

## ANALIZA CANTITATIVĂ A RISULUI DE ÎNGHEȚ ÎN BAZINUL SUPERIOR AL MUREȘULUI

MAGYARI-SÁSKA ZSOLT<sup>1</sup>, HAIDU IONEL<sup>2</sup>

**ABSTRACT.** Quantitative risk analysis of frostbite in the Upper Basin of Mureș. The studied region is considered as one of the coldest part of Romania. Our study determined that the most suitable distribution low to adjust the appearance of annual extreme negative temperatures is the normal distribution, on which we determined the return periods for extreme negative values. Observing that the extreme values always appeared on temperature inversions we determined two regression equations for the North and South part of the studied area, on which the special extend of extreme temperatures can be made. The resulted hazard maps were categorized to represent the time in which the frostbite appears in the most susceptible 5% of population. Using the 2002 census data we also calculated the number of persons affected by frostbit if they stay outdoor a specified period of time. For our analysis we used an own developed GIS, based on Borland Delphi, R, IDRISI Andes Edition, RDCOM and inovaGIS.

Zona studiată reprezintă bazinul hidrografic al Mureșului de la izvor până la localitatea Deda. În această regiune există 4 stații meteorologice, dintre care 2 în Depresiunea Giurgeului (Joseni și Toplița) și alte 2 stații pe culmile masivelor muntoase înconjurătoare (Bucin și Retițiș-Călimani). Datorită faptului că, în culoarul Mureșului nu există nici o stație meteorologică, precum și numărul redus de stații, în analiza noastră au existat două categorii de stații, unde au fost studiate temperaturile: stații primare, cel din interiorul regiunii, și stații secundare, 9 la număr, care înconjoară această regiune. Aceste stațiile secundare sunt: Batoș, Bistrița, Ceahlău, Ceahlău

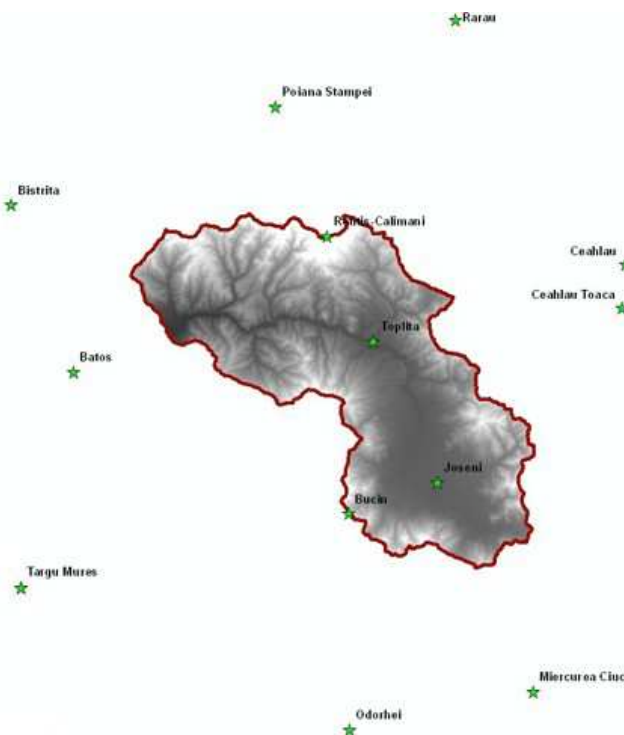


Fig. 1. Regiunea studiată și stațiile meteorologice din zonă

<sup>1</sup> Universitatea „Babeș-Bolyai”, Facultatea de Geografie, Extensia Universitară Gheorgheni, 535500 Gheorgheni, România

<sup>2</sup> Universitatea „Babeș-Bolyai”, Facultatea de Geografie, 400006 Cluj-Napoca, România

Toaca, Miercurea-Ciuc, Odorhei, Poiana Stâmppei, Rarău, Târgu-Mureș.

## 1. SISTEMUL DE ANALIZĂ

Cercetarea noastră s-a concentrat pe studierea hazardului de apariție a unor valori negative extreme la una dintre „polii de frig” a României, Depresiunea Giurgeului, folosind un sistem de analiză propriu. Am considerat util dezvoltarea unui sistem de analiză pentru acest studiu din mai multe motive:

- concentrarea într-o singură aplicație mai multe tipuri de analize (selecția valorilor, determinarea relațiilor optime, analize S.I.G., analize statistice)
- repetabilitatea cu ușurință a pașilor de analiză
- posibilitatea de simulare a mai multor scenarii posibile prin parametrizare
- reefectuare facilă a analizelor în viitor, dacă baza de date valorică se dezvoltă

Sistemul astfel realizat conține:

- părți de analiză S.I.G., baza pe IDRISI Andes Edition
- părți de analiză statistică, bazate pe pachetul statistic R
- părți de selecții, bazate pe limbajul SQL
- părți de control, bazate pe Borland Delphi, limbajul de programare care integrează celelalte părți

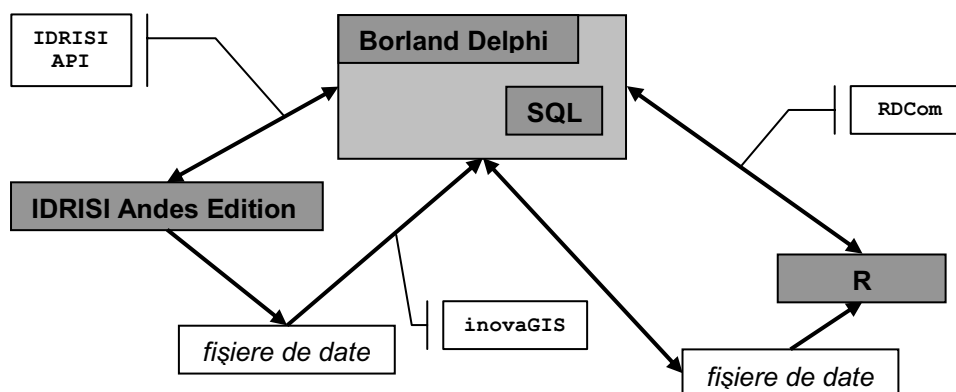


Fig. 2. Componentele sistemului de analiză, modalitățile de interconectare și fluxul de date

Pentru rularea sistemului, ca fișier executabil, este necesară existența pe calculator a următoarelor pachete de programe: IDRISI Andes Edition, inovaGIS, R, RCom

## 2. DATELE ȘI METODOLOGIA UTILIZATĂ

Datele de temperatură au fost colectate de la NCDC (National Climatic Data Center), fiind date zilnice înregistrate la stațiile meteorologice.

Metodologia utilizată este înglobată în diferitele ferestre ale sistemului dezvoltat.

Importul datelor era absolut necesară, întrucât datele primare obținute de la NCDC, sunt în format text, asupra căruia nu se pot realiza operații de analiză, fără a fi trecute într-un format tabelar. Modulul de import permite selectarea stațiilor meteorologice

din țară, selecție pe baza căreia din fișierele care compun baza de date NCDC sunt extrase înregistrările corespunzătoare, și se depozitează în fișiere dbf.

*Analiza statistică descriptivă*, încearcă caracterizarea temperaturilor minime la stația analizată, prin următoarele indici, calculate din date multianuale (intervalul luat în considerare poate fi ajustat):

- frecvența valorilor negative, folosind următoarea categorizare (0..-10, -10..-15, -15..-20, -20..-25, -25..-30, sub -30)

- perioade cu cel puțin „n” zile consecutive, având valori sub anumite praguri. Valoarea lui „n” poate fi modificată, iar pragurile sunt -5, -10, -15, -20, -25.

Ambii indicatori sunt calculate atât pe an, cât și individual pentru fiecare lună de iarnă (noiembrie, decembrie, ianuarie, februarie). Sunt calculate și indicatori asupra mediei anuale a nopților geroase și a zilelor de îngheț.

Prin *analiza statistică corelativă* se poate studia relația de covarianță și de corelație a temperaturilor la diferite stații. Rezultatul acestor studii pot ajuta la spațializarea valorilor negative extreme, rezultate în urma analizei frecvențiale, dacă aceste relații se dovedesc suficient de puternice. Studiul se poate realiza prin următoarele indicatori calculați:

- frecvența diferențelor de temperaturi absolute categorizate, la două stații selectate
- corelația dintre temperaturi la două stații selectate
- frecvența inversiunilor de temperatură, și dacă în astfel de situații au apărut valori negative extreme

Toate cele trei categorii de indicatori se calculează atât ca valori medii multianuale, cât și ca valori medii multilunare, pentru lunile de iarnă.

*Analiza frecvențială*, permite analizarea staționarității, omogenității și independenței seriei de valori, precum și testarea mai multor legi de distribuție. Pentru fiecare lege testată se afișează distanța dintre curbele reprezentând distribuția empirică și cea dedusă pe baza legii de distribuție, bazată pe testul Kolmogorov-Smirnov, și pe baza acestor valori sistemul sugerează alegerea legii cele mai potrivite. Tot în acest modul pe baza legii alese se determină quantilele pentru diferite perioadele de retur.

*Spațializarea rezultatelor*, fiind dependent de mai multe elemente specifice regiunii studiate nu a fost încă implementat în acest sistem.

*Calcul de risc*, permite estimarea numărului de locuitori care vor fi afectați de îngheț la nivel de piele. Acest modul are la bază harta de hazard a regiunii, poziția localităților și numărul de locuitori pentru fiecare localitate în parte. Ca și parametru figurează procentajul persoanelor aflate în aer liber. În cazul în care interiorul localității se regăsesc mai multe categorii de intervale de timp pentru îngheț, se va considera o distribuție uniformă a persoanelor în aer liber pe baza suprafețelor.

### 3. REZULTATE OBTINUTE

Folosind *modulul de analiză statistică descriptivă* s-a încercat caracterizare zonei studiate și a împrejurimilor prin apariția valorilor și a perioadelor de temperaturi negative extreme. Comparația s-a realizat pe baza datelor înregistrate în perioada 1983-2002, perioadă pentru care existau date zilnice la stațiile sus amintite, mai puțin Batoș și Retițiș-Călimani care au fost înființate în 1987 respectiv 1990. Includerea acestor două stații cu perioade mai scurte de date au indus o inconsistentă logică în rezultate, întru-cât pentru Retițiș-Călimani, situat la o altitudine de 2021m, numărul zilelor cu îngheț a fost comparabilă cu rezultatele obținute pentru Bistrița (367m) sau Târgu-Mureș (309m).

Din rezultatele obținute s-au comparat frecvența valorilor extreme negative din două intervale: între -25 și -30, respectiv sub -30. Cele mai mari valori au rezultat pentru cele 3 stații din interiorul Depresiunii Giurgeului și a Ciucului, depășind semnificativ cele care s-au realizat la stații situate la înălțimi de peste 1000m.

Comparând însă numărul mediu al zilelor cu îngheț și a zilelor geroase situația se echilibrează, acest clasament se conformează înălțimilor la care se situează stațiile, singura excepție fiind Miercurea-Ciuc, stație la care cei doi indicatori menționați se situează în jurul valorilor obținute pentru stația Rarău.

Putem trage concluzia, că valorile de temperaturi negative extreme nu se înregistrează în apropierea culmilor sau pe versanți, ci în interiorul depresiunilor. Această situație este reflectată și de numărul perioadelor de cel puțin 3 zile consecutive când temperatura minimă a coborât sub -25 °C, singurele stații la care acest indicator a depășit valoarea 1, erau cele menționate mai înainte. Pentru a studia condițiile de apariție a acestor valori extreme, s-a utilizat cel de al doilea modul, cea de *analiză statistică corelativă*.

În continuare s-a trecut la *analiza frecvențială* a valorilor negative extreme pentru toate cele 4 stații din interiorul depresiunii. În prima fază s-a trecut la controlul fiecărei serii de valori folosind: testul de omogenitate Wilcoxon și testul de staționaritate Mann-Kendall. Au fost testate mai multe modele frecvențiale bazate pe diferite legi de distribuție (normală, log-normală, exponențială, Gamma, Gumbel) corelate cu mai multe distribuții de probabilitate empirică (Weibull, Chegodayev, Cunnane, Hazen). Testul de adecvație utilizat a fost Kolmogorov-Smirnov, care indică atât acceptare sau nu a ipotezei nule, dar calculează și distanța dintre cele două curbe (probabilitatea empirică și probabilitate obținută pe baza modelului ales). Trebuie remarcat faptul că diferitele variante ale distribuției empirice nu au cauzat schimbări notabile în rezultatul final al găsirii legii cele mai potrivite.

Cu ajutorul modului de analiză s-a ajuns la următoarele rezultate, prezentat în formă tabelară:

**Valoare distanței Kolmogorov-Smirnov dintre probabilitățile empirice și cele deduse pe baza modelelor frecvențiale studiate**

**Tabelul 1**

<b>Model frecvențial</b>	<b>TOPLIȚA</b>	<b>JOSENI</b>	<b>BUCIN</b>	<b>RETITIȘ-CĂLIMANI</b>
Normală	0.10	0.09	0.20	0.15
Log-normală	0.35	0.33	0.40	0.38
Gamma	0.15	0.09	0.25	0.23
Exponențială	0.30	0.33	0.45	0.38
Gumbel	0.15	0.09	0.25	0.23

În consecință lege normală este cea care ajustează cel mai bine distribuția empirică, chiar dacă în cazul stației Joseni distanța dintre cele două curbe este același și în cazul legii Gumbel, distribuție care se pretează de foarte multe ori la studiul valorilor extreme.

S-au determinat quantilele pentru diferite perioade de retur, pe baza legii de distribuție normală. Pentru spațializarea rezultatelor s-a observat că toate valorile extreme din interiorul bazinului au apărut datorită inversiunilor termice. S-au extras valorile negative extreme pentru fiecare an pentru stația Joseni, și s-au comparat valorile minime apărute în același zi la celelalte stații din zona studiată. Pe baza acestor valori s-a observat că în partea nordică și sudică a Depresiunii Giurgeului corelația dintre înălțime și temperatură este diferită.

Quantilele pentru diferite perioade de retur

Tabelul 2

Perioadă de retur	TOPLIȚA	JOSENI	BUCIN	RETITIȘ-CĂLIMANI
20	-31.7	-33.7	-26.5	-25.9
50	-33.3	-35.8	-28.1	-26.9
100	-34.4	-37.1	-29.1	-27.7
200	-35.4	-38.4	-30.1	-28.3
500	-36.6	-39.9	-31.2	-29.1

Folosind valorile de sub -28 grade pentru cele două stații din interiorul depresiunii, corelate cu valorile negative obținute în aceleași zile la stațiile Bucin și Retițiș-Călimani, s-au dezvoltat următoarele relații dintre înălțime și temperatură:

$$y = 0.02232514x - 46.71243, \text{ pentru partea sudică a depresiunii}$$

$y = 0.008474679x - 35.67133$ , pentru partea nordică a depresiunii, inclusiv pentru culoarul Mureșului dintre Toplița și Deda.

Valorile de referință pentru temperaturi, utilizate în formulele anterioare erau, -29.7 pentru zona nordică, respectiv -29.9 pentru zona sudică a depresiunii. Pe baza relațiilor, a quantilelor corespunzătoare unor perioade de revenire și a modelului de înălțime, s-au realizat hărți de hazard pentru temperaturi minime extreme.

Număr de minute după care apare înghețul

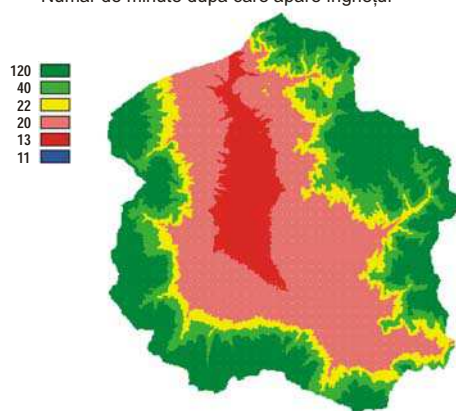


Fig. 3. Harta de hazard pentru fenomenul de îngheț, cu perioadă de revenire de 20 ani

Număr de minute după care apare înghețul

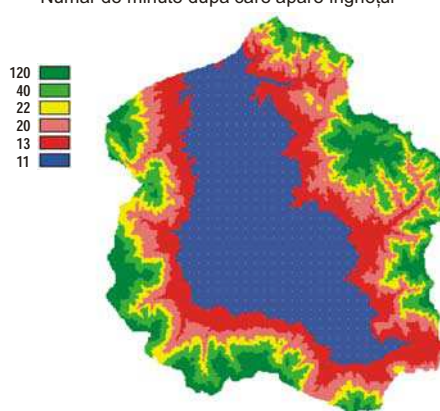


Fig. 4. Harta de hazard pentru fenomenul de îngheț, cu perioadă de revenire de 200 ani

Pentru evaluarea cantitativă a riscului de îngheț s-a utilizat studiul USARIEM (U.S. Army Research Institute of Environmental Medicine) realizat în 2001. Duratele de timp amintite în acest studiu, în care începe procesul de îngheț la nivel de piele, sunt valabile pentru 5% din populație, procent care este sensibil la temperaturi negative extreme. Ținând cont de această apreciere, sistemul pe baza hărții de hazard, a procentajului de ales reprezentând populație în aer liber în interiorul localităților și a numărului de locuitori pentru fiecare localitate (date bazate pe recensământul din 2002) precum și limitelor intravilanelor a determinat următoarele valori pentru numărul de persoane care vor fi afectate de înghețul la nivel de piele. Următoarele rezultate au fost calculate considerând că

10% din populația localităților se află în afara adăposturilor, în momentul apariției valorii minime extreme în localitatea Joseni, pentru două perioade de retur (20 și 200 de ani).

**Numărul de persoane afectate de îngheț la nivelul pielii, în condiții de expunere directă pe o anumită perioadă timp**

**Tabelul 3**

TIMP (MIN)	GHEORGHENI		TOPLIȚA		JOSENI		REMETEA		RĂSTOLIȚA	
	20	200	20	200	20	200	20	200	20	200
<i>perioadă de retur</i>										
120	100	100	79	79	28	28	31	31	11	11
40	100	100	79	79	28	28	31	31	11	11
22	100	100	79	79	28	28	31	31	11	11
20	0	100	0	79	28	28	31	31	0	11
13	0	100	0	0	4	28	27	31	0	0
11	0	53	0	0	0	28	0	31	0	0

**B I B L I O G R A F I E**

1. \*\*\* (2003) – *IDRISI Applications Programming Interface (2003)*, User's Guide, Clark Labs
2. Foster S.A., *Natural hazards and their impact son agricultural and urban development in the Barren river area*
3. Haidu I. & all (2003), *Utilizarea S.I.G. pentru estimarea riscului de producere a evenimentelor extreme: excesul de umiditate și secetă din Câmpia Transilvaniei*, Riscuri și catastrofe, vol II, Cluj-Napoca
4. Haidu I. (1998) – *S.I.G. Analiză Spațială*, Editura HGA, București
5. Haidu I. (2002), *Analiza de frecvență și evaluarea cantitativă a riscurilor*, Riscuri și catastrofe, Cluj-Napoca
6. Hijmans R.J. (1998), *Estimating frist risk mapping based on probabilistic and digital elevation models for the State of Sao Paulo, Barzil*
7. Magyari S. Zs., Haidu I. (2005) – *Posibilități de modelare spațială în mediu programat*, SIG 2005, Iași
8. Németh A., Bella Sz. (2005), *Delimitation of frost-risk territories with GIS tools*, EFITA/WCCA, Portugalia
9. Pereira, G.P. (2001) – *Help on inovaGIS Library*
10. Richards K., Baumgarten M. (2003), *Towards topoclimate maps of frost risk for Southland, New Zeland*, Univeristy of Otago, Noua Zeelandă