne prin sita de 250 microni și se măsoară XRF.

Dacă rezultatul diferă cu mai mult de 20% de proba sitată prin sita de 2 mm, încă dimensiunea particulelor afectează determinarea XRF. În acest caz proba trebuie mojarată din nou și sitată prin sita de 125 microni pentru a asigura calitatea datelor corespunzătoare nivelului „cantitativ”.

În figura 20 se prezintă schematic procedura detaliată recomandată de prelucrare a probei.

Timpu de măsurare variază (în general de la 30 la 600 secunde), depinzând în primul rând de calitatea obiectivelor. Timp scurt de 30 secunde se folosește pentru identificarea inițială a elementelor, după care urmează determinarea cu precizie și acuratețe, când se folosește un timp minim de 300 secunde. Durata timpului de măsurare afectează de asemenea limita de detecție: în general, cu cât timpul de măsurare este mai mare cu atât limita de detecție este mai mică. Cu toate acestea, limita de detecție pentru elementele individuale poate fi mai ridicată datorită lipsei de omogenitate a probei sau prezenței altor elemente în probă care produc fluorescență de raze X cu energii similare.

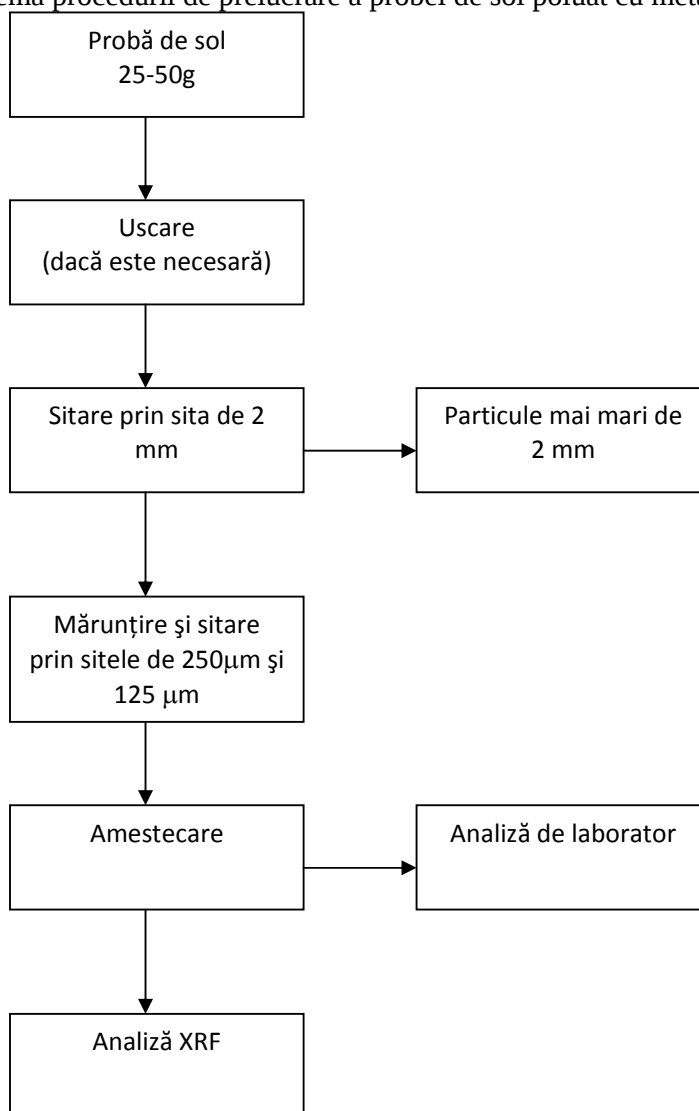
Principalele variabile care afectează precizia și acuratețea analizei de fluorescență cu raze X sunt următoarele:

- proprietățile fizice ale matricei, mai precis variația proprietăților fizice în probă.
- proprietățile chimice ale matricei – absorbția și interferențele spectrale.

O umiditate mai mare de 10% influențează negativ transmisia razelor X.

Prezentăm în tabelul 1 specificațiile tehnice ale instrumentului portabil Oxford X-Met 3000 TX

Figura 20 Schema procedurii de prelucrare a probei de sol poluat cu metale grele.



Tabelul 5 Caracteristicile instrumentului portabil X-MET 3000

Greutatea	1.8kg
Dimensiuni	Operare manuală
Sursa de excitare	Tub de raze X miniatural; 40kV, 40 micro amperi, programabil
Detector	Dioda Si-PiN
Domeniul elementelor	De la titan la uraniu
Monitor	Color TFT 320x240 pixels.
Memorie	64 MB. Păstrează minimum 15000 spectre și un număr nelimitat de rezultate
Baterie	2 baterii cu ioni de litiu
Încărcător/AC Adaptor	110/220 V. AC, 45 – 65 Hz
Mediul de operare	Temperatură de la -10 ⁰ C până la +50 ⁰ C
Elemente de siguranță	Senzor IR Lumini de siguranță în operare Scut de siguranță pentru părți mici
Softul utilizat	Windows CE
Date de transfer	USB sau Bluetooth fără fir prin

3.2.1.2.2 Rezultatele analizei XRF

Având în vedere recomandările USEPA privind analiza metalelor conținute în sol cu ajutorul instrumentelor portabile, probele de sol recoltate dintr-o zonă industrială au fost măsurate după însăcuiere. La fiecare probă s-au făcut câte 5 citiri, media acestora fiind prezentată în tabelul 6.

Tabelul 6 Media măsurătorilor probelor recoltate (umede) cu instrumentul X MET, exprimat în ppm, timp de analiză 60 secunde

Nr. probă	Cu	Cr	Zn	Fe	Mn	Pb	Cd	Co
1	27	0	221	27244	451	473	0	127
2	0	0	163	31091	576	314	0	123
3	155	0	454	28115	573	579	0	122
4	72	0	315	27242	546	446	0	95
5	0	0	196	28818	581	414	0	0
6	0	0	188	30840	659	372	0	120
7	0	0	181	27465	489	364	0	108
8	0	0	139	28833	495	212	0	139
9	0	0	91	26617	345	237	0	151
10	0	0	95	28660	579	118	0	120

Analiza datelor trecute în tabelul 2 evidențiază următoarele:

- În probele de sol grobe, umede, analizate la un timp de 60 secunde nu apare cupru decât în 3 probe, cromul, nichelul și cadmiul sunt absente, și proba 5 nu conține cobalt.

Pentru a urmări influența umidității asupra rezultatelor obținute cu ajutorul instrumentului portabil X MET, probele de sol au fost uscate la aer, conform recomandărilor normelor în vigoare. Prezentăm în tabelul 7 conținutul de apă (umiditatea) probelor de sol.

Tabelul 7 Umiditatea probelor de sol exprimată în procente (%)

Nr. probă	Umiditate	Nr. probă	Umiditate
1	4,8	6	5,1
2	6,2	7	7,3
3	9,2	8	6,3
4	9,2	9	4,3
5	4,8	10	5,4

Din datele trecute în tabelul 3 se constată că umiditatea probelor de sol a fost cuprinsă în limitele 4,3 – 9,2. Conform recomandărilor USEPA rezultatele măsurărilor făcute cu instrumente bazate pe fluorescență de raze X sunt influențate de umidități ale probelor de sol mai mari de 10%, deci probele noastre se situează sub această valoare.

Probele uscate la temperatura ambiantă, până la greutate constantă, au fost măsurate la același timp de analiză, de 60 secunde, mediile a 5 măsurări ale aceleiași probe fiind prezentate în tabelul 8.

Datele trecute în tabelul 8 nu reprezintă o evoluție logică a celor trecute în tabelul 6, probele măsurate din tabelul 8 fiind obținute prin uscarea probelor trecute în tabelul 6. Acesta este un prim indiciu că instrumentul portabil X MET nu dă decât rezultate calitative, nereproductibile la

măsurările in – situ sau la probele grobe.

Tabelul 8 Media măsurătorilor efectuate pe probele uscate , exprimat în ppm, timp de analiză 60 secunde

Nr.probă	Cu	Cr	Zn	Fe	Mn	Pb	Cd	Co
1	44	0	261	32486	582	587	0	117
2	0	0	190	34822	771	362	0	0
3	226	0	563	31078	545	956	0	0
4	108	0	365	31935	446	519	0	0
5	29	0	229	32296	587	457	0	122
6	29	0	190	33448	718	422	0	107
7	0	0	193	31154	560	342	0	153
8	0	0	151	32171	548	230	0	0
9	0	0	106	29504	570	202	0	0
10	0	0	96	32574	714	124	0	0

Probele uscate au fost măsurate și la un timp de analiză de 120 secunde, rezultatele obținute (media a câte 5 măsurări) fiind trecute în tabelul 9.

Tabelul 9 Media măsurătorilor efectuate pe probele uscate , exprimat în ppm, timp de analiză 120 secunde

Nr.probă	Cu	Cr	Zn	Fe	Mn	Pb	Cd	Co
1	68	0	272	27761	701	571	52	115
2	26	122	199	30716	651	366	43	156
3	235	137	567	29408	618	869	49	102
4	138	0	392	28560	596	591	47	61
5	34	0	208	29188	657	455	46	133
6	41	0	199	30397	782	369	45	113
7	22	127	184	30174	651	360	43	146
8	19	0	161	30944	622	262	50	105
9	0	0	123	31129	687	201	0	117
10	0	0	106	29437	699	153	46	133

Comparând datele trecute în acest tabel cu datele trecute în tabelele 6 și 8 constatăm influența timpului de măsurare asupra rezultatelor obținute la analiza probelor de sol cu ajutorul instrumentului X MET. Remarcăm apariția cobaltului în toate probele de sol, a cromului în 3 din cele 10 probe și a cadmiului în toate probele. De asemenea, cuprul este prezent în 8 din cele 10 probe analizate.

Pentru a urmări influența timpului asupra rezultatelor am mărit durata de analiză la 180 secunde, rezultatele fiind prezentate în tabelul 10.

Si datele trecute în tabelul 10 arată că, în cazul unor metale timpul de măsurare influențează mărimea rezultatelor. Astfel, în cazul cuprului, cromului, cadmiului și cobaltului această influență este evidentă. Dar și în aceste cazuri, rezultatele sunt numai calitative, variabile.

Analizând datele obținute variind timpul de analiză se constată că există diferențe inconstante între rezultatele obținute, fiind imposibilă tragerea unor concluzii concludente. Din această cauză am continuat măsurarea probelor de sol obținute după trecerea prin sita de 2mm. Practic

prin această sitare se separă materialele ce nu aparțin solului (rădăcini, frunze, iarbă etc.).

Probele de dimensiune mai mică de 2mm au fost măsurate cu instrumentul XMET, rezultatele obținute fiind prezentate în tabelul 11.

Tabelul 10 Media măsurătorilor efectuate pe probele uscate , exprimat în ppm, timp de analiză 180 secunde

Nr.probă	Cu	Cr	Zn	Fe	Mn	Pb	Cd	Co
1	53	162	270	28344	642	589	50	131
2	39	112	188	31634	716	378	45	145
3	217	126	515	28058	589	838	57	110
4	135	124	371	28406	632	558	51	116
5	47	139	212	29132	832	439	49	125
6	40	114	179	29153	790	392	44	120
7	27	133	178	28638	770	324	43	185
8	26	144	153	28231	602	230	30	148
9	12	88	114	27616	661	205	48	91
10	8	138	109	29029	786	151	18	139

Tabelul 11 Media măsurătorilor efectuate pe probele uscate , trecute prin sita de 2 mm, exprimat în ppm.

Nr. probă	Cu	Cr	Zn	Fe	Mn	Pb	Cd	Co
1	63	125	286	29813	791	558	44	113
2	30	110	199	30793	644	389	33	150
3	285	120	602	30589	639	909	59	107
4	136	135	401	30404	666	518	43	113
5	47	129	229	31458	753	520	37	106
6	32	121	198	30172	825	372	36	116
7	28	136	199	32317	700	346	16	145
8	27	117	129	24598	798	218	37	161
9	14	140	102	24296	790	189	44	152
10	10	116	89	25654	832	134	40	148

Din datele prezentate în tabelul 11 nu se poate concluziona că prelucrările la care au fost supuse probele de sol – uscare și sitare conduc la rezultate calitative, reproductibile.

Prelucrarea probelor a continuat cu mojararea lor până la trecerea prin sita de 200 microni. Probele astfel preparate au fost analizate cu instrumentul XRF dar și prin analiza de laborator, rezultatele obținute fiind prezentate în tabelele 12 și 13 , respectiv.

Analiza XRF este nedistructivă; probele măsurate cu instrumentul XMET au fost analizate chimic.

Metoda de dezagregare folosită a fost prin atacul cu amestec de acizi azotic, percloric și sulfuric (în raport de 2:1:0,2) considerând formele rezultate în urma analizei ca fiind forme totale de metale grele.

Dozarea s-a făcut prin spectrometrie de absorbție atomică cu ajutorul Spectrometrului de Absorbție Atomică ANALYTIC JENA AG – AAS – ZEEnit 700 (elementele Co, Cd și Pb) și

prin spectroscopia de emisie optică în plasmă cuplată inductiv cu un instrument ICP – OES SPECTRO FLAME P)elementele Cu, Cr, Zn, Fe, Mn) .

Tabelul 12 Rezultatele obținute la măsurarea probelor de sol mojarate și trecute prin sita de 200 microni, exprimat în ppm, timp de analiză 120 secunde

Nr.probă	Cu	Cr	Zn	Fe	Mn	Pb	Cd	Co
1	53	153	263	28834	548	552	56	126
2	32	140	166	29366	526	338	44	122
3	208	152	546	27991	448	929	57	82
4	126	127	355	28203	453	489	70	130
5	42	140	195	28854	583	403	67	93
6	36	117	173	29153	669	328	59	126
7	29	127	184	27662	513	342	46	108
8	21	139	169	28626	527	243	35	102
9	18	91	113	27705	452	146	57	109
10	16	140	97	28671	575	140	24	128

Valorile metalelor grele analizate sunt prezentate în tabelul 13 și sunt exprimate în ppm.

Tabelul 13 Rezultatele analizei chimice a probelor de sol

Nr.probă	Cu	Cr	Zn	Fe	Mn	Pb	Cd	Co
1	150	58	360	26000	780	568	26	17
2	90	55	258	27000	790	392	32	18
3	259	57	599	25000	750	895	40	20
4	195	82	445	26600	770	547	38	18
5	107	60	283	27000	916	440	29	22
6	97	58	263	27000	910	370	35	20
7	82	59	261	27000	823	400	31	21
8	83	59	236	27000	817	279	39	21
9	72	57	189	24500	716	216	44	20
10	62	57	190	27000	837	227	34	23

Pe baza datelor obținute în urma măsurătorilor și lucrărilor prezentate s-au trasat curbele din figura 21.

Putem trage următoarele concluzii din acest subcapitol:

- Ca metodă de investigare rapidă în teren a distribuției microelementelor (metale) în sol s-a experimentat preliminar utilizarea unui instrument portabil bazat pe fluorescența de raze X. Probele de sol pe care s-au făcut măsurătorile au fost recoltate dintr-o zonă industrială, fiind de mare interes în primul rând determinarea cât mai exactă a metalelor grele toxice prezente în sol. Experimentările preliminare s-au realizat pe 10 probe de sol, fiind măsurată concentrația metalelor grele atât în probele umede (imediat după recoltare și însăcuire) cât și în probele uscate și prelucrate ulterior recoltării.
- Astfel, s-au măsurat probele uscate grobe, probele trecute prin sita de 2mm și probele fin mojarate trecute prin sita de 200 microni. Rezultatele obținute au fost comparate cu rezultatele analizei chimice de laborator. Nu s-a constatat o influență a umidității probelor de sol asupra rezultatelor măsurării XRF (la valori ale umidității ce nu depășesc 9,2%, valoare maximă în probele de sol măsurate).
- Experimentările efectuate la durate diferite ale timpului de analiză: 60, 120 și 180 secunde au evidențiat că, în cazul unor metale – în speță cuprul, cromul și cadmiul parametrul timp este

esențial. Astfel, pe măsura creșterii timpului de măsurare apare și radiația caracteristică a acestor elemente.

- În urma comparării rezultatelor analizei de laborator cu măsurătorile XRF rezultă cu certitudine că, măsurătorile XRF in – situ nu oferă decât informații calitative referitoare la conținutul de metale din sol, în special în cazul concentrațiilor mici de metale. Pentru obținerea rezultatelor cantitative este necesară prelucrarea probelor (uscare, mărunțire, cernere). Metodologia definitivă de lucru urmează a se stabili în cadrul lucrărilor ce se vor desfășura în etapele viitoare.

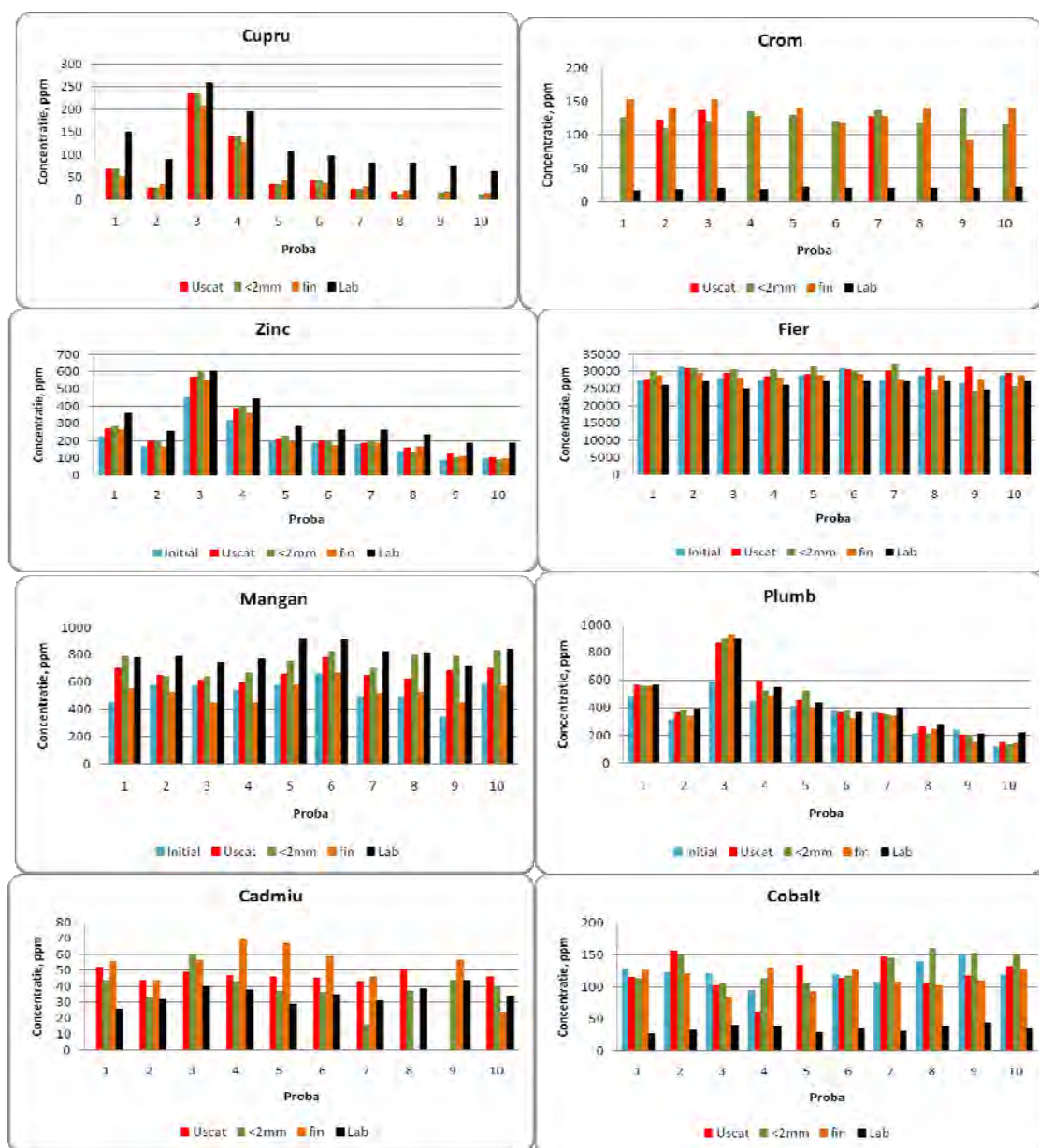


Figura 21. Evoluția conținutului de metale în cele 10 probe de sol, date XRF comparativ cu datele de laborator. Legenda: **Umed** reprezintă măsurătorile XRF făcute pe probele de sol proaspăt recoltate, umede; **Uscat** reprezintă măsurătorile XRF realizate pe probele de sol uscate; **< de 2mm** reprezintă măsurătorile XRF făcute pe probele de sol sitate prin sita de 2mm; **Fin** reprezintă măsurătorile XRF făcute pe probele de sol sitate pe sita de 200 micrometri; **Lab** reprezintă rezultatele analizei de laborator a probelor de sol fine (trecute prin sita de 200 micrometri).

3.2.1.2 Rezultate folosind aparatul Niton GOLDD

Dacă în subcapitolul anterior atenția s-a concentra pe aspecte instrumentale și analitice, în acest sub-capitol ne interesează influența tipului de sol și a localizării lui asupra relației dintre rezultatele metodei XRF-T și cele ale unor metode consecrate, cum este ICP-MS sau AAS. De aceea am făcut analize pe probe uscate și sitate 0.2 mm care fuseseră în prealabil analizate prin cele două metode clasice menționate.

Etapa limitantă de viteză a activității a fost determinarea prin metode clasice, care presupune digestive umedă în cuptor de digestive cu microunde . Analiza prin XRF-T s-a făcut într-un ritm de circa 200 de probe pe zi, lucrând două persoane: una la pregătirea probelor pentru analiză, iar alta la citirea efectivă cu un timp constant de citire de 30s. Au fost analizate probe prelevate din zonele Ampoi, lunca Târnaviei, Valea Viilor și Pantelimon, iar rezultatele sunt prezentate în figurile 22-23. O parte din aceste date sunt obținute în alte contracte de cercetare din portofoliul nostru de proiecte (conform explicațiilor din figura 22 și 23), dar le prezentăm aici comparative deoarece sunt foarte relevante pentru problema în discuție).

Figura 22 Relații dintre concentrațiile de metale din probe de sol determinate prin digestie umedă și ICP-MS și prin XRF de teren pe probe uscate (mg/kg substanță uscată, LT = lunca Târnaviei rezultate produse în contractul 52175-2008, VV = Valea Viilor – rezultate produse în contractul 52175 -2008, LA = lunca Ampoiului – rezultate produse în contractul 31043 - 2007).

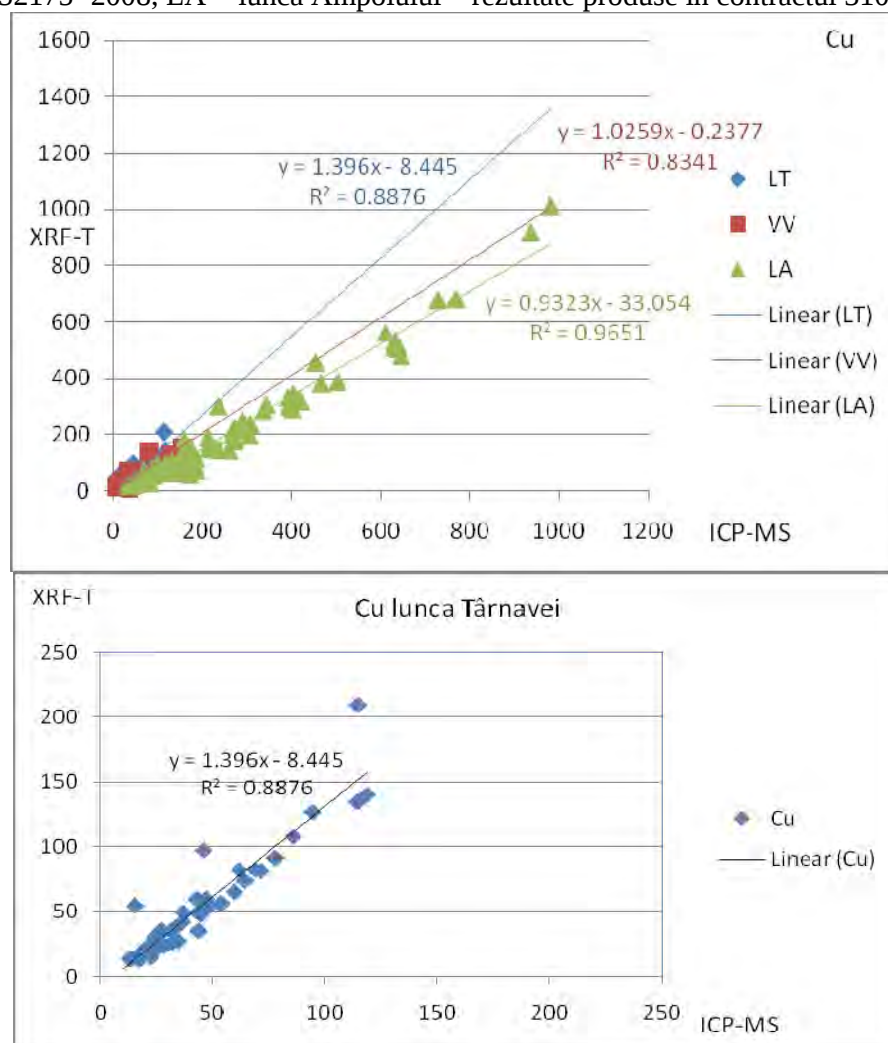


Figura 22 Continuar

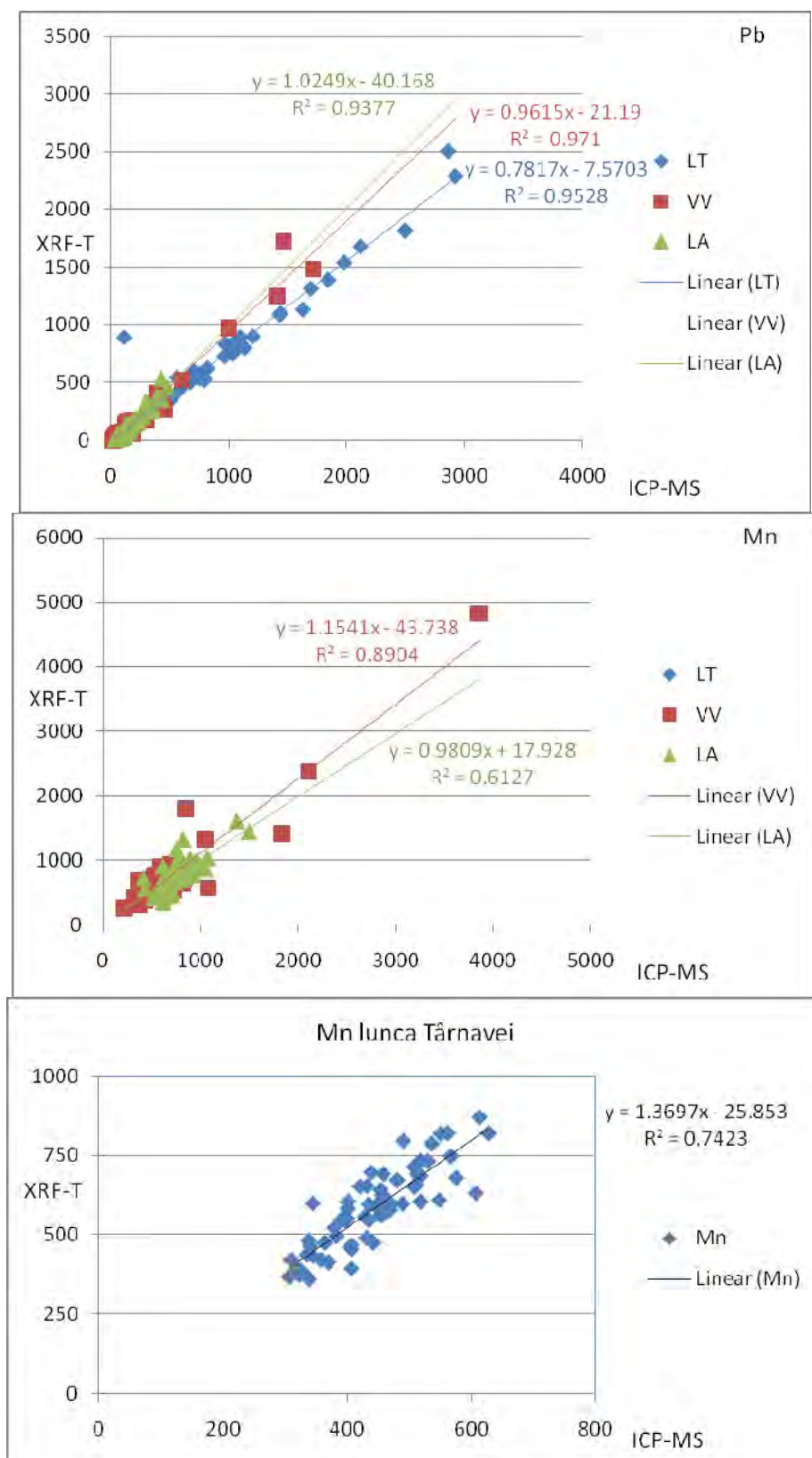


Figura 22 Continuar.

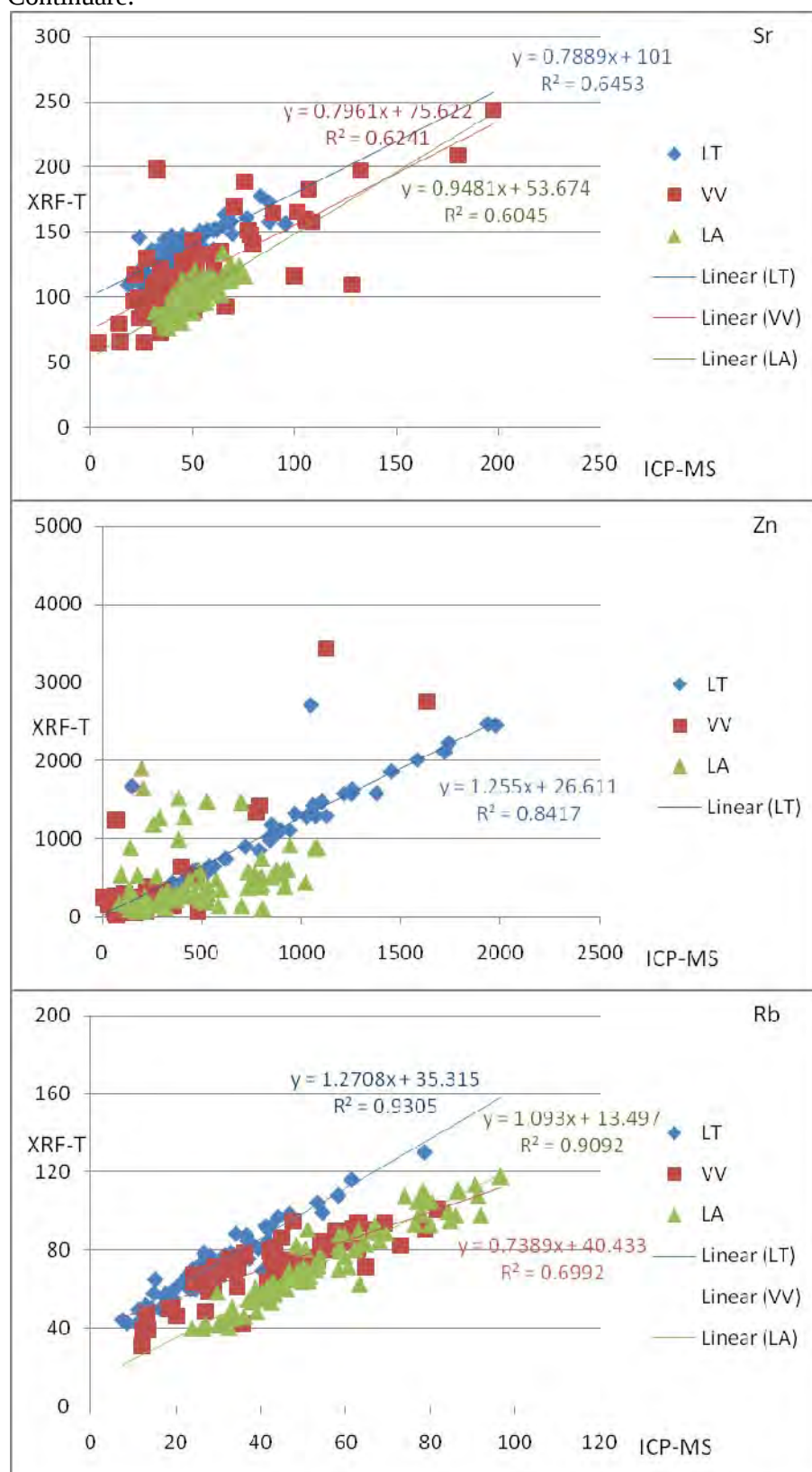
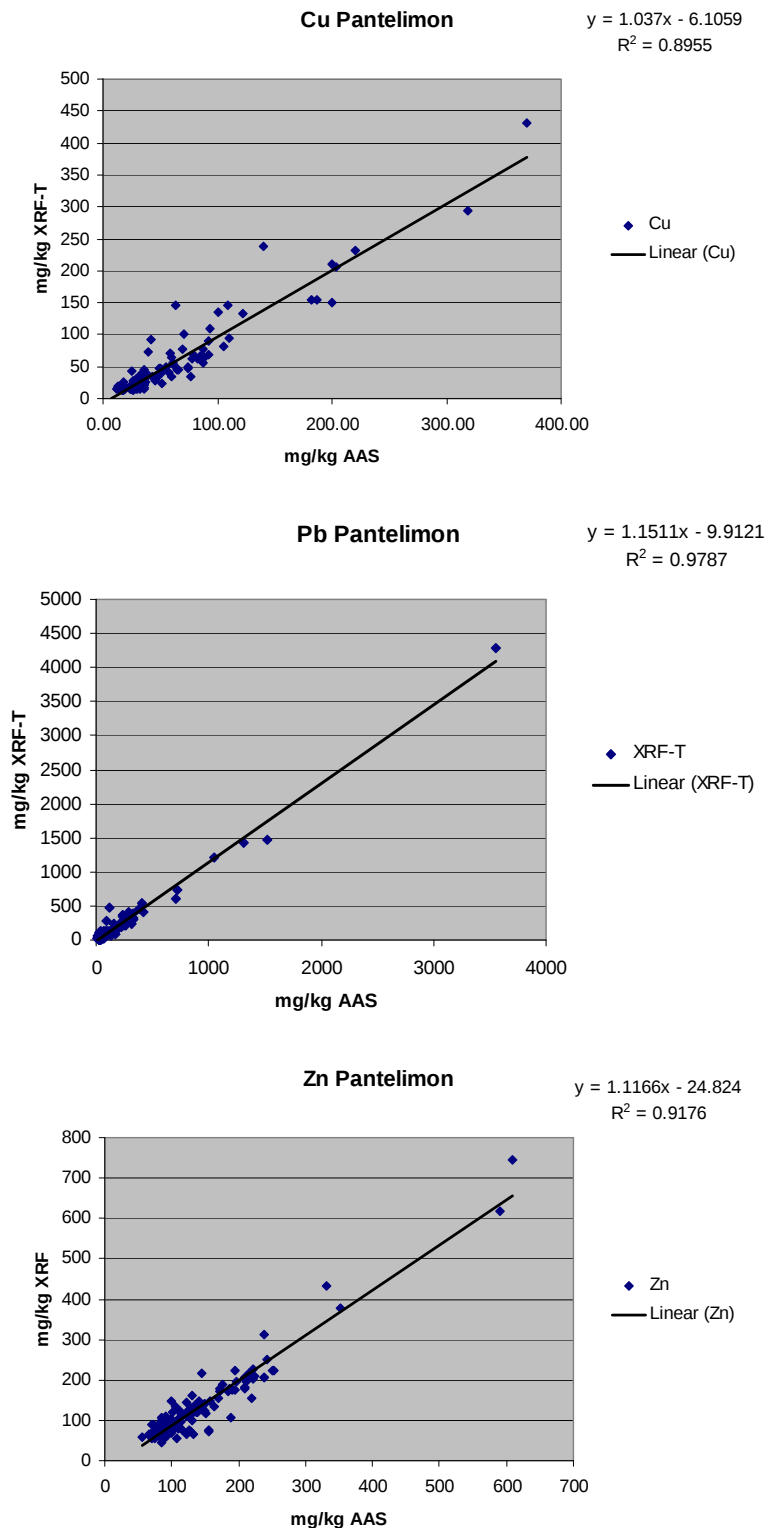


Figura 23 Relații dintre concentrațiile de metale din probe de sol determinate prin digestie umedă și AAS și prin XRF de teren pe probe uscate (zona Pantelimon – Neferal –Acumulatorul, rezultate produse în contractul 31012 - 2007).



Din inspectare figurilor de mai sus putem concluziona următoarele:

- Pentru metale cum sunt Cu, Pb, Mn, Rb există o relație cantitativă clară și semnificativă statistic între concentrațiile determinate prin metode clasice și cele determinate prin XRF-T. Ecuația curbei de regresie diferă însă de la un tip de sol și localizare la alta, mai mult în cazul

unor elemente decât în al altora, ceea ce impune construirea unor curbe de calibrare specifice.

- Pentru metale cum este Zn în unele situații relația este clară (lunca Târnavei, excepțiile reflectând probabil heterogenitatea probei analizate), în altele apar probleme, fie datorită unei influențe a matricii, fie datorită unei eventuale decalibrări a aparatului (se va verifica în etapa următoare).
- În lunca Târnavei metoda merge foarte bine și poate fi folosită pentru o cartare.
- Faptul că există diferențe între determinările de teren pe probe umede și determinările pe probe uscat în laborator (conform subcapitolului anterior) nu este o surpriză, astfel de diferențe existând în cazul oricărei metode de determinare. Datele obținute în teren pot fi corectate în funcție de datele remăsurate prin XRF-T în laborator și parametrii ușor de determinat cum sunt umiditatea și distribuția granulometrică, pe baza unor ecuații de regresie. Ca urmare metoda XRF-T nu are doar un caracter calitativ, ci cantitativ, cel puțin cu aparatul NITON Gold, atât vreme cât se lucrează cu un set de probe suficient de mare ca aceste relații cantitative să fie asigurate din punct de vedere statistic. Elaborarea acestor corecții pentru zona Copșa Mică va fi efectuată în etapa ulterioară a proiectului, înainte de caracterizarea contaminării fiecărei parcele din teren.

3.2.2 Caracterizarea bilanțului metalelor la nivel de parcel și fermă

O abordare complexă a dinamicii spațio-temporale a metalelor și care este o parte esențială a proiectului nostru este estimarea bilanțului metalelor într-o fermă pilot din zona contaminată care se cercetează intensiv (Copșa Mică).

Calculul bilanțului unui element permite evidențierea existenței unui dezechilibru între intrările (input) și ieșirile (output) anumitor elemente. Fluxurile și bilanțurile pentru aceste elemente pot fi analizate la scala spațială dar și ca evoluție în timp (Öborn și colab., 2005). Evaluarea acestor fluxuri sau bilanțuri trebuie realizată ținând seama de rezervele existente ale elementului respectiv, de potențialele riscuri de pierdere din sistem, dar și de aportul de element din exteriorul sistemului.

În majoritatea sistemelor de calcul la nivel de fermă rezervele proprii (interne) și fluxurile de elemente nu sunt luate în considerare. La fermele cu animale, în special, fluxurile interne pot fi substanțiale iar importanța includerii acestor fluxuri în calculul bilanțului a fost dovedită. De aceea se impune completarea modelelor simple de tip *la poarta-fermei* sau a bilanțului în câmp cu modele care să includă atât fluxurile interne din fermă, cât și dinamica temporală a acestora.

Obiectivele specifice ale acestui tip studiu sunt:

- estimarea pentru unele metale a rezervelor, fluxurilor și a bilanțului în sistemul sol-cultură-animale-gunoaie de grajd-sol;
- aprecierea dezechilibrelor existente în fluxurile unor elemente existente în sistemele investigate;
- evidențierea influenței diferitelor caracteristici ale fermei studiate cum ar fi gradul de autonomie, tipurile de furaje utilizate asupra prezenței și cantităților anumitor elemente în produsele animale și în gunoiera de grajd.

Estimarea bilanțului de masă

Calculul bilanțului de masă este folosit pentru evaluarea efectelor intrărilor și ieșirilor asupra unui sistem și utilizează următoarea ecuație (Öborn și colab. 2005):

$$\text{Intrare} + \text{Producție} = \text{Ieșire} + \text{Acumulare}$$

În calcul la echilibru a bilanțului de masă acumularea este considerată nulă, ceea ce înseamnă că nu există o modificare, dependentă de timp, a sistemului. În momentul în care termenii **Intrare**, **Producție** sau **Ieșire** variază în timp se impune utilizarea unui model dinamic în vederea aprecierii procesului de acumulare din sistem. Astfel, bilanțul de masă calculat în stare de echilibru poate fi utilizat pentru evaluarea scopurilor finale însă pentru estimarea căilor de atingere a acestor scopuri se impune utilizarea unor modele dinamice.

Bilanțurile fluxurilor de masă pot fi estimate folosind diferite metode. În studiul caz citat anterior s-au luat în considerare trei tipuri de bilanț:

- *bilanțul la poarta fermei*, incluzând produsele cumpărate și vândute;
- *bilanțul la nivelul grajdului* – care este un bilanț a unui subsistem ce include furaj-animal-gunoi de grajd/produs animal;
- *bilanțul la nivel de câmp* sau la nivelul stratului de suprafață a solului, incluzând fluxurile biofizice.

Descrierea fermei luată în studiu

Ferma luată în studiu este amplasată în comuna Axente Sever, județul Sibiu. Suprafața totală a terenului agricol aflat în exploatare este de 14,54 ha, din care 13,76 ha este teren arabil și 0,78 ha fâneță.

Suprafața de teren agricol este dispersată în 11 parcele (Planșa 1). Pentru identificarea acestor parcele se vor folosi în continuare coduri de la Ra la Rk (**R** fiind inițiala numelui fermierului – Rotar Mircea). Ferma luată în studiu este o fermă mixtă în care se realizează atât creșterea animalelor (bovine), cât și producție vegetală. Plantele cultivate în anul 2010 au fost: porumbul, ovăzul, orzoaica de primăvară, lucerna și triticale. Cea mai mare pondere dintre culturile realizate în fermă a avut-o cultura porumbului, aceasta ocupând 5 din cele 11 parcele. În acest studiu s-a încercat, pentru anul 2010, estimarea atât a fluxurilor de elemente către și dinspre fermă, cât și a celor din interiorul fermei. Pentru fiecare parcelă luată în studiu s-au colectat datele necesare evaluării bilanțului la nivel de câmp (Planșele 2–12).

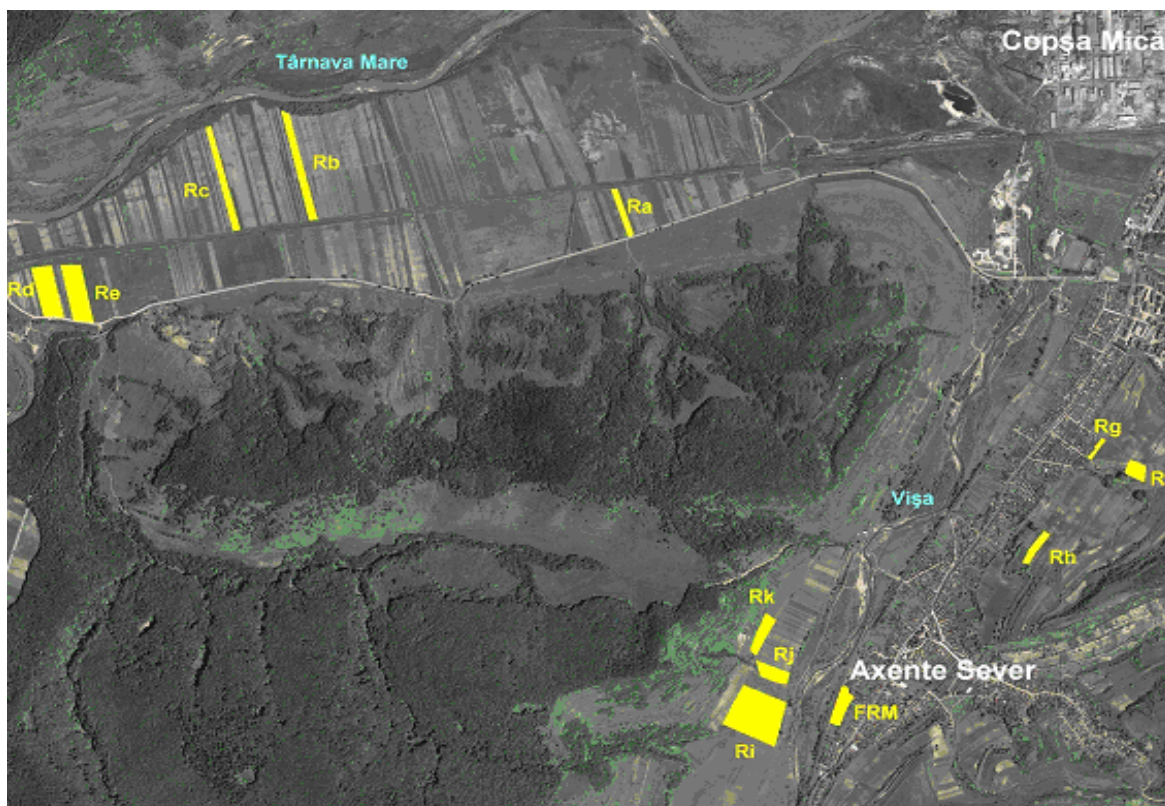
În această etapă s-a început evaluarea în teren a parametrilor pentru calcularea bilanțurilor la nivel de fermă. S-au desfășurat activități pentru obținerea datelor necesare estimării parțiale a bilanțurilor anuale pentru unele metale la *poarta fermei*, *la nivelul grajdului* și *în câmp*, luând în considerare o parte din fluxurile identificate în ferma luată în studiu.

Pentru estimarea, la nivelul anului 2010, a celor 3 tipuri de bilanț menționate anterior s-au luat în considerare următoarele ecuații:

Bilanț la poarta fermei = Produse cumpărate – Produse vândute =
= (furaje cumpărate + fertilizanți minerali + pesticide + semințe
+ materiale pentru așternut) – (lapte);

Bilanț la nivel de grajd = Intrări în grajd – Ieșiri din grajd =
= [furaje (cumpărate + producție proprie) + materiale pentru
așternut (paie + rumeguș)] – [lapte + gunoi de grajd];

Bilanț la nivel de câmp (parcelă) = Intrări în câmp – Ieșiri din câmp =
= (fertilizanți minerali + pesticide + semințe + gunoi
de grajd) – (recolta);



**Date generale de caracterizare a fermei pentru care se estimează
bilanțurile de metale la nivelul anului 2010**

Localizare fermă	Comuna Axente Sever, județul Sibiu
Adresa sediului fermei (FRM)	Axente Sever, nr. 174
Proprietar fermă	ROTAR Mircea
Profesie proprietar	Inginer agronom
Suprafața totală de teren agricol, din care:	14,54 ha
– arabil (parcelele Ra–Rj)	13,76 ha
– fânețe (parcela Rk)	0,78 ha
Număr de parcele în care se află dispersată suprafața de teren agricol	11
Tipul fermei	Mixtă (creșterea animalelor + culturi de câmp)
Gama de plante cultivate	porumb (Rb, Rc, Rd, Rg, Rh), ovăz (Rj), orzoaică de primăvară (Rf), lucernă (Ri), triticale (Re)
Specii de animale crescute	bovine (22 de capete)

Planșa 1 Prezentare generală a fermei în care s-a început evaluarea parametrilor necesari pentru estimarea bilanțurilor de metale.



Cod parcelă (stabilit de INCDPAPM București)	Ra
Localizare parcelă	Lunca Târnavei Mari
Denumire locală a zonei de amplasare	Rombeș
Suprafață parcelă	0,5 ha
Categorie de folosință	arabil
Plantă cultivată în 2010	terenul nu a fost cultivat în 2010
Hibrid / Soi cultivat în 2010	—
Cantitate de sămânță utilizată	—
Planta ce va fi cultivată în 2011	porumb
Îngrășăminte chimice aplicate	—
Îngrășăminte organice aplicate	—
Pesticide	—
Producție principală	—
Umiditate estimată a producției principale	—
Producție principală utilizată în sectorul zootehnic	—
Alte utilizări ale producției principale	—
Producție secundară obținută	—
Umiditate estimată a producției secundare	—
Producție secundară utilizată în sectorul zootehnic	—
Alte utilizări ale producției secundare	—

Planșa 2 Date de caracterizare pentru parcela Ra necesare estimării bilanțului de metale.



Cod parcelă (stabilit de INCDPAPM București)	Rb
Localizare parcelă	Lunca Târnavei Mari
Denumire locală a zonei de amplasare	Bacea
Suprafață parcelă	1,46 ha
Categorie de folosință	arabil
Plantă cultivată în 2010	porumb
Hibrid / Soi cultivat în 2010	PR38 A24 (Pioneer)
Cantitate de sămânță utilizată	20 kg/ha
Planta ce va fi cultivată în 2011	porumb (Pioneer)
Îngrășăminte chimice aplicate	azotat de amoniu (150 kg/ha)
Îngrășăminte organice aplicate	—
Pesticide	ierbucid Merlin Duo (2L/ha)
Producție principală	știuleți de porumb (6500 kg/ha)
Umiditate estimată a producției principale	20%
Producție principală utilizată în sectorul zootehnic	6500 kg/ha x 1,46 ha = 9490 kg
Alte utilizări ale producției principale	—
Producție secundară obținută	coceni de porumb (2000 kg/ha)
Umiditate estimată a producției secundare	25%
Producție secundară utilizată în sectorul zootehnic	1000 kg
Alte utilizări ale producției secundare	1920 kg de coceni au rămas pe parcelă, unde au fost tocați și încorporați în sol

Planșa 3 Date de caracterizare pentru parcela Rb necesare estimării bilanțului de metale.



Cod parcelă (stabilit de INCDPAPM București)	Rc
Localizare parcelă	Lunca Târnavei Mari
Denumire locală a zonei de amplasare	Bacea
Suprafață parcelă	0,9 ha
Categorie de folosință	arabil
Plantă cultivată în 2010	porumb
Hibrid / Soi cultivat în 2010	PR38 A24 (Pioneer)
Cantitate de sămânță utilizată	20 kg/ha
Planta ce va fi cultivată în 2011	porumb (Pioneer)
Îngrășăminte chimice aplicate	azotat de amoniu (150 kg/ha)
Îngrășăminte organice aplicate	—
Pesticide	ierbucid Merlin Duo (2L/ha)
Producție principală	știuleți de porumb (7000 kg/ha)
Umiditate estimată a producției principale	20%
Producție principală utilizată în sectorul zootehnic	7000 kg/ha x 0,9 ha = 6300 kg
Alte utilizări ale producție principale	—
Producție secundară obținută	coceni de porumb (2500 kg/ha)
Umiditate estimată a producției secundare	25%
Producție secundară utilizată în sectorul zootehnic	—
Alte utilizări ale producție secundare	toți cocenii (2250 kg) au rămas pe parcelă, unde au fost tocați și încorporați în sol

Planșa 4 Date de caracterizare pentru parcela Rc necesare estimării bilanțului de metale.



Cod parcelă (stabilit de INCDPAPM București)	Rd
Localizare parcelă	Lunca Târnavei Mari
Denumire locală a zonei de amplasare	Bălu
Suprafață parcelă	1,9 ha
Categorie de folosință	arabil
Plantă cultivată în 2010	porumb
Hibrid / Soi cultivat în 2010	PR38 A24 (Pioneer)
Cantitate de sămânță utilizată	20 kg/ha
Planta ce va fi cultivată în 2011	porumb (Pioneer)
Îngrășăminte chimice aplicate	azotat de amoniu (150 kg/ha)
Îngrășăminte organice aplicate	—
Pesticide	ierbucid Merlin Duo (2L/ha)
Producție principală	știuleți de porumb (7000 kg/ha)
Umiditate estimată a producției principale	20%
Producție principală utilizată în sectorul zootehnic	7000 kg/ha x 1,9 ha = 13300 kg
Alte utilizări ale producție principale	—
Producție secundară obținută	coceni de porumb (2500 kg/ha)
Umiditate estimată a producției secundare	25%
Producție secundară utilizată în sectorul zootehnic	—
Alte utilizări ale producție secundare	toți cocenii (4750 kg) au rămas pe parcelă, unde au fost tocați și încorporați în sol

Planșa 5 Date de caracterizare pentru parcela Rd necesare estimării bilanțului de metale.



Cod parcelă (stabilit de INCDPAPM București)	Re
Localizare parcelă	Lunca Târnavei Mari
Denumire locală a zonei de amplasare	Bălu
Suprafață parcelă	2 ha
Categorie de folosință	arabil
Plantă cultivată în 2010	terenul nu a fost cultivat în 2010
Hibrid / Soi cultivat în 2010	—
Cantitate de sămânță utilizată	—
Planta ce va fi cultivată pentru 2011, în toamna lui 2010	triticale (270 kg/ha)
Îngrășăminte chimice aplicate	complex NPK (200 kg/ha)
Îngrășăminte organice aplicate	—
Pesticide	—
Producție principală	—
Umiditate estimată a producției principale	—
Producție principală utilizată în sectorul zootehnic	—
Alte utilizări ale producție principale	—
Producție secundară obținută	—
Umiditate estimată a producției secundare	—
Producție secundară utilizată în sectorul zootehnic	—
Alte utilizări ale producție secundare	—

Planșa 6 Date de caracterizare pentru parcela Re necesare estimării bilanțului de metale.



Cod parcelă (stabilit de INCDPAPM București)	Rf
Localizare parcelă	NE Axente Sever
Denumire locală a zonei de amplasare	pe Gleci
Suprafață parcelă	0,6 ha
Categorie de folosință	arabil
Plantă cultivată în 2010	orzoaică de primăvară
Hibrid / Soi cultivat în 2010	fermierul nu poate preciza soiul
Cantitate de sămânță utilizată	200 kg/ha
Planta ce va fi cultivată în 2011	porumb (Pioneer)
Îngrășăminte chimice aplicate	azotat de amoniu (200 kg/ha)
Îngrășăminte organice aplicate	—
Pesticide	—
Producție principală	—
Umiditate estimată a producției principale	—
Producție principală utilizată în sectorul zootehnic	—
Alte utilizări ale producție principale	—
Producție secundară obținută	plantele de orzoaica au fost utilizate ca furaj (3000 kg/ha)
Umiditate estimată a producției secundare	nu a putut fi estimată
Producție secundară utilizată în sectorul zootehnic	3000 kg/ha x 0,6 ha = 1800 kg
Alte utilizări ale producție secundare	—

Planșa 7 Date de caracterizare pentru parcela Rf necesare estimării bilanțului de metale.



Cod parcelă (stabilit de INCDPAPM București)	Rg
Localizare parcelă	la NE de Axente Sever, la marginea localității
Denumire locală a zonei de amplasare	la Dărăbani
Suprafață parcelă	0,2 ha
Categorie de folosință	arabil
Plantă cultivată în 2010	porumb
Hibrid / Soi cultivat în 2010	hibrid local
Cantitate de sămânță utilizată	25 kg/ha
Planta ce va fi cultivată în 2011	porumb
Îngrășăminte chimice aplicate	azotat de amoniu (200 kg/ha)
Îngrășăminte organice aplicate	40 t/ha gunoi de grajd (în toamna anului 2010)
Pesticide	—
Producție principală	știuleți de porumb (8000 kg/ha)
Umiditate estimată a producției principale	25%
Producție principală utilizată în sectorul zootehnic	—
Alte utilizări ale producție principale	toată producția pricipală (1600 kg știuleți) este utilizată în gospodăria individuală a tatălui fermierului
Producție secundară obținută	coceni de porumb (3500 kg/ha)
Umiditate estimată a producției secundare	30%
Producție secundară utilizată în sectorul zootehnic	—
Alte utilizări ale producție secundare	toți cocenii (700 kg) vor fi utilizați în gospodaria individuală a tatălui fermierului

Planșa 8 Date de caracterizare pentru parcela Rg necesare estimării bilanțului de metale.



Cod parcelă (stabilit de INCDPAPM București)	Rh
Localizare parcelă	la Est de Axente Sever, în apropierea localității
Denumire locală a zonei de amplasare	la cimitir
Suprafață parcelă	0,6 ha
Categorie de folosință	arabil
Plantă cultivată în 2010	porumb
Hibrid / Soi cultivat în 2010	PR38 A24 (Pioneer)
Cantitate de sămânță utilizată	20 kg/ha
Planta ce va fi cultivată în 2011	porumb (Pioneer)
Îngrășăminte chimice aplicate	azotat de amoniu (200 kg/ha)
Îngrășăminte organice aplicate	—
Pesticide	ierbucid Merlin Duo (2L/ha)
Producție principală	știuleți de porumb (8000 kg/ha)
Umiditate estimată a producției principale	17%
Producție principală utilizată în sectorul zootehnic	8000 kg/ha x 0,6 ha = 4800 kg
Alte utilizări ale producție principale	—
Producție secundară obținută	coceni de porumb (3000 kg/ha)
Umiditate estimată a producției secundare	20%
Producție secundară utilizată în sectorul zootehnic	—
Alte utilizări ale producție secundare	toți cocenii (1800 kg) au rămas pe parcelă, unde au fost tocați și încorporați în sol

Planșa 9 Date de caracterizare pentru parcela Rh necesare estimării bilanțului de metale.



Cod parcelă (stabilit de INCDPAPM București)	Ri
Localizare parcelă	pe Valea Vișei, la Vest de localitatea Axente Sever
Denumire locală a zonei de amplasare	la elicopter
Suprafață parcelă	4,8 ha
Categorie de folosință	arabil
Plantă cultivată în 2010	cultura de lucernă existentă pe această parcelă a fost semănată în urmă cu 5 ani
Hibrid / Soi cultivat în 2010	—
Cantitate de sămânță utilizată	—
Planta ce va fi cultivată în 2011	lucernă + ovăz
Îngrășămintă chimice aplicate	—
Îngrășămintă organice aplicate	—
Pesticide	—
Producție principală	fân obținut din lucernă (6000 kg/ha)
Umiditate estimată a producției principale	se va estima pe probele de fân recoltate din baloții aflați în zona pentru depozitarea furajelor
Producție principală utilizată în sectorul zootehnic	6000 kg/ha x 4,8 ha = 28800 kg fân
Alte utilizări ale producției principale	—
Producție secundară obținută	—
Umiditate estimată a producției secundare	—
Producție secundară utilizată în sectorul zootehnic	—
Alte utilizări ale producției secundare	—

Planșa 10 Date de caracterizare pentru parcela Ri necesare estimării bilanțului de metale.



Cod parcelă (stabilit de INCDPAPM București)	Rj
Localizare parcelă	pe Valea Vișei, la Vest de localitatea Axente Sever
Denumire locală a zonei de amplasare	pe Vișa
Suprafață parcelă	0,8 ha
Categorie de folosință	arabil
Plantă cultivată în 2010	ovăz
Hibrid / Soi cultivat în 2010	soi local
Cantitate de sămânță utilizată	180 kg/ha
Planta ce va fi cultivată în 2011	lucernă + ovăz
Îngrășămintे chimice aplicate	—
Îngrășămintе organice aplicate	—
Pesticide	—
Producție principală	—
Umiditate estimată a producției principale	—
Producție principală utilizată în sectorul zootehnic	—
Alte utilizări ale producției principale	—
Producție secundară obținută	plantele de ovăz au fost utilizate ca furaj (3000 kg/ha)
Umiditate estimată a producției secundare	se va estima pe probele recoltate din baloții aflați în zona pentru depozitarea furajelor
Producție secundară utilizată în sectorul zootehnic	3000 kg/ha x 0,8 ha = 2400 kg
Alte utilizări ale producției secundare	—

Planșa 11 Date de caracterizare pentru parcela Rj necesare estimării bilanțului de metale.



Cod parcelă (stabilit de INCDPAPM București)	Rk
Localizare parcelă	pe Valea Vișei, la Vest de localitatea Axente Sever
Denumire locală a zonei de amplasare	pe Vișa
Suprafață parcelă	0,78 ha
Categorie de folosință	fânețe
Plantă cultivată în 2010	—
Hibrid / Soi cultivat în 2010	—
Cantitate de sămânță utilizată	—
Planta ce va fi cultivată în 2011	—
Îngrășămintă chimice aplicate	—
Îngrășămintă organice aplicate	—
Pesticide	—
Producție principală	fân (3000 kg/ha)
Umiditate estimată a producției principale	se va estima pe probele de fân recoltate din baloții aflați în zona pentru depozitarea furajelor
Producție principală utilizată în sectorul zootehnic	3000 kg/ha x 0,78 ha = 2340 kg fân
Alte utilizări ale producție principale	—
Producție secundară obținută	—
Umiditate estimată a producției secundare	—
Producție secundară utilizată în sectorul zootehnic	—
Alte utilizări ale producție secundare	—

Planșa 12 Date de caracterizare pentru parcela Rk necesare estimării bilanțului de metale.

Estimarea parțială a bilanțului la nivel de câmp (parcelă)

Conform datelor din literatură bilanțul la nivel de câmp (parcelă) presupune identificarea tuturor intrărilor și ieșirilor din sistem. Pentru unele elemente precum metalele este imperios necesară estimarea rezervei de metale din sol, având în vedere că o parte din aceste elemente pot trece, prin mobilizare, din parte minerală a solului în soluția solului și de aici în plante, putând fi scoase din sistem odată cu recolta. De aceea, în această etapă, pentru estimarea rezervei de metal din sol s-au deschis, cu ocazia celor două deplasări efectuate în zona Copșa Mică, 7 profile (în parcelele Rb, Rc, Rd, Rf, Ri, Rj și Rk) și s-au recoltat probe de sol, până la adâncimea de 100 cm, cu ajutorul sondei burghiu (olandeză), în toate cele 11 parcelele. Aspecte ale activităților de teren desfășurate pentru recoltarea probelor de sol necesare estimării conținuturilor și a rezervelor de metale în zona studiată sunt prezentate în planșele 13 și 14.



Planșa 13 Aspecte ale activității de recoltare a probelor de sol prin deschiderea unui profil: **(a)** se curăță de resturi vegetale zona în care se amplasează profilul; **(b)** se sapă profilul până la adâncimea de 1,2 m; **(c)(d)** specialistul în pedologie stabilește câte orizonturi genetice are solul până la 1 m și limitele acestor orizonturi; **(e)(f)** se recoltează probe de sol pentru fiecare orizont identificat.



Planșa 14 Aspecte din timpul activității de recoltare a probelor de sol utilizând sonda burghiu în parcelele Ri (a) și Re (b,c).

În prima fază a activității desfășurate în teren (octombrie 2010) s-au recoltat 52 probe de sol pentru care, în această etapă, se vor determina caracteristicile chimice de bază (pH, Corg, N_{total} , P_{mobil} , K_{mobil} , P_{total} , K_{total} , As, Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb și Zn) și caracteristicile fizice necesare estimării rezervei de metal a stratului 0-100 cm (DA_{wi} - densitate aparentă la umiditatea de recoltare, DA_0 - densitatea aparentă a solului uscat și umiditatea inițială). Deschiderea, în această primă fază, a celor 3 profile (în parcelele Rb, Rc și Rd) a permis caracterizarea învelișului de sol din cele trei parcele, evidențiindu-se astfel și principalele proprietăți ce guvernează comportamentul metalelor în aceste soluri. Pentru cele trei profile sunt prezentate în continuare datele obținute atât în activitățile desfășurate în teren, cât și în cele executate în laboratoarele de analize (tabelele 14-16)

Profilul nr.1 (executat în parcela Rb)

Amplasament – la aproximativ 3 km de coș, la Vest de Copșa Mică (înspre Micăsasa)

Relief

- Unitate majoră – Podișul Târnavelor

- Unitate/subunitate – Culoarul Târnavei Mari
- Tip/formă principală – luncă - grind
- Pantă – 0-2%

Material parental

- Materiale transportate și redepozitate: depozite fluviatile carbonatice

Aspect de suprafață

- Sol normal
- Teren – plan - foarte slab vălurit

Apa freatică – la peste 150 cm adâncime

Drenaj natural

- De suprafață – bine drenat
- De adâncime – bine drenat
- Global – bine drenat

Vegetație actuală

- Zona bioclimatică – Zona pădurilor de foioase (nemorală), Etajul pădurilor de gorun
- Teren cultivat – porumbiște
- Specii reprezentative din vegetația spontană – *Asclepias syriaca*, *Equisetum arvense*, *Xanthium strumarium*, *Setaria glauca*, *Phragmites communis*;etc.

Folosința terenului – arabil

Amenajări antropice:

- Lucrări agricole (cultură mare)
- Lucrări de îmbunătățiri funciare – îndiguiri

Descriere morfologică

Aluviosol calcaric

Aop 0-17 cm; textură lut-lutonisipoasă; culoare 10YR3/1⁴ cenușiu foarte închis în stare umedă, 10YR4/1 cenușiu închis în stare uscată; structură modificată prin prelucrare agrotehnică, în partea inferioară a orizontului devenind grăunțoasă mică-medie moderat dezvoltat; friabil în stare umedă, foarte dur în stare uscată; moderat plastic; moderat adeziv; moderat compact; efervescentă moderată în masă; reavăn; rădăcini mici-medii rar frecvente; trecere treptată;

Aotp 17-26 cm; textură lut-lutonisipoasă; culoare 10YR3/3 brun închis în stare umedă și 10YR 4/3, brun - brun închis în stare uscată; structura grăunțoasă moderat dezvoltată; 40-50 % din orizont în partea inferioară spre poliedrică subangulară mică-medie slab dezvoltată; friabil în stare umedă; foarte dur în stare uscată; moderat plastic; moderat adeziv; moderat compact; pori fini frecvenții; reavăn; efervescentă foarte puternică în masă; rădăcini fine rare; coprolite frecvente; trecere clară netă;

Ck₁ 26-72 cm; textură lutonisipoasă; culoare 10YR4/3 brun-brun închis în stare umedă și 10YR5/4 brun gălbui în stare uscată; masiv reavăn-jilav; foarte friabil în stare umedă, moderat friabil în stare uscată; neplastic; neadeziv; slab-moderat compact; pori fini și medii foarte frecvenții; efervescentă foarte puternică în masă; fragmente mici de mică frecvente distribuite uniform în masă; urme de coprolite mici slab frecvente; trecere treptată;

Ck₂ 72-87 cm; textură nisipolutoasă-lutonisipoasă; culoare 10YR4/4 brun gălbui închis în stare umedă și 10YR5/4-6/4 brun gălbui-brun gălbui deschis în stare uscată; masiv; reavăn-jilav; fragmente fine de mică; foarte friabil în stare umedă, semifriabil în stare uscată; neplastic; neadeziv; pori medii frecvenți; efervescentă foarte puternică în masă;

Ck₃ 87-100 cm; textură nisipolutoasă; culoare 10YR5/4-4/4 brun gălbui-brun gălbui închis în stare umedă și 10YR6/4 brun gălbui deschis în stare uscată; masiv; reavăn-jilav; fragmente mici-medii de mică; foarte friabil în stare umedă, semifriabil în stare uscată; neplastic; neadeziv; pori medii-mari frecvenți; efervescentă foarte puternică în masă.

⁴ Culorile închise din orizonturile superioare Aop și Aotp sunt consecințe ale poluării cu negru de fum de la fosta fabrică Carbosin Copșa Mică

Tabelul 14 Caracteristici chimice ale solului determinate pentru orizonturile genetice ale profilului de sol deschis în parcela **Rb**.

Orizont	Adâncime cm	pH	Carbon organic %	Azot total %	Cd mg/kg	Cu mg/kg	Fe %	Mn mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
Aop	0–17	7,47	1,69	0,220	33	123	2,16	646	38	1246	3488
Aotp	17–26	7,75	1,57	0,195	30	117	2,48	704	40	949	2901
Ck ₁	26–72	8,24	0,82	0,159	3,8	30	1,90	653	31	16	67
Ck ₂	72–87	8,21	0,60	0,142	1,4	29	1,87	596	32	16	63
Ck ₃	87–100	8,32	0,41	0,121	0,49	27	1,58	552	28	13	66

Profilul nr. 2 (executat în parcela Rc)

Amplasament – la aproximativ 3.5 km de coș, la Vest de Copșa Mică (înspre Micăsasa)

Relief

- Unitate majoră – Podișul Târnavelor
- Unitate/subunitate – Culoarul Târnavei Mari
- Tip/formă principală – luncă - grind
- Pantă – 0-2%

Material parental

- Materiale transportate și redepozitate: depozite fluviatile carbonatice

Aspect de suprafață

- Sol normal
- Teren – plan - foarte slab vălurit

Apa freatică – la peste 130 cm adâncime

Drenaj natural

- De suprafață – bine drenat
- De adâncime – slab-moderat drenat
- Global – moderat drenat

Vegetație actuală

- Zona bioclimatică – Zona pădurilor de foioase (nemorală), Etajul pădurilor de gorun
- Teren cultivat – porumbiște
- Specii reprezentative din vegetația spontană – *Verbascum phlomoides*, *Equisetum arvense*, *Xanthium strumarium*, *Setaria glauca*, *Phragmites communis*;etc.

Folosința terenului – arabil

Amenajări antropice:

- Lucrări agricole (cultură mare)
- Lucrări de îmbunătățiri funciare – îndiguiri

Descriere morfologică

Aluviosol calcaric

Aop 0-16 cm; textură lut-lutonisipoasă; culoare 10YR3/1-2/1⁵ cenușiu foarte închis-negru în

⁵ Culoarele închise din orizonturile superioare Aop și Aotp sunt consecințe ale poluării cu negru de fum de la fosta fabrică Carbosin Copșa Mică

stare umedă, 10YR4/1 cenușiu închis în stare uscată; structură modificată prin prelucrare agrotehnică, în partea inferioară a orizontului structura devine grăunțoasă mică slab-moderat dezvoltat; reavăn; friabil în stare umedă, foarte dur în stare uscată; plastic; adeziv; compact; pori mici rari, efervescentă moderată în masa de sol; particule fine de mică distribuite uniform în masa de sol, rădăcini mici-medii rar frecvente; trecere treptată;

Aotp 16-25 cm; textură lut-lutonisipoasă; culoare 10YR2/1 negru în stare umedă și 10YR4/1 cenușiu închis în stare uscată; structura poliedrică subangulară slab-moderat dezvoltată; reavăn; friabil în stare umedă; dur în stare uscată; plastic; adeziv; moderat compact; pori fini frecvenții; efervescentă foarte puternică în masă; rădăcini fine rare; canale de râme și coprolite frecvente; particule de mică uniform dispersate pe orizont, trecere treptată;

A/Ck 25-36 cm; textură lut-lutonisipoasă; culoare 10YR2/1 negru cu pete 10YR3/3 brune închis în stare umedă și 10YR4/1 cenușiu închis și pete 10YR5/3 în stare uscată; structura poliedrică subangulară moderat dezvoltată; reavăn; friabil în stare umedă; dur în stare uscată; moderat plastic; moderat adeziv; moderat compact; pori fini frecvenții; efervescentă foarte puternică în masă; rădăcini fine rare; activitate biologică intensă reprezentată prin canale de râme și coprolite frecvente; particule de mică uniform dispersate pe orizont, trecere clară netă;

Ck₁ 36-65 cm; textură lutonisipoasă; culoare 10YR4/3 brun-brun închis în stare umedă și 10YR5/3 brun în stare uscată; masiv; reavăn-jilav; foarte friabil în stare umedă, moderat dur în stare uscată; neplastic; neadeziv; slab-moderat compact; pori fini și medii foarte frecvenții; efervescentă foarte puternică în masă; acumulări de săruri ușor solubile sub formă de vinișoare; urme de canale de râme și coprolite frecvente în partea superioară a orizontului până la adâncimea de 42 cm; particule fine de mică frecvente distribuite uniform pe toată adâncimea orizontului; trecere clară netă;

Ck₂ 65-81 cm; textură lutonisipoasă-nisipolutoasă; culoare 10YR4/4 brun gălbui închis cu pete 2,5YR3/4 brun roșiatic închis în stare umedă și 10YR6/3 brun pal și pete 2,5YR6/8 roșu deschis în stare uscată; masiv; reavăn-jilav; foarte friabil în stare umedă, semidur în stare uscată; neplastic; neadeziv; pori medii frecvenți; efervescentă foarte puternică în masă; acumulări de săruri solubile sub formă de vinișoare; fragmente fine de mică; trecere clară netă;

CGr 81-100 cm; textură lut-lutoargilosă; culoare 5Y4/1 cenușiu închis cu pete 2,5YR3/6 roșu închis în stare umedă și 5Y6/1 cenușiu-cenușiu deschis cu pete 2,5YR4/8 roșu în stare uscată; structură poliedrică angulară mare foarte bine dezvoltată spre masivă ; jilav; friabil în stare umedă, foarte dur în stare uscată; plastic; adeziv; pori medii frecvenți; efervescentă foarte puternică în masă, acumulări slabe de săruri solubile sub formă de vinișoare, particule de mică foarte fine, distribuite uniform în masa de sol.

Tabelul 15 Caracteristici chimice ale solului determinate pentru orizonturile genetice ale profilului de sol deschis în parcela **Rc**

Orizont	Adâncime cm	pH	Carbon organic %	Azot total %	Cd mg/kg	Cu mg/kg	Fe %	Mn mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
Aop	0-16	8,13	1,65	0,173	39	124	2,48	728	44	1353	3965
Aotp	16-25	8,08	1,97	0,171	37	123	2,29	661	40	1263	3703
A/Ck	25-36	8,16	1,24	0,158	19	74	2,02	671	39	517	1132
Ck₁	36-65	8,31	0,73	0,130	4,18	24	1,54	551	35	22	74
Ck₂	65-81	8,36	0,73	0,119	2,41	22	1,69	569	22	8	52
CGr	81-100	8,24	0,49	0,112	2,19	37	2,51	876	37	31	96

Profilul nr. 3 (executat în parcela Rd)

Amplasament – la aproximativ 4,3 km de coș, la Vest de Copșa Mică (înspre Micăsasa)

Relief

- Unitate majoră – Podișul Târnavelor
- Unitate/subunitate – Culoarul Târnavei Mari
- Tip/formă principală – luncă - intergrind
- Pantă – 0-2%

Material parental

- Materiale transportate și redepozitate: depozite fluviatile carbonatice

Aspect de suprafață

- Sol normal
- Teren – plan - foarte slab vălurit

Apa freatică – la peste 130 cm adâncime

Drenaj natural

- De suprafață – bine drenat
- De adâncime – slab drenat
- Global – moderat drenat

Vegetație actuală

- Zona bioclimatică – Zona pădurilor de foioase (nemorală), Etajul pădurilor de gorun.
- Teren cultivat – porumbiște
- Specii reprezentative din vegetația spontană – *Cynodon dactylon*, *Setaria glauca*, *Xanthium strumarium*, *Equisetum arvense*, *Phragmites communis*;etc.

Folosința terenului – arabil

Amenajări antropice:

- Lucrări agricole (cultură mare)
- Lucrări de îmbunătățiri funciare – îndiguiri

Descriere morfologică

Aluviosol calcaric

Aop 0-13 cm; textură lut-lutonisipoasă; culoare 10YR3/1⁶ cenușiu foarte închis în stare umedă, 10YR4/1 cenușiu închis în stare uscată; structură modificată prin prelucrare mecanică agrotehnică, în partea inferioară a orizontului structura devine grăunțoasă mică slab-moderat dezvoltat; reavăn; friabil în stare umedă, dur în stare uscată; plastic; adeziv; compact; pori mici rar frecvenți, efervescență moderat-puternică în masa de sol; particule fine de mică distribuite uniform în masa de sol, rădăcini de plante medii frecvente; trecere treptată;

Aotp 13-23 cm; textură lut-lutonisipoasă; culoare 10YR3/1 cenușiu foarte închis în stare umedă și 10YR4/1-4/2 cenușiu închis-brun cenușiu închis în stare uscată; structura masivă datorată lucrărilor agrotehnice necorespunzătoare; reavăn; friabil în stare umedă; foarte dur în stare uscată; plastic; adeziv; compact; pori fini rar frecvenții; efervescență puternică în masă; rădăcini de plante fine rare; particule frecvente de mică uniform dispersate în masa de sol, trecere clară netă;

Ck₁ 23-36 cm; textură lutonisipoasă-nisipolutoasă; culoare 10YR4/3 brun-brun închis în stare umedă și 10YR5/3-6/3 brun-brun pal în stare uscată; structura poliedrică subangulară mare bine dezvoltată; reavăn; friabil în stare umedă; dur în stare uscată; slab-moderat plastic; slab-moderat adeziv; moderat compact; pori fini rar-frecvenți; efervescență foarte puternică în masă; rădăcini fine rare; canale de râme și coprolite frecvente; particule de mică uniform dispersate, trecere clară netă;

Ck₂ 36-70 cm; textură lutoasă-lutoargiloasă; culoare 10YR4/2 brun cenușiu închis în stare umedă și 10YR6/3 brun pal în stare uscată; structura masivă; reavăn; moderat friabil în stare umedă, foarte în stare uscată; plastic; foarte adeziv; compact; pori medii foarte frecvenți;

⁶ Culorile închise din orizonturile superioare Aop și Aotp sunt consecințe ale poluării cu negru de fum de la fosta fabrică Carbosin Copșa Mică

efervescentă foarte puternică în masă; urme de canele de răme și coprolite frecvente; particule foarte fine de mică frecvente distribuite uniform pe toată adâncimea orizontului; trecere clară netă;

Ck₃ 51-56 cm; textură lutoisipoasă-nisipolutoasă; culoare 10YR5/2-4/2 brun cenușiu-brun cenușiu închis în stare umedă și 10YR6/3 brun pal în stare uscată; structură masivă; reavăn; foarte friabil în stare umedă, semifriabil în stare uscată; neplastic; neadeziv; pori medii frecvenți; efervescentă foarte puternică în masă; fragmente mici-medii de mică foarte frecvente; trecere clară netă;

CGr₁ 70-87 cm; textură lutoasă; culoare 5Y4/1 cenușiu închis cu pete 5YR4/4 brun roșiatic în stare umedă și 5Y5/1 cenușiu cu pete 5YR4/8 roșu gălbui în stare uscată; structură poliedrică angulară mare foarte bine dezvoltată; jilav; friabil în stare umedă, dur în stare uscată; plastic; adeziv; pori medii frecvenți; efervescentă foarte puternică în masă, particule de mică foarte fine, distribuite uniform în masa de sol;

CGr₂ 87-91 cm; textură lutoisipoasă-nisipolutoasă; culoare 5Y5/1 cenușiu cu pete 5YR5/8 roșu gălbui în stare umedă și 5Y7/1 cenușiu deschis cu pete 5YR6/8 galben roșiatic în stare uscată; structură lamelară; jilav; foarte friabil în stare umedă, semidur în stare uscată; neplastic; neadeziv; pori mici rari frecvenți; efervescentă foarte puternică în masă, particule foarte fine de mică, uniform distribuite.

CGo 91-100 cm; textură lut-lutoargilosă; culoare 5Y4/1 cenușiu închis cu pete 2,5YR2/4 brun roșiatic închis în stare umedă și 5Y5/1 cenușiu cu pete 2,5YR3/6 roșu închis în stare uscată; structură poliedrică angulară medie, bine dezvoltată; jilav-umed; friabil în stare umedă, foarte dur în stare uscată; plastic; foarte adeziv; pori medii rar-frecvenți; efervescentă foarte puternică în masă, acumulări semidure de FeO₂.

Tabel 16 Caracteristici chimice ale solului determinate pentru orizonturile genetice ale profilului de sol deschis în parcela **Rd**

Orizont	Adâncime cm	pH	Carbon organic %	Azot total %	Cd mg/kg	Cu mg/kg	Fe %	Mn mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
Aop	0–13	8,21	1,58	0,197	22	98	1,99	625	47	674	1973
Aotp	13–23	8,17	1,54	0,169	23	100	2,79	677	43	680	2379
Ck ₁	23–36	8,32	0,75	0,140	1,60	31	2,16	612	42	21	97
Ck ₂	36–70	8,29	0,68	0,133	1,11	48	2,69	665	44	22	93
CGr	70–91	8,38	0,51	0,123	1,42	28	3,14	740	37	18	65
CGo	91–100	8,31	0,49	0,112	2,44	43	3,16	760	50	21	106

Deși conținuturile de Cd, Cu, Zn, Pb și Zn au fost foarte mari în orizonturile de suprafață pentru toate cele 3 profile analizate se remarcă scăderea pronunțată a acestor conținuturi în adâncimea profilului de sol. Valorile conținuturilor foarte mari, peste limita de intervenție, pentru Cd, Pb și Zn sunt rezultatul poluării îndelungate datorate activității platformei industriale S.C. SOMETRA S.A Copșa Mică.

Aceste soluri se caracterizează printr-o reacție slab alcalină ceea ce creează premisele unei mobilități reduse a metalelor în sol dar și a unei accesibilități scăzute pentru plante.

În vederea estimării ieșirilor din sistem (exportului de metale) prin culturile agricole s-au recoltat, în prima fază (octombrie 2010), 25 probe de plantă din plantele de cultură existente în parcelele Rb, Rc, Rd, Ri, Rj și Rk. S-au determinat conținuturile de metale în vederea estimării cantităților de metal exportat din sol prin intermediul culturilor agricole (tabelul 17).

Tabelul 17 Conținuturile de metale determinate în plantele recoltate din parcele luate în studiu (Date utilizate în vederea estimării exportului de metal din sistem).

Identificare (PRb, PRc, PRd - profile de sol, SRb, SRc, SRi, SRj - sondaje)	Umiditate plantă %	Cd mg/kg	Cu mg/kg	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
PRb (tulpină porumb)	62	2,48	10,0	54	8,3	123	43	220
PRb (frunze porumb)	13	9	10,5	124	50	33	49	184
PRb (pănuși porumb)	46	2,45	7,0	58	17	24	16	102
PRb (boabe porumb)	18	0,72	3,9	64	5,2	14	1,5	30
PRc (tulpină porumb)	69	4,10	5,2	69	7,6	7,4	38	242
PRc (frunze porumb)	12	14	13	263	53	11	131	507
PRc (pănuși porumb)	13	2,35	8,8	54	8,5	48	19	255
PRc (boabe porumb)	16	0,69	4,8	40	2,8	11	3,6	26
PRd (tulpină porumb)	61	3,10	8,5	73	14	17	28	119
PRd (frunze porumb)	11	12	25	352	101	43	84	299
PRd (pănuși porumb)	37	2,62	9,2	74	25	30	15	94
SRb (tulpină porumb)	70	3,00	6,2	40	9,2	13	18	315
SRb (frunze porumb)	13	11	15	143	57	38	115	293
SRb (pănuși porumb)	40	3,63	6,7	54	20	30	16	287
SRb (boabe porumb)	18	0,86	1,1	35	3,4	21	4,9	39
SRc (tulpină porumb)	56	1,75	4,8	55	9,3	9,6	22	262
SRc (frunze porumb)	12	10	7,5	201	57	6,1	105	224
SRc (pănuși porumb)	18	2,01	7,1	88	20	6,0	24	116
SRc (boabe porumb)	15	1,93	3,1	78	5,3	6,2	6,6	19
SRi1 (lucernă - parte aeriană)		1,16	15	102	42	17	4,2	49
SRi2 (lucernă - parte aeriană)		0,80	14	147	42	13	3,3	48
SRj1 (mohor - parte aeriană)		2,27	4,8	106	27	33	5,9	65
SRj2 (mohor - parte aeriană)		3,48	4,9	73	18	4,7	8,2	106
SRk1 (lucernă - parte aeriană)		1,45	11	279	42	17	16	51
SRk2 (graminee - parte aeriană)		1,04	7,7	98	48	2,7	6,6	33

Estimarea parțială a bilanțului la poarta fermei

Conform datelor din literatură bilanțul la poarta fermei folosește data ușor accesibile dar nu include fluxurile interne. Calculul acestui bilanț se realizează luând în considerare produsele cumpărate și pe cele vândute.

În cazul particular al fermei din Axente Sever, ca produse cumpărate au fost identificate:

- furaje (paie de grâu, tăieței din sfeclă de zahăr, tărațe de grâu);
- fertilizanți minerali (azotat de amoniu, fertilizant complex NPK)
- pesticide (Merlin Duo);
- semințe (porumb, triticales);
- material pentru așternut (rumeguș, paie de grâu)

Ferma vinde numai lapte, prin urmare exportul de metale la poarta fermei va trebui evaluat în funcție de producția de lapte. Au fost recoltate și probe de lapte dar datele analitice nu sunt încă disponibile.

În vederea obținerii datelor necesare estimării bilanțului la poarta fermei au fost recoltate probe din unele materiale identificate ca fiind produse ce pot reprezenta intrări în sistem pentru un anumit metal (tabelul 18)

Tabelul 18 Conținuturile de metale ale materialelor considerate produse achiziționate (date utilizate pentru estimarea intrărilor de metale în bilanțul la poarta fermei)

Identificare	Încercări solicitate									
	Masa inițială	Masă după uscare în etuvă	Umiditate plantă	Cd	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
			%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Paie grâu (Axente Sever)	62,1	55,9	10,0	0,4	5,6	235	53	20	9,6	102
Paie grâu (Agârbiciu)	40,8	35,4	13,4	0,3	4,2	60	24	24	3,3	30
Tărațe grâu (Axente Sever)	151,6	136,9	9,6	1,2	9,6	84	43	26	1,9	128
Tăieței de sfeclă	600,0	158,0	73,7	1,2	8,5	501	86	11	3,9	33
Boabe porumb	46,1	42,3	8,3	0,3	3,2	44	8,9	9,0	2,0	33
Triticales	143,8	130,4	9,4	0,9	6,4	56	31,3	5,9	2,8	46
Rumeguș	74,2	64,6	13,0	1,7	10,8	1072	64,5	7,5	18,4	107

Estimarea parțială a bilanțului la nivelul grajdului

Bilanțul la nivelul grajdului ia în considerare toate fluxurile către și dinspre grajd, iar calculul acestui bilanț se realizează după formula:

$$\text{Bilanț la nivel de grajd} = \text{Intrări în grajd} - \text{Ieșiri din grajd} = \\ = [\text{Furaje (cumpărate + producție proprie)} + \text{Materiale pentru așternut (paie + rumeguș)}] - [\text{Lapte} + \text{Gunoi}];$$

În cazul particular al fermei din Axente Sever au fost identificate drept

Intrări în sistem (tabelul 19):

- ❖ Furaje:
 - cumpărate: tărațe de grâu, tăieței de sfeclă
 - din producție proprie: lucernă, ovăz, fân graminee, porumb boabe (Tabel 6)
- ❖ Materialele pentru așternut: paie de grâu, rumeguș

Ieșiri din sistem (datele analitice nu sunt încă disponibile):

- ❖ Lapte
- ❖ Gunoi

Tabelul 19 Conținuturile de metale ale materialelor considerate intrări în grajd
(date utilizate pentru estimarea intrărilor de metale în bilanțul la nivel de grajd)

Identificare	Încercări solicitate									
	Masa inițială	Masă după uscare în etuvă	Umiditate plantă	Cd	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
			%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Paie grâu (Axente Sever)	62,1	55,9	10,0	0,4	5,6	235	53	20	9,6	102
Paie grâu (Agârbiciu)	40,8	35,4	13,4	0,3	4,2	60	24	24	3,3	30
Tărâțe grâu (Axente Sever)	151,6	136,9	9,6	1,2	9,6	84	43	26	1,9	128
Tăieței de sfeclă	600	158	73,7	1,2	8,5	501	86	11	3,9	33
Lucernă (Ri)	77,4	69,4	10,4	1,5	13,8	558	41	54	7,9	56
Ovăz (Rj)	53,3	48,1	9,9	1,3	4,5	98	22	16	3,6	46
Fân din Graminee (Rk)	36,3	32,1	11,4	3,4	8,1	280	55	23	9,0	209
Boabe porumb (Rb)	146,1	129,8	11,7	0,8	5,7	593	22	42	6,4	67
Boabe porumb (Rc)	172,7	155,1	10,2	0,9	3,7	27	5	33	2,2	50
Boabe porumb (Rd)	126,8	113,2	10,7	0,5	2,9	27	5	24	1,9	55
Boabe porumb (Rh)	142,6	126,5	11,3	0,5	3,2	74	6	19	0,6	48
Rumeguș	74,2	64,6	13,0	1,7	10,8	1072	65	7	18,4	107

Bilanțurile la nivelul grajdului sau cele din câmp includ toate fluxurile către sau dinspre grajd / câmp dar nu fac diferența între sursele externe și cele interne (ex. elemente din gunoi). Combinând *bilanțul la poarta fermei* cu *cel la nivelul grajdului* și *cel din câmp* se pot evidenția pierderile sau sursele interne ceea ce nu era posibil prin utilizarea singulară a unuia dintre bilanțuri (Öborn și colab., 2005).

Putem trage următoarele concluzii la finalul acestui subcapitol:

- În prima fază a activităților desfășurate în teren (octombrie 2010) au fost recoltate 52 de probe de sol și 95 probe de plantă sau material vegetal (fiecare tip de probă a fost recoltată în 4 repetiții), 20 de probe de gunoi de grajd, 4 probe îngrășămintă și 12 probe de lapte de vacă. Toate aceste probe urmează a fi analizate în vederea determinării conținuturilor cca. 14 elemente metalice și 3 macroelemente (N, P, K).
- În cadrul activităților din teren s-au întocmit fișe de caracterizare pentru fiecare parcelă aflată în exploatare în ferma luată în studiu, înregistrându-se date privitoare la suprafața, tipul de cultură, producția principală/secundară, tipul de tratamente aplicate, etc.
- În etapa următoare se vor continua determinările în laborator în vederea completării bazei de date și se vor estima bilanțurile de masă (la poarta fermei, la nivelul grajdului și la nivel de câmp) pentru cele mai reprezentative metale.

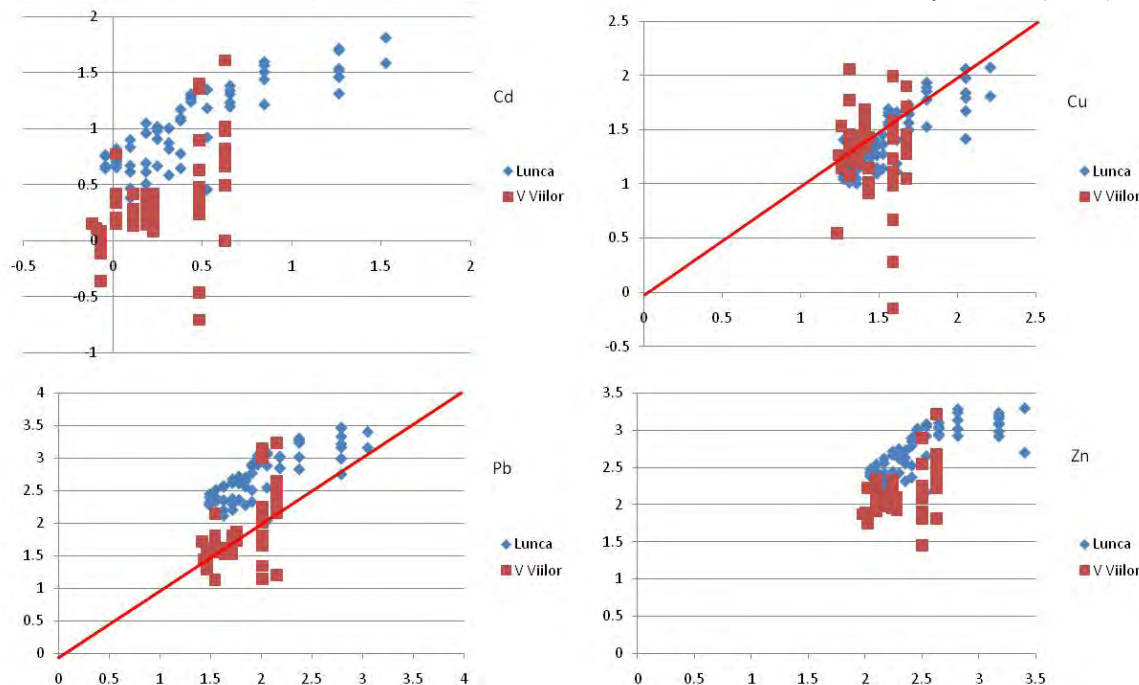
3.2.3 Relația contaminării cu distanța față de sursă și modelarea acesteia

O primă posibilitate de a evalua rapid contaminarea unei parcele situată la o anumită distanță față de sursă este folosind ecuații de regresii de tipul celor elaborate de Vrâncanu și colab. (2010) pentru zona Copșa Mică. Întrucât ecuațiile respective au fost obținute pe seturi de date diferite de cele produse în proiectul METAGRO este utilă verificarea lor în funcție de noile seturi de date georeferențiate obținute.

În figura 24 putem observa relația dintre concentrațiile măsurate de noi și cele prezise folosind modelul menționat. Se observă situația nesatisfăcătoare a corelației în zone cu geomorfologie complicată (Valea Viilor), unde variabilitatea concentrațiilor în parcelele agricole localizate la

aceeași distanță este mult mai mare decât în lunca Târnavei. Același lucru se observă și inspectând coeficientul de determinare dintre concentrațiile măsurate de noi și distanța (tabelul 20), transformarea logaritmică îmbunătățind semnificația statistică a modelului, în acord cu rezultatele lui Vrâncanu și colab. (2010).

Figura 24 Relația dintre concentrația de metale măsurată în 2009 (lg, axa y) și concentrația prezisă în funcție de distanță folosind modelul statistic elaborate de Vrâncanu și colab. (2010).

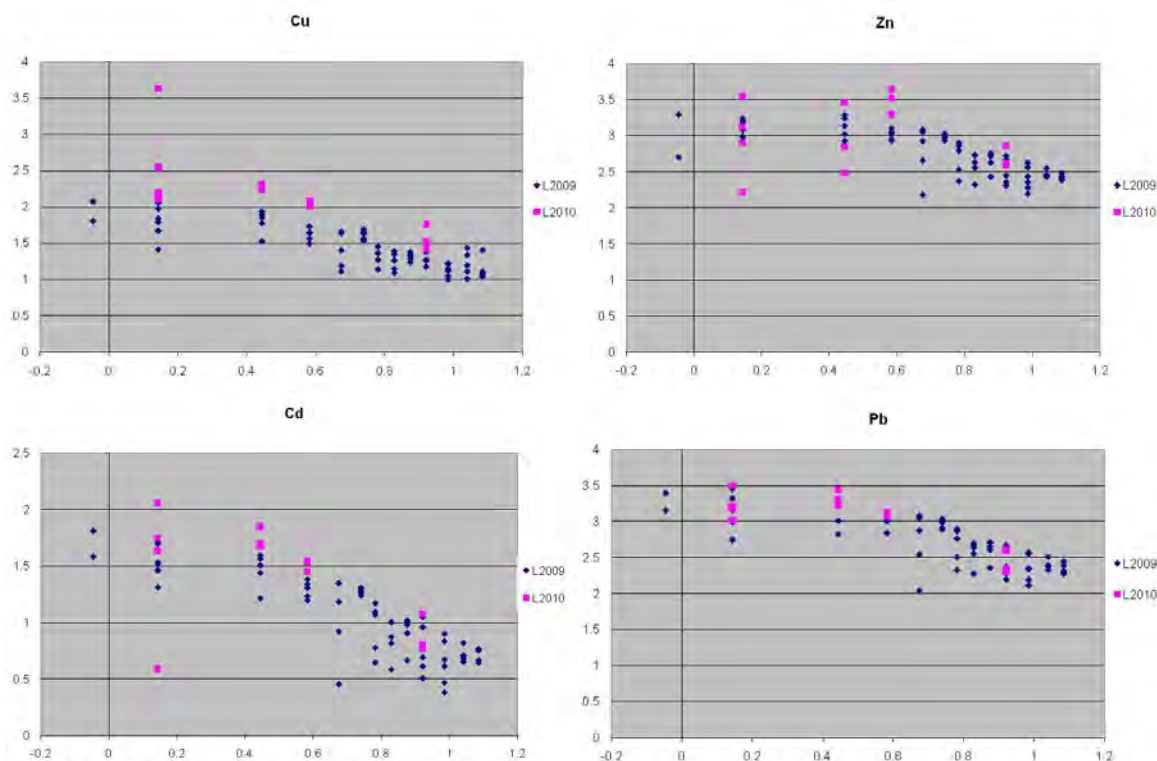


Tabelul 20 Gradul de semnificație statistică al corelațiilor dintre concentrațiile metalelor analizate (valori brute și transformate lg) și distanța față de sursa de poluare (km) în lunca Târnavei și Valea Viilor, probe prelevate în 2009. Se observă că un model statistic simplu nu mai poate da seama satisfăcător de distribuția metalelor în zone cu geomorfologie complexă (Valea Viilor), unde depunerile atmosferice sunt puternic influențate de forma terenului, covorul vegetal, iar metalele depuse suferă procese de transport prin fluxului hidrologice de suprafață de-a lungul pantelor. NS = nesemnificativ statistic la nivel 0.05.

	Lunca Tarnavei spre vest circa 12 km					Valea Viilor pana la 14 km distanta				
	valori netransformate		transformate log10		N	valori netransformate		transformate log10		N
	r ²	p	r ²	p		r ²	p	r ²	p	
As	0.450	0.000	0.558	0.000	65	NS		NS		62
Ba	NS		NS		65	NS		NS		62
Be	NS		NS		65	0.086	0.021	NS		62
Ca	NS		0.221	0.000	65	NS		NS		62
Cd	0.642	0.000	0.710	0.000	65	0.145	0.002	0.221	0.009	62
Cr	NS		NS		65	NS		NS		62
Cu	0.558	0.000	0.677	0.000	65	NS		NS		62
Li	NS		NS		65	0.084	0.022	NS		62
Mn	NS		NS		65	NS		NS		62
Na	NS		NS		65	NS		NS		62
Ni	NS		NS		65	NS		NS		62
Pb	0.576	0.000	0.644	0.000	65	0.158	0.001	0.316	0.001	62
Rb	NS		NS		65	0.254	0.000	NS		62
Sr	0.220	0.000	0.333	0.000	65	NS		NS		62
V	NS		NS		65	0.133	0.004	NS		62
Zn	0.615	0.000	0.555	0.000	65	0.150	0.002	0.259	0.004	62

O campanie suplimentară de prelevare de probe de sol și plante în lunca Târnavei în 2010 (diferită de cea din capitolul 3.2.2) a evidențiat că prelevarea a doar 5-6 probe la aceeași distanță de sursă nu acoperă heterogenitatea concentrațiilor de metale nici în lunca Târnavei, ceea ce evidențiază foarte clar necesitatea punerii la punct a metodei ieftine și rapide de caracterizare în teren folosind XRF-T (a se vedea subcapitolele anterioare pentru acest aspect).

Figura 25 Distribuția concentrațiilor de metale (lg mg/kg, axa y) în solul din lunca Târnavei în funcție de distanța față de sursa de poluare (lg km, axa x). Observăm existența unei mari heterogenități a concentrațiilor de metale în sol la aceeași distanță, care nu poate fi caracterizată satisfăcător cu un număr mic de probe. Se impune utilizarea unei metode ieftine, gen XRF de teren. Altă observație este că variabilitatea elementelor este diferită, Cu, Zn și Cd par mai variabile decât Pb.

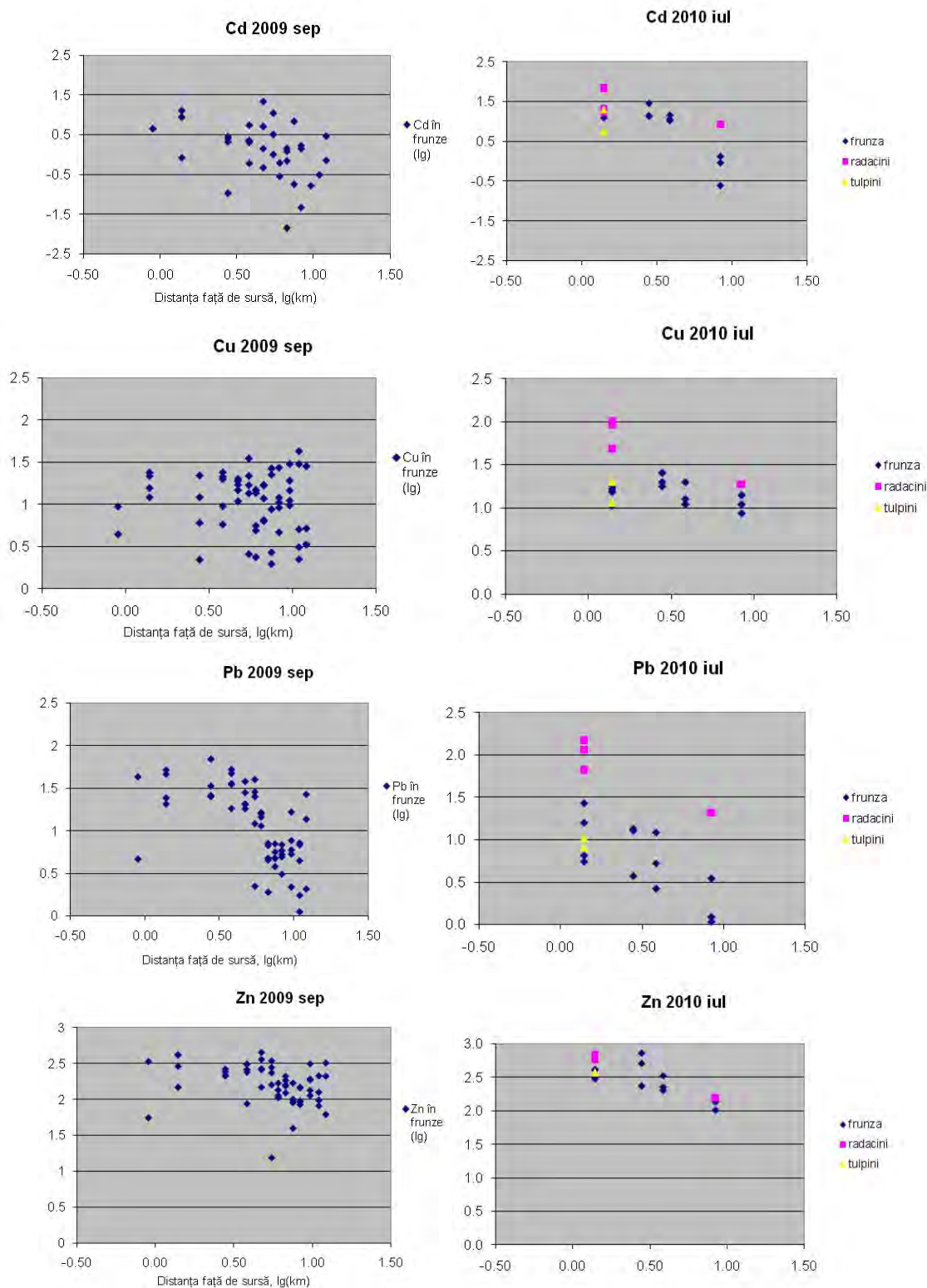


Compararea concentrațiilor de metale în lunca Târnavei în funcție de distanță (date obținute în 2010 pe probe din campaniile din 2009 și 2010) evidențiază o variabilitate foarte mare a concentrațiilor în părțile plantei, precum și diferențe între concentrațiile în aceeași parte (Frunze) de la un moment de dezvoltare la altul (a se vedea capitolul 3.4 pentru detalii în acest sens).

Un aspect important care trebuie menționat este apariția unor agrosisteme la distanțe relative mai mari de sursa de contaminare care sunt mai puternic contaminate decât cele situate la distanță mai mică (așa numite hot-spots în evaluarea riscului, Iordache și colab. 2011). Astfel de situații pot fi observate în multe alte situații (tabelul 21) și au fost înregistrate și de Vrâncău și colab. (2010) pe direcția vest față de sursa de poluare de la Copșa Mică (când transectul radial pe care s-a făcut prelevare a interceptat lunca mai contaminată decât solurile de pe pantele adiacente).

Pe baza acestei informații rezultă foarte clar că este necesar un model care să prezică mai bine dispersia metalelor prin fluxuri purtătoare, și implicit o evaluare mai corectă distribuției în agrosistemele din structura regiunilor și bazinelor investigate.

Figura 26 Comparație între distribuția spațială a concentrațiilor de metale în porumb în lunca Târnavei în lunile septembrie 2010 și iulie 2009. Axa x: logaritm zecimal al distanței față de sursa de poluare exprimată în km. Axa y: logaritm zecimal al concentrațiilor în frunze, rădăcini sau tulpini exprimate în mg/kg substanță uscată.



Tabelul 21 Sumar al zonelor contaminate la distanță identificate în diverse proiecte de cercetare ale Consorțiului Național pentru Biogeochimia Microelementelor (Iordache și colab. 2011). În multe cazuri acest zone contaminate sunt agrosisteme.

Source of metals	Large scale process	Distance to "hot spot"	Local scale process at distance (in "receptor area")		Case identified
			1	2	
Batteries factory	Atmosferic dispersion	2-3 km	forest barrier effect		Pantelimon (NEFERAL/Acumulatorul)
Smelter		2-5 km	runoff	transversal particles buffering (geomorphology + plants)	Ampoi - Zlatna
Smelter		2-4 km	runoff	longitudinal particles buffering (geomorphology + plants)	Ampoi - Zlatna
Smelter		4-5 km	runoff	longitudinal buffering	V. Viilor - Copsa Mica
Mining dump	Surface water transport	12 km	longitudinal buffering		Ampoi - Hg mining dumps to floodplain
Mining dump + tailing dams + polluted soil		25 - 40 km	longitudinal buffering		Ampoi - various sources to floodplain
Acid mine drainage		10-15 km	groundwater recharge in karstic NATURA 2000 area		Geoagiu - mine to downstream groundwater Ardeu

Efortul nostru în acest sens s-a concentrat către adaptare unui model open-access dedicate dispersiei metalelor în formă particulată prin fluxului hidrologice (CAESAR-TRACER, www.coulthard.org), cu acceptul creatorilor lui. Modelul poate fi aplicat în orice zone contaminate cu metale, dar în special în zone miniere, iar scopul nostru este de a-l adapta pentru zone contaminate care au numeroase agrosisteme în structura lor, în sensul predicției concentrațiilor de metale la o rezoluție suficient de bună pentru a putea cupla procesele de transport cu procese de bioacumulare în plante de cultură. Există un număr de probleme care trebuie depășite în acest sens, unele legate de viteza modelului, iar altele de modul cum este conceptualizată intervenția plantelor în model (tabelul 22).

Tabelul 22 Probleme, nevoi și soluții pentru adaptarea CAESAR-TRACER la bazine contaminate cu numeroase agrosisteme.

Problemă	Need	Solution
1 Folosirea unor celule de discretizare mici crește acuratețea, dar scade suprafața care poate fi modelată în mode realist.	Creșterea vitezei aplicației pentru a îmbunătăți acuratețea predicției prin creșterea numărului total de celule de discretizare a suprafeței terenului	Rescrierea calculelor științifice în OPENCL pentru calcul parțial (creștere de circa 4-20 de ori în funcție de tehnologia hardware utilizată)
2 Bioacumularea în plantele de cultură nu este modelată	Includerea unor module pentru bioacumulare în plante de cultură	Modul nou scris în OpenCL folosind rezultatele proiectului prezentate în capitolul 3.4 și în dezvoltările din etapa viitoare
3 Variația spațială a schimbărilor vegetației și efectelor asupra hidrologiei nu este încorporată în model	Includerea la nivel local (în fiecare celulă) a vegetației ca un parametru de control al hidrologiei pentru a putea simula modificările utilizării terenului și a tipului de cultură.	Modificarea ecuațiilor de bază ale modelului folosind ecuații din modele de eroziune raportate în literatură.

În această etapă s-au făcut progrese pentru rezolvarea primei probleme (creșterea vitezei

modelului). Ideea este de a folosi procesoarele multiple ale plăcii video a computerului pentru anumite calcule iterative ale modelului (figura 27), în acest moment modelul fiind conceput pentru rulare doar pentru calculul secvențial folosind procesorul principal.

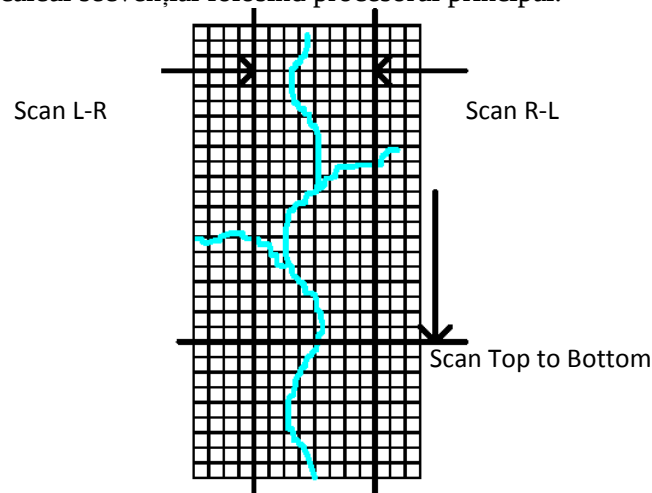


Figura 27 The scanning of the catchment area.

Practic a avut loc o rescriere a codului original în C#.

De exemplu, un fragment din codul CAESAR în C# este :

```
if(elev[x,y]>elev[x,y-1])
    slopemax+=(elev[x,y]-elev[x,y-1])/DX);
if(elev[x,y]>elev[x+1,y-1]) code has data vectorization and conditional branch removal
    slopemax+=(elev[x,y]-elev[x+1,y-1])/root);
if(elev[x,y]>elev[x+1,y])
    slopemax+=(elev[x,y]-elev[x+1,y])/DX);
if(elev[x,y]>elev[x+1,y+1])
    slopemax+=(elev[x,y]-elev[x+1,y+1])/root);
```

Codul echivalent în OpenCL este:

```
double4 temp1,temp3; // We use four-element vectors
// Distance is a precomputed vector containing { 1/DX, 1/root/, 1/DX, 1/Root}
double4 distance = (*globalConstants).InverseDistance;
// We load matrix elements into 4-element vectors
temp1.x = MATRIX(elev,x,y-1) ; // In OpenCL we don't have two dimensional arrays
temp1.y = MATRIX(elev,x+1,y-1); // We have an equivalent macro for matrix access
temp1.z = MATRIX(elev,x+1,y);
temp1.w = MATRIX(elev,x+1,y+1);
temp3.x=temp3.y=temp3.z=temp3.w= MATRIX(elev,x,y);
// fdim is a hardware supported function that computes the difference between vectors
// fdim (x, y)returns x - y if x > y or 0 if x is less than or equal to y.
double4 diff1 = fdim (temp3,temp1);
// We divide all vector elements with 1/DX or 1/Root in parallel
diff1 *= distance;
// fdim doesn't return negative numbers, this allows us to skip all the C# „if”
instructions
// We compute the end result, adding 0 for all failed if instructions
slopemax = diff1.x + diff1.y + diff1.z + diff1.w;
```

Rescrierea codului și implicit rezolvarea problemei 1 din tabelul 22 se va finaliza în luna ianuarie

3.3 Procesarea imaginilor satelitare pentru corelarea proprietăților spectrale cu contaminarea terenului.

Rularea modelului CAESAR-TRACER precum și elaborarea unor programe în GIS pentru identificarea agrosistemelor potențial contaminate în bazine hidrografice necesită informații spațiale extensive, dintre care o parte vor fi furnizate prin tehnologiile rapide de determinare a concentrațiilor de metale în soluri de tipul XRF-T, urmate de interpolare geostatistică, iar altele prin procesarea imaginilor satelitare. În acest subcapitol ne ocupăm de a doua soluție tehnică.

O imagine satelitara reprezintă o matrice bidimensională de elemente denumite elemente imagine (pixeli). Poziția geometrică a unui pixel în cadrul imaginii este dată de numărul liniei r și numărul coloanei sale c , iar nivelul de gri este dat de o valoare cuprinsă între 0 și 255, valoare care este stocată în mod liniar pe 8, 16, 24 sau 32 biți (Zăvoianu 1999). Informația conținută de fiecare pixel este media ponderată a semnalelor provenite de la diversele obiecte ce se găsesc pe suprafața explorată. Acest semnal nu permite individualizarea semnalelor componente și nici reconstituirea diverselor semnale de bază (Badea 2010).

Imaginea digitală preluată cu ajutorul senzorilor satelitari este considerată un semnal bidimensional. Senzorul reprezintă cea mai importantă componentă a unui sistem de preluare a imaginilor. Pe baza radiației incidente, senzorul de preluare produce un semnal electric, analogic, care este amplificat, eșantionat și cuantizat pentru a produce imaginea digitală. Imaginea digitală poate fi tratată ca un semnal bidimensional sau poate fi tratată ca un semnal unidimensional obținut printr-o baleiere a imaginii după linii sau după coloane. Prelucrarea digitală presupune o discretizare (reprezentarea semnalului ca o succesiune secvențială de numere) a semnalului bidimensional (Zăvoianu 1999). Semnalul electric este o funcție analogică, iar procesul de convertire în valori numerice se numește conversie analog-digitală. Semnalul este eșantionat astfel încât reprezentarea sa numerică să reproducă cu suficientă precizie informația conținută în semnalul original. În teledetecție, numărul nivelelor de cuantizare este de 256. Pasul de eșantionare depinde de altitudinea platformei și de IFOV. Parametrii care caracterizează un senzor de preluare sunt: rezoluția spațială (definită de dimensiunea pixelului), rezoluția spectrală (numărul și dispunerea benzilor), rezoluția radiometrică și rezoluția temporală (intervalul de revizitare).

Rezoluția spațială a imaginii satelitare reprezintă dimensiunea unui detaliu din teren care poate fi distins în imagine. Acest parametru prezintă o importanță deosebită deoarece definește scara (raportul dintre distanța măsurată pe o imagine sau hartă și distanța din teren), un indicator al tipului de aplicații în care poate fi utilizată imaginea. În principal, rezoluția spațială a senzorilor reflectivi depinde de unghiul de câmp (IFOV), care reprezintă unghiul solid din spațiul obiect prin care un sistem optic poate colecta radiația electromagnetică incidentă. Dimensiunea imaginii este influențată de dimensiunea pixelului. În general, cu cât rezoluția spațială este mai mare, cu atât mai mică este dimensiunea imaginii. De regulă, imaginile de dimensiuni foarte mari sunt utilizate pentru observarea schimbărilor acoperirii și utilizării terenului, la nivel regional sau global.

Rezoluția spectrală reprezintă capacitatea unui senzor de a identifica și distinge radiația electromagnetică de diferite frecvențe. Imaginea alb-negru este reprezentată printr-un singur plan imagine. Imaginea color este obținută prin combinarea informațiilor de la trei canale spectrale care sunt asociate individual unor filtre corespunzătoare culorilor primare albastru, verde, roșu. Indiferent de lungimea de undă, fiecare bandă spectrală furnizează o imagine individuală care este o reprezentare digitală în nivele de gri. Imaginea multispectrală este reprezentată prin mai

multe plane imagine, preluate în intervale de bandă diferite. Imaginea hiperspectrală furnizează informații spectrale complete în fiecare punct al imaginii, prin combinarea datelor preluate de mai mult de 100 canale spectrale (McGlone și colab. 2004). Avantajul imaginilor hiperspectrale constă în faptul că pot fi detectate detalii care nu pot fi observate cu ajutorul senzorilor multispectrali, însă volumul datelor colectate este imens, fiind mult mai dificilă stocarea și manipularea acestor date. Numărul și dispunerea benzilor spectrale reprezintă un parametru important în procesul de clasificare automată a imaginii. Această caracteristică a senzorilor multispectrali a mărit spectrul de utilizare a imaginilor satelitare a căror principală funcție era cartografierea și identificarea imaginilor (Mark 2003).

Rezoluția radiometrică este determinată de sensibilitatea unui senzor de preluare la intensitatea radiației electromagnetice. Imaginile digitale sunt reprezentate, de regulă, în niveluri (nuanțe) de gri (negru = 0, alb = valoarea maximă). Numărul maxim de nivele de gri depinde de numărul de biți folosit pentru reprezentarea semnalului înregistrat. Rezoluția radiometrică descrie numărul de biți per pixel. Pentru obținerea unei foarte mari rezoluții spațiale, senzorul trebuie să aibă un câmp de vedere mic. Această condiție conduce la o cantitate redusă de radiație care poate fi detectată deoarece dimensiunea pixelului de la sol devine mai mică. Efectul este reducerea rezoluției radiometrice – capacitatea unui senzor de a detecta diferențe extrem de fine în radiația electromagnetică incidentă. Pentru a mări cantitatea de energie detectată (adică rezoluția radiometrică), fără a reduce rezoluția spațială, trebuie extins intervalul de lungimi de undă detectat pentru o anumită bandă, ceea ce implică reducerea rezoluției spectrale a senzorului. Similar, o rezoluție spațială mai mică ar permite rezoluția radiometrică și/sau spectrală.

Rezoluția temporală reflectă posibilitatea de revenire (revizitare) a aceleiași suprafețe de la sol cu un senzor de același tip.

Sistemele de baleiere multispectrală permit folosirea unor metode foarte eficiente de obținere a datelor spectrale într-o scară largă de lungimi de undă și stocarea lor de manieră cantitativă. Tehnicile de analiză computerizate fiind, însă, singurul mijloc de valorizare a acestor date, elementul esențial în teledetecție este corelarea posibilităților de achiziție a datelor cu modul de recunoaștere și de procesare numerică a datelor cu scopul transformării lor în informații utile, adică trecerea de la cantitativ la calitativ. Instrumentele clasice de tipul scannerelor multispectrale utilizate până în prezent în teledetecție, ne-au obișnuit cu utilizarea unor benzi spectrale limitate ca număr (ultimul satelit din seria SPOT are 5 benzi spectrale iar Landsat 5 are 7) și destul de largi, în general circa. 100 μm (Badea 2010). O nouă generație de instrumente de observare este deja operațională; este vorba despre așa numitele sisteme hiperbandă (hiperspectrale). Acești captori, utilizați în prezent și în variantă aeropurtată, au capacitatea de a observa Pământul cu ajutorul unui mare număr de benzi spectrale, între 100 și 200 pentru un instrument, cu largimi de bandă foarte mici, cu ordin de mărime de cca. 1 μm . Rezoluția spectrală ridicată, de ordinul nanometrilor, permite asocierea unui spectru aproape continuu fiecărui obiect sau fenomen, facilitând accesul la informații din ce în ce mai detaliate.

Deformațiile radiometrice apar datorită senzorului de preluare, a interacțiunii cu atmosfera (procese de difuzie și absorbție) și a interacțiunii cu obiectele situate pe suprafața Pământului (procese de absorbție, transmisie și reflecție), fiind afectat semnalul înregistrat pentru fiecare pixel.

Difuzia reprezintă un efect atmosferic în care radiația electromagnetică, de obicei unde scurte vizibile, este propagată în toate direcțiile de efectul moleculelor de gaz și de aerosoli. Difuzia depinde de lungimea de undă a radiației electromagnetice, de cantitatea de particule și gaze prezente în atmosferă și de distanța parcursă de radiație prin atmosferă. Absorbția reprezintă procesul în care energia electromagnetică, aflată în trecere prin atmosfera terestră,

interacționează cu moleculele gazelor, iar energia este convertită în energie moleculară internă. Se consideră această parte a energiei ca fiind "pierdută", în special pentru aplicațiile din teledetecție. Principalele elemente ale atmosferei care absorb radiația electromagnetică sunt: ozonul, dioxidul de carbon și vaporii de apă. Radiația electromagnetică care nu este absorbită sau difuzată în atmosferă interacționează cu suprafața Pământului, la nivelul căreia pot avea loc trei procese: absorbție (atunci când radiația este absorbită de obiect), transmisie (atunci când radiația trece prin obiect) și reflecție (atunci când radiația incidentă lovește suprafața obiectului și este redirectionată). Cantitatea de energie depinde de caracteristicile radiației (lungimea de undă și intensitatea acesteia), de proprietatea de absorbție a obiectelor și de orientarea acestor obiecte față de soare sau față de sursa de radiație (Badea 2010). Procesul care prezintă interes pentru teledetecție este reflecția, care poate fi de două tipuri: speculară (atunci când suprafața obiectului este netedă și aproape toată cantitatea de energie este reflectată într-o singură direcție) și difuză (atunci când suprafața obiectului este rugoasă și energia este reflectată aproape uniform în toate direcțiile). Dacă lungimea de undă a radiației este mult mai mică decât rugozitatea terenului sau dimensiunea particulelor care alcătuiesc suprafața obiectului, atunci va apărea fenomenul de reflecție difuză.

Toate categoriile de obiecte aflate pe suprafața Pământului au proprietatea de a absorbi o parte a radiației electromagnetice. În funcție de obiectul observat și de lungimile de undă utilizate, se obțin răspunsuri diferite la procesele de absorbție, transmisie și reflecție. Prin măsurarea energiei reflectată (sau emanată) de obiectele situate pe suprafața Pământului pentru o varietate de lungimi de undă, se poate determina semnătura spectrală pentru fiecare tip de obiect, un element deosebit de util în analiza și interpretarea imaginilor de teledetecție. Semnătura spectrală poate varia chiar și pentru același tip de obiect, în funcție de momentul de timp la care este preluată imaginea.

Deoarece energia electromagnetică este absorbită în anumite regiuni ale spectrului electromagnetic (Figura 28), pot fi definite ferestrele de transparență ca fiind porțiuni ale spectrului în care radiația nu este afectată de procesele de interacțiune de la nivelul atmosferei. Intervalele de bandă ale spectrului electromagnetic care sunt de interes pentru teledetecție sunt (Figura 28): domeniul vizibil, infraroșu termic și domeniul microundelor (sisteme active de preluare a imaginilor). Instrumentele de preluare a semnalului sunt calate pe lungimile de undă care caracterizează ferestrele de transparență.

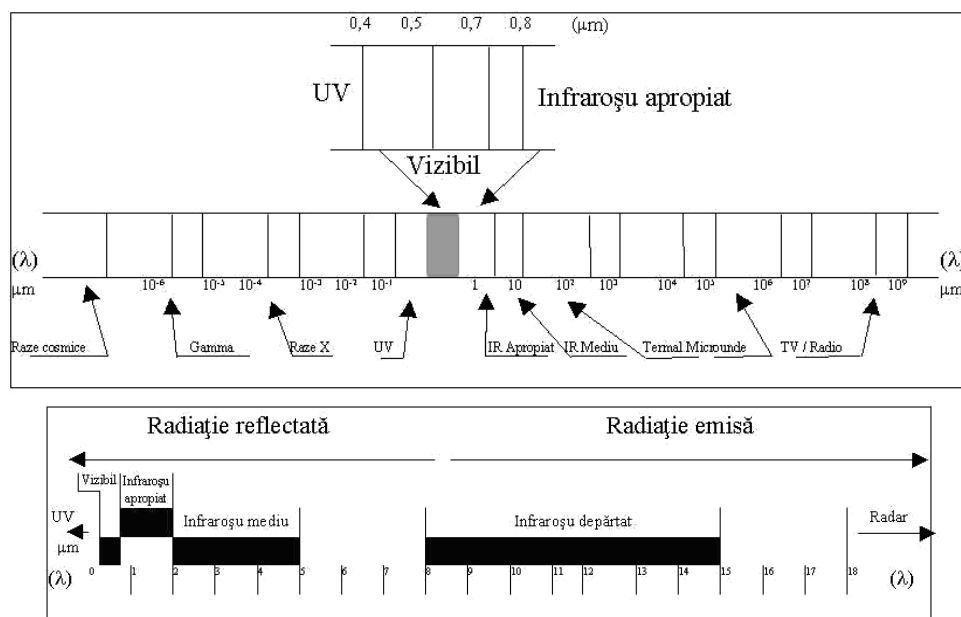


Figura 28 Spectrul electromagnetic general și spectrul electromagnetic utilizat în teledetecție

Deformațiile geometrice sunt provocate de numeroși factori, cum ar fi: perspectiva elementelor optice ale senzorului, deplasarea platformei de preluare și gradul de stabilitate al acesteia, altitudinea și viteza platformei, relieful și curbura și mișcarea de rotație a Pământului. Geometria imaginilor satelitare preluate de sisteme de baleiaj de-a lungul orbitei de deplasare este similară cu cea a imaginilor aeriene, pentru fiecare linie de baleiaj. Diferențele apărute din punct de vedere geometric între liniile de baleiaj sunt cauzate de variații ale altitudinii platformei pe orbita de deplasare. Imaginile satelitare preluate de sisteme de baleiaj perpendicular pe direcția de deplasare sunt afectate de două tipuri de deformații geometrice. Primul tip de deformație geometrică este, similar cu cazul fotogramelor aeriene, datorat reliefului, însă deformațiile apar într-o singură direcție paralelă cu direcția de baleiaj. Pe măsură ce senzorul de preluare scanează perpendicular pe direcția de deplasare, partea superioară și laterală a obiectelor apar înclinate față de punctul nadiral al fiecărei linii de baleiaj. Deformația este amplificată spre marginile imaginii. Al doilea tip de deformație se datorează rotației sistemului de baleiaj. Deși oglinda de baleiaj se rotește la o viteză constantă, unghiul de câmp al senzorului se deplasează mai rapid și scanează o suprafață mai mare pe măsură ce se apropie de marginea imaginilor. Efectul constă în compresarea imaginii în punctele situate cele mai departe de punctul nadiral. Deformația poartă denumirea de deformație tangențială de scară. Platformele satelitare de preluare au orbite stabile, însă datorită mișcării de rotație a Pământului în timpul deplasării pe orbită a acestora, zona care este înregistrată este ușor deplasată spre vest față de cea anterior preluată. Eroarea se numește deformație oblică și este des întâlnită la senzorii multispectrali.

Prelucrările preliminare ale imaginilor satelitare Ținând seama de caracteristicile de baza ale senzorilor și de parametrii orbitali specifici deplasării platformelor pe care aceștia sunt amplasați, datele digitale de teledetecție trebuie să facă obiectul unor prelucrări primare specifice care fac parte din categoria calibrărilor geometrice și radiometrice. Aceste prelucrări preliminare realizate la sol după recepția datelor iau ca scop corectarea erorilor sistematice din lanțul de achiziție. Ansamblul acestor prelucrări poate fi ierarhizat astfel (Badea 2010):

Corecțiile radiometrice sunt prelucrări pozițional invariante, fiind efectuate operații asupra nivelului de gri sau culoare a planului imagine. Aceste prelucrări sunt specifice calibrării interne sau externe a senzorilor de preluare și constau în operații de întărire sau slăbire a contrastului imaginii, filtrare și analiză a imaginii. Corecțiile radiometrice sunt necesare deoarece există diferențe care privesc gradul de iluminare a imaginilor, geometria de preluare, condițiile atmosferice, semnalul și zgomotul. Fiecare dintre acești factori este în funcție de senzorul și platforma folosite la achiziționarea imaginilor. Fenomenul de difuzie a radiației electromagnetice la nivelul atmosferei are ca efect reducerea sau atenuarea energiei de iluminare a suprafeței obiectului de la sol. În plus, atmosfera va atenua semnalul care se propagă de la obiect la senzor. Există numeroase metode de corectare a efectului atmosferic, pornind de la modelarea în detaliu a condițiilor atmosferice în momentul achiziționării imaginilor și până la simple calcule bazate doar pe datele imagine. O metodă simplă de calcul este analiza reflectanței într-o imagine, într-o zonă umbră sau pentru un obiect care apare foarte întunecat (de exemplu, un lac). Pentru această zonă se determină o valoare minimă a reflectanței. Corecția se aplică prin eliminarea acestei minime valori, determinată pentru fiecare bandă, din valoarea fiecărui pixel în banda respectivă. Valorile minime vor diferi de la o bandă la alta deoarece dispersia este un fenomen dependent de lungimea de undă. Această metodă se bazează pe ipoteza că, în cazul unei atmosfere clare, reflectanța obiectelor întunecate trebuie să aibă o valoare foarte mică, apropiată de zero. Valorile mult mai mari decât zero sunt considerate efectul difuziei atmosferice. Fiecare pixel al unei imagini digitale este definit prin linia r , coloana c și valoarea sa de gri $I(r,c)$. Mărimile statistice fundamentale care definesc un segment de imagine care trebuie prelucrat sunt:

- valoarea medie:

$$m = \frac{1}{rc} \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c I_{i,j}$$

- dispersia:

$$\sigma^2 = \frac{1}{rc-1} \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c (I_{i,j} - m)^2$$

- gradientul:

$$\Delta I = \sqrt{(I_{i,j} - I_{i+1,j})^2 + (I_{i,j} - I_{i,j+1})^2}$$

- histograma cumulativă:

$$NV(k) = \frac{NRV(k)}{NT}$$

- coeficientul de corelație:

$$\rho = \frac{\text{cov}_{s,w}}{\sqrt{\text{var}_s \text{var}_w}}$$

Gradientul este utilizat în numeroase prelucrări radiometrice ale imaginii digitale în scopul întăririi contrastului imaginii. Histograma este un grafic (diagramă) care reprezintă prin dreptunghiuri o distribuție statistică (matematică), sau, altfel spus construit dintr-un sistem ortonormat din dreptunghiuri care au ca baza amplitudinea unei clase de elemente similare. Histograma este un instrument grafic folosit în statistica descriptivă cu ajutorul căruia este vizualizată o distribuție de frecvență. Distribuția de frecvență are ca semnificație numărul de evenimente statistice pe clase (grupe) de evenimente. Într-o histogramă clasele reprezintă intervale de numere reale separabile prin proprietăți ale subiectelor analizate. Pe axa orizontală se înserează punctele de separare între clase, iar pentru fiecare clasă se ridică pe direcția verticală un dreptunghi cu înălțimea proporțională cu frecvența de apariție a clasei respective. Histograma (Figura 29a) arată distribuția valorilor de gri $I(r,c)$. Histograma cumulativă (Figura 29b) are valori cuprinse între 0 și 1. În relația de calcul a histogramei cumulative, NT este numărul total al nivelurilor de gri din segmentul imagine de prelucrat, $NRV(k)$ este numărul de valori pentru un nivel de gri k , iar $NV(k)$ reprezintă nivelul corespunzător pentru histograma cumulativă.

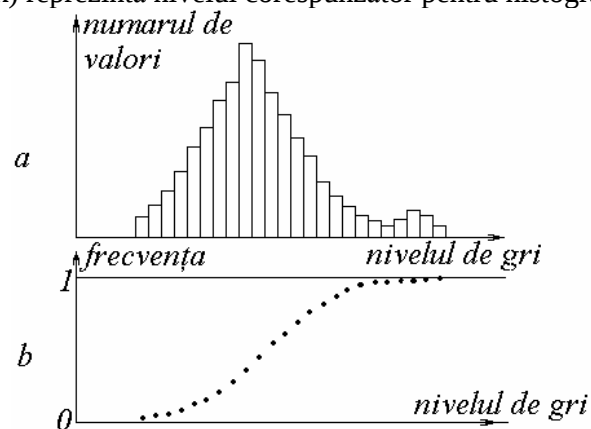


Figura 29: a – Histograma, b – Histograma cumulativă

Histograma cumulativă se utilizează pentru întocmirea mozaicului format din mai multe fotograme (pentru racordarea nivelurilor de gri ale fotogramelor adiacente), în calibrarea internă a senzorilor de imagine și în prelucrarea imaginilor pentru întocmirea ortofotohărților prin modificarea, adaptarea, deplasarea sau egalizarea histogramei cu ajutorul unor tabele LUT. Egalizarea histogramei presupune crearea unui nou plan imagine în care valorile de gri să fie uniform distribuite. Adaptarea histogramei implică calculul corecțiilor pe care trebuie să le primească un nivel de gri din imaginea de prelucrat pentru ca histogramele cumulative ale celor două segmente imagine să fie identice.

Întărirea imaginii are rolul de a îmbunătăți contrastul și de a evidenția principalele elemente din imaginea de prelucrat (linii, limite, etc), fiind facilitată astfel aplicarea metodelor de prelucrare a imaginii, corelație și extragere a detaliilor liniare. Slăbirea imaginii se realizează prin aplicarea unor filtre de tipul "trece jos", care elimină frecvențele înalte (elimină zgomotul prezent în imagine). Binarizarea imaginii este o metodă de prelucrare radiometrică specifică analizei în mod automat a imaginii, a procedurii de corelație automată, de identificare și extragere a formelor liniare din imaginea de prelucrat.

Piramida imagine este o structură de date imagine care reprezintă plane imagine succesive care au informația nivelurilor de gri a imaginii originale compresată, expandată sau filtrată. Avantajele unei astfel de reprezentări a datelor imagine oferă posibilitatea de a reduce timpul de calcul în diferitele prelucrări ale imaginii sau optimizează unele operații. Căutarea formelor liniare în imagine poate fi optimizată prin aplicarea analizei la fiecare nivel al piramidei. Cel mai simplu tip de piramidă imagine multi-rezoluție geometrică se obține prin una dintre următoarele metode: medierea valorilor de gri a unor blocuri de pixeli, eliminarea fiecărei a doua linii și coloană a imaginii, interpolarea de ordin superior a nivelurilor de gri, aplicarea diferiților operatori de convoluție sau medierea ponderată a nivelurilor de gri în funcție de alte informații (textură, forme liniare, etc). Piramida imagine obținută prin compresia informației din imaginea originală este utilizată la identificarea formelor liniare și de suprafață, iar cea obținută prin mărirea imaginii originale la identificarea și controlul punctelor de aerotriangulație. Piramida imagine multi-rezoluție radiometrică prezintă aceeași rezoluție geometrică, însă rezoluția radiometrică este diferită, fiecare plan imagine fiind obținut prin filtrarea imaginii originale. Tipul filtrului este în funcție de conținutul informațional al imaginii, de tipul prelucrării și de raportul semnal/zgomot din imaginea de prelucrat. Acest tip de piramidă imagine este utilizat în corelarea imaginilor.

Corecțiile geometrice au rolul de a compensa deformațiile geometrice, iar informația conținută în imagine să reprezinte cât mai precis realitatea. Majoritatea deformațiilor geometrice au un caracter sistematic, fiind corectate prin anumiți algoritmi matematici. Există însă și deformații geometrice care au un caracter aleatoriu, corectarea acestor deformații fiind realizată prin registrația imaginii. Transformările geometrice ale imaginii digitale sunt utilizate pentru aducerea la scara dorită a imaginilor și pentru modificarea rezoluției geometrice a imaginii de prelucrat.

Georeferențierea imaginii satelitare implică identificarea coordonatelor imagine (linie, coloană) a câtorva puncte vizibile cu claritate, denumite puncte de sprijin (GCP) în imaginea care este afectată de deformații geometrice. Acestor puncte le sunt atribuite coordonatele teren, care se măsoară, de regulă, pe o hartă. După identificarea mai multor perechi de puncte de control uniform distribuite în cadrul imaginii, se aplică relațiile de transformare a coordonatelor imagine în coordonate teren. Aducerea în corespondență geometrică a imaginii de prelucrat cu o hartă se numește registrație absolută a imaginii. Registrația geometrică poate fi realizată similar prin aducerea în corespondență a uneia sau mai multor imagini de prelucrat cu o imagine de referință, procedeul poartând denumirea de registrație relativă.

Transformarea imaginii presupune crearea unui nou plan imagine prin transformarea geometrică a imaginii de prelucrat, folosind metode parametrice sau neparametrice. Transformarea imaginii se poate efectua prin două metode (Zăvoianu 1999):

- transformare directă – imaginea de prelucrat este transformată în sistemul imaginii de referință folosind parametrii transformării directe și inverse între planurile celor două imagini; alocarea pixelilor se face prin metoda celui mai apropiat vecin.
- transformare prin reeșantionare – presupune calculul poziției pixelului corespondent în imaginea de transformat și corespunzător acestei poziții se reeșantionează nivelul

de gri al acestui pixel; alocarea pixelilor se face prin una dintre următoarele metode: metoda celui mai apropiat vecin, interpolarea biliniară, convoluția cubică, metoda polinoamelor ortogonale Lagrange. Aceste metode se diferențiază prin numărul de pixeli din imediata vecinătate a valorii de interpolat care participă la calculul valorii interpolat.

Descrierea imaginilor satelitare Landsat Sateliții Landsat au deschis epoca observării Pământului din spațiu în scopuri nemilitare, fiind primele sisteme satelitare care au avut misiunea de a prelua, stoca și distribui imagini ale întregii suprafețe continentale (Richards și Jia 2006). Senzorul ETM+ aflat la bordul Landsat 7 înregistrează imagini în 8 benzi spectrale, oferind o imagine de înaltă rezoluție a suprafeței Pământului. Senzorul detectează radiații din domeniul VNIR (visible and near infrared) și SWIR (short wavelength infrared) cu rezoluția de 30m, LWIR (thermal long wavelength infrared) cu rezoluția de 60m și 15m pancromatic (Badea 2010):

- 0,45 μm - 0,52 μm , 30 m rezoluție, VNIR - utilă pentru cartografierea zonelor de coastă, pentru diferențierea sol/vegetație, observarea detaliilor din ape (în special turbiditatea), cartografierea suprafețelor forestiere și detectarea lucrărilor ingineresti (drumuri și șosele);
- 0,52 μm - 0,60 μm , 30 m rezoluție, VNIR - corespunde reflexiei culorii verzi a vegetației sănătoase, fiind utilă pentru detectarea lucrărilor ingineresti (drumuri și șosele) dar și observarea detaliilor din ape (în special turbiditatea);
- 0,63 μm - 0,69 μm , 30 m rezoluție, VNIR - utilă pentru diferențierea diferitelor specii de plante și pentru determinarea limitelor diferitelor categorii de soluri și a structurilor geologice; de asemenea utila pentru detectarea lucrărilor ingineresti;
- 0,76 μm - 0,90 μm , 30 m rezoluție, VNIR – răspunde în mod deosebit la determinarea biomasei vegetale dintr-o scenă. Este utilă pentru identificarea culturilor și scoaterea în evidență a contrastelor sol/cultură și pământ/apă. Poate fi utilizată la delimitarea suprafețelor acvatice și terestre;
- 1,55 μm – 1,75 μm , 30 m rezoluție, SWIR - este o bandă sensibilă la cantitatea de apă din plante, fiind, deci, utilă la studierea fenomenului de secetă și analizarea stadiului de dezvoltare a plantelor. Este, de asemenea, utilă pentru deosebirea pe imagine a norilor de zăpadă și, respectiv, de gheață dar și pentru delimitarea suprafețelor acvatice și terestre;
- 10,4 μm - 12,5 μm , 60 m rezoluție, LWIR - utilă pentru determinarea stadiului vegetal, a intensității căldurii, efectelor aplicării insecticidelor și pentru localizarea poluării termale. Poate fi folosită, de asemenea, pentru localizarea activității geotermale. Energia captată în banda 6 este emisă de suprafața Pământului fiind posibilă achiziția de date și în timpul nopții;
- 2,08 μm - 2,35 μm , 30 m rezoluție, SWIR - bandă importantă pentru deosebirea tipurilor de roci, a limitelor tipurilor de soluri și pentru determinarea gradului de umiditate a solului și activității clorofilene a vegetației. Se folosește la delimitarea suprafețelor acvatice și terestre;
- 0,50 – 0,90 μm , 15 m rezoluție, PAN

Imaginile individuale preluate în fiecare dintre cele 8 benzi apar în nuanțe de gri, dar în anumite combinații ele crează imagini compozite în care se evidențiază anumite trăsături ale zonei aferente înregistrării satelitare (Figurile 29-34). În mod obișnuit, pentru analizele de teledetecție, se utilizează combinații standard de benzi spectrale adaptate tematicii urmărite :

- benzile 3, 2 și 1 pentru a crea o compoziție în culori naturale , în care obiectele au culorile pe care ochiul le percepe în realitate (similare unei fotografii color) .
- benzile 4, 3 și 2 pentru a crea o compoziție în culori false, similare unei fotografii în infraroșu în care obiectele nu au aceleași culori ca în realitate, vegetația fiind reprezentată în culoarea roșie, apa în albastru închis sau negru, etc.
- benzile 5, 4 și 2 generează o compoziție în pseudo-culori. Într-o astfel de imagine culorile nu reflectă caracteristicile culorilor naturale (drumurile pot fi roșii, apa galbenă iar vegetația albastră). Imaginile preluate de sateliții Landsat sunt utilizate în diverse domenii și aplicații:

agricultură și silvicultură (determinarea tipurilor de vegetație, monitorizarea recoltelor și a fondului forestier) determinarea folosinței terenurilor, cartografiere (actualizarea hărților existente, monitorizarea dezvoltării zonelor urbane, managementul zonelor supuse riscului de inundații), geologie (cartografierea principalelor caracteristici geologice, realizarea hărților geomorfologice), hidrologie (determinarea limitelor albiilor și a ariilor apelor de suprafață, inventarierea lacurilor), monitorizarea mediului înconjurător (monitorizarea zonelor defrișate, a activității vulcanilor, a poluării apelor, determinarea efectelor dezastrelor naturale, evaluarea efectului secetei, depistarea scurgerilor de petrol, evaluarea și monitorizarea incendiilor forestiere), etc.



Figura 29: Combinație 3-2-1 (furnizează imagini în culori naturale) – rezoluție 30m

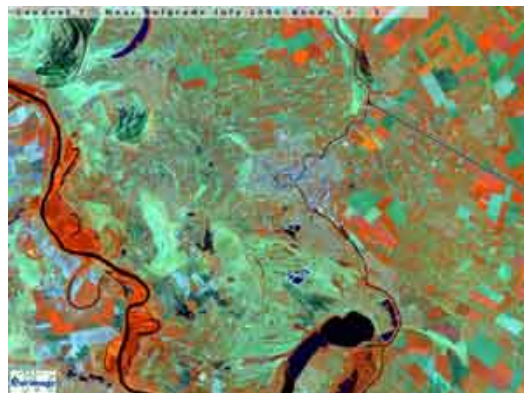


Figura 30: Combinație 4-5-3 (evidențierea zonelor cu vegetație) – rezoluție 30m

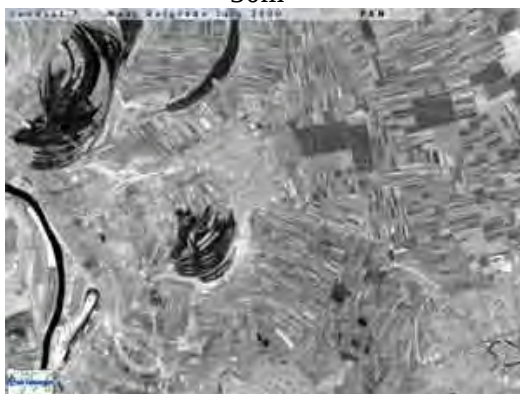


Figura 31: Banda PAN – rezoluție 15m



Figura 32: Combinație 3-2-1 + PAN – 15m



Figura 33: Combinație 4-5-3 + PAN – rezoluție 15m

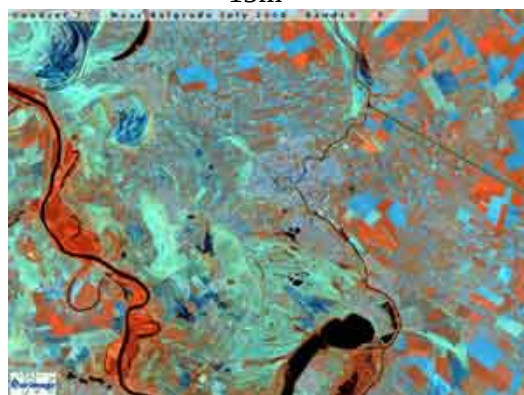


Figura 34: Combinație 4-5-7 (studiul morfologiei rocilor) – rezoluție 30m

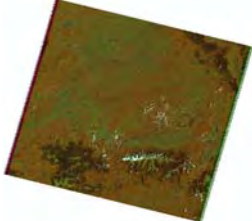
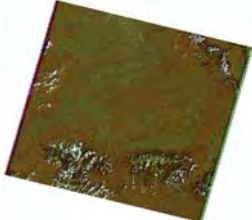
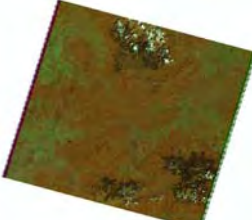
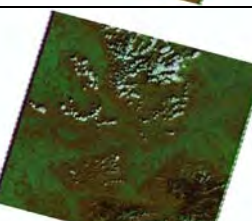
Descrierea imaginilor satelitare SPOT Primul satelit din seria SPOT a fost lansat de Centrul

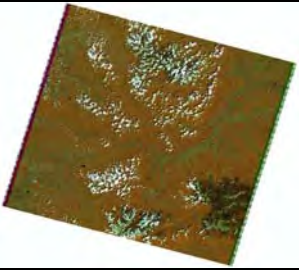
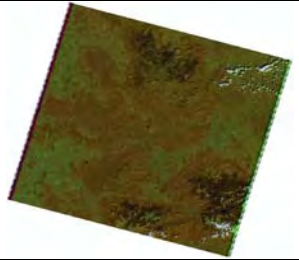
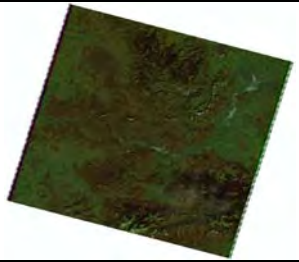
Național de Studii Spațiale (CNES) în anul 1986, iar la finanțarea proiectului au participat Franța, Belgia și Suedia. Benzile spectrale SPOT sunt:

Banda	Lungimea de undă	Zona spectrală	Utilizare
1	0.50-0.59 μm	verde	Corespunde reflectanței în verde a vegetației sănătoase
2	0.61-0.68 μm	roșu	Utilă pentru deosebirea speciilor de plante. Este, de asemenea, folosită la delimitarea pedologică și geologică
3	0.79-0.89 μm	infraroșu apropiat	Această bandă oferă în mod deosebit informații despre cantitatea de biomasă vegetală prezentă într-o scenă. Este o bandă utilă pentru identificarea culturilor și pentru scoaterea în evidență a contrastelor sol/cultură și pământ/ apă
4	0.51-0.73 μm (SPOT 1,2,3)	pancromatic	sensibil la toate culorile vizibile are o rezoluție de 10 m și este similară unei fotografii alb-negru
	0.59-0.75 μm (SPOT 4)		
5	1.58-1.73 μm (SPOT 4)	infraroșu mediu	caracteristici simple ale covorului vegetal, experimentări la nivel regional și local

3.3.1 Imaginile satelitare folosite in cadrul proiectului

Imaginile satelitare care sunt folosite in cadrul proiectului constau in imagini multispectrale Landsat (© USGS) cu rezolutia spatiala de 35 m. Imaginile sunt preluate din orbitele 184/28 si 185/28, in decursul anilor 2009-2010. Asupra acestor imagini au fost aplicate corectii radiometrice si geometrice, care au fost descrise in sectiunile anterioare. Zonele de test sunt reprezentate de bazinele Aries, Ampoi, Geoagiu si Tarnava. Delimitarea acestor bazine este ilustrata in Figura 35, folosind un mozaic de imagini Landsat.

Senzor	Orbita	Data preluare	Rezolutie	Imagine (combinatie 4-5-3)
Landsat 5 TM	184/28	15.07.2009	30 m	
Landsat 5 TM	184/28	03.08.2010	30 m	
Landsat 5 TM	185/28	22.07.2009	30 m	
Landsat 5 TM	185/28	24.09.2009	30 m	

Landsat 5 TM	185/28	07.06.2010	30 m	
Landsat 5 TM	185/28	26.08.2010	30 m	
Landsat 5 TM	185/28	13.10.2010	30 m	

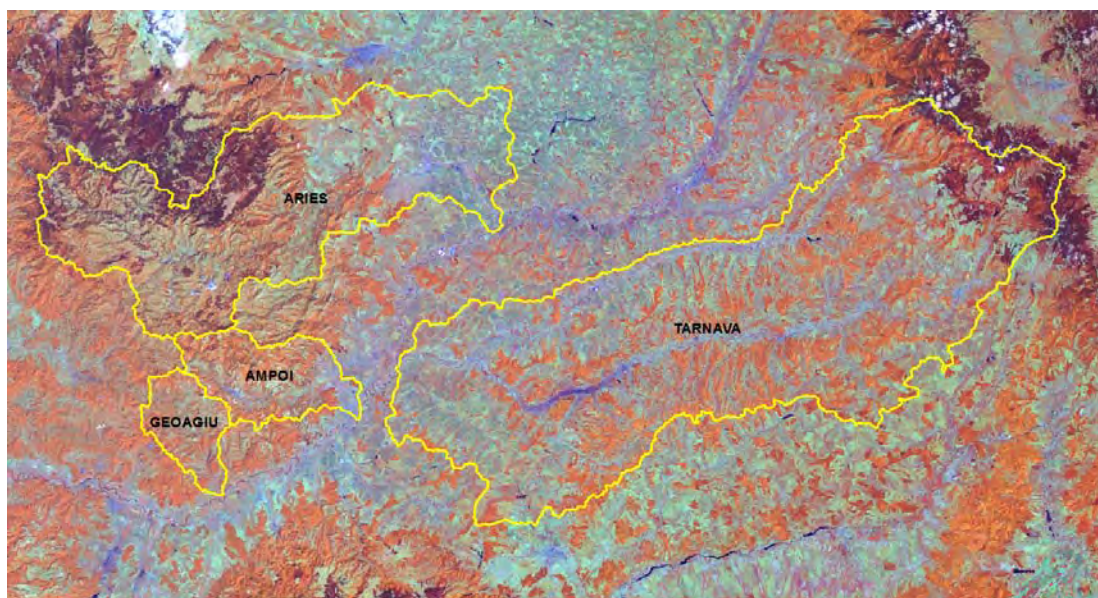


Figura 35: Bazinele Aries, Ampoi, Geoagiu si Tarnava (mozaic realizat din imagini Landsat TM)

Concluzia acestui subcapitol este că sunt pregătite toate condițiile metodologice pentru transferul informației din imaginile satelitare procesate atât către activitățile din 2011 asociate obiectivului 2 al proiectului, cât și către cele asociate obiectivului 3. Procesarea unor imagini suplimentare de tip SPOT în pentru obiectivul 1 în zona Copșa Mică este dezirabilă și posibilă de asemenea, în funcție de nivelul de finanțare pe anul 2011 în raport cu bugetul inițial al proiectului.

3.4 Modelarea bioacumulării în plante

Discutăm în acest capitol rezultate relevante atât pentru includerea în sistemul expert prevăzut de obiectivul 1, cât și pentru cuplarea cu modelul de dispersie al metalelor din sol CAESAR-TRACE refăcut.

După cum s-a observat în capitolul 3.2.3 există o mare variabilitate concentrațiilor de metale în plantele de cultură chiar și într-o zonă cu aproximativ același nivel de contaminare a solului. În aceste condiții este utilă abordare multiplă a modelării bioacumulării, folosind seturi de date obținute independent, pentru a compara rezultatele.

3.4.1 Modelare mecanismică

Într-o primă abordare zonele alese pentru studiu au fost în județul Sibiu și anume Micăsasa, Axente Sever, Chesler, Șeica Mică, și Țapu. Din aceste zone s-au prelevat probe de plante și s-au recoltat probe biologice de la animale (cabaline, ovine, bovine, pasari) și probe de produse alimentare (lapte). Probele de plante au fost prelevate pentru determinarea metalelor grele și în vederea estimării indicelui de transfer a metalelor grele și a variației sale temporale între diverse verigi ale lanțului trofic în arealul studiat. Evidențierea și monitorizarea gradului de poluare se realizează și cu ajutorul probelor prelevate de la specia de gasteropode specifică zonei (*Helix Pomatia*). Datele folosite pentru modelare sunt cele existente începând cu anul 2000.

O publicația a noastră care furnizează modele adecvate pentru includere în baza de cunoștințe a proiectului METAGRO este Tudoreanu și colab. (2007). Mai recent Philips și Tudoreanu (2011, articol raportat în cadrul acestui proiect) pun în discuție un model original de estimare a acumulării cadmiului în tesuturile animale pornind de la concentrațiile existente în sol și concentrațiile existente și estimate prin modelare (ryegrass, porumb) în plantele care formează dieta standard pentru ovine. Modelul general propus la fel ca și modelele pentru plante este scris în C++. Mai jos prezentăm unele aspecte ale relației dintre concentrațiile de metale din rădăcinile vegetației ierboase și cele din partea supratereană.

Utilizarea modelelor stochastice este restricționată de câteva aspecte. Ecuațiile obținute sunt specifice fiecărei specii/soi/ cultivar/ varietate de plantă și sunt valabile numai pentru condițiile pedoclimatice pentru care au fost dezvoltate. De exemplu nu va fi posibilă folosirea pentru culturile de câmp a unor ecuații cu scop predictiv dezvoltate printr-un experiment efectuat în vase de vegetație, fără verificare prealabilă. Predicțiile asupra concentrației metalelor grele în plantele studiate vor putea fi făcute numai în intervalul de valori pentru care ecuațiile au fost obținute.

Cu toate acestea modelele obținute prin analiză statistică a datelor rămân ușor de inclus în modele complexe la nivel de ecosistem, și de aceea sunt de cele mai multe ori preferate modelelor mecanistice. Modelul mecanistic dezvoltat de noi este prezentat în figura 36. În cazul acestui model este pus în evidență mecanismul de absorbție al metalului greu de către plantă. Pentru Cd acest mecanism este guvernat de ecuația Michaelis-Menten pe când cel de preluare a Pb-ului de o ecuație de tip difuzie liberă. Combinarea celor două tipuri de modele va permite dezvoltarea unui model care să permită estimarea transferului și acumulării unor metale grele în sistemul ales.

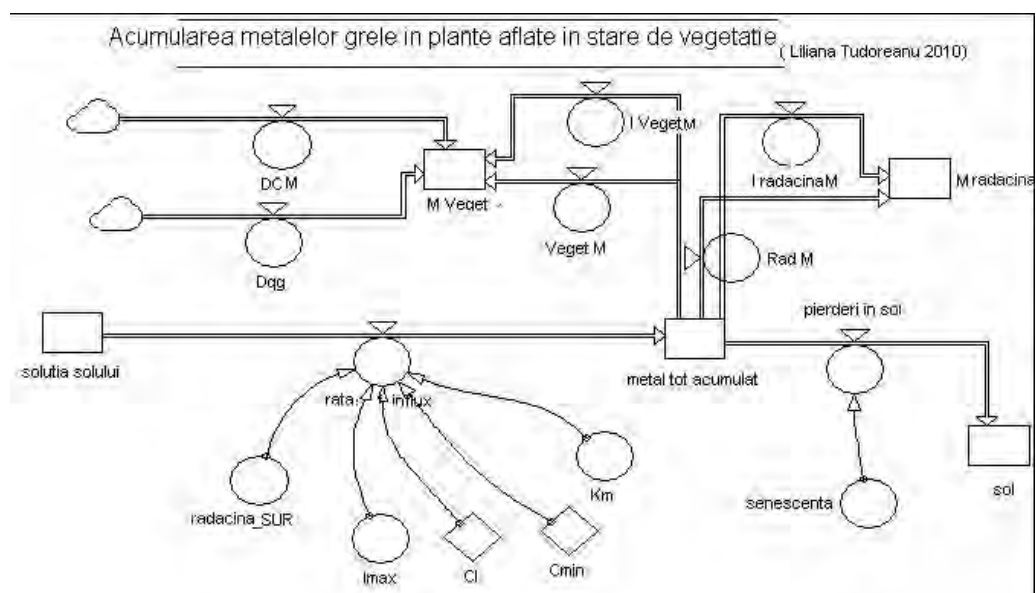
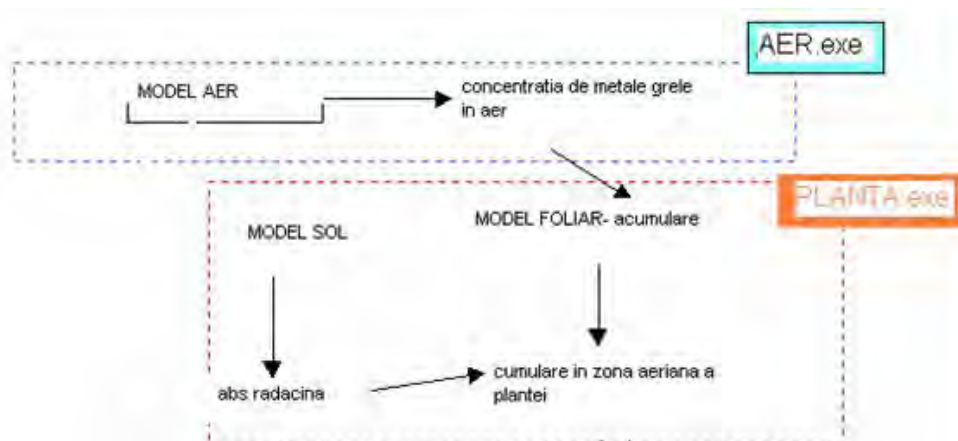


Figura 36a Structura modelului mecanistic de acumulare a metalelor în plante aflate în stare de vegetație. În figura 36b de mai jos oferim detalii ale structurii codului modelului.



Dezvoltarea modelului mecanistic pentru acumularea metalelor grele în plante include și o serie de ecuații obținute prin modelare statistică. Pentru moment prima variantă a acestui model include și un modul de acumulare foliară cuplat cu un model simplu de transport atmosferic al metalelor considerate.

Testările ulterioare ale modelului și utilizarea valorilor obținute în urma analizelor efectuate în cadrul laboratorului FMV al USAMVB vor permite ajustarea și dezvoltarea modelului.

În final modelul va putea caracteriza o zonă pentru care a fost parametrizat și calibrat.
(L Tudoreanu 2010)

În această fază modelul descris este scris în C++ și urmează a fi transmis spre publicare în ianuarie 2011 după încheiere testelor de sensibilitate

3.4.2 Modelare statistică

Există o serie de procese care sunt greu de descris din punct de vedere al mecanismelor care stau la baza lor. O astfel de situație este de exemplu în cazul estimării acumulării Pb sau Cd în cazul unei vegetații alcătuite din mai multe specii care se influențează reciproc (pajisti). În această situație se poate apela cu succes la o serie de modele statistice ca cele propuse mai jos. Monoculturile sunt un caz mult mai simplu din punct de vedere al modelării deși rămân și în

acest caz o serie de probleme inca neelucidate (transferul foliar al metalelor grele sau transferul floemic catre zonele de reproducere ale plantei).

3.4.2.1 Modelare statistică pe probe de vegetație ierboasă și porumb

3.4.2.1.1 Modelare statistică pe probe de vegetație ierboasă

În perioada 2000–2009 au fost prelevate probe de fân lucerna, fân pajiste, iarba, porumb și coceni porumb, sfecla și ovaz în zona Zona Axente Sever. Rezultatele obținute din analiza acestora sunt folosite în vederea adaptării și extinderii modelelor originale existente sau dezvoltate în cursul acestui proiect. În cursul anului 2010 au fost prelevate 16 probe de iarba în vederea stabilirii indicelui de acumulare al Pb-ului în plantele care alcătuiesc o pajiste naturală și a ratei de variație în timp a acestuia. Au fost prelevate un nr de 16 probe de iarba (specii amestecate) din zona Axente Sever în vederea stabilirii dinamicii de acumulare. Recoltarea s-a făcut la 42 de zile de la emergență la 2,5 cm deasupra solului iar la ultima recoltare tăierea s-a realizat cât mai aproape de sol. Distanța între 2 recoltări succesive a fost de 20-21 zile numărul total de recoltări a fost de 4.

Valoarea medie a indicelui de transfer (valoare adimensională) a Pb-ului între rădăcină și partea vegetativă a plantelor recoltate la 102 zile de la emergență:

Media	1.542
Dev standard	0.939
Err standard a mediei	0.234
Valoarea superioară a intervalului de încredere de 95%	2.042
Valoarea inferioară a intervalului de încredere de 95%	1.041
N	16

Valoarea medie a indicelui de transfer (valoare adimensională) a Pb-ului între rădăcină și partea vegetativă a plantelor recoltate la 42 zile de la emergență:

Media	0.072
Dev standard	0.066
Err standard a mediei	0.020
Valoarea superioară a intervalului de încredere de 95%	0.116
Valoarea inferioară a intervalului de încredere de 95%	0.027
N	11

Valoarea medie a indicelui de transfer (valoare adimensională) a Pb-ului între rădăcină și partea vegetativă a plantelor recoltate la 62 zile de la emergență

Media	0.736
Dev standard	0.429
Err standard a mediei	0.107
Valoarea superioară a intervalului de încredere de 95%	0.965
Valoarea inferioară a intervalului de încredere de 95%	0.507
N	16

Valoarea medie a indicelui de transfer (valoare adimensională) a Pb-ului între rădăcină și partea vegetativă a plantelor recoltate la 82 zile de la emergență

Media	1.309
-------	-------

Dev standard	0.782
Err standard a mediei	0.195
Valoarea superioara a intervalului de încredere de 95%	1.726
Valoarea inferioară a intervalului de încredere de 95%	0.892
N	16

Indicele de transfer al Pb-ului între rădăcină și partea vegetativă a plantelor de iarbă (specii diferite în proporții specifice unei pajisti naturale) este prezentat în figura 37.

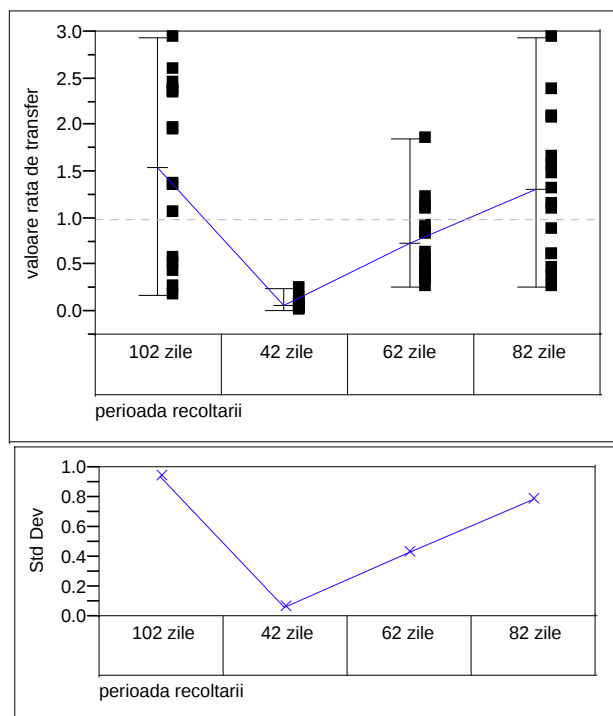


Figura 37 Estimarea variației temporale a indicelui de transfer al Pb-ului pentru plantele de iarbă (specii diferite în proporții specifice unei pajisti naturale).

Modelul de transfer între partea subterană și partea supraterană este prezentat în figura 38 și tabelul 22.

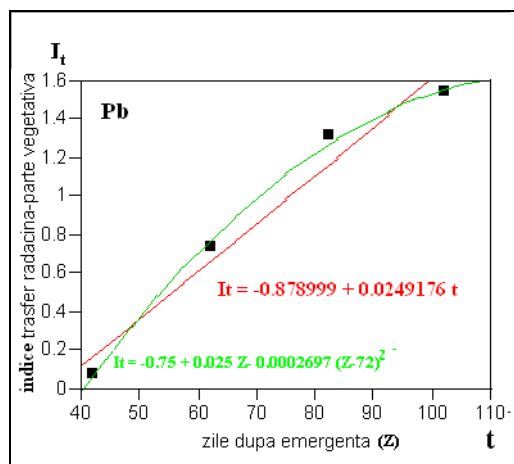


Figura 38 Relația dintre indicele de transfer dintre partea subterană și cea supraterană.

Deși modelul polinomial propus (R^2 adj = 0.99) este puțin îmbunătățit față de cel liniar (R^2 adj = 0.96),

faptul că termenul de ordinal 2 al modelului polinomial este nesemnificativ ($p < 0.16$) ne îndreptățește să considerăm modelul linear ca cel mai adecvat în această situație.

Tabelul 22 Caracteristicile modelelor din figura 38.

Modelul linear de transfer: $I_t = -0.878999 + 0.0249176 t$					
Semnificația modelului propus este următoarea:					
R^2					0.94
R^2 Adj					0.96
Nr valori					4
Analiza varianței					
	DF	Suma patratelor	Media patratelor		F Ratio
Model	1	1.2417732	1.24177		50.0588
Error	2	0.0496125	0.02481		Prob > F
C. Total	3	1.2913858			0.0194
Semnificația parametrilor estimați					
Term		Valoare estimată	Eroare standard	t	Prob> t
Intercept		-0.878999	0.265517	-3.31	0.0804
t		0.0249176	0.003522	7.08	0.0194
Modelul polinomial de gradul 2: $I_t = -0.75 + 0.025 Z - 0.0002697 (Z-72)^2$					
Semnificația modelului polinomial propus:					
R^2					0.997621
R^2 Adj					0.992862
Nr valori					4
Analiza varianței pentru modelul propus					
	DF	Suma patratelor	Media patratelor		F Ratio
Model	2	1.2883132	0.644157		209.6475
Error	1	0.0030726	0.003073		Prob > F
C. Total	3	1.2913858			0.0488
Semnificația parametrilor estimați					
		Valoare estimată	Eroare standard	t	Prob> t
Intercept		-0.744167	0.099662	-7.47	0.0848
Z		0.0249176	0.001239	20.10	0.0316
$(Z-72)^2$		-0.00027	0.000069	-3.89	0.1601

Numărul mic de valori folosite pentru estimarea indicelui de transfer radacină – parte vegetative a plantei și a ratei sale de variație în timp restricționează aplicabilitatea modelului propus. În vederea obținerii unor relații robuste este necesară o mărire considerabilă a numărului de valori supuse analizei – la peste 100 de valori.

3.4.2.1.2 Coeficienți de transfer pentru Cd, Pb și Zn pentru plantele de porumb

În cazul boabelor de porumb s-au înregistrat și probe care au avut concentrația de Cd sub 0.001ppm probe care au fost prelevate din zona Micăsasa. Pentru determinarea modului de evoluție al coeficientului de transfer între cocean și boaba de porumb s-au făcut câteva teste prealabile pe un număr mic de probe (6 probe) prelevate în anul 2009. Probele prelevate în noiembrie 2010 urmând a fi analizate în perioada decembrie 2010-martie 2011. În funcție de rezultatele obținute se va decide numărul optim de măsurători pt asigurarea reprezentativității statistice a coeficienților calculați.

Valoarea coeficientului de transfer cocean- bob, prezentată în tabelul 22b este calculată ca fiind raportul dintre concentrația de metal greu în boabele unui cocean și cea din coceanul aceleiași plante exprimat în procente.

Se poate observa că elementele chimice care joacă și un rol fiziologic sau care au un mod de transport activ au tendința de a prezenta o variabilitate mai mare a coeficientului de transfer între indivizi (plante). Din acest motiv numărul de plante care vor fi analizate pentru stabilirea coeficientului de transfer trebuie să fie suficient de mare pentru a obține valori reprezentative statistic pentru specia/ soiul/ varietația studiată.

Tabelul 22b Coeficienți de transfer cocean-bob.

COEFICIENTUL DE TRANSFER COCEAN- BOB PENTRU Cd	1.0267838
MEDIA (%)	
Dev standard	0.5435279
Eroarea standard a mediei	0.2218943
Valoarea superioară a intervalului de încredere de 95%	1.5971814
Valoarea inferioară a intervalului de încredere de 95%	0.4563863
N	6
COEFICIENTUL DE TRANSFER COCEAN- BOB PENTRU Pb	
MEDIA (%)	0.4587058
Dev standard	0.1399641
Eroarea standard a mediei	0.0571401
Valoarea superioară a intervalului de încredere de 95%	0.6055891
Valoarea inferioară a intervalului de încredere de 95%	0.3118225
N	6
COEFICIENTUL DE TRANSFER COCEAN-BOB PENTRU Zn	
MEDIA (%)	5.477321
Dev standard	3.4477249
Eroarea standard a mediei	1.4075278
Valoarea superioară a intervalului de încredere de 95%	9.0954864
Valoarea inferioară a intervalului de încredere de 95%	1.8591556
N	6

3.4.2.1.3 Concluzii cu privire la cu privire la modelarea statistică a transferului în vegetație ierboasă și plante de pormb

Coeficienții de transfer sol-plantă depind de complexitatea poluării solului, de specie plantei soiul și varietatea pe care o reprezintă. Coeficientul de transfer sol-plantă al Cd-ului pentru vegetația spontană în zona poluată este de 0.57 . Coeficientul de transfer sol-plantă al Cd-ului pentru vegetația spontană în zona nepoluată este de 0.185. Coeficientul de transfer sol-plantă al Pb-ului pentru vegetația spontană în zona poluată este de 0.30 .Coeficientul de transfer sol-plantă al Pb-ului pentru vegetația spontană în zona poluată este de 0.021. Coeficientul de transfer rădăcină – plantă joacă un rol important mai ales în estimarea cantității de metal greu care va rămâne în sol după recoltare. Coeficientul de transfer rădăcină - parte vegetativă depinde de stadiul de dezvoltare al plantei. Pentru plantele specifice pășunilor la 62 zile de la emergență coeficientul de transfer rădăcină - parte vegetativă este de 0.73. Au existat zone unde cantitatea de Cd din boabele de grâu recoltate au fost sub 0.001ppm. Variabilitatea coeficienților de transfer între cocean și bobul de grâu este dependent de tipul de proces de transport al metalului între cele două părți ale plantei deoarece coeficienții de transfer este caracteristică parcelei (terenului) speciilor/ soiurilor/ varietăților pentru care au fost calculate. Numărul de valori care trebuie analizate pentru asigurarea reprezentativității statistice a coeficienților calculați este cuprins în tre 100 și 400.

3.4.2.2 Modelare statistic cu setul de date georeferențiate din 2009 și setul suplimentar din 2010

Într-o abordare complementară cu cea de mai sus am pornit de la un pachet de modele statistice de predicția a bioacumulării în plante (tabelul 23), dintre care unele dezvoltate chiar pornind de la date din zona Copșa Mică. Costurile pentru obținerea datelor prelucrate în acest capitol au fost acoperite din proiectul METAGRO, în timp ce prelucrare efectivă a datelor, datorită restricțiilor financiare din anul 2010, au fost acoperite în mod complementar din proiectul de Idei 291/2007.

Tabelul 24 sintetizează relațiile dintre concentrațiile de metale în plante transformate logaritmice

și concentrațiile de metal în sol transformate logaritmice, precum și relațiile dintre predicțiile modelelor introduse în tabelul 23 pornind de la concentrațiile reale din sol și concentrațiile reale în plante transformate logaritmice. Se poate constata că cele mai bune rezultate s-au obținut în cazul Pb, urmat de Zn și Cd, pentru Cu corelațiile lipsind cu desăvârșire. Există de asemenea diferențe importante între rezultatele obținute pentru seturile de date din Lunca Târnavei și Valea Viilor. Nu intrăm în acest raport în interpretarea rezultatelor, însă este ușor de observat că ele reflectă într-o anumită măsură mărimea domeniului de variație al concentrațiilor de metale în sol (capitolul 3.2.3). În ce privește Cd trebuie subliniat că multe din concentrațiile sale au fost sub limita de detecție, ceea ce a sărăcit structura setului de date (pentru datele brute a se vedea pagina web proiectului indicată în capitolul 4).

Tabelul 23 Ecuații de regresie din literatură aplicate la datele din zona Copșa Mică.

		lg Cd în frunze (ax + b)			lg Cu (ax + b)		lg Pb (ax+b)		lg Zn (ax + b)		
		a	b		a	b	a	b	a	b	
Bechtel-Jacobs (1998)	x = lg concentrație în sol	0.546	-0.207		0.394	0.291	0.561	-0.577	0.555	0.684	
Vrânceanu și colab. (2010) date de teren pentru diverse plante din zona Copșa Mică	x = lg concentrație în sol	0.7344	0.3086		0.4503	0.414	0.8393	0.3183	0.653	0.7291	
Vrânceanu și colab. (2010) date experimentale în frunze de porumb prin contaminare artificială a unui sol din lunca Târnavei	x = lg concentrație în sol	1.334	-1.116						0.549	0.653	
		ln Cd în frunze (ax + by +c)			ln Cu (ax +b)		lg Pb (ax+b)		ln Zn în frunze (ax + by +c)		
		a	b	c	a	b	a	b	a	b	c
Efroymson și colab. (2004) date de teren pentru plante din diverse	x = ln concentrație în sol	0.53		-0.3	0.47	0.57	0.67	-1.09	0.33		1.89
Efroymson și colab. (2001) date de teren pentru plante din diverse specii	x = ln concentrație în sol, y = pH	0.564	-0.27	1.152	0.394	0.669	0.561	-1.328	0.64	-0.77	2.362

În figura 39 prezentăm relația concentrației în probe prelevate în 2010 din transectele 1, 2, 3 și 8 din lunca Târnavei și predicțiile pentru Pb și Cd obținute folosind modelul pentru Pb obținut pe datele din 2009 și modelul pentru Cd obținute pe date experimentale de Vrânceanu și colab. (2010). Nici unul dintre modelele încercate nu dă rezultate satisfăcătoare pentru elementele esențiale Cu și Zn, și ca atare nu am inclus reprezentare acestor relații. În cazul Pb și Cd se poate remarca că, deși valorile prezise sunt corelate cu cele reale, parametrii ecuației indică diferențe mari între valoarea absolută a concentrațiilor prezise și reale (în general cele reale sunt mai mici decât cele prezise), diferențe care pot fi explicate în cazul Pb prin momentul diferit de prelevare în sezonul de creștere a plantelor (iulie în 2010 față de septembrie în 2009 când s-au prelevat probele pe baza cărora s-a creat modelul).

Un alt demers de procesare a datelor a fost printr-o regresie multiplă care să țină seama pe lângă concentrația din sol și de pH-ul solului (am inclus exploratoriu și conductivitatea electrică, un alt parametru ușor de determinat, dar nu a dat rezultate) (figura 40). Regresia multiplă dintre concentrațiile de Cd în frunze de porumb (ln) și concentrațiile de metale din sol (ln) și pH-ul solului nu dă predicții mai bune din punct de vedere al coeficientului de determinare decât ecuația similară a lui Efroymson și colab. (2001, a se vedea tabelul 23), iar coeficienții sunt nesemnificativi statistic, dar valorile concentrațiilor sunt mai apropiate de cele observate. De remarcat, totuși, că multe valori ale concentrațiilor de Cd în frunze de porumb au fost sub limita de detecție, iar includerea lor cu o valoare la jumătate din limita de detecție ar fi putut îmbunătăți forța predictivă a ecuației de regresie multiplă. În cazul Pb includerea pH-ului solului ca variabilă explicativă suplimentară alături de concentrația de Pb în sol are efecte neglijabile. La Zn singura variabilă reținută de metoda step-wise forward este concentrația de Zn în sol, iar în cazul Cu nici o variabilă nu este reținută ca explicativă prin această metodă. Se impune cu necesitate luarea în considerare a unei variabile asociate carbonului organic din sol ușor de determinat (de exemplu pierderea la calcinare).

Tabelul 24 Corelații dintre concentrațiile de metale în frunze de porumb (mg/kg transformate logaritmice) și concentrații de metale în sol (mg/kg transformate logaritmice) (ambele prelevate în 2009) sau concentrații în frunze prezise pornind de la concentrațiile în sol de modele diverse modele statistice (ecuațiile modelelor sunt prezentate în tabelul 23) cumulativ și separat pe zone de prelevare (lunca Târnavei și Valea Viilor). Cu roșu sunt indicate corelațiile semnificative statistic și coeficienții de determinare cei mai mari.

		Toate probele					Lunca Târnavei					Valea Viilor				
y = ax+b	x	r ²	p	N	b	a	r ²	p	N	b	a	r ²	p	N	b	a
Cd în frunze (lg)	Cd în sol (lg)	0.062	0.132	38	-0.390	0.455	0.147	0.023	35	-0.803	0.778			3		
Cd în frunze (lg)	Cd în frunze prezis cu Bechtel-Jacobs (1998)	0.062	0.132	38	-0.218	0.834	0.147	0.023	35	-0.508	1.424			3		
Cd în frunze (lg)	Cd în frunze prezis cu Vrânceanu și colab. (2010)															
Cd în frunze (lg)	date de teren pentru plante din diverse specii native	0.062	0.132	38	-0.581	0.620	0.147	0.023	35	-1.129	1.059			3		
Cd în frunze (lg)	Cd în frunze prezis cu Vrânceanu și colab. (2010)															
Cd în frunze (lg)	date experimentale prin contaminare artificială	inaplicabil					0.147	0.023	35	-0.152	0.583	inaplicabil				
Cd în frunze (ln)	Cd în sol (ln)	0.062	0.132	38	-0.898	0.455	0.147	0.023	35	-1.848	0.778			3		
Cd în frunze (ln)	Cd în frunze prezis cu Efroymson și colab. (2004)															
Cd în frunze (ln)	date de teren pentru plante din diverse specii	0.062	0.132	38	-0.641	0.859	0.147	0.023	35	-1.408	1.467			3		
Cd în frunze (ln)	Cd în frunze prezis cu Efroymson și colab. (2001)															
Cd în frunze (ln)	date de teren pentru plante din diverse specii	0.109	0.043	38	-0.209	1.050	0.159	0.018	35	-0.415	1.324			3		
Cu în frunze (lg)	Cu în sol (lg)	0.000	0.969	93	1.034	-0.005	0.000	0.895	58	0.997	0.022	0.003	0.749	35	1.104	-0.059
Cu în frunze (lg)	Cu în frunze prezis cu Bechtel-Jacobs (1998)	0.000	0.969	93	1.038	-0.012	0.000	0.895	58	0.981	0.055	0.003	0.749	35	1.148	-0.149
Cu în frunze (lg)	Cu în frunze prezis cu Vrânceanu și colab. (2010)															
Cu în frunze (lg)	date de teren pentru plante din diverse specii	0.000	0.969	93	1.039	-0.010	0.000	0.895	58	0.977	0.048	0.003	0.749	35	1.158	-0.131
Cu în frunze (ln)	Cu în sol (ln)	0.000	0.969	93	2.381	-0.005	0.000	0.895	58	2.297	0.022	0.003	0.749	35	2.542	-0.059
Cu în frunze (ln)	Cu în frunze prezis cu Efroymson și colab. (2001)															
Cu în frunze (ln)	date de teren pentru plante din diverse specii	0.000	0.969	93	2.387	-0.010	0.000	0.895	58	2.270	0.046	0.003	0.749	35	2.614	-0.125
Cu în frunze (ln)	Cu în frunze prezis cu Efroymson și colab. (2001)															
Cu în frunze (ln)	date de teren pentru plante din diverse specii	0.000	0.969	93	2.389	-0.012	0.000	0.895	58	2.260	0.055	0.003	0.749	35	2.642	-0.149
Pb în frunze (lg)	Pb în sol (lg)	0.443	0.000	88	-0.915	0.707	0.406	0.000	58	-1.180	0.818	0.007	0.671	30	0.120	0.109
Pb în frunze (lg)	Pb în frunze prezis cu Bechtel-Jacobs (1998)	0.443	0.000	88	-0.188	1.260	0.406	0.000	58	-0.339	1.458	0.007	0.671	30	0.232	0.194
Pb în frunze (lg)	Pb în frunze prezis cu Vrânceanu și colab. (2010)															
Pb în frunze (lg)	date de teren pentru plante din diverse specii	0.443	0.000	88	-1.184	0.842	0.406	0.000	58	-1.490	0.974	0.007	0.671	30	0.079	0.129
Pb în frunze (ln)	Pb în sol (ln)	0.443	0.000	88	-2.108	0.707	0.406	0.000	58	-2.716	0.818	0.007	0.671	30	0.276	0.109
Pb în frunze (ln)	Pb în frunze prezis cu Efroymson și colab. (2004)															
Pb în frunze (ln)	date de teren pentru plante din diverse specii	0.443	0.000	88	-0.958	1.055	0.406	0.000	58	-1.386	1.220	0.007	0.671	30	0.453	0.162
Pb în frunze (ln)	Pb în frunze prezis cu Efroymson și colab. (2001)															
Pb în frunze (ln)	date de teren pentru plante din diverse specii	0.443	0.000	88	-0.434	1.260	0.406	0.000	58	-0.781	1.458	0.007	0.671	30	0.533	0.194
Zn în frunze (lg)	Zn în sol (lg)	0.343	0.000	93	0.955	0.443	0.056	0.073	58	1.617	0.216	0.121	0.041	35	1.202	0.296
Zn în frunze (lg)	Zn în frunze prezis cu Bechtel-Jacobs (1998)	0.343	0.000	93	0.410	0.798	0.056	0.073	58	1.351	0.389	0.121	0.041	35	0.837	0.534
Zn în frunze (lg)	Zn în frunze prezis cu Vrânceanu și colab. (2010)															
Zn în frunze (lg)	date de teren pentru plante din diverse specii native	0.343	0.000	93	0.461	0.678	0.056	0.073	58	1.376	0.331	0.121	0.041	35	0.871	0.453
Zn în frunze (lg)	Zn în frunze prezis cu Vrânceanu și colab. (2010)															
Zn în frunze (lg)	date experimentale prin contaminare artificială	inaplicabil					0.056	0.073	58	1.360	0.393	inaplicabil				
Zn în frunze (ln)	Zn în sol (ln)	0.343	0.000	93	2.200	0.443	0.056	0.073	58	3.723	0.216	0.121	0.041	35	2.767	0.296
Zn în frunze (ln)	Zn în frunze prezis cu Efroymson și colab. (2004)															
Zn în frunze (ln)	date de teren pentru plante din diverse specii	0.343	0.000	93	-0.336	1.342	0.056	0.073	58	2.486	0.655	0.121	0.041	35	1.071	0.897
Zn în frunze (ln)	Zn în frunze prezis cu Efroymson și colab. (2001)															
Zn în frunze (ln)	date de teren pentru plante din diverse specii	0.341	0.000	93	0.895	0.706	0.059	0.067	58	3.061	0.350	0.135	0.030	35	1.964	0.456

Figura 39 Relații între concentrațiile de Pb și Cd în frunze de porumb prelevate în lunca Târnavei în iulie 2010 (logaritm natural, axa x) și concentrațiile prezise (logaritm natural axa y) de modelul de regresie dezvoltat pe baza datelor obținute pe probele prelevate în 2009 (Pb, proiectul METAGRO) și a modelului de regresie creat pe baza datelor experimentale prin contaminare artificială a solului (Cd, Vrânceanu și colab. 2010).

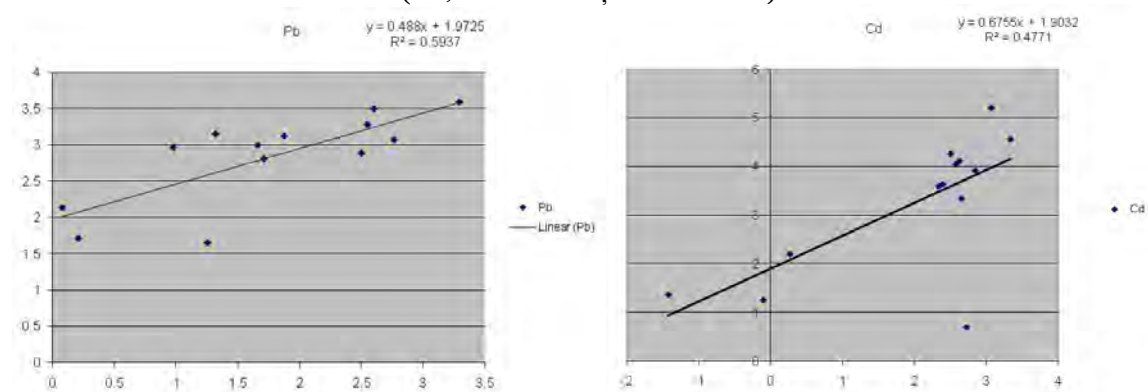
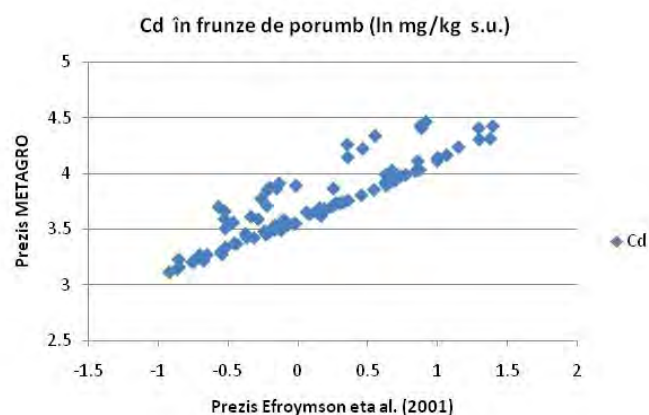


Figura 40 Rezultatul regresii multiple pentru Cd și Pb și corelarea predicțiilor ecuației de regresie multiplă obținută în METAGRO cu cea a modelului Efroymson și colab. (2001).

Summary of Stepwise Regression pentru Cd în frunze de porumb (ln)							Regression Summary for Dependent Variable: CDF_LN						
Step	Multiple	Multiple	R-square	F - to		Variables	R=	R²=	Adjusted R²=				
+in/-out	R	R-square	change	entr/rem	p-level	included	F(2,35)=3,1241	p<,05644	Std. Error of estimate: 1,4881				
pH sol	1	0.273	0.075	0.075	2.900	0.097	1			St. Err.			
Cd in sol (ln)	2	0.389	0.151	0.077	3.173	0.084	2			BETA	of BETA	B	
										St. Err.	of B	t(35)	p-level
										Intercept		5.525	3.427
												1.612	0.116
										pH sol	-0.301	0.156	-0.828
											0.430	-1.923	0.063
										Cd in sol (ln)	0.279	0.156	0.510
											0.286	1.781	0.084
Summary of Stepwise Regression pentru Pb în frunze de porumb (ln)							Regression Summary for Dependent Variable: PBF_LN						
Step	Multiple	Multiple	R-square	F - to		Variables	R=	R²=	Adjusted R²=				
+in/-out	R	R-square	change	entr/rem	p-level	included	F(2,85)=35,533	p<,00000	Std. Error of estimate: 1,0068				
Pb în sol (ln)	1	0.665	0.443	0.443	68.306	0.000	1			St. Err.			
pH sol	2	0.675	0.455	0.013	1.980	0.163	2			BETA	of BETA	B	
										St. Err.	of B	t(85)	p-level
										Intercept		-3.301	0.978
												-3.376	0.001
										Pb în sol (ln)	0.629	0.084	0.668
											0.089	7.464	0.000
										pH sol	0.119	0.084	0.184
											0.131	1.407	0.163



Un alt set de date care a fost obținut în 2010 cu scopul utilizării în modelarea bioacumulării caracterizează distribuția metalelor în extracte din sol efectuate cu apă și azotat de amoniu 1M (tabelul 25). Se observă că în timp ce concentrațiile în urma digestiei probelor de sol cu apă regală urmează tiparul de variația descrescător cu distanța de la sursă deja observat, variația în extractele care indică fracții cu mobilitate foarte mare este mult mai puțin pregnantă, sugerând că și biodisponibilitatea metalelor este mult puțin corelată cu distanța decât concentrațiile pseudo-totale de metale. În condițiile unei finanțări la valoarea completă a proiectului va fi fezabilă printr-o suplimentare a setului de date și o modelare a fracțiilor mobile ale metalelor în zona de studiu, ca pas intermediar în modelarea bioacumulării în plante.

Tabelul 25 Concentrații de metale extractabile din solul din lunca Târnavei (transectele 1, 2, 3 și 9) în 2010 (media și deviația standard).

			Al	As	Ba	Be	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	Li	Mn	Ni	Pb	Rb	Sr	Zn
			μg/g	μg/g	μg/g	μg/g	μg/g	μg/g	μg/g	μg/g	μg/g	μg/g	μg/g	μg/g	μg/g	μg/g	μg/g	μg/g
L1 n=4	Extractabil în apă	Media	0.001	0.012	0.096	0.001	0.001	0.018	0.001	0.001	0.104	0.012	0.107	0.006	0.020	0.008	0.430	0.520
		DS	0.000	0.023	0.086	0.000	0.000	0.021	0.000	0.000	0.131	0.014	0.081	0.008	0.024	0.007	0.301	0.907
	Extractabil în soluție de NH ₄ NO ₃	Media	0.015	0.102	2.243	0.005	0.001	0.079	0.015	0.056	0.336	0.139	6.578	0.209	0.539	0.358	6.57	10.9
		DS	0.030	0.116	0.611	0.006	0.000	0.072	0.008	0.111	0.113	0.090	2.643	0.211	0.123	0.348	4.21	10.1
	Extractabil în apă regală	Media	23339	197	6.31	136	3.36	54.3	49.1	150	1246	37.2	1251	69.0	1825	31.7	41.9	1443
		DS	15510	253	2.10	98.1	2.92	45.5	60.0	184	2066	23.9	628	36.1	913	24.3	26.5	1448
L2 n=4	Extractabil în apă	Media	0.001	0.083	0.185	0.001	0.001	0.008	0.001	0.001	0.248	0.017	0.027	0.009	0.033	0.010	0.609	0.044
		DS	0.000	0.064	0.019	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.084	0.018	0.019	0.006	0.025	0.002	0.103	0.064
	Extractabil în soluție de NH ₄ NO ₃	Media	0.001	0.154	2.263	0.003	0.001	0.577	0.015	0.052	0.439	0.088	5.696	0.099	0.773	0.365	6.92	10.3
		DS	0.000	0.094	0.831	0.003	0.000	1.059	0.011	0.102	0.165	0.090	3.856	0.075	0.656	0.154	1.82	11.2
	Extractabil în apă regală	Media	21520	67.3	6.74	145	1.96	55.6	17.1	49.8	189	36.7	2377	50.0	2128	33.0	68.8	1348
		DS	8710	14.1	0.96	37.6	0.86	10.0	3.56	13.8	14.0	14.8	2944	13.8	447	8.54	12.6	1130
L3 n=3	Extractabil în apă	Media	0.001	0.036	0.083	0.001	0.001	0.022	0.001	0.001	0.160	0.021	0.132	0.005	0.022	0.005	0.464	0.280
		DS	0.000	0.037	0.073	0.000	0.000	0.026	0.000	0.000	0.039	0.015	0.154	0.006	0.013	0.003	0.186	0.222
	Extractabil în soluție de NH ₄ NO ₃	Media	0.001	0.118	1.325	0.001	0.001	0.046	0.015	0.001	0.337	0.080	6.464	0.043	0.305	0.120	5.25	13.5
		DS	0.000	0.004	0.166	0.000	0.000	0.035	0.006	0.000	0.071	0.015	2.686	0.014	0.046	0.025	1.25	6.65
	Extractabil în apă regală	Media	14957	36.8	6.28	108	0.10	32.5	12.8	35.6	112	23.6	718	38.4	1268	24.9	60.2	3212
		DS	1405	9.45	0.52	9.8	0.18	3.75	1.08	4.89	9.64	3.64	64.6	2.58	98	2.43	10	1207
L9 n=3	Extractabil în apă	Media	0.001	0.009	0.157	0.001	0.001	0.022	0.002	0.001	0.179	0.044	0.025	0.019	0.010	0.026	0.713	0.075
		DS	0.000	0.009	0.033	0.000	0.000	0.035	0.003	0.000	0.153	0.017	0.026	0.009	0.016	0.032	0.227	0.129
	Extractabil în soluție de NH ₄ NO ₃	Media	0.001	0.021	1.874	0.002	0.001	1.787	0.014	0.001	0.426	0.218	3.032	0.205	0.140	0.150	5.50	46.1
		DS	0.000	0.015	0.441	0.001	0.000	0.158	0.015	0.000	0.126	0.045	0.408	0.166	0.242	0.027	2.16	68.9
	Extractabil în apă regală	Media	17602	13.8	6.42	124	0.001	8.11	12.9	42.7	39.2	29.0	773	40.3	274	26.0	68.7	508
		DS	6320	6.61	0.74	26.1	0.000	3.39	3.40	12.8	16.2	10.5	165	12.3	109	7.16	38.7	183

4 Date georeferențiate publice

Pentru descărcarea acestor date consultați pagina principală a proiectului la www.metagro.cesec.ro. Suplimentar față de concentrațiile de metale din sol produse încă din 2009, am inclus și concentrații de metale în plante de cultură, produse în 2010 pe probe prelevate în 2009. Setul de date produs pe probe prelevate în 2010 nu este suficient de extins spațial pentru a-l considera de utilitate publică în formă brută, rostul său fiind de a verifica tiparele de variație observate pe baza setului de date din 2009.

5 Concluzii

Partenerii instituționali din proiectul METAGRO au făcut eforturi considerabile pentru a produce rezultate bine fundamentate științific și de valoare certă atât pentru fermierii particulari, cât și pentru decidenții cu privire la managementului zonelor care includ agrosisteme în structura lor. Aceste rezultate sunt rezultatul unei strategii de cercetare pe termen lung în cadrul unui consorțiu național care derulează un portofoliu de proiecte în domeniul biogeochimiei metalelor. Nu vom relua concluziile parțiale enunțate la finalul fiecărui subcapitol, ci doar vom sublinia că:

- proiectul nostru a produs primul set de date georeferențiate publice pentru caracterizare contaminării cu metale în zona Copșa Mică.
- avem aproape finalizată punerea la punct a metodologiei de utilizare intensivă în teren a aparatelor XRD portabile pentru cartarea la nivel local și regional a agrosistemelor din zone contaminate
- avem într-o fază avansată estimarea primului bilanț al metalelor grele într-o fermă dintr-o zonă contaminată ca bază pentru fundamentarea managementului în vederea controlului distribuției metalelor în produsele fermei.
- avem verificate și adaptate un set de modele statistice de bioacumulare a metalelor în plante din zona Copșa mică.
- este făcut inventarul fermierilor din zona Copșa Mică, și folosind tehnologia XRF-T se va face o cartare a distribuției metalelor astfel încât la finele proiectului să avem informații relevante pentru asistarea mării majorități a fermierilor cu terenuri contaminate. Pe lângă informațiile pur descriptive referitoare la calitatea solului, ele însele foarte importante, tot ce este necesar pentru elaborarea sistemului expert și experimentarea lui în zona Copșa Mică este deja disponibil.
- sunt puse bazele metodologice pentru crearea în 2010 a sistemului de alertă la nivel regional pentru patru bazine contaminate în ce privește dinamica și comunicare riscului datorat metalelor în agrosisteme în bazinele contaminate pilot alese.

6 Bibliografie

- Badea, A., 2010, Note de curs teledetecție, Universitatea de Științe Agronomice și Medicina Veterinară București, Facultatea de Îmbunătățiri Funciare și Ingineria Mediului, București, România
- Bechtel-Jacobs, 1998, Empirical models for the uptake of inorganic chemicals from soil by plants, Bechtel-Jacobs Company LLC, Oak Ridge, TN. BJC/OR-133
- Efroymson R. A., Sample B. E., Suter II G. W., 2001, Uptake of inorganic chemicals from soil by plant leaves: regression of field data, Environmental Toxicology and Chemistry 20, 2561-2571
- Efroymson R. A., Sample B. E., Suter II G. W., 2004, Bioaccumulation of inorganic chemicals from soil by plants: spiked soils vs. field contamination or background, Human and Ecological Risk Assessment, 10, 1117-1127
- Franco A., Schuhmacher M., Roca E., Domingo J. L., 2006, Application of cattle manure as fertilizer in pastureland: estimating the incremental risk due to metal accumulation employing a

- multicompartment model, *Environment International*, 32, 724-732
- Iordache V, Lăcătușu R, Scrădeanu D, Onete M, Jianu D, Bodescu F, Neagoe A, Purice D, Cobzaru I (2011) Scale specific processes of metals mobility in contaminated areas, in Kothe E. Varma A. (editors), *Bio-geo-interactions in contaminated soils*, Springer, 00
- Iordache V., Neagoe A., 2009, A socio-ecological approach to heavy metals control in Romanian contaminated areas, 8th Symposium on remediation in Jena "Jenaer Sanierungskolloquium": "Geo-bio- processes at geochemical barriers". 28th-29th of September 2009, Friedrich-Schiller-University Jena, Institute of Earth Sciences, Germany, Prezentare orală și abstract publicat în Book of Abstracts, pp. 13
- Luca L (2009) O țară și două agriculturi. România și reforma politicii agricole comune a UE, http://www.crpe.ro/library/files/CRPE_Policy_Memo_Nr.4_RO.pdf
- Mark, H., 2003, *Encyclopedia of Space Science and Technology*, Volume 1, John Wiley & Sons, Inc., Wiley Interscience Publication, ISBN 0-471-32408-6, New Jersey, SUA
- McGlone, C., Mikhail, E. și Bethel, J., 2004, *Manual of Photogrammetry*, Fifth Edition, ASPRS, ISBN 1-57083-071-1, SUA
- Phillips CJC, Liliana Tudoreanu, 2011, A model of cadmium accumulation in the liver and kidney of sheep derived from soil and dietary characteristics. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, in print, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jsfa.4195/abstract>
- Richards, J. A. și Jia, X., 2006, *Remote Sensing Digital Image Analysis – An Introduction*, Fourth Edition, Springer, ISBN 978-3-540-25128-6
- Tudoreanu L., Prankel S., Akhmetova B, 2007, The METAL project – metals in the environment, toxicity and assessment limits: cadmium, in Clarkson A.P. (ed.) *Environmental research advances*, Ed. Nova Publishers, 185-196
- Vrânceanu N.-O., Motelică D.-M., Dumitru M., Gamenț E., 2010, *Comportarea unor metale în sistemul sol-plantă*, Ed. Solness, Timișoara
- Zăvoianu, Fl., 1999, *Fotogrammetria*, Editura Tehnică, ISBN 973-31-1414-6, București, România