

# Monitoringul intensiv al depunerilor atmosferice în perioada anilor 1997 - 1998 în 7 ecosisteme forestiere din România

Dr.ing. Ion BARBU  
ing. Carmen IACOBAN  
ing. Ionel POPA  
ICAS Câmpulung Moldovenesc

Cercetările care se efectuează în cadrul programului ICP Forest (Internațional Cooperative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests) au ca obiective:

- supravegherea continuă pe scară largă a efectelor poluării aerului asupra pădurii;
- contribuția la o mai bună înțelegere a relațiilor de tip cauză - efect în cazul declinului generalizat al pădurilor.

Pentru realizarea acestor obiective, cercetările se desfășoară în cadrul unor programe incluse în trei nivele de monitoring de intensitate diferită: monitoring național, monitoring european nivel I și monitoring european intensiv nivel II.

Programul de monitoring european nivel II cuprinde la rândul său mai multe secțiuni (evaluarea stării coroanelor arborilor, studiul creșterilor și studiul compoziției materialului foliar și a solului, dinamica vegetației erbacee, fenologia și microclimatul specific fiecărui ecosistem etc.). În unele ecosisteme forestiere reprezentative pentru fiecare țară, sunt prevăzute măsurători continue ale depunerilor atmosferice, soluției solului și parametrilor meteorologici.

Pentru fiecare subprogram au fost stabiliți o serie de parametri obligatorii și o altă serie de parametri facultativi, care se determină prin metode identice sau comparabile, capabile să asigure comparabilitatea rezultatelor la nivel european.

Referitor la "depunerile atmosferice", manualul ICP Forest (*Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests*) cuprinde recomandări privind:

- alegerea tipului de captatori și amplasarea acestora în teren;
- metodele analitice și aparatura utilizate pentru analiza parametrilor fizico-chimici ai apelor de precipitații;
- asigurarea calității rezultatelor, prin măsuri ce se impun de la colectarea probelor până la prelucrarea datelor obținute.

Toate aceste recomandări urmăresc armonizarea tehnicilor de monitorizare, care să determine obținerea unor rezultate comparabile la nivel european.

Monitorizarea depunerilor atmosferice în ecosistemele forestiere din România respectă prevederile din manual atât în ceea ce privește instalarea, recoltarea și condiționarea probelor de precipitații cât și metodologia de analiză și validare a rezultatelor în laborator.

## Locul cercetărilor și metoda de cercetare

Cercetările au început în anul 1996 și continuă și în prezent în 7 ecosisteme forestiere reprezentative pentru fondul forestier al României. Suprafețele de probă permanente au fost instalate în arborete naturale și seminaturale în zone accesibile la o distanță de 1-3 km de o stație meteorologică din rețeaua INMH.

În tabelul 1 se prezintă localizarea suprafețelor experimentale în care se efectuează monitorizarea continuă a depunerilor atmosferice.

**Tabelul 1**  
**Localizarea suprafețelor experimentale pentru determinarea depunerilor atmosferice în ecosistemele forestiere din România**

Nr. supraf. experimentale	Numele supraf. experimentale	Longitudine	Latitudine	Alt. (m)	Tip vegetație
1.	Solca - brad	25°50'42"	47°44'03"	520	Brădet de prod. superioară afectat de uscarea normală
2.	Solca - molid	25°50'48"	47°44'22"	510	Plantatie de molid și brad
3.	Deia	25°34'02"	47°32'43"	790	Amestec de molid și brad
4.	Rarău	25°32'21"	47°28'34"	1100	Amestec de rășinoase cu fag
5.	Fundata	25°16'11"	45°25'59"	1461	Făget de mare altitudine pe calcare
6.	Mihăiești	24°59'33"	45°01'47"	573	Șleau de deal
7.	Ștefănești	26°10'	44°31'	90	Șleau de câmpie

## Lucrări de teren

Eșantionarea precipitațiilor se realizează cu 3 tipuri de captatori instalați în teren liber și sub coroanamentele arboretelor, iar a soluției solului cu plăci lizimetrice instalate la adâncimile de 10, 20, 40 și 60 cm pe profilul solului (tabelul 2). Amplasarea în teren a captatorilor de precipitații s-a făcut randomizat la 7-10 m unul de altul cu scopul de a minimiza influența variabilității densității coroanelor asupra

**Tabelul 2**  
**Principalele caracteristici ale captatorilor de precipitații și lizimetrelor pentru soluția solului, instalați în suprafețele experimentale permanente**

Tipul de captator	Suprafața colectorului (cm <sup>2</sup> )	Număr de captatori instalați					
		În teren liber	Sub coronament	Soluția solului la ... cm			
				10	20	40	60
Jgheab din PVC	1000	2	6	-	-	-	-
Cilindru din polietilenă	83	4	8	-	-	-	-
Pungă din polietilenă	93	4	8	-	-	-	-
Placă lizimetrică (1996-1997)	1500	-	-	1	1	1	1
Placă lizimetrică (1998-1999)	500	-	-	2	2	2	2

eșantionului mediu prelevat.

Recoltarea probelor s-a făcut bilunar, în perioada aprilie-octombrie și lunar, în sezonul rece (noiembrie-martie).

În teren s-au măsurat cantitățile colectate la fiecare captator și s-a realizat o probă medie prin amestecarea probelor simple obținute de la fiecare colector. Probele medii astfel obținute au fost etichetate și transportate la laborator pentru analize. Personalul de teren a asigurat întreținerea și curățarea instalațiilor după fiecare recoltare.

### Lucrări de laborator

După recepționarea probelor în laborator au fost efectuate următoarele activități:

- înscrierea probelor în registrul de evidență din laborator;
- filtrarea probelor;
- determinarea pH-ului și a conductivității într-un timp cât mai scurt de la recepționarea acestora;
- determinarea concentrațiilor ionilor NH<sub>4</sub><sup>+</sup> și NO<sub>3</sub><sup>-</sup> într-un interval de timp cât mai scurt de la recepționarea probelor;
- determinarea concentrației ionilor SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> și Cl<sup>-</sup>, precum și a ionilor metalici Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>.

Metodele analitice și aparatura folosite sunt prezentate în tabelul 3.

Pentru asigurarea calității și comparabilității rezultatelor, în laborator au fost analizate periodic un număr de 5 probe sintetice preparate în laboratorul ICAS, precum și alte probe sintetice care au constituit obiectivul exercițiilor de intercalibrare AQUACON, organizate de Istituto Italiano di Idrobiologia.

### Rezultate obținute

Estimarea fluxului anual sau periodic al ionilor minerali din atmosferă se bazează pe estimarea cantitativă a precipitațiilor și pe determinarea compoziției chimice a acestora. Termenii ecuației sunt influențați de caracteristicile fizico-geografice și de arboretul din cele 7 ecosisteme studiate, pe de o parte, și de precizia determinării cantitative și calitative a precipitațiilor, pe de altă parte.

Pentru a reduce la maximum posibil sursele de erori s-a procedat, pentru perioada analizată (ianuarie 1997 - decembrie 1998) la eșantionarea redundantă cu trei tipuri de captatori și la calculul separat al valorilor medii.

Pe baza rezultatelor astfel obținute s-a calculat valoarea medie din cele 3 eșantioane pe care o considerăm cea mai bună estimare și pe care o vom discuta în continuare.

Formula de calcul adoptată pentru estimarea fluxului de ioni (Q) a fost următoarea:

$$Q[\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}] = \frac{\sum_{i=1}^n P_i(m_m) \cdot \text{concentrația } i \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}}{100}$$

în care:  $P_i$  reprezintă cantitatea medie de precipitații măsurate în perioada  $i$ ;

$i=1, 2, \dots, n$  - numărul perioadei din an;

$n$  - numărul de perioade din an în care s-au recoltat probe ce s-au analizat în laborator;

concentrația  $i$  - concentrația medie a ionului analizat din probele recoltate în perioada  $i$ , exprimat în  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ .

**Tabelul 3**  
**Parametrii obligatorii determinați, metodele analitice, aparatura utilizată și limitele de detecție stabilite experimental în laborator**

Parametrul	U.M.	Aparatura în dotare	Metode analitice	Limite de detecție $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$
pH		pH/metru WTW	Potențiometrie	0,01
Conductivitate	$\mu\text{S}/\text{cm}$	Conductometru-JENWAY	Conductometrie	0,10
K	$\text{mg}/\text{l}$	Flamfotometru Jena	Emisie în flacără	0,30
Ca	$\text{mg}/\text{l}$	Flamfotometru Jena	Emisie în flacără	1,00
Mg	$\text{mg}/\text{l}$	Spectrofotometru cu absorbție atomică	Spectrofotometrie cu absorbție atomică	0,10
Na	$\text{mg}/\text{l}$	Spectrofotometru cu absorbție atomică	Spectrofotometrie cu absorbție atomică	0,10
N-NH <sub>4</sub>	$\text{mg}/\text{l}$	Spectrofotometru JENWAY	Spectrofotometrie	0,04
Cl	$\text{mg}/\text{l}$	Spectrofotometru JENWAY	Spectrofotometrie	0,10
N-NO <sub>3</sub>	$\text{mg}/\text{l}$	Spectrofotometru JENWAY	Spectrofotometrie	0,03
S-SO <sub>4</sub>	$\text{mg}/\text{l}$	Spectrofotometru JENWAY	Spectrofotometrie	0,05
Alcalinitate	$\mu\text{E}/\text{l}$	pH-metru WTW	Potențiometrie	2,00

## Comparație între datele pluviometrice înregistrate în 7 ecosisteme forestiere din România în 1997 și 1998

Variabilitatea spațială și temporală a cantității precipitațiilor în zona temperată este bine cunoscută. Cercetările noastre au pus în evidență această variație, iar estimarea cu cele trei tipuri de captatori ai cantității de precipitații ne permite să eliminăm în mare parte inconvenientele folosirii unui singur tip de captator. Valoarea medie calculată o considerăm valoarea cea mai probabilă pentru estimarea fluxului de ioni în ecosistemele forestiere. Pe baza valorilor medii astfel calculate s-a determinat pentru fiecare perioadă din an și anual interceptția în coronament a precipitațiilor și cantitatea de precipitații ajunse la sol în fiecare suprafață experimentală.

În tabelul 4 au fost sintetizate valorile medii anuale ale precipitațiilor măsurate în teren liber și sub coronamentul pădurii în ecosistemele forestiere studiate, iar pe baza acestora s-a calculat interceptția medie anuală. Așa cum este cunoscut, coroanele arborilor joacă un rol foarte important în modificarea bilanțului apei pe spații mari și în filtrarea aerului datorită suprafeței de recepție mare, compusă din frunze, ace și ramuri de diferite mărimi. Se constată că retenția precipitațiilor în coronament este redusă la 3-23% în cazul unor precipitații abundente de 80-60 mm/perioadă (cu cât precipitațiile sunt mai abundente cu atât retenția este mai redusă); la precipitațiile reduse (5-20 mm/perioadă) retențiile

**Tabelul 4**

**Precipitații medii înregistrate în 1997 și 1998 în teren liber și sub coronamentul pădurii în 7 ecosisteme forestiere din România**

Anul	Suprafața experimentală	Precipitații (mm)		Interceptția medie în coronament(%)
		Teren liber	Sub coronament	
1997	Solca Brad	614,8	399,7	35
1997	Solca Molid	614,8	7425,6	31
1998	Solca Brad	703,6	606,3	14
1998	Solca Molid	703,6	429,3	39
1997	Deia	516,1	470,5	9
1998	Deia	691,8	470,5	32
1997	Rarău	721,5	52,5	28
1998	Rarău	928,3	659,7	29
1997	Fundata	938,3	683,9	27
1998	Fundata	968	684,7	29
1997	Mihăiești	701,2	559,7	20
1998	Mihăiești	674,6	557,8	17
1997	Ștefănești	746	514,3	31
1998	Ștefănești	417,2	321	33

Lipsește datele din perioada 30.06.97/27.07.98 (captatori distruși).

în coronament au valori maxime depășind 50% din valorile măsurate în teren liber. În funcție de specie, vârstă și structura arboretelor interceptția în coronament este foarte variabilă.

Cele mai mari variații s-au înregistrat la Ștefănești, Rarău și Solca, iar cele mai mici la Fundata. Interceptția în coronament s-a menținut în linii mari la valori comparabile cu excepția SE Solca-Brad în care indicii de desime s-a redus prin extragerea unor arbori care s-au uscat în 1998. Interceptția medie anuală în coroane are valori maxime (30-39%) arboretele de rășinoase (Solca-Molid, Rarău și Deia) și valori mai mici în arboretele de foioase (17-33%).

## Depunerile anuale de ioni minerali din precipitații în 7 ecosisteme forestiere din România în 1997 și 1998

Variabilitatea mare a precipitațiilor sub raport cantitativ și calitativ determină variabilitatea periodică și anuală a fluxului ionilor minerali din atmosferă în ecosistemele forestiere studiate.

Pe baza calculelor efectuate s-au evaluat depunerile anuale de ioni minerali din precipitațiile în teren liber și sub coronamentul pădurii, în toate ecosistemele studiate. În tabelul 5 se prezintă comparativ, pentru anul 1997 și 1998, cantitățile (kg/ha/an) de ioni care ajung la sol influențând chimismul soluției solului și activitatea fiziologică a arborilor.

Rolul de filtru al coronamentului pădurii este pus în evidență de coeficientul de încărcare al precipitațiilor.

În perioada dintre două căderi de precipitații aerul atmosferic, conținând pulberi sau aerosoli, depune în coroanele arborilor cantități apreciabile de ioni. La apariția precipitațiilor aceste depuneri solide sunt dizolvate parțial sau total și antrenate de pe frunze/ace și lujeri la sol. Așa se explică faptul că cea mai mare parte a probelor de precipitații recoltate sub masiv au o concentrație mai mare decât în teren liber. Pe baza datelor care estimează intrările de ioni minerali în perioada ianuarie 1997 - decembrie 1998 s-a calculat, pentru fiecare ion analizat, coeficientul de încărcare a precipitațiilor cu formula:

$$C.I. = \frac{Q_{s.c.} \cdot x \text{ (kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}\text{)}}{Q_{i.r} \text{ (kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}\text{)}}$$

C.I. reprezintă coeficientul de încărcare;

**Tabelul 5**

**Fluxul de precipitații (mm) și ioni minerali (kg\*ha<sup>-1</sup>\*an<sup>-1</sup>) înregistrate în anul 1997 și 1998 în 7 ecosisteme din România**

Suprafața experim.	An	P	K	Ca	Mg	Na	N-NH <sub>4</sub>	Cl	N-NO <sub>3</sub>	S-SO <sub>4</sub>
Solca teren liber	1997	614,80	3,60	5,60	0,60	1,40	5,70	7,60	4,30	5,30
	1998	703,60	15,40	9,80	1,30	2,90	13,10	10,00	5,60	8,30
Solca s.c.*) Brad	1997	399,70	28,10	5,80	1,10	2,50	13,10	7,30	4,70	14,90
	1998	606,30	44,70	12,60	3,20	4,40	16,10	9,90	9,10	24,90
Solca s.c. Mold	1997	425,60	17,80	11,90	1,50	1,90	11,90	4,50	6,10	9,80
	1998	429,30	26,80	7,40	1,70	3,00	10,90	6,50	3,70	10,30
Rarău teren liber	1997	721,50	9,10	11,80	0,60	2,50	7,70	14,40	1,40	9,20
	1998	928,30	4,00	13,10	1,70	5,00	8,92	7,80	1,90	8,00
Rarău s.c.	1997	521,50	12,50	7,50	1,20	1,30	6,50	3,00	3,00	11,00
	1998	659,70	18,70	9,10	1,40	3,40	8,50	5,80	2,50	10,20
Deia Teren liber	1997	8516,12	2,10	9,20	1,10	2,60	5,80	6,30	0,80	5,60
	1998	691,80	8,10	6,20	1,00	2,90	7,50	6,20	2,10	7,30
Deia s.c.	1997	470,50	17,80	16,30	1,20	7,50	15,00	16,00	5,00	10,50
	1998	470,50	14,20	6,00	1,10	2,70	8,10	5,30	2,30	8,10
Fundata teren liber	1997	938,30	4,00	37,40	1,30	4,20	8,40	4,80	3,00	14,90
	1998	968,00	5,00	10,80	1,20	2,50	12,60	4,30	2,70	13,70
Fundata s.c.	1997	683,90	14,90	34,10	1,60	3,40	6,00	4,60	1,60	14,40
	1998	684,70	12,40	11,70	1,50	2,40	7,20	2,40	2,60	12,00
Mihăiești teren liber	1997	701,20	5,50	17,00	1,00	2,40	8,50	4,10	2,60	13,70
	1998	674,60	5,10	10,70	1,00	3,00	7,30	4,10	3,30	10,00
Mihăiești s.c.	1997	559,70	35,70	17,00	2,80	3,10	14,40	5,50	1,10	13,50
	1998	557,80	46,00	16,50	3,90	3,10	16,10	5,80	4,70	11,00
Ștefănești teren liber	1997	746,00	3,70	23,80	1,40	2,40	7,60	11,60	5,90	14,10
	1998	417,20	6,80	30,90	14,80	15,00	7,10	13,30	12,70	15,20
Ștefănești s.c.	1997	514,30	36,80	23,60	4,60	3,20	11,10	12,00	4,00	12,60
	1998	321,00	46,40	22,20	7,50	4,90	9,80	15,10	11,10	14,30

s.c. sub coronament

$Q_{s.c.}$  (kg\*ha<sup>-1</sup>\*an<sup>-1</sup>) - cantitatea estimată sub coronamentul pădurii în kg ha<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup>;

$Q_{tl}$  (kg\*ha<sup>-1</sup>\*an<sup>-1</sup>) - cantitatea estimată în teren liber kg ha<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup>.

Se constată că valorile maxime le are coeficientul de încărcare al ionilor de K, Mg și SO<sub>4</sub>, iar valorile minime Cl, Na, NO<sub>3</sub> și NH<sub>4</sub>. O analiză mai detaliată a semnificației mărimii coeficientului de încărcare și a influenței reciproce dintre coronament (frunze) și precipitații va fi prezentată la sfârșitul ciclului de cercetare.

## Concluzii

- Funcționarea ecosistemelor terestre, în general, și ale ecosistemelor forestiere, în special, sub impactul poluării atmosferice preocupă tot mai mult specialiștii din diverse țări ale lumii.

- În toate țările puternic dezvoltate și în țara noastră, în special în zonele intens poluate, s-a constatat o scădere evidentă a vitalității arborilor puși

în legătură cu aportul de ioni poluanți prin intermediul precipitațiilor atmosferice.

- Cercetările în care se încadrează subprogramul

“Depuneri atmosferice” fac parte din categoria cercetărilor fundamentale, interdisciplinare, sistemice și au ca obiectiv stabilirea parametrilor funcționali și decelarea rolului depunerilor atmosferice și interacțiunile acestora cu biomasa foliară și solul.

- Datele complete prelucrate pentru anii 1997 și 1998 din 7 ecosisteme forestiere reprezentative arată o mare variabilitate spațială și temporală a încărcărilor cu ioni poluanți.

- Zonele cele mai poluate cu ioni considerați responsabili pentru devitalizarea pădurilor sunt Solca cu 15-25kgS\*ha<sup>-1</sup>\*an<sup>-1</sup>, 4-10 kg N-NO<sub>3</sub>\*ha<sup>-1</sup>\*an<sup>-1</sup> și 10-16 kg N-NH<sub>4</sub>\*ha<sup>-1</sup>\*an<sup>-1</sup>; Ștefă-

nești 12-14kg \*ha<sup>-1</sup>\*an<sup>-1</sup> S-SO<sub>4</sub>, 11-12 kg \*ha<sup>-1</sup>\*an<sup>-1</sup> N-NO<sub>3</sub>, 10-11 kg \*ha<sup>-1</sup>\*an<sup>-1</sup> N-NH<sub>4</sub>.

- Zona cea mai slab populată pare a fi Rarău și Deia situate în zona internă a Carpaților Orientali, ferită de impactul direct al poluanților. Valorile intrărilor de ioni în 1997 și 1998 în aceste suprafețe experimentale au fost estimate la 8-11 kg \*ha<sup>-1</sup>\*an<sup>-1</sup> S-SO<sub>4</sub>, 2-5 kg \*ha<sup>-1</sup>\*an<sup>-1</sup> N-NO<sub>3</sub> și 8-15 kg \*ha<sup>-1</sup>\*an<sup>-1</sup> N-NH<sub>4</sub>.

- Frecvența ploilor acide (pH <5,5) înregistrate în teren liber în suprafața experimentală Solca în perioada cercetată (1997-1998) este de 60-70%, iar în suprafețele experimentale Rarău și Deia 24-25% din totalul căderilor de precipitații.

## BIBLIOGRAFIE

B a r b u I., 1991: *Moartea pădurii. Simptom al degradării mediului*. Ed.Ceres, București.

B a r b u I. et al., 1995 - 1997: *Cercetarea privind dinamica depunerilor minerale din atmosferă și nutriția speciilor de arbori în principalele ecosisteme forestiere*. Referate științifice parțiale. Manuscris ICAS, București.

Barbu I., Iacoban Carmen, Chichifoi L., 1997: *Intensive monitoring of deposition in forest ecosystems in Romania*. Forest Research Station Câmpulung Moldovenesc.

Badea O., Pătrășcoiu N., Geambașu N., Barbu I., Bolea V., 1998: *Forest condition monitoring in Romania*. Ed. Office National des Forêts, Departement des

Recherches Techniques.

UN/ECE-CEC, 1994: *Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests*. PCC, Praga, 177 pp.

\*\*\* NILU, 1995 / EMEP manual for sampling and chemical analysis. Norwegian Institute for Air Research, Kjeller, Norway.

---

### Intensive monitoring of depositions in 7 forest ecosystems in Romania in 1997 and 1998

#### Abstract

Monitoring of atmospheric deposition in Romanian forest ecosystems follows the recommendations of the ICP/Forest Programme. The plots monitored in this project are located in the northern (1-4) and southern (5-7) part of Romania (tab.1). All plots are located in natural and seminatural forests. Sampling was done in the open field, under the canopy and soils / soil solution / at different depth (10, 20, 40 and 60 cm). Samples were measured and chemically analyzed to determine the content of major ions. Sampling was made at two weeks in vegetation period (IV-X) and monthly in the cold period (XI-III).

- Estimation of flux of mineral ions for 1997 and 1998 in 7 forest ecosystems show a great spatial and temporal variability.

- The most polluted zones with ions considered responsible for forest decline (S-SO<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub> and N-NH<sub>4</sub>) are Solca with 15-25 kg S\*ha<sup>-1</sup>\* an<sup>-1</sup>, 4/10 kg N/NO<sub>3</sub> kg S \*ha<sup>-1</sup>\* an<sup>-1</sup> 10-16 kg N-NH<sub>4</sub> ha<sup>-1</sup>\* an<sup>-1</sup> and Ștefănești with 12-14 ha<sup>-1</sup>\* an<sup>-1</sup> S-SO<sub>4</sub>, 11-12 ha<sup>-1</sup>\* an<sup>-1</sup> N-NO<sub>3</sub>, 10-11 ha<sup>-1</sup>\* an<sup>-1</sup> N-NH<sub>4</sub>.

- The less affected zone is Rarău - Deia located in the internal area of East Carpathians.

- The frequency of acid rains (pH<5,5) registered in open fields in Solca/plot were 60/70% into period 1997/1998 and 24/25% in the plots Deia and Rarău.

**Keywords:** forest monitoring, pollution effects.