

Seria I

Vol. 47, 2004

ANALE



EDITURA
TEHNICĂ
SILVICĂ

COMPARAȚIE ÎNTRE INTRĂRILE DE IONI MINERALI ÎNREGISTRATE ÎN ANUL 2002 ȘI MEDIILE CORESPUNZĂTOARE PERIOADEI 1998-2001 ÎN ECOSISTEME FORESTIERE DIN ROMÂNIA

TRENDS IN MINERAL IONS DEPOSITIONS IN FOREST ECOSYSTEMS FROM
ROMANIA FOR THE PERIOD 1998-2002

CARMEN IACOBAN, ION BARBU, IONEL POPA

Institutul de Cercetări și Amenajări Silvice, Stațiunea Câmpulung-Moldovenesc, Romania

Rezumat

Lucrarea prezintă comparativ fluxurile de ioni minerali din anul 2002 și mediile obținute pentru perioada 1998-2001 în ecosisteme forestiere reprezentative din România.

S-au colectat precipitațiile, incluzând depunerile uscate, din 6 suprafețe experimentale localizate în teren liber, în ecosisteme forestiere reprezentative din nordul și sudul României, în perioada 1998-2002. Pentru suprafețele situate în nordul României numai datele corespunzătoare perioadei 1998-2001 au fost complete.

Fluxurile ionilor minerali din precipitațiile colectate în teren liber măsurate în 2002 pentru cele 3 suprafețe experimentale localizate în sudul României au fost comparate cu valorile medii ale fluxurilor determinate în perioada 1998-2001. Intrările au scăzut în cazul ionilor $S-SO_4^{2-}$ (cu 19-25%), $N-NO_3^-$ (cu 29-73%) și Cl^- (cu 9-10%). Pentru cationii H^+ , $N-NH_4^+$, Na^+ și K^+ nu s-a observat o tendință clară de evoluție. Fluxurile ionilor Ca^{2+} și Mg^{2+} au scăzut în anul 2002 cu 39-66% și respectiv 31-78% comparativ cu 1998-2001.

Comparând mediile fluxurilor ionilor minerali obținute pentru ecosistemele localizate în nordul României cu mediile fluxurilor determinate pentru ecosistemele din sudul României în perioada 1998-2001, se constată că, cu excepția ionilor H^+ și Cl^- , pentru care mediile fluxurilor au fost mai ridicate în nord decât în sud, în cazul tuturor celorlalți ioni valorile medii au fost comparabile (pentru $N-NO_3^-$) sau mai reduse (pentru $S-SO_4^{2-}$, $N-NH_4^+$, K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) în nord decât în sud.

Cuvinte cheie: monitorizare, fluxuri ionice, depuneri atmosferice, intrări

Abstract

Bulk precipitation were collected in 6 stations located in forest ecosystems from north and south Romania, during 1998-2002. Samples were analysed in the laboratory for pH and the major anions and cations. For the 3 stations from north Romania only data from 1998 to 2001 were completed.

The fluxes of mineral ions in bulk deposition measured in 2002 for the 3 stations located in south Romania were compared to the means determined in 1998-2001. The inputs decreased for $S-SO_4^{2-}$ (with 19-25%), $N-NO_3^-$ (with 29-73%) and Cl^- (with 9-10%). For H^+ , $N-NH_4^+$, Na and K^+ no trends were clearly observed. Ca^{2+} and Mg^{2+} fluxes in bulk deposition decreased in 2002 with 39-66% and respectively 31-78% related to 1998-2001.

Comparison of the mean ions fluxes registered in the north and south Romania during 1998-2001 revealed that excepting for H^+ and Cl^- , which were higher in the north part than in the south, for all the other ions the values determined in the north were equal ($N-NO_3^-$) or lower ($S-SO_4^{2-}$, $N-NH_4^+$, K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) than those measured in the south part of Romania

Keywords: monitoring, bulk deposition, element fluxes, inputs

1. INTRODUCERE

Emisiile antropogene de poluanți atmosferici au crescut enorm în ultimul secol. Creșterea s-a datorat pe de o parte creșterii demografice și pe de altă parte intensificării industrializării. Depunerile rezultate au avut un impact ecologic semnificativ asupra sănătății și funcționării ecosistemelor forestiere.

Pentru supravegherea pe scară largă a efectelor poluării aerului asupra pădurii, la nivel european a fost lansat în anul 1985 un program complex de cercetare (ICP Forests - International Cooperative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests), care se derulează pe baza unor metode unitare de investigare, elaborate în comun de specialiști din toate țările europene (Programme Coordinating Centres, 1994). Ca semnatară a documentului final al Conferinței ministeriale pentru protejarea pădurilor în Europa, desfășurată la Strasbourg în 1990, România este implicată alături de celelalte țări europene în ICP Forests.

Cercetările privind depunerile atmosferice în cadrul ICP Forests au fost demarate în România în 1995 cu testarea metodelor de colectare a precipitațiilor (Barbu, 1997) și a metodelor de analiză în laborator (Iacoban, 1996). În perioada 1996 - 1997 s-au instalat 7 suprafețe experimentale (patru în nord - est și trei în sudul țării) în care s-au executat măsurători și prelevări sistematice de probe de precipitații care au fost analizate în laborator

Scopul cercetărilor prezentate în continuare a fost de a stabili evoluția intrărilor de ioni minerali în ecosisteme forestiere reprezentative din România în perioada 1998-2002, prin compararea fluxurilor principalilor ioni minerali măsurate în 2002 cu mediile determinate în perioada 1998-2001 și aprecierea depunerilor atmosferice totale din România în raport cu cele obținute în diferite regiuni ale Europei.

2. SCOPUL ȘI OBIECTIVELE CERCETĂRII

Scopul cercetărilor prezentate în această lucrare a fost de a stabili evoluția intrărilor de ioni minerali în ecosisteme forestiere reprezentative din România în perioada 1998-2002.

Pentru atingerea scopului propus, s-au avut în vedere următoarele obiective:

- determinarea fluxurilor anuale ale precipitațiilor în teren liber în ecosistemele studiate în perioada 1998-2002;
- stabilirea intrărilor anuale de ioni minerali în teren liber prin intermediul apelor de precipitații în perioada 1998-2002 pentru ecosistemele în care s-au făcut măsurători;
- compararea prin metoda grafică a valorilor medii ale fluxurilor și depunerilor de ioni din anul 2002 cu valorile obținute în perioada 1998-2001.

3. METODA DE CERCETARE

Pe baza rezultatelor obținute în perioada 1998 - 2000 privind cantitățile și parametrii fizico - chimici ai apelor de precipitații colectate cu trei tipuri de captatori (pungă, cilindru și jgheab), începând cu anul 2001 s-a decis folosirea unui singur tip de captator, tip pungă, cu suprafața de recepție de 0,028 m², în perioada sezonului rece și respectiv tip jgheab, cu suprafața de 0,1 m² în perioada de vegetație (Barbu, 2000). Rezultatele și sintezele publicate până în anul 2002 au luat în considerare valorile medii obținute pentru probele colectate cu cele trei tipuri de captatori în perioada 1998-2000 (Barbu și al., 2000; Barbu, 2001; Barbu 2002). Pentru comparabilitatea rezultatelor obținute în perioada 2001 - 2002 cu cele anterioare, în prezenta lucrare s-au calculat valorile fluxurilor pentru tot intervalul 1998 - 2002 pentru un singur tip de captator: tip punga (sezonul rece) și respectiv tip jgheab (sezonul de vegetație). Probele au fost recoltate lunar în sezonul rece (lunile noiembrie - martie) și bilunar, pe data de 1 și respectiv 16 a fiecărei luni în sezonul de vegetație (lunile aprilie - octombrie). Precipitațiile colectate de la fiecare din cei doi captatori amplasați în teren liber au fost măsurate și amestecate pentru a obține o probă medie.

Suprafețele experimentale în care s-au făcut măsurători pentru determinarea fluxurilor ionilor minerali sunt prezentate în tabelul 1.

Metodele de analiză a parametrilor fizico - chimici ai apelor de precipitații recomandate de ICP Forests și cele utilizate în laboratorul Stațiunii ICAS Câmpulung Moldovenesc sunt prezentate în tabelul 2.

Pentru verificarea validității rezultatelor s-au folosit:

- balanțele ionice, mai ales pentru probele colectate din teren liber. În acest scop s-au comparat suma cationilor cu suma anionilor, exprimate în $\mu\text{eq/l}$.
- compararea conductivității calculate cu conductivitatea măsurată, mai ales în cazul probelor colectate sub coronament;

Tabelul 1: Localizarea suprafețelor experimentale pentru determinarea depunerilor atmosferice în ecosistemele forestiere din România (Barbu, 1997)
 Location of sites for atmospheric deposition in forest ecosystems from Romania (Barbu, 1997)

Nr. crt.	Suprafața experimentală.	Longitudine	Latitudine	Altitudine (m)
1.	Solca	25° 50'48"	47° 44'22"	510
2.	Deia	25° 34'02"	47° 32'43"	790
3.	Rarău	25° 32'11"	47° 28'34"	1100
4.	Fundata	25° 16'11"	45° 25'59"	1461
5.	Mihăiești	24° 59'63"	45° 01'47"	573
6.	Ștefănești	26°10'	44° 31'	90

- reanalizarea a cel puțin 5% din totalul probelor intrate în laborator;
 - analizarea a cel puțin 2 probe sintetice în fiecare serie de 20 - 30 probe reale de precipitații pentru verificarea preciziei de măsurare și reanalizarea întregii serii în cazul în care abaterile pentru probele sintetice au depășit $\pm 10\%$;
 - participarea la exerciții de intercalibrare cu laboratoare din țară (APM Suceava, APM Bacău, Universitatea București - Facultatea de Geografie) și din străinătate (INRA Nancy, CNRS Nancy, Franta, AQUACON - Ispra, Italia) (Iacoban, 1998, 2000).
- Calcularea fluxurilor de protoni și de ioni minerali s-a făcut pe baza formulelor:

$$\text{Fluxul de } H^+ = 10^4 * \sum p_i * 10^{-pH_i}, \text{ unde}$$

Fluxul de H^+ = cantitatea de protoni intrată, exprimată în g/ha/an

p_i = cantitatea de precipitații, în mm, corespunzătoare perioadei i (o lună în sezonul rece, respectiv 15-16 zile în sezonul de vegetație)

pH_i = valoarea pH-ului corespunzătoare perioadei i

$$\text{Fluxul de ioni } Q = \frac{\sum p_i * c_i}{100}, \text{ unde}$$

100

Fluxul de ioni Q = cantitatea de ioni Q , exprimată în kg/ha/an

p_i = cantitatea de precipitații, în mm

c_i = concentrația ionului Q , corespunzătoare perioadei i , în mg/l

Tabelul 2: Metodele de analiză a parametrilor apelor de precipitații prevăzute de Manualul ICP Forests și metodele folosite în laboratorul ICAS Câmpulung Moldovenesc
 Methods of analysis of rainfall parameters accepted by ICP Forests manual and methods used in the ICAS laboratory. Câmpulung Moldovenesc

Parametru	Metodă de analiză acceptată de Manualul ICP Forests *	Metodă recomandată de ICP Forests	Metodă folosită în laboratorul ICAS Câmpulung Mold.	Sursa bibliografică a metodei ICAS
pH	Potențiometrie	-	Potențiometrie	EMEP, 1996
Sulfat (S-SO ₄ ²⁻)	- Cromatografie ionică - Spectrofotometrie. de ex. metoda thordin - Diluție izotopică - Determinare potențiometrică	Cromatografie ionică	Spectrofotometrie. metoda thordin	EMEP, 1996
Azotat (N-NO ₃ ⁻)	- Cromatografie ionică - Spectrofotometrie. de ex. metoda Griess -Metoda cu electrod ion-selectiv	Cromatografie ionică	Spectrofotometrie. metoda cu salicilat de sodiu	Rodier, 1984
Cloruri (Cl ⁻)	- Cromatografie ionică -Spectrofotometrie. metoda cu tiocianat mercuric - Titrare cu Ag NO ₃	Cromatografie ionică	Spectrofotometrie. metoda cu tiocianat mercuric	EMEP, 1996
Amoniu (N-NH ₄ ⁺)	- Spectrofotometrie. de ex. met. cu indofenol - Met. cu electrod ion-selectiv	-	Spectrofotometrie. metoda cu reactiv Nessler	Mănescu și al., 1994
Cationi bazici: Na, K, Ca, Mg	- Spectrofotometrie cu absorbție atomică - Spectrofotometrie cu emisie ICP	-	- Spectrofotometrie cu absorbție atomică	EMEP, 1996

* Programme Coordinating Centres, 1994.

Pentru a pune în evidență tendința de evoluție a fluxurilor ionilor minerali în suprafețele experimentale studiate s-au comparat valorile fluxurilor determinate în anul 2002 cu media fluxurilor înregistrate în perioada 1998-2001. Deoarece în anul 2002 datele obținute în ecosistemele din nordul țării au fost incomplete și nu au permis calcularea fluxului anual, în lucrarea de față se vor compara fluxurile ionilor minerali obținute în ecosistemele forestiere din sudul țării în anul 2002 cu cele obținute în perioada 1998-2001. Cantitatea anuală de precipitații influențează fluxurile ionilor minerali și de aceea s-au comparat și cantitățile de precipitații corespunzătoare perioadei prezente.

4. REZULTATE ȘI DISCUȚII

Analizând graficele din figura 1, se constată că în teren liber, fluxul precipitațiilor a fost mai scăzut în anul 2002 la Fundata (cu 20%) și Mihăiești (cu 15%) decât media obținută în perioada 1998-2001, în schimb la Ștefănești s-a înregistrat o creștere a cantității de precipitații căzute cu aproximativ 20%.

Aciditatea precipitațiilor colectate în teren liber, calculată pe baza valorilor pH-ului, a crescut cu 9% la Fundata, fluxul de protoni în 2002 ajungând la valoarea de 77 g H⁺/ha/an. La Mihăiești s-a înregistrat o creștere de aproape 6 ori a acidității, de la valoarea medie de 23 g H⁺/ha/an calculată pentru perioada 1998-2001 la 130 g H⁺/ha/an în 2002. Această evoluție se poate datora perioadei de 3 luni fără precipitații de la începutul anului 2002, urmată de lunile de vară și toamnă cu precipitații acide abundente. (Precipitațiile colectate la 1 august au totalizat 90 mm, pH-ul fiind de 3,97 unități, deci doar în două săptămâni în ecosistemul de la Mihăiești au intrat 96,4 g H⁺, adică 74% din intrările de protoni înregistrate în anul 2002). Spre deosebire de Fundata și Mihăiești, la Ștefănești se înregistrează o scădere a intrărilor de protoni cu peste 50%. Se remarcă faptul că scăderea fluxului precipitațiilor corespunde creșterii fluxurilor de protoni (la Fundata și Mihăiești) și invers, creșterea fluxului precipitațiilor a coincis cu scăderea acidității acestora (la Ștefănești).

Fluxurile de ioni S-SO₄²⁻, N-NO₃⁻ și Cl⁻ s-au redus în teren liber în toate suprafețele studiate în anul 2002, comparativ cu fluxurile medii înregistrate în perioada 1998-2001. Pentru ionul sulfat, depunerile s-au redus de la 10-12,5 kg S-SO₄²⁻/ha/an în 1998-2001 la valori cuprinse între 8-10 kg S-SO₄²⁻/ha/an în 2002. Pentru ionul Cl⁻ depunerile s-au redus cu 7-10%. La nivelul anului 2002, fluxurile ionului Cl au fost cuprinse între 6 - 8 kg /ha /an la Fundata și Mihăiești, în timp ce la Ștefănești intrările de ioni clor au fost de aproximativ două ori mai ridicate, totalizând peste 12 kg /ha /an.

În cazul ionului N-NO₃⁻, fluxul s-a redus cu 29% la Fundata, cu 54% la Mihăiești și cu 73% la Ștefănești (de la 9,7 kg/ha/an la 2,6 kg/ha/an). Depunerile de ioni azotat au înregistrat cele mai importante reduceri dintre anionii studiați, în anul 2002 valorile fiind mai scăzute de 3 kg N-NO₃⁻/ha/an în toate suprafețele studiate.

Pentru ionul N-NH₄⁺, fluxul a scăzut doar la Fundata la aproximativ jumătate față de perioada anterioară, în schimb la Mihăiești și Ștefănești s-a constatat o creștere a fluxului în ioni amoniu. Valorile fluxului determinate pentru anul 2002 s-au situat în jur de 4,5 kg N-NH₄⁺/ha/an la Fundata și Mihăiești, în schimb la Ștefănești au depășit 12 kg N-NH₄⁺/ha/an.

Graficele din figura 2 indică o scădere de 3 - 4 ori a fluxurilor de metale (Na, Mg, Ca) în suprafața experimentală Ștefănești în anul 2002 comparativ cu media determinată pentru perioada 1998-2001, probabil datorită reducerii sau chiar sistării activității unor întreprinderi poluatoare. La Fundata și Mihăiești, fluxul de ioni Na a înregistrat o creștere de 15 - 40%, în schimb în cazul ionilor Mg și Ca se constată o

scădere a flu-xului, dar nu atât de accentuată ca la Ștefănești. Valorile depunerilor de Mg se situează sub 3.5 kg /ha /an în toate suprafețele experimentale studiate.

Scăderea fluxului ionului Ca^{2+} în toate suprafețele experimentale prezintă importanță deosebită datorită implicării acestui ion în neutralizarea depunerilor acide. La Fundata și Mihăiești, fluxurile de ioni Ca au scăzut de la 13-15 kg/ha/an, la 6-8 kg/ha/an., iar la Ștefănești depunerile de Ca au scăzut de la 37 la 13 kg/ha/an.

Pentru K se observă o scădere a cantităților intrate cu aproximativ 40% la Fundata, în timp ce la Mihăiești și Ștefănești intrările de potasiu au crescut cu 9 - 11% în 2002 față de media valorilor din 1998 - 2001. Dacă la Fundata depunerile de K au fost în jur de 3,5 kg/ha/an, la Mihăiești și Ștefănești valorile au fost relativ duble (8,8 kg/ha/an la Mihăiești și 6,5 kg/ha/an la Ștefănești).

Deși pentru cationii Na și K nu se poate stabili o tendință clară de evoluție, în cazul cationilor de Ca și Mg s-a constatat tendința evidentă de scădere a fluxurilor în 2002 față de 1998-2001 cu 39-66% pentru Ca, respectiv cu 31-78% pentru Mg.

În tabelul 3 sunt prezentate valorile medii ale fluxurilor ionilor minerali pentru nordul și sudul țării în perioada 1994-2002.

Se constată că valorile determinate pentru intrările de ioni N-NO_3^- și N-NH_4^+ în 1994 la Agenția de Protecția Mediului Suceava sunt apropiate de valorile medii determinate la ICAS Câmpulung în perioada 1998-2001. Metodele de analiză folosite în cele două laboratoare au fost aceleași și sunt specificate în tabelul 2. Pentru ionii S-SO_4^{2-} și Cl^- însă, valorile obținute în 1994 sunt aproape duble față de cele înregistrate în perioada 1998-2001. Metodele de analiză folosite pentru acești doi ioni au fost diferite.

Comparând fluxurile medii obținute în perioada 1998-2001 în nordul țării cu cele din sud din aceeași perioadă se constată că pentru majoritatea ionilor, cu excepția H^+ și Cl^- valorile obținute sunt relativ egale sau mai ridicate în sud decât în nord, mai ales în cazul ionilor S-SO_4^{2-} , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} (cu 33 până la 128% , raportat la medie).

Analizând cantitățile de ioni minerali intrate în ecosistemele din sudul țării în anul 2002 și cantitățile medii intrate în perioada 1998-2001 se constată următoarele:

- o creștere a intrărilor de protoni de la 42 g/ha/an la 74 g/ha/an. Aceasta se explică prin reducerea mai accentuată a depunerilor totale de cationi (mai ales Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+) față de reducerea depunerilor de anioni (Cl^- , S-SO_4^{2-} , N-NO_3^-);
- reducerea fluxurilor de anioni (Cl^- , S-SO_4^{2-} , N-NO_3^-);
- menținerea relativ constantă a depunerilor de ioni amoniu;
- reducerea intrărilor de azot mineral total ($\text{N-NO}_3^- + \text{N-NH}_4^+$);
- reducerea intrărilor de ioni metalici (K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}).

Se poate afirma că pe baza măsurătorilor efectuate în 3 ecosisteme forestiere din sudul țării, în perioada 1998-2002, la nivelul anului 2002 se constată o tendință generală de reducere a fluxurilor ionilor minerali comparativ cu perioada 1998-2001.

Rezultatele obținute vor putea fi corelate cu evoluția stării de sănătate a pădurilor din România pentru perioada analizată.

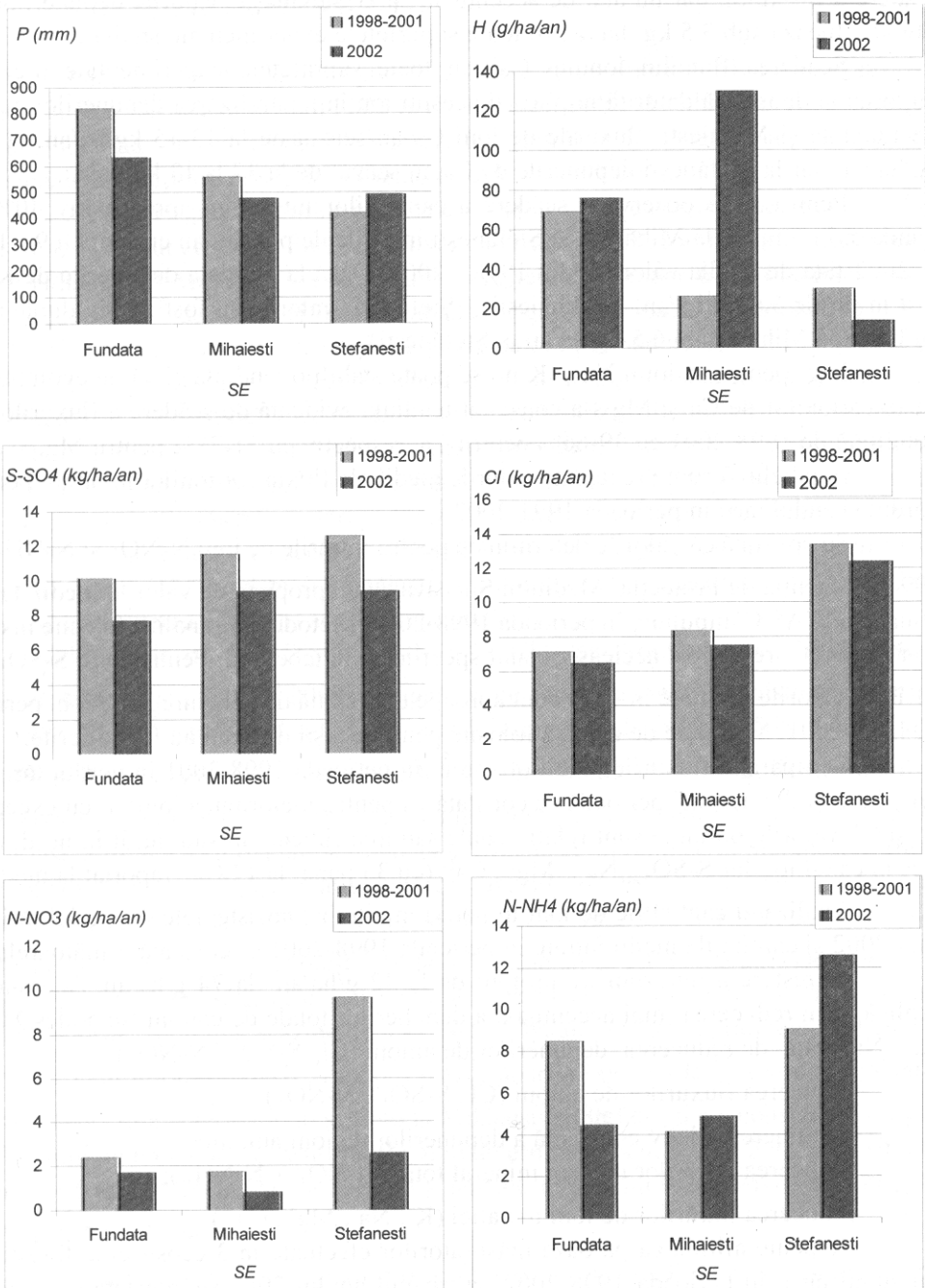


Fig.1 Comparație între fluxurile precipitațiilor și depunerile totale de ioni H⁺, S-SO₄, Cl, N-NO₃ și N-NH₄ determinate în 1998-2001 și cele măsurate în 2002 în teren liber
 Comparison between precipitation fluxes and bulk deposition of the ions H⁺, S-SO₄, Cl, N-NO₃ and N-NH₄ determined in 1998-2001 and those measured in 2002

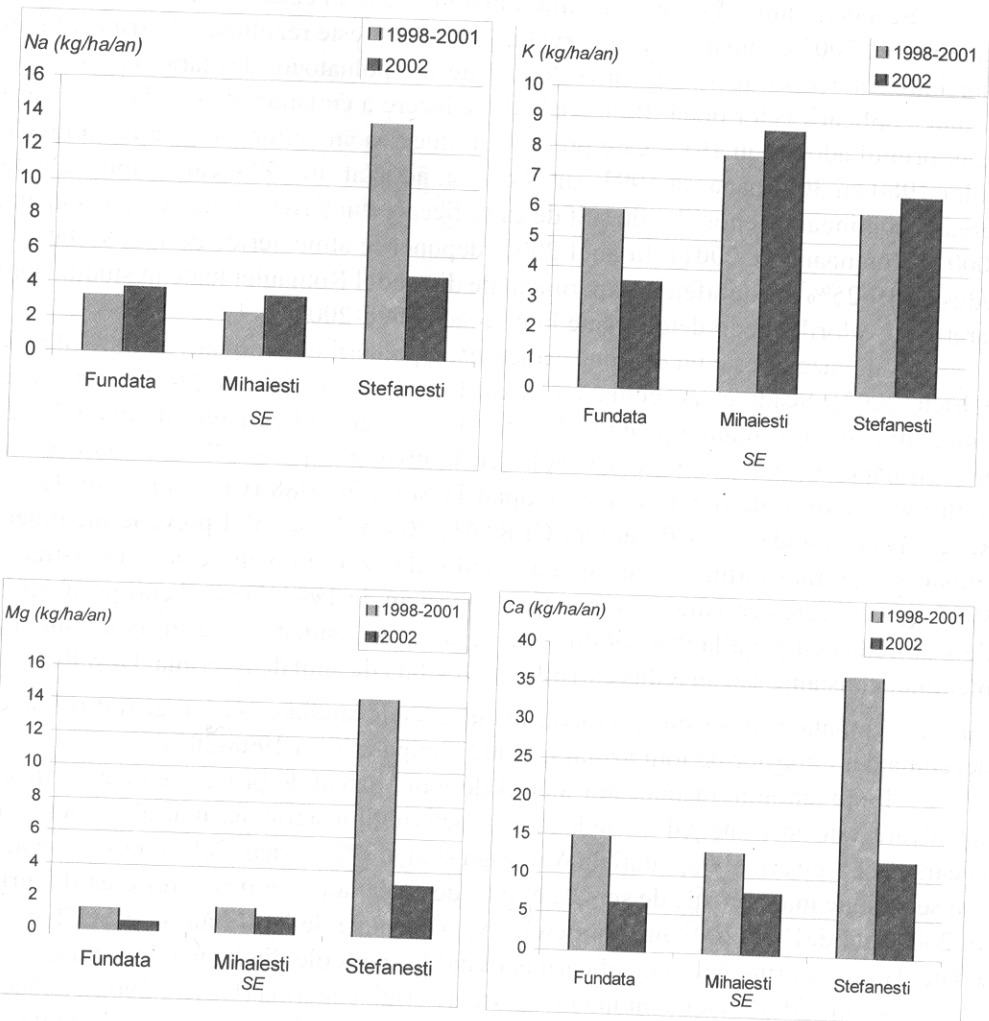


Fig.2 Comparație între depunerile totale de ioni Na, K, Mg și Ca determinate în 1998-2001 și cele măsurate în 2002 în teren liber
Comparison between bulk deposition of the ions Na, K, Mg and Ca determined in 1998-2001 and those measured in 2002

5. CONCLUZII, RECOMANDĂRI ȘI MODALITĂȚI DE VALORIFICARE A REZULTATELOR

Ionul sulfat prezent în precipitațiile colectate în teren liber provine în principal din activitățile industriale (Ulrich, 2002).

Rezultatele din tabelul 3 privind fluxurile ionilor $S-SO_4^{2-}$ și Cl^- determinate în nordul României în 1994, respectiv 1998-2001 trebuie interpretate cu prudență, având în vedere că metodele de analiză utilizate pentru acești doi ioni au fost diferite în cele două laboratoare. Analizele efectuate în 1997 pentru ionul Cl^- la o serie de 14 probe au permis obținerea unor rezultate și stematic mai ridicate la APM Suceava decât la ICAS Câmpulung, punând în evidență o tendință de supraestimare a metodei titrimetrică folosite la APM comparativ cu cea colorimetrică folosită la ICAS. Metoda turbidimetrică de determinare a ionului $S-SO_4^{2-}$ nu a dat rezultate satisfăcătoare la analiza probelor sintetice cu concentrații apropiate de cele ale apelor de precipitații și apelor de suprafață, analizate de laboratoarele participante la exercițiile de intercalibrare AQUACON (Mosello, 1995, 2002) și nu se numără printre metodele acceptate de Manualul ICP Forests (Programme Coordinating Centres, 1994) pentru analiza probelor de precipitații.

Valorile medii ale fluxurilor de ioni $S-SO_4^{2-}$, Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} pentru perioada 1998-2001 au fost mai ridicate în sudul României comparativ cu zona de nord probabil datorită prezenței fabricii de ciment de la Câmpulung Muscel la o distanță de 30-50 km de suprafețele experimentale instalate la Fundata și Mihăiești, precum și localizării suprafeței de la Ștefănești în apropierea Bucureștiului, deci a unei aglomerări urbane cu numeroase centre industriale.

În intervalul 1998-2002 în ecosistemele forestiere din sudul României s-a manifestat tendința generală de reducere a depunerilor de anioni $S-SO_4^{2-}$ (cu 19-25%), $N-NO_3^-$ (cu 29-73%) și Cl^- (cu 9-10%) în anul 2002 comparativ cu depunerile medii înregistrate în 1998-2001, ca o consecință a reducerii emisiilor la nivel național, dar și a scăderii emisiilor și transportului la distanță a poluanților la nivel european.

Pentru cationii $N-NH_4^+$, Na^+ și K^+ nu s-a putut stabili o tendință clară de evoluție, în schimb s-a conturat reducerea accentuată a fluxurilor de cationi Ca^{2+} și Mg^{2+} în toate cele 3 suprafețe studiate cu 31-78% în anul 2002 comparativ cu mediile din intervalul 1998-2001.

Ca urmare a scăderii mai accentuate a intrărilor de cationi comparativ cu intrările de anioni, având în vedere necesitatea echilibrării balanței ionice, intrările de protoni au crescut la Fundata și Mihăiești și au înregistrat o scădere la Ștefănești.

În intervalul 1998-2001, valorile medii ale fluxurilor de ioni H^+ și Cl^- au fost mai ridicate (cu 9%, respectiv 25%, raportat la medie) în nordul României decât în sud, în schimb pentru ceilalți ioni minerali fluxurile au avut valori medii comparabile ($N-NO_3^-$) sau mai scăzute ($S-SO_4^{2-}$, $N-NH_4^+$, K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) în nord decât în sud.

BIBLIOGRAFIE:

- AMEZAGA, I., GONZALES, A., DOMINGO, M., ECHEANDIA, A., ONAINDIA, M., 1997: Atmospheric deposition and canopy interactions for conifer and deciduous forests in Northern Spain, *Water, Air and Soil Pollution* 97: 303-313
- BARBU, I. & DIȚOIU, V., 1995: Cercetări asupra conținutului în ioni poluanți al apelor din precipitațiile căzute în județul Suceava în perioada 1991-1994, *Bucovina Forestieră*, Nr.2: 37-49.
- BARBU, I., 1997: Cercetări privind dinamica depunerilor minerale din atmosferă și nutriția speciilor de arbori în principalele ecosisteme forestiere, Referat științific final, Tema A24 (5.5)/1997, manuscris I.C.A.S București, 119 p.
- BARBU, I., 2000: Cercetări privind dinamica depunerilor minerale din atmosferă și nutriția speciilor de arbori în principalele ecosisteme forestiere, Monitoring nivel II, Referat științific parțial, manuscris, ICAS București, 50 p.
- BARBU, I., IACOBAN, C., POPA, I., 2000: Monitoringul intensiv al depunerilor atmosferice în perioada anilor 1997-1998 în 7 ecosisteme forestiere din România, *Revista pădurilor*, Nr.4, p.16-20
- BARBU, I., 2001: Cercetări privind dinamica depunerilor minerale din atmosferă și nutriția speciilor de arbori în principalele ecosisteme forestiere, Monitoring nivel II, Referat științific final, tema A51, manuscris, ICAS București
- BARBU, I., 2002: Modelarea matematică a fluxului ionilor poluanți din atmosferă în principalele ecosisteme forestiere din România, Referat științific final, Tema A20, manuscris, ICAS București, 88 p.
- BOLEA V., CIOBANU D., PANA A.-M., 2002: Dezvoltarea sistemului de supraveghere intensivă a principalelor ecosisteme forestiere, prin urmărirea evoluției compoziției floristice, *Anale I.C.A.S.*, Vol.45, Seria I, p. 101-108
- CLEMENT, A., 1989: Equilibre ionique du tissu foliaire de l'epicea - Picea abies Karst - et du pin noir d'Autriche - Pinus nigra Arnold ssp. Nigricans - , These pour Docteur d'etat- es -sciences, Institut National Polytechnique de Lorraine, France, 132 p.
- CLRTAP, 2003: <http://www.unece.org/env/lrtap/>
- EC-UN/ECE 1998. De Vries, W., Reids, G.J., Deelstra, H.D., Klap, J.M., Velthuis, M. (Eds.) Intensive Monitoring of Forest Ecosystems in Europe, 1998 Technical Report, EC, UN/ECE 1998, Brussels, Geneva, 104 p.
- EMEP: 1996, Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-Range Transmission of Air Pollutants in Europe. Manual for sampling and chemical analysis, EMEP/CCC-Report 1/1995, Norwegian Institute for Air Research, Oslo, Norway
- IACOBAN, C., 1996: Aspecte privind repetitivitatea și repetabilitatea rezultatelor obținute la analiza unor parametri ai apelor de precipitații, *Bucovina forestieră*, Nr.2: 47 - 53
- IACOBAN, C., 1998. Rezultatele obținute în cadrul proiectului AQUACON la analiza probelor de precipitații și a apelor de suprafață de către laboratorul I.C.A.S.

- Câmpulung Moldovenesc, Bucovina forestieră, Nr 1 - 2: 25 - 33
- IACOBAN, C., 2000. Comparabilitatea rezultatelor obținute la analiza unor parametri ai apelor de precipitații, Bucovina forestieră 2: 3 - 14
- MĂNESCU, S., CUCU, M., DIACONESCU, M.L. 1994. Chimia sanitară a mediului, Ed. Medicală, București, 384 p.
- MOSELLO R., BIANCHI, M., GEISS, H., MARCHETTO, A., SERRINI, G., SERRINI-LANZA, G., TARTARI, G.A. AND MUNTAU, H., 1995: AQUACON - MedBas Subproject No6. Acid rain analysis. Intercomparison 1/94, Joint Research Centre European Commission. EUR 16332 EN, 44 p.
- MOSELLO R., TARTARI, G.A., BIANCHI, M., BRIZZIO, M.C., GIULIANO, R., MARCHETTO, A., POLESELLO, S., REMBGES, D. AND MUNTAU, H., 2002: AQUACON - MedBas Subproject No5. Freshwater analysis. Intercomparison 2000, Joint Research Centre European Commission. EUR 20427 EN, 114 p.
- PROGRAMME COORDINATING CENTRES, Hamburg and Prague (eds), 1994: Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assesment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, 177 p.
- RODIER J. 1984. L'analyse de l'eau. Dunod. Orleans:1365 pp.
- UKONMAANAHO, L., STARR, M., 2001: Major nutrients and acidity: trends and budgets over nine year period in four remote boreal stands at Finland, in vol. Canopy and soil intercation with deposition in remote boreal forest ecosystems: a long-term integrated monitoring approach, Finish Forest Research Institute, Helsinki, ISBN 951-40-1796-X
- ULRICH, E., LANIER, M., COMBES, D., 1998: Dépôts atmosphériques, concentrations dans les brouillards et dans les solutions du sol (sous-reseau CATAENAT) - Rapport scientifique sur les années 1993 à 1996. Ed.: Office National des Forêts, Département des Recherches Techniques, ISBN 2-84207-134-4, 135 p.
- ULRICH, E., CODDEVILLE, P., LANIER, M., 2002: Retombées atmosphériques humides en France entre 1993 et 1998, ADEME Editions, Paris, ISBN 2-86817-582-1, 123 p.