

Universitatea Babeș-Bolyai din Cluj-Napoca

Facultatea de Geografie

Școala Doctorală de Geografie

TEZĂ DE DOCTORAT

-Rezumat-

**Scurgerea maximă în bazinele hidrografice nemonitorizate
de mici dimensiuni. Studii de caz în bazinul hidrografic
Mureș.**

Conducător doctorat

Prof.Univ.Dr. Ioan Aurel Irimuş

Doctorand

Kaffai (Vodă) Anna Izabella

Cluj Napoca

2022

Cuprins

1. Introducere. Aspecte generale	4
1.1. Scopul și obiectivele lucrării	4
1.2. Importanța calcului scurgerii maxime în bazinele mici fără măsurători hidrologice.....	4
2. Stadiul cercetărilor la nivel național și internațional privind calculul scurgerii maxime în bazine neamenajate	5
2.1. Aspecte definitorii în literatura de specialitate pe plan internațional și național	5
2.2. Abordarea problematicii debitelor maxime în studii de specialitate cu referire la bazinele mici	6
3. Metodologia de cercetare și datele utilizate	7
4. Analiza factorilor naturali și antropici care influențează scurgerea maximă în bazinele mici nemonitorizate	7
4.1. Morfologia și morfometria bazinului hidrografic Mureș.	8
4.2. Coeficientul de împădurire și asociațiile vegetale.....	11
4.3. Influența solurilor asupra scurgerii maxime.....	13
4.4. Importanța precipitațiilor în formarea scurgerii și producerea viiturilor.	13
4.5. Rolul factorilor antropici și influența lor asupra formării scurgerii.....	16
5. Rezultatele cercetărilor efectuate în calculul scurgerii maxime din bazinele hidrografice mici și nemonitorizate.....	17
5.1. Analiza bazei de date spațiale, delimitarea bazinelor hidrografice și operații de calcul pregătitoare.....	17
5.2. Determinarea indicelui <i>curve number</i> (CN) și rolul său în analiza scurgerii maxime...	18
5.3. Analiza calculelor scurgerii maxime prin intermediul metodei raționale	19
5.4. Corelațiile debitelor maxime determinate prin metode alternative de validare	22
5.5. Analiza comparativă privind parametrii scurgerii maxime TlagSCS, TlagR, CN _R , CN _{SCS} . Metodologia SCS-CN versus metoda rațională.	23

6. Discuții privind limitele și provocările existente în cercetările privind scurgerea maximă.....	24
Concluzii	25
Bibliografie	25
Anexe.....	Error! Bookmark not defined.

1. Introducere. Aspecte generale

1.1. Scopul și obiectivele lucrării

Scopul cercetării inițiate de mine a fost identificarea unor metode eficiente de determinare a debitelor maxime pe cursurile de apă mici, nemonitorizate și neamenajate, fără măsurători, în vederea facilitării unei prognoze a scurgerii maxime din aceste bazine hidrografice de mici dimensiuni, cu efecte uneori nedorite asupra comunităților omenești. Realizarea acestui scop a presupus parcurgerea următoarelor etape de cercetare:

- a) Identificarea factorilor naturali și antropici care influențează scurgerea și debitele maxime în bazinele mici;
- b) Identificarea tipului de corelații și determinări între morfologia, morfometria, tipul de folosință al terenului și valorile scurgerii maxime;
- c) Analiza influenței coeficientului de acoperire cu vegetație și tipurilor de sol în generarea scurgerii maxime în bazinele mici;
- d) Analiza rolului precipitațiilor în formarea scurgerii maxime și producerii viiturilor în bazinele hidrografice mici;
- e) Analiza rolului factorilor antropici asupra formării scurgerii;
- f) Analiza pe studii de caz (51 de bazine hidrografice mici, neamenajate, fără măsurători) a factorilor condiționali prin metoda românească rațională (RNS) și metoda americană (SCS-CN).

1.2. Importanța calcului scurgerii maxime în bazinele mici fără măsurători hidrologice

Importanța bazinelor mici fără măsurători hidrologice reiese din legătura strânsă a acestora cu factorii genetici ai scurgerii maxime și în mod special cu factorii condiționali ai scurgerii care se referă la aspectele caracteristice suprafețelor, la faciesul bazinal. Astfel, schimbările

survenite în modul de utilizare al terenurilor, procesele de degradare a solurilor, eroziunea accelerată a versanților, fenomenele de despădurire naturală, defrișările ilegale, tăierea rasă a pădurilor, lucrările de împădurire, plantațiile, procesele de urbanizare, construcțiile de drumuri, case, platforme industriale, suprafețele betonate, pot influența major bazinele hidrografice mici.

O estimare continuă și de încredere, bazată științific pe calcule matematice corecte, reprezintă un factor important în managementul sustenabil al resurselor de apă. Analiza scurgerii maxime este importantă și în proiectarea unor structuri ingineresti critice precum căile de comunicații, sistemele de drenaj, îndiguiri, regularizări sau lacuri de acumulare.

2. Stadiul cercetărilor la nivel național și internațional privind calculul scurgerii maxime în bazine neamenajate

2.1. Aspecte definitorii în literatura de specialitate pe plan internațional și național

Calculul scurgerii maxime în bazinele hidrografice mici din România este determinat folosind diverse abordări de cercetare, cum ar fi metoda standard rațională (*rational national standard- RNS*), metodologia regionalizării sau de sinteză, Q200 și metodologia de calcul a ploii orare (Diaconu și Miță, 1997; Voda et al., 2018; Voda et al., 2019). Metodologiile de calcul ale scurgerii maxime necesită o corectă evaluarea a tipologiei solurilor, a vegetației și a gradului de acoperire a terenurilor.

Întrucât Institutul Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor (INHGA) recomandă din ce în ce mai mult utilizarea metodei raționale pentru calculul scurgerii maxime a bazinelor hidrografice mici, se impun cercetări aprofundate ale impactul acesteia în România, unde metodologia SCS-CN reprezintă încă o abordare de pionierat în acest proces (Zaharia et al., 2017;

Șarpe și Vodă, 2017). Conform OMMD (2008), Grimaldi et al. (2012, 2013, 2015) metoda rațională a trebuit să fie actualizată în permanență ținându-se cont de noile tendințe tehnologice, fapt care a generat o metodologie semnificativ îmbunătățită pentru calculul și evaluarea scurgerii maxime în bazinele hidrografice mici neamenajate (Ditthakit et al., 2021).

2.2. Abordarea problematicii debitelor maxime în studii de specialitate cu referire la bazinele mici

Evaluarea și observarea continuă a parametrilor fizico-geografici și antropici din bazinele hidrografice mici ale râului Mureș, integrează prezenta cercetare într-un sistem regional integrat mai larg, care ne permite să înțelegem mai bine schimburile de materie, informație și energie din subsistemele hidrologice. Am selectat 51 de bazine hidrografice mici ale râului Mureș deoarece cumulează date hidrologice reprezentative pentru cercetările efectuate. În plus, studiile anterioare sugerează că modelele bazinelor hidrografice mici reprezintă un bun predictor al evoluției parametrilor implicați în calculul scurgerii maxime (Irimuș et al., 2015; Voda et al., 2018). Deitch et al. (2016) a subliniat importanța politicilor privind resursele de apă pentru o gestionare ecologică a bazinelor hidrografice. De la scară locală la scară regională și națională, strategiile de dezvoltare durabilă trebuie să țină seama de schimbările survenite în gradul de utilizare al terenurilor de-a lungul timpului și să indice în mod clar soluții pertinente pentru viitor.

În această lucrare, metodologia SCS CN- RNS de comparare a timpului de întârziere a avut ca scop identificarea celor mai bune predicții de evoluție a scurgerii maxime a bazinelor hidrografice nemonitorizate și furnizarea de soluții pentru managementul integrat al bazinelor hidrografice fără măsurători hidrologice (Ditthakit et al., 2021; Psomiadis et al., 2020). Ambele metode au necesitat evaluare modulului de utilizare al terenurilor, a vegetației și a solurilor utilizând datele imaginilor satelitare disponibile. Noutatea adusă de cercetările din această lucrare constă într-o analiză încrucișată integrată a două metodologii diferite (SCS-CN și metoda rațională) pentru a îmbunătăți evaluarea interacțiunii dintre precipitații și scurgere pentru bazinele hidrografice mici nemonitorizate.

3. Metodologia de cercetare și datele utilizate

Metodologia de cercetare s-a bazat pe colectarea și realizarea bazei de date rezultate în urma calculelor de laborator, a activităților de teren, pe prelucrarea și interpretarea celor 1122 de parametri (Anexe) ai bazinelor hidrografice luate în analiză, pe lângă datele fondului hidrologic din rețelele hidrometrice standard și ale fondului pluviometric utilizate pentru controlul rezultatelor obținute în calculul debitelor maxime pentru toate cele 51 de studii de caz din cadrul bazinului hidrografic Mureș.

Activitățile desfășurate pentru atingerea obiectivelor propuse privind scurgerea maximă, calculul debitelor maxime în bazinele mici necadastrate, au cuprins activități de informare, cercetare și documentare, activități de teren, activități de prelucrare, interpretare, analiză și sintetizare a rezultatelor.

Activitățile de teren efectuate de-a lungul celor cinci ani de cercetări (în perioada 2016-2021) au permis culegerea de date prin observații directe, măsurători, interviuri nestructurate cu localnicii pentru obținerea de informații privind dinamica factorilor de mediu care determină și condiționează scurgerea maximă, circulația apei pe versanți și în albie din cadrul celor 51 de bazine hidrografice analizate.

4. Analiza factorilor naturali și antropici care influențează scurgerea maximă în bazinele mici nemonitorizate

Poziția geografică, relieful, structura geologică, solurile, vegetația, condițiile climatice, gradul de utilizare al terenurilor influențează fenomenele și procesele hidrologice, constituind, alături de caracteristicile morfometrice ale bazinelor hidrografice luate în studiu, baza de date necesară pentru analiza obiectivă și calculul scurgerii maxime.

Fiind dezvoltat pe o suprafață de 27890 km², între 20°11' longitudine vestică și 25°44' longitudine estică, respectiv 47°08' latitudine nordică și 45°14' latitudine sudică, bazinul hidrografic Mureș se poziționează în centrul și vestul României, având Carpații Orientali în partea estică și la nord, Carpații Meridionali la sud, Carpații Occidentali la nord și vest respectiv Podișul Someșan în partea nordică. Lungimea principalului colector de ape din bazin, râul Mureș, este de 761 de km, dar împreună cu toți afluenții care contribuie la scurgere, totalizează 10800 km cursuri de apă cu o densitate medie de 0,39 km/km² raportată la suprafața bazinală.

Varietatea formelor de relief din bazinul râului Mureș influențează prin distribuția lor manifestarea parametrilor climatici, pedografici, biogeografici și hidrografici în cele 51 de bazine mici nemonitorizate hidrologic, analizate în această lucrare.

4.1. Morfologia și morfometria bazinului hidrografic Mureș.

Bazinele hidrografice situate la altitudini ridicate precum Catariga (1298 m), Valea Largă (1198 m), Șugău (1030 m), Ocolişel_1.03 (1210 m), Feernic (900 m), recepționează o cantitate mai mare de precipitații în comparație cu cele la altitudini inferioare, prezentând o rată de evaporație mai redusă și implicit o scurgere mai bogată, remarcându-se astfel influența altitudinii asupra elementelor hidrologice.

Proportionalitatea scurgerii maxime în raport cu factorii ei genetici este bine exprimată în bazinele hidrografice Șomoșd, Silvașu, Borzești care prezintă o zonalitate verticală a elementelor fizico-geografice.

Văile de dimensiuni reduse favorizează creșterea rapidă a nivelelor apei în râuri la scurt timp de la declanșarea precipitațiilor, variațiile lor fiind reflectate fidel în creșterile cantităților de apă în râu. Rolul de regularizator al scurgerii îl prezintă doar văile largi, întâlnite îndeosebi în bazinele hidrografice de mari dimensiuni. Se pot întâlni însă văi relativ largi în bazinele hidrografice de mici dimensiuni cu formă de evantai, cum este de exemplu Roșia Poieni (Figura 6). Aceste forme de evantai ale bazinelor mici influențează modul de concentrare a apelor, favorizând scurgerea.

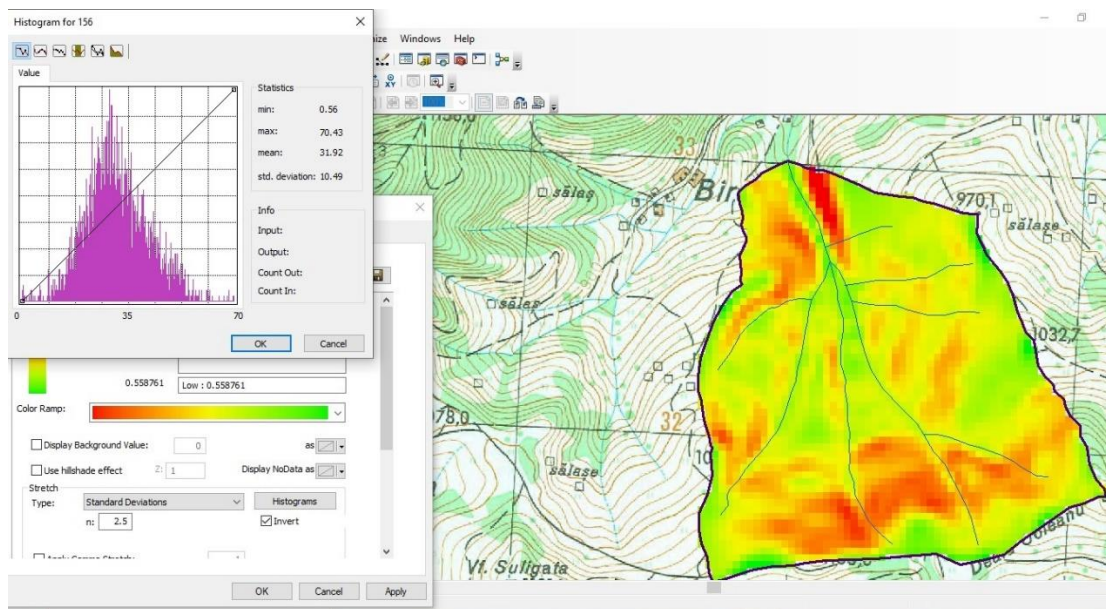


Figura 6. Bazinul hidrografic Roșia Poieni

Caracteristicile morfometrice precum suprafața F și lățimea medie B ale unui bazin hidrografic, ne oferă alături de lungimea L a râului posibilitatea să determinăm coeficienții de formă prin utilizarea rapoartelor mărimilor F , B , L . Împărțind suprafața F la lungimea L obținem lățimea medie B a bazinului. Raportul dintre această mărime B și lungimea l a râului ne ilustrează alungirea bazinului pe direcția gură de vărsare- izvor. Un grad de alungire subunitar sugerează o formă alungită, precum se observă în bazinul Brata iar un raport supraunitar o formă de evantai, deschisă (Roșia Poieni), care în cazul bazinelor hidrografice de mici dimensiuni favorizează concentrarea rapidă a apelor în emisar. Astfel de suprafețe reduse cu lățimi mari se mai întâlnesc în bazinele Ocolișel, Valea Întunecată și Pârâul lui Toader, favorizând formarea scurgerii maxime.

Valorile pantelor medii din cadrul bazinelor hidrografice prezintă o influență semnificativă asupra scurgerii apelor de suprafață, determinând vitezele de deplasare, de curgere a apei pe versanții de bazin.

Pantele versanților bazinelor hidrografice sunt importante pentru studiul probabilităților de apariție a viiturilor, pentru analiza vulnerabilității la prăbușiri și alunecări de teren dar și pentru o planificare și un management sustenabil al modului în care sunt utilizate terenurile în vecinătatea așezărilor omenești. Formele distincte ale peisajului geografic sunt date de funcțiile calitative ale pantelor versanților prin transformările pe care le condiționează, pantele reprezentând cel mai

important factor de influență asupra scurgerii maxime (Irimuş et al., 2005). La valori ridicate ale pantei (Pârâul lui Toader – 39.8%) se pot înregistra viteze mai mari de scurgere a apelor pe versanți rezultând un timp de concentrare (40 min) mai redus (Figura 10).

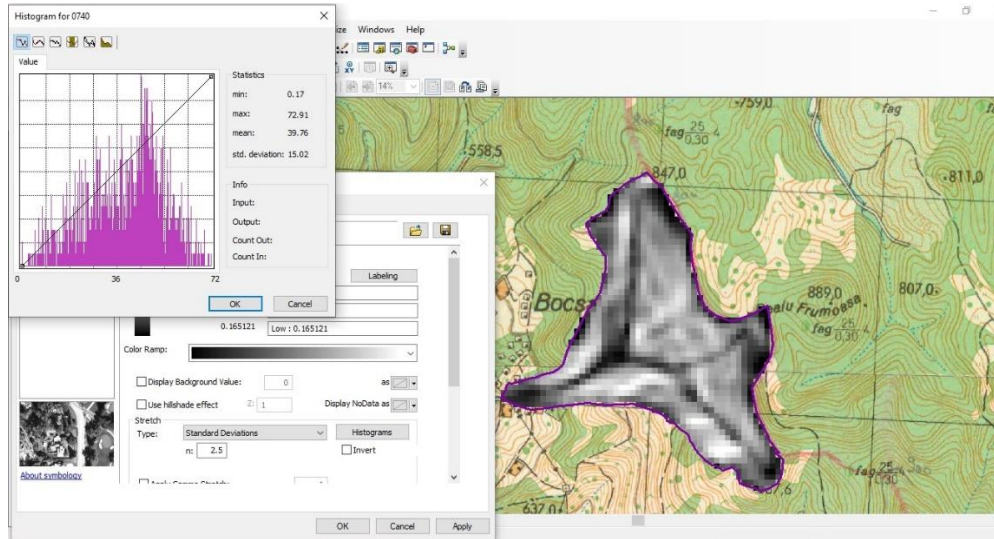


Figura 10. Bazinul hidrografic Pârâul lui Toader

Valorile timpilor de concentrare a apelor în emisar cresc în situațiile în care pantele medii ale versanților bazinului hidrografic scad, de exemplu în bazinul Silvașu_4 (34.4%), încetinind astfel viteza de scurgere a apei și crescând timpii de concentrare la 82 min (Figura 11).

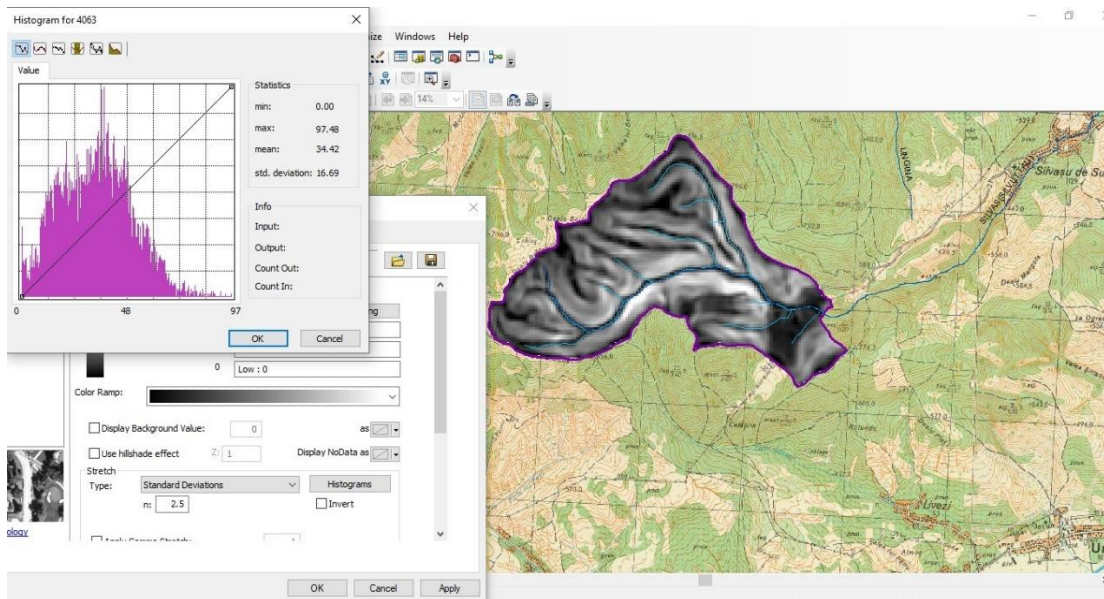


Figura 11. Bazinul hidrografic Silvașu_4

Corelațiile efectuate între parametrii morfometrici și scurgerea maximă scot în evidență intensificări ale scurgerii maxime cu probabilitate de 1% în bazinele hidrografice cu suprafețe cuprinse între 10 și 50 kmp, aceasta putând crește la valori de peste 10000 l/s.kmp în bazinele mici cu suprafețe sub 10 kmp. Altitudinea medie se corelează cu stratul scurgerii maxime cu probabilitate de depășire de 1%, care prezintă valori mai ridicate în regiunile subcarpatice și de munte (70-120 mm), comparativ cu 45-65 mm cât se înregistrează în regiunile de podiș (Voda, 2007).

4.2. Coeficientul de împădurire și asociațiile vegetale

În calculul scurgerii maxime, asociațiile vegetale prezintă o importanță deosebită prin prisma tipologiei și a gradului de extindere pe suprafețele bazinale analizate. Influența cea mai considerabilă asupra scurgerii de suprafață o exercită vegetația forestieră. Sunt necesare determinări ale gradului de împădurire, realizate pe baza hărților, imaginilor satelitare, datelor cadastrale și a studiilor silvice existente. Se precizează tipul pădurilor și se calculează coeficienții de împădurire pentru sectoarele de bazin luate în analiză, menționându-se suprafețele acoperite de livezi de pomi fructiferi, plantații de viță de vie, diferite culturi, fânețe și pajiști naturale.

Creșterea rugozității, a ratelor de infiltrare, favorizează reținerea apei în sol cu efect de atenuare a scurgerii maxime și compensarea scurgerii minime. Valorile coeficientului de scurgere scad la 0.48 odată cu creșterea suprafețelor bazinale la 5,49 kmp în bazinul Cărbunariilor_5.49 comparativ cu bazinul hidrografic Cărbunariilor_1.39 cu o suprafață de doar 1,39 kmp dar cu același grad de împădurire de 100% (Figura 15).

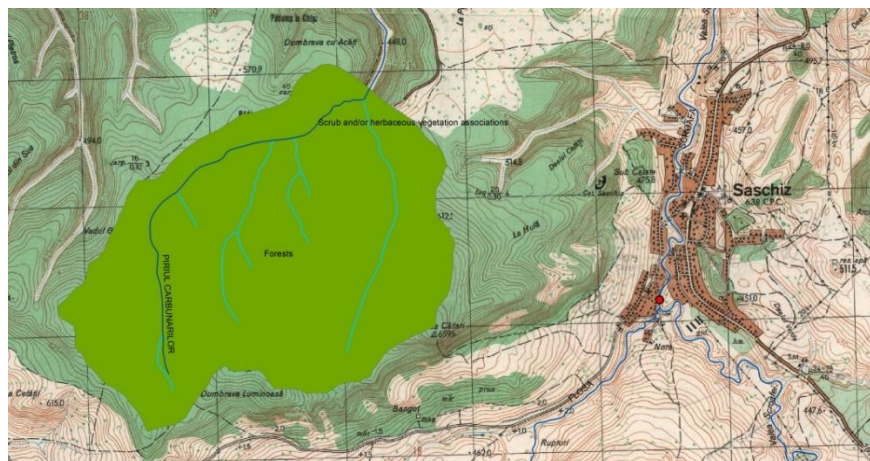


Figura 15. Bazinul hidrografic Cărbunariilor_5.49 cu grad împădurire 100%

Vegetația forestieră prezentă în bazinele hidrografice analizate protejează terenurile împotriva proceselor de eroziune și alunecare. Se poate remarca rolul de protector mai eficient al pădurilor de foioase, carpen (*Carpinus betulus*) în bazinul Cărbunariilor_5.49, fag (*Fagus sylvatica*) în Ocolișel_1.03, Valea Larga în comparație cu cel al pădurilor de rășinoase datorită rolului de protecție împotriva eroziunii pe care îl joacă litiera.

Vegetația ierboasă cu specii de *Festuca*, *Descampsia*, *Nardus* protejează terenurile cu excepția arealelor cu pante ridicate (41,94% în bazinul Ocolișel_1.03, 34.63% în bazinul Valea Larga) și pășunat excesiv, unde se observă o intensificare a proceselor de eroziune și o scurgere mai accentuată a apelor pe versanți cu coeficienți de scurgere de 0,58 în Valea Larga.

Lipsa vegetației forestiere favorizează scurgerea maximă pe suprafețele bazinale utilizate în agricultură necorespunzător, cu arături în lungul liniei de pantă și nu de-a lungul curbelor de nivel, chiar în condiții de pante reduse de 8,7% (Vișa), soluri cu textură medie de 2 (Birt, Țigani, Vișa), întâlnite în bazinele hidrografice cu altitudini medii de 357 m -Vișa.

Defrișările legale sau ilegale au efecte negative asupra scurgerii maxime din bazinele hidrografice de mici dimensiuni. Prezența pășunilor în bazinul superior al Alămorului determină intensificarea scurgerii de suprafață ($C_s=0,69$; $Q_{1\%}=74,37$) în condițiile pășunatului excesiv iar prezența solurilor cu textură grea (2,85) și a suprafețelor urbanizate favorizează tranzitul rapid al cantităților de apă provenite din precipitații, în mod special a celor maxime pe 24 de ore.

Cele mai ridicate valori ale coeficienților de scurgere, $C_s=0,69$, dar și ale debitului maxim cu asigurare de 1%, $Q1\%=74,37$ s-au determinat în bazinul hidrografic la Alămorului, cu un grad foarte redus de împădurire de doar 6%, luvisoluri stagnice și faemoziomuri luvice de textură grea (2,85).

4.3. Influența solurilor asupra scurgerii maxime.

Solurile influențează procesele scurgerii prin tipologia lor (FAO, 2009), textura (ușoară, medie, grea), structura, starea erozională, poziția și extinderea spațială pe suprafața bazinală. Prin intermediul proprietăților sale, a capacităților de infiltrare a apelor provenite din precipitații, solul poate prezenta un rol de regulator al scurgerii apelor de suprafață, determinând valori mai ridicate ale coeficienților de scurgere în cazul texturilor grele și mai scăzute pe solurile cu textură medie sau ușoară, în condiții similare de pantă, respectiv coeficient de împădurire (Irimuş et al., 2015; Costea et al., 2022; Strapazan et al., 2021; Dornik et al., 2016). Procesele de infiltrare a apei sunt favorizate în solurile afânate și uscate care datorită texturii nisipoase determină captarea și reținerea apelor în sol. Se poate observa astfel o reducere a scurgerii superficiale a apelor de suprafață. O capacitate mai redusă de reținere a apelor o prezintă solurile cu textură argiloasă grea (2,85) precum luvisolurile stagnice și faemoziomurile luvice din bazinul hidrografic al Alămorului, pe care se înregistrează valorile maxime ale scurgerii apelor ($C_s=0,69$; $Q1\%=74,37$) dintre toate cele 51 de bazine analizate.

Potențialul diminuat de stocare al solurilor cu textură grea, favorizează un tranzit rapid al viiturilor, spre deosebire de solurile cu o mare capacitate de infiltrare pe care scurgerea maximă este diminuată. Un număr de șapte bazine hidrografice mici din cele 51 analizate prezintă o textură grea ($>2,5$): Alămor (2,85), Lunca Satului (2,85), Borzești-2,61 (Figura 29), Șomoșd (2,7), Hetiur (3), Cerghizel (3) și Mesendorf (3).

4.4. Importanța precipitațiilor în formarea scurgerii și producerea viiturilor.

Scurgerea maximă variază direct proporțional cu altitudinea și invers proporțional cu mărimea suprafețelor bazinale (Ditthakit et al., 2021; Psomiadis et al., 2020). Cele mai ridicate valori sunt

înregistrate în general pe versanții cu expoziție vestică. Reprezentând cea mai importantă fază de regim, scurgerea maximă influențează cel mai puternic așezările omenești, culturile agricole și obiectivele industriale, calculul debitelor maxime fiind esențial în proiectarea construcțiilor civile și hidrotehnice (Costache & Zaharia, 2017). Un număr de patru zeci și cinci de viituri semnificative s-au produs în ultimul secol cu o frecvență de circa zece ani, cu viituri foarte mari în ani consecutivi: 1903-1904, 1912-1913, 1924-1925, 1932-1933, 1955-1956, 1974-1975, 1984-1985, 2004-2005. Variația anotimpuală a viiturilor este ilustrată de frecvența mai ridicată a acestora în anotimpul de primăvară (30%-45%). Un număr mai redus de viituri sunt înregistrate toamna (6%-10%). Numărul cel mai mare de viituri sunt semnalate în lunile aprilie și martie, urmate de luna iunie (Voda, 2007) (Figura 41).

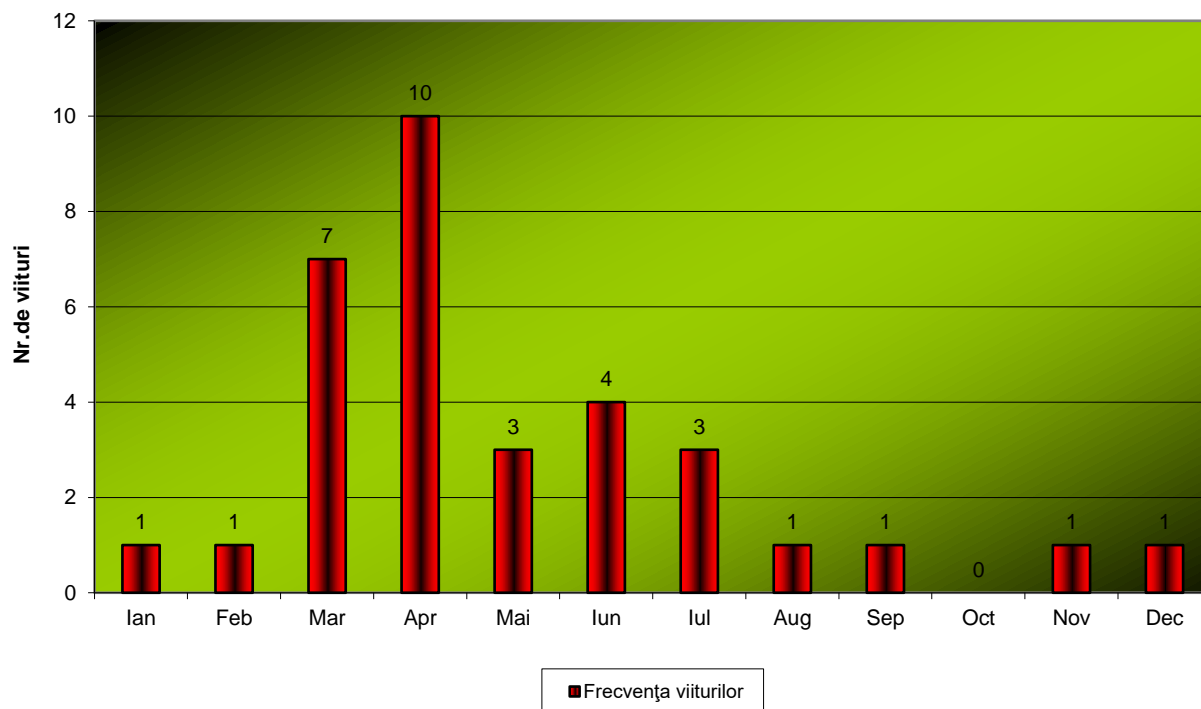


Figura 41. Frecvența lunară a viiturilor la postul hidrometric Sărățeni (Voda, 2007)

Bazinele hidrografice mici din România au fost afectate de evenimente hidrometeorologice extreme în ultimii 30 de ani. După 1989 nu s-au realizat lucrări hidrotehnice importante pentru atenuarea inundațiilor, în timp ce s-au înregistrat modificări semnificative ale tipologiei acoperirii

terenului. Această cercetare încearcă să cuantifice cele mai eficiente metodologii de calcul ale scurgerii maxime în micile bazine hidrografice fără măsurători din România, unde inundațiile au tendința de a se forma mai rapid. Am folosit metodologia rațională pentru calculul debitului maxim ținând cont de intensitatea medie a precipitațiilor și de valorile coeficientului de scurgere (Figura 42).

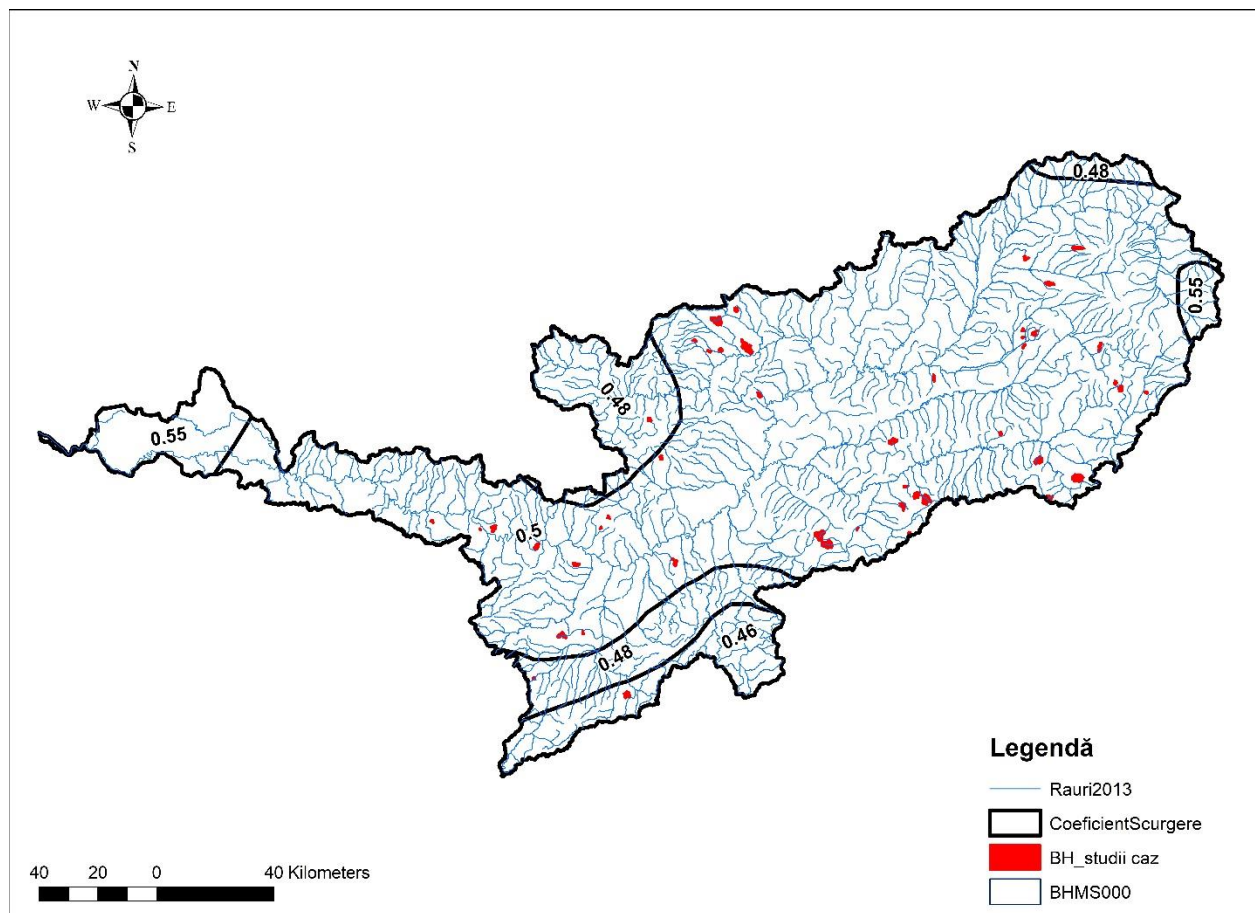


Figura 42. Repartiția spațială a coeficienților de scurgere (după Diaconu și Miță, 1997)

Cel mai important eveniment hidrologic reprezentat prin viitura de pe Feernic, afluentul de dreapta al Târnavei Mari a fost analizat cu scopul de a arăta cum poate fi redusă incertitudinea efectelor schimbărilor climatice și a putea face predicții mai bune pentru relația precipitații-scurgere a bazinelor hidrografice.

Cercetările efectuate ilustrează faptul că activitățile umane au avut un impact semnificativ asupra echilibrului natural al apei în bazinele mici fără măsurători. Costache & Zaharia (2017),

Kocsis et al. (2022), Ditthakit et al. (2021), Psomiadis et al. (2020) demonstrează deasemenea rolul factorilor de mediu în geneza debitelor maxime, importanța acurateții imaginilor prin satelit și importanța fișierelor de format shapefile ArcGIS pentru evaluarea obiectivă a bazinelor hidrografice. Inundațiile istorice produse în bazinul hidrografic Mureș sunt cele înregistrate în anii 1970 (mai), 1975 (iulie), 1981 (martie), 1995-1996 (decembrie 1995 - ianuarie 1996), 1998 (iunie), 2005 (august), 2010 (iulie). Precipitațiile bogate cantitativ au determinat producerea viiturilor cu generarea unor debite maxime semnificative pe cursul principal al Mureșului, Târnavei Mari, Târnavei Mici, Arieșului, precum și pe afluenții acestora.

4.5. Rolul factorilor antropici și influența lor asupra formării scurgerii

Factorii antropici care favorizează formarea scurgerii agravând în unele situații scurgerea maximă se referă la lucrările antierozionale, măsurile de corectare a torenților, activitățile intensive de despădurire asociate cu nerespectarea normelor silvice de defrișare sau de plasament a deșeurilor rezultate după tăierea arborilor (Figura 53), activități agricole neconforme cu arături efectuate perpendicular pe curbele de nivel pe aliniamentul de mare pantă, precum și la activitățile necorespunzătoare de autorizare și amplasament a construcțiilor civile în apropierea malurilor corpurilor de apă.



Figura 53. Deșeuri lemnoase în bazinul hidrografic Catariga

Despăduririle necontrolate, agricultura practică într-un mod ineficient, în care terasările și arăturile nu sunt efectuate de-a lungul curbelor de nivel, lipsa lucrărilor antierozionale, inexistența lucrărilor de amenajare a torenților, determină creșterea coeficientului de scurgere și a debitelor maxime în bazinele hidrografice mici fără măsurători. Scurgerea maximă este influențată de lucrările hidrotehnice reprezentate prin lacuri de acumulare, îndiguiri de maluri, regularizări de albie, lucrări hidroameliorative și folosințe consumatoare de apă.

5. Rezultatele cercetărilor efectuate în calculul scurgerii maxime din bazinele hidrografice mici și nemonitorizate

În bazinele mici ploaia care cade pe o anumită suprafață se repartizează și concentrează în alt mod decât aceeași ploaie pe suprafețele unui bazin hidrografic mare. După Costache et al. (2015), Șerban (2016), Tošić (2018), bazinele de mici dimensiuni sunt acele bazine hidrografice ale căror suprafețe nu sunt mai mari de 10 kmp. Pornind de la aceste considerente, cercetarea s-a dirijat spre identificarea bazinelor hidrografice mici și analiza comparativă a studiilor de caz.

5.1. Analiza bazei de date spațiale, delimitarea bazinelor hidrografice și operații de calcul pregătitoare

Analizele s-au efectuat în urma localizării spațiale și identificării bazinelor hidrografice pe hărți topografice la scara de 1:25000. În programul ArcGis s-au trasat limitele fiecărui bazin hidrografic de mici dimensiuni luat în studiu, cu ajutorul curbelor de nivel – linia de cumpăna a apelor care separă bazinele învecinate (Figura 57).

Validarea în teren a datelor determinate virtual a fost realizată la toate cele 51 de bazine hidrografice analizate, verificările la fața locului fiind recomandată mai ales în cazul analizei de bazine hidrografice mici, cu suprafețe sub 5km². Inventarierea, centralizările și analiza fondului de date necesare pentru corelații de la stațiile hidrometrice, s-a realizat pe baza fondul hidrologic

de date rezultat de la rețelele hidrometrice standard, din bazinele reprezentative și din fondul pluviometric (ABA Mureș, 2021).

Pentru calculul debitelor maxime în bazinele mici analizate a prezentat o importanță deosebită cunoașterea ploilor și coeficienții de transformare a acestora în scurgere. Rezultatele obținute, confirmă cercetările lui Diaconu și Șerban (1994), care evidențiază faptul că precipitațiile maxime orare utilizate în hidrologia practică românească prezintă valori cuprinse între 100 mm (Calva), 115 mm (Moșna, Alămor, Filea, Lunca Satului, Sângerei, Velt, Roadeș, Pruniș, Cărbunarilor, Pârâul lui Toader), 125 mm (Catariga, Feernic, Silivașu, Șugău, Șomoșd), 130 mm (Roșia Poieni, Ocolișel) respectiv 140 mm în bazinul Valea Lupului aferent sectorului Carpaților Meridionali.

Se poate afirma faptul că factorii condiționali ai scurgerii maxime cei mai dinamici și variabili în timp pot fi considerați faciesul bazinal, respectiv tipologia terenurilor componente ale suprafețelor bazinale analizate. Conform lui Diaconu și Miță (1997), procesele erozionale care duc la degradarea versanților reprezintă o influență naturală importantă asupra scurgerii maxime în bazinele de mici dimensiuni. Activitățile antropice, materializate prin tăierile necontrolate de arbori, acțiuni de împădurire sau construire, exercită presiuni și modificări ale suprafețelor de scurgere a apelor, prin creșterea sau diminuarea timpilor de concentrare și implicit a coeficienților de scurgere.

5.2. Determinarea indicelui *curve number* (CN) și rolul său în analiza scurgerii maxime

Determinarea indicelui *curve number* prezintă o importanță deosebită deoarece acest indicator reflectă potențialul de scurgere al diferitelor tipuri de terenuri ce pot fi întâlnite în cadrul unui bazin hidrografic. Problema care se pune însă la nivelul estimării corecte a scurgerii maxime este dacă acest indicator reflectă cu acuratețe potențialul de scurgere, fără a genera erori (Ditthakit et al., 2021; Voda et al., 2019; Psomiadis et al., 2020).

Metodologia americană SCS-CN se bazează pe utilizarea terenurilor și pe grupele hidrologice de sol pentru a determina indicele *curve number* (CN), care prezintă valori între 0 și

100, valori ce pot ilustra potențialul de scurgere al apelor pe suprafețe diferite, cele impermeabile, care favorizează scurgerea, având cele mai ridicate valori, cum este în cazul nostru 84,4 în bazinul Mirăslău.

În cadrul analizelor efectuate se remarcă bazinele hidrografice Mirăslău cu CN=84.4, Drojdii (CN=83,2), Filea (CN=82,6), Frata (CN=82,3), Velt (CN=81,2), Țigani (CN=81,2), Alămor (CN=80,7), Lunca Satului (CN=80,4) și Ighișul Nou (CN=80,2). Aceste bazine hidrografice de mici dimensiuni, prezintă cele mai ridicate valori ale indicelui de curbă CN și prin urmare, un semnificativ potențial de scurgere, conform metodologiei americane SCS-CN.

Bazinele Valea Pișchinti, cu CN=55.1, Feernic_1.31 (CN=54,1), Cărbunariilor_1.39 (CN=64,2), Cărbunariilor_5.49 (CN=64,2), Valea Întunecată (CN=65,4), Feernic_0.3 (CN=65,1), Valea Bejan (CN=65,7), Feernic_0.17 (CN=65,3), Brata (CN=65,4) au cele mai reduse valori ale indicelui de curbă CN, clasificându-se, pe baza metodologiei SCS-CN, în categoria bazinelor hidrografice cu un potențial de scurgere scăzut.

5.3. Analiza calculelor scurgerii maxime prin intermediul metodei raționale

Metoda rațională reprezintă cea mai directă modalitate de cuantificare a scurgerii maxime, care ia în considerare toți parametrii ce joacă un rol important în formarea scurgerii. În calculul debitelor maxime trebuie să se țină cont de natura suprafețelor, a faciesului bazinal, prin analize morfometrice ale cursurilor de apă, ale albiilor acestora, a versanților, a gradului de acoperire cu vegetație forestieră, a modului de utilizare al terenurilor, a tipologiei solurilor, pentru a se stabili în mod obiectiv starea suprafeței hidrografice pentru care se va realiza determinarea coeficienților de rugozitate ai albiilor și versanților, a timpilor de concentrare a apelor în albie, respectiv pe versanți și pe tot bazinul în ansamblu, a coeficienților de scurgere, a intensității ploii de calcul și pentru a obține în final debitul maxim cu asigurare de 1%. (Voda et al., 2019; Psomiadis et al., 2020; Voda et al., 2018).

Spre deosebire de metoda americană SCS-CN care utilizează doar doi parametrii ce influențează scurgerea dintr-un bazin hidrografic, metodologia românească rațională include, pe lângă soluri și modul de utilizare al terenurilor, pantele albiilor, pantele versanților și coeficienții

de rugozitate ai albiilor (M_a) și ai versanților (M_v), deosebit de importanți în determinarea timpilor de concentrare a apei în albie (T_a), respectiv pe versanți (T_v).

$$T_v = \frac{(1000 * L_v)^{1/2}}{M_v * I_v^{1/4} * h_v^{1/2}} \quad (12)$$

În formula de calcul a timpului de concentrare ai apelor pe versanți (12) se utilizează parametrii L_v – lățimea versanților ($L_v = 0.55 * F / \text{suma afluenți}$), M_v – coeficientul de rugozitate al versanților, I_v – pantele versanților și h_v care reprezintă intensitatea medie a scurgerii maxime pe versanți (13).

$$h_v (\text{mm/min}) = 0.06 B_{1\%} (m^3/s \text{ km}^2) \quad (13)$$

Timpii de concentrare ai apelor în albie și timpii de concentrare ai apelor pe versanți se determină utilizând parametrul $B_{1\%}$. Un prim pas în calculele preliminare pentru aplicare prin aproximații succesive în determinarea debitelor maxime care se înregistrează pe bazinele hidrografice de mici dimensiuni este localizarea geospațială a bazinelor pentru identificarea parametrului $B_{1\%}$ respectiv a exponentului $1-n$ exprimați în sintezele hidrologice (Diaconu și Miță, 1997)) și a faciesurilor bazinale care sunt relativ similare cu tipurile de facies reflectate de sintezele elaborate la nivel național.

Parametrul $B_{1\%}$ este ajustat printr-o procedură iterativă, astfel încât debitul maxim calculat pe baza formulei:

$$Q_{\max 1\%} = B_{1\%} * F^{(1-n)} \quad (14)$$

trebuie să coincidă cu debitul maxim determinat cu formula

$$Q'_{\max 1\%} = 16.7 * I_{r1\%} * C_r * F, \quad (15)$$

într-o marjă de eroare acceptabilă $e = (Q'_{\max 1\%} - Q_{\max 1\%}) / Q'_{\max 1\%}$. În situația în care valoarea $e < 0.05-0.1$ avem $Q_{\max 1\%} = Q'_{\max 1\%}$ iar dacă $e > 0.05-0.1$ calculul iterativ a lui $Q_{\max 1\%}$ se desfășoară până când $e < 5-10\%$.

C_r este coeficientul de scurgere a bazinului hidrografic, iar $I_{r1\%}$ reprezintă intensitatea generatoare a precipitațiilor, direct dependentă de parametrul $B_{1\%}$ prin timpul de concentrare al scurgerii de suprafață.

Timpul de concentrare al apelor pe bazin ($T_c=98$) se corelează cu valorile coeficienților de scurgere ($C_s=0,51$), ale intensității ploii de calcul ($I_p=0,85$) și ale debitului maxim $Q_{1\%}=10,91 \text{ mc/s}$.

Valorile mai reduse ale timpilor de concentrare ($T_v=42$) ai apelor pe versanții bazinului hidrografic Cărbunarii_5.49 se datorează suprafețelor defrișate de pe versantul stâng din secțiunea de închidere.

În bazinul Valea Lupului, valorile reduse ale timpului de concentrare bazinal sunt obținute prin intermediul formulei de calcul care include timpii de concentrare ai apelor în albie și timpii de concentrare ai apelor pe versanți:

$$t_c = 1,2t_a^{1,1} + t_v \text{ (min)} \quad (16)$$

În utilizarea metodei raționale, se consideră că precipitațiile care au generat debitul maxim au o intensitate de probabilitate $p\%$ care determină un debit maxim de aceeași probabilitate $p\%$. Precipitațiile care generează scurgerea maximă se consideră ca fiind distribuite uniform pe suprafața bazinului hidrografic. Acesta este motivul pentru care aplicarea metodei raționale se limitează la bazinele hidrografice mici, fără măsurători, cu suprafețe de până la 10 kmp, situate în regiunile deluroase și muntoase (Diaconu și Miță, 1997). Cele mai ridicate valori ale intensității ploii de calcul au fost determinate în bazinele hidrografice Pârâul lui Toader ($I_p=2,035$) (Figura 121), Șomoșd ($I_p=1,992$) și Ocolișel_1.64 ($I_p=1,929$).

$$i_{p1\%} = \frac{S_{1\%}}{(t_c + 1)^n} \quad (17)$$

Unde I_p este intensitatea ploii de calcul cu asigurare de 1% ; $S_{1\%}$ este un parametru numeric, t_c este timpul de concentrare în minute și n un coeficient de reducere

Cele mai ridicate valori ale timpilor de concentrare s-au înregistrat în bazinul hidrografic Filea ($T_c= 180$) reprezentând durata necesară picăturilor de ploaie căzute în cea mai îndepărtată locație a bazinului receptor pentru a ajunge în secțiunea cursului de apă pentru care s-a calculat debitul maxim $Q_{1\%}= 42,39 \text{ mc/s}$, corespunzător intensității ploii de calcul $I_{p1\%}=0,534$.

Coeficienții de scurgere cu valori ridicate care au fost calculați cu ajutorul instrumentelor GIS după determinarea texturii solului, a gradului de împădurire și a pantelor în bazinele Șomoșd ($C_s=0,66$) și Borzești ($C_s=0,64$) se corelează cu valorile ridicate ale intensității ploi de calcul și timpilor scăzuți de concentrare a apelor în bazinul de recepție. Formula rațională reprezintă axa centrală a acestei metodei românești de calcul a scurgerii maxime, în care debitul maxim, exprimat în mc/s, cu probabilitate de depășire-asigurare $p\%$, se determină în funcție de intensitatea medie a ploii (exprimată în mm/min care generează debitul maxim și care are durata egală cu timpul de concentrare a scurgerii în bazin), coeficientul de scurgere și suprafața bazinului hidrografic analizat (15).

$$Q_{\max 1\%} = 16.7 * I_{r1\%} * C_r * F, \quad (15)$$

C_r este coeficientul de scurgere a bazinului hidrografic, $I_{r1\%}$ reprezintă intensitatea generatoare a precipitațiilor, iar F este suprafața bazinului în km^2

5.4. Corelațiile debitelor maxime determinate prin metode alternative de validare

H orar- ploaia orară

Metoda *ploii orare* prezintă o formulă care se poate utiliza la determinarea debitelor maxime cu probabilitatea de depășire – egalare 1% în cazul bazinelor cu suprafață cuprinsă între 5 și 100 km^2 . (Mustață, L.,1991)

$$Q_{\max 1\%} = \frac{0,28(H_{60})_{1\%}\alpha F}{(F+1)^n} \quad (19)$$

Lipsa unor corelații semnificative dintre valorile debitelor maxime determinate prin metoda Horar, metoda rațională și metoda relațiilor de sinteză din cazul bazinului hidrografic Roșia Poieni se explică prin suprafețele bazinale reduse ($F=1,56 \text{ kmp}$).

Relațiile de sinteză

Relațiile de sinteză reprezintă o metodă de analiză indirectă, atunci când datele hidrometrice sunt insuficiente, lipsesc sau sunt nesigure, valorile debitelor maxime teoretice se determină prin metode indirecte concretizate prin relații de sinteză sub formă grafică sau formule. Cele mai bune corelații între debitul maxim calculat prin intermediul metodei raționale și celelalte două metodologii utilizate în general pentru verificare, s-au determinat în bazinul hidrografic Moșna_7.67.

5.5. Analiza comparativă privind parametrii scurgerii maxime T_{lagSCS} , T_{lagR} , CN_R , CN_{SCS} . Metodologia SCS-CN versus metoda rațională.

Analiza comparativă a timpilor de întârziere T_{lagSCS} calculați prin metoda SCS-CN și T_{lagR} obținuți prin metoda rațională a fost necesară pentru o mai bună înțelegere a diferențelor dintre rezultatele ambelor metode, SCS-CN și metoda rațională. Am comparat același tip de parametri: timpii de întârziere T_{lagSCS} și T_{lagR} (Voda et al., 2019). Cea mai potrivită ecuație a timpului de întârziere în teoria SCS- CN ca funcție de putere a timpului de întârziere în metoda standardului național românesc este (Voda et al., 2019):

$$T_{LSCS} = 0.8207 T_{LR}^{0.9398} \quad (20)$$

Se poate remarca o bună corelație la o valoare a coeficientului $r = 0.7626$ în timp ce intervalele de variație T_{LSCS} la anumite valori ale T_{LR} sunt considerabil mai largi. Cauzele acestor variații pot fi considerate ca reprezentând efectele includerii unor parametri precum rugozitatea, coeficientul de scurgere și debitul în ecuația standard a metodei raționale (Voda et al., 2019).

Rezultatele analizelor comparative efectuate ne prezintă un timp de întârziere mai scurt obținut prin metodologia SCS-CN față de metoda rațională. Diferențele cresc considerabil în zonele mai înalte, cu altitudini mai ridicate, sugerând procese distincte de modelare a relațiilor precipitații-scurgere (Voda et al., 2019):

$$T_{LR} = 29.926 + 0.062 F \quad (21)$$

$$T_{LSCS} = 3.1049 F^{0.4208} \quad (22)$$

Unde timpii de întârziere sunt exprimați în minute iar suprafețele de bazin (F) sunt exprimate în hectare. Diferențele dintre valorile timpilor de întârziere variază între 0,8 minute (36.1 respectiv 36.9 minute în bazinul Feernic_1.73) și 67,5 minute (113.2 respectiv 45.7 minute în bazinul Filea) (Figura 156). Valorile dispersate ale timpului de întârziere ilustrează efectele variabilității parametrilor hidro-morfologici (Voda et al., 2019; Șarpe și Haidu 2017).

6. Discuții privind limitele și provocările existente în cercetările privind scurgerea maximă

Cercetările efectuate asupra scurgerii maxime din bazinele hidrografice mici fără măsurători hidrologice au reușit să scoată în evidență eficiența metodei raționale în cadrul metodologiilor standard utilizate în calculul debitelor maxime din bazinele nemonitorizate ale României. Incertitudinile legate de valorile corect determinate ale parametrilor care influențează scurgerea râurilor au fost prezentate și explicate, efectuându-se în permanență analize comparative și verificări ale rezultatelor obținute prin metode diferite.

Se recomandă extinderea bazei de date hidrologice, ajustarea și actualizarea datelor referitoare la tipologia solurilor pentru a facilita adaptarea metodologiei SCS-CN la caracteristicile geografice ale țării noastre. Rezultatele cercetărilor efectuate pe cele 51 de bazine hidrografice mici fără măsurători ne arată că, în comparație cu metoda rațională utilizată cu preponderență în România, metodologia SCS-CN duce la obținerea unor timpuri de întârziere mai reduși și la o prognoză mai rapidă a evoluției scurgerii maxime, așa cum rezultă din ecuația $T_{L\ SCS} = 0.8207 T_{L\ R}^{0.9398}$ (6) (Voda et al., 2019).

O bună cunoaștere în teren a rețelei hidrografice analizate, precum și experiența acumulată de-a lungul anilor în prelucrarea și interpretarea datelor hidrologice a dus la evitarea incertitudinilor cu privire la rezultatele obținute în calculul scurgerii maxime din bazinele mici fără măsurători.

Concluzii

Rezultatele cercetărilor privind scurgerea maximă în bazinele mici fără măsurători scot în evidență semnificativa adaptabilitate a metodei raționale la caracteristicile geografice ale bazinelor hidrografice românești și în mod special la cele din bazinul râului Mureș. Determinarea debitelor maxime este mai precisă, iar durata timpului de concentrare urmărește în mod remarcabil variația parametrilor care influențează scurgerea.

Evoluția suprafeței bazinelor hidrografice mici fără măsurători, a coeficienților de scurgere, efectele coeficienților de rugozitate asupra sistemului de precipitații-scurgeri sunt toate cuantificate în metoda rațională utilizată pentru calculul debitelor maxime. Schimbările climatice actuale și influențele acestora asupra debitelor maxime pe râurile mici cu sau fără măsurători din cuprinsul bazinului Mureșului necesită prelucrarea unei baze de date extinse și efectuarea de calcule matematice complexe, utilizarea tehnicilor geospațiale moderne pentru a genera o analiză utilă în viitor comunităților omenești posibil afectate de efectele negative ale scurgerii maxime.

Metoda rațională este mult mai flexibilă iar durata dintre nucleul ploii și momentul atingerii maximumului urmărește fidel variația parametrilor scurgerii. Metoda rațională poate fi îmbunătățită prin updatarea bazei de date GIS existente la ora actuală. Sunt necesare shapefile-uri mai recente ale solurilor, utilizarea terenurilor, grad de acoperire, pante. Hărțile hidrografice ale României trebuiesc reînnoite pentru a putea cunoaște starea actualizată a cursurilor de apă, a albiilor, natura suprafețelor și gradul de acoperire cu vegetație. Un aspect important pentru viitor îl constituie îmbunătățirea procesului de ajustare a grupelor de soluri americane utilizate în metodologia SCS-CN la tipologia românească.

Bibliografie selectiva

Administrația Bazinală Mureș, (2021). Caracterizarea hidrologică a Bazinului Hidrografic Mureș. Rapoarte, planul de management bazinal elaborat pentru bazinul hidrografic al râului Mureș.

Bilașco Ș. (2008). *Implementarea G.I.S. în modelarea viiturilor de versant*, Editura Casa Cărții de Știință, Cluj-Napoca, 200 p

Birsan M-V et al (2012). Recent trends in streamflow in Romania (1976-2005), *Romanian Rep Phys*, 64, 1, 275-280.

Birsan, M.-V., Zaharia, L., Chendes, V., & Branescu, E. (2013). Seasonal trends in Romanian streamflow. *Hydrological Processes*, 28(15), 4496–4505. doi:10.1002/hyp.9961.

Chendes V et al (2014). Aspecte metodologice privind realizarea hartilor de risc la inundatii raportate in cadrul Directivei 2007/60/EC, *Hidrotehnica*, 59, 10-11.

Costache, R., & Zaharia, L. (2017). Flash-flood potential assessment and mapping by integrating the weights-of-evidence and frequency ratio statistical methods in GIS environment – case study: Bâsca Chiojdului River catchment (Romania). *Journal of Earth System Science*, 126(4). doi:10.1007/s12040-017-0828-9

Costea, A., Bilasco, S., Irimus, I.A., Rosca, S., Vescan, I., Fodorean, I., Sestras, P. (2022). Evaluation of the Risk Induced by Soil Erosion on Land Use. Case Study: Guruslău Depression. *Sustainability*. 14(2):652. <https://doi.org/10.3390/su14020652>

Diaconu, C., & Serban, P. (1994). *Sinteze si regionalizari hidrologice*, Editura HGA: Bucuresti, Romania, pp. 151–185, 973-98530-8-0.

Diaconu, C., & Miță, P. (1997). *Instrucțiuni pentru calculul scurgerii maxime în bazine mici*. I.N.M.H., București, Romania.

Ditthakit, P., Nakrod, S., Viriyanantavong, N., Tolche, A.D., Pham, Q.B. (2021). Estimating Baseflow and Baseflow Index in Ungauged Basins Using Spatial Interpolation Techniques: A Case Study of the Southern River Basin of Thailand. *Water*. 13(21):3113. <https://doi.org/10.3390/w13213113>.

Dornik, A., Drăguț, L., & Urdea, P. (2016). Knowledge-based soil type classification using terrain segmentation. *Soil Research*, 54(7), 809. doi:10.1071/sr15210.

Grimaldi, S., & Petroselli, A. (2015). Do we still need the Rational Formula? An alternative empirical procedure for peak discharge estimation in small and ungauged basins. *Hydrological Science Journal*, 60(1), 1-11, DOI:10.1080/02626667.2014.880546.

Grimaldi, S., Petroselli, A., Tauro, F., & Porfiri, M. (2012). Time of concentration: a paradox in modern hydrology. *Hydrological Science Journal*, 57(2), 217-228, DOI:10.1080/02626667.2011.644244.

Haidu, I., & Ivan, K. (2016). The assessment of the impact induced by the increase of impervious areas on surface runoff. Case study the city of Cluj-Napoca, Romania. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 11(2) 331 – 337.

Irimuș, I.A., Mădălina-Ioana Rus, Cioban, T.D., Bilașco, St. (2015). Quantitative Estimation of Annual Average Rate of Soil Erosion in the Almas Hydrographical Basin, Using USLE and GIS. 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference on Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing, Conference Proceedings/Vol.II, Geodesy & Mine Surveying, Cartography & GIS., p.1071-1079. ISSN 1314-2704/ ISBN 978-619-7105-35-3 /DOI :10.5593/ sgem 2015B22.

Kocsis, I., Bilașco, Ș., Irimuș, I.A., Dohotar, V., Rusu, R., Roșca, S. (2022) Flash Flood Vulnerability Mapping Based on FFPI Using GIS Spatial Analysis Case Study: Valea Rea Catchment Area, Romania. *Sensors*. 22(9):3573. <https://doi.org/10.3390/s22093573>.

Miță, P. (2017). *Coeficientul de scurgere*, ISBN 878-973-0-23486-2, București, România.

Miță, P., & Muscanu, M. (1986). *Small river basins runoff coefficients*, Studii și cercetări de hidrologie : Bucuresti, Romania, pp. 45-58. 53.

Mustață, I. (1991). *Instrucțiuni pentru calculul scurgerii maxime în bazine mici*. I.N.M.H., București, Romania.

OMMD, Ordinul MMDD nr. 976/2008. [Online]. Available from: <https://lege5.ro> [Accessed December 2017].

Patrignani, A., Parker, N., Cominelli, S. (2022). Upland Rootzone Soil Water Deficit Regulates Streamflow in a Catchment Dominated by North American Tallgrass Prairie. *Water*. 14(5):759. <https://doi.org/10.3390/w14050759>.

Psomiadis, E., Soulis, K.X., Efthimiou, N. (2020). Using SCS-CN and Earth Observation for the Comparative Assessment of the Hydrological Effect of Gradual and Abrupt Spatiotemporal Land Cover Changes. *Water*. 12(5):1386. <https://doi.org/10.3390/w12051386>.

Șarpe, C. A., & Voda, A.I. (2017). Small Watershed Hydrological Models - Lag Time Comparison. 3rd PannEx workshop on the climate system of the Pannonian basin. Cluj-Napoca, Romania, 20-21 March 2017; Horvath, C., Croitoru, A. E., Guettler, I., Man, T. C, Bartok, B. Eds.; Romania.

Șerban G., Rus I., Vele D., Bretcan P., Alexe M., Petrea D. (2016). Flood-prone area delimitation using UAV technology, in the areas hard-to-reach for classic aircrafts: case study in teh north-east of Apuseni Mountains, Transylvania. *Natural Hazards*, 82(3):1817-1832.

Strapazan, C., Haidu, I., Irimuș, I.A. (2021). A comparative assessment of different loss methods available Mike Hydro River – UHM. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, Vol. 16, No. 1, p. 261 – 273; DOI:10.26471/cjees/2021/016/172

Urdea, P. (2000). Munții Retezat. Studiu geomorfologic. Editura Academiei, București, România, ISBN: 973-27-0767-4.

Voda, M., Sarpe, C.A., **Voda, A.I.** (2019). Romanian river basins lag time analysis. The SCS-CN versus RNS comparative approach developed for small watersheds. *Water Resources Management*, 32 (14).

Voda, A.I., Sarpe, C.A., Voda, M. (2018). Methods of maximum discharge computation in ungauged river basins. Review of procedures in Romania. *Geogr Tech* 13, Issue 1, 130- 137.

Zaharia, L., Costache, R., Prăvălie, R., & Ioana-Toroimac, G. (2017). Mapping flood and flooding potential indices: a methodological approach to identifying areas susceptible to flood and flooding risk. Case study: the Prahova catchment (Romania). *Frontiers of Earth Science*, 11(2), 229–247. doi:10.1007/s11707-017-0636-1