

Figura 3.39. Eroziunea solului calculată cu modulul RUSLE din programul IDRISI Andes .

## Capitolul 4

### ESTIMAREA PIEDERILOR DE SOL PRIN EROZIUNE CU AJUTORUL RADIONUCLIZILOR

---

#### 4.1. Generalități

În ultimele 5-6 decenii se remarcă o evoluție continuă a creșterii potențialului de utilizare unor izotopi naturali cât și artificiali în studiile de eroziune și sedimentare. Izotopul artificial de Cesium-137, cel natural de Plumb-210 cât și cel cosmogenic de Beriliu-7 sunt radionucleeele care au început să fie utilizate la măsurători independente privind dinamica eroziunii solului precum și a depunerii de sedimente (*Ritchie and McHenry, 1990, Walling and He 1997, Zapata and Garcia-Agudo, 2000*).

Cesium-137 are un timp de înjumătățire de 30,2 ani și provine din testele nucleare în atmosferă care s-au efectuat în perioada anilor '50 și '60, s-a răspândit global purtat de curenții de aer din stratosferă și s-a depus pe sol odată cu precipitațiile. De asemenea, accidentul nuclear de la Cernobîl a constituit un nou vârf de emisii radioactive care s-au împrăștiat pe toată suprafața globului pământesc. Aceste emisii au fost folosite la dezvoltarea unei cronologii a depunerilor în stratele sedimentelor ce conțin Cesium radioactiv în lacurile de acumulare și luncile râurilor.

Beriliu-7 are un timp de înjumătățire de 53,3 zile și este un radioizotop de proveniență cosmică, produs prin interacțiunea atmosferei cu razele cosmice. Formarea acestuia în troposferă și stratosferă este un proces constant însă depunerea lui pe sol se face, în cea mai mare parte, discontinuu, odată cu apa din precipitații. Datorită timpului de înjumătățire foarte scurt, izotopul de Beriliu-7 este utilizat mai mult pentru estimarea proceselor de eroziune și sedimentare provocate de evenimente pluviale singulare, precizia estimării depinzând semnificativ de rapiditatea cu care se execută analizele pe probe de sol.

Redistribuția radioizotopilor din sol odată cu manifestarea proceselor de eroziune poate fi pusă în evidență prin compararea inventarelor radioactivității, raportate la unitatea de suprafață, din punctele de prelevare a probelor de sol, cu radioactivitatea în unele puncte de referință (locații unde nu s-au observat în ultimele decenii nici procese de eroziune, nici procese de sedimentare). Mărimea și direcția deviației măsurate a radioactivității față de locațiile de referință furnizează o estimare cantitativă a redistribuției solului

prin eroziune și sedimentare. Această tehnică prezintă câteva avantaje certe dar are și o serie de limitări.

Avantaje:

- Estimările se bazează pe recoltarea și analizarea curentă a probelor de sol și calculul retrospectiv pe termen mediu (40-50 ani) a ratei de redistribuție a solului prin eroziune și sedimentare.

- Estimările se pot realiza chiar și pe baza unei singure vizite în teren.

- Rezultatele estimărilor pentru rata de redistribuție a solului sunt cumulative, pe un termen mediu de 30-40 ani, însemnând efectele integrate ale tuturor proceselor de a particulelor de sol din arealul respectiv.

- Estimările se realizează punctual în teren iar informațiile pot fi asamblate pentru a defini o anumită arie.

- Prelevările probelor de sol nu produc modificări semnificative asupra condițiilor naturale ale solului.

- Tehnica furnizează informații atât pentru procesul de eroziune cât și pentru cel de sedimentare.

Limitări:

- Tehnica reclamă existența unei echipe multi disciplinare pentru finalizarea cu succes a analizei.

- Este nevoie de laboratoare suficient de bine echipate pentru prepararea probelor de sol și efectuarea analizelor privind radioactivitatea acestora.

- Estimarea ratei de eroziune și sedimentare este efectuată indirect, depinzând de legătura dintre procesele respective și Redistribuția radioizotopilor.

- Rezultatele analizei depind de alegerea diferitelor modele de conversie a valorii inventarului radioactiv în valori ale eroziunii și sedimentării.

- Tehnica mai necesită încă perfecționarea protocoalelor de standarde aplicabile pentru diverse regiuni ale globului.

## **4.2. Metode de cercetare cu ajutorul tehnicii radioizotopilor**

În România, primele studii folosind tehnica Cs-137 au demarat în anul 1996, în cadrul unui proiect de cercetare finanțat de FAO (Food and Agriculture Organization) și IAEA Viena (International Atomic Energy Agency). Măsurători de câmp privind distribuția spațială a izotopului de Cesium-137 au fost efectuate de către *I.Ioniță* și *R.Mărgineanu* (2001) în bazinele hidrografice superioare Găiceana din Podișul Moldovei.

Tehnica Cs-137 a fost utilizată cu succes pentru a estima înaintarea unor ravene discontinue situate în apropiere de CCDCES Perieni și pentru

evaluarea ratei de sedimentare a unor lacuri de acumulare din Podișul Moldovei.

Cercetările au fost continuate de *N.Popa* și *R.Mărgineanu* (2006, 2007, 2011, 2012) în câteva bazine hidrografice mici din Colinele Tutovei.

Obiectivele specifice de cercetare ale proiectului au fost:

- utilizarea izotopilor de Cesium-137 și Beriliu-7 pentru estimarea proceselor de eroziune a solului și de sedimentare, la diferite scări spațiale și temporale;

- utilizarea acestei tehnici pentru estimarea impactului pe termen mediu și scurt a practicilor agricole actuale asupra calității solurilor din zona colinară de est a României.

Utilizând tehnica trasorilor radioactivi, cercetările au pus în evidență importanță și rolul unor factori principali în declanșarea proceselor erozionale precum: caracteristicile de relief, de sol, de climă, modul de folosință a terenurilor agricole precum și măsurile specifice de conservarea a solului și a apei pe terenurile cu potențial de eroziune.

Proiectul a fost realizat în colaborare cu Institutul Național de Cercetare Dezvoltare pentru Fizică și Inginerie Nucleară „Horia Hulubei” București și s-a desfășurat în patru bazine hidrografice mici ( $46^{\circ} 15' - 46^{\circ} 16' N$ ,  $27^{\circ} 35' - 27^{\circ} 39' E$ ), reprezentative pentru Colinele Tutovei, Podișul Moldovei: bazinul superior Valea Țărnii (300 ha), bazinul Crâng I (30 ha), bazinul Ghelțag (100 ha) cu pante de 5-25% și un site în Valea Seacă având panta de 8-9%. Acesta din urmă, a fost ales pentru a pune în evidență eficacitatea măsurilor și lucrărilor antierozionale comparativ cu sistemul tradițional de lucrare a solului extrem de răspândit în România după aplicarea Legii Fondului Funciar din anul 1991, conform căruia lucrările solului se execută pe parcele lungi și înguste, dispuse pe direcția deal-vale. Perimetrul de 20 de hectare este localizat pe versantul drept al Văii Seci (Figura 4.1.) și cuprinde două tipuri de management al lucrărilor solului:

- a) Teren care a fost amenajat antierozional în perioada anilor '60 – '70, prin sistemul de cultură în fâșii, dispuse paralele cu direcția generală a curbelor de nivel și exploatat până în prezent de către CCDCES Perieni cu aplicarea corespunzătoare a structurii de culturi, a rotației culturilor, fertilizarea solului și controlul buruienilor și a dăunătorilor.

- b) Teren care prezintă condiții de relief, sol, amenajare și exploatare antierozională similare cu cel anterior dar care a fost restituit foștilor proprietari conform Legii fondului funciar nr. 18 /1991. Astfel, începând cu anul 1992, terenul a fost împărțit în fâșii lungi și înguste dispuse pe direcția deal – vale pe care s-a aplicat un sistem de agricultură de subzistență (aratul și semănatul din deal în vale, rotație grâu-porumb-floarea soarelui, fertilizare aproape inexistentă).



Figura 4.1. Studiu comparativ privind estimarea eroziunii prin tehnica izotopilor de Cs-137 în cazul a două sisteme de agricultură în Valea Seacă, Colinele Tutovei, județul Vaslui

Metoda utilizată pentru estimarea ratei de eroziune și sedimentare se bazează studiul comparativ dintre inventarul izotopilor de Cesium-137 din perimetrul de interes, cu cel înregistrat într-un site de referință unde nu s-au observat pe o perioadă lungă de timp nici procese de eroziune, nici de sedimentare. Valoarea de referință furnizată de estimarea activității totale de Cesium-137 va fi corectată cu timpul de descompunere corespunzător momentului de prelevare a probelor față de momentul depunerii pe sol a radioizotopilor. Rata estimată a eroziunii și sedimentării, calculată în t/ha/an reprezintă, deci, o medie a ratei calculate pentru perioada dintre data analizei probelor de sol și data contaminării solului cu izotopi de Cesium-137.

Site-ul de referință selectat va trebui să fie un teren care a fost acoperit cu vegetație în ultimii 60 de ani și să fie relativ plan pentru a nu permite apei provenite din precipitațiile torențiale să se scurgă la suprafața solului pentru a declanșa fenomene de eroziune sau de sedimentare.

În cazul măsurătorilor de la CCDCES Perieni, au fost identificate două asemenea site-uri: primul este un cimitir rural iar al doilea este o zonă utilizată ca pășune comunală pe linia care desparte două microbazine hidrografice.

În vederea determinării activității izotopului de Cesium-137 din Valea Țărnii s-au executat 152 de foraje manuale, dispuse pe patru traverse ce întretaie ambii versanți. Pe fiecare traversă, forajele au fost amplasate astfel

încât sa evidențieze caracteristicile parcelelor agricole în partea de sus, la mijloc și în zona agroteraselor situată în zona din aval a parcelelor. Din fiecare punct de foraj s-au prelevat probe de sol cântărind 800-1000g, numărul lor variind între trei și șase, depinzând de grosimea stratului aluvial.

În zonele afectate de eroziune forajele au fost executate manual, cu sonde tip Edelman de 7 cm diametru, cu prelevare de probe la intervale de 10-20cm iar pentru zonele unde s-au observat fenomene de sedimentare sau în site-urile de referință s-a utilizat un dispozitiv special (screper) cu dimensiunile de 20x50cm, care permite recoltarea probelor de sol pe strate subțiri, la intervale de 1-2cm (foto).

În bazinul Crâng s-a executat o traversă de 10 foraje care traversează două agroterasse iar în bazinul Ghelțaș, s-au prelevat probe de sol din 7 foraje dispuse pe un aliniament ce pune în evidență procesele de eroziune și sedimentare de pe un teren cu pantă mai mari de 20%, amenajat prin terasare.

În Valea Seacă s-au efectuat două traverse a câte 5 foraje pentru cele două situații distincte de exploatare a terenurilor agricole în pantă, cu și fără amenajări antierozionale.

Pentru cazul parcelelor de scurgere, probele de sol au fost recoltate conform unei scheme care s-a aplicat fiecărei parcele și care a prevăzut amplasarea forajelor pe aliniamente aflate la intervale de 5m. Pe fiecare linie s-au forat câte trei găuri din care s-au obținut probe de sol compozite.

Toate probele au fost trimise ulterior spre analiză la Institutul Național de Fizică și Inginerie Nucleară București. În continuare, valorile inventarului de Cesium-137 pentru fiecare foraj au fost convertite în valori ale eroziunii sau sedimentării cu ajutorul unor modele conversionale (Mass Balance Models) elaborate de D.E. Walling -1978 și 2007.

Referitor la analiza activității izotopului de Beriliu-7, a fost necesară colectarea și analizarea apei provenite din precipitații în sezonul cald, cunoscând faptul că vârful activității maxime al acestui izotop este asociat cu precipitațiile. În vederea colectării unei cantități mai mari de apă de ploaie decât cea stocată de pluviometrele clasice, s-a utilizat un dispozitiv (foto) ce cuprinde mai multe pâlnii calibrate, în vederea calculului suprafeței de colectare. Cantitatea suplimentară de apă a permis creșterea acurateței de determinare a datelor de referință privind activitatea izotopului de Beriliu-7.

Pe lângă determinarea activității izotopilor radioactivi de Cs-137 și Be-7 prin analizarea probelor de sol și apă s-a mai utilizat metoda de măsurare "in situ" care a constat în utilizarea în teren pentru perioada 2003-2006 a unui detector portabil de tipul Cambera Ge HP, eficiență 18% iar începând cu anul 2007, a unui detector portabil Ortec Ge HP, voltaj 4500V, eficiență 33%.

### 4.3. Utilizarea tehnicii izotopilor radioactivi de Cesium-137 în domeniul eroziunii de suprafață

Rezultatele din site-urile de referință trebuie puse în evidență înainte de toate întrucât acestea stau la baza tuturor celorlalte măsurători privind activitatea radioizotopilor de Cesium-137 și Beriliu-7 din zonele de interes. Astfel, în site-ul de referință nr.1. inventarul activității de Cesium-137 a fost de  $6,90 \text{ KBq/m}^2$  (figura 4.2.) în timp ce în site-ul nr. 2 acesta a avut valoarea de  $4,98 \text{ KBq/m}^2$  (figura 4.3.). Valoarea mai mică din cel de-al doilea punct de referință față de primul se explică prin faptul că suprafața terenului în acest loc este puțin convexă. Deși nu s-au observat procese de eroziune sau sedimentare în această locație în ultimele decenii, convexitatea terenului a avut probabil influență la depunerea inițială a izotopilor radioactivi.

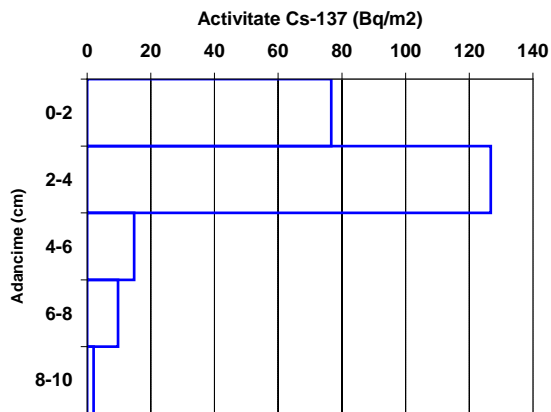


Figura 4.2. Activitatea izotopului de Cesium-137 în site-ul de referință nr.1

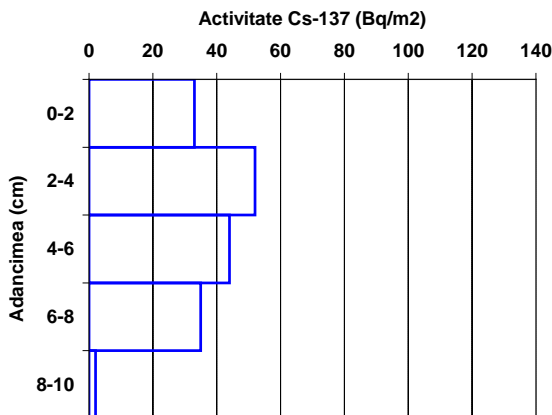


Figura 4.3. Activitatea izotopului de Cesium-137 în site-ul de referință nr.2

Graficul din figura 4.4. caracterizează foarte bine situația eroziunii solului și a depunerilor de sedimente din bazinul superior Valea Țărnii întrucât secțiunea cuprinde două perdele forestiere de protecție antierozională și trei agroterase.

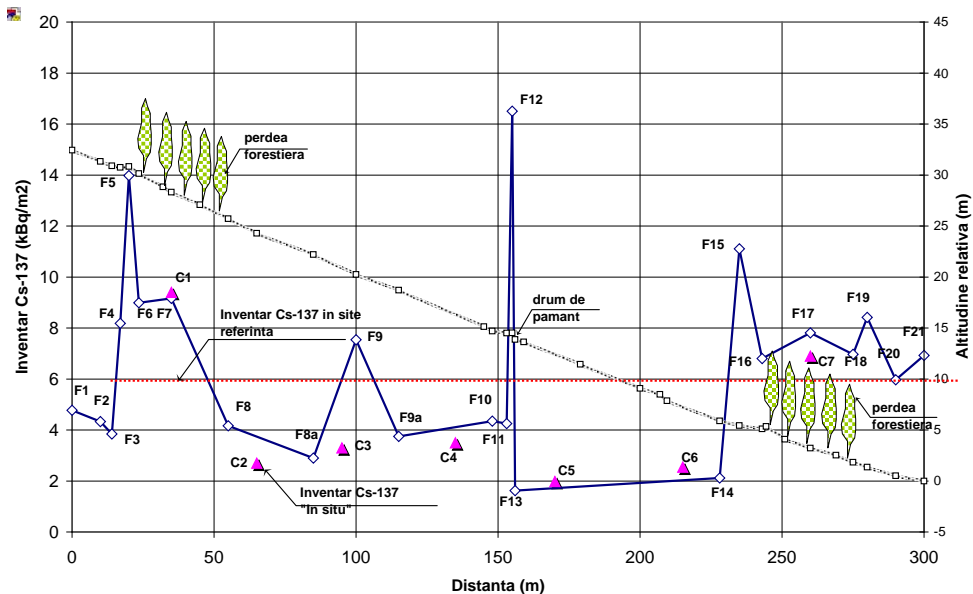


Figura 4.4. Inventarul de Cesium-137 în 21 profile de sol din Valea Țărnii

Secțiunea este situată aproximativ la mijlocul distanței dintre cele două site-uri de referință pentru care valorile calculate ale inventarului de Cesium-137 au fost de  $6,90 \text{ kBq/m}^2$ , respectiv de  $4,98 \text{ kBq/m}^2$ . În consecință, s-a luat în considerare valoarea medie de referință de  $5,94 \text{ kBq/m}^2$  pentru toată partea superioară a bazinului Valea Țărnii.

Activitatea de Cesium-137 din forajele F1, F2, F3, F8, F10, și F14 prezintă valori sub limita de referință, ceea ce indică faptul că ele caracterizează arii afectate de procese de eroziune.

Pentru punctul F9 s-a găsit o valoare mai mare decât cea de referință, fapt care semnalează existența unui proces de sedimentare. Se remarcă însă o contradicție, în sensul că observațiile din teren arată că în acel loc predomină procesele de eroziune, motiv pentru care s-au executat suplimentar alte câteva foraje pentru a elucida această neconcordanță. Astfel, analiza probeilor de sol din punctele F8a și F9a au evidențiat fenomenul de eroziune iar investigațiile suplimentare în punctul F9 au arătat că în acel loc, terenul a fost excavat în urmă cu mulți ani, fapt care a perturbat analizele inițiale. De

asemenea, în punctul F8, pierderile de sol se explică prin translocarea anuală spre aval a stratului superficial de sol prin lucrări mecanice de arat.

Valoarea cea mai mică a activității de Cesium-137 a putut fi observată în forajul F13 ( $1.95 \text{ KBq/m}^2$ ) unde o porțiune importantă din stratul de sol a fost îndepărtată în anul 1993 pentru executarea unui drum de exploatare agricolă.

Forajele F4, F5, F12, F15 și F16 sunt situate pe platforme de agroterase unde panta terenului este mai mică de 5% iar procesul de sedimentare care este predominant în acele locuri este reflectat prin valorile inventarului de Cesium-137 situează peste pragul de referință.

În punctele F6, F7, F17 și F18 care se situează în interiorul perdelelor forestiere de protecție, se constată o mare variabilitate a valorilor inventarului de Cesium-137 ( $7.98 - 11.22 \text{ KBq/m}^2$ ) aceasta datorându-se faptului că frunzișul arborilor reține o parte din precipitații diminuând în mare măsură depunerea inițială pe sol a izotopilor de Cesium-137. Analiza rezultatelor în aceste locații trebuie făcută cu mare atenție pentru a nu introduce erori de calcul. Astfel, deși în punctele situate în cele două perdele forestiere s-au înregistrat valori peste cea de referință ( $11.04 \text{ KBq/m}^2$ , respectiv  $8.66 \text{ KBq/m}^2$ ) cea ce marchează desfășurarea unor procese substanțiale de sedimentare, observațiile din teren au arătat că acest proces este foarte redus.

Măsurătorile "in situ" din punctele C1 și C7 au indicat valori apropiate de cele obținute prin măsurători pe probe de sol. În figura 4.5. se poate observa că valoarea activității de Cesium-137 din profilul F5, situat pe o agroterasă, se menține constantă pe primele patru intervale de 20 de cm ceea ce indică o depunere constantă de sedimente de-a lungul timpului. Luând în considerare faptul că nivelul maxim al activității de Cesium-137 corespunde pe scara timpului cu anul 1986 (anul catastrofei nucleare de la Cernobîl) se poate calcula o rata anuală a depunerii de sedimente pe platforma agroterasei de  $4,2 \text{ cm/an}$ . Această valoare este foarte apropiată de cea determinată prin măsurători topografice clasice, de  $4,5 \text{ cm/an}$ .

În figura 4.6. se prezintă cazul în care cea mai intensă activitate a izotopului de Cesium-137 se întâlnește doar în primii centimetri de sol. Aceasta confirmă ideea că perdelele forestiere rețin în interiorul lor o mică parte de sedimente, comparativ cu agroterasele.

Eroziunea netă calculată cu ajutorul modelului Mass Balance 3 pentru secțiunea din figura 4.4. a fost de  $8,5 \text{ t/ha/an}$ .

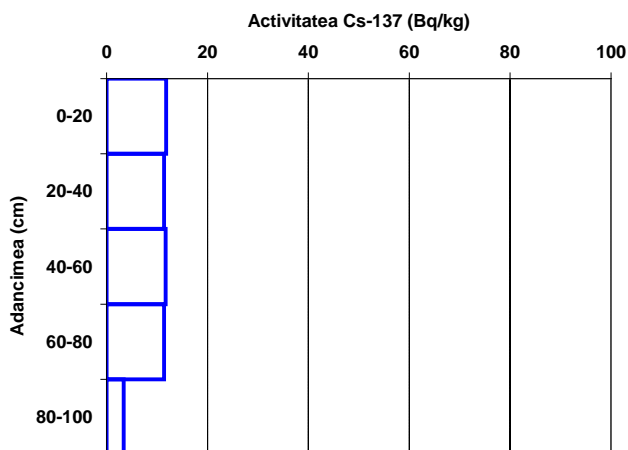


Figura 4.5. Activitatea de Cesium-137 în profilul de sol F5, Valea Țării

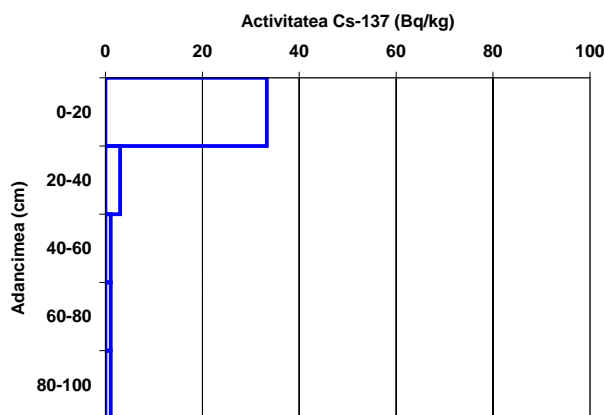


Figura 4.6. Activitatea de Cesium-137 în profilul de sol F7, Valea Țării

În tabelul 4.1. se prezintă datele obținute pentru o secțiune prin două agroterase din bazinul Crâng unde, pe lângă măsurători asupra inventarului de Cesium-137 au fost efectuate și măsurători topografice clasice, în perioada 1998-2003, privitoare la procesul de „Tillage erosion”, adică translocarea solului prin lucrări mecanice de afânare. Măsurătorile topografice s-au executat anual, după fiecare lucrare de arat și semănat și au arătat o rată de înălțare a taluzului de agroterasă cu 3,8 cm/an. Locul măsurătorii este situat în vecinătatea pădurii Sachelarie care acoperă partea de nord-vest a bazinului Crâng.

Tabelul 4.1. Inventarul de  $^{137}\text{Cs}$  în 10 profile de sol din bazinul Crâng

Foraj	Distanța (m)	Altitudinea relativă (m)			Panta (%)	Folosință teren	$^{137}\text{Cs}$ KBq/m <sup>2</sup>
		Anul 1998	Anul 2003	Diferența			
C-F1	1,5	0.556	0.760	0.204	93.8	C	44,40
C-F2	3	0.629	0.819	0.190	-4.6	C	8,31
C-F3	15	2.311	2.315	0.005	13.9	C	4,17
C-F4	34	4.827	4.804	-0.023	13.8	C	6,96
C-F5	36	5.182	5.142	-0.040	13.8	C	8,07
C-F6	40	6.125	6.399	0.274	-2.5	C	12,45
C-F7	41,5	6.182	6.395	0.213	-0.4	C	10,74
C-F8	60	8.521	8.510	-0.011	12.9	C	9,93
C-F9	74	10.642	10.604	-0.038	13.0	C	5,28
C-F10	76	11.158	11.113	-0.045	15.2	C	6,84

C– teren cultivat

Valorile cele mai mari ale inventarului activității de Cesium-137 au fost înregistrate în punctele C-F1 și C-F6, situate pe platforma agrotterasei unde procesele de sedimentare sunt preponderente în timp ce valorile cele mai mici s-au consemnat în punctele C-F4, C-F5, C-F9 și C-F10, fapt care confirmă că procesul de translocare a solului prin lucrări mecanice este mai evident în partea superioară a fâșiilor cultivate. Doar în punctul C-F3 situat în partea din aval a fâșiei cultivate s-a determinat o valoare a activității radioactive sub plafonul de referință, ceea ce indică existența unui proces de eroziune prin apă.

Aplicare modelului Mass Balance 3 pentru această secțiune a evidențiat o eroziune netă de 2,5 t/ha/an.

A treia secțiune investigată prin metoda trasorilor radioactivi este prezentată în tabelul 4.2. și se referă la bazinul Ghelțaș. Aceasta traversează două agrotterase situate în zona aval a bazinului. La fel ca și în celelalte cazuri, valoarea de referință a inventarului de Cesium-137 a fost media aritmetică dintre valorile determinate pentru site-rile de referință 1 și 2.

Pe terasele înguste, cum este acest caz, pierderile de sol sunt atribuite în principal translocărilor datorate lucrărilor mecanice executate an de an pe contur, cu răsturnarea brazdelor spre aval. Măsurătorile în punctele G-F1, G-F3 și G-F4 asupra inventarului de Cesium-137 au indicat o rată înaltă a eroziunii. Anual, solul a fost deplasat spre marginea din aval a terasei, proces reflectat de valorile ridicate ale activității de Cesium-137 din punctele G-F2 și G-F5.

Pierderile de sol calculate cu modelul Mass Balance 3 variază între 8,6 și 18,6 t/ha/an în timp ce valorile procesului depunere a sedimentelor se situează între 22,1 și 57,8 t/ha/an iar eroziunea netă pentru întreaga secțiune a fost de 1,8 t/ha/an.

Tabelul 4.2. Inventarul de  $^{137}\text{Cs}$  în 7 profile de sol din bazinul Ghelțag

Foraj	Distanța (m)	Altitudinea relativă (m)			Panta (%)	Folosință teren	$^{137}\text{Cs}$ KBq/m <sup>2</sup>
		Anul 2003	Anul 2005	Diferența			
G-F1	12,0	1,656	1,626	-0,03	10,5	C	1.6
G-F2	15,6	3,229	3,429	0,20	43,7	C	9.2
G-F3	23,0	3,459	3,559	0,10	6,9	C	4.5
G-F4	28,0	4,143	4,143	0	15,2	C	4.8
G-F5	31,0	6,091	6,241	0,15	64,9	C	15.5
G-F6	35,7	6,384	6,384	0	9,7	C	6.2
G-F7	40,5	6,769	6,569	-0,20	8,5	C	4.8

C – Teren cultivat

În tabelul 4.3. sunt redate rezultatele referitoare la măsurătorile „in situ” efectuate cu detectorul portabil, comparativ cu cele efectuate pe probe de sol.

Se poate nota că cele trei măsurători succesive în punctul de referință nr.1 au condus la obținerea unor valori apropiate, variind între 7,02 și 7,56 KBq/m<sup>2</sup>, în vreme ce pentru punctul de referință nr.2 valorile inventarului de Cesium-137 s-au situat între 4,18 și 5,23 KBq/m<sup>2</sup>. Privind comparativ aceste valori cu cele obținute prin analiza probelor de sol, se constată că diferențele sunt relativ mici. Totuși, câteva abateri s-au consemnat în două puncte, explicația rezultând din faptul că unghiului unui detector montat pe trepid la înălțimea de un metru sub care se detectează activitatea radioactivă, îi corespunde o suprafață circulară de cca. 20 m<sup>2</sup>.

Tabelul 4.3. Rezultatele măsurătorilor “in situ” comparativ cu cele din laborator privind activitatea izotopilor de  $^{137}\text{Cs}$

Locul determinării	Data	Inventarul de $^{137}\text{Cs}$ (KBq/m <sup>2</sup> )	
		Măsurăt. in-situ	Măsurăt. în laborator.
Site referință No.1	31 Mar. 2005	7.07	6.90
Site referință No.1	26 Iul. 2005	7.56	
Site referință No.1	14 Aug. 2006	7.02	
Site referință No.2	31 Mar. 2005	4.29	4.98

Site referință No.2	26 Iul. 2005	4.18	
Site referință No.2	14 Aug. 2006	5.23	
Pășune în vecinătatea parcelelor de scurgere	31 Mar. 2005	7.09	4.36
Pășune în vecinătatea parcelelor de scurgere	26 Iul. 2005	6.28	
Pășune în vecinătatea parcelelor de scurgere	14 Aug. 2006	7.06	
V.Țărnii, Între perdelele forestiere, Lângă drumul de pământ, teren cultivat.	29 Iul. 2005	1.56	1.62
V.Țărnii, Între perdelele forestiere, Lângă drumul de pământ, teren cultivat.	14 Aug. 2006	1.78	
V.Țărnii, Lângă prima perdea forestieră, teren cultivat.	29 Iul. 2005	1.98	4.17
V.Țărnii, Lângă prima perdea forestieră, teren cultivat.	14 Aug. 2006	2.01	
V.Țărnii, Lângă prima perdea forestieră, teren cultivat,10 m aval de F8	07 Aug. 2007	2.70	
V.Țărnii, Lângă prima perdea forestieră, teren cultivat,10 m aval de F8a	07 Aug. 2007	3.30	2.90
V.Țărnii, Între perdelele forestiere, teren cultivat, 10m aval de F10	07 Aug. 2007	3.50	4.34
V.Țărnii, Lângă a doua perdea forestieră, teren cultivat.	29 Iul. 2005	2.55	2.12
V.Țărnii, Lângă a doua perdea forestieră, teren cultivat.	14 Aug. 2006	2.14	
V.Țărnii, la mijlocul primei perdele forestiere, lângă F7	10 Aug. 2007	9.40	9.16
V.Țărnii, la mijlocul celei de a doua perdea forestieră, lângă F17	10 Aug. 2007	6.90	7.81

În cazul în care această suprafață include atât zone cu eroziune cât și zone cu depuneri, valoarea medie calculată a radioactivității poate diferi de valoarea punctuală calculată pentru un singur foraj. De asemenea, dispunerea detectorului în poziție perpendiculară pe suprafața terenului asigură o colectare simetrică a radiațiilor de pe întreaga suprafață. În situația în care terenul prezintă o anumită pantă, suprafața de pe care detectorul culege informația va fi asimetrică în sensul că zona din amonte de axului aparatului va mai mică decât cea din aval.

Primul punct unde apar diferențe între cele două categorii de măsurători este situat pe o parcela experimentală de scurgere care are suprafața de 100 m<sup>2</sup> (4×25m). Abaterea se datorează faptului că măsurătoarea “in situ” este parțial influențată de faptul că în raza de acțiune a detectorului intră și porțiuni de teren acoperite în permanență cu ierburi perene, aflate în vecinătate.

Al doilea caz se referă la punctul plasat în apropiere de forajul F8 din Valea Țărnii unde valoarea măsurată în câmp a inventarului de Cesium

137 s-a situat sub cea de referință. S-a mers pe ideea că în aval de punctul F8 procesele de eroziune sunt în creștere și deci și inventarul de Cs-137 are tendința de scădere. Din acest motiv, a fost nevoie de două foraje suplimentare (F8a și F9a – Figura 4.4.) care au confirmat acest lucru prin valorile mici ale inventarului radioactiv.

În figura 4.7. se poate observa o corelație relativ bună între măsurătorile ”in situ” și cele efectuate în laborator, pe probe de sol.

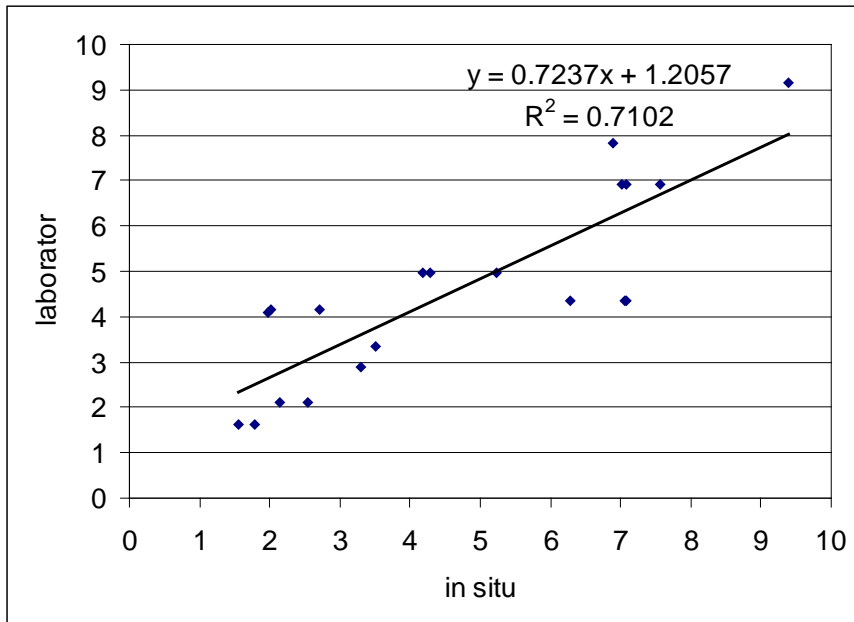


Figura 4.7. Corelația dintre măsurătorile „in situ” și cele de laborator ale activității de Cesium-137

De-a lungul timpului, s-a constatat o diferențiere vizibilă între parcelele pentru controlul scurgerilor privitor la starea de erodare a terenului, în funcție de structura și rotația culturilor. Astfel, cele mai afectate de eroziune, cum era și firesc, au fost parcelele martor care tot timpul anului au fost menținute ca ogor negru permanent.

În ceea ce privește parcelele cultivate, în figura 4.8. este redată structura culturilor iar în tabelul 4.4. este prezentată situația anuală a eroziunii pentru fiecare cultură agricolă din perioada 1985-2006.

Tabelul 4.4.. Eroziunea la parcelele pentru controlul scurgerilor de la CCDCES  
Perieni în perioada 1985-2006 (t/ha)

Anul	Plot 1		Plot 2		Plot 3		Plot 4		Plot 5	
	cultura	eroziu- nea	cultura	eroziu- nea	cultura	eroziu- nea	cultura	eroziu- nea	cultura	eroziu- nea
1985	în	1.000	fasole	2.000	porumb	6.565	bromus	0.000	grâu	0.163
1986	fasole	0.865	grâu	0.105	bromus 1	3.381	în	0.447	porumb	1.153
1987	grâu	3.447	porumb	48.105	în	24.879	fasole	12.810	bromus 1	2.259
1988	porumb	14.902	bromus 1	2.897	fasole	17.436	grâu	0.014	în	0.043
1989	porumb	7.252	în	3.614	grâu	1.524	bromus	0.463	fasole	0.193
1990	în	0.452	fasole	0.164	porumb	0.662	bromus	0.000	grâu	0.000
1991	Fasole	2.908	grâu	8.893	bromus 1	2.661	în	0.000	porumb	2.858
1992	grâu	0.000	porumb	2.778	bromus 2	0.000	fasole	1.606	în	0.000
1993	porumb	27.691	fasole	31.580	bromus 3	0.289	fasole	31.580	bromus 1	0.289
1994	fasole	0.000	grâu	0.000	bromus 4	0.000	porumb	1.026	în	0.000
1995	grâu	0.209	porumb	2.962	în	6.697	bromus 1	0.000	fasole	3.497
1996	porumb	2.426	fasole	8.305	soia	7.083	bromus 2	0.011	grâu	0.000
1997	soia	19.846	grâu	0.449	porumb	9.494	bromus 3	0.000	fasole	7.631
1998	porumb	0.000	Soia	0.000	fasole	0.000	bromus 4	0.000	grâu	0.000
1999	fasole	23.686	porumb	39.887	grâu	0.153	soia	18.120	bromus 1	0.230
2000	grâu	0.000	soia	0.739	fasole	0.737	porumb	0.000	bromus 2	0.000
2001	soia	0.163	porumb	2.990	grâu	0.000	fasole	0.000	bromus 3	0.000
2002	porumb	10.512	fasole	2.573	soia	4.059	grâu	2.506	bromus 4	0.000
2003	fasole	0.000	grâu	0.000	porumb	0.000	bromus 1	0.000	soia	0.000
2004	grâu	0.033	soia	0.037	fasole	0.720	bromus 2	0.090	porumb	1.275
2005	soia	30.170	porumb	30.486	grâu	0.010	bromus 3	0.000	fasole	25.000
2006	porumb	0.052	fasole	0.340	soia	0.040	bromus 4	0.000	grâu	0.000
<b>TOTAL (t·ha<sup>-1</sup>)</b>		<b>145.614</b>		<b>188.904</b>		<b>86.390</b>		<b>68.673</b>		<b>44.591</b>
<b>Rata eroziunii anuale (t ha<sup>-1</sup>·an<sup>-1</sup>)</b>		<b>6.619</b>		<b>8.587</b>		<b>3.927</b>		<b>3.122</b>		<b>2.027</b>

Tabelul 4.4. - Continuare

Anul	Plot 6		Plot 7		Plot 8	
	cultura	eroziunea	cultura	eroziunea	cultura	eroziunea
1985	Ogor	12.502	Ogor	14.404	în	2.001
1986	Ogor	6.925	Ogor	8.781	fasole	1.425
1987	Ogor	71.647	Ogor	84.793	grâu	3.422
1988	Ogor	18.917	Ogor	24.263	porumb	8.042
1989	Ogor	58.016	Ogor	78.343	porumb	15.834
1990	Ogor	1.193	Ogor	1.216	în	0.000
1991	Ogor	70.174	Ogor	84.028	fasole	11.590
1992	Ogor	4.477	Ogor	5.113	grâu	0.000
1993	Ogor	48.890	Ogor	78.332	porumb	31.456
1994	Ogor	8.249	Ogor	15.707	fasole	0.000
1995	Ogor	21.939	Ogor	31.719	grâu	2.763

Anul	Plot 6		Plot 7		Plot 8	
	cultura	eroziunea	cultura	eroziunea	cultura	eroziunea
1996	Ogor	29.684	Ogor	56.391	porumb	3.125
1997	Ogor	123.450	Ogor	145.388	soia	97.082
1998	Ogor	7.149	Ogor	7.960	porumb	0.000
1999	Ogor	219.018	Ogor	239.682	fasole	12.393
2000	Ogor	7.316	Ogor	10.244	grâu	0.000
2001	Ogor	18.230	Ogor	24.200	soia	1.474
2002	Ogor	59.345	Ogor	89.444	porumb	18.128
2003	Ogor	6.886	Ogor	8.529	fasole	0.000
2004	Ogor	53.833	Ogor	63.689	grâu	0.026
2005	Ogor	39.003	Ogor	42.460	soia	32.303
2006	Ogor	31.691	Ogor	36.951	porumb	0.528
TOTAL (t ha <sup>-1</sup> )		<b>918.534</b>		<b>1151.637</b>		<b>241.592</b>
Rata eroziunii anuale (t ha <sup>-1</sup> ·an <sup>-1</sup> )		<b>41.752</b>		<b>52.347</b>		<b>10.981</b>

Dintre parcelele cultivate, cu suprafața de 100 m<sup>2</sup>, cea mai erodată este parcela 2 cu o pierdere anuală de sol de 8,587 t/ha/an. Pe această parcelă, prășitoarele (porumb, fasole, soia), considerate culturi slab protectoare pentru sol împotriva eroziunii, au ocupat 67% din numărul total de 22 de ani luați în considerare.

Teoretic, parcela cu cea mai favorabilă structură de culturi pentru protecția solului împotriva eroziunii ar fi cea cu numărul 4 unde culturile bune protectoare (bromus, grâu, in) au fost cultivate în 15 ani din 22 adică 68% din perioada analizată (1985-2006).

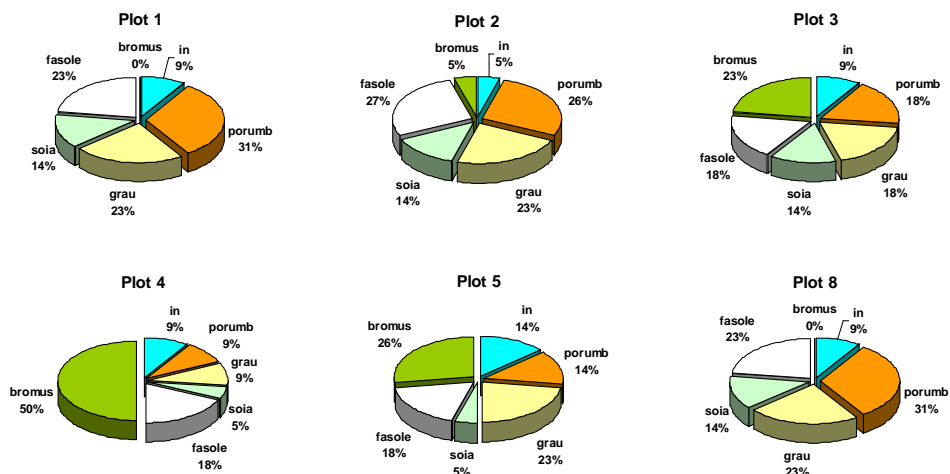


Figura 4.8. Structura culturilor la parcelele pentru controlul scurgerilor de la CCDCEs Perieni în perioada 1985 and 2006

Totuși, măsurătorile au scos în evidență faptul că pierderile de sol cele mai mici, de 2,027 t/ha/an, s-au înregistrat pe parcela 5 unde culturile bune protectoare pentru sol au ocupat 62% din întreaga perioadă analizată (bromus 29%, in 14% și grâu 19%) în timp ce culturile vulnerabile la eroziune au ocupat restul de 38% (porumb 14%, fasole 19%, soia 5%). Diferența dintre valorile eroziunii pe parcelele 4 și 5 a fost este cauzată de două evenimente pluviale importante din 1993 când parcela 4 a fost ocupată de fasole iar valoarea pierderilor de sol a fost de 31,58 t/ha, în timp ce de pe parcela 5, ocupată cu bromus, pierderile de sol prin eroziune au fost de doar 0,289 t/ha.

Au mai fost monitorizate cantitățile de apă scursă la suprafața terenului precum și pierderile de elemente fertilizante (tabelul 4.5.). În general, valorile cantitative ale nutrienților deplasați de ploile torențiale de pe fiecare parcelă s-au corelat foarte bine cu valorile scurgerii de suprafață și ale eroziunii.

Tabelul 4.5.. Scurgerea anuală, pierderile de sol și elemente nutritive la parcelele pentru controlul scurgerilor, calculate pentru perioada 1985-2006

Nr. Plot.	Nutrienți pierduți prin apa scursă					
	Scurgerea	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	m <sup>3</sup> /ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha
Plot 1	136.228	0.202	0.137	0.339	0.086	0.556
Plot 2	149.851	0.222	0.151	0.373	0.095	0.612
Plot 3	131.847	0.205	0.134	0.338	0.083	0.551
Plot 4	117.287	0.195	0.119	0.315	0.072	0.508
Plot 5	73.720	0.116	0.076	0.191	0.046	0.313
Plot 8	163.833	0.239	0.162	0.410	0.102	0.675
	Pierderi de sol și nutrienți					
	Eroziunea	M.Org.	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
	t/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	
Plot 1	6.925	149.193	7.587	0.456	1.069	
Plot 2	8.955	164.113	8.346	0.502	1.176	
Plot 3	4.112	134.657	6.855	0.410	0.963	
Plot 4	3.270	107.783	5.510	0.323	0.764	
Plot 5	2.153	70.601	3.600	0.214	0.504	
Plot 8	11.479	240.314	12.570	0.716	1.289	

În tabelul 4.6. se prezintă datele referitoare la activitate ionilor de Cesium-137 corespunzătoare pentru opt secțiuni efectuate prin parcelele de scurgere de la CCDCEȘ Perieni.

Știind că plasamentul parcelelor pentru controlul scurgerii se află la distanță egală față de cele două site-uri de referință ar părea firesc să fie luată în considerare valoarea medie a activității radioactive de 5,94 KBq/m<sup>2</sup>. Totuși, având în vedere că versantul respectiv este orientat spre vest (direcția vântului predominant) s-a considerat mai realistă alegerea valorii de 6.9 KBq/m<sup>2</sup>, cea măsurată în site-ul de referință nr.1.

Tabelul 4.6. Inventarul de <sup>137</sup>CS la parcelele pentru controlul scurgerilor de la CCDCES Perieni (KBq/m)

Foraj	Plot 1	Plot 2	Plot 3	Plot 4	Plot 5	Plot 6	Plot 7	Plot 8
	Suprafața plotului (m <sup>2</sup> )							
	100	100	100	100	100	100	150	150
F2	6.518	6.693	6.652	6.789	6.697	6018	6138	6644
F3	6.305	5.922	6.360	5.745	6.079	3805	5086	6471
F4	5.251	4.697	5.922	5.554	6.393	2751	3150	6111
F5	5.066	5.075	5.322	6.412	6.455	1856	2255	5514
F6	5.446	5.975	6.795	6.211	6.417	2460	1710	5623
F7	6.872	6.678	6.852	6.884	7.147	6772	2172	5388
F8							1983	5590
F9							5569	5456
F10							6813	6883

Din datele de mai sus se poate observa că valoarea minimă a inventarului de Cesium-137 se găsește, aproape ca o regulă, în zona de mijloc a parcelelor (în F3 pe parcela 5, în F4 pe parcelele 2 și 4, în F5 pe parcelele 1 și 3). Ele au variat între 4,697 și 6,079 KBq/m<sup>2</sup> iar valorile cele mai scăzute au fost măsurate pe parcelele martor 7 și 8.

Analiza a continuat cu utilizarea unor modele matematice (despre care s-a vorbit anterior, modele cu ajutorul cărora s-au convertit valorile inventarului radioactiv în valori ale eroziunii și sedimentării. În tabelul 4.7. sunt prezentate rezultatele obținute cu Modelul Proporțional și modelele Mass Balance 1, 2 și 3.

Tabelul 4.7. Eroziunea la parcelele de scurgere de la CCDCES Perieni aflate sub diferite culturi, calculate cu Modelul Proporțional, Modelul Bilanțului Masei (Mass Balance Model ) nr. 1, 2, și 3 (t·ha<sup>-1</sup>·an<sup>-1</sup>)

Forajul	Modelul Proporțional							
	Plot 1	Plot 2	Plot 3	Plot 4	Plot 5	Plot 6	Plot 7	Plot 8
F2	1.954	1.570	1.269	0.568	1.038	6.015	5.197	1.746
F3	3.044	5.003	2.762	5.908	4.200	21.108	12.372	2.926

F4	8.435	11.269	5.003	6.885	2.593	28.300	25.575	5.381
F5	9.432	9.335	8.072	2.496	2.276	34.401	31.679	9.453
F6	7.437	4.732	0.637	3.524	2.471	30.281	35.396	8.709
F7	0.143	0.675	0.246	0.082	-1.402	0.873	32.245	10.312
F8							33.535	8.934
F9							9.078	9.848
F10							0.593	0.116
Eroziunea netă	4.924	5.567	3.246	3.349	2.061	19.542	23.363	6.724
Forajul	Mass Balance Model 1							
	Plot 1	Plot 2	Plot 3	Plot 4	Plot 5	Plot 6	Plot 7	Plot 8
F2	2.439	1.950	1.568	0.695	1.279	7.802	6.678	2.159
F3	3.860	6.539	3.489	7.834	5.421	33.772	17.367	3.665
F4	11.666	16.408	6.539	9.276	3.268	51.975	44.391	6.929
F5	13.277	13.118	11.095	3.141	2.855	73.873	63.064	12.779
F6	10.113	6.158	0.657	4.503	3.108	58.217	78.407	11.666
F7	0.174	0.828	0.299	0.100	-5.221	1.070	65.149	14.093
F8							70.205	12.001
F9							12.215	13.380
F10							0.725	0.141
Eroziunea netă	6.745	7.774	4.298	4.416	2.581	36.878	45.744	8.994
Forajul	Mass Balance Model 2							
	Plot 1	Plot 2	Plot 3	Plot 4	Plot 5	Plot 6	Plot 7	Plot 8
F2	2.290	1.830	1.470	0.650	1.200	5.550	4.740	1.520
F3	3.640	6.220	3.280	7.490	5.130	26.090	12.710	2.580
F4	11.320	16.240	6.220	8.920	3.070	42.950	35.640	4.920
F5	12.970	12.810	10.740	2.950	2.680	66.840	54.500	9.220
F6	9.750	5.850	7.120	4.250	2.920	49.320	72.350	8.390
F7	0.170	0.770	0.280	0.100	-9.500	0.750	56.800	10.210
F8							62.530	8.640
F9							8.800	9.680
F10							0.510	0.100
Eroziunea netă	6.528	7.581	4.698	4.216	2.386	31.248	39.616	6.469
Forajul	Mass Balance Model 3							
	Plot 1	Plot 2	Plot 3	Plot 4	Plot 5	Plot 6	Plot 7	Plot 8
F2	4.520	3.610	2.900	1.290	2.370	10.930	9.340	3.000
F3	3.860	6.620	3.520	8.030	5.500	27.780	13.400	2.770
F4	11.850	16.910	6.470	9.090	3.070	43.970	37.170	5.140
F5	13.160	12.740	11.080	2.770	2.760	68.210	55.600	9.550
F6	9.710	5.640	7.050	4.420	3.030	48.860	73.330	8.450
F7	0.660	0.620	0.380	0.440	-2.150	-1.800	56.410	10.410
F8							62.930	8.670
F9							7.510	9.830
F10							-0.320	0.720
Eroziunea netă	6.936	7.935	4.996	4.401	2.672	32.505	40.408	6.717

Comparând modelele utilizate, se observă în mod evident că cele mai scăzute valori ale conversiei s-au obținut cu ajutorul Modelului Proporțional, model care este și cel mai simplist. Valoarea maximă a eroziunii (73,35 t/ha) s-a înregistrat la mijlocul parcelei 7, cu aria de 150 m<sup>2</sup>, menținută tot timpul anului ca ogor negru. Pe parcela 6, care este considerată tot parcelă martor dar are suprafața de 100 m<sup>2</sup>, eroziunea a înregistrat o valoare maximă în forajul F5, situat la 15 m de marginea superioară a parcelei.

Pe parcelele cultivate valorile eroziunii s-au situat sub 14 t/ha.

Figura 4.9. ilustrează variația pierderilor de sol de-a lungul fiecărei parcele pentru controlul scurgerilor, utilizând datele calculate cu modelul MB3.

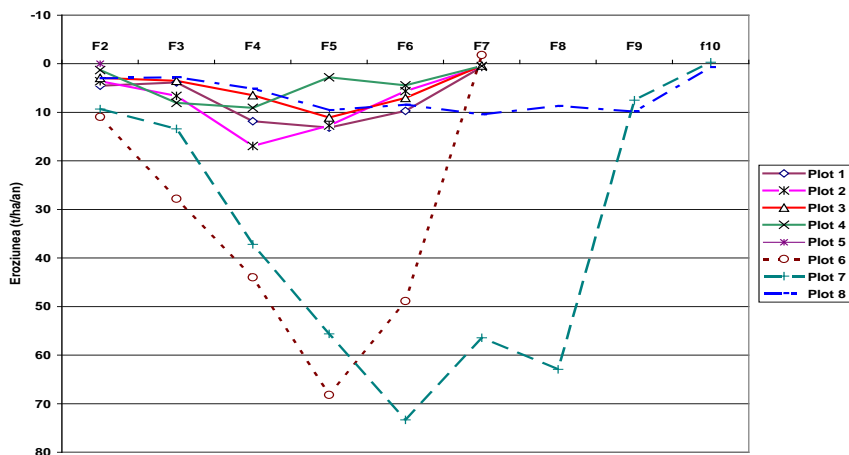


Figura 4.9. Rata eroziunii la parcelele pentru controlul scurgerilor de la CCDCES Perieni calculate cu modelul Mass Balance 3

În figura de mai sus se observă că valorile inventarului de Cesium-137 de la capetele amonte și aval ale parcelelor au fost apropiate de valoarea de referință, indicând arii neutre privind eroziunea și sedimentarea. Aceasta se explică prin aceea că la marginea amonte a parcelelor procesul de eroziune este în faza incipientă în vreme ce marginea aval a parcelelor joacă rolul de descărcător al scurgerilor și acționează ca un deversor. Prin urmare, cota acestuia fiind fixă, în amonte imediat al acestuia nu numai că bu pot avea loc procese de eroziune ci, dimpotrivă, pot fi constatate ușoare fenomene de sedimentare.

În figura 4.10. sunt prezentate comparativ graficele valorilor măsurate cu cele simulate cu ajutorul modelelor Proporțional, MB1, MB2, MB3, și ROMSEM.

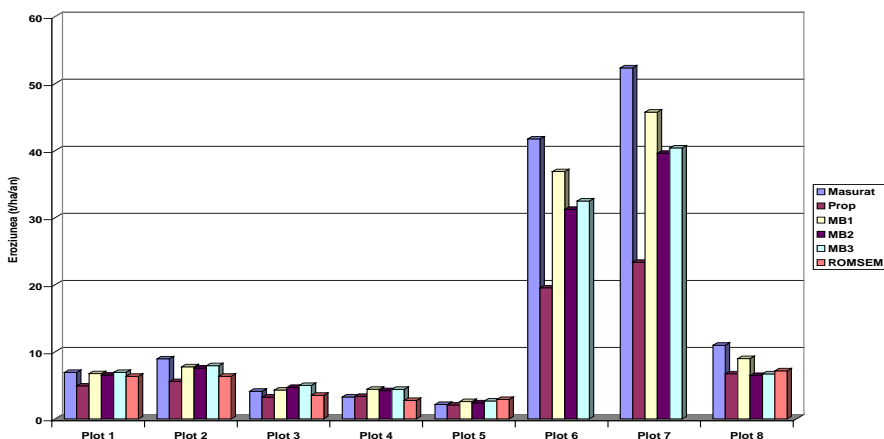


Figura 4.10. Ratele de eroziune măsurate și simulate la parcelele pentru controlul scurgerilor.

Analizând graficul, se constată că valorile pierderilor de sol calculate cu modelul Proporțional pentru parcelele 1, 2 și 3 sunt subestimate (comparativ cu valorile măsurate) în timp ce pentru parcelele 4 și 5 ele sunt apropiate.

Valorile eroziunii obținute cu modelele MB1, MB2 și MB3 sunt grupate și puțin subestimate pentru parcelele 2 și 8 (exceptând MB1) și supraestimate pentru parcelele 3, 4 și 5.

ROMSEM a dat rezultate bune pentru parcela 1 dar puțin subestimate pentru parcelele 2, 3 și 4 și supraestimate pentru parcela 5.

În cazul parcelelor martor, întreținute ca ogor negru permanent, valorile eroziunii calculate cu modelul Proporțional reprezintă 45-48% din valorile măsurate iar cele estimate cu modelele MB1, MB2 și MB3 variază între 75 și 88% din valorile măsurate.

În figurile 4.11. și 4.12. precum și în tabelul 4.8. sunt redate rezultatele pierderilor de sol prin eroziune din două parcele situate în Valea Seacă, Colinele Tutovei, privite comparativ.

În cazul primei secțiuni, executate pe un teren amenajat și exploatat antierozional vreme de mai bine de patru decenii, estimările cu PM și MB1 privind pierderile de sol prin eroziunea hidrică au indicat o creștere de la 1,13t/ha/an, respectiv 1,39t/ha/an (în punctul S<sub>1</sub>) la 4,53t/ha/an, respectiv 5,86t/ha/an (în punctul S<sub>9</sub>). Toate valorile se situează sub limitele admisibile de eroziune de 4-6 t/ha/an.

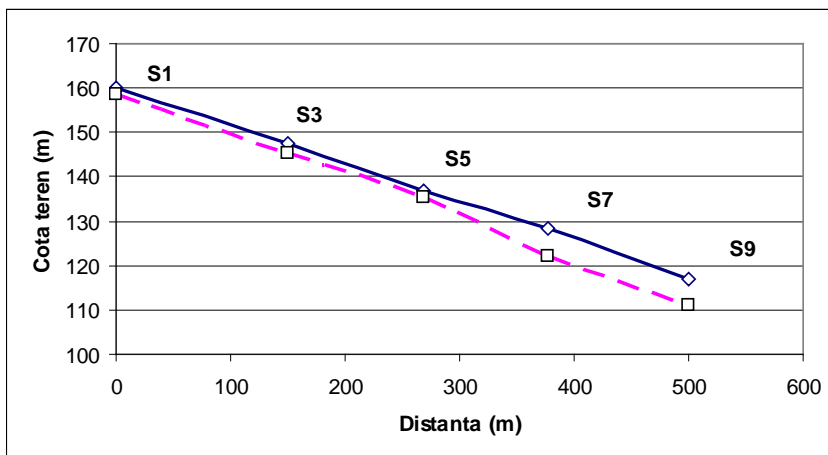


Figura 4.11 Rata anuală a eroziunii pe un teren amenajat antierozional

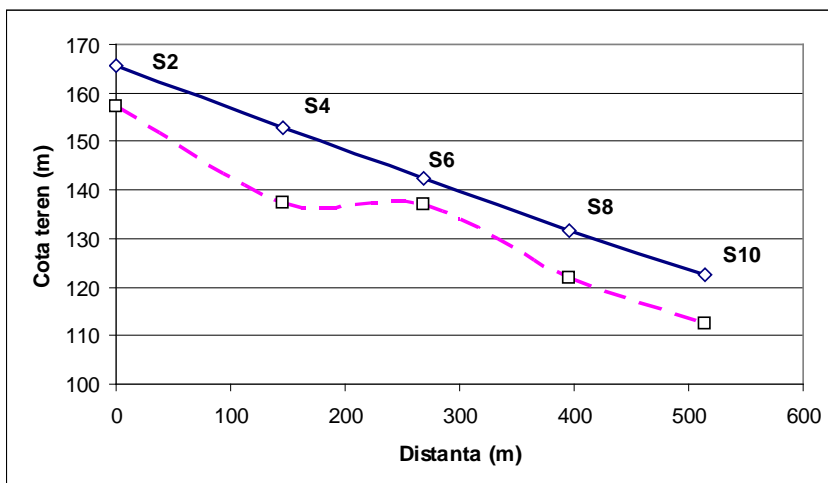


Figura 4.12 Rata anuală a eroziunii pe un teren proprietate privată, neamenajat antierozional

Secțiunea a doua corespunde situației de agricultură privată, de teren fără amenajări antierozionale, arat și semănat după direcția deal-vale. Ca imagine de ansamblu, se constată că pierderile anuale de sol sunt de aproximativ trei ori mai mari decât cele din prima secțiune.

Tabelul 4.8. Pierderile de sol ( $t \cdot ha^{-1} \cdot an^{-1}$ ) estimate cu ajutorul tehnicii  $^{137}Cs$  și a modelului ROMSEM

Secțiunea 1	S <sub>1</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>7</sub>	S <sub>9</sub>	Media
PM	1,13	1,70	1,42	4,81	4,53	2,72
MB1	1,39	2,10	1,74	6,24	5,84	3,46

Secțiunea 1	S <sub>1</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>7</sub>	S <sub>9</sub>	Media
ROMSEM	1,52	2,42	2,63	2,88	2,57	2,40
Secțiunea 2	S <sub>2</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>6</sub>	S <sub>8</sub>	S <sub>10</sub>	Media
PM	6,23	10,75	4,24	7,08	7,36	7,13
MB1	8,27	15,51	5,45	9,53	9,96	9,74
ROMSEM	5,38	7,13	8,50	7,48	10,26	7,75

PM–modelul proportional; MB1–modelul Mass balance 1; ROMSEM–modelul românesc

Fluctuațiile valorilor eroziunii în lungul secțiunilor se datorează ne-uniformității parametrilor pedologici ce au rezultat în urma executării unor lucrări de nivelare – modelare a suprafeței terenului în anii '70. Totuși, se poate remarca faptul că în punctul S<sub>3</sub>, situat pe secțiunea a doua, s-a determinat o valoare maximă 15,51 t/ha/an, după care, în punctul S, situat imediat în aval, s-a determinat o valoare minimă de 5,45 t/ha/an.

Dacă se ia în considerare ca reper anul 1992, anul în care terenul a fost redat foștilor proprietari și a început să fie exploatată după direcția deal-vale, renunțându-se la măsurile și lucrările antierozionale anterioare, se pot calcula următoarele rate de eroziune:

- teren cu lucrări antierozionale: 36 t/ha (calculate cu ROMSEM), sau 51,9 t/ha (calculate cu MB1);
- teren fără lucrări antierozionale: 116,3 t/ha (calculate cu ROMSEM), sau 146,1 t/ha (calculate cu MB1);

#### 4.4. Rezultate privind aplicarea tehnicii cu Beriliu-7

În tabelul 4.9. sunt redată informații privind activitatea izotopilor de Beriliu-7 măsurată în apa de ploaie în perioada 2005-2006.

Tabelul 4.9. Inventarul izotopului de <sup>7</sup>Be în apa de ploaie colectată la CCDCES Perieni în sezonul cald din anii 2005 și 2006

Nr. crt.	Data	H (mm)	activitate <sup>7</sup> Be (Bq/m <sup>2</sup> )	Nr. crt.	Data	H (mm)	activitate <sup>7</sup> Be (Bq/m <sup>2</sup> )
1	27.Mar.2004	6.2	1.85	30	20.Mai.2005	3.7	15.72
2	13-14.Apr.2004	74.2	4.80	31	23.Mai.2005	11.4	5.71
3	06.Mai.2004	1.2	1.80	32	27.Mai.2005	21.2	45.77
4	13-15.Mai.2004	8.6	0.57	33	7.Iun.2005	22.3	4.83
5	19.Mai.2004	0.8	0.24	34	28.Iun.2005	12.5	15.93
6	23.Mai.2004	10.0	1.02	35	6.Iul.2005	13.4	4.00
7	24-25.Mai.2004	2.2	0.10	36	13.Iul.2005	35.3	8.57
8	29-30.Mai.2004	14.4	12.61	37	1.Apr.2006	5.8	6.14
9	06-07.Iun.2004	1.7	1.06	38	12.Apr.2006	14.5	5.22

Nr. crt.	Data	H (mm)	activitate <sup>7</sup> Be (Bq/m <sup>2</sup> )	Nr. crt.	Data	H (mm)	activitate <sup>7</sup> Be (Bq/m <sup>2</sup> )
10	13.Iun.2004	11.1	7.66	39	17.Apr.2006	3.3	5.02
11	30.Iun.2004	3.3	1.20	40	19.Apr.2006	2.3	3.14
12	10.Iul.2004	31.2	7.02	41	08.Mai.2006	11.2	6.22
13	11.Iul.2004	3.8	0.37	42	11.Mai.2006	11.7	3.75
14	12.Iul.2004	8.3	1.37	43	15.Mai.2006	15.5	3.90
15	13-14.Iul.2004	30.5	2.10	44	17.Mai.2006	6.1	1.18
16	27-28.Aug.2004	91.2	27.70	45	21.Mai.2006	12.7	3.65
17	29.Aug.2004	5.5	4.60	46	24.Mai.2006	7.6	2.88
18	23.Feb.2005	12.7	9.29	47	02.Iun.2006	10.8	6.48
19	24.Feb.2005	8.9	4.86	48	10.Iun.2006	14.5	4.22
20	6.Mar.2005	10.4	1.80	49	20.Iun.2006	9,2	2,21
21	27.Mar.2005	4.6	20.15	50	01.Iul.2006	22,9	3,02
22	31.Mar.2005	2.5	2.93	51	09.Iul.2006	10,6	2,55
23	14.Apr.2005	2.5	19.08	52	12.Iul.2006	1,8	1,15
24	16.Apr.2005	1.3	0.37	53	23.Iul.2006	4,6	4,26
25	22.Apr.2005	13.7	4.48	54	26.Iul.2006	4,5	5,74
26	30.Apr.2005	18.4	3.24	55	3.Aug.2006	6,4	3,56
27	7.Mai.2005	53.5	4.47	56	5.Aug.2006	6,4	4,49
28	9.Mai.2005	3.67	1.50	57	11.Aug.2006	30.6	3.15
29	12.Mai.2005	7.5	1.82				

O primă constatare asupra datelor da mai sus este aceea că activitatea izotopilor de Beriliu-7 în apa din precipitații prezintă o mare variabilitate și are o legătură slabă cu înălțimea acestora (figura 4.13.).

În perioada analizată, au atras atenția două evenimente pluviale extreme, cu intensitatea mai mare de 2l/min, și înălțimea mai mare de 50mm. ploii care au declanșat procese semnificative de eroziune a solului înregistrate la CCDCES Perieni. Un asemenea ploaie torențială a avut loc în data de 27 august 2004 (H= 91,2mm) care, deși însemnată cantitativ, totuși, nu a afectat decât parcelele necoperite de vegetație (la acea dată doar o suprafață relativ mică fusese arată).

O altă ploaie a fost înregistrată în data de 7 mai 2005 când cea mai mare parte a terenurilor agricole erau abia pregătite pentru semănatul culturilor de porumb, fasole, floarea soarelui, etc.).

Pentru primul caz, inventarul de Beriliu-7 a fost de 27,7 Bq/m<sup>2</sup> iar pentru cazul al doilea s-a înregistrat valoarea de 4.47 Bq/m<sup>2</sup>.

Valoarea mică a activității radioactive pentru ploaia din mai 2005 poate fi explicată prin faptul că aceasta a fost precedată de o altă ploaie mai mică și care a curățat atmosfera de o mare parte din izotopii de Beriliu-7 care, după cum se știe sunt de origine cosmogenică.

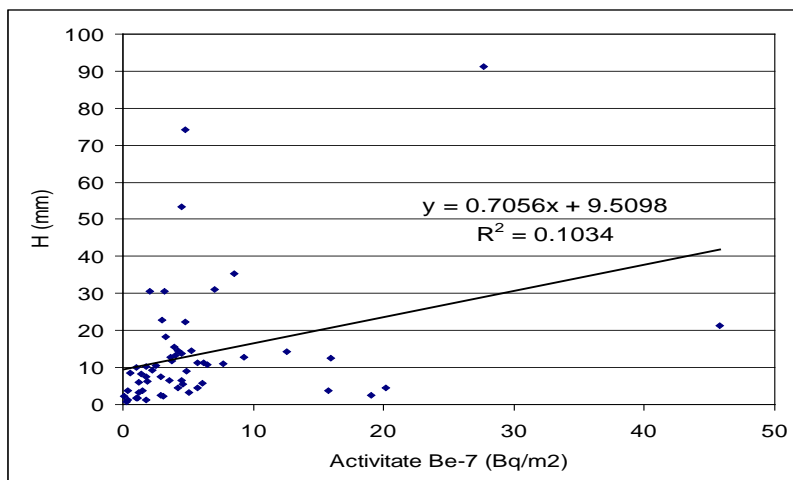


Figura 4.13. Relationship between  $^7\text{Be}$  activity from rain water and the level of precipitation

În tabelul 4.10. sunt redate rezultatele măsurătorilor “in situ” pentru inventarul activității de Beriliu-7, efectuate cu detectorul Canberra HP Ge.

Tabelul 4.10. Date privind măsurătorile “in situ” asupra activității izotopului de  $^7\text{Be}$  în zona de studiu.

Locul determinării	Data	activitate $^7\text{Be}$ (Bq/m <sup>2</sup> )
Site referință No.1	Mar.31, 2005	285.7
Site referință No.1	Jul.26, 2005	372.0
Site referință No.2	Mar.31, 2005	308.8
Site referință No.2	Jul.26, 2005	276.1
Parcela martor de scurgere (ogor permanent)	Mar.31, 2005	308.0
Parcela martor de scurgere (ogor permanent)	Jul.26, 2005	364.8
Bazinul superior V.Țărnii	Apr.1,2005	286.6
V.Țărnii, între perdelele forestiere, lângă drumul de pământ	Jul.29, 2005	313.3
V.Țărnii, lângă prima perdea forestieră	Jul.29, 2005	321.9
V.Țărnii, lângă cea de a doua perdea forestieră	Jul.29, 2005	316.8
Ghelțaș, pădurea Sachelarie	Jul.28, 2005	212.2
Lângă acumularea Cuibul Vulturilor, pe platforma unei agroterase	Mar.31, 2005	265.0
Lângă acumularea Cuibul Vulturilor, pe o parcelă cultivată pe direcția deal-vale	Mar.31, 2005	280.0
Site referință No.1	May.25, 2006	206.5
Site referință No.1	Aug.14, 2006	229.3
Site referință No.2	May.25, 2006	267.9

Locul determinării	Data	activitate <sup>7</sup> Be (Bq/m <sup>2</sup> )
Site referință No.2	Aug.14, 2006	282.8
Pășune în vecinătatea parcelelor de scurgere	May.25, 2006	150.7
Pășune în vecinătatea parcelelor de scurgere	Aug.14, 2006	164.2
V.Țărnii, între perdelele forestiere, lângă drumul de pământ	Aug.14, 2006	182.4
V.Țărnii, lângă prima perdea forestieră	Aug.14, 2006	246.3
V.Țărnii, lângă cea de a doua perdea forestieră	Aug.14, 2006	278.2

Activitatea izotopilor de Beriliu-7 măsurată în site-ul de referință nr.1 a fost semnificativ mai mare decât cel din site-ul nr.2 datorită faptului că ultimul are o formă convexă. Totuși, în luna martie radioactivitatea a avut valori asemănătoare întrucât site-ul de referință 2 este orientat spre sud-est și zăpada s-a topit rapid iar mare parte din apă s-a scurs spre aval.

În site-ul 2, care are orientare spre nord, zăpada s-a topit lent și întreaga cantitate de apă rezultată s-a infiltrat în sol.

În general, se constată că toate valorile din luna iulie 2005 au fost mai mari decât cele din martie. Aceasta se poate explica probabil prin cantitatea mai mare de precipitații, de 96 mm căzute în iulie față de cele numai 17,7 mm căzute în luna martie.

În anul 2006 o singură ploaie a depășit valoarea de 30mm. Aceasta s-a produs în 11 august și nu a produs nici un efect negativ privind scurgerea și eroziunea întrucât aproape toate terenurile erau acoperite de vegetație.

Valoarea cea mai scăzută a inventarului de Beriliu-7 a fost măsurată în interiorul pădurii Sachelarie și se datorează, cel mai probabil, influenței coronamentului copacilor care a reținut o parte din izotopi.

În Valea Țărnii valorile activității Beriliu-7 a variat între limite foarte strânse (313.3 – 321.9 Bq/m<sup>2</sup>) și nu a indicat procese semnificative de eroziune.

Analizele de laborator efectuate pe probe de sol colectate în perioada 2004-2006 cu ajutorul dispozitivului “screper” prezentat anterior, din puncte localizate în Valea Țărnii, Ghelțag și Crâng, au indicat o foarte slabă activitate a izotopilor de Beriliu-7, în general, sub valoarea minimă detectabilă a aparaturii utilizate.

În perioada cuprinsă între septembrie 2006 și sfârșitul lunii iulie 2007 nivelul precipitațiilor a fost foarte scăzut (numai de 205 mm față de media multianuală de 492,2 mm). Exceptând luna martie, toate lunile au fost foarte secetoase cu o medie a precipitațiilor variind între 10 și 80% din media multianuală. În consecință, nu a fost consemnat nici un eveniment pluvi-al care să declanșeze procese semnificative de eroziune. De asemenea, în

toate lunile sau înregistrat temperaturi care le-au depășit pe cele medii. Astfel, în decembrie 2006 media temperaturilor a fost cu 6,9 °C mai mare decât cea normală iar în luna iulie 2007 temperatura normală a fost depășită cu 4.1°C. În aceste circumstanțe, s-a instalat cea mai severă secetă din ultimii 60 de ani și culturi precum cele de porumb, mazăre, fasole, etc. de pe suprafețe întinse au compromise în întregime.

S-a consemnat doar o singură ploaie mai importantă, cea din 8 august 2007 de 29 mm care a generat scurgeri și pierderi de pe patru parcele pentru controlul scurgerilor (două cu ogor negru permanent și două cu miriște de grâu). În tabelul 4.11. se prezintă inventarul de Beriliu-7 corespunzător acestei ploii și se constată că activitatea din forajele F2 a variat între 595,6 și 660,0 Bq/m<sup>2</sup>. Având în vedere că punctele F2 de pe toate parcelele sunt situate în apropierea marginii din amonte a parcelelor, acolo unde eroziunea abia se inițiază, acestea au fost considerate locații de referință. Astfel, fiecare parcelă a avut o valoare de referință.

Tabelul 4.11. Inventarul activității izotopului de <sup>7</sup>Be din apa de ploaie a aversei din 8 august 2007, la parcelele de scurgere.

Foraj	Activitate <sup>7</sup> Be (Bq/m <sup>2</sup> )			
	Plot 2 Mg*	Plot 6 Onp**	Plot 7 Onp**	Plot 8 Mg*
	S=100m <sup>2</sup>		S=150m <sup>2</sup>	
F2	603.0	660.0	622.8	595.6
F3	442.0	405.9	439.2	305.5
F4	406.6	345.3	423.9	375.6
F5	420.0	361.2	343.8	348.1
F6	447.1	434.4	528.0	269.4
F7	630.0	583.0	493.4	413.3
F8			591.1	286.5
F9			610.0	580.0
F10			602.0	660.0

Mg = miriște de grâu; Onp\*\* = ogor negru permanent

Eroziunea de pe fiecare secțiune a fost calculată cu ajutorul modelului *Profile Distribution Model* și este ilustrată grafic în figura 4.14.

Variațiile pierderilor de sol determinate în lungul parcelelor (de exemplu 5.94t/ha în F5 și 1.65t/ha în F6 de pe parcela 6) se explică, cel mai probabil, prin faptul că tiparul eroziunii în rigole și dintre rigole este neuniform. Cu toate acestea, valorile eroziunii nete, prezentate în tabelul 4.12., indică drept cele mai erodate parcele ca fiind cea cu numărul 6 (parcela martor de 100 m<sup>2</sup>) cu o eroziune de 3.765t/ha și parcela 7 cu 4.764 t/ha (parcela martor de 150 m<sup>2</sup>).

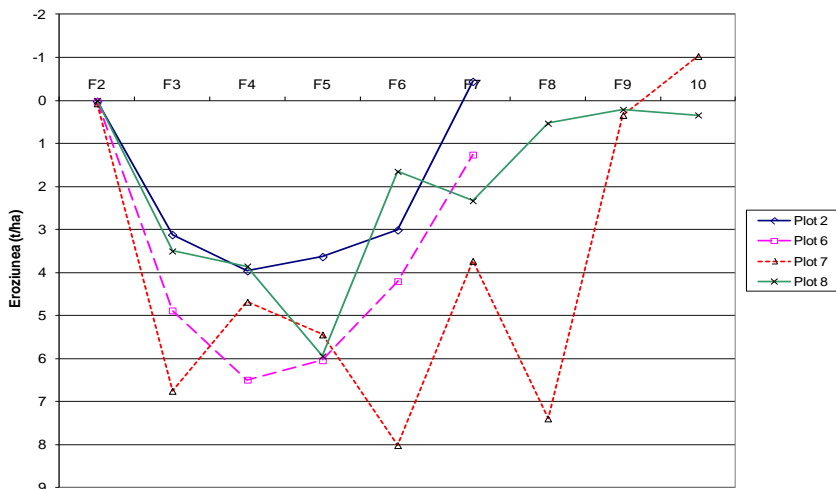


Figura 4.14. Eroziunea la parcelele pentru controlul scurgerilor calculată cu *Profile Distribution Model*, după ploaia de 29 mm din 9 august 2007.

Tabelul 4.12.. Studiu comparativ între valorile măsurate și cele simulate cu ajutorul PDM (*Profile Distribution Model*) privind pierderile de sol prin eroziune de la parcelele de control de la CCDCEȘ Perieni, după avera de 29 mm din august 2007

Eroziunea netă (t/ha)	P2	P6	P7	P8
Măsurată	0.110	2.126	2.735	0.121
Calculată cu PDM	2.343	3.765	4.764	2.379

S-a constatat că valorile pierderilor de sol calculate pentru cele două parcele martor cu ogor negru permanent au fost supraestimate cu 188%, respectiv cu 174%, iar valorile pentru parcelele 2 și 8 sunt evident afectate de erori.

Se concluzionează că la utilizarea metodei de estimare a eroziunii și sedimentării cu ajutorul izotopilor de Beriiliu-7 este nevoie să se acorde o mai mare atenție elementelor care constituie surse de erori, precum: adâncimea și suprafața de pe care se recoltează probele de sol, scurgerea la suprafața solului, infiltrația apei în sol, etc.

#### 4.5. Utilizarea tehnicii Cesium-137 în domeniul eroziunii de adâncime și al sedimentării lacurilor de acumulare

Avantajele și valoarea potențială a abordării cu izotopul Cesium-137 în stabilirea ritmului de ravenare discontinuă pe termen lung (cca. 40-50 de ani) pot fi demonstrate prin câteva exemple dintr-un studiu întreprins de I.Ioniță (2000) în bazinul superior al Văii Roșcani, situat la NW de satul Perieni din județul Vaslui. Figura 4.15 redă distribuția de adâncime a Cesium-137 conținut de aluviunile depuse pe fundul unei mici ravene discontinue. Graficul respectiv ilustrează o legătură remarcabil de strânsă dintre ritmul de agradare a fundului ravenei discontinue (ridicare prin aluvionare) și principalele evenimente nucleare, mondiale. Conform acestui grafic se conturează clar trei valori maxime importante:

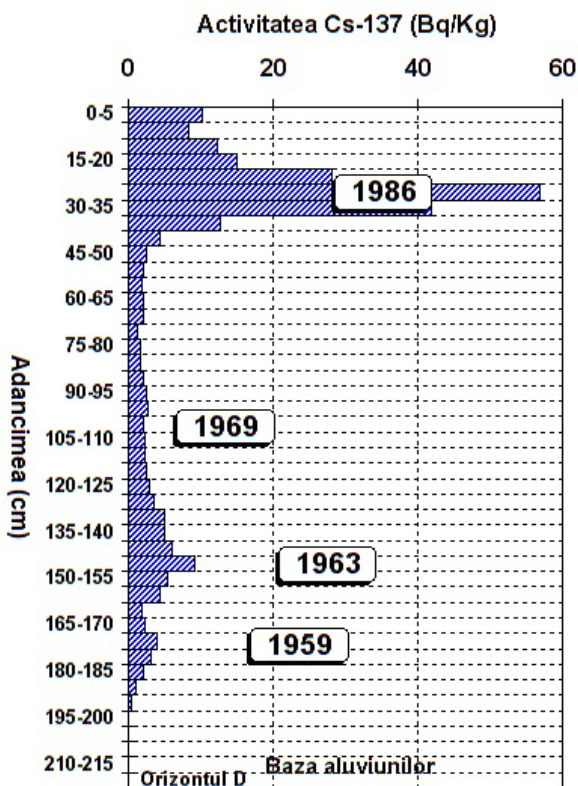


Figura 4.15. Distribuția concentrației de Cesium-137 în aluviunile din vârful ravenei discontinue nr.4, Valea Roșcani, 12 decembrie 1996

- maximul primar, de 56,9 Bq/kg, situat la adâncimea de 25-30 cm, provocat de accidentul de la Cernobîl din aprilie 1986;

- maximul secundar, de 9,2 Bq/kg, plasat la 145-150 cm adâncime care coincide cu intensificarea testelor cu arme nucleare de la începutul anilor '60, în special din 1963 și

- maximul terțiar, de 3,9 Bq/kg, apărut la 170-175 cm datorită creșterii depunerilor radioactive din anii '50, mai precis în anul 1959.

Dacă se ia în considerare variația anuală a căderilor de Cesium-137 pentru localitatea Milford Haven din Marea Britanie, citată de Walling D. E. și Quine T.A. (1993) este posibil să se aprecieze că valoarea minimă a activității Cs-137 de 2,0 Bq/kg, de la adâncimea de 100-105 cm s-a înregistrat în anul 1969. În asemenea împrejurări, variația temporală a concentrației de Cs-137 din aluviuni recente relevă un regim mediu anual neuniform de agradare:

- 3,3 cm/an în perioada 1954-1959;

- 7,0 cm/an în perioada 1960-1969;

- 4,4 cm/an în perioada 1970-1985 și

- 2,7 cm/an în perioada 1986-1996.

Pentru o perioadă de 43 de ani (1954-1996) sau pentru un interval de 34 de ani (1963-1996) rezultă un ritm mediu anual de agradare a fundului ravenei discontinue de 4,4 cm/an. Deci, valoarea radiocesiumului în studiul eroziunii și sedimentării este aceea de reper care permite datarea exactă a vârstei aluviunilor recente.

Valoarea deosebită, de trasor remarcabil a Cesium-137 este cel mai bine precizată de studierea sedimentării în lacurile de acumulare. Investigațiile efectuate de I.Ioniță într-un număr de șase acumulări din Colinele Tutovei (Bibirești, Horgești, Răcătăul de Jos, Antohești, Huțu-Găiceana și Pușcași) au scos în evidență existența unei relații strânse între aria bazinelor de recepție și ritmul mediu de sedimentare în lacuri, după aprilie 1986. Pentru asemenea arii de drenaj, cuprinse între 3912 și 30845 ha, trebuie reținută valoarea foarte ridicată de 7,9 cm/an a ritmului mediu de sedimentare care oferă un indiciu concludent privind faptul că intensitatea cea mai mare a proceselor geomorfologice actuale din Podișul Moldovei se înregistrează în Colinele Tutovei.

În figura 4.16 este redată grafic forma profilului pe adâncime a activității izotopului de Cesium-137 din acumularea Antohești, situată în bazinul superior al Berheciului. În acest caz, pe lângă conturarea maximului principal din anul 1986, în jurul adâncimii de 60 cm, se constată și o bună concordanță între profilul conținutului în humus și activitatea de Cesium-137.

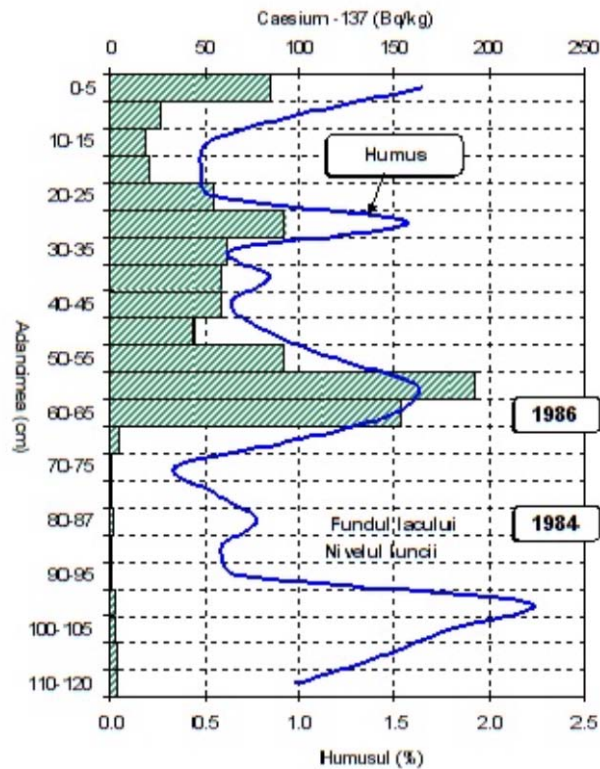


Figura 4.16. Distribuția cesiului-137 și a conținutului de humus în aluviunile din acumulara Antohești, bazinul Berheciul superior, 14 mai 1997

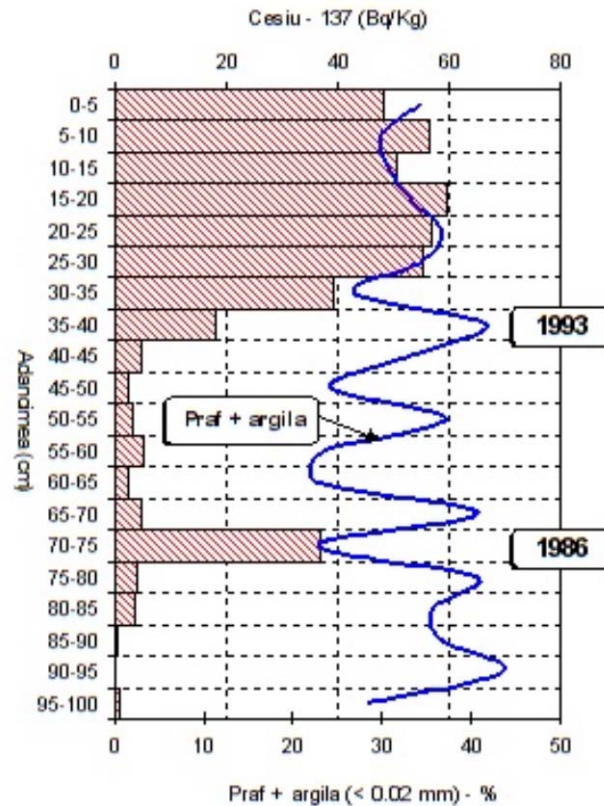


Figura 4.17. Distribuția cesiului-137 și a conținutului de praef + argila din acumulara Bibirești, bazinul Răcătăul superior, 13 mai 1997

Din aceeași zonă se prezintă distribuția de adâncime a inventarului de Cesium-137 în acumularea Bibirești din bazinul Răcățăului superior (figura 4.17). Graficul reflectă impactul schimbărilor produse în modul de gospodărire a terenurilor asupra ritmului lor de degradare. Prin lucrări de organizare și amenajare antierozională, executate între 1982 și 1985, aici s-a înființat perimetrul etalon de combatere a eroziunii solului Ungureni, județul Bacău.

Acest bazin, de aproape 4000 ha, a fost exploatat antierozional până în anul 1993 iar ritmul mediu de colmatare a fost de 5,0 cm/an. După aplicarea prevederilor Legii Fondului Funciar nr. 18/1991, sistemul de agricultură pe contur a fost înlocuit în anul 1993 cu acela al parcelelor mici, orientate și lucrute pe direcția deal-vale iar ritmul mediu de sedimentare în acumulare s-a dublat. După maximumul din 1986, bine profilat la adâncimea de 70-75 cm, activitatea de Cesium-137 se caracterizează prin valori scăzute ceea ce dezvăluie o eroziune moderată până în anul 1993. Ulterior, concentrația în Cesium-137 crește evident încât 86% din inventarul de radiocesium este cantonat în primii 40 de cm de aluviuni, depuse în perioada 1993-1996. De această dată, sursa de sedimente a reprezentat-o eroziunea puternică de suprafață, îndeosebi prin rigole, accelerată de sistemul de agricultură pe direcția deal-vale. De notat că, datorită aplicării Legii nr.18/1991, scderea concentrației de Cesium-137 în partea superioară a profilelor aluvionare se întâlnește în marea majoritate a acumulărilor din Podișul Moldovei.

#### **4.6. Concluzii asupra tehnicii radioizotopilor**

- Tehnica utilizării izotopului Cesium-137 în studiile de eroziune și sedimentare reprezintă o abordare cu rezultate deosebit de valoroase datorită calității de reper a radiocesiumului.
- Pentru eroziunea de suprafață s-a evidențiat o relație strânsă între pierderile de sol și inventarul de Cesium-137.
- Rezultatele remarcabile s-au obținut în studiul ravenelor discontinue prin combinarea tehnicii Cesium-137 cu metode convenționale.
- Măsurătorile de Cesium-137 din unele acumulări din Podișul Moldovei au relevat o valoare foarte ridicată a ritmului de colmatare în Colinele Tutovei, valoare care este strâns legată de mărimea ariei de drenaj.
- Distribuția de adâncime a izotopului de Cesium-137 în aluviunile din lacurile studiate indică triplarea ritmului de eroziune și sedimentare după aplicarea prevederilor Legii nr.18/1991 pe terenurile amenajate antierozional.

## Bibliografie

Al-Durrah M.M. and Bradford J.M. 1982, *The mechanism of rai-drop splash on soil surfaces*. American Society of Agricultural Engineers 46:1086-1090.

Atanasiu N., Jipa D. 1983, *Texturi și structuri sedimentare*, Editura tehnică, București.

Bartholomew R.P. and al. 1954, *Effect of rainfall characteristics and soil management practices on soil and water losses in northwest Arkansas*. Arkansas Agric. Exp. Stn. Bull. 548.

Bergsma E. and al. 1996, *Terminology for Soil Erosion and Conservation*, ISSS, Wageningen, the Netherlands

Băcăuanu V., Barbu N., Pantazica M. Ungureanu A. Chiriac. D. 1980, *Podișul Moldovei*, Editura Științifică și Enciclopedică, București.

Băloi V. Giurma I. 1978, *Contribuții la zonarea după criteriul eroziunii specifice, a suprafeței de recepție care influențează colmatarea lacurilor de acumulare*, Dep.Îmb. Func. și Constr. Agr. (Tehnologie CES), Suceava.

Băloi V. 1980, *Amenajarea bazinelor hidrografice și a cursurilor de apă* - Editura Ceres, București.

Băloi V., Ionescu V. 1986, *Apărarea terenurilor agricole împotriva eroziunii, alunecărilor și inundațiilor*, - Editura Ceres, București.

Bell F.F. 1977, *Land use of agricultural production: Agricultural use and soil erosion ecology and agricultural production*. University of Tennessee, Knoxville.

Bennett H.H. 1939, *Soil Conservation*. McGraw-Holl Book Co., New-York.

Berar U., Giurma I., Ionescu V., Ionescu V-le. 1983, *Modele matematice pentru combaterea eroziunii solului* - Editura Junimea, Iași.

Berar U., Ionescu V. 1985, *Metode matematice pentru optimizarea soluțiilor de combatere a excesului de apă din sol* - Editura Ceres, București.

Bryan R.B. 1990, *Knickpoint Evolution in Rillwash* Catena Supplement vol. 17, Cremlingen.

Buntley G.J. and al. 1976, *Yield estimates for major crops grown on soils of west Tennessee*. Tennessee Agric. Exp. Am. Proc. 22:140-145

Chapman G. 1948, *Rainfall characteristics important for simulation*. Proc. Of the Rainfall Simulator Workshop. USDA-SEA ARM-W-10

Chiriac V., Filotti A. 1980, *Prevenirea și combaterea inundațiilor* Ed. Ceres, București.

Crow F.R. and al. 1977, *Evaluating Components of the USDAHL Hydrology Model Applied to Grassland Watersheds*. Transactions of the ASAE.

Denton H.P. 1978, *The effects of degree of erosion and slope characteristics on soybean yields of Memphis, Grenada, Lexington and Loring soils*. Univ. of Tennessee, Knoxville.

Dickey E.C. and al. 1979, *The calibration and optimization of hydrologic models on small watershed having mild topography*, ASAE, Paper No. 79-2036.

Dissmeyer G.E. and G.R. Foster 1980, *A guide for predicting sheet and rill erosion on forest land*. U.S. Dep. Agric., Forest Serv. Tech Publ. SA-TP-11.

Dissmeyer G.E. and G.R. Foster 1980, *Estimating the cover-management factor (c) in the universal soil loss equation for forest conditions* J. Soil Water Conserv. 36:235-240

Drăgan Livia și P. Stănescu 1970, *Zonarea erozivității pluviale* Analele Institut. de Cerc. pentru Îmb. Func. și Pedol., Vol. III, București.

Edwards A.P. and Bremner J.M. 1967, *Microaggregates in soil*. Soil Sci. USDA 18:64-73.

Flanagan D. C. and al. 1991, *WEPP - Hillslope Profile Erosion Model, Version 91.5, User Summary*, NSERL Report no. 7, September.

Flanagan D. C. and al. 1994, *Water Erosion Prediction Project - Erosion Prediction Model, Version 94.7, User Summary*, NSERL Report no.9.

Florea N. și colab. 1977, *Harta eroziunii solurilor în România*, scara 1:500.000, ICPA, București.

Forrester J.W. 1979, *Principiile sistemelor; Teorie și autoinstruire programată*. Editura Tehnică, București.

Foster G.R. and Meyer L.D. 1975, *Mathematical simulation of upland erosion by fundamental erosion mechanics*. Present and prospective technology for predicting sediment yield and sources. USDA-ARS.

Foster G. R. and al. 1981, *Estimating erosion and sediment yield on field sized areas*. American Society of Agricultural Engineers Trans. 24:1253-1262

Foster G. R. 1982, *Modeling the erosion process* Hydrologic modeling of small watersheds. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI.

Foster G. R. and Lane L.J. 1983, *Erosion by concentrated flow in farm fields*. Colorado State University, Ft. Collins

Foster G.R., Young R.A. 1985, *Processes of Soil Erosion by Water*, ASA, CSSA, SSSA.

Foster G. R. and al. 1987, *User requirments: USDA - Water Erosion Prediction Project (WEPP)*, ASAE, Paper no. 87-2539.

Foster G. R. 1990, *Conservation practices in erosion models*, p.429-445 in: Boardman ed.

French R.H. 1995, *Estimating the depthand length of sediment deposition at slope transitions on alluvial fans during floods events* Journal of Soil and Water Conservation.

Frye W.W. et al. 1982, *Soil erosion effectson properties and productivity of two Kentucky soils*. Soil Sci. Soc. Am. J. 46:1051-1055.

Garey C.L. 1954, *Properties of soil aggregates*. Relation to size, water stability and mechanical composition. Soil Sci. Am. Proc. 18:16-18.

Garg P.K., Harrison A.R. 1992, *Land Degradation and Erosion Risk Analysis in S.E Spain: A Geographic Information System Approach*, Catena Suplement vol. 19

Grigoraş M. și colab. 1984, *Îndrumător pentru lucrări practice de topografie în agricultură*. Editura Ceres, București.

Guy B.T., Dickinson W.T. 1990, *Inception of Sediment Transport in Shallow Overland Flow* Catena Suplement vol. 17, Cremlingen.

Haan C.T. 1976, *Evaluation of a Mothly Water Yield Model*, Transactions of the ASAE.

Haan C.T., Johnson H.P., Brakensiek D.L.

1982, *Hidrologic modelling of small watersheds*, ASAE Monograph No.5.

Heyman S.M. 1996, *Bazele Visual Basic 4*, Editura Teora, Buc.

Ichim I., Rădoane M. 1987, *A multivariate statistical analysis of sediment yield and prediction în Romania* Catena Suplement 10. Braunschweig.

Ionescu V. și colab. 1975, *Metode moderne de calcul al eroziunii solului și torențialității* - Vol. 1 și 2, Institutul Național de Informare și Documentare București.

Ioniță I., Ouatu O. 1985, *Contribuții la studiul eroziunii solurilor din Colinele Tutovei*, Cerc. Agr. în Moldova, vol. 3, Iași.

Ioniță I., Stoian Gh., Neamțu T. 1985, *Evoluția sistemului de cultură în fâșii pe terenurile cu pante mijlocii din Colinele Tutovei*, Cercet. Agron. în Moldova, vol. 3, Iași.

Ioniță I. 1986, *Results of soil erosion study and conservation treatments in the Bârlad Tableland* Z. Gomorph. N.F. Supl. Bd.58, 107-119, Berlin.

Ioniță I. 1995, *Structuri de organizare antierozională a terenurilor în panta*, Comunicările Conferinței Internaționale, "Eroziunea solurilor și metode de combatere", Chișinău.

Ioniță I. 1998, *Studiul geomorfologic al degradărilor de teren din bazinul mijlociu al Bârladului Teză de doctorat*, Univ."Al. I. Cuza", Iași.

Ioniță I., R.M. Mărgineanu 2000 *Application of  $^{137}\text{Cs}$  for measuring soil erosion/deposition rates in Romania* Acta Geologica Hispanica v. 35 no.3-4, p.311-319.

Ioniță I., R.M. Mărgineanu, C.Hurjui 2000 *Assessment of the reservoir sedimentation rates from  $^{137}\text{Cs}$  measurements in the Moldavian Plateau* Acta Geologica Hispanica v. 35, no.3-4, p.357-367.

Ioniță I., R.M.Mărgineanu, N. Popa 2000 *Utilizarea izotopului  $^{137}\text{Cs}$  în studiile de eroziune și sedimentare* "Metode de cercetare în cultura plantelor " Editura AGRIS, București.

Ionescu V. 1977, *Modelarea matematică a procesului de eroziune a solului* Folosirea rațională a terenurilor degradate -SCCCES Perieni, ASAS Buc.

Ionescu V., Giurma I. și col. 1978, *Calculule și modele matematice pentru combaterea eroziunii solului* - Sinteză documentară, INID, București.

Iosifescu M. și colab. 1985, *Mică enciclopedie de statistică*, Editura Tehnică și enciclopedică, București.

J. de Ploey and al. 1987, *Some reflection on modelling hillslope processes* - Catena Supplement 10. Braunschweig.

Johnson C. W. and al. 1987, *Factors contributing to sagebrushrangeland soil loss*, ASAE, no.87-2546.

Jones C.A, Dyke P.T. 1990, *EPIC: an Operational Model for Evaluation of Agricultural Sustainability*.

Keckler D. 1996, *Didger, User s Guide*, Golden Software, Inc., Golden, CO, U.S.A.

Keckler D. 1997, *Surfer for Windows, vers. 6, Contouring and 3D Surface Mapping, User' s Guide*, Golden Software, Inc., Golden, CO, U.S.A.

Kinnell P.I.A. 1990, *Modelling Erosion by Rain-Impact Flow* Catena Supplement vol. 17, Cremlingen.

Kirkby M. 1990, *A One-Dimensional Model for Rill Inter-rill Interactions* Catena Supplement vol. 17, Cremlingen.

Knisel W.G. 1980, *CREAMS: a field scale model for chemicals, runoff and erosion from aricultural management systems*, USDA Conservation Research Report no.26.

Laflen J.M., Foster G.R., Onstad C.A. 1985, *Simulation on the individual storm soil-loss for modelling the impact of soil erosion on crop productivity*, p.285-295 in: El-Swaif, Moldenhauer and Lo eds.

Laflen J. M. and al. 1987, *Cropland experiments for the WEPP project*, ASAE, no.87-2544.

Laflen J. M. 1997, *WEPP – Erosion Prediction for the Next Millennium* Agricultural Research, April.

Lane L.J. and al. 1988, *Modelling erosion on hillslope* p.289-308 in Anderson ed.

Lane L. J. and al. 1987, *Use of fundamental erosion mechanics in erosion prediction*, ASAE, Paper no. 87-2540.

Langdale G.W. et al. 1979 *Corn yeald reduction on eroded Southern Piedmont soils* J. Soil water Conservation 34:226-228

Lopez M.Tiscareno Weltz M.A. and Lopes V.L. 1995, *Assesing uncertainties in WEPP's soil erosion predictions on rangelands* Journal of Soil and Water Conservation.

Luca A., Popa A și colab. 1977, *Aspecte privind scurgerea și eroziunea solului în Podișul Bârladului* Folosirea rațională a terenurilor degradate -SCCCES Perieni, ASAS Buc.

Luk S.H. 1979, *Effect of soil properties on erosion by wash and splash*. Earth Surf. Process, 4:241-255.

Meyer L.D. and Wischmeier 1969, *Mathematical simulation of the proces of soil erosion by water*, Transactions American Society of Agricultural Engineers ASAE, p. 754-762

Meyer L.D., Foster J.R., Nikolov S. 1975, *Effect of flow rate and canopy on rill erosion*. Transactions American Society of Agricultural Engineers ASAE 18:905-911.

Meyer L.D. 1981, *How intensity affects interrill erosion* American Society of Agricultural Engineers Transactions ASAE, 25:1472-1475..

Moldenhauer W.C. et al. 1960 *Soil and water losses and infiltration rates on Ida silt loam as influenced by cropping systems, tillage practices and rainfall characteristics*. Soil Sci. Soc. Am. J. 24:409-413.

Moor I.D., Burch G.J. 1986, *Modelling erosionand deposition: topographic effects*. Transactions American Society of Agricultural Engineers ASAE, p.29:1624-1631

Morgan R.P.C. 1989, *Soil Erosion* - Edit. J.Wiley & Sons Inc., New York.

Mosimann T. 1991, *Lutte contre l'erosion des sols cultives*, Liebfefeld - Berne.

Moțoc M., Stănescu P. și col. 1973, *Instrucțiuni și calcule necesare la proiectarea lucrărilor de combatere a eroziunii solului* - ICPA, București.

Moțoc M. și colab. 1975, *Eroziunea solului și metode de combatere* - Editura Ceres, București.

Moțoc M. și Ouatu O. 1977, *Rezultate preliminare privind încărcarea cu material solid a microcurenților de la suprafața versanților cu culturi agricole*. Folosirea rațională a terenurilor degradate -SCCCES Perieni, ASAS Buc.

Moțoc M., Stănescu P. și Iuliana Taloescu 1979, *Concepții actuale cu privire la fenomenul erozional și la controlul acestuia* ICPA, Bibl. Agric.

Moțoc M., Stănescu P. și col. 1979, *Metode de estimare a eroziunii totale și efluențe pe bazine hidrografice mici* - ICPA, Buc.

Moțoc M. 1983, *Ritmul mediu de degradare erozională a solului în R.S. România* Bul. Inf. ASAS nr.12, Buc.

Moțoc M., Ioniță I. 1983, *Unele probleme privind metoda de stabilire a indexului ploaie și vegetație pentru ploi singulare la intervale scurte*, Bul.inf. al ASAS București Nr. 12

Moțoc M., Ouatu O. 1985, *Formarea rigolelor și intensitatea de transport a materialului solid, pe versanții cu culturi agricole* Buletinul informativ al ASAS București Nr. 14

Moțoc M. 1985, *Ritmul mediu de degradare erozională a solului în România*, ICPA, București.

Moțoc M. și Ouatu O. 1985, *Formarea rigolelor și intensitatea de transport a materialului solid, pe versanții cu culturi agricole*. Bul. Informativ al ASAS nr.14, București.

Moțoc M., Mihaiu Gh. 1997, *Norme de conținut pentru inventarierea terenurilor degradate, conform Ordinului comun nr.49/1997 al Ministerului Agriculturii și Alimentației, al Ministerului Apelor, Pădurilor și Protecției Mediului*.

Moțoc M., M. Sevastel. 2002 *Evaluation of the factors, which determine surface water erosion risk*. Editura BREN.

Murphree C.E. and Mutchler C.K. 1981, *Verification of the slope factor in the universal soil loss equation for low slopes*. J. Soil Water Conservation 36:300-302.

Năstase A. 1983, *Cartografie - Topografie* Editura Didactică și Pedagogică, București.

Neguț N., Sehian S. 1979, *Fotogrametria și topografia în lucrările de îmbunătățiri funciare și gospodărirea apelor*, Edit. tehnică, București.

Nistor Doina 1999, *Contribuții la îmbunătățirea metodelor de protejare a solului și de combatere a buruienilor, în vederea reducerii eroziunii și sporirii producției de porumb pe terenurile în pantă erodate* Teză doctorat, Univ. Agron. și Med. Veter."Ion. Ionescu de la Brad", Iași.

Olteanu Gh. și colab. 1989, *Resurse tehnico - profesionale în modernizarea agriculturii. Sistem - Model - Calculator*, Editura Dacia, Cluj-Napoca.

Onstad C.A. and al. 1967, *A method of computing soil movement throughout a field*. Transaction American Society of Agricultural Engineers ASAE, p. 742-745.

Onstad C.A., Foster G.R. 1975, *Erosion modelling on a watershed* Transaction American Society of Agricultural Engineers ASAE 18:288-292.

Onstad C.A., Piest R.F. 1976, *Watershed erosion model validation for Southwest Iowa*, Proceedings Third Federal Integer Agency Sedimentation Conference, 39-44.

Oropeza Mota J.L., Rios Berber J.D. and Martinez E.H. 1995, *Water erosion evaluation on tepetates in relation and productivity* Journal of Soil and Water Conservation.

Pierce F.J. and al. 1984, *Productivity of soils: assessing long-term soil productivity* Journal of Soil and Water Conservation, 136-138.

Pierce F.J. and al. 1985, *Soil loss tolerance: Maintenance of long term soil productivity* Journal of Soil and Water Conservation, 39-44.

Pop Gh. 1988, *Introducere în meteorologie și climatologie*, Editura Științifică și Enciclopedică, București.

Popa A. și colab. 1965, *Cercetări privind modificarea microreliefului și solului în urma lucrărilor de agrotarasare pentru culturile de câmp*. Analele ICCPT Fudulea, Vol. XXXIII, Seria B, București.

Popa A. și colab. 1966, *Cercetări privind modificarea microreliefului și solului în urma lucrărilor de terasare efectuate în plantații de vii* Analele ICPA, Vol. XXXIV, Buc.

Popa A. 1977, *Cercetări privind eroziunea și măsurile de combatere a acesteia pe terenurile arabile din Podișul Central Moldovenesc*, Centr.de mat.did. și prop. agric., București.

Popa A.

1979, *Cercetări privind eroziunea și măsurile de combatere a acesteia pe terenurile arabile din Podișul Central Moldovenesc*, MAIA, București.

Popa A. și colab. 1984, *Combaterea eroziunii solului pe terenurile arabile* - Editura Ceres, București.

Popa N. 1995, *Testarea programului american WEPP de prognoză a eroziunii solului în Podișul Bârladului*, Lucrările Conferinței Naționale pentru Protecția Mediului prin Metode Biologice și Biotehnice, Brașov.

Popa N., Ioniță I. 1995, *Metode moderne de estimare a eroziunii solului pe terenurile agricole în pantă* - Comunicările Conferinței Internaționale "Eroziunea solului și metodele de combatere" Institutul "N. Dimo", Chișinău.

Popa N. 1997, *Analiza sensibilității unui model de prognoză a eroziunii solului pentru condițiile naturale din Podișul Bârladului*, "Lucrări Științifice" Univ. Agron. și de Med. Vet. "Ion Ionescu de la Brad", Iași.

Popa N., Filiche E., Purnavel Gh., 2002, *Stadii de degradare a solului prin eroziune*, "Lucrări Științifice" Univ. Agron. Și de Med. Vet. "Ion Ionescu de la Brad", ISSN 1454-7414.

Popa N., E. Filiche, G. Petrovici, 2003, *Tillage Translocation in some representative Basins from Tutova Rolling Hills-Romania*, International Symposium of the State Agricultural of Moldova Chișinău, Republica Moldova.

Popa N., Nistor D. Nistor Doina, 2005, *Amenajarea și exploatarea terenurilor agricole degradate prin eroziune – ghid practic*, ISBN 973-8422-86-8, Tipografia Moldova.

Popa N., R. Margineanu, E. Filiche and G. Petrovici, 2006, *Estimating soil erosion rates by using conversional models. A comparative study between simulated and measured on runoff plots data* Lucrări științifice Vol. 49, Seria Agronomie. ISSN1454-7414, USAMV Iași.

Popa N., V. Nastasa and R. Margineanu, 2007, *Assessing soil erosion and deposition rates in some small agricultural watersheds, Romania, using <sup>137</sup>Cs technique and conversional models*. COST 634 Conference in Florence, Italy.

Popa N., 2008, *Response of conservation measures from small cultivated watersheds, concerning runoff and erosion, under the impact of extreme rainfall events*. Journal of Physics: IOP Conf. Series, Earth and Environmental Science 4 (2008) 012041 doi:10.1088/1755-1307/4/1/012041.

Popa N., E.Filiche, G.Petrovici, 2010, *Long – term results from cultivated runoff plots from upper Tarnii Valez, Tutova Rolling Hills, Romania* Cercetări Agronomice in Moldova Vol. XLIII, No. 4 (144) / 2010.

Popa N., E. Filiche, G. Petrovici, R.M. Margineanu (2011) *Using caesium-137 techniques to estimate soil erosion and deposition rates on agricultural fields with specific conservation measures in the Tutova rolling*

*hills, Romania* International Atomic Energy Agency-TECDOC-1665, Vienna, ISBN 978-92-0-113410-3, ISSN 1011-4289.

Popa N., D. Nistor, C. Hurjui, C. Constandache, R. Margineanu., 2011, *Effects of forest belts on reduction of water erosion processes and mitigation of water deficit on sloping arable land*. Proceedings of the 6 International Congress of European Society for Soil Conservation, Thessaloniki, Greece 9-14 May 2011.

Popa N., D.Nistor, R.Margineanu, 2012, *Soil Erosion estimates in a small agricultural watershed* International Conference LANDCON "Sustainable land management and climate changes" September 17-21, 2012, Danube Region, Serbia.

Popovici N. 1979, *Influența benzilor înierbate asupra proceselor de eroziune și câteva caracteristici de sol în Podgoria Odobești, Jud. Vrancea*, Bulet. I.P. Iași.

Popovici N. 1990, *Combaterea eroziunii solului* - Univ. Tehnică "Gh. Asachi" Iași.

Pujină D. 1997, *Cercetări asupra unor procese de alunecare de pe terenurile agricole din Podișul Bârladului și contribuții privind tehnica de amenajare a acestora* Teză de doctorat, Univ. Tehnică "Gh. Asachi" Iași.

Pujină Liliana 1998, *Cercetări privind efluența aluvionară de pe terenurile agricole afectate de procese complexe de alunecare din Podișul Bârladului și valorificarea economică superioară a acestora* Teză de doctorat, Univ. Tehnică "Gh. Asachi" Iași.

Rawat J. S. 1987, *Modelling of water and sediment budget: concepts and strategies*. Catena Supplement 10. Braunschweig.

Rădoane Maria și col. 1996, *Analiza cantitativă în geografie*, Edit. Universității "Al.I.Cuza", Iași.

Renard K.G. 1997, *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning With the Revised Universal Soil Losses Equation (RUSLE)*.

Ripley P.O. and al. 1961, *Soil erosion by water*. Canada Dep. Of Agric.Pub. 1093, Ottawa.

Ritchie J.C. and McHenry J.R., 1990, *Application of radioactive fallout Caseium-137 for measuring soil erosion and sediment accumulation rates and patterns: a review*. Journal of Environmental Quality 19. 215-233.

Robinette, C.E. 1975, *Corn yield study o selected Maryland soil series* Univ. of Maryland, College Park.

Romkens M.J., Roth C.B.,Nelson D.W. 1977, *Erodibility of selected clay subsoils in relation to phisical and chemical properties* Soil Sci. Soc. Am. J. 41:954-960.

Romkens M.J., Wang J.Y. 1985, *Soil translocations by rainfall*. Proc. Of Preserve the Land, Mississippi Academy of Sciences, Jackson.

Rose C.W., Hairsine P.B. 1990, *Interpreting the Role of Soil Strength in Erosion Processes* Catena Supplement vol. 17, Cremlingen.

Savu P. Tomiță O., Caurea Gh. 1979, *Îmbunătățiri funciare - lucrări practice* Instit. Agron. "Ion Ionescu de la Brad", Iași.

Sandu Gh. și colab. 1981, *Controlul evoluției solurilor din sistemele de îmbunătățiri funciare*, Editura Ceres, București.

Saxton K.E. and al. 1977, *Modeling Nitrate Movement and Dissipation in Fertilized Soils*, Soil Science Society of American Journal, Vol.41.

Saxton K.E., Porter M.A., McMahon T.A. 1986, *Soil water budgets for winter wheat by daily simulations*, ASAE, paper No. 86-2002.

Schwab G. O. and al. 1966, *Soil and Water Conservation Engineering*, Edit. J. Wiley & Sons Inc., New York.

Simanton J. R. and al. 1987, *Rangeland experiments for the WEPP project*, ASAE, no.87-2545

Shanholtz V.O. and al. 1975, *Optimizing Parameters for a Watershed Model*, Transactions of the ASAE.

Smith R.E., Goodrich D.C. and Quinton J.N. 1995, *Dynamic, distributed simulation of watershed erosion: The KINEROS2 and EUROSEM models* Journal of Soil and Water Conservation.

Stallings, J.H. 1950, *Erosion of topsoil reduces productivity*. Tech. Publ. No.98. USDA-SCS U.S. Government Printing Office, Washington, DC.

Stăncescu L., Ionescu V., Moraru N. Leinweber L. 1984, *Îndrumător tehnic pentru lucrări de îmbunătățiri funciare* - Editura Ceres, București.

Stănescu P., Taloescu Iuliana și Drăgan Livia 1969, *Contribuții la stabilirea unor indicatori de estimare a erozivității pluviale*, Analele Instit. De Cerc. pentru Îmb. Func.și Pedol., Vol. II, București.

Stănescu P. 1979, *Estimarea eroziunii potențiale pe terenurile agricole - (Contribuții metodologice și elemente de fundamantare a lucrărilor antierozionale în condițiile din România)* Teză doctorat, Instit. Agron. "N. Bălcescu" București, Fac. de Îmbunătățiri Funciare.

Stocking M. 1984, *Erosion and soil productivity*, Soil Conservation Programme, Land and Water Development Division, Rome

Sudar R.A., and al. 1981, *A predictive Model of Water Stress in Corn and Soybeans* Transactions of the ASAE, vol. 24. No.1, p.97-102.

TeSelle Gale W. 1994, *Geografic Information System for Managing Resources (GIS)- Agriculture and the Environment*, Cartography and GIS Division, SCS, USDA, Washington, DC.

Toderan I. 1989, *Răspunsuri posibile - corelație și prognoză*, Editura Dacia, Cluj-Napoca.

Torri D. 1987, *A teoretical study of soil detachability*. Catena Supplement 10. Braunschweig.

Tufescu C. 1991, *Studiu pedologic al perimetrului SCCCES Perieni, Jud. Vaslui* Of. județean pentru studii pedologice și agrochimice, Iași.

Uhland R.E. 1949, *Crop yields lowered by erosion*. SCS-TP-75. USDA, Washington, DC.

Van Engelen V.W.P., Wen T.T. 1995, *Global and National Soils and Terrain Digital Databases (SOTER)*, International Soil Reference and Information Centre.

Van Liew M.W. and Saxton K.E. 1983, *Slope Steepness and incorporated rezidue effects on rill erosion*. Transactions American Society of Agricultural Engineers ASAE 26:1738-1743.

Vătau A. și colab. 1994, *Harta erodabilității solurilor în România*, scara 1:500.000, ICPA, București.

Vătau A. și colab. 1994, *Harta zonării coeficienților de scurgere standard în România*, scara 1:500.000, ICPA, București.

Voorhees W.B. et al. 1981 *Alleviating temperature stress*. Modifying the root environment to reduce crop stress. American Society of Agricultural Engineer, St Joseph, MI.

Waling D.E. and He.Q 1997, *Models for Converting <sup>137</sup>Cs Measurements to Estimates of Soil Redistribution Rates on Cultivated and Uncultivatd Soils*, A Contribution to the IAEA Coordinated Research Programmes on Soil Erosion (d1.50.05) and Sedimentation (F3.10.01).

West L. T. and al. *Soil measurements : USDA Water Erosion Prediction Project*, ASAE, Paper no. 87-2543.

Williams J.R. 1974, *Predicting Sediment Yield Frequency for Rural Basins to determine Man's Effect on Long-Term Sedimentation* - Paris Symposium.

Williams J.R. 1976, *Water Yield Model Using SCS Curve Number* - Journal of Hidraulics Division.

Williams J.R., H.D. Berndt 1977, *Sediment Yield Prediction Based on Watershed Hydrology* -Transactions of the ASAE, Special Edition Vol.20SW.

Williams J.R. 1981, *Planning Research to Evaluate the Effect of Soil Erosion on Soil Productivity*. - pp. 202-208 In: Proc Workshop on Estimating Erosion and Sediment Yield on Rangelands, Tucson, AZ.

Williams J.R., Renard K.J. 1985, *Assessment of Soil Erosion and Crop Productivity with Process Models (EPIC)*, ASA, CSSA, SSSA.

Williams J.R., Kiniry J.R. 1991, *Water Quality Sensitivity to EPIC Crop Growth Parameters* - International Summer Meeting, Albuquerque Convention Center, New Mexico.

Wischmeier W.H., Smith D.D. 1978, *Predicting Rainfall Erosion Losses - A Guide to Conservation Planning*, USDA, Washington, DC.

Walling D.E., et al., *Models for converting radionuclide (<sup>137</sup>Cs, Excess <sup>210</sup>Pb, and <sup>7</sup>Be) measurements to estimates of soil erosion and deposition rates (Including Software for Model Implementation)*, <http://www-naweb.iaea.org/nafa/swmn/swmcn-databases.html>

Walling D.E., Quine T.A. *Use of Caesium-137 as a tracer of erosion and sedimentation: handbook for the application of the Caesium-137 technique*. Exeter. University of Exeter. (1993) pp.15-97.

WOCAT – *World Overview of Conservation Approaches and Technologies* – [www.wocat.net](http://www.wocat.net)

Young R.A. Romkens M.J.M. 1990, *Temporal Variations in Soil Erodibility* Catena Supplement vol. 17, Cremlingen.

Zingg. A.W. 1940 *Degree and length of land slope as it affects soil loss in runoff* Agric. Eng. 21:59-64.

Zapata F. and Garcia-Agudo, E., 2000, *Future prospects for the Cs-137 technique for estimating soil erosion and sedimentation rates*. Acta Geologica Hispanica 35. 197-205.

Zapata F., 2002, *Handbook for the Assessment of Soil Erosion and Sedimentation Using Environmental Radionuclides*, Kluwer Academic Publishers, printed in the Netherlands.

\* \* \* 1981, *Metodologia de analiză agrochimică a solurilor în vederea stabilirii necesarului de amendamente și îngrășăminte*. Vol. I și II, Partea I - ASAS -ICPA, București.



ISBN 378-606-575-308-2



9 786065 175308

[www.editurastef.ro](http://www.editurastef.ro)