

## CARTOGRAFIEREA ARIILOR DE VULNERABILITATE LA EVENIMENTELE HIDRICE EXTREME PE BAZA S.I.G.

□ Ionel Haidu, Zoltan Imecs

### 1. Introducere

Evenimentele hidrice extreme la care ne referim în această lucrare sunt: excesul de umiditate și seceta, iar teritoriul analizat se referă la Câmpia Transilvaniei. Lucrarea nu utilizează două tipuri de mărimi pentru reprezentarea excesului de umiditate, respectiv, a secetei. Excesul de umiditate și seceta sunt două stări diametral opuse ale bazinului hidrografic determinate de unul și același element. În fapt, starea de umiditate a bazinului poate reflecta atât excesul de umiditate (umiditate abundentă) cât și seceta (umiditate redusă). Deci, nu vorbim despre două fenomene distincte, ci despre evenimente ale unui singur fenomen. Câmpia Transilvaniei, obiectul studiului de față, deși figurează ca o regiune semiaridă în evidențele F.A.O., uneori poate fi afectată și de exces de umiditate. Se poate calcula un indice de umiditate al bazinului pe baza modelului V.U.B. al relației precipitații – scurgere la scară lunară. Unul dintre rezultatele modelării îl reprezintă o **serie lunară a rezervei de apă** din bazin, serie echivalentă cu indicii de umiditate al bazinului. Valorile cele mai mari reprezintă exces de umiditate, iar valorile cele mai mici ale seriei exprimă seceta. Această serie a indicilor de umiditate lunari va fi prelucrată pentru a exprima ariile de vulnerabilitate la diferite grade de exces de umiditate sau secetă.

Vulnerabilitatea teritoriului la evenimente hidrice extreme poate fi apreciată în mai multe moduri. În această lucrare, ariile de vulnerabilitate se vor exprima prin **unități de măsură probabilistice**. Acest lucru înseamnă că, unei anumite mărimi care reflectă indicele de umiditate i se asociază o anumită probabilitate de nedepășire, rezultând un *binom: indice de umiditate-probabilitate*. Prin cartografierea ariei corespunzătoare binomului (*indice de umiditate – probabilitate*) va rezulta o hartă de vulnerabilitate la mărimea extremei hidrice respective. Putem să ne imaginăm faptul că există și alte *binome* de tipul (*indice de umiditate – probabilitate*), și prin urmare, există tot atâtea posibilități de reprezentare cartografică. Astfel că, reprezentarea cartografică a ariilor de vulnerabilitate la evenimente hidrice extreme nu presupune ca rezultat o singură hartă. Dimpotrivă, vor exista tot atâtea hărți câte *binome* de tipul (*indice de umiditate – probabilitate*) au fost realizate. Acest lucru este la latitudinea utilizatorului fiind legată de scopul practic la care va răspunde lucrarea. În cazul

nostru, studiul de față este mai mult de natură metodologică, intenția fiind explicarea faptului că reprezentarea cartografică a vulnerabilității la o extremă hidroclimatică trebuie raportată la sistemul de apreciere probabilistic.

## 2. Estimarea stării de umiditate a bazinului

O aplicație a modelului V.U.B. efectuată anterior (Haidu și Xu, 1998-1999) a arătat faptul că modelul poate fi utilizat în regiunile de câmpie în care stratul de zăpadă, care se menține de la o lună la alta, nu însumează o pondere prea mare din precipitațiile totale. Rezultatul modelării îl reprezintă serii de timp lunare pentru fiecare dintre componentele majore ale bilanțului hidric: evapotranspirația reală, scurgerea rapidă (de suprafață) și scurgerea lentă (subterană), precum și rezerva de apă antrenată în mecanismul de bilanț hidric. Asemenea serii nu pot fi obținute pe cale instrumentală, ci numai prin calcule. Aplicația s-a efectuat pentru râurile din Câmpia Transilvaniei, iar dintre rezultate s-a reținut seria indicelui de umiditate bazinal (Fig. 1).

Graficul acesta arată faptul că rezerva de apă din bazin se caracterizează printr-o dinamică sezonieră, specifică celorlalte componente de bilanț, și în primul rând evapotranspirației. Mărimea rezervei de apă din bazin, influențează în mod direct disponibilul pentru evapotranspirație, scurgerea subterană și scurgerea de suprafață. Astfel că, există argumente fizice pentru a utiliza seria respectivă cu scopul de a vulnerabilitatea teritoriului la producerea evenimentelor hidrice extreme. Prin raportarea indicelui la altitudine s-a observat faptul că rezerva de apă se reduce pe măsură ce crește altitudinea medie a bazinului.

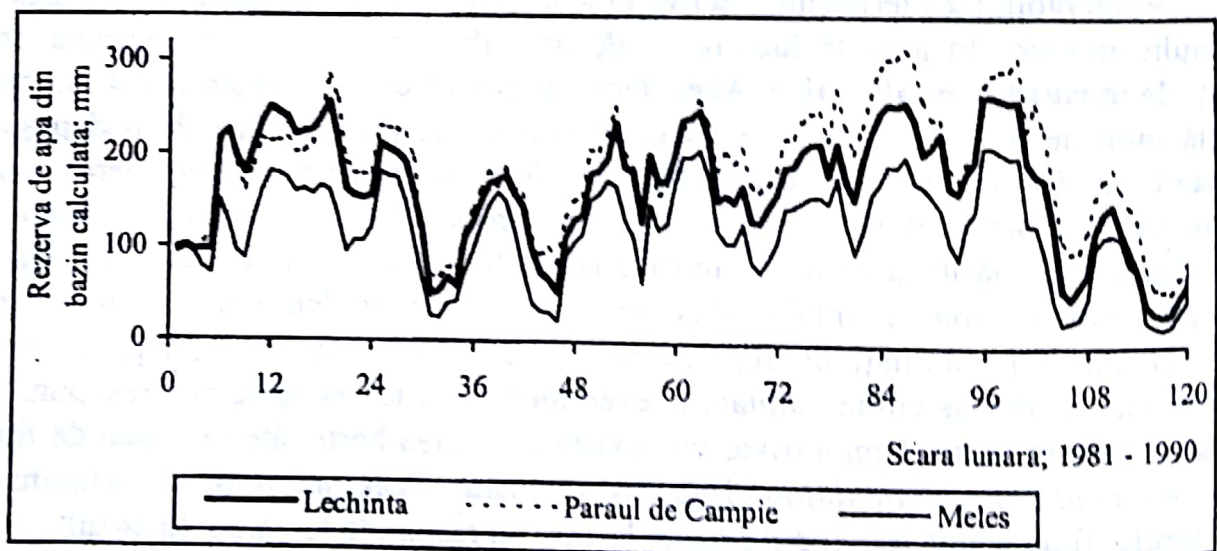


Fig. 1. Indicele rezervei de apă din bazin.



### 3. Analiza de frecvență

Caracterul **aleator** a numeroase procese geografice poate fi exprimat numai printr-o abordare probabilistică (analiza de frecvență). Rezultatul acesteia îl constituie posibilitatea de exprimare numerică a perioadei de revenire/retur (medii) a unei anumite extreme, sau perioada de timp (medie) necesară a fi parcursă, pentru ca o anumită extremă să fie depășită. Cunoașterea perioadei de revenire medii nu implică și cunoașterea momentului de revenire a acelei extreme, de aceea, prin acest termen se caracterizează **hazardul** sau întâmplarea (de exemplu: hazard hidrologic, hazard climatic, hazard geomorfologic etc.). Transpunerea în spațiu a quantilelor XT ale elementului studiat pentru o anumită mărime constantă a perioadei de revenire îl constituie **hărțile de hazard**.

Seria indicelui rezervei de apă din bazin (paragraf 2) urmează a fi supusă **analizei de frecvență** cu scopul de a obține o exprimare probabilistică a extremelor. Extremele maxime ale populației simulate vor reflecta diferite categorii ale excesului de umiditate, iar extremele minime ale populației simulate vor reflecta diferite categorii ale stării de secetă. Analiza de frecvență are ca obiectiv principal stabilirea relației existente dintre diferite evenimente extreme (viituri, etiaj) și **probabilitatea lor de depășire/nedepășire**, sau cu **perioada de revenire (T)**. Urmând algoritmul analizei de frecvență, se obțin probabilitățile de realizare a quantilelor XT (mărirea evenimentelor extreme simulate), precum și perioadele lor de revenire (T).

- pentru excesul de umiditate :

$$T = 1 / (1 - q) = 1 / p$$

- pentru secetă :

$$T = 1 / q = 1 / (1 - p)$$

unde:  $q = F(x)$  ; probabilitate de nedepășire ;  $p = 1 - F(x)$  ; probabilitatea de depășire

Cea mai potrivită lege de probabilitate, comună pentru toate seriile ale indicelui rezervei de apă, și valabilă atât pentru excesul de umiditate cât și pentru cazul secetei este Log-Pearson tip III. maxime sau minime. Aceste relații constituie **legi de probabilitate a hazardului**. Rezultatul analizei de frecvență reținut pentru spațializare îl constituie, pentru fiecare bazin în parte, quantilele XT corespunzătoare perioadelor de revenire de  $T = 10$  ani,  $T = 100$  de ani și  $T = 1000$  de ani: trei quantile pentru excesul de umiditate și alte trei quantile pentru secetă.

### 4. Analiza de regresie

Rezultatele analizei de frecvență (paragraf 3), respectiv, quantilele XT corespunzătoare perioadelor de revenire de  $T = 10$  ani,  $T = 100$  de ani și  $T = 1000$  de

ani sunt supuse analizei de regresie. Prin analiza de regresie se studiază dependența dintre quantilele XT (corespunzătoare celor trei perioade de revenire, notate cu y) și

altitudinea medie a bazinelor hidrografice (notată cu x). Ca rezultat, se obțin ecuații de regresie care exprimă quantilele XT ale excesului de umiditate în funcție de altitudine (trei ecuații de regresie pentru fiecare dintre perioadele de revenire citate)

$$T_{10} : y = 610 - 0.89 x$$

$$T_{100} : y = 643 - 0.94 x$$

$$T_{1000} : y = 654 - 0.96 x$$

Reprezentarea grafică a ecuațiilor de regresie descriu perioadele de revenire a excesului de umiditate în funcție altitudinea medie a bazinelor hidrografice (Fig. 2). După cum se observă quantilele perioadelor de revenire scad odată cu creșterea altitudinii.

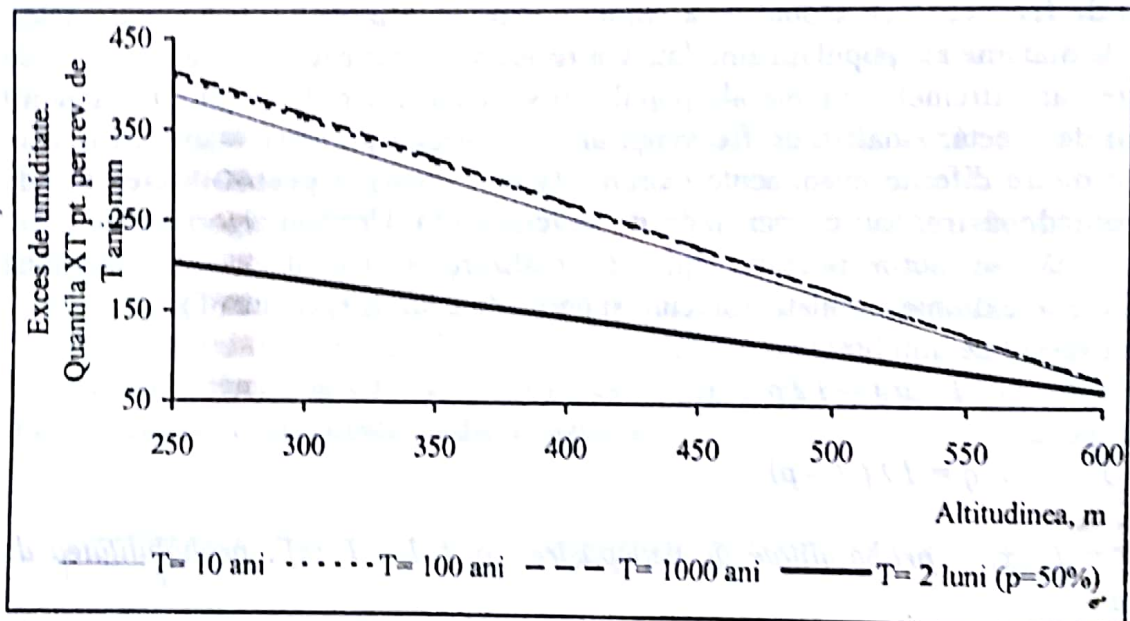


Fig. 2. Perioadele de revenire a excesului de umiditate (hazard) în funcție de altitudine.

În mod similar, studiind aceleași tipuri de regresii pentru cazul secetei, se obțin alte trei ecuații care exprimă quantilele XT (corespunzătoare perioadelor de revenire citate) în funcție de altitudine. Si în cazul secetei quantilele perioadelor de revenire scad odată cu creșterea altitudinii ceea ce demonstrează faptul că atât excesul de umiditate cât și seceta constituie stările extreme ale unuia și aceluiași fenomen și anume, rezerva lunară de apă din bazin.

##### 5. Determinarea arealelor – gradelor de vulnerabilitate la excesul de umiditate

Cu ajutorul programului IDRISI se spațializează dependența dintre o variabilă și altitudine (dependență exprimată de o ecuație de regresie). De aceea, a fost necesară



elaborarea modelului digital de relief (MDR) al Câmpiei Transilvaniei, sursa fiind hărțile 1: 100 000.

În urma analizei de frecvență rezultă o relație matematică dintre quantilele XT (evenimente extreme simulate) și probabilitățile de depășire/nedepășire, respectiv, perioadele de revenire corespunzătoare (T). Transpunerea acestei relații în spațiu va pune în evidență acele areale care sunt **vulnerabile** producerii unor evenimente extreme (reflectate de quantilele XT). Astfel se construiesc **hărțile de vulnerabilitate** la o anumită mărime a hazardului.

S-a arătat că hazardul de producere a evenimentelor hidrice extreme la nivelul Câmpiei Transilvaniei este în funcție de altitudine (paragraf 4). Prin urmare, și vulnerabilitatea, sau cu alte cuvinte mărimea arealelor de vulnerabilitate va fi o funcție de altitudine. Utilizând o procedură de overlay între MDR și MDA (reclasificat pentru a ilustra răspândirea spațială a unei anumite quantile XT și apoi vectorizat) se pune în evidență arealul afectat de extrema hidrică, în funcție de quantila XT. Pentru exemplificare s-a luat cazul perioadelor de revenire de  $T_{umid.} = 10$  ani,  $T_{umid.} = 100$  ani  $T_{umid.} = 1000$  ani.

De exemplu, pentru **excesul de umiditate** se va determina mărimea arealului de vulnerabilitate pentru un index al umidității de 300 mm. Pentru fiecare dintre cele trei perioade de revenire  $T_{10}$ ,  $T_{100}$ ,  $T_{1000}$ , cu ajutorul funcțiilor de interogare a programului IDRISI s-au calculat cotele izoliniilor corespunzătoare rezultând:  $H_{umid.10} = 348$  m,  $H_{umid.100} = 364$  m,  $H_{umid.1000} = 368.75$  m. Aceste rezultate arată că vulnerabilitatea la excesul de umiditate este mai mare la cote mai mici. Arealul corespunzător perioadei de revenire de  $T_{umid.} = 10$  ani se află sub izolinia de 348 m, dar odată la 1000 de ani, excesul de umiditate corespunzător aceluiași index de 300 de mm, va acoperi un areal mult mai extins aflat, sub izolinia de 368.75 m.

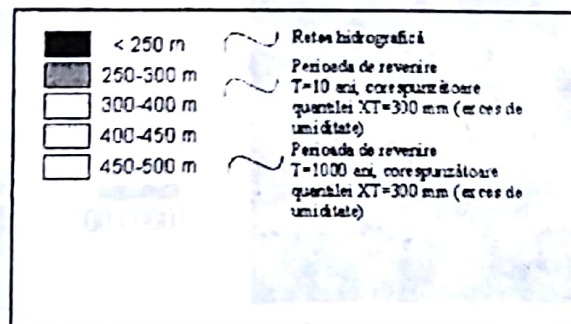
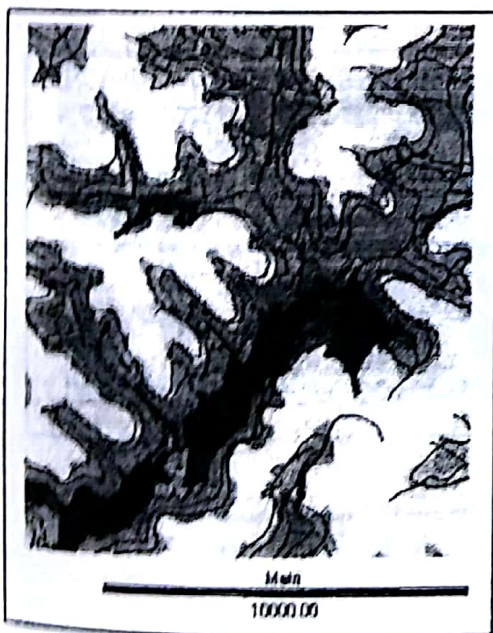


Fig. 3 Areele vulnerabile la eexcesul de umiditate (indice de umiditate = 300 mm).



Fig.3 ilustrează pentru cazul bazinului Meleş arealul corespunzător  $H_{\text{umid. 10}} = 348$  m (delimitat de curba deschisă) și arealul corespunzător  $H_{\text{umid.1000}} = 368.75$  m (delimitat de curba închisă). În intervalul de 20 m diferență dintre cele două curbe, ne putem imagina faptul că se înmagazinează volumul de apă care face diferența între hazardul natural 1/10 ani și hazardul natural 1/1000 de ani.

Pentru  $T_{\text{secetă}} = 100$  ani și indexul umidității de 5 mm rezultă cota  $H_{\text{secetă. 100}} = 429.3$  m. Acest rezultat arată că odată la 100 ani arealul cuprins deasupra izoliniei de 429.3 m va fi cuprins de secetă, indexul umidității nedepășind 5 mm

Pentru determinarea arealelor vulnerabile la secetă s-a procedat în mod similar. Pentru  $T_{\text{secetă}} = 10$  ani și indexul umidității de 20 mm rezultă cota  $H_{\text{secetă. 10}} = 324.2$  m. Acest rezultat arată că odată la 10 ani arealul cuprins deasupra izoliniei de 324.2 m va fi cuprins de secetă, indexul umidității nedepășind 20 mm. Pentru determinarea arealelor vulnerabile la secetă s-a procedat în mod similar. Pentru  $T_{\text{secetă}} = 10$  ani și indexul umidității de 20 mm rezultă cota  $H_{\text{secetă. 10}} = 324.2$  m. Acest rezultat arată că odată la 10 ani arealul cuprins deasupra izoliniei de 324.2 m va fi cuprins de secetă, indexul umidității edepășind 20 mm.

Si în cazul secetei vulnerabilitatea este funcție de altitudine, dar spre deosebire de cazul excesului de umiditate nici una dintre quantilele XT care descriu variabilitatea intensității secetei în funcție de altitudine nu poate intersecta simultan liniile corespunzătoare perioadelor de revenire. Astfel că în cazul secetei nu se pot reprezenta toate cele trei izolinii ale perioadelor de revenire T pe o singură hartă. Figura 4 redă aralul de vulnerabilitate la specificul secetei cu perioada de revenire 1/10 ani, figura 5 redă aralul de vulnerabilitate la specificul secetei cu perioada de revenire 1/1000 ani.

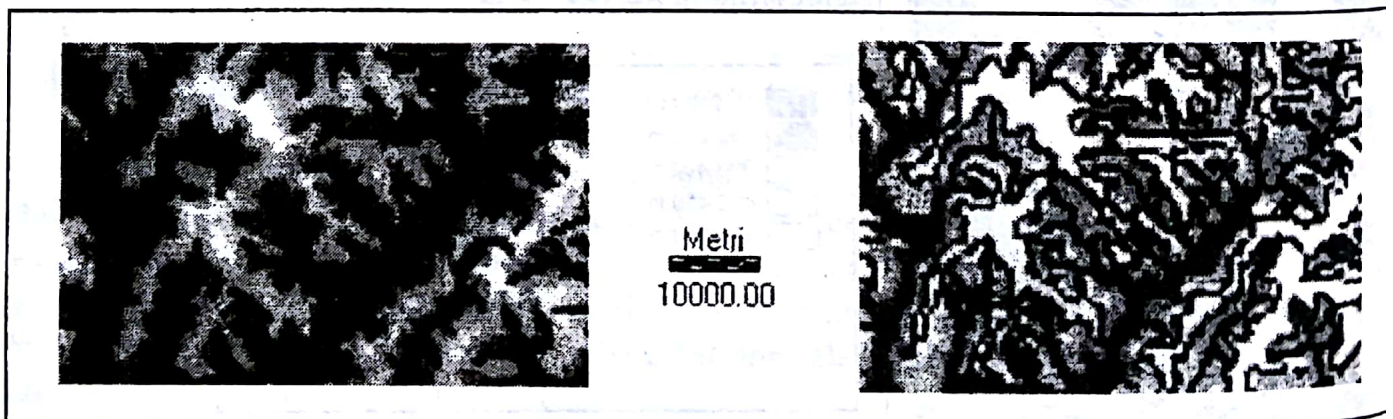


Fig. 4. Areele de vulnerabilitate la secetă,  $T = 10$  ani,  $Mt=20$ mm.

Fig. 5. Areele de vulnerabilitate la secetă,  $T = 1000$  ani,  $Mt=2$  mm.

## 6. Concluzii

Studiul de față este în primul rând de natură metodologică, scopul lui fiind de a prezenta și exemplifica algoritmul care urmează a fi parcurs pentru o corectă cartografiere a ariilor de vulnerabilitate la evenimente hidrice extreme. Algoritmul cuprinde

- aplicarea modelului V.U.B. care are printre rezultate seria indicelui rezervei de apă din bazin
- analiza de frecvență a seriei lunare a rezervei de apă din bazin și estimarea hazardului pentru cazul excesului de umiditate respectiv, al secetei;
- analiza de regresie dintre altitudinea medie a bazinelor hidrografice și seria de quantile XT pentru diferite perioade de revenire a excesului de umiditate, respectiv, a secetei;
- pe baza programului IDRISI modelele S.I.G. ale extremelor hidrice se supun unor interogări tematice pentru a determina vulnerabilitatea (arealele vulnerabile) pentru diferite mărimi frecvențiale ale hazardului;

## Bibliografie

1. Bobéc B., Haché M., Fortin V., Perreault L., Perron H. (1993-1999) *Logiciel HYFRAN*, Chaire en hydrologie statistique Hydro – Québec / CRSNG, INRS - Eau.
2. Haidu I. (2002) *Analiza de frecvență și evaluarea cantitativă a risurilor*. In vol. *Riscuri și catastrofe*, editor V. Sorocovschi, Casa Cărții de Știință, Cluj-Napoca, p. 180–207.
3. Haidu, I., Xu, C.-Y. (1998-1999) *Modelarea bilantului hidric al bazinului hidrografic la scara lunara*, Studii si cercetari de Geografie, T XLV-XLVI, p. 61–69.
4. Meylan P., Musy A. (1999) *Hydrologie fréquentielle*, Editura \*H\*G\*A\* Bucuresti.
5. Vandewiele, G.L., Xu, C.-Y., Ni-Lar-Win (1993) *Methodology for Constructing Monthly Water Balance Models on Basin Scale* - second edition, Laboratory of Hydrology, Vrije Universiteit Brussel, Publication No. 20, 60 p.