

## **Cercetări privind dinamica depunerilor minerale din atmosferă și nutriția speciilor de arbori în principalele ecosisteme forestiere**

Research on the dynamics of atmospheric mineral deposition, in the main forestry ecosystems

**Dr. ing. Ion Barbu**

Pe baza cercetărilor efectuate în ultimii 15 ani atât în țara noastră cât și în alte țări europene asupra fenomenului de uscare anormală a pădurilor s-au formulat mai multe ipoteze globale care încearcă să explice acest fenomen.

Una dintre aceste ipoteze are la bază nivelul ridicat al poluării mediului (aer, ape din precipitații, sol, vegetație). S-au stabilit legături indubitabile între starea de sănătate a arborilor și nivelul poluării. Poluarea aerului (și prin intermediul acestui vector), poluarea solului și apelor determină modificări, uneori importante în comportamentul fiziologic al arborilor.

Modificarea mediului de viață al arborilor nu este cunoscută decât parțial. Verificarea pe spații mari a acestei ipoteze ar permite formularea în viitor a unor răspunsuri la următoarele probleme :

- relația dintre nivelul poluării în apele de precipitații și sol și nutriția arborilor forestieri;
- răspunsul fiziologic al arborilor la acumularea poluanților în aer și în sol;
- prognoza evoluției ecosistemelor forestiere din zonele intens poluate.

Scopul cercetărilor în cadrul prezentei teme (monitoring european nivel II) este de a stabili dinamica "intrărilor" în ecosistem prin intermediul apelor din precipitații care "spală" atmosfera și antrenează pe organele exterioare ale arborilor și în sol o serie de ioni minerali al căror rol fiziologic nu este încă pe deplin cunoscut.

Cercetările se efectuează în ecosisteme forestiere reprezentative pentru fondul forestier al României.

Având în vedere distribuția inegală a poluanților în teritoriu se preconizează cercetarea în paralel a aceluiași ecosistem în zona "poluată" și mai puțin poluată, urmând a se preciza pe baza acestor cercetări, dacă efectiv poluarea și "intrările" de poluanți influențează semnificativ starea de sănătate a arborilor și arboretelor.

Cercetările fac parte dintr-un program mai amplu de cercetări care se efectuează în majoritatea țărilor europene după o metodologie unitară.

**Lucrări efectuate** au fost grupate în 3 faze (tabelul 1):

Tabelul 1

Definirea obiectivelor urmărite	Lucrări de teren	Lucrări de laborator	Lucrări de birou
A. Stabilirea factorilor care influențează variabilitatea încărcării cu ioni poluanți a precipitațiilor	- Recoltarea periodică a precipitațiilor din aceeași cădere din locuri diferite (222 probe)	- Analize complete repetate de 2-5 ori	- Analiza statistică a rezultatelor (lunar)
B. Intercalibrarea laboratorului I.C.A.S. cu alte laboratoare din țară și din	- Recoltarea periodică de precipitații și trimiterea la 2-3	- Analize specifice repetate	- Compararea rezultatelor. Interpretări

Europa pentru stabilirea nivelului de precizie al rezultatelor analizelor	laboratoare APM (26 probe)		
---	----------------------------	--	--

Faza 1. Calibrarea rezultatelor experimentale de laborator  
Instalarea a trei blocuri experimentale pentru captarea depunerilor atmosferice totale (uscate + umede) în teren liber și sub coronamentul pădurii

Faza 2. Desfășurarea cercetărilor în cele 3 suprafețe experimentale instalate

Faza 3. Elaborarea și testarea modelului experimental pentru determinarea circuitului ionilor în ecosistemele forestiere din cele 3 suprafețe experimentale instalate

Faza 2. Desfășurarea cercetărilor în staționar în trei suprafețe experimentale

#### Locul cercetărilor

- O.s. Solca, U.P. I Solca, u.a. 64 Brad (90 ani), u.a. 65 B amestec de molid, brad, fag, carpen (35 ani).
- O.s. Tomnatic, U.P. VI Tomnatic, u.a. 56 B. Arboret relativ plurien amestecat de brad și molid (60-90 ani). Altitudine 780 m.
- O.s. Pojorâta, U.P. I Rarău, u.a. 89 B. Arboret relativ echien amestecat brad, molid, fag, vârsta 70 ani, altitudinea 1100 m.

#### Lucrările de teren au vizat:

- identificarea a trei arborate reprezentative din etajul amestecurilor de rășinoase cu fag în nordul țării (Bucovina);
- delimitarea suprafețelor de cercetare, inventarierea și descrierea detaliată a arboretului și arborilor; În fiecare suprafață de cercetare a fost delimitată o suprafață de 2000 m<sup>2</sup> (50 x 40 m) în care s-au inventariat și ridicat în plan poziția fiecărui arbore și a captatorilor instalați sub masiv.
- pregătirea echipamentelor de captare a precipitațiilor și instalarea lor în teren.

În tabelul 2 se prezintă numărul de captatori instalați în fiecare suprafață experimentală.

**Tabelul 2.** Captatori de precipitații instalați în 1996 în suprafețele de cercetare experimentală în staționar

Suprafața de cercetare	Nr. captatori instalați						Periodicitatea recoltării probelor
	Teren liber	Sub coronament	Lizimetre în sol la adâncimea ... (cm)				
			10	20	40	60	
Solca 1 - Brad	1	6	1	1	1	1	săptămânal
Solca 2 - Mo+Br+Ca	1	5	-	-	-	-	
Tomnatic Deia	2	6	1	1	1	1	săptămânal
Rarău	2	6	1	1	1	1	săptămânal

- recoltarea periodică (săptămânală) a probelor, măsurarea, etichetarea și transportul la laborator a probelor.
- verificarea în teren a integrității instalațiilor, completarea și înlocuirea captatorilor deteriorați sau furăți.

### **Lucrările de laborator au vizat:**

- pregătirea probelor pentru analize (măsurare, filtrare, depozitare).
- efectuarea analizelor chimice (pH, SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, Cl, Na, K, Mg) și a măsurătorilor fizice (conductivitate) conform metodicii și obiectivelor stabilite pe baza evaluării periodice a rezultatelor obținute. În perioada 30.04 - 31.10.1996 au fost recoltate din teren și analizate în laborator un număr de 416 probe. Pe suprafețe experimentale au fost analizate : 132 probe din S.E. Deia, 139 probe din S.E. Rarău și 145 probe din S.E. Solca.

- faza 3: elaborarea modelului experimental pentru determinarea circuitului ionilor în ecosistemul forestier.

**Lucrările de teren** au constat din instalarea unor captatori pentru recoltarea și analiza soluției solului. În fiecare suprafață experimentală a fost săpat un profil de sol magistral până la roca mamă de sol (1 - 1,2 m). În fiecare profil s-au instalat câte 4 plăci lizimetrice cu suprafața de recepție de 50 x 30 cm = 1500 cm<sup>2</sup> la adâncimile de 10, 20, 40 și 60 cm. Acestea preiau apa care percolează solul și o conduc la un recipient din care apa este recoltată periodic (săptămânal) pentru analize.

**La birou** s-a realizat prelucrarea datelor experimentale și a constat din următoarele lucrări:

- analiza periodică a rezultatelor obținute în laborator și stabilirea măsurilor ce se impun pentru înlăturarea erorilor și identificarea surselor de eroare;

- validarea rezultatelor de laborator pe baza analizelor repetate și a metodelor interne de control;

- coroborarea datelor din teren cu analizele de laborator;

- stabilirea tehnicii de prelucrare unitară a datelor;

- introducerea datelor în computer și obținerea informațiilor prelucrate;

- stocarea informațiilor în banca de date, clasarea și interpretarea unitară a rezultatelor;

- analiza comparativă a seriilor de probe (teren liber, sub coronament, soluția solului) în vederea unei interpretări unitare a rezultatelor;

- descrierea modelului ipotetic pentru interpretarea circuitului ionilor în ecosistemul forestier;

Multitudinea analizelor efectuate în laborator și stratificarea lor prezentată în paragrafele anterioare pune în evidență variații mari de la o perioadă la alta. Explicația acestor variații este greu de formulat în câteva cuvinte. Așa cum au demonstrat și cercetările anterioare, încărcarea cu ioni a precipitațiilor este foarte diversă și depinde de originea maselor de aer, gradul de puritate al zonei străbătute și al zonei în care se produc precipitațiile. În ceea ce privește precipitațiile sub coronament, încărcarea acestora depinde, în general, de gradul de acumulare al "depunerilor uscate" în intervalul dintre două căderi de precipitații, de originea și parametrii chimici ai depunerilor uscate și bineînțeles de "încărcarea" precipitațiilor din teren liber.

Pentru a elimina influența unor picuri irelevante pentru trendul curbei de evoluție a parametrilor am procedat la înlăturarea "zgomotului" din datele experimentale individuale prin ajustarea datelor empirice. S-au păstrat valorile medii obținute pentru fiecare grupă de captatori în parte, dar, prin calcularea unor medii glisante am obținut curbe mai netede care pun în evidență anumite tendințe pe care vom încerca să le evidențiem în continuare. Pe baza testărilor am ales mediile glisante obținute din 5 valori (5 per. Moving Average) două dinainte și două după valoarea pentru care se calculează media glisantă. Computerele actuale permit foarte ușor calculul mediilor glisante și pe această bază compensarea rezultatelor.

În ceea ce privește **variația parametrilor chimici ai precipitațiilor în teren liber** pe baza datelor obținute în laborator au fost calculate și trasate curbele corespunzând mediilor glisante pe 5 perioade ale pH, conductivității,  $\text{SO}_4$ , Cl,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$  din precipitațiile în teren liber pe perioada analizată.

Pentru suprafața experimentală Solca se constată o tendință evidentă de acidificare a precipitațiilor în lunile de toamnă. Această tendință va continua probabil și în lunile de iarnă.

Pentru suprafața experimentală Deia și Rarău curba de variație a mediilor glisante este monotonă, neevidențiindu-se tendințe clare. Deși la SE Rarău pH-ul precipitațiilor nu indică acidificare, conductivitatea are valori evident crescătoare în lunile de toamnă. La SE Solca s-au înregistrat valori ale conductivității mai ridicate primăvara la începutul sezonului de vegetație.

În ceea ce privește încărcarea cu ioni  $\text{SO}_4^{2-}$  la SE Solca se constată o relație directă între conductivitate și încărcarea cu  $\text{SO}_4$ . La celelalte SE legătura nu este evidentă. Ionul Cl are fluctuații importante valorile medii înregistrate în SE Rarău și Deia depășind de două ori valoarea înregistrărilor în SE Solca.

Tendințe mult mai clare se înregistrează în ceea ce privește dinamica  $\text{NO}_3^+$  și  $\text{NH}_4^+$ . La toate suprafețele experimentale se constată un maxim al concentrației  $\text{NO}_3$  în timpul verii cu valori medii de 7 - 13 mg/l și valori minime în afara sezonului de vegetație. Ionul  $\text{NH}_4$  manifestă o tendință inversă având în toate suprafețele experimentale valori maxime (1,5 - 4 mg/l) în afara sezonului de vegetație și valori minime vara (0,7 - 1,2 mg/l).

Referitor la **variația parametrilor chimici ai precipitațiilor sub coronamentul arboretelor**, pe baza valorilor medii ponderate calculate pentru fiecare suprafață experimentală în parte, s-au calculat mediile glisante pe 5 perioade care au fost reprezentate grafic.

Aceleași tendințe generale se înregistrează și în cazul precipitațiilor sub coronament. De remarcat că la SE Solca precipitațiile sub masiv sunt mai puțin acide decât în teren liber, iar la SE Rarău și Deia, la care s-au înregistrat frecvent precipitații neutre, scurgerile de sub coronament sunt mai acide decât precipitațiile din teren liber.

Dinamica conductivității este inversă la precipitațiile de sub coronament comparativ cu valorile înregistrate în teren liber. Primăvara se înregistrează valori maxime, vara minime și o tendință evidentă de creștere se înregistrează toamna.

O analiză mai detaliată a acestor tendințe va fi posibilă după minimum 2 - 3 ani de măsurători sistematice. Ionul sulfat înregistrează valorile maxime în afara sezonului de vegetație (6 - 8 mg/l în SE Solca și 2,5 - 4,3 mg/l în SE Rarău și Deia) iar valorile minime la sfârșitul verii (1 - 2,5 mg/l).

În medie "intrările" de ioni  $\text{SO}_4$  la Solca sunt duble (3,8-4 mg/l) față de Rarău (1,84 mg/l).

Clorul are valori reduse (0,5-3,5 mg/l) și nu evidențiază variații importante în cursul anului la nici una dintre suprafețele experimentale. Sistematic însă încărcările din SE Solca sunt duble sau triple față de Deia și Rarău.

Ionul nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) are aceeași tendință ca în teren liber înregistrând concentrările maxime vara (8-10 mg/l la Deia și Rarău și 20-22 mg/l la Solca). De remarcat că la Solca concentrația medie a  $\text{NO}_3$  în precipitațiile de sub coronament au valori duble comparativ cu terenul liber iar în SE Deia și Rarău au valori comparabile atât în teren liber cât și sub coronament.

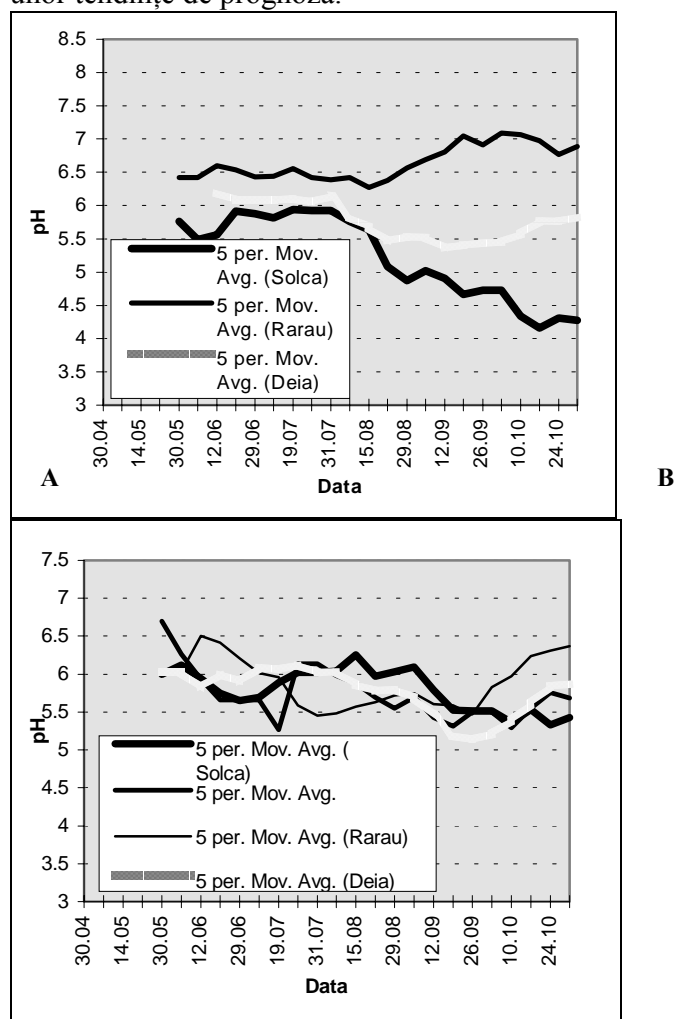
Analiza comparativă a ionului amoniu pune în evidență o încărcare de circa 4 ori mai mare a precipitațiilor sub coronament comparativ cu terenul liber la Solca, valori comparabile la Rarău și de 3 ori mai mari la Deia.

Analiza comparativă a încărcării precipitațiilor în teren liber și sub coronament în SE Solca din acest an au pus în evidență că zona în care este amplasată SE Solca este mult mai expusă căderii unor precipitații cu încărcări mari de ioni poluanți și cu caracter acid. Din totalul

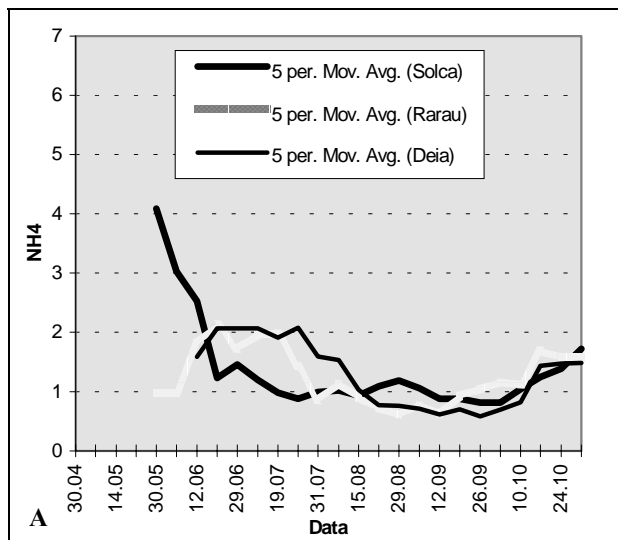
analizelor efectuate în acest an a rezultat că în SE Solca 68% din precipitațiile săptămânale căzute au fost acide; la SE Deia circa 40% iar la SE Rarău numai 21% din probele analizate au avut caracter acid ( $\text{pH} < 5,6$ )

Din aceste motive am ales pentru comparație SE Solca în care tendințele de evoluție în timp ale parametrilor chimici sunt mai evidente.

În fig. 1-6 s-au reprezentat valorile absolute pentru fiecare SE și fiecare perioadă și s-au reprezentat curbele medii glisante care ajustează mai bine datele empirice și permit formularea unor tendințe de prognoză.



**Fig. 1.** Variația pH-ului în teren liber (A) și sub coronament (B) pentru cele trei suprafețe cercetate



B

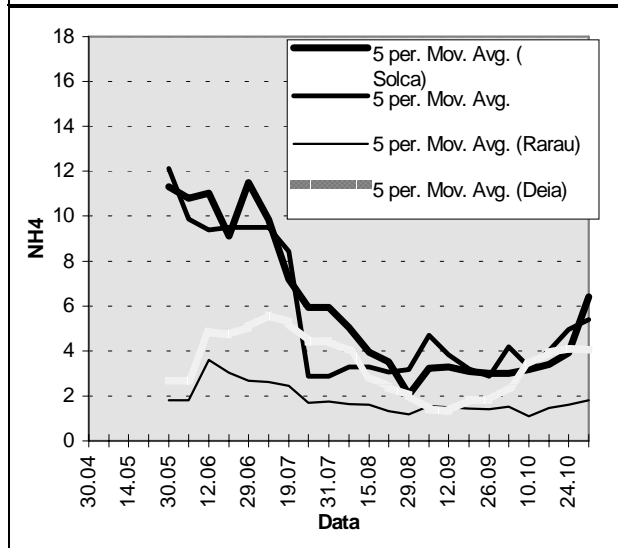
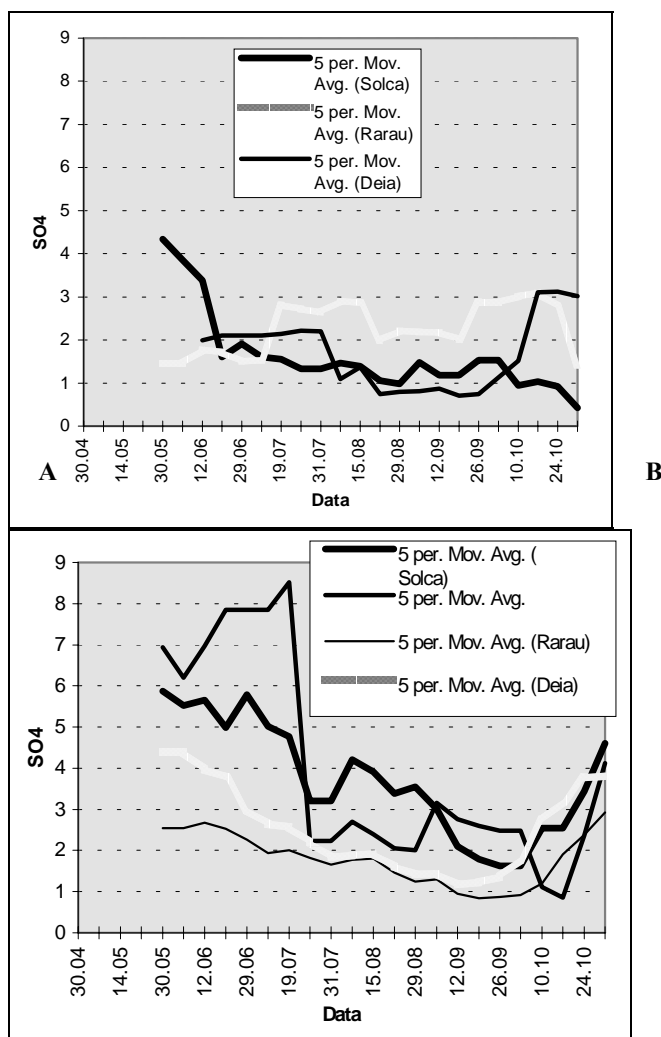


Fig. 2. Variația NH<sub>4</sub> în teren liber(A) și sub coronament(B) pentru cele trei suprafețe cercetate



**Fig. 3.** Variația SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> în teren liber(A) și sub coronament(B) pentru cele trei suprafețe cercetate

Se constată o ciclicitate evidentă a pH-ului, valorile minime înregistrându-se în sezonul rece (pH 3,7 - 4) iar valorile maxime în sezonul cald.

Din analiza curbei mediilor glisante pe 5 perioade se constată că în timpul sezonului de vegetație practic nu există diferențe între pH-ul precipitațiilor în teren liber și sub coronament, iar în sezonul rece aceste diferențe se accentuează ajungând până la 1 - 1,5 unități pH.

Conductivitatea are valori maxime în sezonul cald, înregistrându-se în mai - iulie. Sub coronament valoarea conductivității este de 2-4 ori mai mare ca în teren liber indiferent de sezon.

Încărcarea cu ioni SO<sub>4</sub> atinge valoarea maximă în sezonul rece (în teren liber) și la începutul sezonului cald sub coronament. Minima se înregistrează la începutul toamnei. Între încărcarea în teren liber și sub coronament sunt diferențe de 2 - 4 ori. Aceeași tendință pentru Cl.

Ionul nitrat are valori comparabile în probele recoltate sub molidișul tânăr și de 2-4 ori mai mari sub arboretul de brad afectat de uscure. Această situație trebuie urmărită pe viitor pentru a stabili dacă diferențele sunt întâmplătoare sau o cauzalitate care trebuie evidențiată.

Ionul  $\text{NH}_4$  înregistrează valoarea maximă la precipitațiile de sub coronament, în ambele arborete fără diferențe sensibile între ele. Raportul dintre încărcarea cu ioni amoniu la precipitațiile de sub coronament și în teren liber se mențin toată perioada în jurul valorii de 4 : 1.

**Concluziile** în această etapă au caracter preliminar și trebuie privite cu multă circumspecție.

- Acest gen de cercetări se realizează pentru prima dată în mod sistematic într-un laborator I.C.A.S. din România.

- Analiza ionilor poluanți din precipitații reprezintă o activitate deosebit de laborioasă și necesită aparatură de mare precizie și personal calificat care trebuie să se specializeze în astfel de analize.

- Erorile la analiza concentrațiilor mici din apele de precipitații apar frecvent și chiar la analize repetate coeficientul de variație al rezultatelor medii are valori de 30-50 % :

- la determinarea pH coeficientul de variație al valorii medii este în medie de 7-10 %;

- la determinarea conductivității s% are valori de  $\pm 12-60\%$ ;

- la determinarea ionului Cl s% are valori de  $\pm 35-65\%$ ;

- la determinarea amoniului s% are valori de  $\pm 25-35\%$ ;

- la determinarea  $\text{SO}_4$  coeficientul de variație are valori de  $\pm 30-75\%$ .

- Coeficienții de variație sunt cu atât mai mari cu cât concentrația ionului analizat este mai reusă.

- Pe baza cercetărilor efectuate în 3 suprafețe experimentale au fost puse în evidență încărcările cu ioni poluanți de 2 - 5 ori mai mari ale apelor captate sub coronamentul pădurii comparativ cu cele recoltate în teren liber (figurile 1 - 6).

- Pentru obținerea unor rezultate comparabile sub raport științific cu cele obținute în alte țări europene este necesară asigurarea mijloacelor materiale și tehnice care să permită o evaluare corectă și pertinentă a elementelor supuse analizei.