

STUDIUL INTERDISCIPLINAR AL ECOSISTEMELOR SEMIÎNCHISE (LACURI ALPINE ȘI VULCANICE) ÎN VEDEREA STABILIRII NIVELULUI DE REFERINȚĂ PENTRU APRECIEREA IMPACTULUI FACTORULUI ANTROPIC: LACURILE ALPINE DIN MASIVUL FĂGĂRAȘ ȘI LACUL SFÂNTA ANA

OCTAVIAN DULIU⁽¹⁾, TITUS BRUSTUR⁽²⁾, ȘTEFAN SZOBOTKA⁽²⁾, GHEORGHE OAIE⁽²⁾, CĂLIN RICMAN⁽³⁾, VERONICA ALEXE⁽³⁾, MIHAI IOVEA⁽⁴⁾, SILVIA HODOROGEA⁽⁵⁾

⁽¹⁾Universitatea din București, Facultatea de Fizică, C.P. MG-11, 077125 București

⁽²⁾INCD GEOECOMAR, str. Dimitrie Onciul nr. 23-25, 024253 București

⁽³⁾Institutul Geologic al României, str. Caransebeș nr. 1, 01271 București

⁽⁴⁾S.C. Accent Pro 2000 srl. Str. Nerva Traian nr. 1, 031041 București

⁽⁵⁾INCD pentru Inginerie Electrică-Cercetare Avansată, Splaiul Unirii nr. 313, 030138 București
tbrustur@geocomar.ro; szabi@usa.net

Abstract. Lacurile alpino-glaciare din munții Făgăraș ca și lacul vulcanic Sfânta Ana reprezintă bazine naturale de vârstă holocenă, situate, exceptând lacul Sf. Ana, la altitudini de peste 2000 m, fără surse de poluare în amonte dar a căror poluare poate fi datorată factorilor atmosferici și eventual dezvoltării turismului montan. Din acest motiv, prezentul proiect propune un studiu sistematic și multidisciplinar al acestora cu scopul de a obține date noi privind evoluția climei și a mediului în general în intervalul scurs de la dispariția ultimei glaciațiuni ca și de a stabili un nivel de referință pentru aprecierea influenței factorului antropic în aval de acestea.

Cuvinte cheie. lacuri alpine, fluctuații climatice, modelare glaciară, tectite

INTRODUCERE

Sedimentele din lacuri constituie una din cele mai frecvente surse de indicatori paleoecologici pentru reconstituirea climei trecute, ele reprezentând adevărate arhive naturale excelente pentru indicatori de mediu terestru, acvatic și atmosferic, în special în bazinele adânci unde sedimentarea particulelor în suspensie duce la acumularea gradată și "conservarea" evenimentelor geologice, geochemice, climatice ca și a poluanților naturali sau antropici. Cercetarea fluctuațiilor climatice se face prin extinderea datelor în trecut, ceea ce pentru vârste mai mari de 500 (vârsta primelor înregistrări climatice sistematice) se face analizând arhive naturale cum sunt ghețarii, inelele copacilor ca și sedimentele lacustre.

Din punct de vedere paleoclimatic în ansamblu, pe teritoriul României au existat două subtipuri ale climatului rece: una glaciară, specifică altitudinilor montane mari, cu ghețari și, alta periglaciară ce a cuprins întregul teritoriul țării. Este de remarcat că, pentru Pleistocenul superior, oscilațiile climatice stabilite pe baza analizelor palinologice, încep cu interstadiul Würm inferior-Würm mediu. Cercetările palinologice, efectuate cu precădere în sedimentele stațiunilor paleolitice au permis efectuarea unei scări geocronologice a Pleistocenu-ului superior care exprimă situația paleoclimatică specifică a acestei părți a continentului european, cu trăsături regionale care rezidă din așezarea geografică și condițiile de relief ale României. Din acest punct de vedere, lacurile alpine din Masivul Făgăraș alături de cele din Masivul Retezat ca și unicul lac

vulcanic din România, și unul din extrem de puținele de acest tip din Europa: lacul vulcanic Sfânta Ana, reprezintă obiecte de studiu de primă importanță.

În Munții Făgăraș, o nota distinctivă a reliefului din etajul alpin este dată de extinderea și diversitatea formelor de modelare glaciară. Condițiile specifice acestui masiv muntos, legate de prezența unitară a unui etaj montan superior și întinderea relativ mare a suprafeței de eroziune de tip „Boras-cu”, au generat o morfologie glaciară complexă, caracterizată prin existența a circa 20 de lacuri alpine majoritar distribuite pe versantul sudic, cu suprafețe variind între 0,2 ha și 4,7 ha (Lacul Bâlea).

În același timp, în partea vestică a Carpaților Orientali se întinde lanțul muntos neoeruptiv, alcătuit din masivele Călimani, Gurghiu și Harghita, acesta din urmă cuprinzând două cratere vulcanice Pilișca și Ciumatul, ultimul cu cele două cratere mai mici: Sf. Ana, în care se află lacul cu același nume și craterul Mohoș, complet colmatat și transformat în turbărie. Vârsta lacului Sfânta Ana nu a fost încă determinată cu exactitate, diverșii cercetători situând ultima erupție la 32 ka (Juvigne *et al.* 1994) și 10.5 ka BP (Morya *et al.* 1996) sau chiar 9.8 ka (Magyari *et al.* 2006).

Ca și lacurile alpine din Munții Făgăraș, și Lacul Sf. Ana este alimentat exclusiv din precipitații, gradul de mineralizare al apei fiind extrem de scăzut iar sigura sursă de poluare antropică constituind-o transportul atmosferic. În același timp alternanța îngheț-dezghet ca și eutrofizarea sunt condiții favorabile formării în aceste lacuri a varvelor, fapt încă neevidențiat de alți cercetători, dar care merită să fie studiat cu atenție.

O ultimă categorie de obiecte geologie de extrem interes o constituie tectitele al căror nume provine de la grecescul „tektos” ce semnifică topit sau topitură. Acestea reprezintă o clasă de obiecte naturale, cu o structură vitroasă, care pot fi găsite numai în anumite regiuni ale globului terestru. Studiile detaliate efectuate în ultimele decenii ale secolului trecut privind atât distribuția, cât și compoziția lor chimică împreună cu structura minerală, au demonstrat originea terestră a acestora, tectitele formându-se în urma răcirii rapide a rocilor evaporate în urma impactului terestru al meteoritilor sau al nucleelor unor comete.

Deoarece sedimentele lacustre alpine reprezintă, datorită pe de o parte vârstei lor, cel mai probabil holocenă, iar pe de altă parte reliefului de tip cuvă glacială în care s-au format, mediu excelent pentru conservarea atât a diferiților markeri paleoclimatici cum sunt granulele de polen, diatomeele, exoscheletul coleopterelor, capsulele larvelor de chironomide sau fragmentele vegetale, a eventualelor poluanți de natură antropogenă și posibil și a tectitelor, proiectul de față are ca obiect tocmai studiul multidisciplinar al acestora, având ca scop principal stabilirea nivelului de referință pentru aprecierea impactului factorului antropic iar în subsidiar acumularea de date privind reconstituirea paleoclimatului alpin ca și evidențierea prezenței tectitelor.

OBIECTIVE URMĂRITE

Studiul geoecologic al lacurilor alpine și de origine vulcanică reprezintă un studiu complex, interdisciplinar, ce își propune în primul rând să urmărească legătura existentă între natura petrografică a chiuvetelor lacustre și chimismul sedimentele acumulate în bazin. Printre obiectivele generale pe care și le propune proiectul, pot fi menționate:

- Determinarea concentrației compușilor poluanți în apele și sedimentele lacurilor în vederea stabilirii unui fond de referință pentru evaluarea poluării apelor de suprafață și a sedimentelor de-a lungul bazinelor hidrografice situate în aval de lacuri, până în zona de câmpie. În cazul sedimentelor lacustre, studiul va urmări evidențierea variației verticale a concentrației poluanților, determinările urmând a fi efectuate pe carote recoltate manual;
- Determinarea concentrației gazele dizolvate în apa lacului Sf. Ana (CO₂) provenite din activitățile postvulcanice, în vederea identificării izvoarelor subacvatice;
- Determinarea prin radiografie digitală și tomografie computerizată dual-energy a structurii sedimentelor recoltate în vederea evidențierii structurii lor primare;
- Evidențierea eventuală a prezenței tectitelor;
- Realizarea unei bănci de date atât cu datele colectate în cadrul proiectului cât și cu datele raportate în literatură;
- Realizarea și actualizarea permanentă a sit-ului proiectului.

La acestea pot fi adăugate și obiectivele particulare legate de diseminarea cunoștințelor astfel acumulate, diseminare realizată prin publicarea de articole în reviste ISI de prestigiu, participarea la manifestări științifice naționale și internaționale, organizarea de workshop-uri, etc.

FORMAȚIUNILE STUDIAȚE

Lacurile alpine din masivul Făgăraș sunt în număr de circa 20, majoritar distribuite pe versantul sudic, cu suprafețe variind între 0,2 ha (Podu Giurguiului) și 4,7 ha (Bâlea) și adâncimi maxime de până la 15.5 m (Podragu Mare). Exceptând lacul Doamnei din versantul nordic, toate celelalte lacuri sunt situate la o altitudine de peste 2000 m, unele fiind destul de greu accesibile, și din acest punct de vedere posibil cel mai puțin eutrofizate (Tabelul 1).

Din punct de vedere climateric, Munții Făgăraș, cu înălțimi care depășesc 2500 m au o climă aspră cu caracteristici specifice climei alpine și climei subpolare. Pe crestele munților se ajunge la o temperatură medie anuală sub 0 °C la 1800 m, atingând -2 °C sau chiar mai coborâte. În zona înaltă (la peste 1800 m), iarna poate dura 6-7 luni. Temperatura medie a lunii celei mai friguroase (ianuarie) este de -8 C -10 °C, iar a lunii celei mai calde (iulie) nu depășește +7 °C. Temperaturile maxime pot ajunge vara la +25 C, iar cele minime pot coborî iarna până la -38 °C. Precipitațiile sunt printre cele mai bogate din țară. Luna cea mai bogată în precipitații este iunie, iar cea mai săracă, septembrie.

Tabelul 1 Principalele lacuri alpine din Masivul Făgăraș și câteva din caracteristicile lor

Lacul	Localizare	Bazinul râului	Altitudine	Suprafață (ha)	Adâncime maximă (m)
Zârna	Făgăraș-Sud	Râul Doamnei	2050	0.5	0.5
Jghebuoasa	Făgăraș-Sud	Râul Doamnei	2150	1,0	2,0
Hârtop I	Făgăraș-Sud	Râul Doamnei	2230	0.3	2,0
Hârtop II	Făgăraș-Sud	Râul Doamnei	2200	0.4	0.7
Hârtop V	Făgăraș-Sud	Râul Doamnei	2100	1,0	3,0
Mânăstirii	Făgăraș-Sud	Râul Doamnei	2165	0.5	2.5
Valea Rea	Făgăraș-Sud	Râul Doamnei	2160	0.5	21
Scărișoara	Făgăraș-Sud	Râul Doamnei	2200	1.2	9,0
Buda	Făgăraș-Sud	Argeș	2055	0.9	2,0
Podu Giurgiului	Făgăraș-Sud	Argeș	2220	0.2	3,0
Capra	Făgăraș-Sud	Capra	2230	1.8	8,0
Călțun	Făgăraș-Sud	Capra	2135	0.8	12
Urlea	Făgăraș-Nord	Olt	2200	2,0	4.5
Podragu Mare	Făgăraș-Nord	Arpaș	2110	2.8	15.5
Podragu Mic	Făgăraș-Nord	Arpaș	2105	0.3	2,0
Podrăgel	Făgăraș-Nord	Arpaș	2000	0.7	4,0
Bălea (figura 1)	Făgăraș-Nord	Bălea	2040	4.7	11
Doamnei	Făgăraș-Nord	Bălea	1865	0.3	1.6
Avrig	Făgăraș-Nord	Râu Mare (Olt)	2010	1.5	4.5

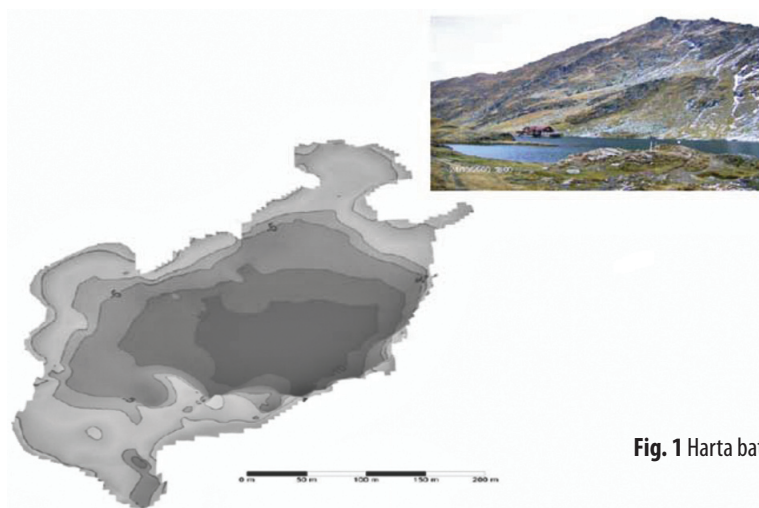


Fig. 1 Harta batimetrică a lacului Bălea și o imagine generală a acestuia (Foto T. Brustur, 2007)

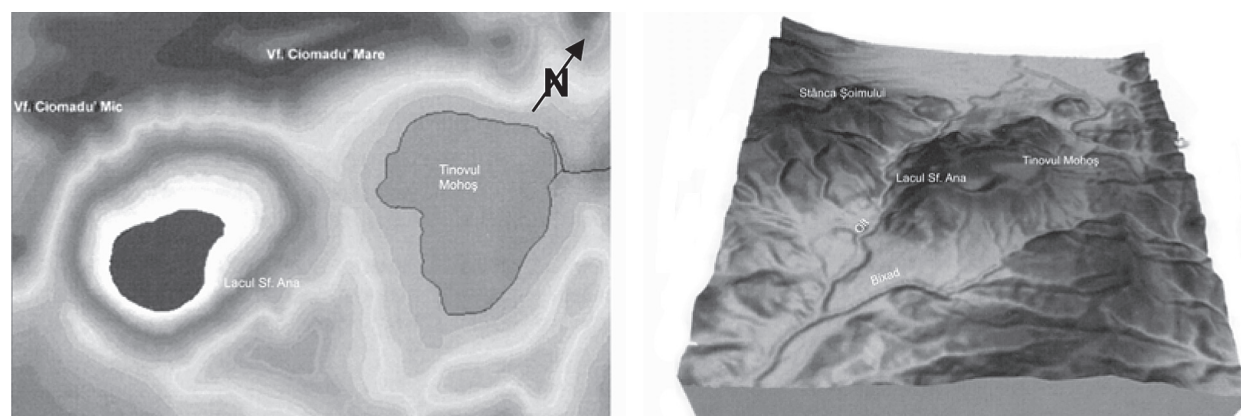


Fig. 2 Harta hipsometrică (stânga) și cea satelitară (dreapta) a celor două cratere ale masivului Ciomadul Mare (După Pilbath & Pal, 2007)

Deși geomorfologia acestor lacuri este destul de bine studiată, studii detaliate privind sedimentologia acestora lipsesc, abstracție făcând un studiu recent ce conține puține date complet analizate ce se referă numai la sedimente recoltate din lacul Doamnei, un lac mai puțin reprezentativ pentru categoria de lacuri alpino-glaciale din Masivul Făgăraș (Udrea, 2007).

Lacul Sfânta Ana este situat în unul din craterele gemene din centrul masivului Ciomad, parte a masivului vulcanic Harghita aflat la rândul său în extremitatea sudică a lanțului vulcanic al Carpaților Orientali. Acest lanț interior arcului Carpatic este compus din masivele Oaș, Gutâi, Țibleș, Căliman, Gurghiu și Harghita. Vulcanismul este de origine neogenă dar se constată o scădere a vârstei acestuia pe direcția nord-sud astfel încât masivul Harghita are vârsta cea mai mică, motiv pentru care aparatul vulcanic din acest masiv este cel mai bine conservat.

Unele urme ale activității vulcanice din acest masiv se regăsesc și pe malul drept al Oltului, prin Murgul Mare și Murgul Mic. În partea centrală a munților Harghita se găsește masivul Ciumatul, în vârful căruia există două caldere: una complet colmatată și transformată în Tinovul Mohoș și celealaltă parțial colmatată ce adăpostește Lacul Sfânta Ana (Figura 1).

Structura masivului Ciumatul este destul de simplă: topiturile magmatice din focarele de adâncime au străpuns stratul de fliș terțiar carpatic ajungând la suprafață și dând naștere unor formațiuni conice, dintre care numai cele centrale au evoluat până la faza de erupție generând atât un imens volum de material piroclastic cât formațiuni alcătuite din magmă amfibol-biotit-dacitică.

Studiile palinologice au permis reconstituirea evoluției acestui lac, începând cu stadiul de turbărie și lac puțin adânc acum circa 9,8 – 8,8 ka, urmat de o perioadă de acumulare continuă de apă pluvială și de creștere a nivelului apei până la valoarea maximă de 12 metri datată 2,7 – 0,7 ka, atunci când lacul Sf. Ana a avut un caracter puternic oligotrof și terminând cu momentul actual marcat de o puternică influență a factorului antropocentric manifestată prin eutrofizare și poluare, în special cu dejecții umane.

Ultimele măsurători efectuate în anul 2005 de către o echipă de scafandri profesioniști împreună cu Organizație GeoEcologica ACCENT (Pilbath & Pal, 2007) au găsit pentru suprafața lacului o valoare de 19,3 ha și un perimetru de 1617 m, în scădere față de valorile de 21,3 ha și respectiv 1749 m raportate în anul 1909 de Geley Josef (Pilbath & Pal, 2007) pentru o suprafață de retenție a bazinului de colectare de circa 2,15 km².

Cota oglinzii apei variază între 949 și 950 m. Lacul are o formă ovală, semi-axa mare fiind de 680 m iar cea mică de 470 m (Figura 2) având adâncimea maximă conform măsurătorilor efectuate în anul 2005 de 6,4 m (Pilbath & Pal, 2007). Conform aceluiași măsurătorii, grosimea maximă a sedimentelor este de circa 4 m. Lacul Sf. Ana este alimentat exclusiv

din precipitații, gradul de mineralizare al apei fiind din acest motiv extrem de scăzut. Iarna, lacul este acoperit cu un strat de gheață de până la 1 m.

Prezența turiștilor reprezintă principala sursă de poluare cu metale grele, concentrația de plumb depășind valorile maxime admise.

ETAPE ȘI TEHNICI DE ANALIZĂ

Etapetele desfășurării proiectului ca și tehnicile de analiză au fost atent selectate având în vedere faptul că lacurile alpine din România, exceptând lacurile Bâlea din Făgăraș și Bucura din Retezat, sunt lacuri de mică suprafață (luciu de apă mai mic de 1 ha), adâncimi de regulă până în 5 m, situate de multe ori în locuri greu accesibile echipamentului modern de recoltare. Din aceste motive prezentul proiect reprezintă studiu sistematic și multidisciplinar, uzual întâlnit în literatura de specialitate privind lacurile glaciare și/sau alpine atât din emisfera nordică (Europa, America de Nord) cât și din cea sudică (America de Sud).

În ordinea desfășurării proiectului, etapele principale ca și tehnicile de analiză propuse sunt:

Batimetria și studiul geomorfologic reprezintă prima etapă și cea mai importantă deoarece permite stabilirea caracteristicilor concrete ale lacului investigat ca și localizarea, în perfectă cunoștință de cauză, a punctelor de recoltare a carotelor sedimentare.

Recoltarea carotelor ar trebui efectuată pe cât posibil în zona de maximă adâncime deoarece, având în vedere adâncimea mică a lacurilor, este posibil ca numai în zona de maximă adâncime sedimentele să fie puțin sau chiar de loc perturbate, ceea ce evident permite o interpretare corectă și necontradictorie.

Studiul granulometric este absolut necesar deoarece dimensiunea, forma granulelor și aspectele suprafeței lor constituie elemente definitorii ale texturii depozitelor clastice. Cum textura reprezintă un criteriu fundamental de clasificare și de apreciere a factorilor care au controlat formarea rocilor – mediul de transport și trăsăturile sale hidrodinamice, natura mediului de acumulare etc., interesul pe care îl prezintă studiul acestor caractere este determinant. Tehnicile actual de procesare statistică (histograme, curbe de frecvență, cumulative, sau de probabilitate) permit o analiză completă și neechivocă a datelor granulometrice. De asemenea, ar fi de dorit și o analiză a caracteristicilor de suprafață ale granulelor (spărturi, grad de șlefuire și lustruire, striații, aspecte diageneze), în vederea caracterizării tipului de transport și a proceselor sin și post sedimentare.

Analiza petrografică cantitativă a sedimentelor realizată prin investigare microscopică efectuată pe secțiuni subțiri va permite identificarea componentelor minerali granulari, a morfologiei lor, a gradului lor de uzură și a modificărilor diagenetice suferite de aceștia sub influența factorilor chimici agresivi. În plus, în acest fel pot fi obținute informații privind

raportul liant (matrice, cimenturi chimice) - componenții granulari (reacții la contact), precum și natura neoformărilor minerale. În cazul folosirii microscopului optic echipat cu masa de integrare, poate fi stabilită proporția componenților granulari și a lianților ca și porozitatea naturală și cea rezultată pe seama solvării în mediu chimic coroziv (originea, geometria, dimensiuni, proporția porilor în raport cu partea solidă a preparatului, gradul de umplere a porilor, solvarea selectivă a unor componenți solubili). Prin utilizarea microscopului optic în regim de catodoluminescență pot fi evidențiate proprietățile cimenturilor, nerelevante de examenul în lumină polarizată (identificarea generațiilor succesive de cimenturi, variația conținutului de impurități a cimenturilor carbonatice, determinarea vitezei de creștere a cimenturilor chimice, corозиuni chimice, acumularea de reziduuri în urma îndepărtării componentelor solubile).

Analiza mineralogică efectuată prind difracție de raze X furnizează informații cu privire la structura rețelei cristaline a probelor investigate, a gradului de cristalinitate al acestora ca și a existenței unor faze cvasi-ordonate sau total dezordonate cum sunt fazele vitroase. În mineralogie, difracția de raze X este indispensabilă, deoarece, astfel pot fi identificate numeroase minerale atât majore cât și minore ca și o cantitate considerabilă de minerale argiloase, a căror corectă identificare permite stabilirea locului de proveniență.

Geocronologia radiometrică (^{137}Cs , ^{210}Pb și eventual ^{241}Am) - chiar și pentru sedimentele recente este absolut necesară deoarece permite stabilirea unei valori destul de precise a ratei de sedimentare a sedimentelor recente care

extrapolată la sedimentele vechi contribuie la stabilirea, chiar și orientativă a vârstei acestora și în conexiune cu aceasta, a diferitelor evenimente identificate din studiul granulometric și petrografic.

Analiza chimică cantitativă efectuată prin spectroscopie optică de emisie cu sursă de plasmă cuplată inductiv (ICP-AES) sau arc electric (EA-AES) permite determinarea concentrației unui număr de circa 40 de elemente, atât majore cât și în special minore, unele dintre acestea având certă origine antropică. În funcție de volatilitatea lor, aceste se pot clasifica în următoarele grupe:

- grupa 1: Ga, Cu, Pb, Sn, Zn, In, Bi, Ge
- grupa 2: Li, Ti, Mn, Mg, Cr, Co, Sc, Y, Yb, Ba, Sr, La, Sb, Cd, Zr, Nb, V, As
- grupa 3: Sr, Ba

ce cuprind cvasi-totalitatea metalelor grele considerate poluante. Din scurta enumerare se observă simultan că pot fi determinate și elemente ce nu sunt de natură antropogenă, dar a căror prezență în sedimente reprezintă termeni de referință pentru interpretarea distribuției elementelor poluante.

Analiza de cluster și analiza de componente principale sunt două metode de analiză statistică multivariată folosite în mod curent la analiza unor masive de date experimentale pentru a releva existența diferitelor corelații sau asociații ale acestora în funcție de proveniență, afinități chimice, procese de redistribuție, etc. Utilizarea acestora este extrem de utilă în analiza datelor experimentale privind distribuția poluanților ca și a posibilelor lor surse.

BIBLIOGRAFIE

MAGYARI E., BUCZKO K., JAKAB G., BRAUN M., SZANTO ZS., MOLNAR M., PAK Z., KARATSON D. (2006) - Holocene paleohydrology and environmental history in the South Harghita Mountains, Romania, *Földtani Közlöni*, 13, 249-284.

MORYA I., BUCZKO M., NAKAMURA T., ONO K., SZACACS A., SZEGHEDI I. (1996) - Radiocarbon ages of charcoal fragments from pumice flow deposit in the last eruption of Ciomadu Volcano, Romania, *Summary of researches using AMS at Nagoya University*, 7, 255.

PILBATH A.G., PAL, Z. (2007) - *Microregiunea Ciomad-Balványos*, Ed. Green Stepe, Tușnad, România

UDREA P. (2007) - Impactul schimbărilor climatice asupra dinamicii holocene și actuale a mediului alpin din Carpații Românești. Implicații în gestiunea riscului și amenajarea peisajului.

[HTTP://WWW.CBG.UVT.RO/GEOGRAFIE/CERCETARE/GRANTURI/MEDALP/MEDALPSINTEZA1.PDF](http://www.cbg.uvt.ro/GEOGRAFIE/CERCETARE/GRANTURI/MEDALP/MEDALPSINTEZA1.PDF)

PAGINA LĂSATĂ ALBĂ INTENȚIONAT