

**UNIVERSITATEA „BABEȘ-BOLYAI”  
FACULTATEA DE GEOGRAFIE**

***STUDIUL INSTABILITĂȚII ATMOSFERICE  
ȘI A ECOURILOR RADAR ÎN SCOPUL REALIZĂRII  
PROGNOZEI DE TIP “NOW CASTING”  
A PRECIPITAȚIILOR DIN MUNȚII APUSENI***

***TEZĂ DE DOCTORAT  
≈REZUMAT≈***

**COORDONATOR ȘTIINȚIFIC**

**PROF. DR. IONEL HAIDU**

**DOCTORAND**

**MAIER A. NARCIS CIPRIAN**

**Cluj-Napoca  
2011**

Cuvinte cheie: precipitații, sondaj aerologic, indici de instabilitate, grosimea straturilor izobarice, Radar Doppler, reflectivitate, grindină, sisteme convective

## Cuprinsul tezei

	Introducere	
1.	Context și justificare	6
2.	Scopul și structura studiului	9
3.	Datele cercetării	11
	Mulțumiri	14
	Capitolul 1	15
	Stadiul cunoașterii temei de cercetare la nivel național și internațional	
1.1	Stabilitatea atmosferică, indici de stabilitate termică	15
1.2.	Studiul ecourilor radar	17
1.3.	Determinarea precipitațiilor cu ajutorul Radarului Doppler	19
1.3.1.	Estimarea precipitațiilor cu Radarul Doppler WSR-98D	19
1.3.2.	Estimarea grindinei cu Radarul Doppler WSR-98D	20
1.4.	Repartiția fenomenelor meteorologice din sezonul de vară	20
1.5.	Munții Apuseni caracteristici fizico-geografice	21
	Capitolul 2	29
	Evaluarea caracteristicilor de stabilitate Atmosferică din modele numerice	
2.1.	Importanța cunoașterii situațiilor de stabilitate	29
2.1.1.	Definirea caracteristicilor de stabilitate	29
2.1.2.	Definirea modelelor numerice	30
2.2.	Modele numerice	30
2.2.1.	Metode de prognoză numerică folosite în scopul elaborării prevederii vremii pe scurtă durată	30
2.2.1.1.	Prognoză numerică a vremii	30
2.2.1.2.	Componentele sistemului și delimitarea sa	32
2.2.1.3.	Sistemul de ecuații al unui model și fenomenele fizice descrise de acesta	35
2.2.1.4.	Parametrizarea fenomenelor fizice care nu sunt descrise direct de ecuațiile modelului	38
2.2.1.5.	Procedee de integrare numerică	40
2.2.1.6.	Grile și sisteme de coordonate	41
2.2.1.7.	Ecuația de diagnoză și ecuații de prognoză	43
2.2.1.8.	Stabilirea valorilor inițiale pentru prognoza numerică a vremii	44
2.2.1.9.	Integrarea în timp și pasul de grilă	46
2.2.1.10.	Sistemul operativ pentru prognoză numerică	47
2.2.2.	Interpretarea sinoptică a câmpurilor modelelor	52
2.2.3.	Caracteristici conceptuale a modelelor	58
2.2.3.1.	Modelul numeric Arpege-Aladin	61
2.2.3.2.	Modelul numeric ECMWF (European Centre For Medium-Range Weather Forecasts)	63
2.2.3.3.	Modelul numeric DWD (Deutscher Wetterdienst Offenbach)	67

	Capitolul 3	68
	Utilizarea sondajului aerologic în diagnoza și prognoza meteorologică	68
3.1.	Sondajul aerologic	68
3.2.	Diagnoză meteorologică cu ajutorul sondajului aerologic	69
3.2.1.	Diagrame termodinamice	69
3.2.2.	Studiul stabilității și instabilității pe emagrama skew-t/log	71
3.2.2.1.	Stabilitatea și instabilitatea pe emagrama skew-t/log	71
3.2.2.2.	Stabilitatea și instabilitatea unui strat elementar	72
3.2.3.	Principalele tipuri de mase de aer	79
3.2.3.1.	Evoluția prin răcire la bază	79
3.2.3.2.	Evoluția prin încălzire la bază	80
3.2.3.3.	Evoluția cinematică	82
3.2.3.3.1.	Influența mișcărilor ascendente sinoptice	82
3.2.3.3.2.	Influența mișcărilor descendente sinoptice	83
3.2.3.3.3.	Influența amestecurilor interne	83
3.2.3.3.4.	Masa de aer de amestec răcită din nou	84
3.3.	Prognoză meteorologică cu ajutorul sondajului aerologic	84
3.3.1.	Indici meteorologici folosindu-se emagrama	85
3.3.1.1.	Indicele Ki (K Index)	85
3.3.1.2.	Indicele CTI (Cross Total Index)	86
3.3.1.3.	Indicele VTI (Vertical Total Index)	86
3.3.1.4.	Indicele TTI (Total Totals Index)	87
3.3.1.5.	Indicele Showalter	87
3.3.1.6.	Indicele Galway	89
3.3.1.7.	Indicele LI (Lifted Index)	90
3.3.1.8.	Indicele SWEAT (Severe Weather Threat)	91
3.3.2.	Puncte și arii caracteristice	91
3.3.2.1.	LCL (Lifted Condensation Lever)	91
3.3.2.2.	CCL (Convective Condensation Lever )	92
3.3.2.3.	CT (Convective Temperature)	93
3.3.2.4.	LFC (Lever Of Free Convection)	93
3.3.2.5.	CAPE (Positive Energy Areas) și CIN (Negetive Energy Areas)	94
3.3.2.6.	Temperatura maximă a zilei	100
3.3.3.	Reguli empirice pentru determinarea norilor folosindu-se emagrama	100
3.3.3.1.	Nori în straturi saturate	100
3.3.3.2.	Nori în straturi nesaturate	101
3.4.	Calibrarea indicilor de stabilitate	102
3.4.1.	Valori ale indicilor de stabilitate termică în zona municipiului Cluj-Napoca	103
3.4.2.	Caracterizare generală a indicilor de stabilitate	107
3.4.3.	Influența grosimilor straturilor dintre nivelele izobarice standard	108
3.4.4.	Influența geopotentialului la nivele izobarice standard în apariția precipitațiilor	117
	Capitolul 4	119
	Estimarea precipitațiilor cu ajutorul Radarului Doppler WSR-98D	
4.1.	Radarul Doppler WSR-98D (Doppler Weather Radar S-band)	119
4.2.	Ingrediente pentru precipitații intense	120

4.2.1.	Convecția multicelulară	127
4.2.2.	Convecția supercelulară	128
4.2.3.	Linii de vijelie	128
4.2.4.	Sisteme convective mezoscalare	129
4.2.5.	Sisteme de precipitații nonconvective	130
4.3.	Ploi intense de origine convectivă	134
4.3.1.	Mișcarea sistemelor convective mezoscalare	134
4.3.2.	Influența deplasării asupra precipitațiilor. Conceptul de durată și lungime relativă a sistemelor convective mezoscalare față de un punct la suprafață	140
4.4.	Estimarea precipitațiilor la Cluj-Napoca cu ajutorul Radarului Doppler WSR-98D	140
	Capitolul 5	147
	Studierea ecourilor Radar Doppler în scopul estimării precipitațiilor	
5.1.	Studiul reflectivității	147
5.1.1.	Prezentare generală a reflectivității radar	147
5.1.2.	Ecuțiile sistemului de analiză	150
5.1.3.	Analiza datelor de reflectivitate	151
5.1.3.1.	Analiza reflectivității de la RDOD (Radar Doppler Oradea)	151
5.1.3.2.	Analiza reflectivității de la RDBB (Radar Doppler Bobohalma)	154
5.1.4.	Calculul frecvenței relative a reflectivității compozite	156
5.1.4.1.	Calculul frecvenței relative a reflectivității compozite de la RDOD	156
5.1.4.2.	Calculul frecvenței relative a reflectivității compozite de la RDBB	158
5.1.5.	Calculul amplitudinii diurne a reflectivității compozite	158
5.1.5.1.	Calculul amplitudinii diurne a reflectivității compozite de la RDOD	158
5.1.5.2.	Calculul amplitudinii diurne a reflectivității compozite de la RDBB	159
5.1.6.	Analiza frecvențelor orare ale reflectivității compozite de la RDOD în Munții Apuseni	161
5.2.	Utilizarea VIL (Vertically Integrated Liquid) în estimarea precipitațiilor	165
5.3.	Utilizarea statistică a datelor obținute de la RDBB în prognoza grindinei	167
5.3.1.	Prezentare generală a parametrului de grindină	167
5.3.2.	Analiza repartiției grindinei	170
5.3.2.1.	Repartiția teritorială a grindinei	170
5.3.2.2.	Repartiția teritorială a grindinei în funcție de diametru	176
5.3.3.	Densitatea VIL indicator al grindinei	178
5.3.4.	Utilizarea reflectivității maxime în prognoza grindinei	181
5.3.5.	Deteția grindinei în Munții Apuseni	181
5.3.6.	Determinarea cu ajutorul Radarului Doppler a zonelor cu potențial ridicat în inițierea convecției în funcție de circulația la mezoscară	186
	Capitolul 6	186
	Studii și analize de caz	
6.1.	Repartiția spațială și temporară a fenomenelor hidrice și orajoase	197
6.1.1.	Prezentare generală	197
6.1.2.	Analiza spațială și temporară a fenomenelor meteorologice	199
6.1.2.1.	Analiza spațială și temporară pentru ploi cu sau fără caracter de aversă	199
6.1.2.2.	Analiza spațială și temporară pentru ploi cu caracter de aversă	202

6.1.2.3.	Analiza spațială și temporară pentru fenomene orajoase	204
6.2.	Evoluții ale sistemelor convective mezoscalare identificate cu Radarul Doppler WSR – 98D	209
6.2.1.	Cazul 14-26 iulie 2008	210
6.2.2.	Situația din data de 5 august 2005 (Bonțida)	220
6.2.3.	Situația din data de 17 august 2005 (Fizeșul Gherlei)	223
6.2.4.	Situația din data de 8 iunie 2006 (Aghireș)	225
6.2.5.	Situația din data de 19 iulie 2006 (Gilău)	227
6.2.6.	Situația din data de 7 august 2006 (Cluj-Napoca)	228
6.2.7.	Situația din data de 9 august 2006 (Gilău)	230
6.2.8.	Situația din data de 17 mai 2007 (Cluj-Napoca)	232
6.2.9.	Situația din data de 3 iulie 2007 (Cluj-Napoca)	233
6.2.10.	Situația din data de 11 iunie 2008 (Marișel)	235
	Concluzii și perspective	243
	Bibliografie	248

### **Introducere**

Umanizarea puternică a Munților Apuseni, varietatea resurselor, au determinat antrentarea a numeroșilor geografi, mai ales a celor clujeni, iar după 1965 și a celor orădeni spre cercetarea diferitelor componente naturale și antropice din acest spațiu montan, materializate în numeroase studii monografice sau a unor componente ale suprafeței active (geomorfologice, climatice, hidrologice, biogeografice, umane-habitat și activități). În evoluția cercetărilor din domeniul meteorologiei, climatologiei și topoclimatologiei un rol important a revenit și cercetătorilor de la INMH actualul ANM cu numeroase studii.

Condițiile din stratul limită a Pământului sunt importante pentru estimarea vremii și sunt dificil de monitorizat într-un areal fărâmițat orografic cum este zona Munților Apuseni. Prognoza meteorologică și în special a precipitațiilor, în vecinătatea unor obstacole semnificative topografice este o provocare dificilă. Vremea la munte și în zonele adiacente este un complex de interacțiuni între situațiile sinoptice și mezoscalare cu orografia. Pentru a anticipa corect impactul pe care barierele montane modifică condițiile meteorologice locale, meteorologii au nevoie de o înțelegere aprofundată a fenomenelor induse de aceste obstacolele în zona montană și în zonele adiacente sau de contact.

Scopul acestui studiu este de a arăta modul în care structura verticală a atmosferei combinată cu un profil radar Doppler este folosită pentru a descrie evoluția unor parametri meteorologici în dinamica fizici locale.

Structura tezei a fost realizată urmând mersul firesc în realizarea prognozei de tip „now casting”. Astfel, în definitivarea prognozei de tip „now casting” se pornește de la studiul situație sinoptice existente, trecând la analiza modelelor la scară mare și la scară locală (orografică), pentru următoarele 12 ore. Cunoașterea statistică a zonelor cu frecvențe ridicare și a momentului de apariție a diferitelor fenomene meteorologice cu risc de a produce precipitații însemnate cantitativ sau grindină este foarte important în scopul de a urmării mai atent evoluția sistemelor convective mezoscalare pe arealele respective și de a emite avertizări pentru fenomene imediate în timp util.

Prima parte a tezei se axează pe studiul stabilității și instabilității atmosferei, pornind de la diferite modele numerice pentru a putea anticipa producerea unui fenomen la un moment dat

într-o zonă dată. Astfel, în capitolul doi se realizează o scurtă prezentare a principalelor ecuații care intră în modelarea numerică, scara la care lucrează diferite modele de prognoză și produsele care se obțin în urma rulării acestor modele. În capitolul al treilea sunt determinate structuri ale atmosferei pe verticală care ajută la stabilirea gradului de stabilitate a maselor de aer aflate deasupra unui teritoriu. Gradul de stabilitate este dat atât de structura sondajului aerologic pe verticală cât și de diferiți indici care se calculează pe baza stratificării atmosferei. Având în vedere că latitudinea, orografia locală, ora la care se realizează sondarea verticală a atmosferei pot influența valoric indicatorii de stabilitate din atmosferă. Pentru o utilizare operativă sunt calibrați câțiva dintre acești indicatori pentru zona estică, nord-estică a Munților Apuseni. Rezultate obținute își reflectă importanța și îndeamnă la calibrarea și a altor indicatori pentru tot arealul României.

A doua parte a studiului se axează pe identificarea, zonele în care evoluează sistemele convective mezoscalare și prognoza precipitațiilor cu ajutorul radarului Doppler. Capitolul 4 debutează cu câteva informații cu privire la elementele teoretice legate de funcționarea radarului Doppler și continuă cu descrierea evoluției și structurii ecourilor radar, iar în finalul acestui capitol se prezintă o metodă nouă de estimare a cantităților de precipitații deasupra unui areal, iar rezultatele pot fi utilizate în diferite modele hidrologice, formula obținută fiind verificată pentru zona municipiului Cluj-Napoca. În Capitolul 5 se studiază rolul important al reflectivității, principalul produs radar, în identificarea zonelor în care apar și momentul în care evoluează diferite sisteme convective mezoscalare, fiind primul studiu statistic al reflectivității realizat în țară. Un accent mai mare, în capitol cinci, se pune pe studiul radar a formațiunilor noroase cu conținut de grindină, identificând statistic areale expuse frecvent fenomenului de grindină. Având în vedere rezultatele obținute comparativ cu datele climatice induce ideea că radarul meteorologic va deveni un instrument util în climatologia radar și implicit în climatologie. În finalul studiului, în Capitolul 6, se prezintă câteva studii de caz prin care se dorește validarea și scoaterea în evidență a importanței cunoașterii structurii sistemelor convective mezoscalare, atât cu ajutorul sondajului aerologic cât și cu radarul Doppler, în anticiparea zonelor și estimarea cantităților de precipitații ce pot să cadă deasupra unui areal.

## CAPITOLUL 1

### **Stadiul cunoașterii temei de cercetare la nivel național și internațional**

De două ori pe zi, oriunde în lume, sute de baloane sunt lansate pentru a măsura starea atmosferei. Radiosonda înregistrează presiunea, temperatura, punctul de rouă, viteza și direcția vântului la diferite înălțimi. Aceste informații sunt procesate de modele digitale, oferindu-ne o imagine destul de precisă a stării atmosferice de la un moment zero. Studiul aerologic este un instrument indispensabil pentru a prezice situațiile de vreme severă.

Nu este întotdeauna ușor de a determina dacă sau nu o furtună va avea loc peste o anumită zonă. Pentru a oferi o verificare rapidă dacă sunt condiții ca o furtună să se dezvolte peste un anumit areal au fost concepuți diverși indici și parametri care să se calculeze pe baza datelor de la radiosonda meteorologică. Câteva exemple sunt CAPE, KI, TTI, VTI, CTI, Showaler, LI, etc

Determinarea tipului de precipitație în timpul unui eveniment cunoaște mai multe faze ceea ce poate fi o procedură dificilă. Factorii importanți decisivi sunt temperaturile medii și grosimea stratului de aer cald și stratul de nivel jos rece. Pe baza acestor informații, au fost dezvoltate relații statistice referitoare la profunzimea straturilor de diferite grosimi la apariția unor diferite tipuri de precipitații.

În literatura de specialitate există numeroase studii care se ocupă cu determinarea caracteristicilor de instabilitate și studii statistice ale reflectivităților radar pe diferite intervale de timp, pentru a analiza efectele topografice asupra fenomenelor meteorologice.

Munții Apuseni reprezintă componenta nordică a Carpaților Occidentali care ocupă circa 10750 km<sup>2</sup> și se extinde între Culoarul Mureșului și al Orăștiei în sud iar în nord valea Barcăului și valea Ortelecului (Geografia României vol III pg. 430) sau valea Brebi (Gh. Pop 2000 pg. 174), în est intră în contact cu Depresiunea Transilvaniei, respectiv depresiunile marginale vestice ale acesteia, iar în vest pe o limită foarte sinuoasă la Dealurile Vestice. Munții Apuseni se desfășoară pe o lungime de 150 km, din valea Mureșului până la marginea de nord a Munților Plopiș și aproximativ pe lățime similară între vestul Munților Zarandului și contactul Trascăului cu Dealurile Aiudului (L. Badea și colb, 2006).

## **CAPITOLUL 2**

### **Evaluarea caracteristicilor de stabilitate atmosferică din modele numerice**

În prognoză operativă a situațiilor de stabilitate și a fenomenelor convective au fost, și mai sunt, utilizate metode tradiționale de determinare a caracteristicilor maselor de aer utilizând profile verticale de temperatură, umezeală și vânt. Aceste metode sunt tehnici practice, ușor de utilizat, care urmăresc determinarea unor parametri estimativi a gradului de instabilitate și a probabilității producerii orajelor, averselor de ploaie și a grindinei.

În ultimile trei decenii au fost dezvoltate modele mezoscalare complexe cu rezoluție fină, în care convecția influențează câmpul de presiune și de umezeală și crează curenți tridimensionali ascendenți și descendenți în concordanță cu mișcările convective. Aceste modele au ca scop prognozarea instabilității și a convecțiilor mezoscalare cu toate aspectele relevante ca precipitațiile, liniile de convergență, intensificări de vânt, înălțimea bazei și vârfului norilor convectivi, momentul apariției și destrămării acestora etc. Cercetările cu asemenea modele și observațiile meteorologice au demonstrat rolul vital al forfecării vântului și al proceselor advective în producerea furtunilor puternice și a grindinei.

Studiul sinoptic trebuie să preceadă adaptarea locală. La analiza situațiilor sinoptice și a realizării modelelor numerice stau atât datele reale de la sol cât și cele din altitudine. Astfel majoritatea modelelor numerice pornesc cu o analiză a situație sinoptice.

O masa de aer devine instabilă când aerul rece ajungând într-o regiune caldă se încălzește de jos în sus și astfel apar gradienti termici, adiabatici uscați, mari, care favorizează mișcările ascendente, dezvoltarea proceselor de condensare și apariția precipitațiilor. Instabilitatea atmosferică este caracteristică depresiunilor în care sunt curenți ascendenți. Cu alte cuvinte spunem ca avem un echilibru instabil când, starea atmosferei în care gradientul vertical de temperatură este mai mare decât cel adiabatic uscat, în cazul aerului uscat nesaturat, sau mai mare decât gradientul adiabatic umed, în cazul aerului umed saturat.

Interpretarea sinoptică a câmpurilor modelelor: câmpurile de 500 hPa, câmpurile de 850 hPa, vitezele verticale sinoptice, câmpurile umidității relative (la 700 hPa și 850 hPa), câmpul de geopotential relativ, precipitațiile, câmpurile de presiune la suprafață și sunt utile în prognoza de tip „now casting”.

## **CAPITOLUL 3**

### **Utilizarea sondajul aerologic în diagnoza și prognoza meteorologică**

Sondajul aerologic este unul dintre instrumentele de bază folosite de către meteorolog pentru diagnosticarea și prognozarea diferitelor fenomene meteorologice cum ar fi: ceața, forma și caracterul precipitațiilor, temperaturile maxime și minime, grosimea și felul norilor; stabilitatea sau instabilitatea atmosferei; masele de aer etc. Sondajul aerologic se realizează cu ajutorul aerosonde, dotate cu senzori și care determină diferiți parametri meteorologici cum ar fi: temperatura, umezeala, direcția și viteza vântului, presiunea la diferite înălțimi. În urma analizei diagramelor aerologice și întocmirii hărților de analiză a altitudinii se poate face o prognoză (de tip now casting) pentru orele următoare în sensul evoluției parametrilor meteorologici și totodată a fenomenelor meteorologice. În meteorologie se folosesc nenumarați indici de instabilitate iar în aerologie în special cei de instabilitate termică.

#### **Indicele KI [K-Index]**

Este un indice cu care se poate determina potențialul orajos și cel al ploilor torențiale pentru atmosferă bazându-ne pe rata de descreștere a temperaturii verticale a aerului (prin diferența de temperatură dintre 850 hPa și 500 hPa -  $\Delta t_{850-500}$ ), pe umezeala conținută de straturile inferioare ale atmosferei (asigurată de punctul de rouă la 850 hPa -  $t_{d850}$ ) și pe extinderea verticală a stratului umed (dată de diferența dintre temperatura aerului la 700 hPa și temperatura punctului de rouă la 700 hPa -  $t_{700} - t_{d700}$ ).

Algebric se poate exprima :

$$KI = t_{850} - t_{500} + [ t_{d850} - ( t_{700} - t_{d700} ) ]$$

Indicele KI pune mai bine în evidență convecția care conduce la ploi importante

#### **Indicele CTI [Cross Total Index]**

Acest indice determină transportul orizontal într-o masă de aer instabil

$$CTI = t_{d850} - t_{500}$$

#### **Indicele VTI [Vertical Total Index]**

Acest indice determină transportul vertical al aerului instabil.

$$VTI = t_{850} - t_{500}$$

#### **Indicele TTI [Total Totals Index]**

Este un indice care estimează potențialul unei convecții severe. Pentru un mediu atmosferic dat, el combină efectele ratei de scădere a temperaturii aerului pe verticală, VT, cu umezeala din atmosfera inferioară, CT. Indicele TT se obține din formula:  $TTI = VTI + CTI$ , unde  $VTI = t_{850} - t_{500}$  și  $CTI = t_{d850} - t_{500}$

$$TTI = t_{850} + t_{d850} - 2 t_{500}$$

Valori ale indicilor de instabilitate analizați.

**a)** Când valoarea indicelui VTI este mai mare de 25, apariția furtunilor puternice are o probabilitate de 62 %.

**b)** Pentru indicele TTI vom avea:

- în cazul valorilor mai mari de 50, apariția furtunilor puternice (averse însoțite de descărcări electrice) are o probabilitate de 74 %.

- valori cuprinse între 45 și 49 apariția furtunilor moderate (averse însoțite de descărcări electrice), cu probabilitate de 64 %.

- valori mai mici de 44 apariția furtunilor (averse însoțite de descărcări electrice) cu probabilitate de sub 38 %.

**c)** Pentru indicele CTI vom avea:



- valori mai mari de 24 - apariția furtunilor puternice are o probabilitate de 80 %.
- valori cuprinse între 20 și 24 - apariția furtunilor moderate (averse însoțite de descărcări electrice) are o probabilitate de 67 %.
- valori sub 19 - apariția furtunilor (averse însoțite de descărcări electrice) are o probabilitate de sub 37 %.

**d)** Pentru indicele KI vom avea:

- valori mai mari de 35 apariția furtunilor puternice care au probabilitate de 95%.
- valori cuprinse între 30 și 35 apariția furtunilor moderate (averse însoțite de descărcări electrice) cu probabilitate de 85 %.
- valori cuprinse între 25 și 30 - apariția furtunilor moderate (averse însoțite de descărcări electrice) are o probabilitate de 70 %.
- valori mai mici de 25 - apariția furtunilor (averse însoțite de descărcări electrice) are o probabilitate de sub 50 %.

## **CAPITOLUL 4**

### **Estimarea precipitațiilor cu ajutorul Radarului Doppler WSR-98D**

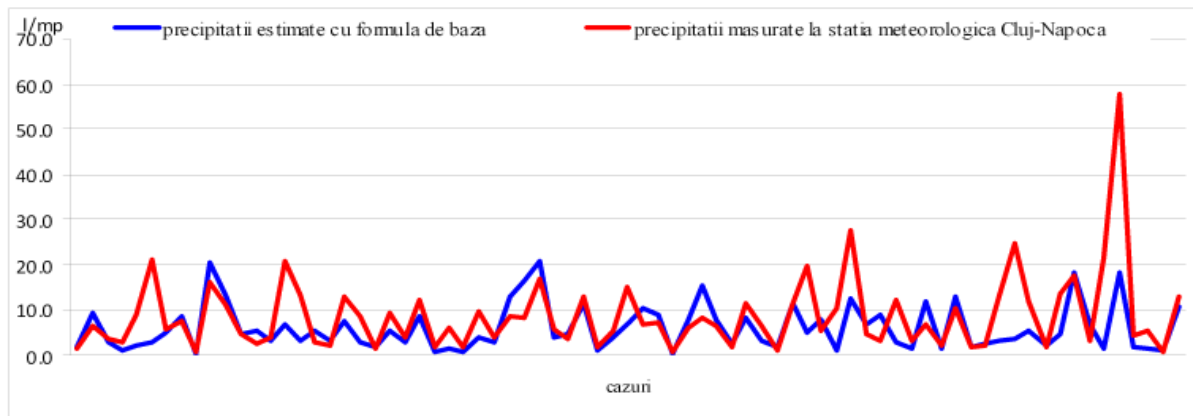
Radarul meteorologic este, alături de celelalte echipamente de detecție, unul dintre cele mai moderne și mai precise mijloace de investigare a atmosferei. Estimarea precipitațiilor care se vor produce la suprafața pământului, estimarea distribuției acestor precipitații în bazinele hidrologice și furnizarea de date necesare inițializării modelelor de ploaie, scurgere și prognoză hidrologică, necesare pentru evitarea unor catastrofe naturale precum inundațiile se numără printre cele mai utile aplicații ale radarului meteorologic. Exploatarea diferențelor dintre precipitațiile, obținute din datele provenite de la radarul Doppler WSR-98D de la Bobohalma, lângă Târnăveni, și cele măsurate la stația meteorologică automată de la Cluj-Napoca, sunt elemente esențiale pentru a obține relații care să aproximeze cât mai bine cantitățile de apă cu ajutorul unor parametri detectați de radarul meteorologic față de realitatea din teren. Motivul care a stat la baza realizării acestei comparații a fost acela de a identifica un algoritm folosind valorile detectate sau prelucrate de radar pentru determinarea ratei de precipitație și în final determinarea cantităților de apă ce ar putea să afecteze un anumit areal.

Ca zonă de studiu a fost luat un careu de arie de 25 km<sup>2</sup> centrat în punctul stației meteorologice Cluj-Napoca. Distanța stație meteorologice Cluj-Napoca față de radarul de la Bobohalma este de aproximativ 70 km. Precipitațiile înregistrate la stație, extrase din TM13, în funcție de ora și durata acestora s-au comparat cu precipitațiile estimate din date radar, în mai multe moduri, în funcție de valorile de reflectivitate, VIL, înălțimea norului sau viteza de deplasare. Aceste valori folosite au fost extrase din parametrii nucleilor de furtună care au fost identificați că au traversat careul de 25 km<sup>2</sup> luat în studiu. Utilizând date radar extrase din produsul 38 de reflectivitate compozită, s-au analizat nucleele de furtună care s-au aflat în careul considerat. S-au cuantificat nucleele de furtună care au trecut prin acest careu în funcție de data și ora la care se aflau. Valorile extrase din aceste nuclee au fost extrapolate pentru întreg careul analizat. Deci analiza se va realiza pe un pixel cu valori omogene pe toată suprafața lui.

În calculul ratei de precipitare, s-a folosit o formulă dată de relația dintre Z și R:  $R = aZ^b$ , unde R-rata de precipitație, Z – reflectivitatea, a= 0,017 și b= 0.714.

S-au determinat alte două formule:  $R_{VIL} = (a \cdot Z^b \cdot VIL) / V$  sau  $R_H = (a \cdot Z^b \cdot H) / V$ ,

unde VIL ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) este volumul de apă de pe coloană, H (km) înălțimea norului și V ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) viteza de deplasare a norului.



\Figura 1. :Estimarea precipitațiilor utilizând formula  $R=aZ^b$



Figura 2: Estimarea precipitațiilor utilizând formula  $R_{VIL}=(a\cdot Z^b\cdot VIL)/V$

Pentru 75 de situații au fost calculate precipitațiile cu ajutorul celor trei formule, R,  $R_{VIL}$  și  $R_H$ . În situația în care s-a folosit formula de bază se observă în general o subestimare a precipitațiilor rezultate din date radar față de cele înregistrate de pluviometru stației și este de 30,9 %. (figura 1).

În celelalte două situații considerate s-a observat în general o supraestimare a precipitațiilor. Astfel în situația în care s-au folosit valorile lui VIL, cu toate că este un produs derivat din reflectivitate, a dus la o supraestimare față de valorile măsurate cu 35.3 % figura 2. În situația în care valoarea maximă a reflectivității a fost amplificată pe toată coloana norului, adică s-a introdus înălțimea norului în loc de VIL, supraestimarea este în medie de 7%. Figura 3.

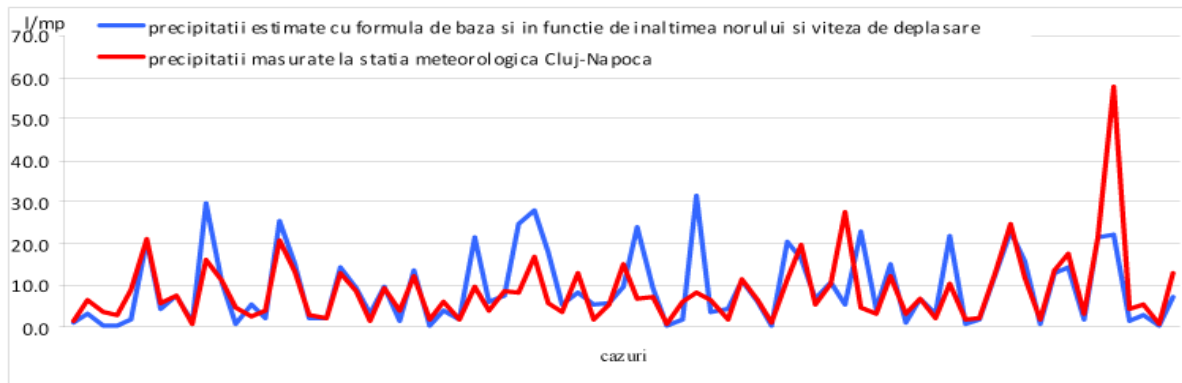


Figura 3: Estimarea precipitațiilor utilizând formula de  $R_H=(a \cdot Z^b \cdot H)/V$

Este de așteptat ca cantitatea de apă estimată cu ajutorul parametrilor detectați de radar să fie în general mai mare decât cea măsurată datorită neomogenității arealului și extinderea orizontală a norului. Se poate considera că supraestimarea precipitațiilor radar realizată cu ajutorul formulelor  $R_{VIL}$  și  $R_H$  față de cele înregistrate să se apropie de realitatea din teren.

## CAPITOLUL 5

### Studierea ecurilor Radar –Doppler în scopul estimării precipitațiilor

Rezoluția fină, spațială și temporală, permite o analiză statistică detaliată a evoluției ecurilor convective. Produsul de bază al radarului meteorologic este distribuția spațială a reflectivității, având intensitatea proporțională cu mărimea și densitatea particulelor de nori și cu intensitatea precipitațiilor. Se consideră că un nor cu reflectivitatea mai mare sau egală cu 50 dBz este un nor matur și deci pot exista precipitații.

Zonele de deal și de munte sunt afectate deseori de fenomene meteorologice periculoase ca și aversele de ploaie puternice asociate cu inundații rapide, căderi de grindină și intensificări de vânt în timpul verii. Mișcările ascendente pe pantele expuse vântului, zonele de convergență pe partea adăpostită a muntelui, sursele de căldură pe pantele însorite au influențe mari asupra dinamicii activității convective, și au un rol semnificativ în determinarea zonelor favorabile inițierii convecției și evoluției ulterioare a celulelor convective.

Au fost calculate frecvențele relative pe ore și nivele. Variația diurnă a distribuției frecvențelor relative a fost analizată prin descompunerea Fourier. Au fost calculate amplitudinile orare ale armonicilor de ordin 1 și 2, și au fost determinate intensitățile maxime ale acestora și orele la care acestea se realizează.

Analiza hărților cu frecvențele relative orare cu amplitudinile mai mari decât 0,002% ale variației diurne pune în evidență câteva caracteristici statistice ale activității convective din perioada de vară, în aria de acoperire a radarului RDOD. În figura 4 se vede că între orele 05:30 și 07:30 în jumătatea estică, nord-estică și în extremitatea sudică a ariei de acoperire activitatea convectivă este minimă. Maximul din nordul și nord-vestul Munților Zarandului și zone de pe versanții vestici al Munților Codru Moma, Padurea Craiului și Șes.

Se impune observația că începând cu ora 07:30 frecvența activităților convective se amplifică în arealul vârfurilor înalte respectiv creasta Vlădeasa-Bihor-Găina (mai ales în arealul vestic al Vlădesei unde sunt semnalate amplitudini ale variației diurne mai mari de 0,045 % și chiar de 0,070 – 0,892 %. (figura 4 și figura 5).

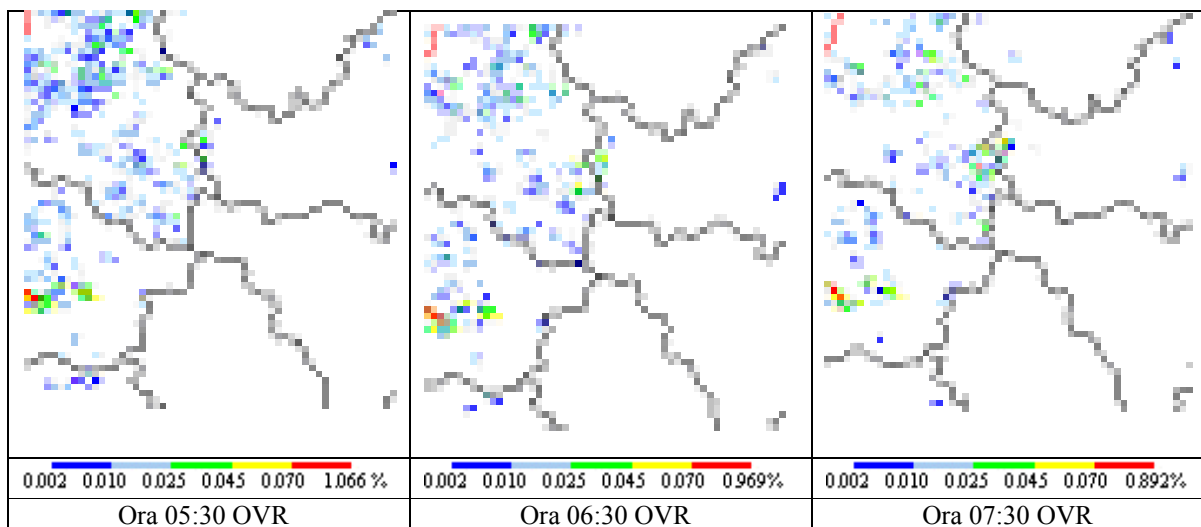


Figura 4. Frecvențele relative ale armonicii compozite de ordin 1 (prelucrare Maier)

În zona Munților Apuseni la 08:30 apar primele semne de formare a nucleelor convective intense mai ales în partea central-estică, ceea ce confirmă fenomenul de încălzire a expozițiilor estice începând cu primele ore ale dimineții.

În intervalul 11:30 – 13:30 OVR (figura 6) maximul din zona Munților Vlădeasa continuă să persiste, iar extinderea spre est continuă și chiar se intensifică. La 12:30 se vede un maxim nou format în zona estică a Munților Meseșului (Depresiunea Almaș-Agrij), care la 13:30 apare mult intensificat. În acest interval temporal, pe lângă arealul cu puternică convecție din estul Munților Meseș se mai evidențiază, punctiform, masivele montane cu înălțimi ce se contrastează față de arealele învecinate (Vlădeasa, Bătrâna, Bihor, Găina).

Între orele 14:30 – 16:30 OVR ( figura 7) convectivitatea păstrează caracteristicile perioadei temporale precedente respectiv menținerea puternicului areal sălăjan cu o deplasare spre est în regiunea deluroasă a Depresiunii Agrij – Almaș; apariția unor noi nuclee de convecție în Metaliferi (Măgura Ciunganilor, Căraci, Masivul Malului).

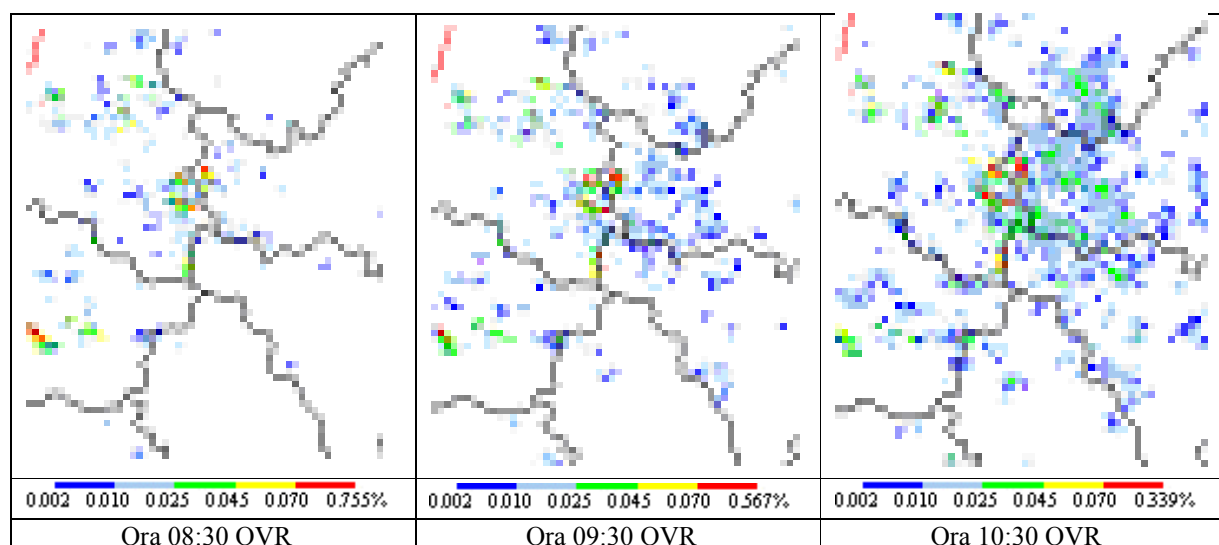


Figura 5. Frecvențele relative ale armonicii compozite de ordin 1 (prelucrare Maier)

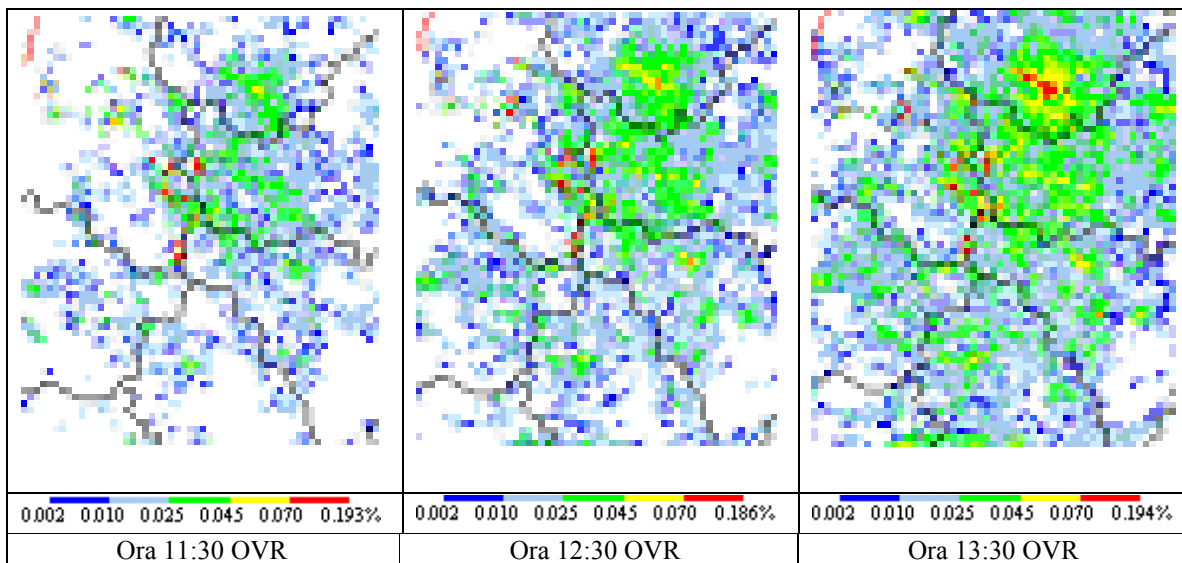


Figura 6. Frecvențele relative ale armonicii compozite de ordin 1 (prelucrare Maier)

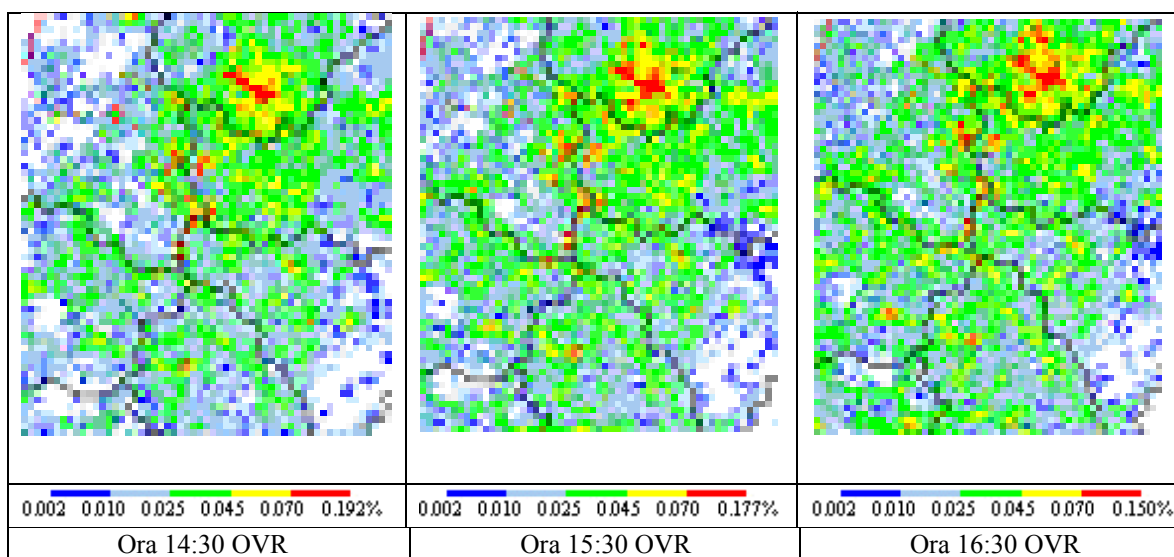


Figura 7. Frecvențele relative ale armonicii compozite de ordin 1 (prelucrare Maier)

Figura 8 arată că în intervalul 17:30 – 19:30 OVR scad frecvențele în zona Munții Vlădeasa și în vestul județelor Cluj și Alba. Activitatea convectivă slăbește treptat și în județul Sălaj unde la sfârșitul intervalului există doar două maxime slabe, izolate și care corespund arealului montan al Meseșului.

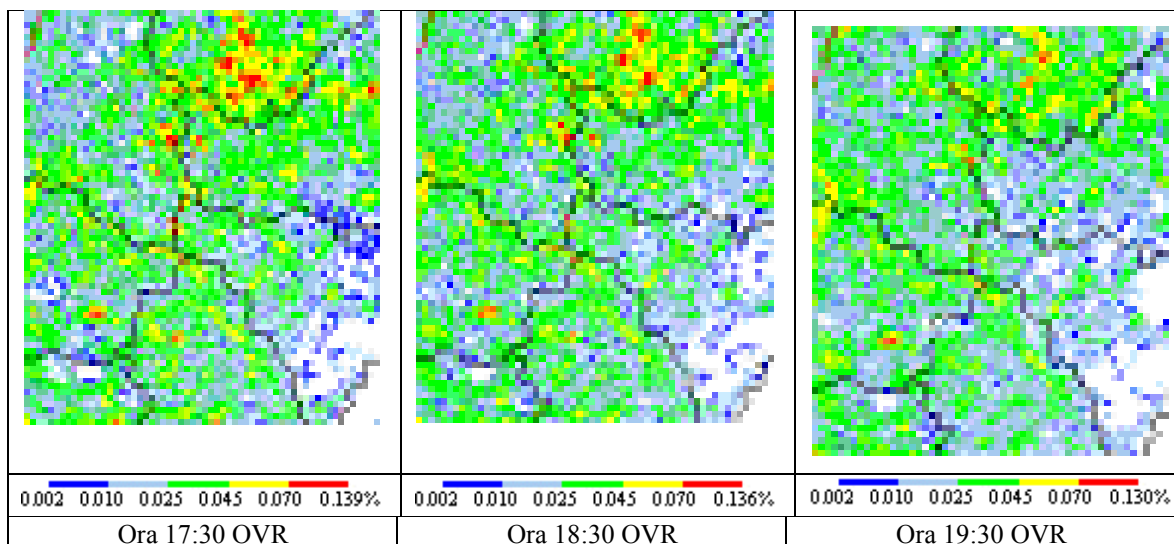


Figura 8. Frecvențele relative ale armonicii compozite de ordin 1 (prelucrare Maier)

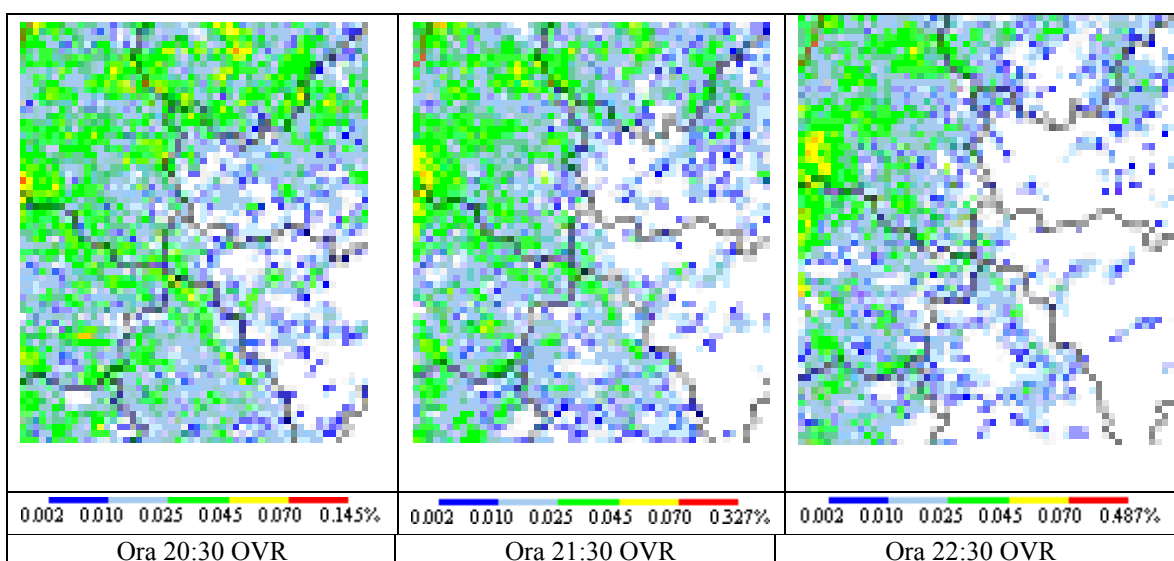


Figura 9. Frecvențele relative ale armonicii compozite de ordin 1 (prelucrare Maier)

În intervalul 20:30 – 22:30 (figura 9) în sectorul estic al ariei de acoperire frecvențele relative continuă să scadă. În zonele de câmpie din vestul țării se remarcă o stare generală de staționaritate cu câteva maxime locale, excepție făcând zonele de pe versanții estici ai Apusenilor unde se remarcă stingerea totală a convectivității.

În intervalul 23:30 – 01:30 (figura 10) aria activității convective continuă să se restrângă, dar rămân active maximele din vestul județului Arad (arealul fiind situat în afara spațiului montan) prezentând chiar o creștere a frecvențelor relative. În Apuseni se mai menține activă convecția în spațiul Bihorean (Munții Codru Moma) dar cu frecvențe, în general, mici între 0,002 și 0,025 %.

Figura 11 prezintă distribuția frecvențelor relative la orele 02:30, 03:30 și 04:30. Se vede că pentru sectorul estic al Apusenilor este o perioadă a activității convective minime. Maximele din Munții Zarandului continuă să persiste.

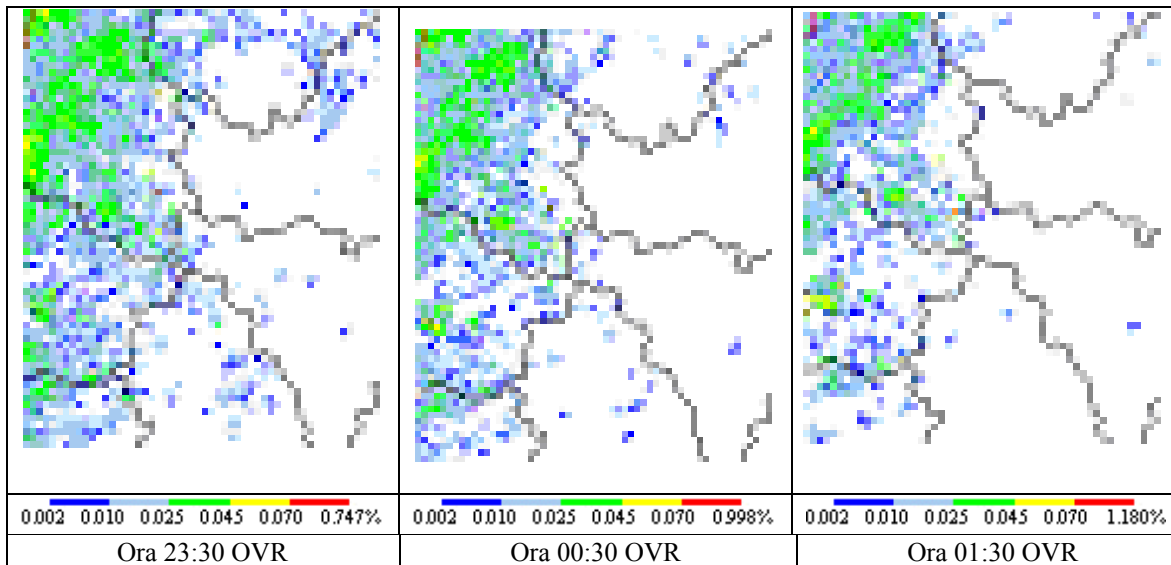


Figura 10. Frecvențele relative ale armonicii compozite de ordin 1. (prelucrare Maier)

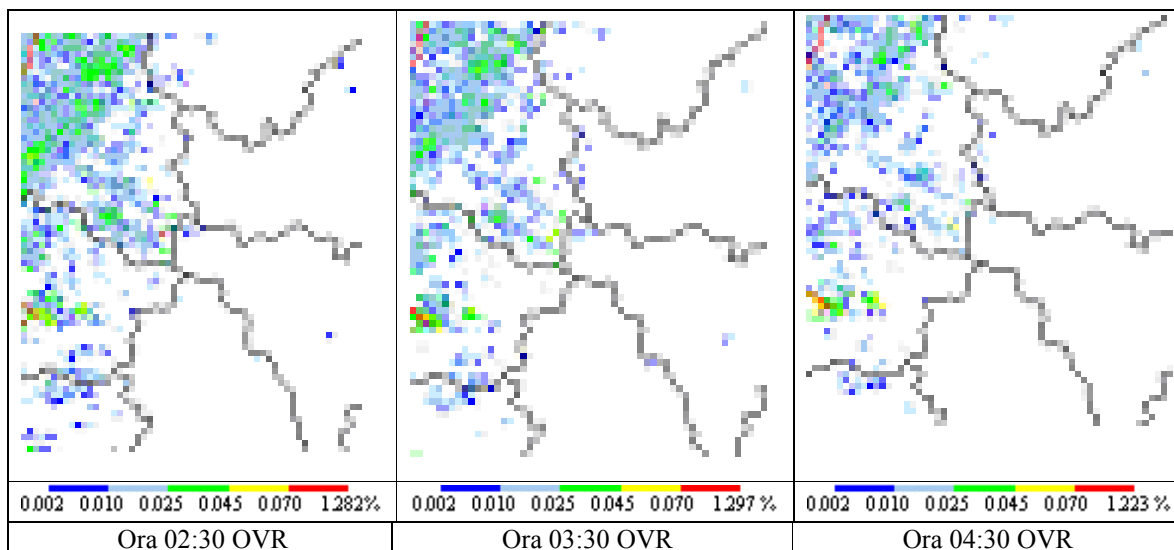


Figura 11. Frecvențele relative ale armonicii compozite de ordin 1. (prelucrare Maier)

### Dezvoltarea și evoluția a sistemelor convective cu potențial de producere a grindinei în zona Munților Apuseni

Teoriile despre formarea grindinei în norii convectivi sunt complexe și incomplete motiv pentru care prevederea și detecția acestora sunt sarcini dificil de realizat în regim operativ. Pe de altă parte, datele de răspuns în timp real nu sunt precise iar verificările sunt dificil de realizat. Zonele în care există date și studii climatologice locale, legate de grindină, sunt adesea condiționate de interesul pentru pagubele ce se produc asupra unor anumite bunuri (de exemplu agricole). Pe lângă aceasta ar trebui menționat că zona unde cade grindina este o porțiune mică în comparație cu mărimea zonei active a furtunii. Hărțile actuale, care reprezintă repartiția grindinei pe teritoriul României (Clima României 2008) (figura 14), sunt realizate cu ajutor datelor de la stațiile meteorologice. Rețeaua de stații meteorologice este destul de rarefiată pentru a putea să acopere întregul teritoriul. Astfel pentru a acoperi acest neajuns s-a folosit radarul meteorologic, utilizând datele acestuia pentru a realiza hărți statistice care să prezinte o imagine cât mai detaliată a zonelor în care există o probabilitate mare să cadă grindina.

Crearea unei climatologii radar a arealelor în care sunt detectate condițiile de producere a grindinei se impune datorită rezoluției tempo-spațiale fine. Influențele locale asupra circulațiilor convective se datorează aspectelor topografice, ca efectele dinamicii munte-campie, efectele mișcărilor ascendente pe pantele expuse vântului, zonele de convergență pe partea adăpostită a muntelui și sursele de căldură pe pantele însorite. Analiza evidențiază rezultatul cunoscut că efectele dinamice ale munților au un impact semnificativ asupra curgerii aerului la scară locală, influențând climatul regiunilor adiacente.

Diversitatea și compexitatea Munților Apuseni se reflectă și în numărul mare de procese climatice generate și influențate în principal de relief, care determină dimensiunile acestor modificări, respectiv prin orientarea culmilor față de circulația generală, expoziția versanților față de radiația solară (cu cele mai mari contraste între cei nordici și sudici respectiv cu umbrire și însorire diferite).

S-au realizat hărți de frecvență relativă cu repartitia grindinei în arealul Munților Apuseni, cu pasul de grilă de 5 km. Astfel se obține o rețea de  $190 \times 125 \text{ km}^2 = 23750 \text{ km}^2$ , formată din 950 pixeli a câte  $25 \text{ km}^2$  fiecare, cuprinzând întreg areal al Munților Apuseni și zonele adiacente. Baza de date supusă analizei cuprinde lunile de vară (iunie, iulie și august) între anii 2004 – 2009 de la radarele Doppler WSR-98D de la Oradea și Bobohalma.

Studiul se axează în principal pe o analiză comparativă între zonele cu frecvențe relative mari de apariție a grindinei, determinate prin intermediul datelor de reflectivitate compozită (figura 12) furnizate de cele două radare și imaginea cu repartitia teritorială a grindinei extrasă din Clima României (2008) figura 14. Astfel, sunt identificate arealele comune în care frecvențele relative de apariție a nucleelor de furtună sunt apropiate ca valoare și zonele cu diferențieri majore în repartitia nucleelor.

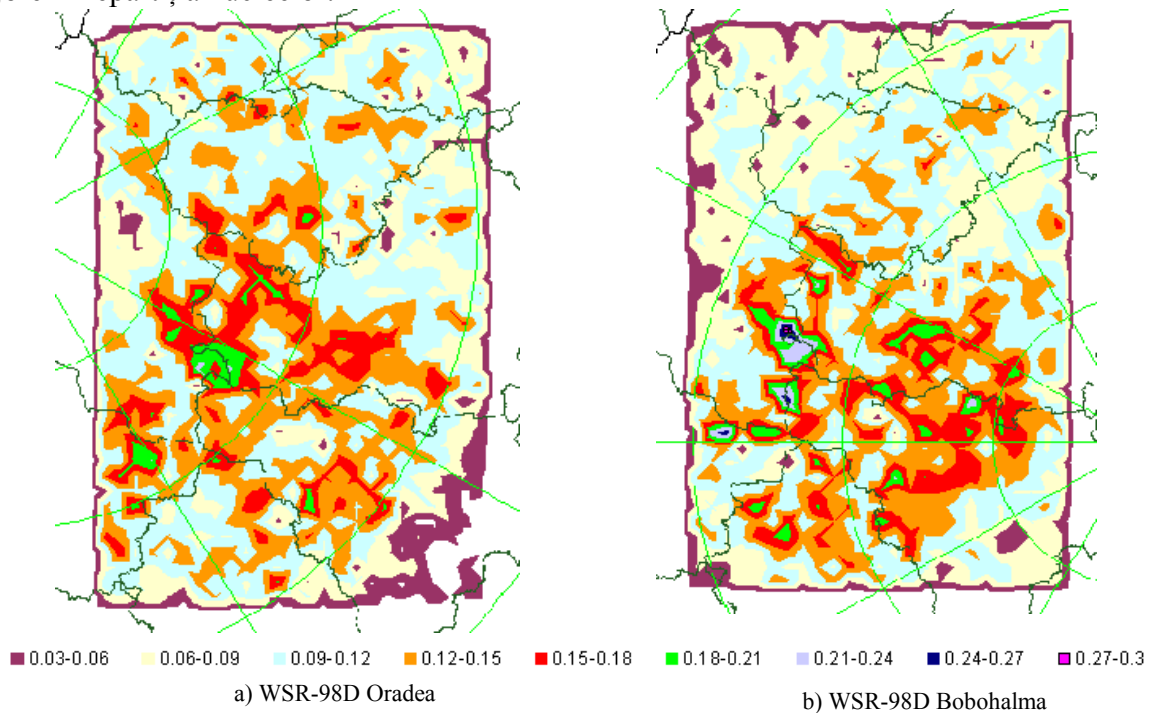


Figura 12 Zona Munților Apuseni - harta cu repartitia generală a grindinei cu ajutorul radarului WSR-98D (realizate de Maier)



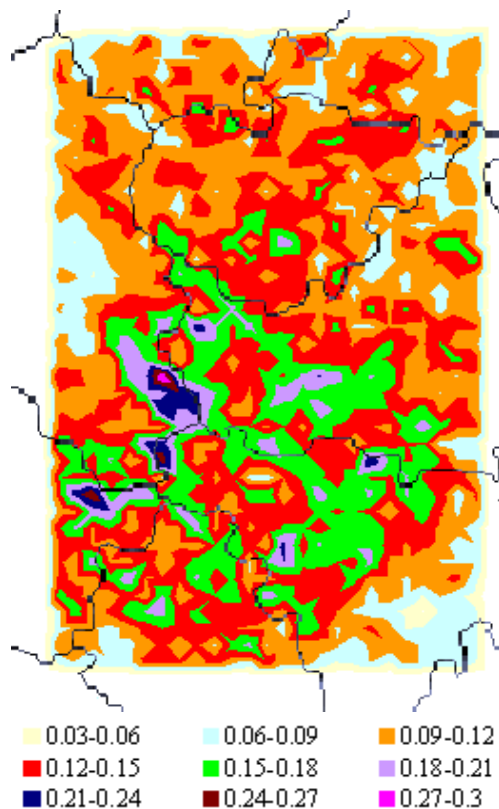


Figura 13. Zona Munților Apuseni - harta compozită cu repartitia generală a grindinei (realizată de Maier)

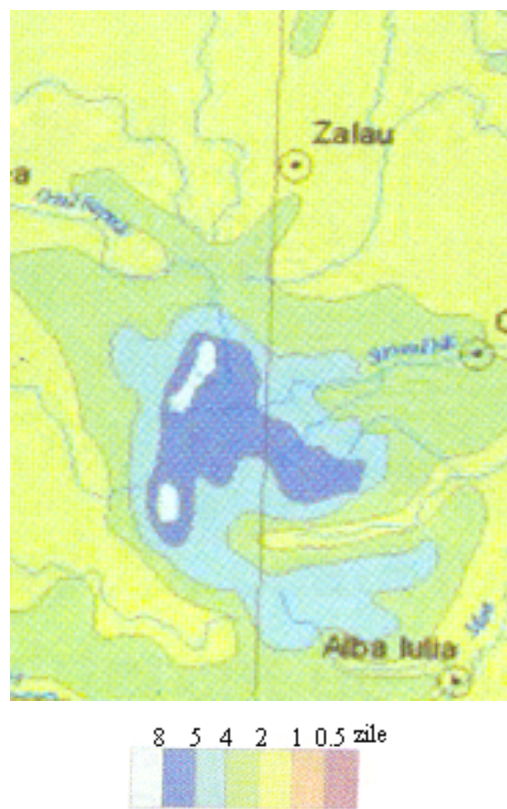


Figura 14. Repartitia teritorială a numărului anual mediu de zile cu grindină (1961-2000) (Clima Romaniei 2008)

Analiza formațiunilor noroase cu conținut de grindină detectate cu ajutorul ecourilor radar evidențiază, în teritoriul Munților Apuseni, areale cu extindere variată a frecvenței de cazuri în funcție de o serie de factori, cum ar fi distanța față de locația radarului, altitudinea diferitelor unități montane, dar și altitudinea formațiunilor noroase cât și grosimea acestora.

Luând în considerare locul pe care îl ocupă Munții Apuseni, „baraj orografic” în calea circulației atmosferice dominante și poziționarea celor două radare Doppler de la Oradea și Bobohalma (ocultarea - scăderea rezoluției în spatele masivelor montane), analiza a dus în final la realizarea unor hărți compozite.

Estimarea producerii grindinei este o nouă sarcină și inovatoare, iar datele obținute pot fi utilizate în mai multe scopuri. Informațiile pot fi utilizate pentru a identifica regiunile cu frecvențe mari de producere a grindinei, iar în aceste cazuri se pot lua și măsurile de prevenire și atenuare cele mai eficiente, având în vedere prejudiciul în creștere creat de grindină unui număr mare de clădiri, mașini sau zone agricole. În ceea ce privește prognoza meteo, avertismentele pot fi adaptate pentru a prezenta pericolul de grindină, regiunile putând fi identificate cu ușurință.

#### **Determinarea cu ajutorul Radarului Doppler a zonelor cu potențial ridicat în inițierea convecției în funcție de circulația la mezoscară**

Identificarea furtunilor, urmărirea și previziunea reprezintă o parte esențială a operațiunii de supraveghere a vremii severe cu radarul meteorologic. Activitatea convectivă apare în mod frecvent în sezonul de vară lunile iunie, iulie și august. Procesele convective se inițiază între două sisteme termodinamice sau între diferite părți ale aceluiași sistem termodinamic. O caracteristică care demonstrează aceste limite, precum și circulația la mezoscară propice pentru convecție, este

umezeala de la nivelul solului. Relațiile dintre umiditatea solului și inițierea convecției au fost validate în studii de modelare, precum și la reanalizarea unor evenimente meteorologice severe. Acest studiu examinează rolul surselor de apă la inițierea convecției prin utilizarea datelor înregistrate timp de 6 ani (2004-2009), în Depresiunea Transilvaniei, de la radarul Doppler (WSR-98D). Locații de inițiere a convecției, pe baza datelor radar, au fost comparate cu zonele cu surse de apă. Zonele în care se inițiază convecția au fost clasificate, de asemenea pe baza caracteristicilor mezoscalare extrase din sondajul aerologic de la Cluj-Napoca din aceeași perioadă.

Curenții de aer de la munte pot declanșa dezvoltarea unor sisteme convective în zonele depresionare și câmpiile adiacente, dacă găsesc ingredientele necesare. Aceste procese pot fi observate pentru anumite circulații ale atmosferei și în zona de contact dintre Munții Apuseni și Depresiunea Transilvaniei. Astfel anumite formațiuni noroase care se dezvoltă în zona montană se deplasează spre zona depresionară a Transilvaniei unde deasupra unor anumite areale se intensifică din nou. Aceste areale au de regulă în zonă și „rezervoarele” (lacuri) necesare inițierii convecției.

Arealul de acoperire a RDBB este de 166106 km<sup>2</sup>. Dintre produsele recepționate de la acest radar s-a folosit produsul 38, de reflectivitate compozită. Pentru determinarea zonelor cu potențial ridicat în inițierea convecției, dintre nucleele de furtună detectate s-au selectat doar acelea care au fost indentificate pentru prima dată, adică, primele ecouri cu anumiți parametri. Nucleele analizate s-au cuantificat într-o rețea având pasul de grilă de 25 km. Hărțile astfel realizate sunt compuse dintr-o rețea de 6644 de pixeli de arie de 25 km<sup>2</sup>. Aria de acoperire a acestor pixeli este de 166100 km<sup>2</sup>. S-au obținut hărți de frecvență absolută cu zonele în care apar cele mai multe nuclee inițiale de furtună. Din cele 1.267.762 nuclee detectate în cele 18 luni luate în calcul, au fost analizate 152.538 nuclee de furtună. Pentru a scoate în evidență particularitățile anumitor zone s-au construit hărți și în funcție de circulația la mezoscară.

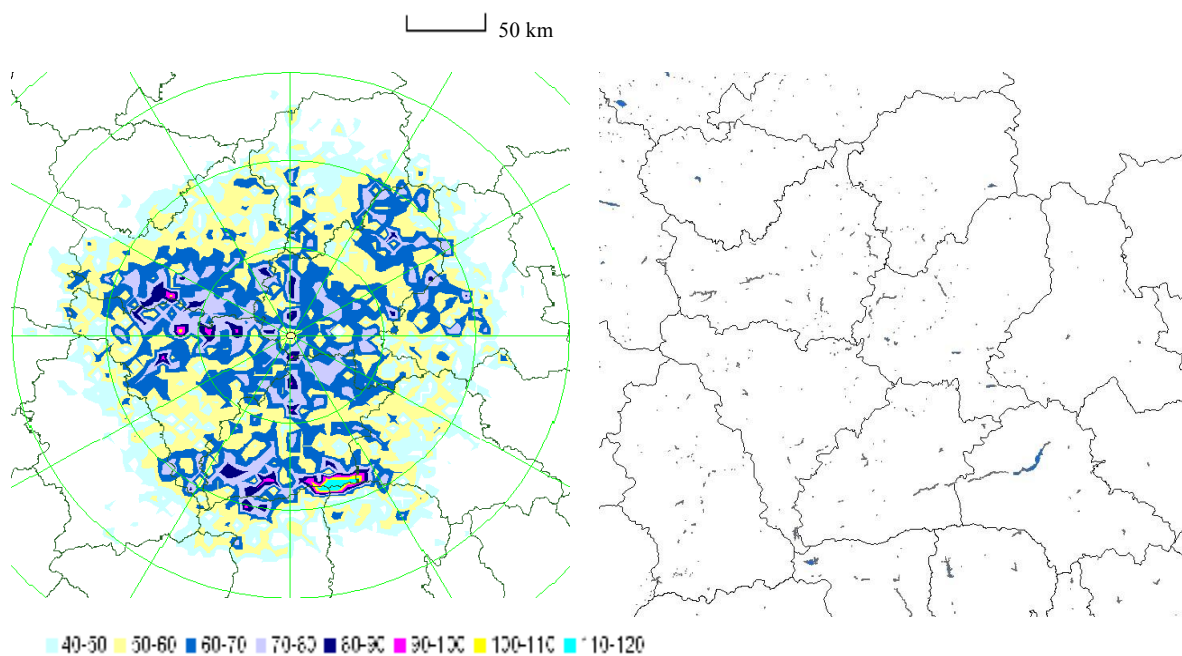


Figura 15. Harta de frecvență absolută cu repartiția primelor nuclee de furtună (stânga, realizat Maier) și hartalacurilor (dreapta, realizat ABAST) în arealul acoperit de RDBB

În determinarea circulației la mezoscară s-au folosit date provenite din sondajul aerologic de la Cluj-Napoca. Dintre aceste date s-au selectat doar coordonate vântului (direcția și viteza) la nivele izobarice standard. Astfel aceste coordonate, selectate, ale vântului au fost transformate în coordonate scalare. Direcția s-a obținut prin însumarea vectorială a vitezei vântului de la nivelele izobarice standard de 850 hPa, 700 hPa și 500 hPa.

Zonele cu frecvențele absolute mari, cu peste 60 de cazuri, de apariție a primelor nuclee de furtună se suprapun peste areale în care se regăsesc și bogate surse de umezeală, și anume lacuri atât antropice cât și naturale

Analiza arealelor cu frecvențe mari de inițiere a convecției este realizată pentru fiecare din cele 8 direcții considerate.

Pentru circulația vestică zonele în care se inițiază convecția în funcție de frecvența de apariție sunt grupate pe unități geografice:

- Depresiunea Agrij-Almaş cu valori de până la 20 cazuri. Frecvenţele cele mai mari grupându-se pe versanţii vestici ai Dealurilor Clujului şi Dejului;
- Podişul Someşean de înscrie cu areale, în care apar primele nuclee de furtună, cuprinse între 10 şi 25 cazuri, cu cele mai multe cazuri în zona lacurilor de lângă Dej şi Beclean;
- Podişul Târnavelor şi Câmpia Sărmaşului se evidenţiază cu areale cu nuclee de până la 30 cazuri. Valorile cel mai mari se suprapun peste Lacul Zau în Câmpia Sărmaşului, valea Mureşului (cu salba de lacuri de atenuare de pe Mureş) şi Târnavă Mare (Lacul Brăteiu);
- Culoarul Sebeşului şi Depresiunea Sibiului cu până la 25 cazuri în zona lacurilor de acumulare de pe Sebeş şi lacurile miniere de la Ocna Sibiului;
- Munţii Apuseni cu depresiunile intramontane aferente ies în evidenţă cu areale mari şi compacte cu valori de peste 20 cazuri. Cele mai mari valori se regăsesc pe: versanţii nordici ai Muntelui Mare ca rezultat al ascensiunii aerului cald şi umed rezultat de pe marile lacuri de acumulare Fântânele, Târniţa şi Gilău; culoarul Câmpeni-Turda pe valea Arieşului şi zona lacurilor miniere de la Roşia Montană şi Turda.

## **CAPITOLUL 6**

### **Studii şi analize de caz**

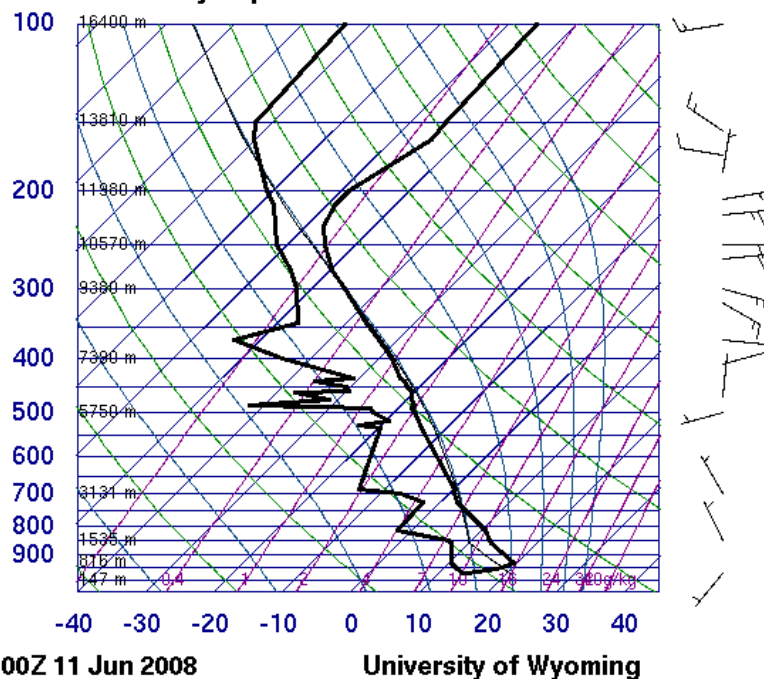
Odată cu creşterea rezoluţiei spaţiale şi temporare ale observaţiilor meteorologice creşte şi capacitatea de a monitoriza şi prognoza aspecte legate de fenomenele meteorologice mezoscalare. Un aspect care a câştigat un interes crescut din partea beneficiarilor este predicţia pe termen scurt a arealelor unde se vor produce precipitaţii abundente. Deoarece furtunile convective sau cele frontale (îndeosebi cele post şi prefrontale) sunt însoţite de schimbarea rapidă a vremii şi produc fenomene meteorologice severe care au de cele mai multe ori un impact negativ asupra activităţii şi vieţii umane, există o nevoie critică de a prognoza cu acurateţe dezvoltarea, evoluţia şi deplasarea lor.

Scopul urmărit este acela de a monitoriza evoluţiile sistemelor mezoscalare în funcţie de direcţiile de circulaţie a atmosferei în zona de studiu. Pentru acest deziderat s-au analizat diferite situaţii sinoptice prin care se scoate în evidenţă legătura dintre structura verticală a atmosferei, gradul de instabilitate şi evoluţia sistemelor convective determinate cu ajutorul radarului Doppler.

#### **Situaţia din data de 11 iunie 2008 (Mărişel)**

În tabelul 1 sunt prezentate procentele de apariţie a precipitaţiilor, valori rezultate din studiul indicilor de instabilitate termică, calculaţi din datele măsurate de sondajul aerologic din data de 11 iunie 2008 ora 00 UTC figura 16).

### 15120 LRCL Cluj-Napoca



00Z 11 Jun 2008

University of Wyoming

Figura 16 Structura verticală a atmosferei

Tabel 1

Indice	Valoare	Procent
CTI	23,7	67% ([20,24])
TTI	53,4	71% ([45,54])
VTI	29,7	82% (>29)
KI	28,5	72% ([28,29])

Cantități de apă înregistrate la stațiile meteorologice și pluviometrice:

Tabel 2

Stația meteorologică	Cluj-Napoca	Dej	Huedin	Turda	Băișoara	Vlădeasa 1800	Vlădeasa 1400
l/mp	13	0,5	1	0,6	8	0,7	-

– Mărișel 44 l/mp, Baraj Mănăștur 19,3 l/mp

Situația sinoptică din data de 11 iunie 2008. Figura 17 La o primă vedere situația barică din altitudine și de la sol nu ar indica o activitate convectivă deosebită. Astfel, la sol este un câmp baric relativ ridicat la fel și la 850 hPa cât și la 500 hPa. Ceea ce ne dă un semnal că sunt posibile dezvoltări cumuliforme în cursul după-amiezii sunt indicii de instabilitate calculați din sondajul aerologic de la ora 00 UTC cu valori de peste 82 % probabilitate de apariție a fenomenelor convective.

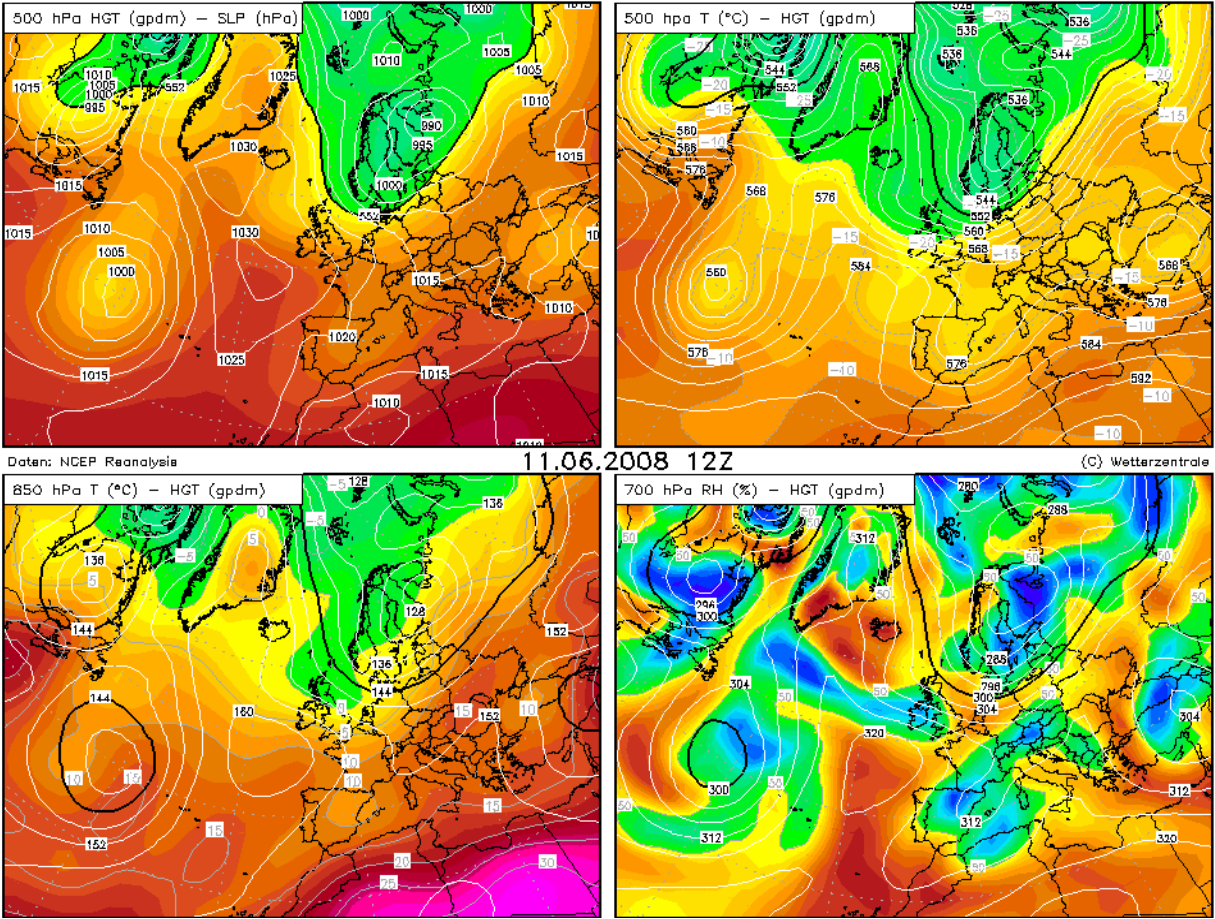


Figura 17 Configuratia barică, termică și umezeala: în stânga sus geopotențialul de la 500 hPa și presiunea de la nivelul mării; în stânga jos geopotențialul și temperatura de la 850 hPa; în dreapta sus temperatura și geopotențialul de la 500 hPa iar în dreapta jos geopotențialul și umezeala de la 700 hPa(arhiva Wetterzentrale)

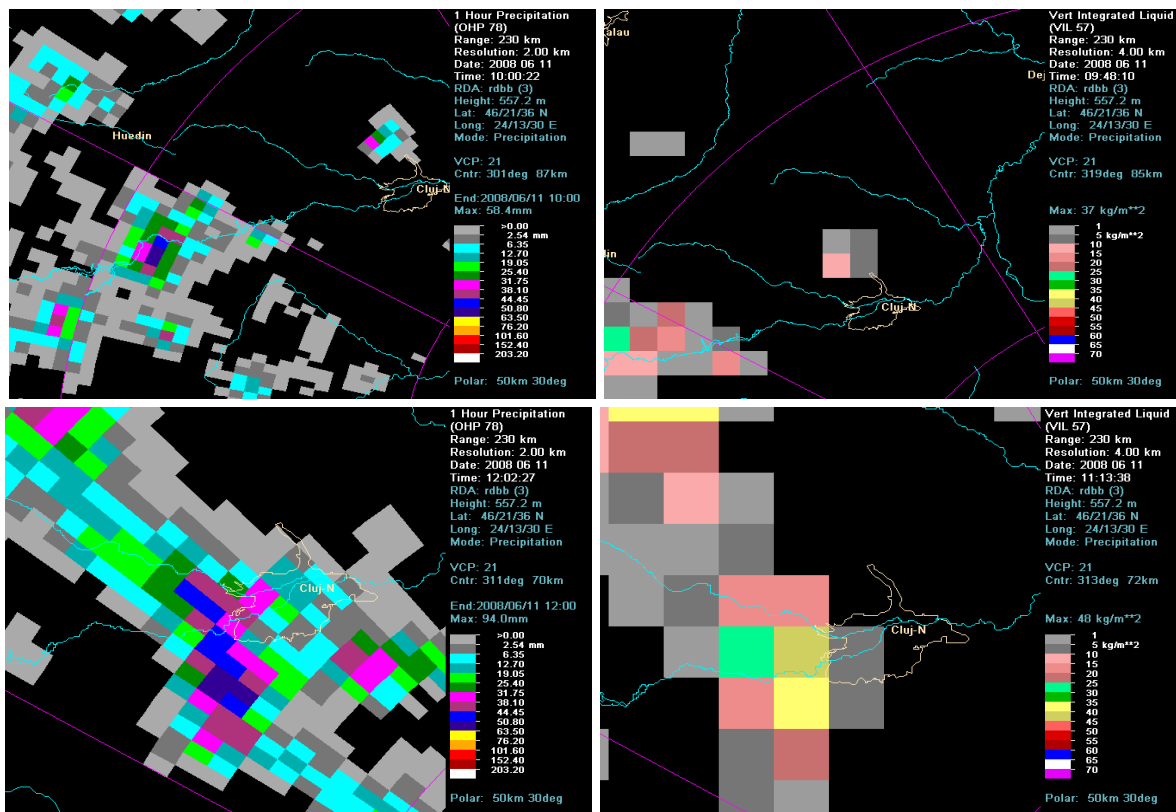


Figura 18. Harta precipitațiilor radar (stânga) și VIL (dreapta) (prelucrare Maier)

Slaba activitate convectivă din cursul dimineții este compensată cu intensificarea acesteia în orele amiezii îndeosebi în zona Munților Apuseni, figura 19. Activitatea convectivă continuă în cursul serii în estul Depresiunii Transilvaniei, datorită încălzirii diurne a versanților vestici ai Munților Călimani, Gurghiu, Harghita și ai Meridionalilor.

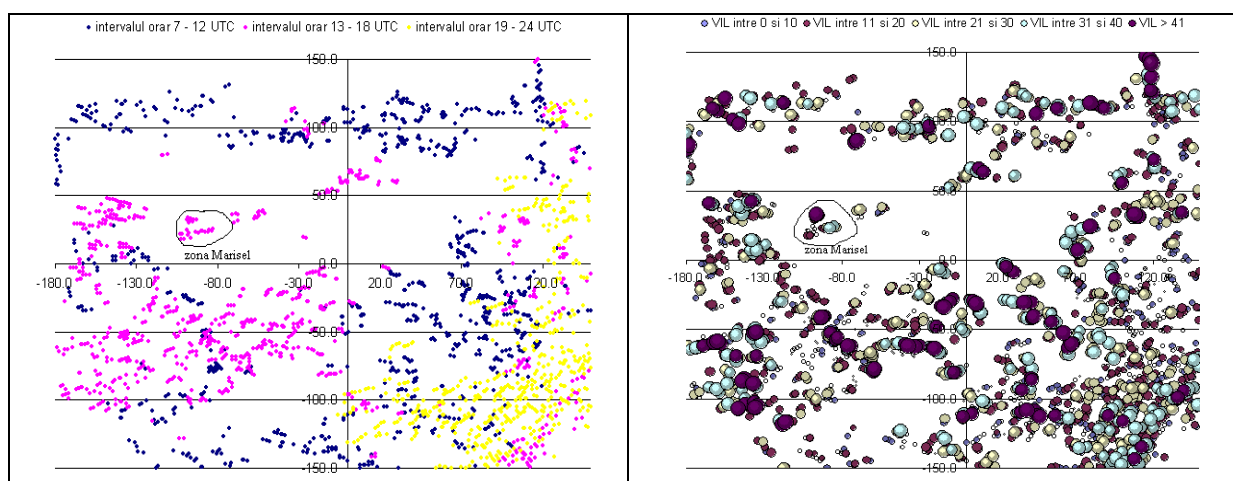


Figura 19. Harta nucleelor de reflectivitate maximă (stanga) și VIL (dreapta) din ziua de 11 iunie 2008 (prelucrare Maier)

O altă particularitate a acestei situații este aceea de izolare a nucleelor într-o zonă montană închisă și cu rezervoare (lacurile de acumulate de pe Someșul Cald) pentru norii aflați în dezvoltare.

## Concluzii și perspective

Cunoașterea modului de realizare a ieșirilor din modelele numerice, capacitatea și granițele de încredere în acestea, duc la creșterea procentajului de reușită a prognozelor meteorologice, totodată și a avertizării populației cu privire la apariția de fenomene meteorologice severe aparând astfel viața și bunurile lor.

Existența unui relief farâmițat și neomogen cum este cel al Munților Apuseni și care influențează mișcările atmosferei îndeosebi la scară sinoptică în statul limită planetar, a dus la dezvoltarea unor modele numerice care să descrie și să ia în calcul efectele orografice locale.

În prognozarea unei situații de instabilitate pentru un anumit areal (de exemplu Munții Apuseni) se pornește de la studiul situație generale a atmosferei folosind modele numerice la scară sinoptică, ca mai apoi să se folosească modele orografice.

Există o gamă largă de probleme legate de prognoza fenomenelor severe și în special al cantităților de precipitații. O mare parte din aceste probleme de anticipare și de localizare, a fenomenelor meteorologice severe, sunt rezolvate cu ajutorul sondajului aerologic și anume utilizând diagrama Skew-T logarimică. Astfel se poate evalua potențialul convectiv și gradul de severitate a viitorului fenomen meteorologic (vânturi puternice, temperaturi extreme, tipuri de precipitații, etc) care se vor desfășura, prin identificarea anumitor structuri, valori sau combinații ale parametrilor meteorologici din compoziția diagramei Skew-T.

Viiturile și grindina mare sunt unele din cele mai mari pericole pe care le creează o furtună severă în România și în special în arealul Munților Apuseni.

Rata de precipitații într-un anumit punct este proporțională cu amploarea fluxului de umiditate vertical. Acest lucru înseamnă creșterea conținutul de vapori de apă și viteze mari ascendente. Atmosfera trebuie să fie condiționat instabilă și trebuie să existe un mecanism prin care aerul cald, umed se va ridica la nivelul său de convecție liberă. Parametrii diagramei Skew-T cum ar fi: profilul vertical de temperature (apropiat de adiabata umedă, nivel scăzut de umiditate (în special în jumătatea inferioară a troposferei), valorile mari ale diferiților indici de instabilitate: KI (> 35), TTI (> 50), VTI (>25) și CTI (>24).

Rezultatele arată că analiza seriilor temporale ale reflectivităților – chiar și pe o perioadă relativ scurtă de 3 ani – poate furniza informații cantitative privind caracteristicile circulațiilor convective locale. S-a aratat ca principalele influente locale asupra circulațiilor convective se datorează aspectelor topografice în aria de acoperire a radarului RDOD sau RDBB, ca efectele dinamicii munte-câmpie, efectele mișcărilor ascendente pe pantele expuse vântului, zonele de convergență pe partea adăpostită a muntelui și sursele de căldură pe pantele însorite. Analiza evidențiază rezultatul cunoscut că efectele dinamice ale Munților Apuseni au un impact semnificativ asupra curgerii aerului la scara locală, influențând climatul regiunilor adiacente.

Au fost localizate zonele cu potențial convectiv ridicat favorabile dezvoltării și evoluției activității convective în sezonul de vară. Cunoașterea zonelor cu frecvențe relative mari de apariție a furtunilor, precum și a orelor din cursul zilei când activitatea convectivă își atinge maximul, poate fi benefică în activitatea de „now casting”.

Rezultatele pun în evidență o variabilitate mezoscalară clară în apariția furtunilor, precum și caracteristicile statistice distincte ale zonelor cu potențial convectiv ridicat sau scăzut. Tot odată, studiul pune în evidență semnale puternice diurne și semidiurne în câmpul reflectivităților  $\geq 50$  dBz din sezonul de vară. În general, zona de munte prezintă un maxim în activitatea



convectivă în primele ore ale după amiezii. Totuși, structura fină a imaginii cu orele de realizare a amplitudinilor maxime este corelată cu topografia locală. Aceste variații de fază sunt determinate de circulațiile locale de munte-vale, care influențează timpul de inițiere al furtunilor.

S-a confirmat rezultatul cunoscut că ciclul diurn al fenomenelor convective variază cu altitudinea și că frecvent celulele convective se organizează în zona montane înalte și apoi se propagă spre zonele joase, determinând în zonele de câmpie un maxim nocturn în activitatea convectivă. Astfel, în zonele montane activitatea convectivă este mai intensă în orele prânzului și primele ore ale după amiezii, iar în zonele de câmpie predomină orele târzii ale serii și primele ore ale dimineții.

Teoriile despre formarea grindinei în norii convectivi sunt complexe și incomplete motiv pentru care prevederea și detecția acestora sunt sarcini dificil de realizat în regim operativ. Pe de altă parte, datele de răspuns în timp real nu sunt precise iar verificările sunt dificil de realizat. Ca urmare se poate spune cu o mare responsabilitate că radarul Doppler se poate utiliza în crearea unei climatologii a zonelor cu cădere de grindină, a zonelor cu frecvențe mari de apariție a norilor convectivi care produc ploi cu caracter torențial.

Astfel această lucrare aduce un plus în prognoza fenomenelor meteorologice severe, în zona de influență a Munților Apuseni, prin crearea în special a trei climatologii spațiale și temporare:

- Climatologia spațială și temporară a zonelor cu potențial ridicat de formare și evoluție a norilor convectivi. Această climatologie s-a realizat pe un parcurs de 3 ani în lunile de vară;
- Climatologia grindinei atât în spațiu cât și a dimensiunii ei. Studiul s-a bazat pe date radar provenite de la Radarul Doppler de la Oradea și de la Bobohalma în șase sezoane de vară (2004-2009);
- Climatologia spațială și temporară a fenomenelor meteorologice din 17 sezoane de vară și anume 01.07.1990 – 30.06.2007.

Un alt aspect inovator este realizarea unui studiu statistic, pe o durată de 5 ani legat de prognoza cantitativă a precipitațiilor cu ajutorul datelor furnizate de radarul Doppler de la Bobohalma și cantităților de precipitații în zona municipiului Cluj-Napoca. Rezultatele acestui studiu a fost deosebite, ceea ce ne îndeamnă pe viitor la continuarea acestor studii și pentru alte areale, mai ales că anticipând o anumită cantitate de apă pe o suprafață presabilită se vor putea folosi în prognoza viiturilor.

Având în vedere că pentru anticiparea unui fenomen meteorologic cu câțva timp înainte de apariție și evoluție a sa, trebuie cunoscute situațiile sinoptice, zona orografică unde se desfășoară și caracteristicile locale ale atmosferei (adică structura verticală a atmosferei), s-a realizat un studiu statistic și s-a realizat o calibrare a câtorva indicatori ai stării de stabilitate. Acest studiu s-a realizat pe o perioadă de 10 ani între anii 1990 – 1999. Acest lucru ducând la îmbunătățirea prognozelor, fapt scos în evidență și de studiile de caz abordate în ultimul capitol.

#### **BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ**

Amburn S. A. and Wolf P. L. 1997

Vil density as a hail indicator. *Weather and Forecasting*. 12: 473–478

Andersson, T., M. Andersson, C. Jacobsson, and S. Nilsson, 1989

Thermodynamic indices for forecasting thunderstorms in southern Sweden. *Meteor. Mag.*, 116, 141-146.

Badea L. și colab. 2006

Unitățile de relief ale României – Munții Apuseni și Podișul Transilvaniei,  
*Edit. Ars Docendi, București*

Battan, L., 1973

Radar Observation of the Atmosphere, *University of Chicago Press, Chicago, Ill*

Blaes J. L., Cerniglia Jr C. S., Caropolo M. A. 1998

Vil density as an indicator of hail across eastern New York and western New England.  
*Eastern region technical attachment.No 98-8, September1-17*

Brimelow J. C., Reuter G. W., Bellon A. and Hudak D. 2004

A radar-based methodology for Preparing a severe thunderstorm climatology în Central Alberta. *Atmosphere-Ocean 2 1 13-22*

Haidu I. 2005

*Analiza de frecventa si evaluarea cantitativa a riscurilor.* In vol: Riscuri si catastrofe.  
Editura Casa Cartii de Stiinta Cluj-Napoca, Vol. 2, pp. 180-207.

Haidu I. 2002

*Spatialisation des informations climatiques dans un périurbain de relief variée.* In vol.  
Climat Urbain, Ville et Architecture - Actes de XVIII-ème Colloque de l'Association  
Internationale de Climatologie, Universita degli Studi di Genova, Facolta di Architettura,  
pp. 213-216

[http://www.climato.be/aic/colloques/actes/genes2005\\_actes.pdf](http://www.climato.be/aic/colloques/actes/genes2005_actes.pdf)

Haidu I., Farcas I. 1986

*Studiul variatiei de lunga durata a parametrilor hidroclimatici in scopul elaborarii  
prognosei prin extrapolare analitica.* In vol. Probleme de geografie aplicata.  
Universitatea din Cluj-Napoca, pp. 53-64

Haidu I., Tilinca Z. 1985

*Variatia ciclica a temperaturii aerului in nord-vestul Romaniei.*(Cyclic variation of air  
temperature in northwestern Romania). Studii si Cercetari de Meteorologie, IMH  
Bucuresti, 379-387.

Maier N., Mureșan T., Lăcătuș D., 2009

Utilizarea statistică a datelor obținute de la radarul WSR-98D de la Bobohalma în  
prognoza grindinei, *SACS ANM București.*

Maier N., Pavai C. și Haidu I. 2006

Utilizarea datelor radarului Doppler de la Oradea în identificarea zonelor cu risc crescut  
de apariție a fenomenelor meteo severe. Particularizare pentru județele Satu Mare, Sălaj și  
Cluj *Sesiunea anuala Dimitrie Cantemir – Iași.*

Maier N. 2005

Studiul asupra grosimii straturilor de la nivelele izobarice standard în zona municipiului  
Cluj-Napoca - *SACS ANM Bucuresti*

Maier N., Haidu I. 2005

Radiosondages et risque d'orages a Cluj-Napoca. *Climat urbain, ville et architecture,  
Genes*

Maier N., Haidu I., 2005

Regimul termic in municipiul Cluj-Napoca. *In vol. Sesiunea Anuala de Comunicari.  
Universitatea Spiru Haret, Fac. de Geografie, Bucuresti.*

Maier N. 2005

Caracteristici ale instabilității termice a atmosferei în aria municipiului Cluj-Napoca.

- Romanian Journal of Climatology – editura Universitatii „Alexandru Ioan Cuza” Iasi.*
- Maier N., Haidu I. 2005  
Épaisseurs des couches entre niveaux isobariques standard et prévision immédiate. *Les risques liés au temps et au climat, Épernay.*
- Maier N., Tataiana M. Denisa L. 2009  
Utilizarea statistică a datelor obținute de la radarul WSR-98D de la Bobohalma în prognoza grindinei. *Lucrare premiată de Societatea Meteorologică Română*
- Maier N., Tataiana M. Denisa L. 2010  
Riscuri și Catastrofe. *Edit. Casa Cărții de Știință, Cluj-Napoca*
- Măhăra Gh., Măhăra Nadia 1981  
Regimul precipitațiilor în zona Stațiunii Stâna de Vale. *Nymphaea, Folia nature Biharia VIII-IX, Oradea*
- Măhăra Gh., Gaceu O. 2005  
Les pluies torrentielles de l'ouest des Montagnes d'Apuseni Les Carpates Occidentales de la Roumanie et leur impact sur l'environnement. *Climat urbain, ville et architecture, Genes*
- Măhăra G. 2001  
Meteorologie. *Editura Universitatii Oradea*
- Moldovan Fl., Bretan M. 1983  
Considerații asupra influenței Munților Apuseni în repartiția precipitațiilor frontale în jumătatea de nord – vest a Transilvaniei, în condițiile unei circulații de nord – vest. *Studii și Cercetări Meteo INMH, București*
- Moldovan Fl. 1986  
Rolul Munților Apuseni în diferența climatică regională a părții de nord – vest a României, *manuscris teză de doctorat Univ. București*
- Moldovan Fl. 1998  
Prognozele Climatice și dezvoltarea. *Studia UBB, Geographia 1, anul XLIII, Cluj-Napoca*
- Paun, 2001.  
Ghid Pentru prognoză Elementelor Meteorologice - *lucrare de promovare pe funcția de meteorolog previzionist principal I*
- Santurette P. 1994  
Elements pratiques de meteorology et de prevision synoptiques – *Ecole National de la Meteorologie Meteo France*
- Sion A. S., 2005  
Curs de Now casting *ANM-Bucurști*
- Showalter, A. K., 1953  
A stability index for thunderstorm forecasting. *Bull. Amer Meteor. Soc., 34,250-252*
- Triplet J. P. & Roch G. 1971  
Météorologie Générale *École Nationale de la Météorologie.*
- \*\*\* 2008  
Clima României, Administrația Națională de Meteorologie, *Editura Academiei Române, ISBN 978-973-27-1674-8 (Romanian Climate, 2008, National Meteorological Administration, Romanian Academy Publishing House).*
- \*\*\* 2006

Doppler Radar Meteorological Observations Part C WSR-88D Products And Algorithms  
*Federal Meteorological Handbook* no. 11 U.S. Department of Commerce/ National  
Oceanic and Atmospheric Administration FCM-H11C-2006 Washington, DC April.

\*\*\*  
1987

Geografia României III. Carpații Românești și Depresiunea Transilvaniei. Edit.  
Academiei, București