

Considerații preliminare asupra elevației periglaciare în etajul alpin al Carpaților Meridionali

Petru URDEA, Florin VUIA, Mircea ARDELEAN,
Mircea VOICULESCU, Marcel TÖROK-OANCE

Cuvinte-cheie: elevație periglaciară, domeniu alpin, Carpații Meridionali.

Preliminary considerations on frost heaving in the alpine domain of the Southern Carpathians. This paper presents the preliminary results of the monitoring program of the frost heaving associated with the research grant „Recent geomorphological processes in the alpine domain of the Southern Carpathians in the perspective of the global climatic changes” engage by the geomorphology study group of the West University of Timișoara, started in the year 2000. The main objective of our work, is to offer a realistic image on this periglacial process in the alpine domain of the Southern Carpathians. With a value of 47 mm/year for hummock area and 20,55 mm/year for the flat area, our results are compatible with the values from other areas of investigation point out in the geomorphological literature. The differentiated values of two area are correlated with the freezing depth, the snow layer and with the bottom temperature of snow layer.

1. Introducere

În domeniul morfogenetic periglaciare printre procesele morfogenetice caracteristice se numără și elevația periglaciară, implicată în geneza unor mezo- și microforme periglaciare. Deoarece în Carpații Meridionali domeniul alpin are o extensiune importantă, iar izoterma de 3 °C — considerată limită inferioară a domeniului periglaciare (French, 1996) —, este situată la ±1 700 m altitudine, considerăm firească abordarea acestei problematice. Nu trebuie să omitem a menționa faptul că literatura geografică românească este extrem de săracă în date rezultate din monitorizarea unor procese specifice domeniului alpin.

Definiții și termeni sinonimi. Cum în literatura noastră de specialitate abordarea acestui proces este deficitară, considerăm că prezentarea câtorva definiții existente asupra elevației periglaciare ca și termenii sinonimi din alte limbi, este benefică celor ce doresc să aprofundeze acest fenomen.

• Taber (1929) — ridicare determinată de înghețul solurilor saturate în apă.

• Bryan (1946) — expansiunea ascendentă a suprafeței terenului legată de expansiunea stratului înghețat.

• Whittow (1984) — bombare sau ridicare verticală a suprafeței solului înăuntrul ridicăturilor de teren (movile, mameloane) datorate presiunii cauzate de înghețul apei freatice (din sol) în condiții periglaciare.

• ACGR (1988) — mișcare ascendentă și exterioară a suprafeței terenului (sau a obiectelor de pe, sau din sol) cauzate de formarea gheții în sol.

• Williams, Smith (1989) — înălțarea suprafeței solului (terenului) ca rezultat al acumulării gheții (gheață de segregatie).

• Goudie (1994) — mișcare predominant verticală a solului mineral în timpul înghețului, cauzată de migrarea apei spre planul de îngheț și expansiunii sale subsecvente.

• Băcăuanu et al. (1974) — proces geomorfologic caracteristic regiunilor reci cu îngheț peren, care constă în împingerea de jos în sus a blocurilor de rocă împlântate în solurile supraumede, datorită presiunilor cauzate de îngheț, orientându-le cu axa mare pe verticală.

• Posea (1986) — proces de ridicare a pietrelor împlântate în solurile umede din regiunile periglaciare, prin împingerea de jos în sus din cauza înghețului.

• Ielenicz et al. (1999) — deplasarea elementelor grosiere în molisol pe verticală, elementele fiind scoase la suprafață.

Elevația periglaciara — frost heave (*eng.*) — soulèvement dû au gel (*fr.*) — Frosthebung (*ge.*) — criosollevamento (*it.*) — frostheving (*no.*) — criogennoe (moroznoe) puchenie (*ru.*) — levantamiento por congelamiento (*sp.*).

După cum se constată din parcurgerea definițiilor de mai sus, autorii surprind atât modul de manifestare cât și cauza ce stă la baza producerii acestui fenomen, chiar terminologia fiind edificatoare în acest sens.

Repere istorice. Termenul de *frost heaving*, adică elevație periglaciara, a fost introdus în literatura de specialitate de către Stephen Taber în 1929, el fiind cel care pe baza a numeroase experimente de laborator întreprinse în perioada 1914-1918 și 1927-1929 a urmărit modul de formare a cristalelor de gheață de segregare în soluri (Taber, 1929, 1930). Autorul a sesizat, în mod just, că factorii principali care controlează procesul de segregare și de elevație sunt granulometria și textura solurilor, conținutul de apă, dimensiunea și procentul golurilor, rata înghețului, precizând totodată că desfășurarea unor cicluri îngheț-dezgeț favorizează elevația periglaciara. De asemenea a constatat că segregarea gheții este favorizată de materialele ce au o granulație de aproximativ 0,01 mm, cristalele de gheață dezvoltându-se în direcția de unde vine înghețul, normală la suprafață. De fapt, autorul american menționează că prima abordare științifică a „creșterii în volum determinată de cristalele de gheață” a fost realizată de către fizicianul german G.H. Otto Volger în 1854.

În țara noastră, deși analiza reliefului periglaciara este prezentă în numeroase lucrări, iar la geneza unor microforme periglaciare, ca de pildă pietrele glisante, este invocată „gheața din sol ce produce o ridicare și o desțelenire repetată” (Niculescu, 1965, p. 275), cu o singură excepție, nu se utilizează termenul de elevație periglaciara, sau echivalenții acestuia, decât începând cu anii '70. Atunci când, în vastul său tratat ajunge la „Trăsături ale morfologiei periglaciare”, V. Tufescu (1966) afirmă că „La îngheț se exercită presiuni deose-

bit de mari care produc bombări superficiale ca niște miniaturi de domuri (*pingo*); se produc de asemenea o ridicare lentă a pietrelor în crăpături (*frost-heaving*), precum și mișcări interne de particule.” (p. 507). Chiar și în primele tratate de geomorfologie nu se utilizează termenul de elevație periglaciara. De pildă, la formarea hidrolacoliților, P. Coteț, (1969, p. 307) menționează ca proces implicat în morfogeneza „ridicarea provocată prin înghețarea apei așezate sub turbă”. Situația nu este diferită în cele două tratate de geomorfologie elaborate de colectivul profesorului Posea (1970, 1976), în ambele, la capitolul „Relieful periglaciara” atunci când este abordată problema agenților și proceselor specifice se afirmă că datorită apariției gheții în sol „Prin tensiunile pe care le dezvoltă, acestea (formele de prezență a gheții în sol, *n.n.*), creează un complex de microcute, bombări la suprafața solului, iar după topire crăpături, microdepresiuni etc.” (Posea et al., 1970, p. 482; Posea et al., 1976, p.416). După cunoștințele noastre, „implementarea” termenului de elevație periglaciara în literatura de specialitate din țara noastră, ca de altfel și a altor termeni geomorfologici, cu echivalenții lor în alte limbi, este legată de momentul marcat de apariția primului dicționar geomorfologic, în anul 1974, avându-i ca autori pe V. Băcăuanu, I. Donisă și I. Hârjoabă. Considerăm că prima abordare importantă este datorată lui I. Sârceu ce în 1976 descrie „*frost heaving stones*” în Munții Godeanu, pentru ca mai apoi (1978) să asocieze fenomenul de elevație periglaciara cu prezența pietrelor cumpănite (pietre bete) în Munții Rodnei. De asemenea, Bacăințan (1999) asociază prezența gelifractelor dispuse vertical în cadrul grohotișurilor cu fenomenul de elevație periglaciara (p. 89). Primele date experimentale, corelate cu date observaționale, sunt datorate lui Urdea (1989, 1997, 2000), ocazie cu care este precizată implicarea acestui proces în geneza și evoluția pietrelor cumpănite, a pavajului periglaciara, a blocurilor reptante și a mușuroaielor periglaciare.

Tipuri, mecanisme implicate, efecte și rezultante morfologice. O abordare tehnică și experimentală a fenomenului evidențiază fap-

tul că este necesar să se facă o distincție între **elevația periglaciara primară**, cea asociată cu linia de îngheț și dependentă de capilaritatea solului și **elevația periglaciara secundară**, specifică interiorului solului înghețat aflat la temperaturi diferite și în care pot exista și pelicule fine neînghețate, cu redistribuirea apei din interiorul solului înghețat și asociată condițiilor instabile în zona criogenică adiacentă liniei de îngheț („the frozen fringe”) (Miller, 1972, citat de Williams, Smith, 1989). În manifestarea elevației periglaciare sunt implicate mai multe mecanisme precum împingerea prin îngheț (*frost-push*), extragerea prin îngheț (*frost-pull*) (Chambers, 1967, citat de French, 1996), precum și creep-ul. Se cunoaște faptul că apariția gheții de segregare sub formă de lentile, pelicule și straturi de gheață, dispuse de regulă paralel la suprafața topografică, este legată de manifestarea fenomenului de crioosmoză și criosucțiune, ceea ce determină o redistribuire a umidității din sol, conducând la o sporire a cantității de apă în solul înghețat. Apariția și acumularea gheții de segregare se face responsabilă de apariția unei presiuni de elevație — valorile pot să ajungă rapid la 100–300 kPa (Williams, Smith, 1989) —, rata elevației depinzând, într-o manieră complexă, de condițiile termodinamice, impuse de valorile și variația temperaturii și de presiunea apei și gheții. Aceste condiții termodinamice asociate gheții de segregare se reflectă și în manifestarea creep-ului, rata acestuia fiind într-o relație directă cu rata acreției gheții, condiționată de proprietățile fizice ale substratului, compoziția mineralogică, diametrul porilor, conținutul de apă liberă și temperatura segregăției de îngheț (Akagawa, Fukuda, 1991).

Experimentele efectuate de către Van Vliet-Lanoë în Arhipelagul Svalbard (1991) au scos în evidență faptul că elevația periglaciara diferențială se produce pe fondul unui gradient negativ al susceptibilității la îngheț, adică straturile superficiale sunt mai puțin sensibile la îngheț decât cele subiacente.

Efectele directe ale elevației periglaciare sunt ridicarea substratului, expulzarea prin îngheț (*frost jacking*) și sortarea periglaciara,

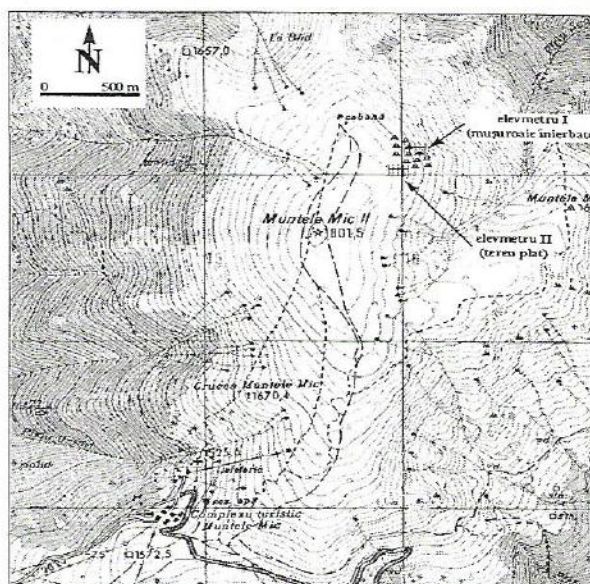


Fig. 1. Localizarea perimetrelor de monitorizare.

rezultantele morfologice materializându-se în apariția unor mezo- și microforme de relief caracteristice, incluse în largă categorie a solurilor reticulate, amintind aici cercurile, poligoanele, terasetele, panglicile, mușuroaiele periglaciare și abcesele sau cercurile de noroi (Washburn, 1979).

2. Aria de studiu și metode de lucru

Arealul de studiu Muntele Mic este situat în partea superioară a masivului cu același nume. Toate instrumentele sunt situate la altitudini de 1 750–1 760 m, pe fața nord-estică.

Arealul de amplasare a instrumentelor (fig. 1) este la contactul suprafeței de nivelare ce afectează partea superioară a masivului și versantul nord-estic. În această zonă se dezvoltă o serie de nișe nivale. Granitele și șisturile cristaline sunt puternic alterate, ceea ce a dat naștere unei scoarțe de alterare cu grosimi ce pe alocuri pot atinge câțiva metri. Pentru a avea termeni de comparație în ceea ce privește desfășurarea proceselor periglaciare, au fost alese două locații diferite: un instrument este situat pe teren plat, celălalt fiind situat peste un mușuroi periglaciara, situate la altitudini apropiate. Terenul este acoperit de vegetație subalpină, reprezentată prin rogoz (*Carex curvula*), în asociație cu tufe de subarbuști de afin (*Vaccinium myrtillus*), merișor (*Vaccinium vitis-idaea*). Pe mușuroiul periglaciara sunt prezente speciile

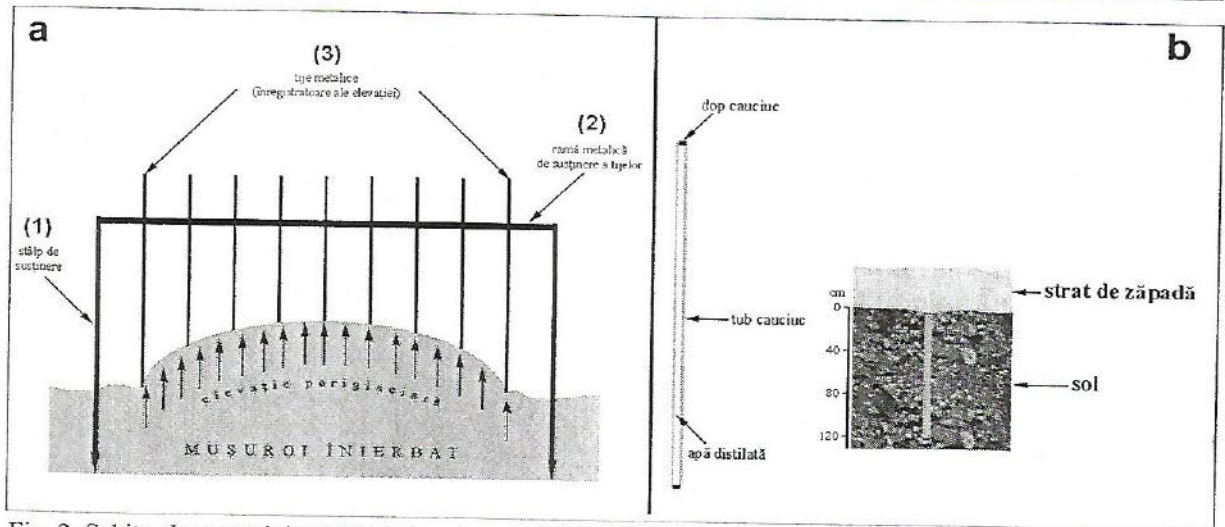


Fig. 2. Schița elevmetrului BAC (a) și a criometrului DANILIN (b).

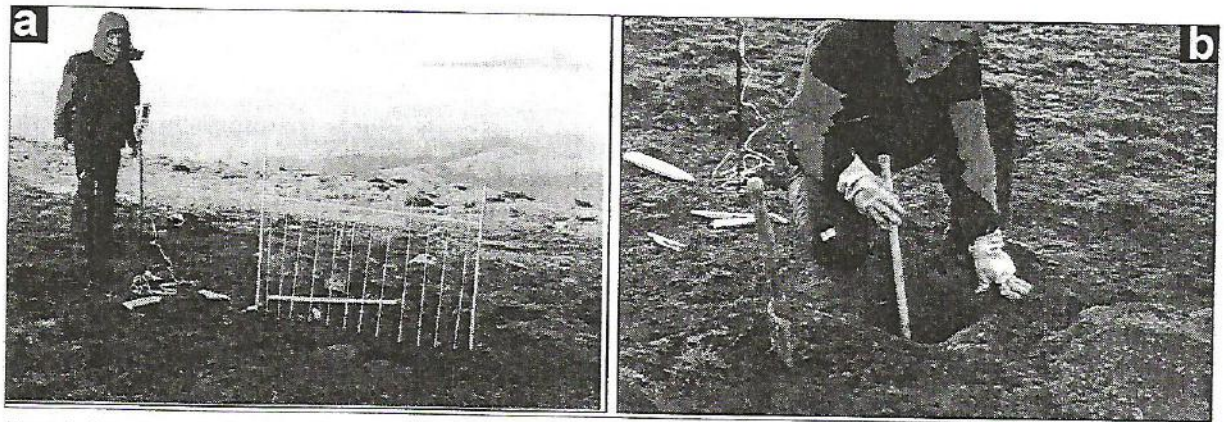


Foto 1. Montarea în teren a elevmetrului BAC (a) și a criometrului DANILIN (b).

amintite anterior, pe arealul plat, vegetația lipsind sau este prezentă fragmentar.

Pentru studiul elevației periglaciare în perimetrul Muntele Mic s-au folosit două aparate de producție proprie: elevmetru BAC și criometrul DANILIN.

Elevmetrul BAC, folosit pentru determinarea elevației periglaciare în anotimpul de iarnă, a fost instalat în două locuri cu micromorfologie diferită: mușuroi periglaciari și teren plan. Părțile componente ale aparatului sunt (fig. 2a, foto 1a): stâlpii metalici de susținere (1), rama metalică de susținere a tijelor înregistratoare (2) și tijele înregistratoare (3). La montarea în sol se înregistrează lungimea fiecărei tije deasupra ramei metalice, ca punct de reper în determinarea elevației periglaciare ulterioare. În perioada de prelevare a datelor s-a determinat din nou lungimea tijelor deasupra ramei metalice, diferența în milimetri din-

tre valorile culese și cele inițiale reprezentând elevația periglaciare pentru acea perioadă. Montarea aparatelor s-a făcut în fiecare an în intervalul noiembrie – decembrie, iar elevația a fost determinată în două momente distincte: lunile februarie și mai.

Valorile obținute pentru elevația periglaciare sunt corelate cu adâncimea înghețului în sol din vecinătatea elevmetrelor. Pentru determinarea acestui parametru sunt folosite criometrele DANILIN (fig. 2b, foto 1b). Acestea sunt alcătuite dintr-un tub de cauciuc moale, închis etanș la ambele capete cu niște dopuri de cauciuc. La montare ele sunt umplute cu apă distilată. Tubul de cauciuc este introdus apoi în tubul de PVC cu o lungime de cca 120 cm, care este introdus în sol. La prelevarea datelor se scoate tubul de cauciuc din interiorul celui de PVC și se determină în centimetri adâncimea până la care a înghețat

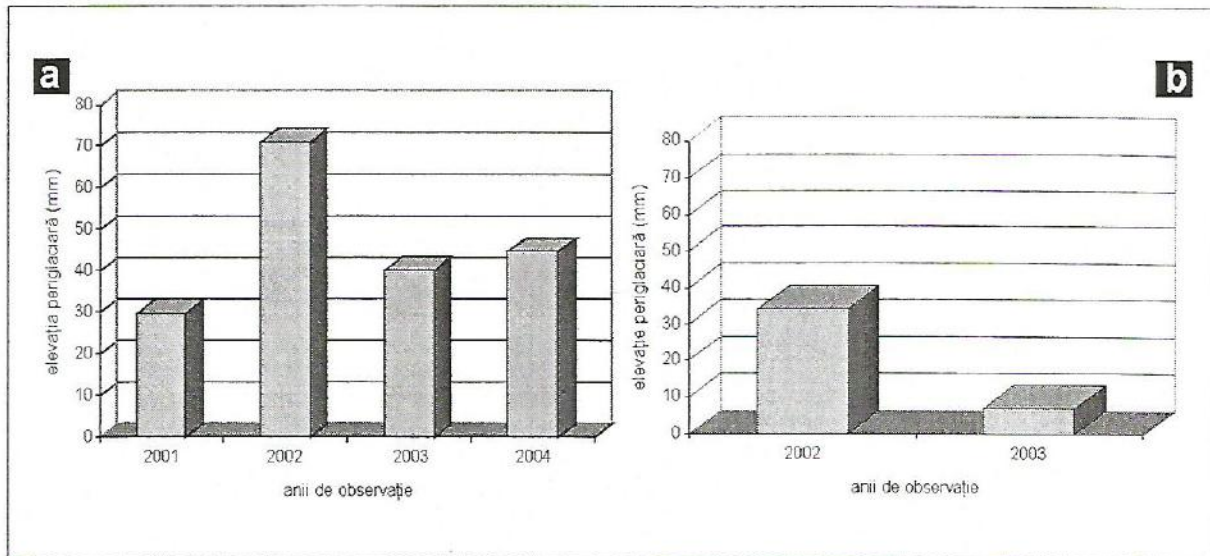


Fig. 3. Evoluția elevației periglaciare în perioada 2000–2003 în cazul mușuroaielor periglaciare (a) și pe teren plat (b).

apa, aceasta fiind asociată cu adâncimea înghețului în sol în momentul respectiv.

Nu omitem a menționa faptul că observațiile de teren efectuate asupra evoluției unor terasete de solifluxiune de pe Muntele Laita (Munții Făgăraș), asupra blocurilor reptante de pe Muntele Mic și din Parângul Mic, ca și a micropoligoanelor de sortare periglaciara din cirul Valea Rea (Munții Retezat), au avut drept scop și urmărirea relațiilor dintre elevația periglaciara și manifestarea fenomenului de pipkrake, confirmându-se faptul că acest fenomen este o fațetă a manifestării elevației periglaciare, cu efecte în morfogeneză și, desigur, în morfodinamica actuală a etajului alpin.

3. Rezultate

Așa după cum am prezentat mai sus, am urmărit elevația periglaciara pentru două areale cu o morfologie de detaliu diferită, unul cu suprafața plată, iar celălalt este un mușuroi periglaciara, cele două morfologii exprimând și diferențe în privința texturii și structurii solului, a capacității de retenție a apei și de repartiție în spațiu a umidității.

Din analiza datelor pentru intervalul 2000–2003 se constată că în ambele perimetre valorile maxime ale elevației se înregistrează în prima parte a iernii (noiembrie-februarie), pentru ca apoi, pe măsură ce se instalează dezghețul, să apară o mișcare negativă a suprafe-

ței, chiar cu o coborâre a suprafeței sub nivelul anterior, având deci de a face cu „un colaps de dezgheț”, sau *colaps periglaciara*.

Astfel, în cazul mușuroaielor periglaciare, în intervalul 26.11.2000–11.02.2001 am avut o valoare medie de 29,83 mm, — cu un maxim de 38 mm spre centrul mușuroiului (tijele 3 și 4) — 71,5 mm în intervalul 9.12.2001–2.02.2002, cu un maxim de 160 mm (tija 2) și un minim de 43 mm (tija 9), pentru ca în intervalul 1.11.2002–8.02.2003 valoarea medie să fie de 40,22 mm, cu un maxim de 51 mm (tija 1) și un minim de 36 mm (tija 4). În cazul terenului plat am avut o valoare medie de 34,12 mm — cu un maxim de 43 mm (tija 2) și un minim de 19 mm (tija 12) —, pentru ca în intervalul 1.11.2002–8.02.2003 valoarea medie să fie de 7 mm, cu un maxim de 14 mm (tija 4) și un minim de 2 mm (tija 2).

Pentru cea de-a II-a parte a intervalului de monitorizare valorile sunt, de asemenea, la fel de diferențiate. Astfel, în cazul mușuroaielor periglaciare, în intervalul 11.02.2001–13.05.2001 valoarea medie a fost de –19,61mm, deci a avut loc o coborâre și nu o elevație — cu un maxim al coborârii de 25,5 mm (tija 7) și un minim de 11,5 mm (tija 5) —, –38,16 mm în intervalul 2.02.2002–9.05.2002, cu variații între –27 mm (tija 4) și –49 mm (tija 9), pentru ca în intervalul 8.02.2003–18.05.2003 valoarea medie a coborârii să fie de 41 mm, cu o variație a sa între 11,5 (tija 5) și 77 mm (tija 7). În cazul terenului

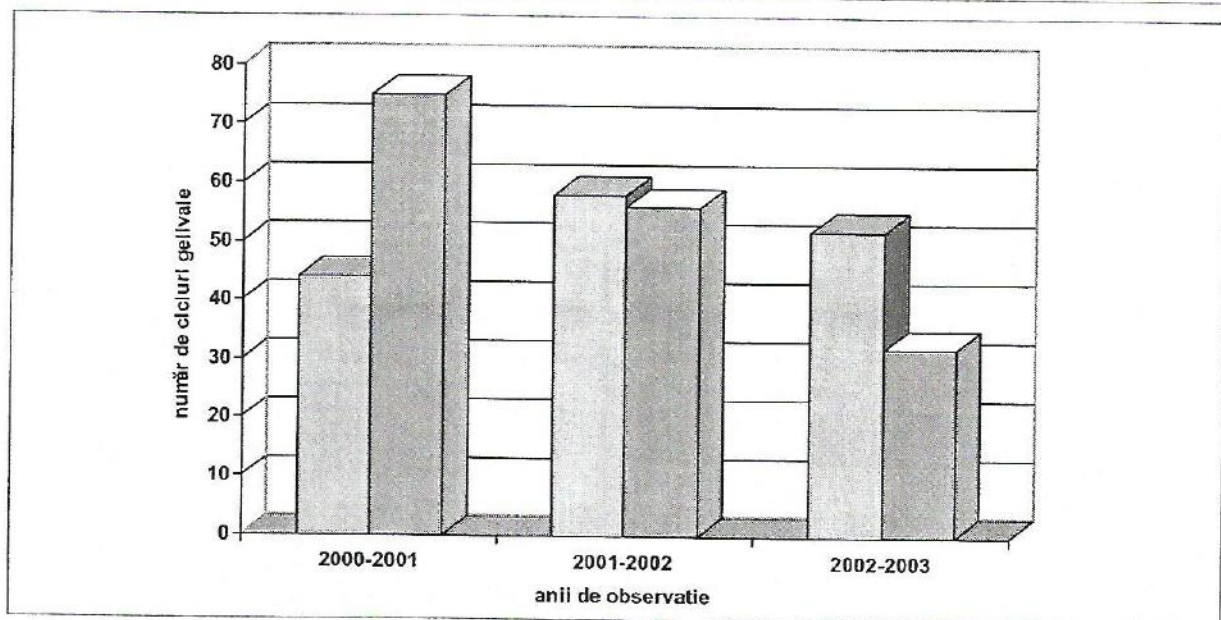


Fig. 4. Numărul de cicluri gelivale în intervalul de monitorizare (2000–2003).

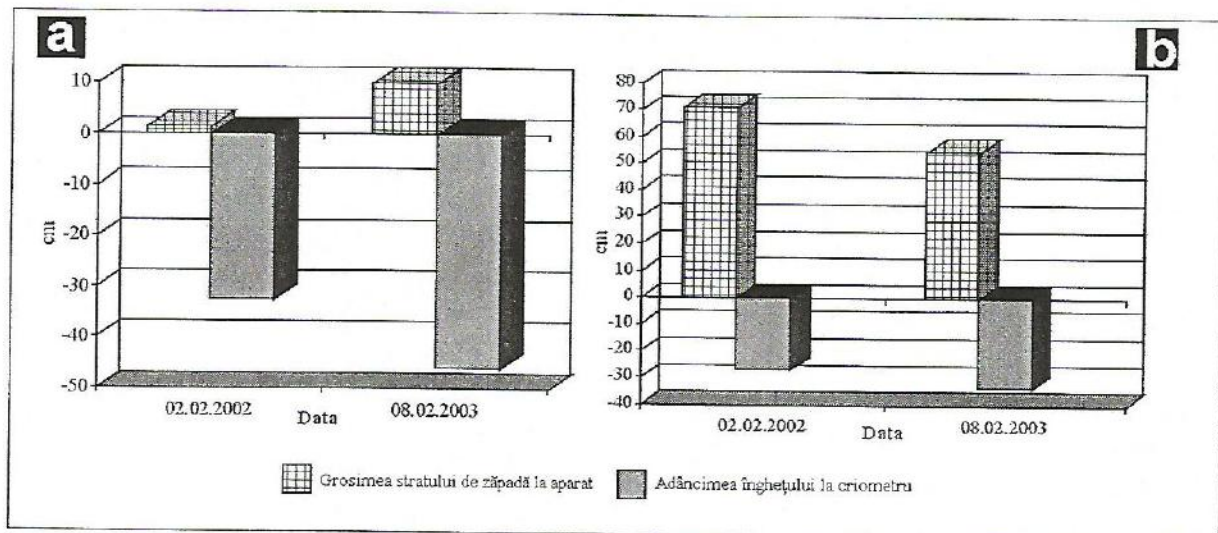


Fig. 5. Grosimea stratului de zăpadă și adâncimea înghețului în sol

plat, în intervalul 2.02.2002–9.05.2002 valoarea medie a fost de $-33,25$ mm, cu o valoare a coborârii variind între 10 mm (tija 12) și 47,5 mm (tija 5), și cu o valoare medie de $-28,37$ mm în intervalul 8.02.2003–18.05.2003 și o variație a coborârii cuprinsă între 0,5 mm (tija 7) și 53,5 mm (tija 12).

Dacă se urmărește evoluția valorilor pentru întreaga perioadă de monitorizare, așa după cum am menționat, la ridicarea instrumentelor, de obicei în luna mai, se constată chiar o coborâre a nivelului suprafeței topografice sub nivelul avut la instalarea instrumentelor. Pentru mușuroaiele periglaciare, în intervalul 26.11.2000–13.05.2001 elevația periglaciară

este o realitate, valoarea sa medie fiind de 10,22 mm, cu o variație între 23 mm (tija 5) și -1 mm (tijele 7 și 9), deci tendință spre colaps. În următoarea etapă, pentru intervalul 9.12.2001–9.05.2002 se constată că valoarea medie a elevației periglaciare a fost de 32,88 mm, pe aliniamentul de măsurare valorile variind între -6 mm (tija 9, marginală), deci coborâre, și 126,5 mm (tija 2). Pentru ultimul an de monitorizare, între 1.11.2002 și 18.05.2003 valoarea medie indică o coborâre generală, cu o valoare medie de 0,7 mm, suprafața topografică oscilând între elevație, +25 mm (tija 5) și un adevărat colaps, -42 mm (tija 7). Pentru peri-

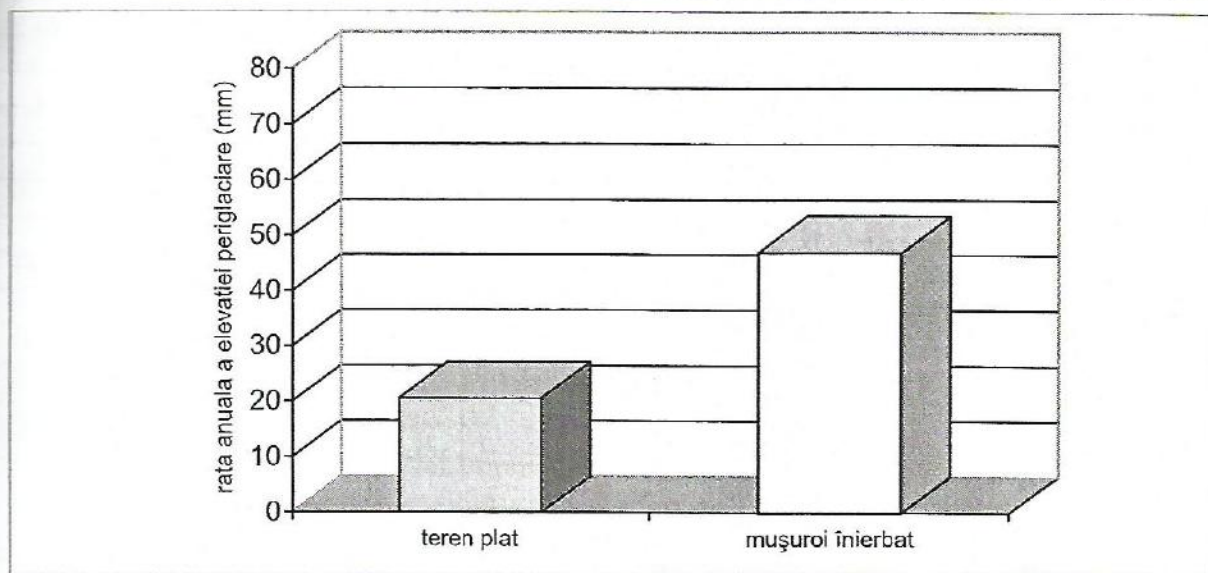


Fig. 6. Rata anuală a elevației periglaciare în perimetrul monitorizat

metrul pe teren plat se constată că evoluția a fost foarte asemănătoare, în sensul că în intervalul 9.12.2001–9.05.2002 elevația periglaciara a fost puțin expresivă, cu o valoare medie generală de 1,04 mm, dar cu variații relevante pentru răspunsul substratului la îngheț-dezgheț, exprimate de ridicarea nivelului suprafeței cu maximum 14,5 mm (tijele 6 și 7) sau cu coborârea nivelului acesteia cu maximum 7 mm (tija 4). Pentru ultimul an de monitorizare, între 1.11.2002 și 18.05.2003, valoarea medie indică un colaps general amplu, cu o valoare medie de 21,37 mm, suprafața topografică oscilând între elevație, +9,5 mm (tija 7) și colaps, -46,5 mm (tija 12, marginală).

Pentru a explica valorile diferențiate ale evoluției nivelului suprafeței topografice a celor două suprafețe pe de o parte, și a celor din fiecare aliniament de măsurare, pe de altă parte, în intervalele distincte de monitorizare trebuie să facem apel la câțiva parametrii me-teo-climatici, cum sunt temperaturile maxime și minime și, desigur numărul de cicluri de îngheț-dezgheț produse în fiecare perioadă de monitorizare. Pentru aceasta vom exemplifica cu datele stațiilor meteorologice Cuntu, situată la 1 450 m altitudine, și Țarcu, situată la 2 180 m.

Pentru perioada 26.11.2000–13.05.2001 la stația Țarcu temperatura a variat între 11,4 °C și -20,4 °C, producându-se 75 de cicluri gelivale, pentru ca la stația Cuntu valorile respective să fie cuprinse între 18,2 °C și -16,5 °C, cu 44 ci-

cluri gelivale. În perioada 9.12.2001–9.05.2002 la stația Țarcu temperatura a variat între 12,9 °C și -22,2 °C, producându-se 56 de cicluri îngheț-dezgheț, pentru ca la stația Cuntu valorile respective să fie cuprinse între 19 °C și -18,3 °C, cu 58 cicluri gelivale. Perioada 1.11.2002–18.05.2003 s-a remarcat prin valori termice cuprinse între 15,5 °C și -21,1 °C și 32 cicluri gelivale la stația Țarcu și respectiv, între 22 °C și -16,7 °C și 52 cicluri îngheț-dezgheț la stația Cuntu (fig. 4).

Din analiza cuplului cauză (condiții me-teo-climatic) – efecte geomorfologice (elevație periglaciara) se explică ușor faptul că, pentru ambele perimetre, manifestarea coborârii și a colapsului la sfârșitul ultimei perioade de monitorizare (1.11.2002–18.05.2003) este datorată temperaturilor mai ridicate și unui număr mai mic de cicluri îngheț-dezgheț.

Deoarece elevația periglaciara se află în directă corelație cu intensitatea înghețului, pentru fiecare perimetru am urmărit și adâncimea de pătrundere a înghețului, aceasta fiind corelată cu grosimea stratului de zapadă, fiind recunoscut rolul de izolator termic al acesteia. Comparând cele două perimetre (datele sunt pentru 8.02.2003) se constată că în cazul mușuroiului periglaciara, cu un strat de zapadă mai subțire, datorită spulberării acesteia de pe suprafața rotundă a acestuia, solul îngheață până la adâncimea de 46 cm la o grosime a zăpezii de 10 cm, în timp ce pe terenul plat la

REGIUNEA	RATA ANUALĂ A ELEVĂȚIEI (cm)
Mesters Vig - Groenlanda, 72° N	0,0-1,0
Signy Island, South Orkney Islands, 61° S	4,0
Colorado Front Range - USA, 39° N	25,0-29,5
Cape Thompson - Alaska, 70° N	32,5
Inuvik - Delta Meckenzie, 69° N	10,3-14,0
Sor-Rondane Mountains - Antarctica, 72° S	0,02-0,18 elevație diurnă
Alberta Rockies - Canada, 50° N	2,0-4,5
Qinghai-Xizang - Podișul Tibet	4,3-7,7
Munții Retezat - România, 45°19' N	0,6
Muntele Mic - România, 45°19' N	
mușuroi înierbat	4,7
teren plan	2,055

Tabelul 1. Valori ale elevației periglaciare în diverse perimetre experimentale (din surse diverse)

o grosime a zăpezii de 54,5 cm înghețul a pătruns doar până la 33,5 cm (fig. 5), o evoluție caracteristică având și temperatura la baza stratului de zăpadă.

În perimetrul mușuroaielor periglaciare (a) și pe teren plat (b). În ceea ce privește întregul interval, valoarea medie a elevației periglaciare este mai mare în cazul mușuroiului, 47 mm, față de cea din suprafața plată, 20,55 mm, (fig. 6) diferență explicabilă prin structura caracteristică a mușuroaielor periglaciare (Urdea, 2000).

4. Concluzii

- elevația periglaciară are o valoare diferențiată între perimetrul cu mușuroaie periglaciare și cel de pe teren plat;
- pentru ambele perimetre, în toate perioa-

dele de monitorizare, se constată că elevația periglaciară este o realitate morfodinamică de necontestat pentru intervalul noiembrie-februarie, pentru ca în intervalul februarie-mai să aibă loc o coborâre a nivelului suprafeței topografice, chiar sub nivelul avut la instalarea instrumentelor, putând vorbi deci de un *colaps periglaciară*;

- există o bună corelație între valorile elevației periglaciare, temperatură, numărul de cicluri gelivale și grosimea stratului de zăpadă;
- de asemenea există o interdependență între valorile elevației și caracteristicile mineralogice și fizico-mecanice ale substratului (reliefate de valorile diferențiate din cele două perimetre);
- valorile specifice găsite sunt compatibile cu cele specifice altor sit-uri periglaciare (Tabelul 1).

BIBLIOGRAFIE

- ACGR (Associate Committee on Geotechnical Research) (1988), *Glossary of permafrost and related ground ice terms*, Permafrost Subcommittee, National Research Council of Canada, Technical Memorandum 142, 156 p.
- AKAGWA, S., FUKUDA, M. (1991), Frost heave mechanism in welded tuff, *Permafrost and Periglacial Processes*, 4, 2, 301-309.
- BĂCĂINȚAN, N. (1999), *Munții Baraolt. Studiu geomorfologic*, Editura Academiei, București, 160 p.
- BĂCĂUANU, V., DONISĂ, I., HĂRJOABĂ, I. (1974), *Dicționar geomorfologic*, Editura Științifică, București, 291 p.
- BRYAN, K. (1946), Cryopedology — the study of frozen ground and intensive frost-action with suggestions on nomenclature, *Am. Journal of Science*, 244, 9, 621-642.

- COTET, P. (1969), *Geomorfologie cu elemente de geologie*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 374 p.
- FRENCH, H. M. (1996), *The periglacial environment*, (2nd edition), Longman, Harlow, 341 p.
- GOUDIE, A. (edit.) (1994), *The encyclopedic dictionary of physical geography*, Second edition, Blackwell, Oxford, 611 p.
- IELENICZ, M., COMĂNESCU, L., MIHAL, B., NEDELEA, A., OPREA, R., PĂTRU, Ileana (1999), *Dicționar de geografie fizică*, Editura Corint, București, 503 p.
- IPA (1998), *Multi-language glossary of permafrost and related ground-ice terms*, Arctic Institute of North America, The University of Calgary, Canada.
- NICULESCU, Gh. (1965), *Munții Godeanu. Studiu geomorfologic*, Editura Academiei, București, 339 p.
- POSEA, G., ILIE, I., GRIGORE, M., POPESCU, N. (1970), *Geomorfologie generală*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 591 p.
- POSEA, G., GRIGORE, M., POPESCU, N., IELENICZ, M. (1976), *Geomorfologie*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 506 p.
- SÎRCU, I. (1976), Frost heaving stones in the Godeanu Mountains (Roumania), *An. Șt. Univ. „Al.I.Cuza” Iași*, Secț. II, Geol.-Geogr., XXII.
- SÎRCU, I. (1978), *Munții Rodnei. Studiu morfogeografic*, Editura Academiei, București, 112 p.
- TABER, S. (1929), Frost heaving, *Journal of Geology*, 37, 428-461.
- TABER, S. (1930), The mechanics of frost heaving, *Journal of Geology*, 38, 303-317.
- TUFESCU, V. (1966), *Modelarea naturală a reliefului și eroziunea accelerată*, Editura Academiei R. S. R., București, 618 p.
- URDEA, P. (1997), Aspecte ale modelării actuale în zona înaltă a Carpaților Meridionali, *Geis-referate și comunicari de geografie*, S.G.R. -filiala jud. Hunedoara, Deva, IV, 43-48.
- URDEA, P. (1989), *Munții Retezat. Studiu geomorfologic*, Univ. „Al. I. Cuza” Iași, Facultatea de Biologie-Geografie-Geologie, rezumatul tezei de doctorat, 27 p.
- URDEA, P. (2000), *Munții Retezat. Studiu geomorfologic*, Editura Academiei, București, 272 p.
- VAN VLIET-LANOË, B. (1991), Differential frost heave, load casting and convection: converging mechanisms; a discussion of the origin of cryoturbations, *Permafrost and Periglacial Processes*, 2, 123-139.
- WASHBURN, A.L. (1979), *Geocryology: a survey of periglacial processes and environments*, Edvard Arnolds, London, 406 p.
- WILLIAMS, P.J., Smith, M.W. (1989), *The frozen earth. Fundamentals of geocryology*, Cambridge University Press, Cambridge, 306 p.
- WHITTOW, J. (1984), *Dictionary of physical geography*, Penguin Books, London, 591 p.