

**Universitatea „Babeş-Bolyai” Cluj-Napoca**

**Facultatea de Geografie**

**Şcoala doctorală de Geografie**

**TEZĂ DE DOCTORAT**

**~ rezumat ~**

*Caracteristici genetice și manifestări spațio-temporale ale ploilor torențiale  
și de intensitate maximă anuală în nord-vestul României*

Conducător de doctorat:

**Prof. Univ. Dr. HAIDU Ionel**

Doctorand:

**TUDOSE Traian**

Cluj-Napoca

2013

## Cuprins teză

Abrevieri și simboluri	6
Listă figuri și tabele	7
Introducere	14
<b>1. Stadiul cunoașterii temei de cercetare la nivel național și internațional</b>	<b>19</b>
1.1. Studiul intensității ploilor la nivel internațional	19
1.2. Studiul intensității ploilor la nivel național	23
<b>2. Caracteristici fizico-geografice ale unității studiate</b>	<b>29</b>
2.1. Limitele zonei studiate	29
2.2. Relieful zonei studiate	29
2.2.1. Zona montană	30
2.2.2. Zona deluroasă, de vale și podiș	34
2.2.3. Zona de câmpie	38
2.3. Caracteristici climatice	39
<b>3. Variația diurnă, durata și intensitatea ploilor torențiale și de intensitate maximă anuală</b>	<b>47</b>
3.1. Variația diurnă a momentului producerii ploilor	51
3.2. Intensitatea ploilor	53
3.2.1. Intensitatea medie a ploilor	53
3.2.2. Intensitatea maximă a ploilor	57
3.2.2.1. Structura pe clase de intensitate	57
3.2.2.2. Durata intensității maxime	58
3.3. Analiza de frecvență a ploilor de intensitate maximă anuală	60
3.4. Concluzii	64
<b>4. Structuri sinoptice asociate ploilor torențiale și de intensitate maximă anuală</b>	<b>66</b>
4.1. Metode de determinare a structurilor sinoptice	66
4.1.1. Metoda clasică de determinare a tipurilor de circulație atmosferică	66
4.1.2. Clasificarea automată a tipurilor de vreme	68
4.1.3. Tipuri de instabilitate generatoare de ploi torențiale și ploi de intensitate maximă anuală	70
4.2. Tipuri de situații sinoptice generatoare de instabilitate	71
4.2.1. Instabilitatea de convecție termică	71
4.2.2. Instabilitatea frontală	72
4.2.3. Instabilitatea asociată nucleelor de altitudine („cut off”)	72
4.3. Indici de stabilitate ai atmosferei	73
4.4. Structuri sinoptice ale ploilor torențiale și ale ploilor de intensitate maximă anuală	74
4.4.1. Structuri sinoptice ale ploilor torențiale	75
4.4.1.1. Instabilitatea de convecție termică	76
4.4.1.2. Instabilitatea asociată fronturilor atmosferice	82
4.4.1.3. Instabilitatea asociată nucleelor „cut-off”	87
4.4.2. Structuri sinoptice ale ploilor de intensitate maximă anuală	92
4.4.2.1. Instabilitatea asociată fronturilor atmosferice	93

4.4.2.2.	Instabilitatea de convecție termică	99
4.4.2.3.	Instabilitatea asociată nucleelor „cut-off”	103
4.5.	Concluzii	108
<b>5. Direcția și viteza de deplasare a sistemelor convective generatoare de ploii torențiale</b>		110
5.1.	Scări utilizate în meteorologie	110
5.2.	Sisteme la mezoscară asociate ploilor torențiale	111
5.2.1.	Celule convective	111
5.2.2.	Structuri mezoscalare	112
5.3.	Deplasarea sistemelor convective mezoscalare	113
5.4.	Direcția și viteza de deplasare a celulelor convective în unitatea studiată	114
5.4.1.	Abaterea direcției de deplasare a celulelor convective față de vântul mediu	115
5.4.1.1.	Determinarea abaterii direcției de deplasare a celulelor convective față de curentul director, fără curentul jet de nivel jos	116
5.4.1.2.	Determinarea abaterii direcției de deplasare a celulelor convective față de curentul director, folosind curentul jet de nivel jos	117
5.4.1.3.	Gradul abaterii direcției de deplasare a celulelor convective în raport cu direcția curentului director (unghiuri și direcții)	119
5.4.1.4.	Gradul abaterii direcției de deplasare a celulelor convective în raport cu viteza acestora	124
5.4.2.	Abaterea vitezei de deplasare a celulelor convective față de vântul mediu	129
5.4.2.1.	Determinarea abaterii vitezei de deplasare a celulelor convective față de curentul director, fără curentul jet de nivel jos	130
5.4.2.2.	Determinarea abaterii vitezei de deplasare a celulelor convective față de curentul director, folosind curentul jet de nivel jos	131
5.5.	Concluzii	132
<b>6. Aplicații și studii de caz</b>		134
6.1.	Aplicații pentru perioada 2010-2012	134
6.1.1.	Considerente sinoptice	136
6.1.2.	Abaterea direcției și vitezei de deplasare a celulelor convective față de curentul director	138
6.1.2.1.	Abaterea direcției de deplasare a celulelor convective față de vântul mediu	138
6.1.2.2.	Abaterea vitezei de deplasare a celulelor convective față de vântul mediu	142
6.1.3.	Tipul advecției	143
6.1.4.	Indicii de stabilitate atmosferică	145
6.1.5.	Concluzii	150
6.2.	Studii de caz	151
6.2.1.	Situația din 30.06.2006	151
6.2.2.	Situația din perioada 9-10.06.2012	155
<b>Concluzii și contribuții personale</b>		164
<b>Bibliografie</b>		170
<b>Anexe</b>		179

## Cuprins rezumat

<b><i>Introducere</i></b>	4
Baza de date	5
Metoda de cercetare	6
<b><i>1. Stadiul cunoașterii temei de cercetare la nivel național și internațional</i></b>	6
<b><i>2. Caracteristici fizico-geografice ale unității studiate</i></b>	8
<b><i>3. Variația diurnă, durata și intensitatea ploilor torențiale și de intensitate maximă anuală</i></b>	9
<b><i>4. Structuri sinoptice asociate ploilor torențiale și de intensitate maximă anuală</i></b>	13
<b><i>5. Direcția și viteza de deplasare a sistemelor convective generatoare de ploi torențiale</i></b>	16
<b><i>6. Aplicații și studii de caz</i></b>	20
Aplicații pentru perioada 2010-2012	20
<b><i>Contribuții și perspective</i></b>	22
<b><i>Bibliografie</i></b>	24

**Cuvinte cheie:** ploi torențiale, ploi de intensitate maximă anuală, manifestări spațio-temporale, nord-vestul României, structuri sinoptice

## INTRODUCERE

Tema de cercetare aleasă vine din dorința cunoașterii distribuției spațiale și temporale a ploilor caracterizate prin valori mari ale intensității, a identificării condițiilor aerosinoptice și mezoscalare care le determină și de a contribui la îmbunătățirea prognozei intensităților mari a ploilor prin determinarea parametrilor dinamici ai acestora (direcție și viteză de deplasare). În acest context, distribuția spațială și temporală a precipitațiilor permite identificarea contextului în care acestea se produc, al limitelor între care acestea sunt cuprinse, contribuind la realizarea unei imagini de ansamblu asupra elementelor care caracterizează fenomenul analizat (intensitate, durată, cantitate etc); condițiile sinoptice și mezoscalare reprezintă elemente determinante ale genezei și manifestării într-un anumit spațiu al precipitațiilor atmosferice, influențând în mare măsură parametrii ploilor, precum cantitatea de apă căzută, intensitatea ploii, durata acesteia etc; parametrii de mișcare ai sistemelor convective generatoare de ploi de intensitate mare constituie elemente suplimentare în anticiparea locului și momentului producerii acestor ploi, determinarea acestora realizându-se prin legătura între mediul în care aceste sisteme se dezvoltă și scara sinoptică.

Importanța temei rezidă din efectele pe care ploile de intensitate maximă anuală și ploile torențiale le au, produse pe fondul general al schimbărilor climatice care se produc. Întrucât aceste categorii de ploi generează cel mai adesea inundații rapide, îndeosebi în bazinele hidrografice mici sau în spațiile urbane, cu efecte imediate asupra mediului, tema avută în vedere se dorește o contribuție la determinarea factorilor declanșatori ai acestor ploi și ai elementelor care influențează în mare măsură evoluția spațială a sistemelor noroase răspunzătoare de acestea.

Actualitatea temei este pusă în evidență de numeroasele abordări din literatura de specialitate. În plan intern, dintre cele mai recente, se remarcă studiile lui Popovici, Dragotă și Măhăra (1998) care vizează analiza statistică a parametrilor ploilor torențiale; Bogdan și Niculescu (1999), care ajung la concluzia că cele mai puternice averse se produc în regiunile cele mai aride ale României; Dragotă (2006), care observă distribuția teritorială neomogenă a acestor ploi; Tudose și Moldovan (2009 și 2010), Șerban (2010). Pe plan extern se remarcă studiile lui Brooks și Stensrud (2000), care vizează frecvența lunară și distribuția spațială a ploilor torențiale; Sun și colaboratori (2001), care abordează problematica frecvenței norilor de convecție termică; Nesbitt și Zipser (2003), care

abordează Sistemele Convective Mezoscilare și precipitațiile generate de acestea; Dairaku și colaboratori (2004), care urmăresc unele corelații între parametri ploilor torențiale și altitudine; Endo și colaboratori (2005) care analizează tendința cantităților de precipitații.

Scopul analizei este de a cunoaște contextul în care ploile torențiale și de intensitatea maximă anuală se produc, de a determina o serie de particularități, precum și de a crește precizia probabilității de determinare a acestora. După cum se va constata, problematica evenimentelor pluviometrice extreme a fost abordată, în literatura de specialitate, din diverse puncte de vedere, cantitativ și calitativ, spațial și temporal, respectiv în conexiune cu alte manifestări de vreme. Lucrarea de față încearcă să aducă o serie de elemente noi în privința distribuției spațiale și temporale ale acestor evenimente extreme într-o zonă mai puțin analizată din această perspectivă, folosind o bază de date mai extinsă (35 ani) și o serie de corelații cu produse meteorologice măsurate cu ajutorul radarului (reflectivitatea, conținutul de apă, viteza și direcția de deplasare a formațiunilor noroase, etc), precum și de a stabili o modalitate rapidă de determinare a deplasării structurilor mezoscilare cu potențial ridicat de generare a ploilor torențiale.

#### *Baza de date*

În vederea realizării analizei am folosit date de natură cartografică și numerică. Baza de date cartografică cuprinde hărțile sinoptice la scara continentului european, al Atlanticului de Nord și jumătății apusene a Asiei pentru perioada 1975-2012, respectiv hărți ale câmpului de presiune la nivelul solului, ale câmpului de geopotențial și temperatură la nivelele standard (925, 850, 700, 500, 400 și 300 hPa) și ale câmpului umezelii la nivelul de 700 hPa, utilizate în determinarea caracteristicilor maselor de aer care afectează unitatea studiată (caracteristici termice, de umiditate), a fronturilor atmosferice asociate acestora (calde, reci, ocluse) și a structurilor barice la scară sinoptică (ciclonice, anticiclonice, dorsale, talveguri, structuri de tip „cut-off”). În cazul analizei la scară subsinoptică (mezoscară) sau la scara furtunilor, s-au folosit, în cazul situațiilor cu ploi torențiale mai recente (începând cu anul 2004), imagini radar tematice precum reflectivitatea, imagini privind estimarea precipitațiilor în decurs de o oră și 3 ore, imagini ale vitezei de deplasare a furtunilor convective, ale conținutului de apă pe coloană, al înălțimii maselor noroase etc, în scopul determinării direcției și vitezei de mișcare a furtunilor, precum și pentru estimarea conținutului în apă lichidă și solidă, înălțimii sistemelor convective, a determinării tipurilor de sisteme convective (unicelulare, multicelulare, supercelulare). Toate aceste materiale tematice au contribuit la creionarea

structurii câmpurilor atmosferei la un moment dat, structuri care facilitează, generează și intensifică sistemele convective.

Baza de date numerică cuprinde: *date pluviometrice* (durata ploilor, cantitatea de apă, intensitatea medie și maximă, durata intensității maxime, ora de început a ploi și a intensității maxime a acesteia); *date privind cantitățile de apă*, care fac obiectul avertizărilor emise de stațiile meteorologice, posturile pluviometrice, stațiile și posturile hidrometrice; *date ale parametrilor meteorologici din sondajul atmosferic*, realizat la Stația Aerosinoptică Cluj (valori ale temperaturii aerului și punctului de rouă pe întreaga coloană atmosferică supusă sondării, respectiv valori ale direcției și vitezei vântului).

Stațiile meteorologice luate în analiză, în număr de 14, sunt situate în condiții diferite de relief: din zona joasă, de câmpie, de vale și depresionară (Satu Mare, Supuru de Jos, Baia Mare, Sighetu Marmației, Ocna Șugatag, Zalău, Cluj-Napoca, Huedin, Turda, Dej și Bistrița), respectiv din zona de munte (Băișoara, Vlădeasa 1800 și Iezer), la care se adaugă o serie de posturi pluviometrice, stații și posturi hidrometrice.

#### *Metode de cercetare*

Metoda de lucru utilizată a fost analiza statistică, îndeosebi în cazul parametrilor de durată, frecvență și intensitate, în situația determinării indicilor de stabilitate atmosferică, precum și în cazul stabilirii direcției și vitezei de deplasare a celulelor convective, la care se adaugă analiza de frecvență, în situația ploilor de intensitate maximă anuală. S-au calculat frecvențe și probabilități (în cazul Cap. 3 și 4), s-au construit configurații sinoptice tipice fiecărui tip de instabilitate pe baza facilităților oferite de [www.esrl.noaa.gov](http://www.esrl.noaa.gov) (Cap. 4), iar în cazul Capitolului 5, determinarea direcției și vitezei de deplasare a celulelor convective, a necesitat o operațiune mai laborioasă, respectiv transformarea coordonatelor polare inverse (azimut și distanță), în coordonate carteziene, având ca origine situl celor două radare (Oradea și Bobohalma), apoi compararea acestora cu cele ale curentului director. Pentru analiza statistică s-au folosit facilitățile programelor Excel, XIStat, CurveExpert și Hyfran.

## **1. STADIUL CUNOAȘTERII TEMEI DE CERCETARE LA NIVEL NAȚIONAL ȘI INTERNAȚIONAL**

Pe plan internațional, variația diurnă a producerii ploilor este studiată de Hann (1901), frecvența de apariție și intensitatea orară a ploilor de către McDonald (1929); frecvența diurnă de apariție a precipitațiilor de Howard (1942) și Wallace (1975). Durata,

frecvența și intensitatea ploilor este abordată de Fassig (1916); relația dintre durata, intensitatea și periodicitatea precipitațiilor de către Gorbachev (1923); frecvența și intensitatea ploilor înregistrate cu pluviograful de către Counts (1933); variația diurnă a cantităților de precipitații, frecvența și intensitatea ploilor, precum și geneza convectivă sau stratiformă a acestora de către Nesbitt și Zipser (2003) și Dairaku și colaboratori (2004); frecvența ploilor torențiale de către Brooks și Stensrud (2000). Humphreys (1919) realizează o clasificare a caracteristicilor ploilor în funcție de cantitatea de apă înregistrată, stabilind cantitatea, viteza de cădere a picăturilor și înălțimea bazei norilor din care ploile torențiale cad; Zawadzki și Ro (1978) analizează corelația între rata maximă de precipitare și parametrii mezoscalari; Sun și colaboratori (2001), remarcă creșterea frecvenței nebulozității generate de norii convectivi în anotimpul de vară, etc.

Față de studiile citate, se mai remarcă autori care analizează parametrii ploilor, precum: Drufuca și Zawadzki (1975), care iau în considerare o serie de parametrii statistici precum durata, intensitatea medie și maximă, abaterea medie pătratică, varianța, funcția de autocorelare și cantitatea ploilor din sezonul cald; Sharrat (2001), se ocupă de frecvența precipitațiilor la nord de Corn Belt (SUA); Dai (2001), urmărește variația diurnă a frecvenței precipitațiilor și furtunilor; Tank și Können (2003), au în vedere tendința unor indici ai precipitațiilor extreme în Europa; Endo și colaboratori (2005) studiază tendința cantităților de precipitații și a numărului de zile ploioase și torențiale din timpul verii în China, pentru perioada 1961-2000.

În România, abordările studiului cantităților mai însemnate de precipitații înregistrate în ultimul secol vizează fie evenimente singulare, produse pe fondul unor situații de vreme severă, fie regimul precipitațiilor însemnate cantitativ în anumite perioade (sezoane sau ani), precum și metodologii de determinare ai anumitor parametrii ai ploilor. La acestea se adaugă o serie de lucrări de sinteză care vizează distribuția spațio-temporală a cantităților însemnate de precipitații. Succint, câteva abordări ale analizei parametrilor ploilor (intensitate, durată, cantitate), inclusiv torențiale, se remarcă Predescu (1937), Crăciun (1956), Platagea (1959), Cristodor și Darie (1963), Stoenescu și colaboratori (1965), Buzea și Ghiță (1968), Țiștea și Miha (1978), Popovici și colaboratori (1998), Bogdan și Niculescu (1999), Dragotă (2006), Tudose și Moldovan (2009 și 2010), Șerban (2010), la acestea adăugându-se tematica Sesiunii Anuale de Comunicări Științifice a A.N.M. care include secțiunea „Proгноza Vremii”, dedicată în special studiilor de caz, în care ponderea lucrărilor a căror temă vizează evenimentele meteorologice severe (precipitații abundente, căderi de grindină, vijelii și tornade) este mare.



Unii autori propun folosirea metodelor statistico-matematice pentru analiza „evenimentelor” climatice, în special a celor care prin evoluția lor pot intra frecvent în categoria riscurilor (Haidu, 2002). Astfel, în cazul ploilor de intensitate maximă anuală, distribuția de probabilitate utilizată diferă în funcție de zona analizată și perioada luată în studiu: în Australia, Estul Africii și Regatul Unit s-a folosit pe scară largă distribuția valorilor extreme generalizată (GEV), iar în Statele Unite, distribuția Gumbel; Koutsoyiannis și colaboratori (1998) folosesc funcțiile Gumbel, Gamma, GEV, Log Pearson III și Log Normală Exponențială; Trefry și coautori (2000) utilizează metoda probabilității maxime pentru determinarea distribuției de probabilitate ale valorilor maxime anuale ale intensității precipitațiilor din Michigan; Trefry și colaboratori (2005) folosesc analiza de frecvență pentru realizarea planurilor de management al apelor pluviale din statul Michigan (SUA); Raiford și coautori (2007) utilizează funcțiile de densitate de probabilitate normală, Log normală, GEV, Pearson tip III și Log Pearson tip III, pentru analiza precipitațiilor maxime anuale, cea mai bună dintre acestea fiind determinată pe baza testului  $\chi^2$ , iar El-Sayed (2011) găsește, utilizând softul HYFRAN, că majoritatea seriilor de intensitate maximă anuală a precipitațiilor folosite pentru construirea curbelor IDF în Peninsula Sinai se înscriu în distribuția Log-Normală și Log-Pearson tip III.

## **2. CARACTERISTICI FIZICO-GEOGRAFICE ALE UNITĂȚII STUDIATE**

Zona de nord-vest a României, așa cum a fost ea luată în analiza de față, se referă la zona delimitată de teritoriul celor 5 județe existente în partea de nord-vest a țării, respectiv județele Satu Mare, Maramureș, Sălaj, Cluj și Bistrița-Năsăud, acestea însumând o suprafață de 26615 kmp, reprezentând 11.2% din suprafața României.

Astfel definită, unitatea de analiză se întinde, din punct de vedere administrativ-teritorial, până la granița cu Ungaria, în nord-vest, respectiv cu Ucraina, în nord, la est se învecinează cu județul Suceava, la sud cu județele Mureș și Alba, iar în sud-vest, cu județul Bihor.

Din punct de vedere al reliefului, unitatea analizată se caracterizează printr-o mare eterogenitate, pe cuprinsul acesteia fiind prezente toate formele de relief (munți, podișuri și dealuri, câmpii), în proporții variate (fig. 2.1). În ansamblu, dominante sunt unitățile deluroase și de podiș, urmate de cele montane și depresionare, respectiv de cele de câmpie. Urmare a acestui fapt, precum și anumite opinii din literatura geografică de specialitate cu

privire la încadrarea anumitor unități de relief într-o categorie sau alta, lucrurile nefiind adesea clare, prezentarea caracteristicilor reliefului unității a fost destul de dificilă, motiv pentru care s-a recurs la analiza pe trepte de relief. Astfel, în treapta montană a fost inclusă rama montană și depresionară aferentă situată în partea de nord și est a unității, precum și cea din sud-vestul acesteia, la care a fost adăugată unitatea „Jugul intracarpatic”, fiind considerat ca făcând parte din această categorie, prin prisma alcătuirii litologice. Unitatea deluroasă și de podiș, cea mai complexă, a fost subîmpărțită în următoarele categorii: dealurile, depresiunile și culoarele de vale care mărginesc, în limita unității analizate, Câmpia Transilvaniei, Dealurile Silvano-Someșene, Depresiunea Almaș-Agrij și Podișul Someșan. În categoria zonei de câmpie au fost incluse două unități majore: Câmpia Transilvaniei și Câmpia Someșului.

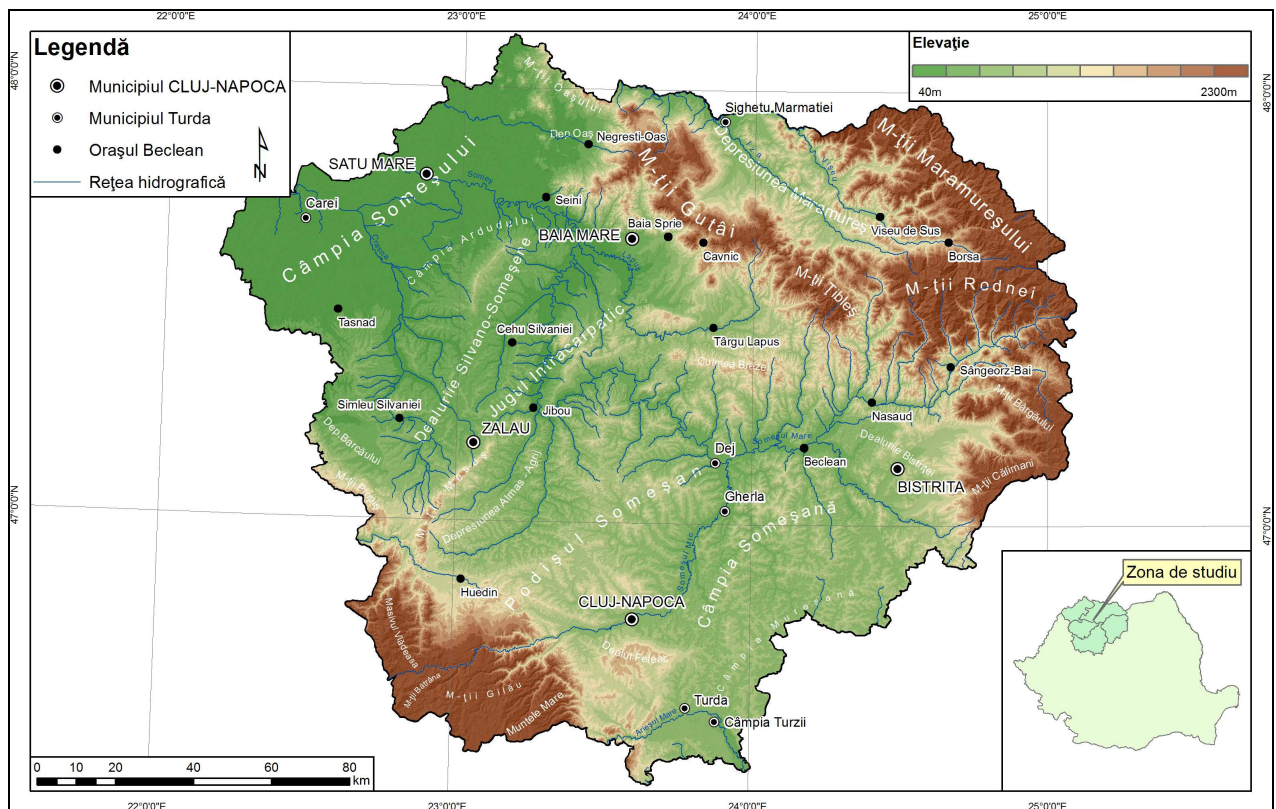
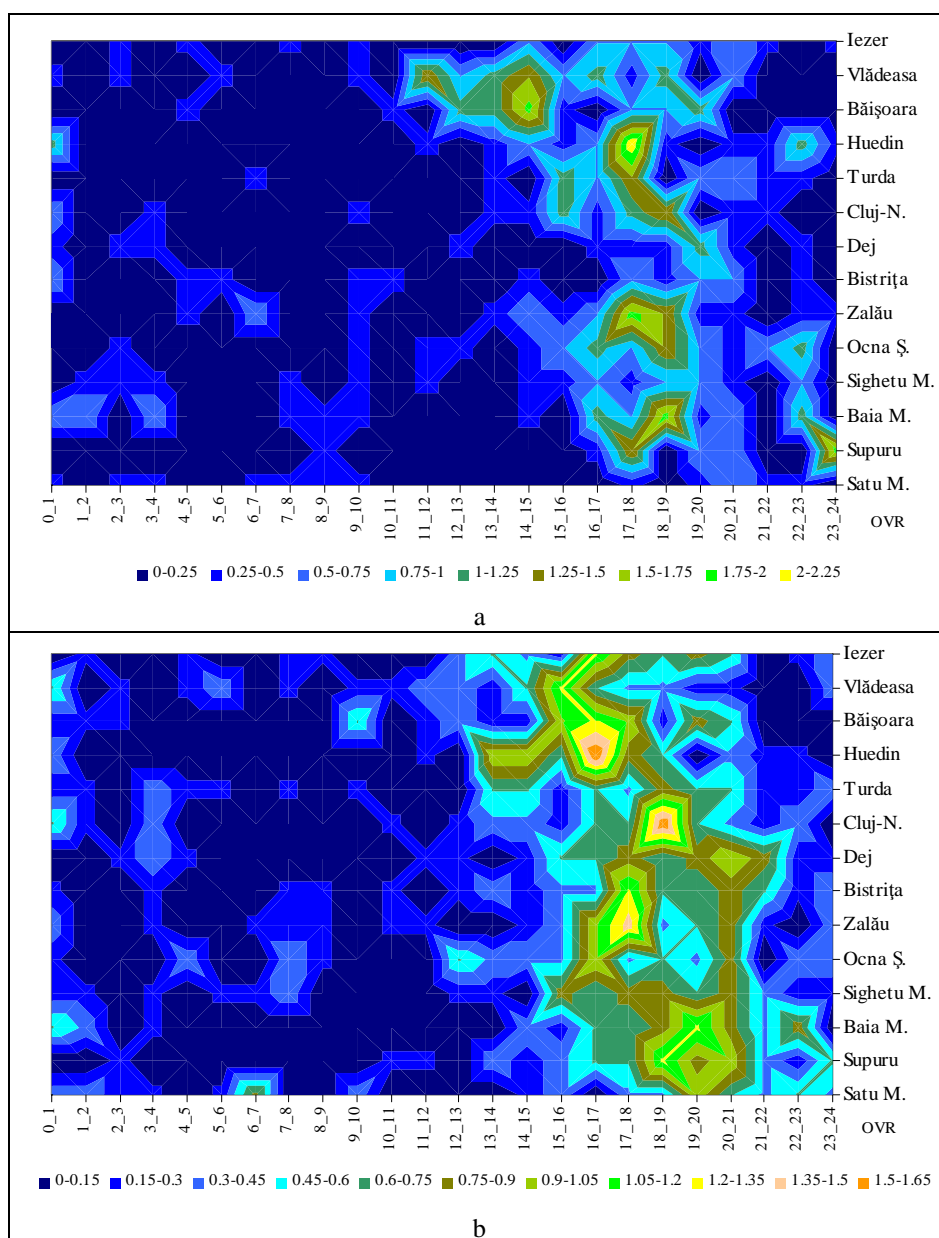


Fig. 2.1. Harta reliefului zonei studiate

### 3. VARIAȚIA DIURNĂ, DURATA ȘI INTENSITATEA PLOILOR TORENȚIALE ȘI DE INTENSITATE MAXIMĂ ANUALĂ

Analiza parametrilor precipitațiilor lichide precum variația diurnă, intensitatea, durata etc, are în vedere anumite manifestări spațiale și temporale din perspectivă statistică, realizându-se o imagine de ansamblu asupra structurii lor într-o anumită zonă.

Pentru unitatea studiată au fost luate în analiză ploile torențiale și cele de intensitate maximă anuală din perioada 1975-2009, fiind identificate un număr de 271 ploi torențiale (0.89% din totalul ploilor semnificative), respectiv 490 ploi de intensitate maximă anuală. Ulterior s-a trecut la analiza statistică a mai multor parametri ai acestora, precum frecvență de apariție, variabilitate diurnă, intensitate, încercându-se zonarea unor manifestări similare ale parametrilor analizați în cadrul unității studiate.



Preluare după arhiva ANM (1975-2009)

Fig. 3.1. Variația diurnă a frecvenței orei de început a ploilor torențiale (a) și a ploilor de intensitate maximă anuală (b)

Structura ploilor torențiale remarcă frecvențele cele mai mari de apariție în zona depresionară a Maramureșului și zona montană (peste 6.3%, valori individuale), ploile cu

această caracteristică fiind mai puțin frecvente în zona de câmpie. Lunar, ponderea cea mai mare se înregistrează în sezonul de vară (87.1%), cu frecvența cea mai ridicată în zona montană, iar sub aspectul duratei, dominante sunt cele de 3-6 ore (37.3%); rezultate asemănătoare au fost puse în evidență și de cercetători precum Cristodor și Darie (1963), pe aeroportul București-Băneasa, iar Brooks și Stensrud (2000) arată că frecvența cea mai mare a ploilor torențiale este în luna iulie (20% din total), iar în perioada aprilie-septembrie se produc 81 % din acestea. În cazul ploilor de intensitate maximă anuală, frecvența de apariție cea mai mare este în luna iulie, însă ponderea lor este relativ mare și la începutul și sfârșitul sezonului cald, valorile procentuale cele mai ridicate fiind în zonele de culoar de vale și depresionare. Analiza duratei remarcă faptul că o treime din totalul acestora sunt sub o oră, iar cele până la două ore cumulează 63.2%.

Momentul de început al ploilor torențiale este mai frecvent după-amiaza și seara, acesta producându-se cu 3-4 ore mai devreme în zona montană față de cea depresionară și de câmpie (fig. 3.1, a). Un maxim secundar apare spre miezul nopții, în zona depresionară a Maramureșului și în cea de câmpie, determinat de ploile cu durată mai mare de 2 ore. O structură similară a variației diurne se înregistrează și în cazul ploilor de intensitate maximă anuală, cu ponderea cea mai mare a acestora după-amiaza (fig. 3.1, b), însă frecvențelor scade pe măsura creșterii intensității medii și a duratei.

Tabelul 3.1. Frecvența pe clase de intensitate a ploilor torențiale și a ploilor de intensitate maximă anuală, în funcție de durata acestora (%)

Durata	Ploi torențiale			Ploi de intensitate maximă anuală		
	Intensitatea medie (mm/min)					
	<0.17	0.17 - 0.41	>0.41	<0.17	0.17-0.41	>0.41
< 1 ore	-	0.7	24.5	4.7	16.3	13.1
1-2 ore	-	14.0	6.3	13.1	15.4	1.2
2-3 ore	-	14.8	0.7	11.5	5.3	-
3-6 ore	26.9	10.3	-	13.5	1.2	-
> 6 ore	1.8	-	-	4.7	-	-
<b>Total</b>	<b>28.7</b>	<b>39.8</b>	<b>31.5</b>	<b>47.5</b>	<b>38.2</b>	<b>14.3</b>

Prelucrare după arhiva ANM (1975-2009)

Din perspectiva intensității medii, ploile torențiale fiind condiționate de o relație care stabilește legătura între durata și intensitatea lor, structura reliefează un raport de invers proporționalitate între cele două elemente, remarcându-se totuși frecvența relativ ridicată a intensităților mari (31.5%, în cazul celor de peste 0.41 mm/min) (tabel 3.1). Tipul variației durată-intensitate medie este logaritmic ( $R^2 = 0.837$ ), iar corelația celor doi parametrii, determinată pe baza programului Curve Expert 1.3, scoate în evidență valori ale

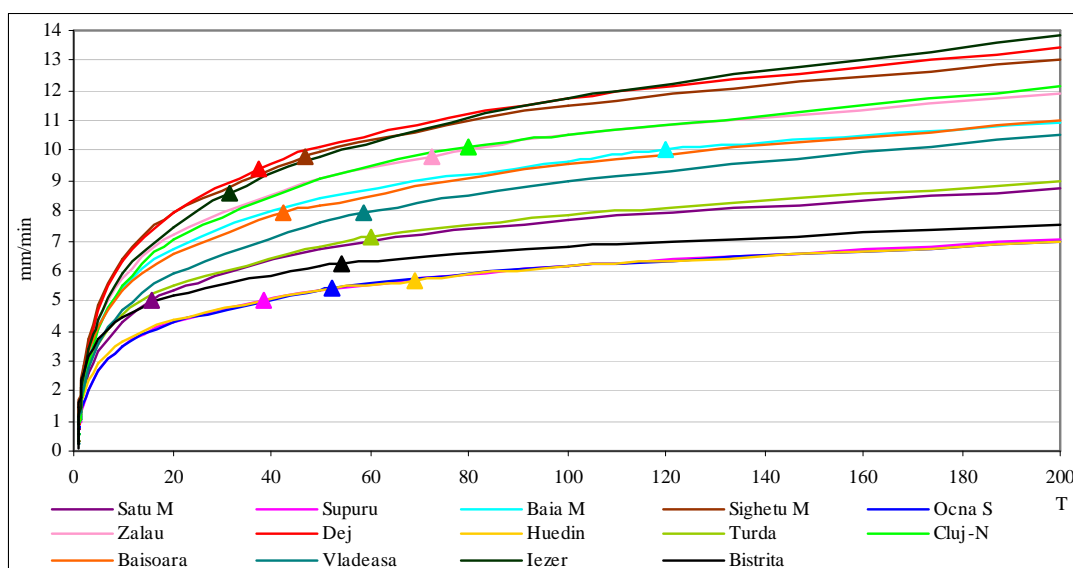
coeficientului de regresie pentru fiecare punct de analiză între 0.82-0.98, caracterul corelației fiind logaritmice sau la putere. Ploile de intensitate maximă anuală au o structură diferită, aproape jumătate din acestea având intensitatea medie relativ mică (47.5% sub 0.17 mm/min)(tabel 3.1).

Tabelul 3.2. Frecvența pe clase de intensitate a ploilor torențiale și a ploilor de intensitate maximă anuală, funcție de durata acestora (%)

Durata	Ploi torențiale			Ploi de intensitate maximă anuală		
	Intensitatea maximă (mm/min)					
	<0.5	0.5 - 1.0	>1.0	<0.5	0.5 - 1.0	>1.0
< 1 ore	-	1.5	23.6	0.2	1.7	32.1
1-2 ore	-	1.5	18.8	-	1.2	28.6
2-3 ore	-	1.5	14.0	-	0.4	16.4
3-6 ore	0.4	9.2	27.7	-	0.4	14.3
> 6 ore	-	0.7	1.1	-	0.8	3.9
<b>Total</b>	<b>0.4</b>	<b>14.4</b>	<b>85.2</b>	<b>0.2</b>	<b>4.5</b>	<b>95.3</b>

Preluare după arhiva ANM (1975-2009)

Structura pe clase a intensității maxime remarcă, în cazul ploilor torențiale, dominarea celei de peste 1.0 mm/min (85.2%), situația fiind identică și în cazul evenimentelor pluviometrice de intensitate maximă anuală (tabel 3.2); durata intensității maxime este cuprinsă, în cazul ploilor torențiale, între 2 și 5 min (55.4%), urmată de clasa de 1 min (sub 25.0% în ambele cazuri), situația fiind asemănătoare cu cea a ploilor de intensitate maximă anuală la care durata intensității maxime de până la 5 min cumulează 96.1% din cazuri.



Preluare după arhiva ANM (1975-2009)

Fig. 3.2. Perioada de revenire a intensității maxime a ploilor și intensitatea maximă absolută (▲), la stațiile analizate

În cazul ploilor de intensitate maximă anuală, analiza statistică remarcă faptul că frecvența duratei intensității maxime scade odată cu creșterea valorii duratei, de la 45.5% în cazul pragului de 1 min, la 0.6 % în cazul celui de 8 min. Analiza de frecvență pe baza criteriilor statistice a pus în evidență variația de tip Exponențial și Log-normală a intensității maxime anuale, remarcând, în cazul valorilor minime absolute, perioade de revenire mici (între 1.002 și 1.06 ani), iar în cazul valorilor maxime, perioade de revenire cuprinse între 15.9 și 120 ani, cu probabilități de nedepășire de peste 93.71%. Pe măsura creșterii perioadei de revenire se produce creșterea valorilor intensității maxime absolute, cu o medie de 17% în cazul perioadei de 100 ani, respectiv până la o treime în cazul perioadei de 1000 ani (fig. 3.2).

#### **4. STRUCTURI SINOPTICE ASOCIATE PLOILOR TORENȚIALE ȘI DE INTENSITATE MAXIMĂ ANUALĂ**

Analiza sinoptică reprezintă un instrument de bază în prevederea situațiilor generatoare de precipitații. În conformitate cu studiile realizate (abordarea clasică și modernă), cele mai importante tipuri de circulație atmosferică care determină prin caracteristicile lor, precipitații în sezonul cald la nivelul României, sunt: circulația polară (cu ponderea cea mai mare), zonală și maritim tropicală.

Se pun în evidență două elemente esențiale ale condițiilor sinoptice care determină căderea precipitațiilor: prezența talvegurilor de altitudine și a nucleelor depresionare (prin caracteristicile termo-dinamice), formarea și căderea precipitațiilor în sezonul cald fiind guvernată de două elemente: advecția de umezeală, pe diverse tipuri de circulații (sau preexistența acestora) și advecția de temperatură. Circulația polară reprezintă tipul care îndeplinește concomitent cerințele majore, urmată de circulația zonală și tropicală.

O altă abordare a condițiilor de apariție a precipitațiilor, prin prisma caracteristicilor câmpului de presiune la nivelul solului și al vorticității, evidențiază rolul dominant al structurilor ciclonice, cele mai importante fiind curgerile nord-vestice și nord-estice. În ansamblu, curgerile nordice și nord-vestice (îndeosebi cele ciclonice) au asociate în altitudine o structură de talveg sau de tip „cut-off”, fiind favorabile pasajelor frontale reci și instabilității de convecție termică.

Porind de la aceste elemente am considerat că ploile caracterizate prin valori mari ale intensității și cantității constituie manifestări locale ale instabilizării aerului, proces guvernat în principal de două elemente: temperatură și umezeală. În consecință, abordarea

analizei acestor evenimente pluviometrice a fost realizată din perspectiva tipurilor de instabilitate atmosferică și anume: instabilitate de convecție termică; instabilitatea de natură frontală; instabilitatea asociată nucleelor ciclonice de altitudine.

Pentru unitatea analizată, dominante sunt ploile torențiale generate de instabilitatea de convecție termică, urmate de cele de pasaj frontal, cele din prima categorie având frecvența de apariție cea mai mare în zonele montane, depresionare și de vale adiacente, urmare a inițierii convecției din zona de munte. Variabilitatea diurnă indică ponderea mare a acesora în orele după-amiezii și serii, în zona montană producându-se mai timpuriu cu câteva ore, iar duratele sunt în general mici (sub 3 ore). Pasajele frontale se produc mai des în nordul zonei și la munte și au frecvența cea mai mare de apariție după-amiaza și seara, situație generată de tipul genetic al acestora, iar din perspectiva intensității medii, domină valorile mici și medii. În cazul nucleelor „cut-off”, ploile torențiale au durate mari și intensități medii mici, caracterizându-se prin cantitățile cele mai mari de apă (peste  $\frac{3}{4}$  din evenimente au valori de 25-50 mm), frecvența de apariție este mai mare după-amiaza și noaptea, distribuția spațială fiind condiționată mai degrabă de scara sinoptică decât de mezoscară.

Ploile de intensitate maximă anuală sunt determinate, în proporția cea mai mare, de pasajele frontale (42.3%), urmate de instabilitatea de convecție termică (39.5%). În cazul celor produse pe fondul pasajelor frontale (îndeosebi reci), frecvența cea mai mare este în nordul regiunii și în zona montană, cu durata dominantă de 1-3 ore, având în general intensitate medie mică, ceea ce determină cantități reduse de apă (peste jumătate din ele între 10 și 25 mm). Instabilitatea de convecție termică determină în general ploi de scurtă durată (sub 3 ore), cu intensitate medie cuprinsă în mare măsură între 0.17 și 0.41 mm/min, șo cantități reduse de apă (54.4% din cazuri între 10 și 25 mm), iar variația diurnă a momentului apariției remarcă concentrarea acestora în intervalul 13-21 OVR (72.5% din evenimente), cu maximul între 17 și 19 OVR, apariția fiind mai timpurie în zona montană. În situația nucleelor „cut-off”, distribuția spațială a ploilor este destul de eterogenă, similar ploilor torențiale generate de aceleși condiții; acestea se caracterizează prin durată medie și mare (peste 3 ore), cu valori ale intensității medii, mici și mijlocii, ceea ce conduce la cantități de apă cuprinse în general între 10 și 25 mm, respectiv 25-50 mm.

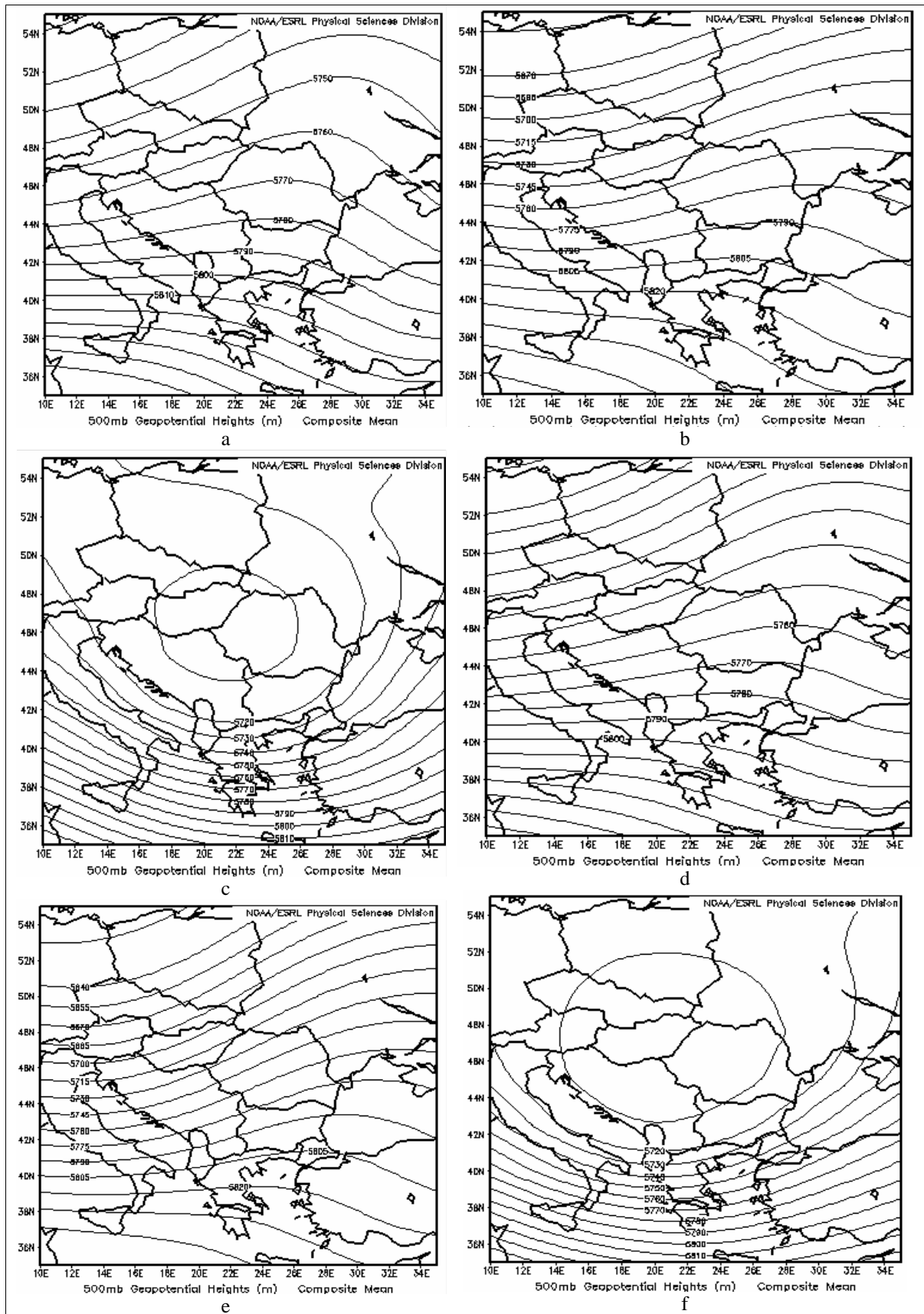


Fig. 4.1. Structura medie a câmpului de geopotential (m<sub>gp</sub>) la nivelul de 500 hPa, în cazul ploilor torențiale produse de convecția termică (a), pasajele frontale (b), nucleele „cut-off”(c) și al ploilor de intensitate maximă anuală generate de convecția termică (d), pasajele frontale (e) și nucleele „cut-off”(f) (prelucrare prin [www.esrl.noaa.gov](http://www.esrl.noaa.gov))



Configurațiile structurilor sinoptice generatoare de ploi torențiale și ploi de intensitate maximă anuală se diferențiază funcție de criteriul genetic al evenimentelor pluviometrice: în cazul instabilității de convecție termică, stuctura câmpului de geopotențial la nivelul de 500 hPa prezintă o aliură de dorsală, aflată în retragere spre estul continentului european, zona de interes aflându-se pe panta ascendentă a acesteia; în situația cu instabilitate frontală, structura de talveg la nivelul de 500 hPa este mai bine pusă în evidență, iar în cazul nucleelor „cut-off”, câmpul de geopotențial prezintă izolinii închise (fig. 4.1). Stratele inferioare ale atmosferei (nivelul de 700, 850 hPa etc) păstrează și amplifică forma structurii de la nivelele superioare, câmpul presiunii la nivelul solului având valori reduse, sub cea medie (1015 hPa), caracterizat prin gradienti în general mici, permisivi dezvoltărilor convective.

Analiza indicilor de stabilitate atmosferică remarcă utilitatea a 5 dintre aceștia (KI, VTI, TTI, CTI și LI), importanța lor fiind variabilă, funcție de tipul de instabilitate: în cazul instabilității de convecție termică și a celei frontale, mai utili sunt KI, TTI, VTI și LI, iar în situația instabilității generate de nucleele „cut-off”, indicele TTI se pretează cel mai bine. Mai trebuie menționat faptul că indiferent de tipul de instabilitate, în cazul ploilor torențiale, valoarea indicilor de stabilitate atmosferică este mai mare decât în cazul ploilor de intensitate maximă anuală, de unde și utilitatea acestora.

## **5. DIRECȚIA ȘI VITEZA DE DEPLASARE A SISTEMELOR CONVECTIVE GENERATOARE DE PLOI TORENȚIALE**

Traectoria celulelor convective este importantă în evaluarea fenomenelor meteorologice severe pe care le pot determina în zonele afectate de acestea, motiv pentru care anticiparea acesteia reprezintă un element important îndeosebi în activitatea de prognoză. În acest sens, Merritt și Fritsch (1984) au observat o corelație redusă între mișcarea celulelor convective și vântul troposferic pe nivele, remarcând faptul că direcția acestora corespunde de obicei cu liniile de grosimi 300-850 hPa. Corfidi și colaboratori (1996), au studiat mișcarea sistemelor convective mezo-beta mascate în Complexele Convective Mezoscalare din SUA și au concluzionat că se poate obține un vector viteză al acestora pe baza sumei vectoriale al vântului mediu în stratul 300 și 850 hPa, la care se adaugă vântul asociat fluxului de alimentare în straturile joase, egal dar cu semn schimbat.

Pentru perioada 2004-2009, pe baza analizei furtunilor convective din unitatea studiată s-a calculat direcția și viteza acestora determinată cu radarul meteorologic

WSR98-D, comparându-se cu parametrii dinamici ai curentului director, acesta fiind calculat în 4 straturi atmosferice (300-850 hPa, 400-850 hPa, 500-850 hPa și 500-700 hPa), relațiile utilizate fiind următoarele:

$$\vec{V}_{med} = u_{med} \vec{i} + v_{med} \vec{j} \quad (5.1),$$

$$\text{iar } u_{med} = \frac{(u_1 + u_2 + \dots + u_n)}{n} \text{ și } v_{med} = \frac{(v_1 + v_2 + \dots + v_n)}{n}$$

și

$$V_{CL} = \frac{V_{850} + V_{700} + V_{500} + V_{300}}{4}, \quad V_{PROP} = (-V_{LLJ})$$

$$V_{MBE}^2 = V_{CL}^2 + (-V_{LLJ})^2 + 2V_{CL} \times |-V_{LLJ}| \times \cos \phi, \quad (5.2),$$

$$\text{iar } \psi = \arcsin\left(\frac{|-V_{LLJ}| \sin \phi}{V_{MBE}}\right)$$

unde:  $V_{med}$  – vântul mediu (m/s);  $i, j$  – versorul axei ox și oy;

$u, v$  – proiecția vectorului viteză pe axa ox, respectiv oy;

$n$  – numărul de straturi atmosferice luate în considerare.

$V_{CL}$  – advecția curentului director;

$V_{850} \dots V_{300}$  – advecția la nivelul standard de 850 ... 300 hPa;

$V_{MBE}$  – propagarea celulei convective mezo-beta;

$V_{PROP}$  – propagarea din direcția curentului jet de nivel jos;

$V_{LLJ}$  – propagarea în direcția curentului jet de nivel jos;

$SCM$  – sistem convectiv mezoscalar;  $\phi, \psi$  – unghiuri.

Tabelul 5.1. Frecvență abaterii direcției de deplasare a celulelor convective față de vântul mediu, funcție de tipul de instabilitate (%)

Stratul	Convecție termică			Nucleu „cut off”			Front		
	Abateră (grade)								
	±45	-90...-45 45...90	< -90 > 90	±45	-90...-45 45...90	< -90 > 90	±45	-90...-45 45...90	< -90 > 90
<b>300-850 hPa</b>	58.6	24.3	17.1	53.8	28.0	18.2	82.5	11.7	5.8
<b>400-850 hPa</b>	64.3	20.0	15.7	57.0	29.0	14.1	84.4	9.8	5.8
<b>500-850 hPa</b>	60.0	24.3	15.7	54.8	29.0	16.2	80.5	11.7	7.8
<b>500-700 hPa</b>	62.9	20.0	17.1	54.8	26.9	18.3	81.2	12.3	6.5

Prelucrare după arhiva ANM (2004-2009)

În privința abaterii direcției de deplasare a celulelor convective față de curentul director considerat, având în vedere valorile ridicate ale frecvenței abaterilor mici și scăzute ale abaterilor mari, stratul 400-850 hPa constituie stratul cel mai util în

determinarea direcției de deplasare a celulelor convective în unitatea analizată, indiferent de tipul de instabilitate pe fondul căreia acestea apar (tabel 5.1). De asemeni, dintre cele două modalități de determinare a abaterii direcției de deplasare a celulelor convective (cu sau fără curent jet de nivel jos), având în vedere faptul că din punct de vedere statistic cele mai numeroase rezultate favorabile caracterizează metoda de determinare fără curentul jet de nivel jos, e recomandată folosirea acesteia, modalitatea de calcul fiind și mai simplă.

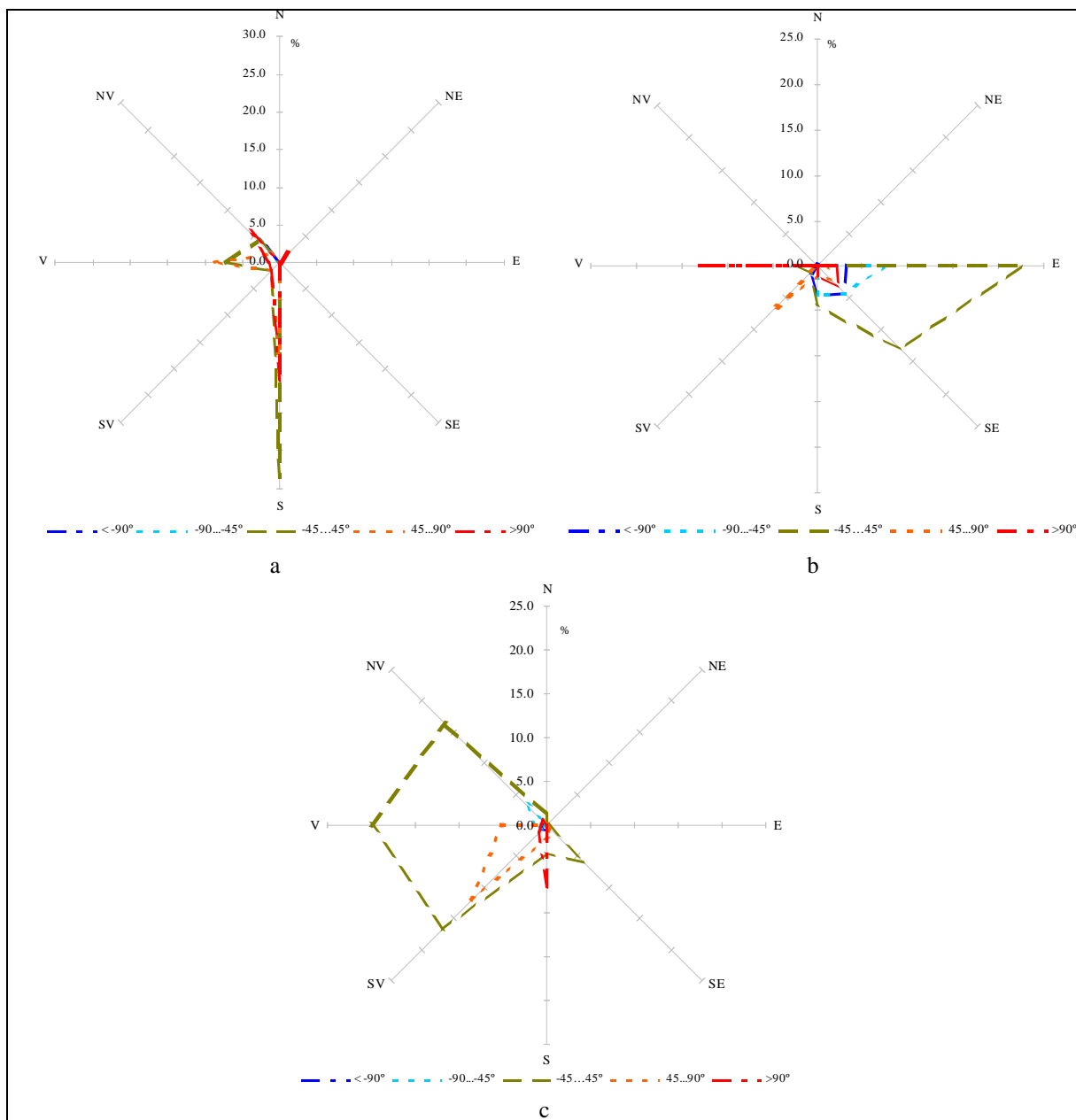
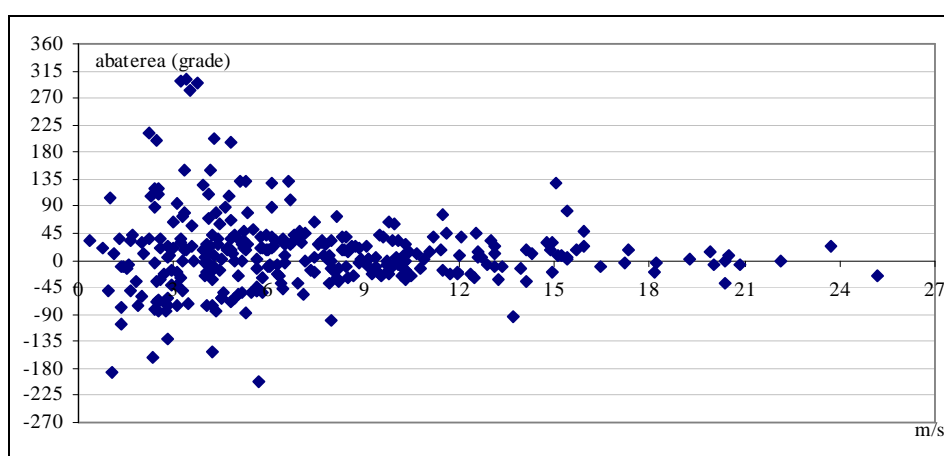


Fig. 5.1. Frecvența gradului abaterii direcției de deplasare a celulelor convective (%) față de curentul director funcție de direcția curgerii acestuia, în cazul instabilității de convecție termică (a), a celei generate de nuclelele „cut off” (b) și de natură frontală (c)

Analiza gradului abaterii direcției celulelor convective în raport cu vântul din stratul considerat remarcă dominanța valorilor pozitive în cazul instabilității de convecție termică și a celei frontale, respectiv negative, în cazul celei de tip „cut off”, iar ca direcție, curgerile din sector sud, vest și sud-vest, sunt cele mai importante. Pe tipuri de instabilitate, în cazul celei de convecție termică, dominante sunt circulațiile sudice și sud-vestice, în situația instabilității generate de nucleele de tip „cut off”, domină circulațiile din sector estic și sud-estic, funcție de rotația și poziția nucleului de altitudine, iar în cazul instabilității frontale, circulațiile din sector sud-vestic, vestic și nord-vestic sunt mai importante (fig. 5.1).



Prelucrare după arhiva ANM (2004-2009)

Fig. 5.2. Gradul abaterii direcției de deplasare a celulelor convective față de curentul director al stratului 400-850 hPa, funcție de viteza de deplasare a acestora (m/s)

În raport cu viteza de deplasare, se remarcă un raport de invers proporționalitate între aceasta și unghiul abaterii direcției celulelor convective, observându-se creșterea valorii deviației pe măsura reducerii vitezei furtunilor convective, situația fiind mai pronunțată în cazul abaterilor mari (fig. 5.2), iar în ceea ce privește intensitatea abaterilor, cele mici ( $\pm 45^\circ$ ) au frecvența ridicată a pragului de viteză 5-10 m/s, abaterile medii și mari având frecvențe mai ridicate ale vitezelor mici (sub 5 m/s).

O constatare importantă este faptul că, funcție de structura sinoptică, celulele convective au tendința de deplasare spre interiorul structurii, respectiv să se înscrie în concavitatea liniilor de curent al fiecărui tip individual de structură.

Tabelul 5.2. Ponderea vitezei de deplasare a celulelor convective din valoarea vitezei vântului mediu, funcție de tipul de instabilitate (%)

Stratul	Convecție termică				Nucleu „cut off”				Front			
	Pondere (%)											
	0-50	50-100	100-200	>200	0-50	50-100	100-200	>200	0-50	50-100	100-200	>200
<b>300-850 hPa</b>	35.7	47.1	15.7	1.4	41.9	46.2	9.7	2.2	22.7	41.6	33.8	1.9
<b>400-850 hPa</b>	40.0	42.9	14.3	2.9	34.4	49.5	11.8	4.3	20.1	42.9	34.4	2.6
<b>500-850 hPa</b>	31.4	45.7	21.4	1.4	25.8	38.7	25.8	9.7	14.9	39.6	40.3	5.2
<b>500-700 hPa</b>	40.0	47.1	11.4	1.4	34.4	44.1	18.3	3.2	25.3	38.3	33.1	3.2

Prelucrare după arhiva ANM (2004-2009)

Analiza metodelor de determinare a vitezei de deplasare a celulelor convective (cu sau fără curent jet de nivel jos) remarcă faptul că valorile procentuale cele mai mari ale abaterilor mici, respectiv cele mai mici ale abaterilor mari caracterizează metoda de analiză fără curent jet de nivel jos, motiv pentru care aceasta ar fi mai utilă în determinarea acestui parametru (tabel 5.2). Trebuie avut însă în vedere faptul că, după cum s-a menționat, determinarea cu acuratețe a acestui parametru este destul de dificilă, având în vedere varietatea mare a factorilor care pot interveni (factori fizico-geografici, tipul de structură mezoscalară etc), motiv pentru care rezultatele obținute nu recomandă utilizarea vitezei vre-unui anumit strat în determinarea intensității deplasării celulelor convective în unitatea analizată.

## 6. APLICAȚII ȘI STUDII DE CAZ

### Aplicații pentru perioada 2010-2012

Pentru a vedea în ce măsură rezultatele privind variația diurnă și intensitatea ploilor torențiale, configurațiile sinoptice și indicii de stabilitate atmosferică, respectiv direcția și viteza de deplasare a celulelor convective în raport cu curentul director concordă cu situația reală, am realizat analiza elementelor enumerate, pe baza datelor ploilor torențiale de la 15 stații meteorologice și de la posturile pluviometrice și hidrometrice din partea de nord-vest a României, din sezonul cald (aprilie-octombrie), al perioadei 2010-2012, rezultând un număr de 136 puncte de măsurare. S-au luat în considerare situațiile în care în punctele de măsurare al precipitațiilor s-au emis mesaje de avertizare/agravare/meteor roșu, aceste mesaje conținând informații despre durata ploi și cantitatea de apă înregistrată, urmărindu-se extensiunea spațială a torențialității în contextul sinoptic și mezoscalar, precum și evidențierea unor particularități ale manifestării acesteia în cadrul zonei.

Metodologic, s-a recurs la analiza următoarelor elemente:

- parametrii dinamici (direcție și viteză de deplasare) ai celulelor convective generatoare de ploi torențiale pentru fiecare eveniment pluviometric înregistrat în punctele de măsurare (pe baza arhivei produselor radar existente la SRPV Cluj), realizându-se comparații cu structura vântului în diverse strate ale atmosferei, determinată pe baza datelor de sondaj atmosferic de la Cluj-Napoca (sondajul de ora 00 GMT) pentru fiecare zi în care s-au produs astfel de ploi;

- tipul și caracteristicile advecției în stratele inferioare și medii ale atmosferei, pentru fiecare situație cu ploi torențiale;

- indicii de stabilitate atmosferică, pe baza sondajului aerologic menționat.

În perioada considerată au fost identificate un număr de 86 zile în care s-au înregistrat 444 de evenimente pluviometrice torențiale la punctele de măsurare existente în zona studiată remarcându-se valorile procentuale cele mai ridicate în lunile iunie (47.3% din totalul acestora) și iulie (26.6%), indiferent de anul considerat, acestea fiind și lunile în care numărul de zile cu ploi torențiale a fost cel mai mare (32.6, respectiv 29.1%).

Din punct de vedere sinoptic, studiul fiecărei situații cu ploi torențiale a scos în evidență o serie de particularități ale structuri termo-barice ale atmosferei, motiv ce a impus următoarele mențiuni:

- prezența unor valori scăzute ale geopotențialului, asociate unor structuri de tip talveg sau a unor nuclee închise;

- câmpul presiunii la nivelul solului se caracterizează prin valori scăzute, în medie sub 1013 mb;

- structura termică a atmosferei prezintă, în zona de interes, tendința de scădere, fiind asociată unor talveguri sau nuclee închise.

Concluziile analizei realizate pentru ploile torențiale din perioada 2010-2012 remarcă următoarele aspecte:

- În ceea ce privește direcția de deplasare a celulelor convective, stratul 400-850 hPa este mai util, având în vedere valorile procentuale cele mai mari ale abaterilor mici, respectiv cele mai mici ale abaterilor mari. Un alt aspect evidențiat este că pe măsura creșterii vitezei de deplasare a celulelor convective, unghiul abaterii în raport cu direcția curentului director are tendința de reducere.
- În cazul vitezei de deplasare al celulelor convective, din analiza de față a reieșit utilitatea folosirii stratului 500-700 hPa, însă aceasta metodă trebuie utilizată cu precauție, având în vedere varietatea mare a factorilor de la nivelul solului care

pot influența viteza de deplasare (prezența reliefului variat ca forme și dispunere, deplasarea în amonte sau în aval a celulelor, etc).

- Folosirea hodografului în vederea evidențierii tipului advecției este utilă în determinarea instabilității atmosferice, remarcându-se dominanța advecției clade în stratele inferioare și a celei reci în cele medii ale atmosferei.
- În privința indicilor de stabilitate ai atmosferei, cei mai utili sunt  $K_{mod}$ , CT și  $TT_{mod}$ , remarcându-se utilitatea indicilor care țin seama de umezeala din atmosferă. Deasemeni, determinarea acestora în cursul zilei ar fi mai utilă.
- Rezultatele aplicației confirmă rezultatele obținute în analiza realizată în cadrul capitolelor 3, 4 și 5, ceea ce justifică utilitatea metodelor de analiză prezentate în vederea identificării situațiilor cu ploi torențiale în cadrul unității studiate, precum și a determinării direcției deplasării sistemelor convective.

## CONTRIBUȚII ȘI PERSPECTIVE

Principalele obiective ale temei de cercetare alese au fost identificarea caracteristicilor cantitative ale ploilor torențiale și de intensitate maximă anuală precum și determinarea unor metode de anticipare a producerii acestora în cadrul părții de nord-vest a României. În acest sens, s-a urmărit distribuția spațială și temporală a celor două categorii de evenimente pluviometrice, condițiile sinoptice și mezoscalare pe fondul cărora acestea se produc, în vederea identificării unor structuri favorabile genezei sistemelor convective generatoare de astfel de ploi și stabilirea unor corelații între deplasarea celulelor convective și curentul director.

Sintetic, contribuțiile rezultate în urma realizării lucrării de față se referă la: determinarea variabilității diurne a momentului producerii ploilor de intensitate maximă anuală și torențiale și a caracteristicilor de durată și intensitate a acestora; identificarea unui anumit tip de corelație între durata și intensitatea medie a ploilor torențiale; variația, în cazul ploilor de intensitate maximă anuală, de tip Exponențial și Log-normal a intensității maxime anuale; identificarea a 3 tipuri de instabilitate atmosferică pe fondul cărora ploile torențiale și de intensitate maximă anuală se produc și a configurației structurilor sinoptice care le generează; identificarea utilității stratului 400-850 hPa, fără curent jet de nivel jos, în determinarea direcției de deplasare a celulelor convective generatoare de ploi torențiale și raportul de invers proporționalitate între valoarea unghiului abaterii direcției și viteza de deplasare a acestora.

Elementele obținute în urma analizei asupra celor două tipuri de ploi vor contribui atât la identificarea mai rapidă și cu mai mare certitudine a situațiilor posibil generatoare de astfel de evenimente, cât și la creșterea gradului de anticipare al locului și momentului produceri acestora.

În urma evaluării elementelor expuse remarc atingerea în bună măsură a obiectivelor propuse, aspect pus în evidență în cadrul aplicațiilor și studiilor de caz din Capitolul 6 al lucrării. Totuși, elementul care se înscrie mai puțin în sfera rezultatelor pozitive îl constituie determinarea vitezei de deplasare a celulelor convective generatoare de ploi torențiale, remarcându-se slaba corelație a acesteia cu viteza vântului din stratul mediu considerat.

Dintre obiectivele cercetării viitoare consider că identificarea și cuantificarea elementelor care influențează viteza de deplasare a celulelor convective generatoare de ploi torențiale și rolul factorilor fizico-geografici, îndeosebi al reliefului (poziția față de direcția deplasării sistemelor convective, orientarea culmilor și a versanților, altitudine) și dispunerea rețelei hidrografice în generarea noilor celule convective, reprezintă aspecte care vor întregi rezultatele obținute până în prezent și vor contribui la completarea tabloului analizei celor două categorii de ploi în cadrul unității analizate



## BIBLIOGRAFIE

- Bacinschi, D. (1960), Ploile torențiale din sud-vestul țării, căzute în intervalul 22-24 septembrie, *Buletin lunar al IM București*.
- Bamber, D., J., Healey, P., G., W., Jones, B., M., R., Penkett, S., A., Tuck, A., F., Vaughan, G. (1984), Vertical profiles of tropospheric gases: Chemical consequences of stratospheric intrusions, *Atmos. Environ.*, 18, p. 1759–1766.
- Bates, B., C., Kundzewicz, Z., W., Wu, S., Palutikof, Eds., J., P. (2008), *Climate Change and Water*. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, 210 pp.
- Bâzâc, Gh. (1973), Calcul des cantites de precipitation maxima en 24 heures a differenes probabilites au-dessus du territoire de la Roumanie, *Meteorologie and Hydrology*, nr. 1, I.M.H. București.
- Bogdan, Octavia (2000), Precipitațiile atmosferice cu risc climatic în Subcarpații Getici, *Com. Geogr.*, vol IV.
- Bogdan, Octavia, Niculescu, Elena (1999), *Riscurile climatice din România*. Compania Saga-Internațional.
- Buzea, N., Ghiță, I. (1968), Caracteristicile repartiției teritoriale ale unor ploi căzute în bazinul colectorului B3 și în alte zone ale orașului București. *Culegere de lucrări ale Institutului Meteorologic pe anul 1966*, București, p. 319-333.
- Brooks, H., E., Stensrud, D., J. (2000), Climatology of Heavy Rain Events in the United States from Hourly Precipitation Observations, *Mon. Wea. Rev.*, 128, p. 1194–1201.
- Byers, H., R., Braham, R., R., (1949), *The Thunderstorm*, U.S. Govt. Printing Office, Washington, DC.
- Charba, J., P. (1984), *Two-to-six hour probabilities of thunderstorms and severe local storms*. NOAA NWS TPB-342.
- Chrisholm, A., J. (1967), *Alberta Hail Studies 1966*, AcGill Univ., Montreal, Canada, MW- 49, May 1967.
- Chrisholm, A., J., Renick, J., H. (1972), Supercell and multicell Alberta hailstorms, *Preprints, International Cloud Physics Conference*, London, England, p. 1-8.
- Corfidi, S., F., Merritt, J., H., and Fritsch, J., M. (1996), Predicting the movement of mesoscale convective complexes. *Wea. Forecasting*, 11, p. 41-46.
- Counts, R., C. (1933), Hourly frequency and intensity of rainfall at San Francisco, Calif. *Mon. Wea. Rev.*, 61, p. 225–228.
- Crăciun, S. (1956), Calculul parametrilor din formula intensității precipitațiilor torențiale. *Probleme de hidrometeorologie*, Sibiu, p. 80-87.

- Cristodor, E., Darie, Z. (1963), Condițiile aerosinoptice care favorizează producerea precipitațiilor abundente pe aeroportul Băneasa, *Culegere de lucrări ale Institutului Meteorologic pe anul 1961*, București, p. 147-168.
- Croitoru, Adina-Eliza (2006), *Excesul de precipitații din Depresiunea Transilvaniei*, Editura Casa Cărții de Știință, Cluj-Napoca.
- Dai, A. (2001), Global precipitation and thunderstorm frequencies. Part II: Diurnal variations. *J. Climate*, 14, p. 1112–1128.
- Dairaku, K., Emori, S., Oki, T. (2004), Rainfall Amount, Intensity, Duration, and Frequency Relationships in the Mae Chaem Watershed in Southeast Asia, *Journal of Hydrometeorology*, 5, p. 458–470.
- DeRubertis, D. (2006), Recent trends in four common stability indices derived from U.S. radiosonde observations, *J. Climate*, 19, p. 309–323.
- Diaconu, C., Ciocan, G. (1979), Probleme de metodică și prime rezultate în studiul ploilor maxime pe teritoriul României, *Studii de Hidrologie*, XLVII, București.
- Donciu, C. (1962), Studiul secetei în R.P.R., Cauzele sinoptice ale secetelor, *MHGA*, VII, 3, p. 170-176.
- Doswell, C., A. III, (1996), What is a supercell? Preprints, *18th AMS Conf. Severe Local Storms (San Francisco, CA), 19-23 February 1996*, Amer. Meteor. Soc.
- Doswell, C., A. III, Burgess, D., W. (1993), Tornadoes and tornadic storms: A review of conceptual models. The Tornado: Its Structure, Dynamics, Prediction, and Hazards (Church et al., eds). *Amer. Geophys. Union, Geophys. Monogr.* 79, p. 161-172.
- Dragotă, Carmen-Sofia (1989), Repartiția în funcție de relief a valorilor parametrilor caracteristici precipitațiilor atmosferice pe teritoriul României, *Revista Natura*, nr. 1.
- Dragotă, Carmen-Sofia (2006), *Precipitațiile excedentare în România*, Editura Academiei Române, București.
- Dragotă, Carmen-Sofia, Bălțeanu, D. (1999), Intensitatea precipitațiilor extreme pe teritoriul României, *Rev. Geogr.*, VI, serie nouă.
- Dragotă, Carmen-Sofia, Măhăra, Gh. (1997), Durata efectivă (în ore și minute) a precipitațiilor lichide pe teritoriul României, *Analele Universității din Oradea, Seria Geografie*, VII/1997.
- Drufulca, G., Zawadzki, I., I. (1975), Statistics of Rainage Data. *J. Appl. Meteor.*, 14, p. 1419–1429.
- Durand-Gréville, M., E. (1897), Böen und Tornados, *Meteorol. Z.*, 14, p. 8-21.
- El-Sayed, E., A., H. (2011), *Generation of rainfall intensity duration frequency curves for ungauged sites*, Journal of Nile Basin Water Science & Engineering, vol. 4, 1, p. 112-124.

- Endo, N., Ailikun, B., Yasunari, T. (2005), Trends in precipitation amounts and the number of rainy days and heavy rainfall events during Summer in China from 1961 to 2000. *J. Meteor. Soc. Japan*, 83, p. 621-631.
- Fassing, O., L. (1916), Tropical Rains – Their Duration, Frequency and Intensity, *Monthly Weather Review*, June, p. 329-337.
- Fujita, T., T. (1963), Analytical mesometeorology: A review, *Meteor. Monogr.*, 5, No. 27, *Amer. Meteor. Soc.*, p. 77-125.
- Fujita, T., T. (1978), *Manual of downburst identification for Project Nimrod*. Dept. of the Geophysical Sciences, University of Chicago. SMRP Research Paper No. 156, 104.
- Gert, A., Wall, D., J., White, E., L., Dunn, C., N. (1987), *Regional rainfall intensity - duration-frequency curves for Pennsylvania*. *Water Res. Bulletin*. 23(3), pp. 479-486.
- George, J., J. (1960), *Weather Forecasting for Aeronautics*. New York, Academic Press, p. 407-415.
- Georgescu, Florinela, Ștefan, Sabina (2010), Cyclonic activity over Romania in connection with air circulation types, *Romanian Reports in Physics*, Vol. 62, No. 4, p. 878–886.
- Goel, N., K. (2007), *Regional rainfall intensity-duration-frequency relationships*, Design flood analysis for hydropower projects, India, p. 46-56.
- Gorbachev, P., P. (1923), Concerning the relation between the duration, intensity, and the periodicity of rainfall. *Mon. Wea. Rev.*, 51, p. 305–308.
- Haidu, I. (2002), Analiza de frecvență și evaluarea cantitativă a riscurilor, *Riscuri și Catastrofe*, Editor V. Sorocovschi, Editura Casa Cărții de Știință, Cluj-Napoca, p. 180-207.
- Haklander, A., J., Van Delden, A. (2003), Thunderstorm predictors and their forecast skill for the Netherlands, *Atmos. Res.*, 67–68, p. 273–299.
- Hambridge, R., E. (1967), 'K' chart application to thunderstorm forecasts over the western United States. *ESSA Tech. Memo. WRTM-23*, p. 9.
- Hann, J. (1901), *Lehrbuch der Meteorologie*, 1th ed., Leipzig, Chr. Herm. Tauchnitz, pp. 338-346.
- Holobacă, I. (2010), *Studiul secetelor din Transilvania*, Presa Universitară Clujeană.
- Holton, J., Haynes, P., McIntyre, M., Douglass, A., Rood, R., Pfister, L. (1995), Stratosphere–troposphere exchange. *Rev. Geophys.*, 33, p. 403–439.
- Howard, H., M. (1942), Hourly distribution and intensity of precipitation at Kansas City, Mo., *Monthly Weather Review*, 70, p. 153-159.
- Humphreys, W., J. (1919), Intensity of precipitation. *Mon. Wea. Rev.*, 47, p. 722–722.
- Klimowski, B., A., Hjelmfelt, M., J., Bunkers, M., J. (2004), Radar observations of the early evolution of bow echoes, *Wea. Forecasting*, 19, p. 727-734.
- Koutsoyiannis, D., Kozonis, D., Manetas, A. (1998), A mathematical framework for studying rainfall intensity-duration-frequency relationships, *Journal of Hydrology*, 206, p. 118-135.

- Lamb, H., H. (1972), British Isles Weather types and a register of daily sequence of circulation patterns, 1861-1971. *Geophysical Memoir 116*, HMSO, London, p. 85.
- Ligda, M., G., H. (1951), Radar storm observation, Compendium of Meteorology, T. F. Malone, Ed., *Amer. Meteor. Soc.*, p. 1265–1282.
- Maddox, R., A. (1980), Mesoscale convective complexes, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 61, p. 1374–1387.
- Maheras, P. (1989), Delimitation of the summer-sry period in Greece according to the frequency of weather types, *Theor. Appl. Climatol.* 39, p. 171-176.
- Maier, N., 2011, *Studiul instabilității atmosferice și a ecourilor radar în scopul realizării prognozei de tip „nowcasting” a precipitațiilor din Munții Apuseni*. Teză de doctorat.
- Maier N., Haidu I., (2005), *Radiosondages et risques d’orages a Cluj-Napoca*. Climat Urbain, Ville et Architecture. Universita degli Studi di Genova, Facolta di Architettura, p. 101-104.
- McDonalld, W., F. (1929), Hourly frequency and intensity of rainfall at New Orleans, L. A. *Mon. Wea. Rev.*, 57, p. 1–8.
- Merritt, J., H., Fritsch, J., M. (1984), On the movement of the heavy precipitation areas of mid-latitude mesoscale convective complexes, Preprints, 10th Conf. on Weather Analysis and Forecasting, Clearwater Beach, FL, *Amer. Meteor. Soc.*, p. 529–536.
- Mihăilescu, V. (1963), *Carpații Sud-Estici*, Editura Științifică, București.
- Miller, R., C. (1967), *Notes on analysis and severe storm forecasting procedures of the Military Weather Warning Center*. Tech. Report 200, AWS, USAF. [Headquarters, AWS, Scott AFB, 1L 62225]
- Miller, R., C., Bidner, A., Maddox, R., A. (1972), The use of computer products in severe weather forecasting (the SWEAT index). *Air Weather Service Aerospace Sciences Review*. AWS RP 105-2, No. 72-1, p. 2-9.
- Miller, R., C., Maddox, R., A. (1975), Use of the SWEAT and SPOT indices in operational severe storm forecasting. Preprints. Ninth Conf. Severe Local Storms. Norman, *Amer. Meteor. Soc*, p. 1-6.
- Mociornița, C., Birtu, E. (1979), Viitura din 30 iulie 1969 din bazinele Motru-Tismana. *Studii și Cercetări, partea a II-a, Hidrologie, XLVII*, București.
- Mustățea, A., Barbu, Anca, Militaru, Florica, Damian, Doina (1989), Evoluția particulară a unui ciclon cut-off de altitudine în perioada 15-19 aprilie 1988, *Studii și Cercetări, Meteorologie, vol. 4*, București.
- Nesbitt, S., W., Zipser, E., J. (2003), The Diurnal Cycle of Rainfall and Convective Intensity according to Three Years of TRMM Measurements. *J. Climate*, 16, p. 1456–1475.
- Nieto, R., Gimeno, L., De la Torre, Laura (2005), Climatological Features of Cutoff Low Systems in the Northern Hemisphere, *Journal of Climate, vol 18, 16*, p. 3085-3103.

- Okonkwo, G., I., Mbajiorgu, C., C. (2010), Rainfall Intensity-Duration-Frequency Analyses for South Eastern Nigeria, *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript 1304, Vol. XII*, p 1-15.
- Palmén, E., Newton, C. (1969), *Atmospheric Circulation Systems*, Academic Press, 603 pp.
- Pătăchie, Iulia, Oprescu, Alexandra, Călinescu, Niculina (1979), Particularitățile repartiției cantităților excepționale de precipitații pe teritoriul R.S.R., *Studii și Cercetări de Meteorologie*, București.
- Platagea, Gh. (1959), Studiul ploilor torențiale pe teritoriul R.P.R. și influența lor asupra scurgerii. *Meteorologia, Hidrologia și Gospodărirea Apelor, An 4, Nr. 4*, p. 21-28.
- Podani, M., Zăvoianu, I. (1992), Cauzele și efectele inundațiilor produse în luna iulie 1991 în Moldova, *Studii și Cercetări de Geografie – XXXIX*, București.
- Pop, P., Gr. (2000), *Carpații și Subcarpații României*, Editura Presa Universitară Clujeană, Cluj-Napoca.
- Pop, P., Gr. (2001), *Depresiunea Transilvaniei*, Editura Presa Universitară Clujeană, Cluj-Napoca.
- Popovici, Ana, Dragotă, Carmen-Sofia, Măhăra, Gh. (1998), Evaluarea climatologică a ploilor din Câmpia Crișurilor prin parametrii de durată, cantitate și intensitate, *Analele Universității din Oradea, seria Geografie, VIII*.
- Predescu, C. (1937), Studiul averselor la Cluj, *Buletinul Observatorului Meteorologic dela Academia de Agricultură din Cluj, no. 5/1937*, Cluj.
- Raiford, J., P., Aziz, N., M., Khan, A., A., Powell, D., N. (2007), Rainfall Depth-Duration-Frequency Relationships for South Carolina, North Carolina, and Georgia, *American Journal of Environmental Science 3(2)*, p. 78-84.
- Rao, D., V., L., N., Goyal, S., C., Kathuria, S., N. (1983), Interpolation of short duratin rainfall from 24 hour rainfall in Lower Godavari basin, *Mausam Journal, Meteorological Soc., N. Delhi, 34(3)*, p. 291-298.
- Rodgers, D., M., Bartels, D., L., Menard, R., D., Arns, J., H. (1984), Experiments in forecasting mesoscale convective weather systems. Preprints. Tenth Conf. Weather Forecasting and Analysis. Clearwater Beach, *Amer. Meteor. Soc*, p. 486-491.
- Roșca, Paraschiva, Georgescu, Germinia, Vasenciuc, Felicia (1980), Considerații aerosinoptice asupra unor precipitații abundente căzute pe bazinele hidrografice din sud-estul R.S.R., *Microsesiunea de comunicări științifice IMH*, București.
- Roșca, Paraschiva, Georgescu, Germinia, Vasenciuc, Felicia, Andriescu, Ludmila (1981), Considerații aerosinoptice asupra unor precipitații abundente căzute pe bazinul mijlociu al Dunării, *Hidrotehnica, nr. 9*, București.
- Sharratt, B., S., Zandlo, J., Spoden, G. (2001), Frequency of Precipitation across the Northern U.S. Corn Belt. *J. Appl. Meteor.*, 40, p. 183–191.

- Sorocovschi, V., Haidu, I. (2003), Quelques aspects spatiaux des pluies extrêmes. *Dokumentacja Geograficzna*, Warszawa, Vol. 16, 29, p. 313-316.
- Stăncescu, I., Dobre, I. (1965), Condițiile aerosinoptice care au determinat precipitații abundente în bazinele Siretului și Prutului între anii 19600-1964, *Culegere de lucrări IMH*, București.
- Stăncescu, I., Goți, Virginia (1992), Condițiile meteo-sinoptice care au determinat ploile deosebit de abundente din luna iulie 1991, *Studii și Cercetări de Geografie, XXXIX*, Edit. Academiei Române, București.
- Stoenescu, Șt., M., Buzea, N., Bărbulescu, Irina (1965), Caracterizări ale regimului ploilor torențiale din partea sudică a teritoriului R.S.R., *Culegere de lucrări ale Institutului Meteorologic pe anul 1963, C.S.A.*, p. 249-264.
- Stoenescu, Șt., M., Buzea, N., Bărbulescu, Irina. (1965), Unele caracteristici ale ploilor torențiale pe teritoriul R.P.R., *Hidrotehnica, Gospodărirea Apelor, Meteorologia, Vol. 9*, București.
- Sun, B., Groisman, Ya. P., Mokhov, I. I. (2001), Recent Changes in Cloud-Type Frequency and Inferred Increases in Convection over the United States and the Former USSR. *J. Climate*, 14, p. 1864–1880.
- Șerban, Eugenia (2010), *Hazarde climatice generate de precipitații în Câmpia de Vest situată la nord de Mureș*, Editura Universității din Oradea, Oradea.
- Tank, K., A., M., G., Können, G., P. (2003), Trends in Indices of Daily Temperature and Precipitation Extremes in Europe, 1946–99. *J. Climate*, 16, p. 3665–3680.
- Topor, N. (1964), *Ani ploioși și secetoși în R.P.R.*, C.S.A., București
- Topor, N., Stoica, C. (1965), *Tipuri de circulație și centrul de acțiune atmosferică deasupra Europei*, C.S.A., București
- Trefry, C., M., Watkins, D., W., Johnson, D., L. (2000), Development of Regional Rainfall Intensity-Duration-Frequency Estimates for the State of Michigan, *Journal of Hydrologic Engineering*, p. 1-10.
- Trefry, C., M., Watkins, D., Jr., Johnson, D. (2005), Regional Rainfall Frequency Analysis for the State of Michigan, *Journal of Hydrologic Engineering*, 10(6), p. 437-449.
- Tudose, T., Haidu, I. (2012), Some aspects of the relationship between synoptic-scale wind and convective cells' motion generating heavy rains in the north-western Romania, *Aerul și Apa Componente ale Mediului*, ISSN: 2067-743X, Editura Presa Universitara Clujeană, p. 273-280.
- Tudose, T., Moldovan, F. (2009), Diurnal variation and duration of significant summer rains in north-western Romania, *Studia Universitatis Babeș-Bolyai, Geographia, LIV, 2*, p. 49-62, Cluj-Napoca.
- Tudose, T., Moldovan, F. (2009), The intensity of significant rainfalls in the warm season, in the north-western part of Romania, *Studia Universitatis Babeș-Bolyai, Geographia, LIV, 3*, p. 56-63, Cluj-Napoca.

- Tudose, T., Moldovan, F. (2010), The diurnal variability of the water amounts fallen during significant rains in north-western Romania, *Studia Universitatis Babeş-Bolyai, Geographia*, LV, 2, p. 39-46, Cluj-Napoca.
- Țâștea, D., Miha, Iosefina (1978), Zonarea parametrilor de intensitate maximă a ploilor și vântului pe teritoriul României, *Studii și Cercetări, partea I, Meteorologie*, IMH, p. 427-438.
- Qi, L., Leslie, L. M., Zhao, S. X. (1999), Cut-off low pressure systems over Southern Australia: Climatology and case study, *Int. J. Climatol.* 19, p. 1633–1649.
- Queralt, S., Hernandez, E., Gallego, D., Iturrioz, I. (2007), Atmospheric instability analysis and its relationship to precipitation patterns over the western Iberian Peninsula, *Adv. Geosci.*, 10, p. 39-44.
- Vasenciuc, Felicia, Dragotă, Carmen (1998), Cantități de precipitații deosebite, căzute în intervalul 28 martie-2 aprilie 1997 în partea de sud a țării, *Geographica Timisiensis*, vol 7.
- Wallace, J., M. (1975), Diurnal Variations in Precipitation and Thunderstorm Frequency over the Conterminous United States, *Monthly Weather Review*, 103, p. 406-419.
- Ye, B., Del Genio, A., D., Lo, K., W. (1998), CAPE variations in the current climate and in a climate change. *J. Climate*, 11, p. 1997–2015.
- Zawadzki, I., I., Ro, C., U. (1978), Correlations between Maximum Rate of Precipitation and Mesoscale Parameters. *J. Appl. Meteor.*, 17, p. 1327–1334.
- \*\*\* (1962), *Clima R.P.R.*, vol I, C.S.A., I.M., București.
- \*\*\* (1965), STAS 1846-65.
- \*\*\* (1985), *Vremea și Apele. Agenda 1985*, Editura Tehnică, București.
- \*\*\* (1986), *Instrucțiuni pentru observarea, identificarea și codificarea norilor și a fenomenelor meteorologice*, I.N.M.H., București.
- \*\*\* (1986), *Manual for estimation of probable maximum precipitation. Second Edition*, World Meteorological Organization.
- \*\*\* (1991), STAS 12977 - 91.
- \*\*\* (1995), *Instrucțiuni pentru stațiile meteorologice. Efectuarea observațiilor meteorologice și prelucrarea lor în scopuri climatologice*, I.N.M.H., București.
- \*\*\* (1996), *Dicționarul Explicativ al Limbii Române*, Ediția II, Editura Univers Enciclopedic, București.
- \*\*\* (2003), *Codurile Sinoptice FM – 12 X SYNOP și FM – 13 X SHIP*, INMH, București.
- \*\*\* (2011), [http://cost733.met.no/about\\_cost733.htm](http://cost733.met.no/about_cost733.htm)
- \*\*\* (2011), <http://cost733.met.no/Presentations/Demuzere1.pdf>
- \*\*\* (2011), <http://www.xlstat.com/en/products/xlstat-time> (accesat la 05.01.2011).
- \*\*\* (2011), <http://www.curveexpert.net/download/> (accesat la 17.01.2011).
- \*\*\* (2011), <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>
- \*\*\* (2011), <http://www.theweatherprediction.com>

\*\*\* (2011), [http:// www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)  
\*\*\* (2012), <http://www.esrl.noaa.gov>  
\*\*\* (2012), <http://www.meted.ucar.edu>  
\*\*\* Arhiva A.N.M. 1961-2005  
\*\*\* Arhiva A.N.M. 1975-2009  
\*\*\* Arhiva A.N.M. 2004-2009  
\*\*\* Arhiva A.N.M. 2010-2012  
\*\*\* Arhiva radar S.R.P.V. Cluj (2004-2012)  
\*\*\* <http://www.esrl.noaa.gov> (accesat în 18 ianuarie 2013).  
\*\*\* <http://www.wetter3.de/Archiv> (accesat în 24 ianuarie 2013).  
\*\*\* [http:// www.estofex.org](http://www.estofex.org)  
\*\*\* <http://www.wetter3.de/Archiv/>  
\*\*\* <http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsreaeur.html>