

4. Analiza digitală a terenului

Această etapă presupune derivarea unor parametri ai terenului din modelul numeric altitudinal și analiza distribuției lor prin metode cartografice (hărți, profile, bloc-diagrame) și statistice (histograme de frecvență). Aceștia se diferențiază în [Wilson, Gallant, 2000]: 1) parametri primari, derivați direct din valorile de altitudine ale DEM-ului, precum panta, expoziția și curbura și 2) parametri secundari, obținuți prin combinarea unuia sau mai multor parametri primari și care servesc la descrierea unor procese geomorfologice, precum indicele de putere al râurilor (*stream power index – SPI*), deficitul de putere al râurilor pe pantele bazinului (*stream power deficit on basins slopes – DEBAS*), numărul de rugozitate Melton (*Melton Ruggedness Number – MRN*) [Marchi, Fontana, 2005].

Pentru studiul de față s-a preferat abordarea din [Hengl et al., 2003], care clasifică parametrii terenului în funcție de scopul analizei în:

- 1) morfometrici, descriu morfologia suprafeței,
- 2) hidrologici, care descriu potențialul de scurgere al materialului, și deci hazardul de eroziune, și
- 3) climatici, variabile climatice ajustate la relief.

Pentru aceasta se va folosi unul din cele trei modele, similare ca acuratețe, descrise în capitolul precedent, și anume cel cu rezoluția cea mai mică, de 15 metri, realizat cu coeficientul de corecție al erorii de discretizare $Def = 0.5$, corectat de efectul de terasare al versanților în lungul curbelor de nivel prin aplicarea unui filtru *low-pass*, de două ori.

Acesta este reprezentat atât în bloc-diagrame, ca în Fig.4. 1, cât și pe harta hipsometrică din Fig.4. 2.

Harta hipsometrică se realizează prin clasificarea intervalului de valori de altitudine în clase ce corespund unor limite de desfășurare a unor procese naturale, geomorfologice, fito-geografice sau ecologice.

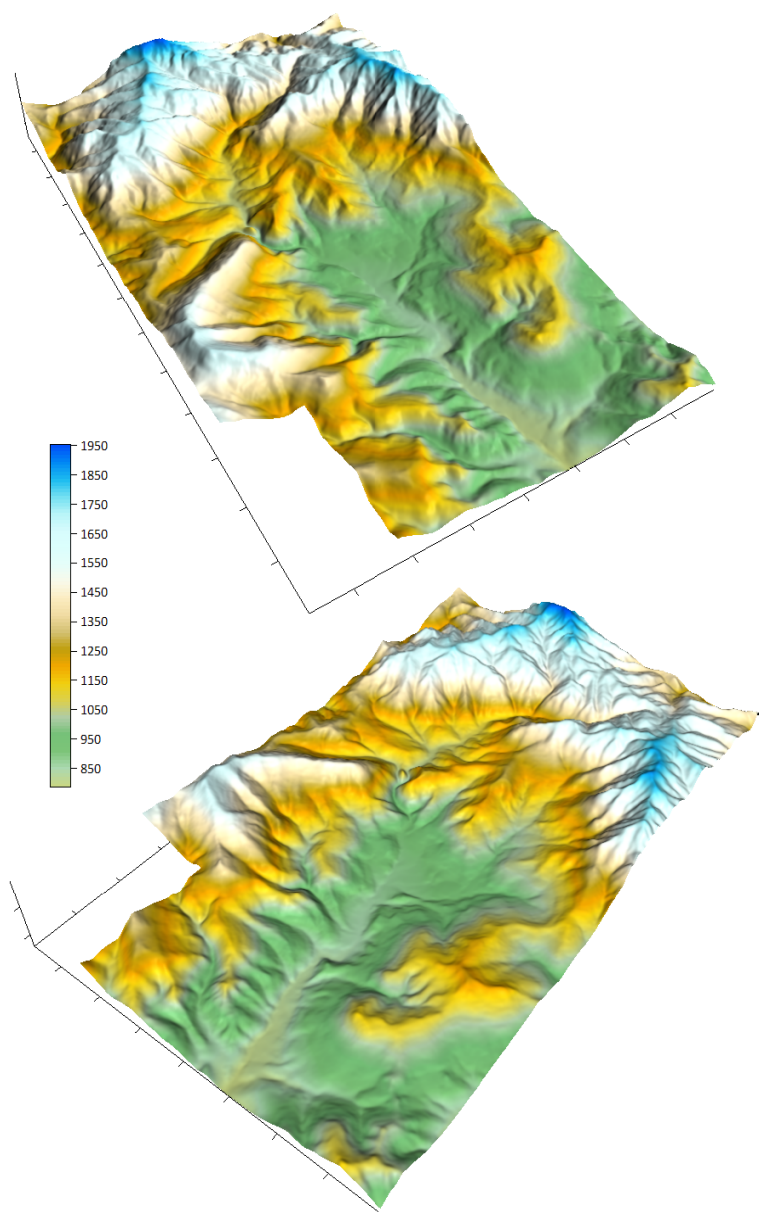


Fig.4. 1: Reprezentări în bloc-diagramă ale bazinului montan al Teleajenului, pe baza modelului numeric altitudinal.

scara verticală 1:45000; scara orizontală 1:65000

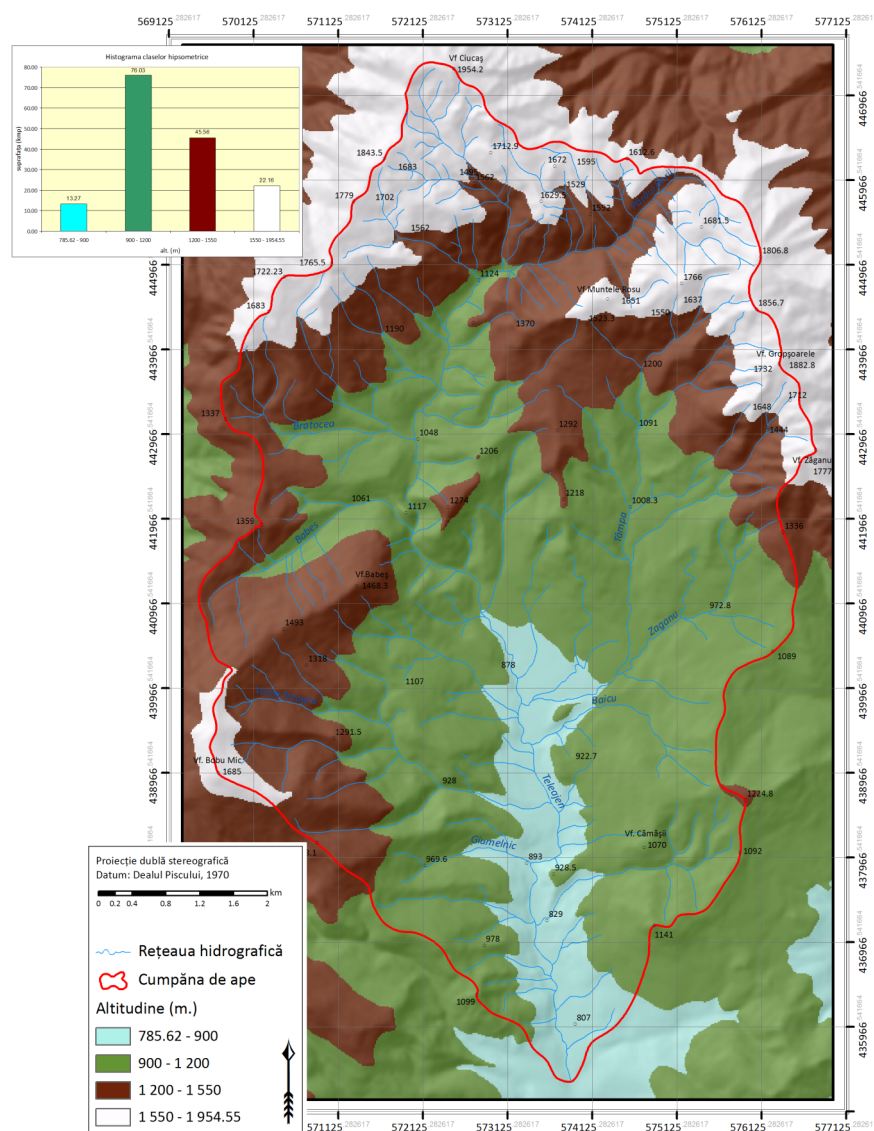


Fig.4. 2: Harta hipsometrică a bazinului montan al Teleajenului.

Pentru clasificarea intervalului de altitudine al bazinului montan s-au folosit următoarele clase de hipsometrie:

- 785,62 – 900 m: este intervalul corepunzător zonelor depresionare; predomină procesele de acumulare; vegetația este mai higrofilă, iar solurile au cel mai ridicat conținut de apă; nivelul cu cel mai ridicat impact antropic din bazin, generat de dezvoltarea localității Cheia;
- 900 – 1200 m: este primul interval corespunzător versanților; predomină pădurile de fag;
- 1200 – 1550 m: este al doilea interval al versanților, cu păduri de amestec și conifere, până la limita superioară a pădurii;
- 1550 – 1954 m: intervalul cumpenelor de apă; vegetația naturală forestieră a fost înlocuită de pășuni; intervalul cel mai afectat de procese de dezagregare crio-nivală și datorită extinderii mari a aflorimentelor de conglomerate de Zăganu; procese de șiroire, torențialitate și solifluxiune.

4.1. Parametrii morfometrici ai terenului

Numiți și parametri primari, modul în care se determină distribuția acestora este de fapt, aplicarea unui filtru liniar în modul descris în cap. 3.3.3.2.

4.1.1. Panta

Este percepută în mod curent ca mărimea creșterii altitudinii cu distanța, în direcția în care această este cea mai mare, și se calculează de regulă prin raportarea la o distanță fixă, 100 de metri, de exemplu. Dacă se consideră distanța în plan, raportul dintre diferența de altitudine și distanța parcursă este tangenta unghiului dintre suprafața terestră și orizontala locului. Dacă se consideră distanța pe suprafața terestră, panta devine sinusul aceluiași unghi. Diferența dintre cele două nu este semnificativă pentru o suprafață puțin înclinată, însă e foarte mare pentru suprafețele foarte înclinate.

În programele de GIS, se folosește valoarea tangentei și se exprimă ca atare, valoarea raportului (calculată pentru o distanță de 100 de metri, și exprimată în procente), fie prin valoarea unghiului suprafeței cu orizontala.

Pentru o suprafață continuă, analitică, $F(X,Y) = Z$ panta reprezintă derivata de ordinul întâi a funcției F , astfel [Smith et al., 2008]:

$$S = \sqrt{\left(\frac{\partial Z}{\partial X}\right)^2 + \left(\frac{\partial Z}{\partial Y}\right)^2} \quad (4.1)$$

Această formulă presupune posibilitatea determinării variației altitudinii pe distanțe foarte mici, infinitezimale. Într-un sistem informatic geografic, însă, suprafețele nu sunt analitice ci sunt modelate prin rețele triangulare neregulate sau matrici rectangulare, cu o rezoluție finită. De aceea formulele de calcul implementate în diverse aplicații GIS sunt aproximări ale acestora, care se aplică pe griduri.

În ArcGIS, panta se calculează după un algoritm ce ține cont de toate cele 8 puncte dintr-o vecinătate de 3x3 pixeli, din jurul punctului în care se dorește calculul. Aceasta este metoda diferențelor finite (*finite difference, FD*). De exemplu, pentru pixelul P din figura alăturată, panta se va calcula aplicând formula 4.1, dar considerând:

$$\frac{\partial Z}{\partial X} = \frac{(Z_{NV} + 2Z_V + Z_{SV}) - (Z_{NE} + 2Z_E + Z_{SE})}{8\Delta X} \quad (4.2)$$

$$\frac{\partial Z}{\partial Y} = \frac{(Z_{NV} + 2Z_N + Z_{NE}) - (Z_{SE} + 2Z_E + Z_{SV})}{8\Delta Y} \quad (4.3)$$

| | | |
|----|---|----|
| NV | N | NE |
| V | P | E |
| SV | S | SE |

Fig.4. 3: O vecinătate de 3x3 pixeli pentru pixelul P

unde Z este valoarea de altitudine, iar ΔX și ΔY sunt rezoluțiile pe axele X și Y (în cazul nostru egale cu 15 m).

Altă variantă, implementată aplicații precum Surfer* și Idrisi**, folosește o formulă mai simplă, considerând doar valorile pixelilor V, P și E pentru variația pantei în direcția X și valorile pixelilor N, P, S, pentru variația pantei în direcția Y.

O altă abordare pentru calculul pantei pe un model de date tip grid este metoda D8 care consideră cea mai mare pantă către unul din cei 8 pixeli vecini, în sensul către vale. Aceasta însă oferă rezultate în medie mai mici decât metoda diferențelor finite, dar mai precise în cazul pantei talvegului râurilor, care prin metoda *FD*, este influențată de valorile mari de altitudine din jur [Gallant, Wilson, 2000]. Metoda *FD* este preferată pentru că pe ansamblu, oferă o acuratețe mai mare, iar dintre cele două variante, cea folosită de ArcGIS este mai potrivită pentru suprafețe foarte fragmentate [Smith et al., 2008].

Aplicând acest algoritm cu unealta *Slope* a aplicației ArcGIS 9.2. s-a obținut harta din Fig.4. 4, în care valorile pantei, în grade sexagesimale, sunt clasificate în cinci intervale și reprezentate în culori diferite. O aplicație imediată a unui *GIS* este posibilitatea generării histogrammei pentru clasele respective de pantă. Se oferă astfel informație cantitativă utilă în analiză. De exemplu, în cazul nostru, se observă că suprafețele cele mai mari prezintă și pantele cele mai mari, peste 14°, în timp ce valorile cele mai mici ale pantei se concentrează în zonele depresionare.

Panta este indicatorul care estimează cel mai bine acțiunea gravitației, fiind mijlocul prin care aceasta controlează scurgerea apei și mobilitatea materialelor. Este așadar deosebit de importantă pentru procesele geomorfologice, care se pot accelera sau estompa în funcție de anumite valori de prag ale pantei. De asemenea, panta controlează și gradientul hidrolic, putând fi astfel determinantă în procesele hidrogeologice.

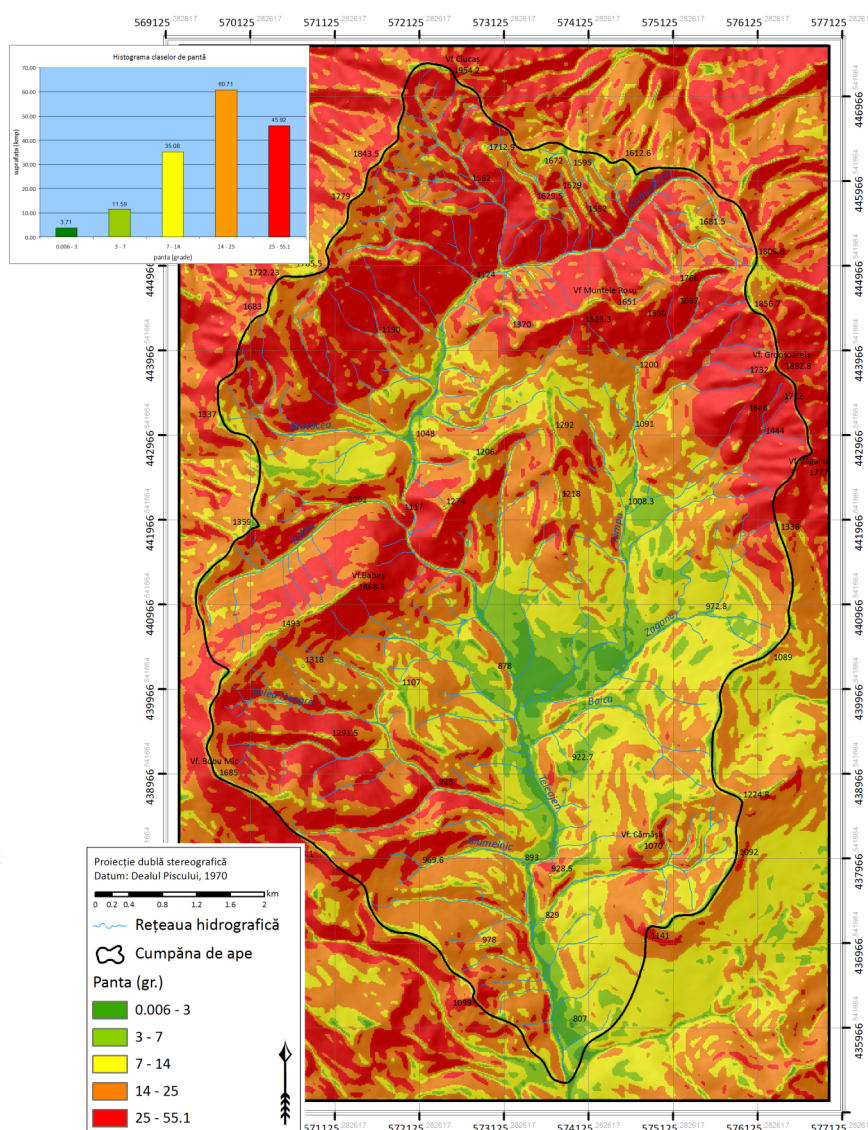


Fig.4. 4: Harta pantelor

* <http://www.goldensoftware.com/>

** <http://www.clarklabs.org/>

4.1.2. Expoziția versanților

În subcapitolul precedent s-a arătat că panta reprezintă variația altitudinii cu distanța. Această variație este un vector pentru că se măsoară într-o anumită direcție, anume în cea în care are valoarea maximă. Panta este componenta mărime a vectorului gradient, iar direcția se exprimă prin expoziția versanților. Aceasta este unghiul, în grade sexagesimale față de nord, al liniei pantei. De regulă harta rezultată este clasificată deja, de algoritmul care o realizează, în direcții către punctele cardinale: N, NE, E, SE, S, SV, V și NV.

Expoziția versanților este un element de potențial natural care poate fi folosit în diverse aplicații, de exemplu:

- aflarea tuturor versanților cu expunere nordică pentru determinarea celor mai bune suprafețe pentru pârtii de schi;
- estimarea radiației solare incidente, ca parte a unui studiu pentru determinarea biodiversității în diferite situri;
- aflarea tuturor pantele expuse către sud pentru a identifica locurile unde zăpada este cel mai probabil să se topească prima, ca parte a unui studiu pentru identificarea zonelor expuse la inundații.

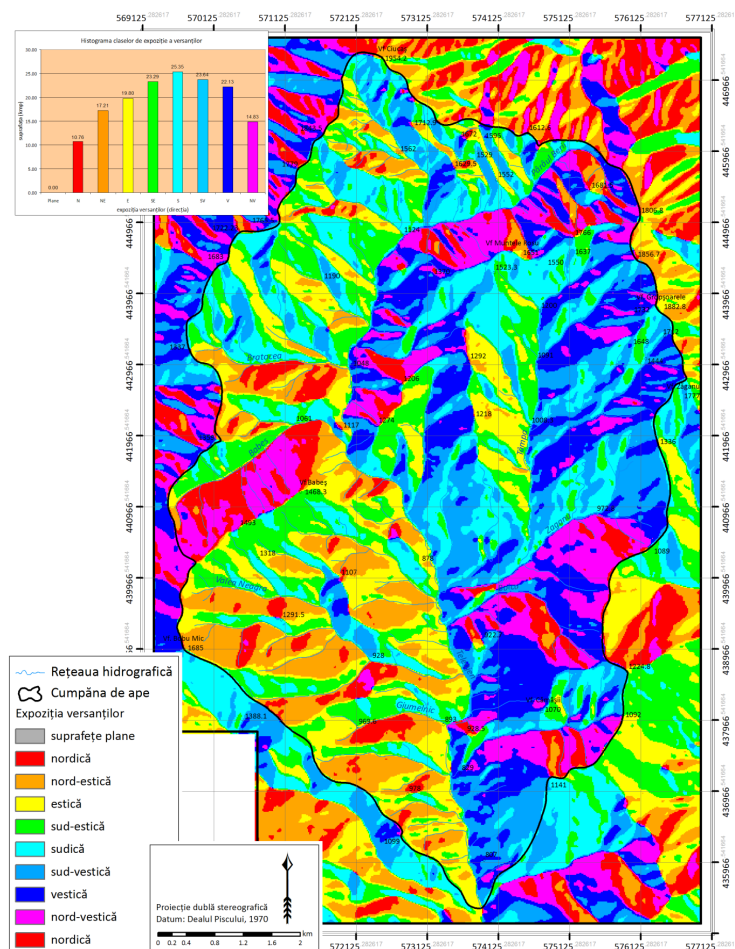


Fig.4. 5: Harta expoziției versanților

Pentru bazinul montan al Teleajenului, harta, împreună cu histograma claselor de expoziție este redată în Fig.4. 5.

În ArcGIS, funcția pentru determinarea valorilor de expoziție se aplică în mod analog cu cea pentru determinarea pantei, tot pe aceeași vecinătate de 3x3 pixeli, iar formula, care se aplică pentru fiecare pixel în parte este:

$$A = \frac{360}{2\pi} \cdot \arctan\left(\frac{\partial Z}{\partial Y}, -\frac{\partial Z}{\partial X}\right) \quad (4.4)$$

unde funcția $\arctan()$ se aplică ambelor componente ale pantei determinate cu formulele (4.2) și (4.3).

Un aspect important este că pixelilor ce corespund suprafețelor plane li se atribuie valoarea -1, codomeniul funcție fiind $[0,360)$, spre deosebire de alte aplicații, în care li se atribuie valoarea 0.

Din histograma atașată se poate observa că predomină suprafețele cu expunere sudică: SE – 23.29 kmp, S – 25.35 kmp și SV – 23.64 kmp, iar acest fapt poate fi important în modelarea parametrilor climatici și a vegetației.

4.1.3. Curbura

Dacă se consideră că suprafața terestră este o funcție $f(X, Y) = Z$ atunci panta și expoziția versanților se obțin pe baza primei derivate a acestei funcții. În acest sens, curbura se obține pe baza derivatei secunde a suprafeței, adică a derivatei pantei, ceea ce înseamnă că reprezintă modul în care variază panta cu distanța în planul (XY) . În funcție de direcția în care se calculează aceasta, se disting curbura în profil, curbura în plan și curbura totală [Wilson, Gallant, 2000] (Fig.4. 6). În ArcGIS, acești parametri se calculează pentru o suprafață generată prin aplicarea unei funcții polinomiale de ordinul 4 pe o vecinătate de 3x3 pixeli. Rezultatul, exprimat în unități angulare (radiani sau grade) pe metru*, este înmulțit apoi cu -100 pentru a se obține valori mai convenabile, în intervalul $[-5,5]$.

Acest indicator este important în modelarea scurgerii, dar poate fi foarte util și în delimitarea automată a unităților geomorfologice (versant, interfluviu, vale, depresiune), precum și în diferențierea acestora (ascuțit, rotunjit, chei, poduri interfluviale, etc.). De asemenea, toate erorile din model vor fi evidențiate puternic, prin aceasta putând fi folosit ca indicator de diagnostic al interpolării [Gallant, Wilson, 2000].

* Exprimă schimbarea în orientarea versanților pe măsură ce se înaintează un metru în direcția respectivă.

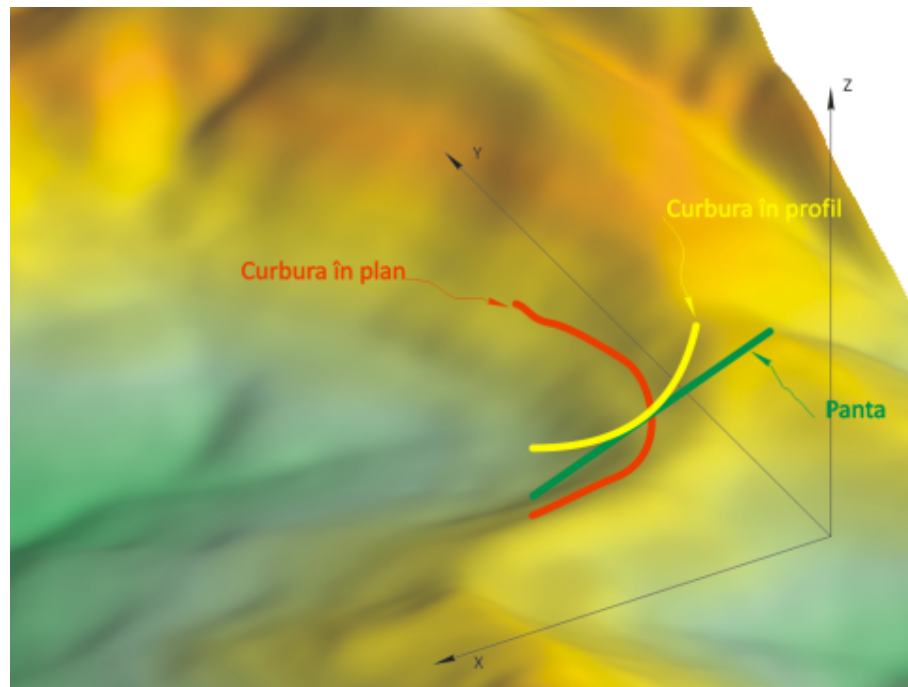


Fig.4. 6: Indicatorii morfometrici primari: curbura și panta (după [Smith et al., 2008]; detaliul este din modelul numeric altitudinal folosit în studiul de față)

4.1.3.1. Curbura în profil

Exprimă variația pantei în lungul liniei cu cea mai mare pantă, adică în lungul liniei de drenaj. De aceea valoarea acestui indicator poate fi folosită pentru caracterizarea vitezei scurgerii concentrate. Astfel o curbura mare a profilului arată că are loc o accelerație a scurgerii și deci, o creștere a potențialului eroziv al râurilor pe porțiunea respectivă de versant, pe când o curbura mică, o încetinire a scurgerii și predominarea acumulării.

Acest indicator este foarte sensibil la datele de input și, după cum s-a arătat în cap. 2.3.2.3., mai ales la curbele de nivel și de aceea poate fi folosit ca diagnostic în evaluarea modelului numeric altitudinal.

Pentru suprafața noastră, harta este redată în Fig.4. 7. Valorile negative caracterizează suprafețe cu scurgerea accelerată și sunt mai accentuate pe interfluvii, iar cele pozitive suprafețe cu scurgere încetinită, cu maximele în albiile minore ale râurilor. Dispunerea celor mai multe suprafețe în intervalul $(-0.45, 0.83]$ sugerează predominarea suprafețelor cu scurgere relativ constantă și se observă că acestea caracterizează versanții.

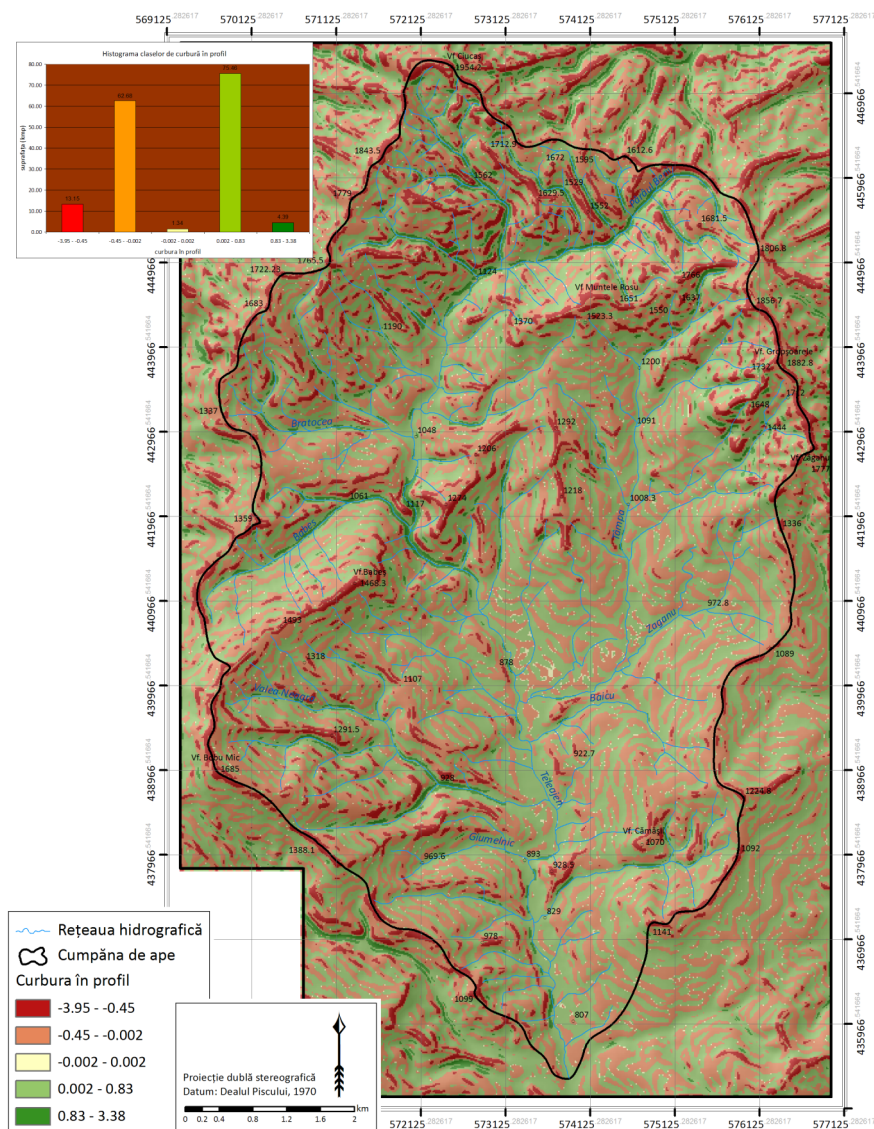


Fig.4. 7: Curbura în profil

4.1.3.2. Curbura în plan

Spre deosebire de curbura în profil, aceasta măsoară rata de schimbare a direcției într-un plan orizontal. Practic reprezintă curbura medi a izoliniilor de pe suprafața unui pixel și exprimă concentrarea scurgerii pe versant: valorile negative caracterizează suprafețe cu scurgere convergentă, iar cele pozitive cu scurgere divergentă.

Pentru bazinul montan al Teleajenului, harta din Fig.4. 8 redă aceeași corespondență a valorilor negative cu interfluviile, iar a valorilor pozitive cu talegurile văilor, cu deosebirea că acum se estimează concentrarea scurgerii și accelerația sa. Predomină valorile foarte apropiate de 0, care exprimă suprafețele plane, fără curbura, pe care scurgerea este laminară, din intervalul $(-0.83, 0.68]$.

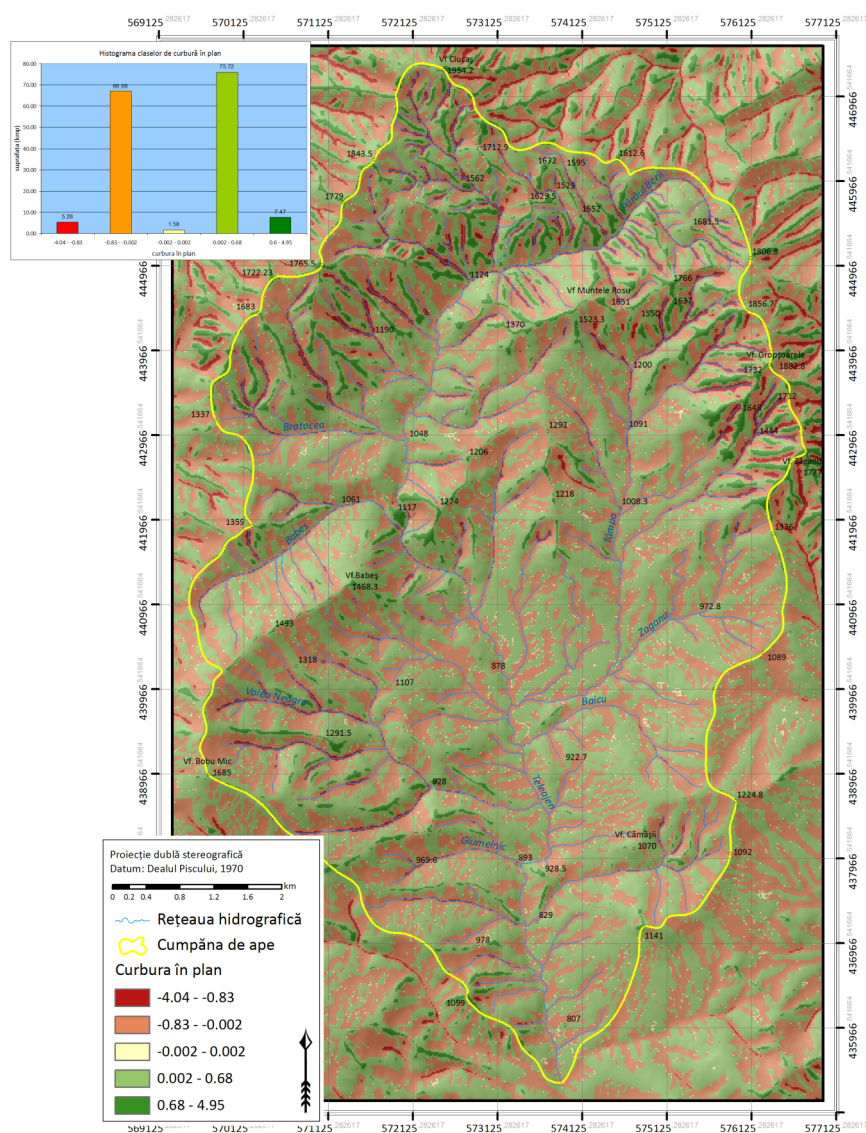


Fig.4. 8: Harta curburii în plan

4.1.3.3. Curbura totală

Dacă celelalte două tipuri de curburi reprezintă curburile unor linii, în lungul cărora se realizează observația, curbura totală este curbura suprafeței în sine [Gallant, Wilson, 2000]. Valorile negative corespund suprafețelor concave, cele pozitive suprafețelor convexe, iar valoarea 0 caracterizează suprafețele plane.

Curbura totală este un indicator al morfologiei. De exemplu, analizând harta din Fig.4. 9 se observă că, spre deosebire de distribuțiile celorlalte două tipuri de curbură, în cazul curburii totale predomină suprafețele din intervalele $(-1.08, 0.02]$ – suprafețe ușor concave și $(0.1 - 6]$ – suprafețe foarte convexe. Aceasta arată că interfluviile sunt predominant de tip ascuțit iar versanții sunt ușor concavi. Valorile negative mari se suprapun văilor adânci, cu caracter de chei, iar valorile pozitive mici, depresiunilor ușor convexe.

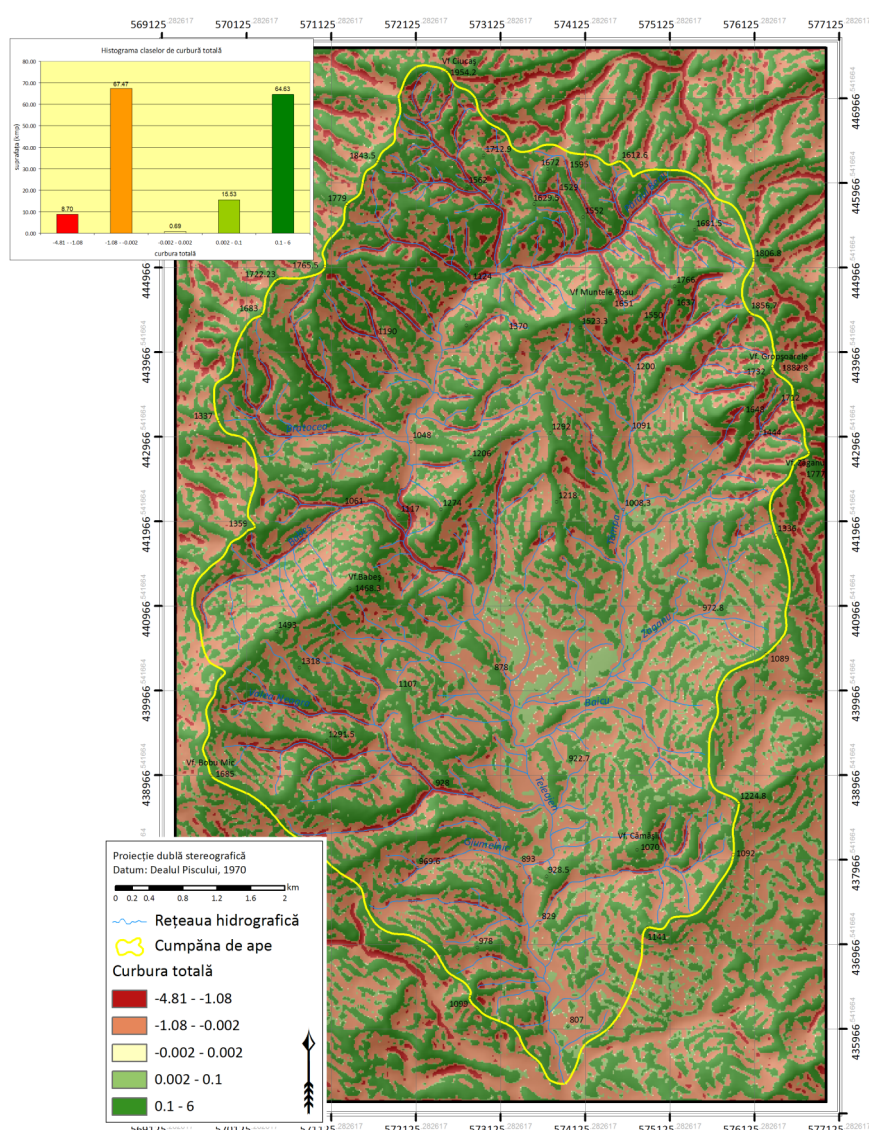


Fig.4. 9: Curbura totală

4.1.3.4. Indicele de convergență

Acest indice oferă o măsură a modului în care scurgerea este convergentă sau divergentă. A fost calculat în aplicația SAGA GIS*, pe baza unui algoritm descris în [Koethe, Lehmeir, 1996]. Valorile negative reprezintă celule în care scurgerea este divergentă, iar cele pozitive, scurgere convergentă. Harta și histogramele pentru bazinul montan al Teleajenului, sunt prezentate în Fig.4. 10.

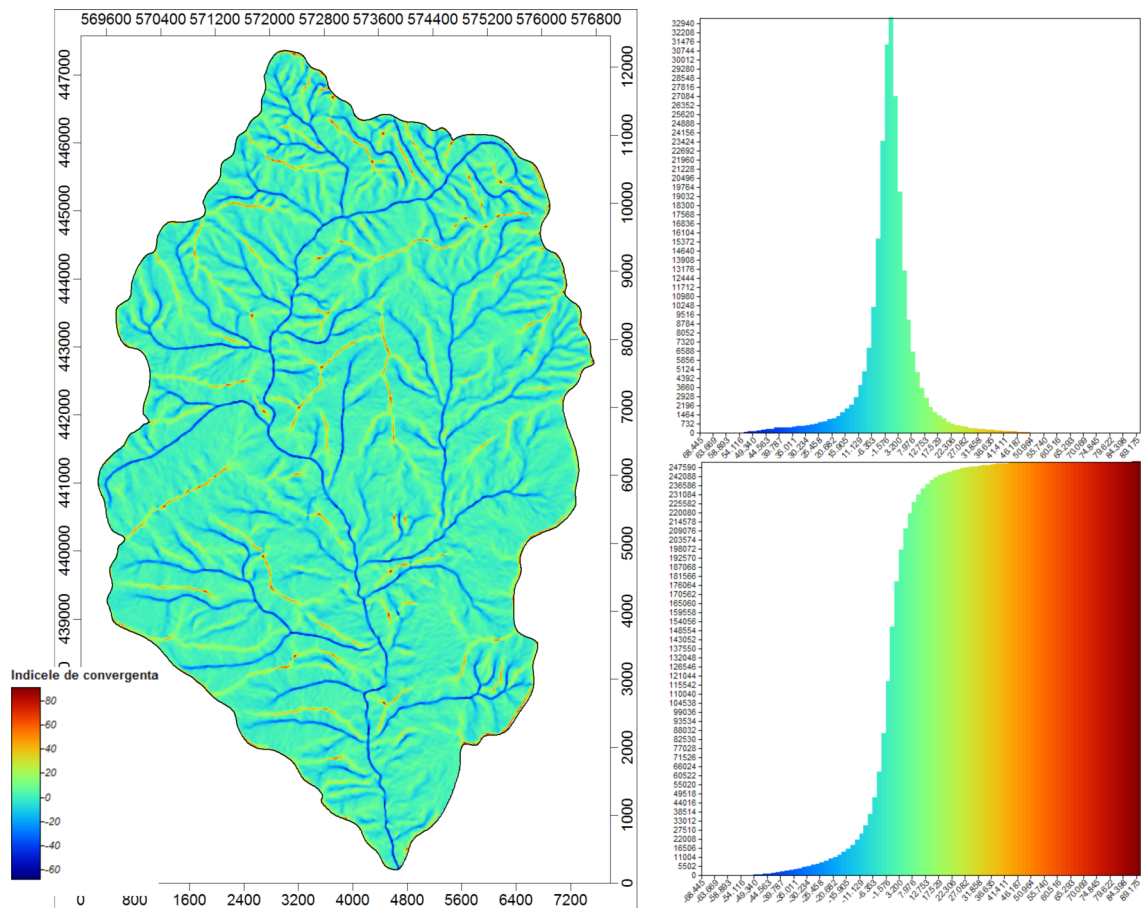


Fig.4. 10: Indicele de convergență

Distribuția spațială a acestui indice, calculat pentru fiecare pixel în parte, oferă o modalitate de a distinge rețeaua hidrografică (valorile cele mai mici, negative, pixelii către care converg cele mai multe celule) și cumpenele de apă (valorile cele mai mari, pozitive, ale pixelilor care converg către cele mai multe celule).

* <http://www.saga-gis.uni-goettingen.de/>

4.2. Parametrii hidrologici ai terenului

Distribuția altitudinii în spațiu determină direct scurgerea, iar apa este principalul agent modelator al versanților. De aici și conceptul de bazin morfo-hidrografic ca unitate de bază a sistemului geomorfologic natural. Extragerea cât mai multor informații dintr-un model numeric altitudinal, necesare unei analize hidrologice, a reprezentat o preocupare activă în comunitatea științifică, iar algoritmi care s-au elaborat pentru aceasta sunt numeroși și oferă rezultate diferite. Metodele prin care se extrag parametrii hidrologici dintr-un DEM se împart în două mari clase: cele care consideră scurgerea de la și către centrul pixelilor (numiți și algoritmi *flow-routing*) și cele care consideră scurgerea liberă, către orice direcție (numiți și algoritmi *flow-tracing*). Primele metode se aplică în contextul abordării D8 (se consideră toți cei 8 pixeli din vecinătatea de 3x3 a pixelului pentru care se aplică) și sunt incluse standard în majoritatea aplicațiilor GIS iar ultimele sunt mai elaborate, presupun aplicarea unor funcții mai complexe și prezintă anumite restricții de utilizare [Olaya, 2004]. Se mai face distincția între scurgerea unidimensională și bidimensională.

Parametrii ce vor fi prezentați în continuare au fost calculați prin intermediul aplicației SAGA GIS (*System for Automated Geoscientific Analysis*), care este un proiect open source dezvoltat de Universitatea din Goettingen pentru probleme de analiza digitală a terenului.

Modelul numeric altitudinal este o matrice rectangulară de valori de altitudine. Fiecare valoare se reprezintă grafic printr-un pixel cu o anumită culoare. Parametrii hidrologici se reprezintă tot prin matrici rectangulare de valori, griduri care se suprapun spațial pe matricea de altitudine. Cu alte cuvinte, fiecărui pixel de altitudine îi va corespunde unul cu valoarea indicatorului calculat. Aceștia se calculează pornind de la principiul că scurgerea are întotdeauna loc de la un pixel cu altitudine mai mare la unul cu altitudine mai mică. Practic problema constă în a determina, pentru fiecare pixel în parte, numărul tuturor celorlalți pixeli

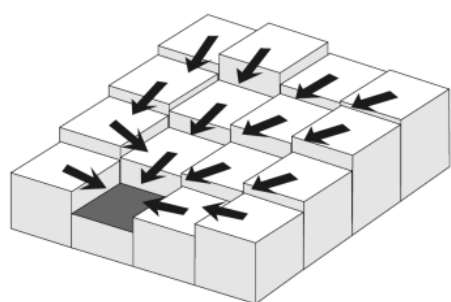


Fig.4. 11: Exemplu schematic pentru modul în care contribuie un număr de pixeli la generarea unui parametru hidrologic. Altitudinea este sugerată de reprezentarea tridimensională. După [Hengl et al., 2003]

care „se varsă” în el, care au valori de altitudine mai mari și de care este legat prin acest flux virtual de apă (Fig.4. 11). Înmulțind acest număr de pixeli cu mărimea suprafeței fiecăruia dintre ei (cu pătratul rezoluției) se obține un indicator hidrologic important care are dimensiunea unei suprafețe, dar care trebuie asociat cu scurgerea apei: 1) suprafața bazinului în amonte (*upslope catchment area*), denumit și acumularea scurgerii (*flow accumulation*), exprimată în metri pătrați (Fig.4. 12). Dacă pentru bazinul respectiv se cunosc valorile de precipitații, fie din date

concrete, de exemplu înregistrate în urma unei ploi, fie introduse ca valori de test, exprimate în mm, și se înmulțesc cu suprafața bazinului în amonte, se obține o distribuție a unui indicator care are unitatea de măsură a unui volum de apă, exprimat în metri cubi. Dacă se consideră valorile de altitudine ale pixelilor ce contribuie la scurgerea către un anumit pixel, se obțin alți doi indicatori hidrologici: 2) altitudinea medie a bazinului (*upslope catchment height*), ca medie a valorilor de altitudine ale pixelilor contribuitori și 3) panta

medie în amonte (*catchment slope*), ca medie a pantelor calculate pentru fiecare pixel contribuitor în modul descris în cap. 3.1.1 (Fig.4. 13).

Modul în care se realizează efectiv scurgerea, adică mai accelerat sau mai lent, mai concentrat sau mai difuz, depinde nu atât de cantitatea de apă, cât de panta locală, adică cea calculată doar pentru pixelii contributory. Indicatorii folosiți pentru caracterizarea acestor tendințe sunt [Hengl et al., 2003]:

- 1) indicele topografic compus (*compound topographic index, CPI*), ca raport între suprafața bazinului în amonte și panta medie a bazinului;
- 2) indicele de putere al râurilor (*stream power index, SPI*), ca produs al celor doi indicatori.

Acești indici sunt parametri secundari ai terenului, datorită faptului că nu se calculează direct din datele de altitudine, ci din distribuția unor parametri primari, morfometrici.

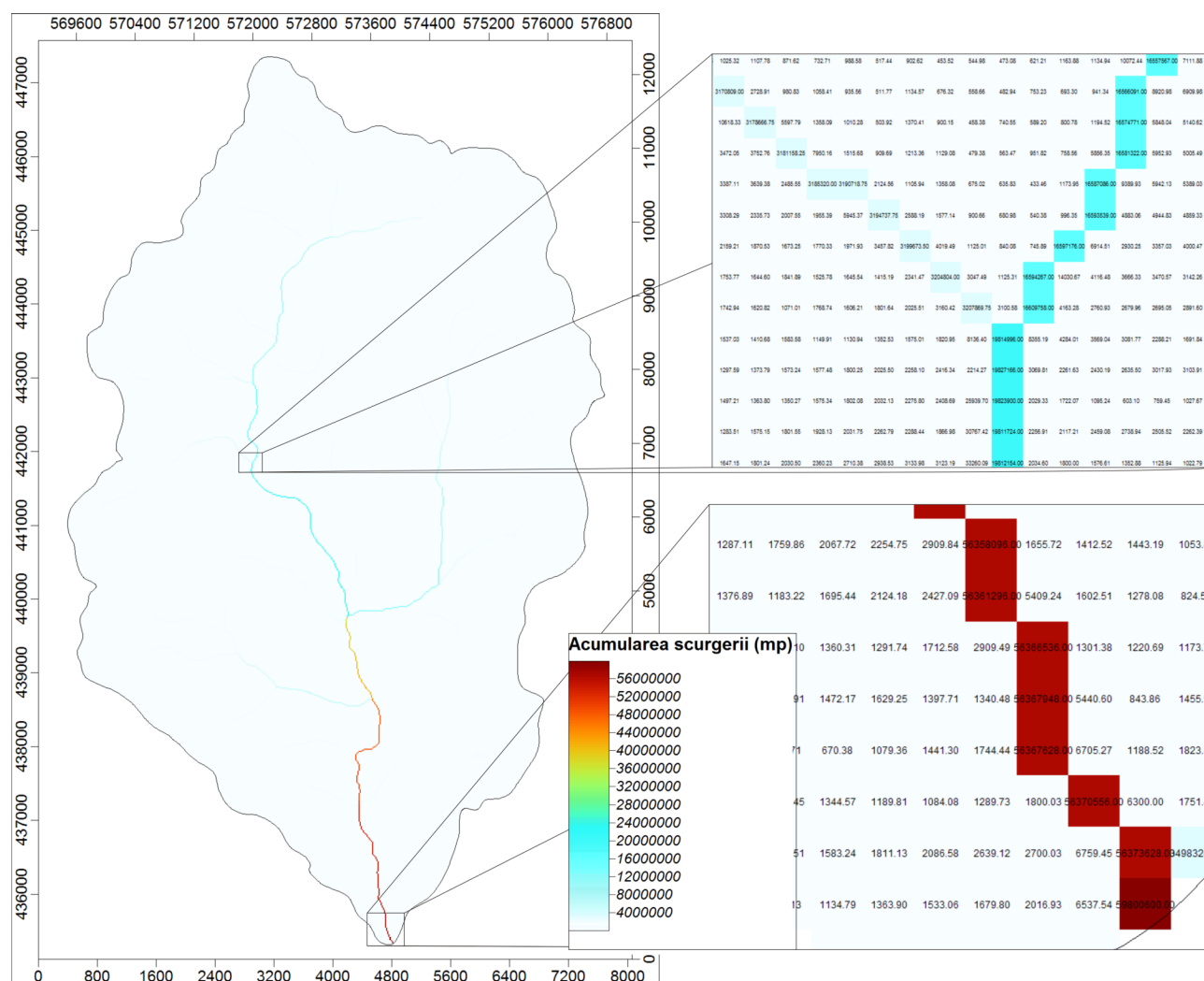


Fig.4. 12: Acumularea scurgerii sau suprafața bazinului în amonte. Fiecare pixel are valoarea suprafeței tuturor pixelilor care "se scurg" în el. Valorile sunt exprimate în m².

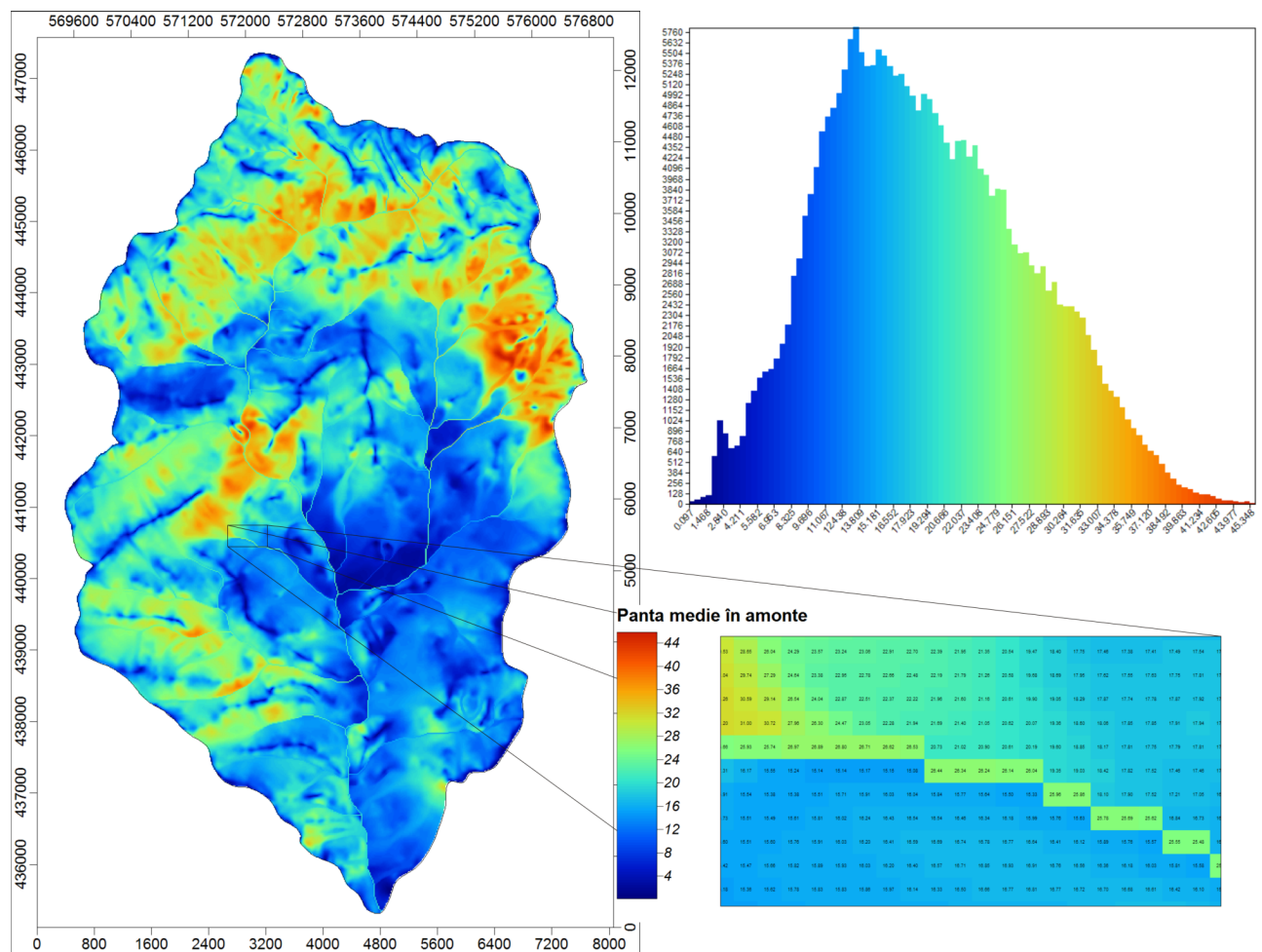


Fig.4. 13: Panta medie în amonte.

Valorile reprezintă media pantei pentru pixelii care contribuie la scurgerea, în grade.

Există mai mulți algoritmi de calcul ai parametrilor hidrologici ai terenului care se diferențiază după felul în care consideră scurgerea, adică după identificarea traseului de scurgere de la pixel la pixel în vecinătatea de 3x3. Prezentăm aici descrierea sumară a acestora, așa cum sunt implementați în SAGA GIS: [Olaya, 2004]

- Deterministic 8 (D8): scurgerea se realizează de la centrul unui pixel către centrul unui singur alt pixel din vecinătate; rezultă că direcția de scurgere este restricționată la unghiuri de 45°; acestea un algoritm unidimensional;
- Rho8: similar cu cel anterior; direcția de scurgere este condiționată de un argument aleatoriu dependent de diferența dintre orientarea versanților și direcția dată de cele două celule adiacente;
- Deterministic infinit (D_{∞}): scurgerea se realizează către doi pixeli din aceeași vecinătate (algoritm bidimensional); rezultă o îmbunătățire a modelului D8;
- *Braunschweiger Digitales Reliefmodel*: tot un algoritm de tip bidimensional, scurgerea este împărțită între două celule din vecinătate a căror expoziție este cea mai apropiată de cea a centrului vecinătății;
- *FD8*: un model bidimensional derivat din D8;
- Flux kinematic (*Kinematic Routing Algorithm, KRA*): unidimensional, scurgerea se comportă ca o sferă care

se rostogolește pe versant, fără nici o constrângere către centrul celulelor;

- Rețeaua modelului numeric altitudinal (*Digital Elevation Model Network*): cel mai complex, de tip bidimensional.

4.2.1. Indicele topografic compus

Mai este cunoscut și ca indicele de umiditate topografică (*compound topographic index*, sau *topographic wetness index*), se calculează pe baza formulei: [Olaya, 2004]

$$CTI = \frac{Af}{\ln(\tan\beta)} \quad (4.5)$$

unde CTI este indicele topografic compus, Af este suprafața bazinului în amonte și $\tan\beta$ este panta medie în amonte, exprimată în radiani. Logaritmul numitorului are rolul de a normaliza histograma.

Se observă că dacă valoarea pantei în amonte este mică, indicele este mare, adică mai multă apă stagnează în acel pixel. De aceea, acesta este un indicator al acumulării scurgerii, iar pe harta din Fig. 4. 14, aceste suprafețe apar în partea centrală a bazinului, în Depresiunea Cheia (în detaliu).

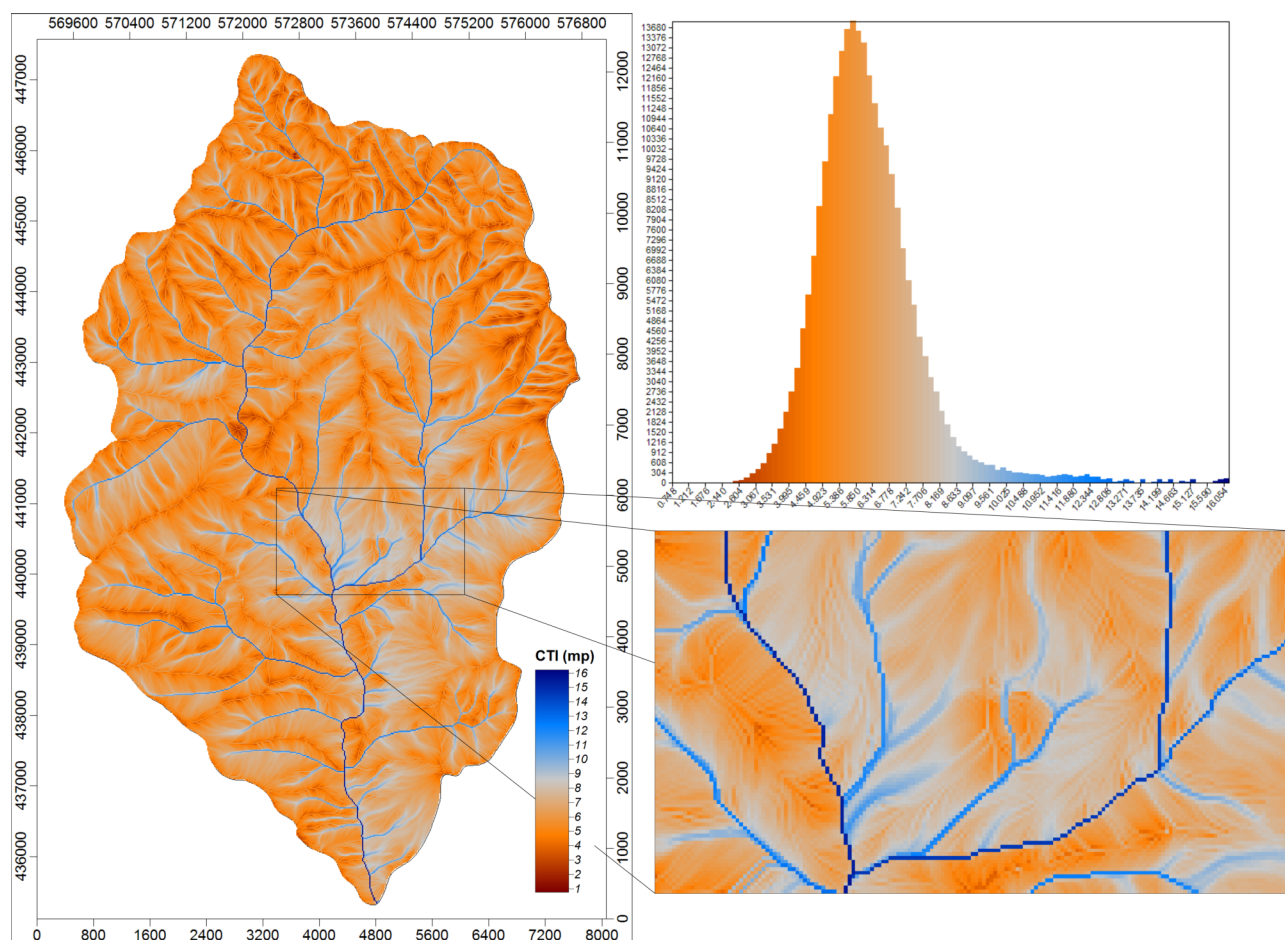


Fig.4. 14: Harta distribuției indicelui topografic compus

Modulul care implementează algoritmul pentru realizarea acestei hărți în aplicația SAGA GIS permite includerea în calcul și a transmisivității. Dacă se consideră și cantitatea de precipitații medie pe bazin în calculul acumulării scurgerii, indicele topografic compus devine un parametru a cărui distribuție reflectă bine zonele cu cea mai mare predispoziție la umiditate. Acestea sunt cele care apar pe hartă difuz, ca în detaliul din Fig.4. 14.

4.2.2. Indicele de putere al râurilor

S-a arătat că prin raportarea suprafeței medii la panta medie din amonte se obține un indicator care măsoară tendința de acumulare a apei pe anumite suprafețe. Prin înmulțirea celor doi indicatori se obține un parametru al terenului care exprimă potențialul de eroziune al apei și se exprimă tot în metri pătrați (sau cubi).

Formula aplicată de algoritmul din SAGA GIS este următoarea: [Olaya, 2004]

$$SPI = Af \ln(\tan\beta) \quad (4.6)$$

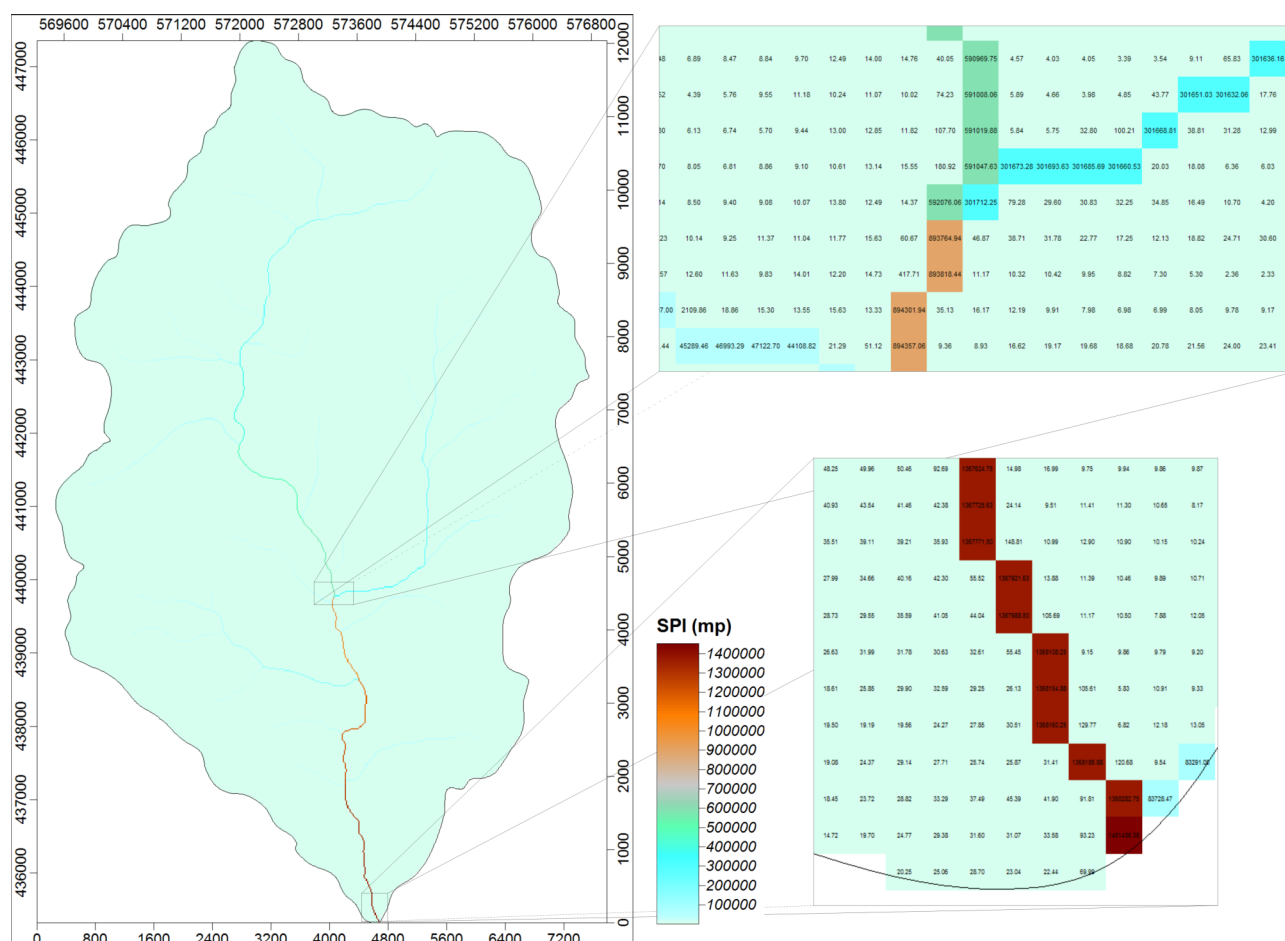


Fig.4. 15: Distribuția spațială a indicelui de putere al râurilor (SPI)

Datorită faptului că acest parametru cumulează atât efectul pantei cât și al acumulării apei, valorile cele mai mari se concentrează în talvegurile rețelei hidrografice. De aici și denumirea, pentru că reflectă puterea de

eroziune a râurilor.

4.3. Parametrii climatici ai terenului

Analiza potențialului climatic al unei regiuni pe baza modelului numeric altitudinal are loc în contextul estimării radiației solare incidente și a distribuției temperaturii pe suprafața terestră, neregulată. Panta și expoziția versanților sunt cei doi parametri morfometrici primari care influențează radiația solară, iar altitudinea și latitudinea determină distribuția temperaturii. Rolul atmosferei de filtru al fluxului radiativ solar poate fi ajustat printr-o serie de mărimi fizice, precum constanta solară, transmitanța concentrată, presiunea atmosferică, umiditatea aerului, conținutul de pulberi în suspensie. Iar azimutul și declinația solară, momentul anului determină variații ale radiației solare. Rezultă așadar, un parametru secundar a cărui determinare este o sarcină mai complexă decât în cazul indicilor hidrologici [Hengl et al. 2003].

Preocupările pentru elaborarea modelelor pentru estimarea distribuției radiației solare au fost motivate de faptul că aceasta afectează variația unor procese biofizice, precum încălzirea aerului și a solului, evapotranspirația și producția primară, care la rândul lor afectează distribuția florei și faunei [Wilson, Gallant, 2000].

În prima parte vom descrie un parametru a cărui distribuție are în primul rând un efect vizual, datorită faptului că se bazează pe simularea cantității de lumină receptată de suprafața terestră pentru un anumit azimut și declinație a sursei, adică a soarelui. Se obține astfel o reprezentare pseudo tridimensională utilă și pentru corectarea erorilor din modelul numeric altitudinal. În al doilea rând determinarea pixelilor aflați în umbra altor pixeli poate fi o sarcină utilă.

În a doua parte vom aplica un model care calculează radiația solară incidentă pe fiecare pixel din modelul numeric altitudinal și durata insolației într-o zi de primăvară fără nebulozitate. Acesta este implementat în SAGA GIS după [Wilson, Gallant, 2000].

4.3.1. Umbrirea reliefului

Aceasta este o hartă a distribuției umbrelor create de relief, în care fiecare pixel redă reprezintă unghiul de incidentă al radiației solare cu suprafața în punctul respectiv. Poziția sursei de lumină este ajustată prin doi parametri: azimutul, adică unghiul față de nord al fascicului luminos, și declinația, unghiul razei de lumină față de planul orizontal. Reprezentarea hărții se realizează în tonuri de gri și oferă o perspectivă pseudo-tridimensională a zonei analizate, evidențiind volumele și erorile care apar în reprezentarea lor [Olaya, 2004].

În Fig.4. 16 este redată harta umbrelor pentru zona de studiu, așa cum apare luminată de o sursă aflată la 315° față de direcția nordului și la 45° înclinare față de orizontală. Se observă că valorile mici corespund suprafețelor pe care razele de lumină cad perpendicular, adică cele care reflectă cea mai multă lumină.

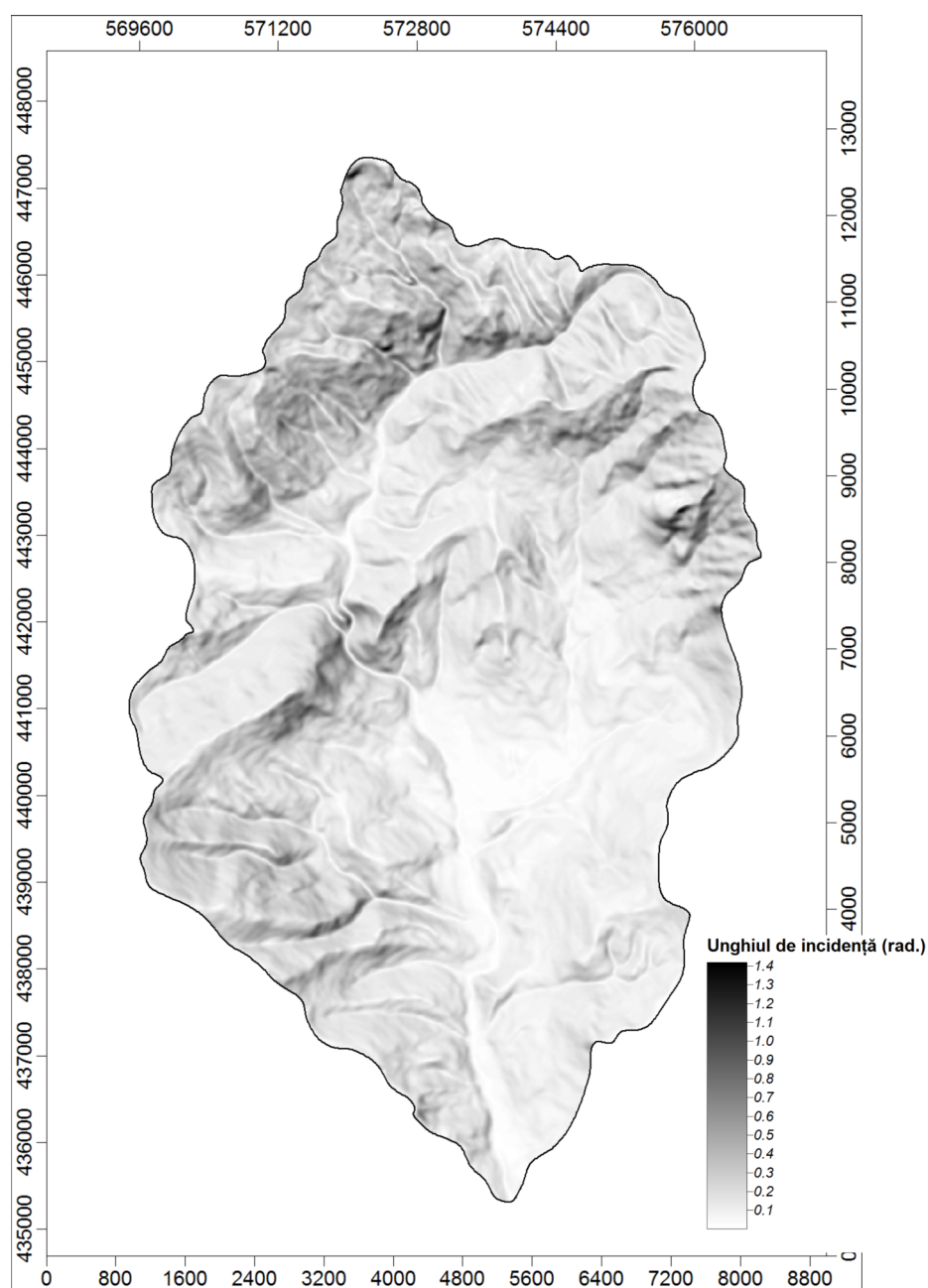


Fig.4. 16: Harta umbrelor

4.3.2. Radiația solară incidentă și durata insolației

Acești doi parametri au fost derivați folosind un model aplicat în SAGA GIS, după [Wilson, Gallant, 2000], cu următoarele valori ale mărimilor fizice luate în calcul, corespunzătoare unei zile de primăvară însorite, fără nebulozitate:

- constanta solară: 1367 W/m²
- transmitanța concentrată (procentul de radiație solară care trece de atmosferă): 70%
- presiunea atmosferică: 1013 mb
- umiditatea absolută: 16.3 mm
- cantitatea de pulberi în suspensie în atmosferă: 30 ppm
- latitudinea: 45° N
- data: 21 martie.

Rezultatele sunt prezentate în Fig.4. 17.

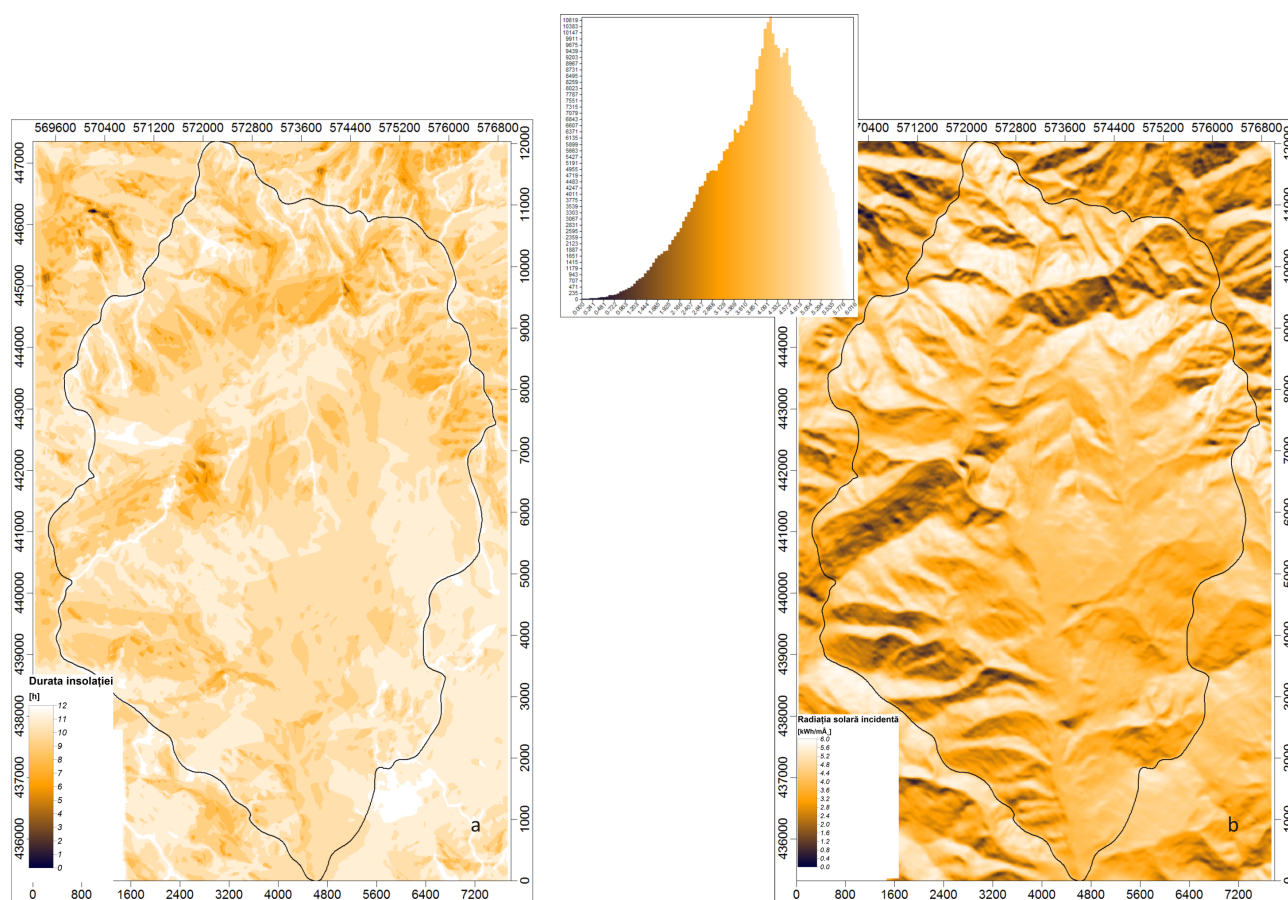


Fig.4. 17: a. Durata insolației; b. Radiația solară incidentă

4. 4. Concluzii

În capitolul precedent s-a urmărit prezentarea unor metode de calcul și reprezentare a distribuției spațiale a unor indicatori ai terenului. Indicatorii aleși sunt cei mai folosiți în studiile de geo-morfometrie, în modelele hidrologice și climatice, iar distribuția lor oferă o imagine largă a potențialului natural al unei regiuni.

Parametrii morfometrici ai terenului sunt panta, expoziția versanților și curbura. Aceștia sunt parametri primari, care stau la baza determinării tuturor celorlalți, de aceea derivarea lor este o operație foarte importantă.

Parametrii hidrologici sunt derivați din modelul numeric altitudinal tot pe baza unor parametri morfometrici: panta și acumularea scurgerii (sau suprafața bazinului în amonte), și descriu potențialul reliefului de a influența scurgerea. De asemenea, prin includerea datelor de precipitații și a transmisivității solului, aceștia pot fi folosiți pentru estimarea cantitativă a volumului de apă ce tranzitează bazinul hidrografic în timpul unei ploi (de exemplu acumularea scurgerii poate oferi dimensiunea fluxului de apă în fiecare pixel al modelului).

Parametrii climatici sunt variabile climatice adaptate la relief și au rolul de a modela radiația solară directă. Harta umbrelor, radiația solară incidentă și durata insolației sunt variabile dependente de forma și orientarea porțiunilor de suprafață terestră iar cunoașterea lor este utilă în studiile ecologice.

* Fragment din:

Mihai Terente (2008), *Modelarea și analiza digitală a terenului*, Lucrarea de licență, Universitatea din București, Facultatea de Geografie

Bibliografie

1. ***. 1986. *Metodologia elaborării studiilor pedologice*. ICPA.
2. Blaszczyński J. 2003. Estimating watershed runoff and sediment yield using a GIS interface to curve number and MUSLE models. USDI, Bureau of Land Management. <http://www.blm.gov/nstc/resourcenotes/rn66.html>.
3. Ciucă Maria. 1984. *Flora și vegetația pajiștilor din Masivul Ciucaș*. București: ed. Academiei Române.
4. Eastman J. R. 2006. IDRISI Andes. Guide to GIS and Image Processing. Clark Labs, Clark University. planet.uwc.ac.za/nisl/Gwen's%20Files/GeoCourse/Resource%20Mapping/Andes%20Manual.pdf.
5. Gallant C., and Hutchinson M. 1997. Scale dependence in terrain analysis. *Mathematics and Computers in Simulation* 43: 313-321.
6. Gallant C., and Wilson J.P. 2000. Primary Topographic Attributes. In *Terrain Analysis: Principles and Applications*. New York: John Wiley & Sons, Ltd.
7. Hengl T., Gruber S., and Shrestha D. P. 2003. Digital Terrain Analysis in ILWIS. Lecture notes. ITC - International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation. http://www.itc.nl/library/Papers_2003/misca/hengl_digital.pdf.
8. Hengl T. 2004. Reduction of errors in digital terrain parameters used in soil-landscape modelling. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 5.
9. Huber Viorela. 2001. Cercetări asupra regimului meteoclimatic al spațiului montan (în Carpații de la Curbură). Teză de doctorat, Universitatea din București.
10. Hutchinson M. F. 1993. Development of a continent-wide DEM with applications to terrain and climate analysis. In *Environmental Modelling with GIS*. Oxford University Press.
11. Hutchinson M. F. 2000. Optimising the degree of data smoothing for locally adaptive finite element bivariate smoothing splines. *ANZIAM* 42: C774-C796.
12. Ielenicz M. 1984. *Munții Ciucaș-Buzău. Studiu geomorfologic*. București: ed. Academiei Române.
13. Koethe R., and Lehmeier F. 1996. SARA – System zur Automatischen Relief-Analyse. *Benutzerhandbuch* 2.
14. Lee G.S., and Lee K.H. 2006. Scaling effect for estimating soil loss in the RUSLE model using remotely sensed geospatial data in Korea. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions* 3. www.copernicus.org/EGU/hess/hessd/3/135/.

15. Maciu M., Chioreranu Aurora, and Văcaru V. 1982. *Enciclopedia geografică a României*. București: ed. Științifică și Enciclopedică.
16. Marchi L., and Fontana G. 2005. GIS morphometric indicators for the analysis of sediment dynamics in mountain basins. *Environmental Geology* 48: 218-228.
17. Martinoni Daria. 2002. Models and Experiments for Quality Handling in Digital Terrain Modelling. PhD Thesis, University of Zurich. <http://www.geo.uzh.ch/gis/services/downloads/phd/daria/index.html>.
18. Moore I. D., Grayson R. B., and Ladson A. R. 1991. Digital terrain modelling: A review of hydrological, geomorphological, and biological applications. *Hydrological Processes* 5, no. 1: 3-30.
19. Moțoc M., Munteanu S., Băloiu V., Stănescu P., and Mihai G. 1975. *Eroziunea solului și metodele de combatere*. București: ed. Ceres.
20. Niculescu G. 1982. Modelarea reliefului în masivul Ciucaș. *BSSGR VI(LXXVI)*.
21. Niculescu G., and Velcea I. 1973. *Județul Prahova*. București: ed. Academiei Române.
22. Oancea D., and Velcea Valeria. 1987. Geografia României III. Carpații Românești și Depresiunea Transilvaniei. In . București: ed. Academiei Române.
23. Olaya V. 2004. *A gentle introduction to SAGA GIS*. 1st ed. <http://www.saga-gis.uni-goettingen.de/html/index.php>.
24. Oprea R. 2005. *Bazinul montan al Prahovei. Studiul potențialului natural și al impactului antropic asupra peisajului*. București: ed. Universitară.
25. Patriche C.V., Căpățână V., and Stoica D.L. 2006. Aspects regarding soil erosion spatial modeling using the USLE/RUSLE within GIS. *Geographia Technica* 2.
26. Patrulius D., Dimitrescu R., and Gherasi N. 1968. *Brașov. Harta geologică, scara 1:200 000, foaia L-35-XX. Notă explicativă*. București: Institutul Geologic.
27. Popescu G. 1958. Contribuții la stratigrafia flișului cretacic dintre valea Prahovei și valea Buzăului, cu privire specială asupra văii Teleajenului. *Studii și cercetări de geologi* III, no. 3-4.
28. Renard K.G., Foster G.R., Weesies G.A., McCool D.K., and Yoder D.C. 1996. *Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. USDA Agriculture Handbook 703. United States Departement of Agriculture.
29. Săndulescu M. 1984. *Geotectonica României*. București: ed. Tehnică.
30. Sárközy F. 1998. GIS Functions - Interpolation. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*.

http://www.agt.bme.hu/public_e/funcint/funcint.html.

31. Savel Aurelia. 1955. Izvorul Chilia Popii, Cheia. In *Apele minerale și nămolurile terapeutice din România*, 1: București: Institutul de Balneologie și Fizioterapie.
32. Shary P., Sharaya L., and Mitusova A. 2002. Fundamental quantitative methods of land surface analysis. *Geoderma* 107.
33. Smith M.J., Goodchild M. F., and Longley P. A. Geospatial Analysis - a comprehensive guide. Electronic book. <http://www.spatialanalysisonline.com/output/>.
34. Țicleanu N., and Csiki Z. 2004. *Introducere în geologia României*. București: Universitatea din București, centrul CREDIS.
35. Wilson J.P., and Gallant C. 2000. *Terrain analysis: principles and applications*. New York: John Wiley & Sons, Ltd.
36. Wischmeier W.H., and Smith D.D. 1978. *Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning*. USDA Agriculture Handbook 537.