

UNIVERSITATEA „ALEXANDRU IOAN CUZA” DIN IAȘI

**FACULTATEA DE GEOGRAFIE ȘI GEOLOGIE
DOMENIUL GEOGRAFIE**

ȘCOALA DOCTORALĂ DE GEOȘTIINȚE

**UTILIZAREA IMAGINILOR SATELITARE ȘI A
INDICELUI STANDARDIZAT DE PRECIPITAȚII PENTRU
ANALIZA SECETEI ȘI A EXCEDENTULUI
PLUVIOMETRIC ÎN ROMÂNIA**

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

Coordonator de doctorat:

Prof. univ. dr. Eugen RUSU

Student doctorand:

Radu–Vlad DOBRI

Iași, 2023

UNIVERSITATEA „ALEXANDRU IOAN CUZA” DIN IAȘI
FACULTATEA DE GEOGRAFIE ȘI GEOLOGIE
DOMENIUL GEOGRAFIE
ȘCOALA DOCTORALĂ DE GEOȘTIINȚE

Domnului/Doamnei.....

Vă facem cunoscință că în data de **12 septembrie 2023**, ora 09:30, în sala 627 – Corp B, drd. Radu-Vlad DOBRI va susține în ședință publică teza de doctorat cu titlul:

**UTILIZAREA IMAGINILOR SATELITARE ȘI A INDICELUI STANDARDIZAT
DE PRECIPITAȚII PENTRU ANALIZA SECETEI ȘI A EXCEDENTULUI
PLUVIOMETRIC ÎN ROMÂNIA**

în vederea obținerii titlului științific de doctor în domeniul **GEOGRAFIE**

Comisia de doctorat a fost numită prin Decizia Nr. 14017/12.07.2023 a Rectoratului Universității ”Alexandru Ioan Cuza” din Iași și are următoarea componență:

Președintele:

Prof. univ. dr. Adrian GROZAVU – Facultatea de Geografie și Geologie, Universitatea ”Alexandru Ioan Cuza” din Iași

Conducător științific:

Prof. univ. dr. Eugen RUSU – Facultatea de Geografie și Geologie, Universitatea ”Alexandru Ioan Cuza” din Iași

Referenți:

Prof. univ. dr. Adina-Eliza CROITORU – Facultatea de Geografie, Universitatea ”Babeș Bolyai” din Cluj-Napoca

Prof. univ. dr. Nicoleta IONAC – Facultatea de Geografie, Universitatea din București

Conf. dr. Lucian SFÎCĂ – Facultatea de Geografie și Geologie, Universitatea ”Alexandru Ioan Cuza” din Iași

Teza poate fi consultată la Biblioteca Facultății de Geografie și Geologie.

CUPRINS

INTRODUCERE	4
Poziționarea geografică și limitele arealului studiat.....	6
Istoricul cercetărilor	7
1. DATE UTILIZATE ȘI METODOLOGIE.....	9
1.1. Utilizarea datelor ECA&D pentru calcularea indicelui de secetă SPI.....	9
1.2. Utilizarea imaginilor satelitare pentru calcularea NDDI.....	9
1.3. Utilizarea datelor Corine Land Cover (CLC).....	10
1.4. Utilizarea metodei Gap–Filling pentru eliminarea erorilor din imaginile satelitare	10
1.5. Metodologia de calculare a indicelui NDDI.....	10
1.6. Corelația Spearman între NDDI și cantitatea de precipitații	11
1.7. Utilizarea datelor ERA pentru analiza tipurilor de circulație atmosferică	11
1.8. Corelația tipurilor de circulație atmosferică cu valorile indicelui SPI	12
2. FACTORII GENETICI AI CLIMEI.....	13
2.1. Factorii radiativi	13
2.2. Factorii fizico–geografici	13
2.3. Factorii dinamici	13
3. ANALIZA SECETEI ȘI A EXCEDENTULUI PLUVIOMETRIC ÎN ROMÂNIA	14
3.1. Distribuția spațială a secetei și a excedentului pluviometric la nivel anual	15
3.2. Frecvența relativă a fenomenului de secetă și a excedentului pluviometric în România la nivel multianual.....	20
4. UTILIZAREA IMAGINILOR SATELITARE PENTRU ANALIZA FENOMENULUI DE SECETĂ LA NIVELUL TERENURILOR ARABILE DIN ROMÂNIA.....	22
4.1. Extinderea teritorială și gradul de severitate a fenomenului de secetă conform NDDI	22
4.2. Relația dintre precipitațiile atmosferice și NDDI.....	29
5. TIPURI DE CIRCULAȚII ATMOSFERICE LA NIVELUL ROMÂNIEI CONFORM CLASIFICĂRII COST	33
5.1. Situația la nivel multianual a tipurilor de circulații atmosferice	33
6. CORELAȚII PRIVIND INFLUENȚA TIPURILOR DE CIRCULAȚII ATMOSFERICE ASUPRA FENOMENULUI DE SECETĂ ȘI A EXCEDENTULUI PLUVIOMETRIC DIN ROMÂNIA.....	35
6.1. Corelații între tipurile de circulații atmosferice și valorile SPI la nivel multianual	35
CONCLUZII.....	37
BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ	39

INTRODUCERE

Precipitațiile atmosferice reprezintă unul dintre cei mai importanți parametri climatici, distribuția acestora în diferite perioade de timp reprezentând subiectul a numeroase studii și cercetări, datorită interesului practic și aplicativ pe care acestea îl au. Prin urmare, studiul tuturor condițiilor extreme și complexe de formare și acumulare a precipitațiilor în anumite zone este necesar din punctul de vedere al utilizării resursei de apă dar și de prevenire și combatere a efectelor negative ale acestora. Cantitățile însemnate de apă produc pierderi financiare tot mai însemnate pentru sectorul agricol, în contextul creșterii valorii economice a culturilor agricole sau extinderii suprafețelor locuite și utilizate de om (Văduva, 2008; Pendergrass, 2018).

De asemenea, secetele pot fi considerate la fel de complexe, având în vedere că la declanșarea lor contribuie mai mulți factori precum lipsa precipitațiilor atmosferice, rezerva de apă din sol accesibilă plantei, umezeala și temperatura aerului sau viteza vântului la care se adaugă factori care definesc caracteristicile suprafeței active, factori care definesc particularitățile fiziologice ale plantei sau influența antropică asupra mediului (Farooq et al., 2009; Mishra și Singh, 2010).

Cu referire la această temă, pe plan internațional și național activitatea de cercetare a condus la o mare varietate de rezultate și aplicații în domeniul monitorizării și controlului efectelor nedorite rezultate din acumularea de cantități însemnate de precipitații, din producerea a diferite intervale de timp cu valori ridicate ale temperaturii aerului sau din producerea fenomenului de secetă. Cu toate acestea, rămân mai multe probleme și provocări științifice, a căror rezolvare poate contribui la combaterea sau reducerea acestor efecte și la îmbunătățirea nivelului de trai, prin înțelegerea mai bună a modului de manifestare a acestor parametri meteorologici în funcție de anumite caracteristici ale acestora și o încercare de prevenire a unor posibile viitoare daune (IPCC, 2007)

Această temă este relevantă întrucât, odată cu trecerea timpului, se prevede că impactul evenimentelor climatice va deveni tot mai frecvent și intens, ca urmare a schimbărilor climatice. Perioadele cu secetă și temperaturi ridicate devin tot mai lungi, în timp ce precipitațiile sunt fie prea lungi ca durată, fie prea scurte, dar foarte intense în timp și spațiu (IPCC, 2014).

Oricare ar fi politicile și eforturile de reducere a efectelor meteorologice și oricât de eficiente ar fi acestea, unele dintre fenomene sunt inevitabile. Prin urmare, trebuie dezvoltate strategii și acțiuni de adaptare la impactul acestora și în țările și regiunile mai puțin dezvoltate, având în vedere că acestea sunt printre cele mai vulnerabile, prezentând cea mai redusă capacitate financiară și tehnică de adaptare. În prezent, dezvoltarea regiunilor este considerată a fi unul dintre principalii factori care contribuie la creșterea economică a țărilor. Cu cât o regiune este mai bine pregătită să facă față condițiilor meteorologice nefaste, cu atât mai mult aceasta poate contribui la dezvoltarea întregii țări (IPCC, 2014).

Există din ce în ce mai multe dovezi în ceea ce privește intenția societății umane de a se adapta schimbărilor climatice. De exemplu, acestea sunt luate în considerare în elaborarea de proiecte de infrastructură, cum ar fi regularizarea cursurilor râurilor și construcția de amenajări hidrotehnice eficiente, care să preia cantitatea mare de precipitații produsă în anumite intervale de timp. Alte exemple includ politici și strategii de utilizare a

apei captate în aceste amenajări pentru gestionarea apei în timpul valurilor de căldură și perioadelor cu secetă sau pentru aprovizionarea populației cu apă potabilă și pentru construcția de sisteme de irigații performante care să asigure necesarul de apă ale culturilor agricole. De asemenea se desfășoară proiecte pentru dezvoltarea și extinderea de tehnologii care să vizeze combaterea căderilor de grindină sau stimularea de precipitații (Stanke et al., 2013; Vogel și Van Zyl, 2016).

Gama de soluții pentru societățile umane este foarte mare, variind de la cele pur tehnologice sau comportamentale până la management (de exemplu, practici agricole modificate) și la politici (de ex. reglementări de planificare). Deși cele mai multe tehnologii și strategii sunt cunoscute și dezvoltate în unele țări, literatura de specialitate nu indică gradul de eficiență a diverselor opțiuni de reducere a riscurilor. În plus, există tot felul de impedimente de mediu, economice, informaționale, sociale, în implementarea acestor soluții. Pentru regiunile mai puțin dezvoltate, disponibilitatea resurselor și capacitatea de adaptare sunt deosebit de importante. Deși există bariere, limite și costuri, acestea trebuie limitate cât mai mult și dezvoltate strategii, proiecte, legi etc. și nu în ultimul rând, prin intermediul acestei cercetări, de soluții care să anticipeze cât mai bine viitoarele posibile episoade de fenomene meteorologice care să producă pagube și efecte ce pot avea și potențial catastrofal (IPCC, 2014).

În acest context, scopul principal al acestei lucrări îl reprezintă îmbunătățirea cunoștințelor privind frecvența și severitatea fenomenului de secetă în România, oferind o perspectivă pe termen lung (1951–2020) dar și a evoluției în timp ale perioadelor cu excedent pluviometric mai mult sau mai puțin accentuat.

De asemenea, dintre obiectivele principale propuse pentru studiu putem enumera:

- Analiza gradului de severitate a fenomenului de secetă și extinderea teritorială a acesteia la nivelul României;
- Identificarea arealelor afectate de excedentul pluviometric mai mult sau mai puțin accentuat din România;
- Depistarea terenurilor arabile din România afectate de secetă și calcularea frecvenței producerii secetei prin intermediul utilizării imaginilor satelitare.
- Principalele corelații dintre tipurile de circulații atmosferice și manifestarea fenomenului de secetă sau a excedentului pluviometric;

Pe lângă introducerea, concluzii, anexe și bibliografie, teza este structurată pe 6 capitole organizate și descrise pe larg în așa fel încât să trateze cât mai clar subiectul acestei teze, de la aspecte introductive, metodologie și date utilizate până la rezultatele proprii și concluzii.

În **capitolul I** sunt prezentate pe larg bazele de date și metodologia utilizată în elaborarea acestei teze. Sunt precizate de asemenea toate produsele software ce au fost utilizate pentru realizarea a numeroase materiale cartografice sau a altor materiale grafice și tabelare.

În **capitolul II** sunt prezentați și analizați principalii factori genetici ai climei ce imprimă regimului climatic din România o mare diversitate, mai exact *factorii radiativi*, *factorii fizico-geografici* și *factorii dinamici*.

În *capitolul III* este descris pe larg gradul de severitate a secetei sau a excedentului pluviometric din România și extinderea teritorială a acestora în perioada 1951–2020 prin intermediul Indicelui Standardizat de Precipitații (Standardized Precipitation Index).

În *capitolul IV* a fost analizată influența fenomenului de secetă asupra terenurilor arabile din România, utilizând imagini satelitare în încheierea acestui capitol fiind prezentat un mic studiu de caz asupra secetei din anul 2022, un an cu numeroase implicații economice și sociale.

În *capitolul V* sunt enumerate principalele tipuri de circulații atmosferice la nivelul României, atât ciclonale cât și anticiclonale și situația acestora la nivel multianual, semestrial și anotimpual în perioada 1951–2017.

În *capitolul VI* sunt evidențiate corelațiile pozitive sau negative dintre tipurile de circulații atmosferice analizate în capitolul V și rezultatele obținute în capitolul III cu privire la extinderea teritorială a secetei și a excedentului pluviometric din România.

Pe această cale doresc să mulțumesc tuturor persoanelor din viața mea care m-au ajutat, îndrumat și susținut în demersurile mele pentru realizarea și finalizarea acestei teze.

În primul rând doresc să dedic această teză **domnului profesor univ. em. dr. Liviu APOSTOL** care m-a îndrumat timp de mai bine de 5 ani de zile, începând cu lucrarea de disertație și care prin numeroasele noțiuni despre meteorologie și climatologie, prin sfaturile, sprijinul și răbdarea acordată au făcut posibilă realizarea acestei teze.

Mulțumesc de asemenea *domnului profesor. univ. dr. Eugen RUSU* care a acceptat să mă îndrume și să mă sprijine în finalizarea și susținerea acestei teze dar și membrilor comisiei de îndrumare pentru sfaturile, ideile și sugestiile care mi-au fost de mare ajutor în elaborarea tezei: *domnului conf. dr. Lucian SFÎCĂ*, *domnului conf. Dr. Cristian Constantin STOLERIU* și *domnului lector dr. Pavel ICHIM*.

De asemenea colegilor *Niță Andrei–Ion* și *Amihăesei Vlad–Alexandru* le mulțumesc pentru ajutorul acordat pe parcursul anilor doctorali și pentru colaborările avute cu aceștia.

Colegilor doctoranzi *Istrate Vasilică* și *Istrate Florentina* dar și colegilor din colectivul Intervenții Active în Atmosferă S.A. le adresez mulțumiri pentru sprijinul și susținerea acordată.

Și nu în ultimul rând, cele mai sincere mulțumiri le adresez familiei și soției mele pentru toată răbdarea și sprijinul pe care mi le-au dat, fără de care, finalizarea și realizarea acestei teze nu ar fi fost posibilă.

Poziționarea geografică și limitele arealului studiat

România este situată, din punct de vedere geografic, în emisfera nordică, la jumătatea distanței dintre Ecuator și Poli, întrucât prin partea central–sudică a țării trece paralela de 45° latitudine nordică, în partea sud–estică a Europei Centrale. Punctele extreme ale teritoriului României sunt constituite din satul Horodiștea (Botoșani), fiind punctul cel mai nordic la 48°15'06" N, cel mai sudic punct fiind orașul Zimnicea la 43°37'07" N. Cel mai vestic punct este constituit de către Beba Veche (Timiș) situat la 20°15'44" E, iar cel mai estic punct este orașul Sulina, fiind în prezent și cel mai estic punct al Uniunii Europene, situat la 29°41'24" E. În total România are o extindere de 4°38' adică 525 kilometri în

latitudine și 9°26' adică 740 kilometri pe longitudine. La toate acestea se adaugă și cei aproximativ 22 de kilometri (12 mile) de ape teritoriale la deschiderea cu Marea Neagră (Posea, 2006) (Figura 1).

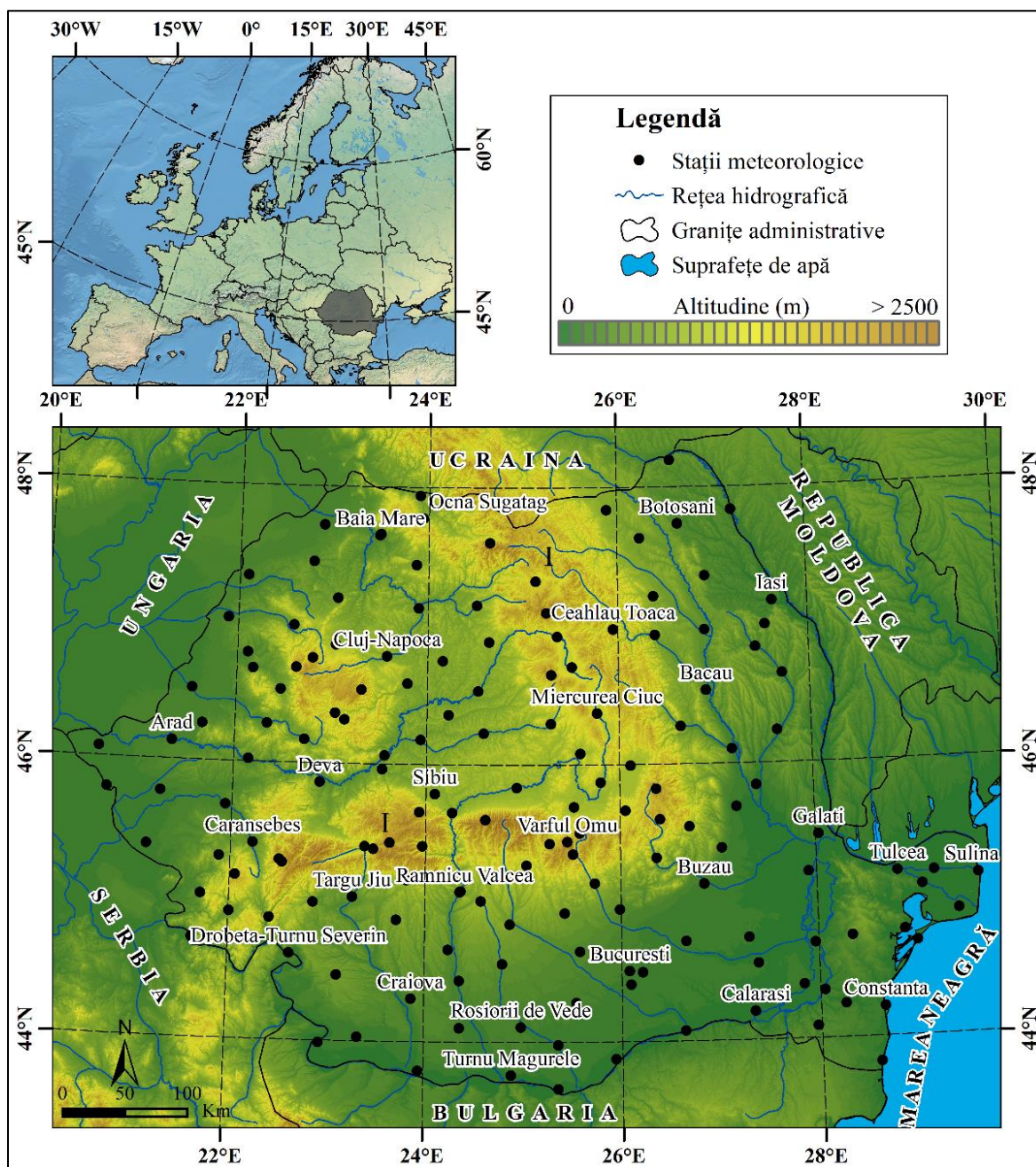


Figura 1 – Localizarea României la nivel european și stațiile meteorologice utilizate

Istoricul cercetărilor

Primele măsurători meteorologice mai mult sau mai puțin sistematice încep încă de la jumătatea secolului trecut la Iași, București, Sibiu, Cluj, Sulina, Giurgiu (din 1863), Timișoara, Galați și Brăila. Această activitate devine mult mai elaborată și organizată odată cu înființarea din 18–30 iulie 1844 a Serviciul Meteorologic din România la inițiativa lui Ștefan Hepites (1851–1922), acest serviciu devenind una din cele mai vechi instituții științifice din țară. Tot la inițiativa acestuia, România se înscrie printre țările fondatoare ale

Organizației Meteorologice Mondiale. De-a lungul timpului, activitatea meteorologică din România se dezvoltă, în anul 2002 intră în funcțiune Centrul Național de Prognoză de la București, dar și Centrele Regionale de Prognoză. Din anul 2003 se încheie proiectul SIMIN ca primă fază de dezvoltare a infrastructurii meteorologice care cuprinde 60 de stații meteorologice automate, rețeaua de detecție a fulgerelor, 5 radare DOPPLER în bandă S. Tot în acest an România devine membru cooperant al ECMWF și EUMETSAT. În 2004, Institutul Național de Meteorologie, Hidrologie și Gospodărire a Apelor, devine Administrația Națională de Meteorologie. Tot în acest an, la 1 ianuarie, România aderă la OPERA, care este un proiect pentru utilizarea operațională a radarelor meteorologice în Europa.

Primele lucrări de natură climatologică în România apar încă dinaintea erei noastre când poetul roman Ovidiu scrie în opera “Tristae” despre iernile aspre din Dobrogea și despre fenomenul de îngheț al Mării Negre. O dată cu trecerea timpului apar lucrări mai elaborate astfel că în perioada 1420–1845 în “Cronicile Brașovului”, se fac referiri la unele fenomene meteorologice periculoase.

Marii Cronicari ai Moldovei au avut și ei un aport la descrierea fenomenelor meteorologice din Moldova. În “Letopisețul Țării Moldovei”, Grigore Ureche face referiri la cantitățile mari de precipitații înregistrate în anul 1504. Pe lângă Grigore Ureche și Dimitrie Cantemir în “Descriptio Moldaviae”, scrie despre “*asezarea Moldovei, despre hotarele ei cele mai vechi și cele noi și despre clima*” precum și „*Despre apele Moldovei*”. De asemenea, o lucrare de referință este cea a lui Ștefan Hepites, cu titlul „*Schimbaturile la clima?*”, apărută în anul 1898 și în care sunt abordate pe larg fenomenele meteorologice periculoase din România (Ilie, 2017).

Prima lucrare importantă în ceea ce privește materialele cartografice din România în domeniul meteorologiei o reprezintă „Atlasul climatologic al Republicii Socialiste România” publicat în 1966 cu un număr de 153 de hărți. Ulterior, sau chiar și până în 1966, apar lucrări de mare întindere despre clima din România, lucrări, atlase sau volume precum “Clima României”, volumele I și II (1962, 1966), “Geografia României”, vol. I (1983) sau “Clima României” (2008).

Literatura de specialitate în domeniile de meteorologie, climatologie sau hidrologie este una foarte complexă, cuprinzând numeroase analize climatice, monografii, articole, lucrări, participări la conferințe etc.

CAPITOLUL 1

DATE UTILIZATE ȘI METODOLOGIE

1.1. Utilizarea datelor ECA&D pentru calcularea indicelui de secetă SPI

Pentru calcularea acestui indice au fost utilizate date privind cantitatea zilnică totală de precipitații provenite din setul de date ECA&D (Klein et al., 2002).

Aceste date sunt obținute printr-o procedură de interpolare de tip kriging utilizând datele provenite de la o parte din stațiile meteorologice din Europa (Klok și Klein, 2009).

Indicele **SPI** este cel mai folosit indice pentru calcularea severității secetei atât în literatura națională cât și internațională, poate fi calculat la nivel lunar, anotimpual, semestrial și anual și este clasificat în valori cuprinse între $<(-2.0)$ și >2.0 (McKee et al., 1993; Hayes et al., 1999; Deo, 2011; Salehnia et al., 2017) (Tabel 1). Se calculează utilizând următoarea formulă:

$$SPI = \frac{(P - P^*)}{\sigma_P}$$

unde:

P sunt precipitațiile (mm),

P* este cantitatea medie a precipitațiilor pentru intervalul 1951–2020,

σ_P este deviația standard (Edwards și McKee, 1997).

Tabel 1 – Intensitatea secetei sau a excedentului pluviometric în cazul indicelui SPI

Intensitatea secetei / excedentului pluviometric	Valori SPI
Secetă extremă	≤ -2
Secetă severă	-1.5 – (-1.99)
Secetă moderată	-1.0 – (-1.49)
Normal	0.99 – (-0.99)
Excedent pluviometric moderat	1.49 – 1.00
Excedent pluviometric accentuat	1.99 – 1.50
Excedent pluviometric extrem	≥ 2

1.2. Utilizarea imaginilor satelitare pentru calcularea NDDI

De asemenea, au fost realizate numeroase materiale cartografice ce utilizează imagini satelitare provenite de la senzorul Terra MODIS, pentru a analiza extinderea teritorială a secetei și a gradului de severitate a acesteia asupra terenurilor arabile din România. Imaginile utilizate fac parte din produsul MOD13Q1 versiunea 6, bazat pe compositate de 16 zile la o rezoluție spațială de 250 m (Testa et al., 2014; Didan, 2015; Du et al., 2018). Acestea au fost utilizate pentru calcularea NDDI și include 12 straturi din care s-au folosit doar trei: banda 1 (16 days red reflectance), banda 2 (16 days NIR reflectance) și banda 7 (16 days MIR reflectance)(Dobri et al., 2021).

1.3. Utilizarea datelor Corine Land Cover (CLC)

Terenurile arabile din România au fost extrase din setul de date CLC 2018. CLC 2018 este un set de date produs în cadrul Copernicus Land Monitoring Service care se referă la modul de acoperire a terenurilor la nivelul întregii Europa. (<https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018>). În această clasificare, terenurile arabile reprezintă o categorie distinctă de acoperire a terenurilor.

Tabel 2 – Extinderea teritorială a terenurilor arabile conform CLC 2018 în principalele regiuni ale României (mii de hectare) (Dobri et al., 2021)

Distribuția teritorială a terenurilor arabile din România (sursa: CLC 2018)								
Munții Carpați	Podișul Transilvaniei	Subcarpații	Câmpia de Vest	Dealurile Banatului și ale Crișanei	Podișul Moldovei	Câmpia Română	Podișul Getic	Podișul Dobrogei și Delta Dunării
270.000	750.000	313.000	2.600.000	363.000	1.390.000	3.070.000	680.000	1.680.000

Terenurile arabile din România acoperă o suprafață de aproximativ 11 milioane de hectare, din care peste 50% sunt situate în regiunile de câmpie din sudul, vestul și nord-estul extrem al țării. În aceste zone, terenurile arabile reprezintă principalul tip de utilizare a terenului (Tabelul 2).

1.4. Utilizarea metodei Gap-Filling pentru eliminarea erorilor din imaginile satelitare

Calitatea produselor de teledetecție este puternic influențată de condițiile meteorologice. Printre acești factori, acoperirea cu nori este un parametru care poate induce frecvent erori în seria temporală a imaginilor satelitare. Pentru a corecta aceste erori, prezente de altfel și în produsele utilizate în această lucrare, a fost aplicată metoda Data Interpolating Empirical Orthogonal Functions (DINEOF) (Beckers și Rixen, 2003; Alvera-Azcárate et al., 2005; Alvera-Azcárate et al., 2007).

Procedura DINEOF a fost utilizată pentru a umple toate golurile generate de acoperirea cerului cu nori și pentru a reconstrui pixelii lipsă, pentru toate imaginile satelitare cu indicele NDDI calculat.

1.5. Metodologia de calculare a indicelui NDDI

Pentru calcularea NDDI s-au extras cele trei benzi amintite mai sus. Folosind aceste benzi, s-au calculat pentru început indicii NDVI (Gu et al., 2007) (Ec. 1) și NDWI (Tucker, 1978) (Ec. 2).

NDVI este un indice clasic care măsoară dezvoltarea și densitatea vegetației și are valori de la -1.0 la 1.0. Acesta a fost calculat folosind următoarea formulă:

$$NDVI_{Modis} = \frac{B2 - B1}{B2 + B1} \quad (1)$$

unde $B1$ este banda 16 days red reflectance și $B2$ este banda 16 days NIR reflectance.

NDWI este un indice care măsoară conținutul de apă al frunzelor și este utilizat pentru detectarea și monitorizarea umidității învelișului vegetal. Are valori de la -1.0 la 1.0. și se calculează folosind următoarea formulă:

$$NDWI_{Modis} = \frac{B2 - B7}{B2 + B7} \quad (2)$$

unde $B2$ este banda 16 days NIR reflectance și $B7$ este banda 16 days MIR reflectance.

Folosind rezultatele NDVI și NDWI, NDDI a fost calculat conform ecuației de mai jos (Gu et al., 2007):

$$NDDI = \frac{NDVI - NDWI}{NDVI + NDWI} \quad (3)$$

Valorile rezultate variază de la 0 (fără secetă) la valori >1 (secetă extremă). Valorile mai mici de 0 sunt reprezentate de apă sau suprafețe artificiale.

Toate materialele cartografice au fost realizate utilizând soft-ul ArcGIS, versiunea 10.3, produs de ESRI (Environmental Systems Research Institute).

1.6. Corelația Spearman între NDDI și cantitatea de precipitații

Relația dintre cantitatea de precipitații atmosferice și NDDI a fost, de asemenea, analizată, pentru a înțelege modul în care vegetația culturilor răspunde la acest factor atmosferic principal al apariției secetei și s-a aplicat o corelație Spearman. Astfel, corelația Spearman a fost aplicată mai întâi între fiecare cantitate de precipitații din cele 16 zile aferente fiecărui compozit NDDI și acel compozit NDDI și ulterior, pentru întreaga perioadă (2001–2020). În această analiză a fost utilizat un nivel de semnificație $p < 0.10$, astfel încât au fost selectați doar pixelii sub acest nivel. Pe lângă o corelație Spearman directă între cei doi parametri, s-a aplicat o corelație întârziată între compozitul n al precipitațiilor atmosferice și compozitul $n + 1$ al NDDI (prescurtată PN1) dar și pentru o întârziere de două compozite (compozitul n cu valorile precipitațiilor atmosferice și compozitul $n + 2$ al NDDI) (prescurtată PN2).

1.7. Utilizarea datelor ERA pentru analiza tipurilor de circulație atmosferică

A fost realizată o clasificare obiectivă GWT, cu ajutorul softului COST733class. COST733class este un produs software axat pe crearea și evaluarea clasificărilor de circulație atmosferică utilizând diferite metode.

În cazul de față, analiza s-a făcut pe baza datelor provenite de la ECMWF (<https://apps.ecmwf.int/datasets/>): ERA–Interim reanalysis pentru intervalul 2011–2017 (Dee și colab., 2011) și ERA–20C reanalysis pentru intervalul 1951–2010 (Poli și colab., 2016). Aceste date utilizează presiunea medie zilnică la nivelul solului la ora 12 UTC și sunt în format NetCDF.

1.8. Corelația tipurilor de circulație atmosferică cu valorile indicelui SPI

Pentru corelațiile dintre numărul de zile cu anumite tipuri de circulații atmosferice și valorile ce reprezintă gradul de severitate a secetei și a excedentului pluviometric din România rezultate din calcularea indicelui SPI s-a calculat **indicele de corelație Pearson** unde valorile lui R sunt cuprinse între -1 adică proporționalitate inversă și 1 adică proporționalitate directă (Tabel 3) (Colton, 1974; Fox et al., 2003; Benesty et al., 2009).

Tabel 3 – Gradul de corelație și valorile lui R conform lui Colton (1974) și exemple de corelații acceptabile

Tipuri de corelații		
asociere direct proporțională	asociere invers proporțională	
0 – 0.25	0 – (-0.25)	corelație slabă sau nulă
0.25 – 0.50	-0.25 – (-0.50)	corelație acceptabilă
0.50 – 0.75	-0.50 – (-0.75)	corelație moderată spre bună
> 75	< -75	corelație foarte bună

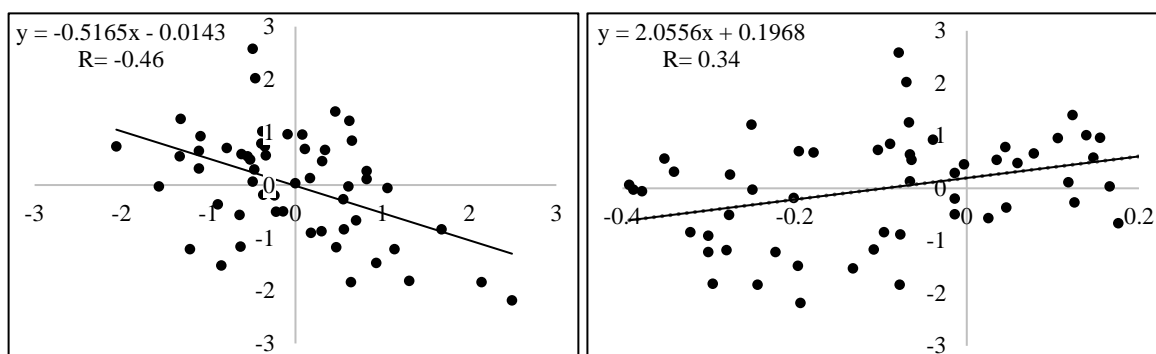


Figura 2 – Exemple de corelații acceptabile ale indicelui de corelație Pearson cu valorile indicelui SPI

Acesta s-a calculat cu ajutorul IBM SPSS Statistics 26 și se poate reprezenta prin valori ale corelațiilor slabe sau nule, acceptabile, moderate spre bune și corelații foarte bune.

În graficele de mai sus, sunt prezentate două exemple de corelații acceptabile între valorile rezultate din calcularea indicelui SPI și tipul de circulație NVa la nivel anual (partea stângă) și tipul de circulație NEc (partea dreaptă) (Figura 2).

CAPITOLUL 2

FACTORII GENETICI AI CLIMEI

2.1. Factorii radiativi

Radiația solară reprezintă energia venită de la Soare, prin intermediul radiației electromagnetice de diferite unde și reprezintă sursa tuturor fenomenelor din atmosferă și de la suprafața terestră. Aceasta se măsoară cu ajutorul stațiilor actinometrice, în câteva puncte din țară (București pentru sudul țării, Timișoara pentru partea vestică, Cluj-Napoca pentru Podișul Transilvaniei, Constanța pentru zona Dobrogei și Iași pentru Moldova). Aceasta ajunge la suprafața terestră sub forma radiației difuze și directe. Segmentul de radiație absorbit de suprafața terestră se numește radiație absorbită iar cea transmisă înapoi în atmosferă de către suprafața terestră se numește radiație reflectată (Clima României, 2008).

Aici sunt incluse *radiația solară directă, radiația difuză, radiația globală, radiația reflectată, radiația absorbită și bilanțul radiativ.*

2.2. Factorii fizico-geografici

Au un rol foarte important în determinarea și impunerea anumitor caracteristici ale parametrilor meteorologici la contactul cu troposfera superioară, de unde și denumirea de “suprafață activă”. Mai exact, când vorbim de suprafață activă, vorbim de suprafața terestră cu absolut toate particularitățile sale (relief, vegetație, suprafețele acvatice, acoperitură pedologică etc.).

În acest capitol sunt descrise *rolul climatic a reliefului, a expoziției versanților și a pantei* dar și *rolul climatic al vegetației* sau *al suprafețelor cu apă* asupra fenomenelor studiate în această lucrare.

2.3. Factorii dinamici

Circulația generală a atmosferei reprezintă al treilea factor cu influență foarte mare asupra elementelor climatice. Aceasta se manifestă sub acțiunea maselor de aer cu proprietăți fizice diferite ce se deplasează prin intermediul ciclonilor și anticilonilor. Influența maselor de aer asupra elementelor climatice este cu atât mai mare cu cât o anumită masă de aer o înlocuiește pe alta cu caracteristici fizice foarte diferite.

În Geografia fizică a R.S.R. (1971), I. Sârcu indică șapte tipuri de mase de aer ce au influență asupra României (atlantice – 28 %, de est – 21 %, de sud-vest – 15 %, de sud-est – 12 %, groenlandeză sau de nord-vest – 10 %, polară sau de nord-est – 8 % și tropicală – 6 %).

În Geografia României vol. I (1983), sunt evidențiate patru tipuri de circulație atmosferică: *vestică* (45%), *polară* (30%), *tropicală* (15%) și *de blocaj* (10%). Aceste tipuri sunt descrise și de către N. Topor și C. Stoica în *Tipuri de circulație și centri de acțiune atmosferică deasupra Europei.*

Fiecare dintre tipurile de circulație atmosferică descrisă mai sus, este provocată de anumiți centri barici ciclonali sau anticiclonali. Printre aceștia pot fi enumerați, cu o influență apreciabilă asupra parametrilor climei din România, *cicloul islandez, cicloul mediteraneeni, anticicloul euro-asiatic, anticicloul azoric* și cu o influență mai redusă *anticicloul groenlandez, anticicloul scandinav și anticicloul nord-african.*

CAPITOLUL 3

ANALIZA SECETEI ȘI A EXCEDENTULUI PLUVIOMETRIC ÎN ROMÂNIA

Secetele sunt considerate în literatura de specialitate ca fiind un fenomen natural extrem având în vedere pierderile sociale și economice cauzate de acestea. Producerea dar mai ales intensificarea lor necesită atenția tuturor specialiștilor din diverse domenii precum ecologiști, hidrologi, meteorologi, sau factori de decizie din domeniile agricole și îi provoacă pe aceștia să găsească soluții pentru a minimiza efectele acestora. Secetele apar practic în toate zonele climatice, cum ar fi zonele cu precipitații scăzute și sunt în mare parte legate de reducerea cantității de precipitații primite pe o perioadă lungă de timp, cum ar fi un sezon sau un an (Mishra și Singh, 2010).

Temperaturile ridicate, vânturile puternice, umiditatea relativă scăzută, momentul și caracteristicile ploilor, inclusiv distribuția zilelor ploioase în timpul sezonului de creștere a culturilor, intensitatea și durata ploilor, precum și debutul și încetarea acestora, sunt doar o mică parte din factorii care joacă un rol extrem de important în apariția și manifestarea fenomenului de secetă. Cu toate acestea, secetele nu trebuie confundate cu ariditatea, care este o caracteristică intrinsecă a anumitor tipuri de climă și este limitată la zonele cu precipitații reduse (Chang și Wallace, 1987; Wilhite, 1992).

Problema cea mai mare este atunci când un val de căldură se produce deja peste o regiune afectată de secetă, rezultând consecințe socio-economice grave, mai ales datorită faptului că valurile de căldură sunt extrem de intense pe fondul condițiilor preexistente de secetă. Datorită creșterii accelerate a populației dar și expansiunii sectoarelor agricole, energetice sau industriale, este de înțeles că cererea de apă a crescut de multe ori și chiar și deficitul de apă a apărut aproape în fiecare an în multe părți ale lumii. La acestea se mai adaugă de cele mai multe ori și alți factori, precum schimbările climatice sau contaminarea rezervelor de apă ce au contribuit bineînțeles și mai mult la deficitul de apă (Mishra și Singh, 2010, IPCC 2014).

Nici zona țării noastre nu face excepție de la aceste probleme. Având în vedere dezvoltarea economică accentuată din ultima perioadă, refacerea și dezvoltarea treptată a infrastructurii, extinderea diferitelor ramuri industriale mari consumatoare de resurse de apă, dar mai ales, trecerea treptată la o agricultură intensivă pe arii mult mai extinse, face ca studiul amănunțit și bine dezvoltat al fenomenului de secetă, a gradului de severitate și a extinderii teritoriale a acesteia să fie necesar.

De cealaltă parte, nici perioadele cu cantități ale precipitațiilor atmosferice abundente nu fac excepție, astfel că și momentele în care se produc fenomene asociate excedentului pluviometric devin problematice prin efectele pe care le cauzează, unele cu caracter ireversibil, producând daune majore obiectivelor economice și sociale.

Astfel că pentru realizarea acestui capitol au fost utilizate date zilnice cu valori ale precipitațiilor atmosferice, ce au fost extrase din puncte ce corespund amplasării celor 158 de stații meteorologice din România (Figura 1), din datele ECA&D și a fost calculat pentru întreg intervalul 1951–2020, indicele **SPI–Standardized Precipitation Index** prin

intermediul softului MDM (Meteorological Drought Monitoring) (Salehnia et al., 2017) și a softului DrinC 1.7. (Tigkas et al., 2015).

3.1. Distribuția spațială a secetei și a excedentului pluviometric la nivel anual

La nivel anual, din punctul de vedere al secetei extreme se remarcă în primul rând anul 2000, cu toată jumătatea de sud-vest a României afectată, înregistrându-se un procent de 57.8 % (Tabel 4, Figura 3A). Au fost afectate Câmpia Română (mai puțin Câmpia Bărăganului), Subcarpații Getici și mare parte din Subcarpații de Curbură, Podișul Getic, Podișul Mehedinți, Carpații Meridionali și Carpații Orientali (mai puțin grupa nordică a acestora), Munții Banatului, Munții Poiana Rusca, jumătatea sudică a Munților Apuseni și a Depresiunii Transilvaniei dar și Dealurile Banatului, Dealurile Crișanei și jumătatea sudică a Câmpiei de Vest (Figura 5). De altfel, anul 2000 a fost menționat frecvent în analizele de mai sus din cadrul acestui capitol ca fiind un an foarte secetos, afectând diferite procente din teritoriul României pe o lungă perioadă de timp. De asemenea, din punct de vedere ale circulațiilor atmosferice, în acest an au predominat circulațiile anticiclonale, indiferent de tipul acestora, 59% din anul 2001 fiind influențat de circulațiile anticiclonale. De altfel, 62.8% din perioada semestrului cald și 55.2% din cea a semestrului rece a acestui an au fost influențate de circulațiile anticiclonale, rezultând astfel condiții mult mai reduse pentru precipitații atmosferice însemnate cantitativ, accentuând condițiile pentru extinderea fenomenului de secetă.

Alți ani ce merită menționați aici sunt anii 1992 cu un procent de 17 % din teritoriul României afectat și anul 2011 cu 13.7 %. Dacă în anul 1992 a fost afectată partea de sud a României, incluzând aici centrul și vestul Câmpiei Române, mare parte din Podișul Getic și a Subcarpaților Getici, în 2011 a fost afectată o fâșie din partea de vest a României, dispusă de la nord la sud (Figura 5).

În cazul secetei severe se remarcă anul 1990 cu un procent de 34.3 % fiind afectate partea central nordică a României, zona de sud-vest și nord-vest dar și o porțiune redusă din sudul extrem al Câmpiei Române. Acesta este singurul an cu peste 30 % din suprafața țării afectată în timp ce în anii 2011 cu 25 %, 2000 cu 24.4 %, 1992 cu 23.5 %, 1983 cu 22.2 % și 2003 cu 20.3 % a fost afectată peste 20 %. Alți ani ce mai pot fi menționați în acest caz sunt anii 1951, 1961, 1986, 1987 și 1994 având procente cuprinse între 10 % și 20 % (Tabelul 4, Figura 3B).

Nici seceta moderată nu duce lipsă de cazuri, valoarea cea mai mare înregistrându-se în anul 1990 cu 59.4 % din suprafața României afectată. De asemenea, nici 1983 cu 40.1 %, 1956 cu 38.3 %, 2011 cu 31.4 % sau 2020 cu 30.7 % nu trebuie omiși, aceștia fiind anii cu valori ale teritoriilor afectate de peste 30 % (Tabel 4, Figura 3C). În anul 1990, exceptând suprafețele afectate deja de seceta severă sau extremă, și de câteva areale reduse din sud-est, vest sau nord-vest, absolut tot teritoriul României a fost afectat de secetă, mai exact 94.2 % din acesta. Procente mai mici, cuprinse în general între 20 și 30 % s-au înregistrat în anii 1951, 1958, 1973, 1982, 1986, 1989, 1992, 1994 și 2003 în timp ce în anii 1952, 1953, 1985, 1987, 1993, 2000, 2002, 2008, 2015 și 2017 s-au înregistrat procente cuprinse între 10 % și 20 % (Tabel 4, Figura 3C).

Tabel 4 – Teritoriul României exprimat în procente (%) afectat de secetă sau excedent pluviometric la nivel anual, conform SPI, în perioada 1951–2020 unde: Se – secetă extremă, Ss – secetă severă, Sm – secetă moderată, N – normal, Epm – excedent pluviometric moderat, Epa – excedent pluviometric accentuat, Epe – Excedent pluviometric extrem

	Se	Ss	Sm	N	Epm	Epa	Epe		Se	Ss	Sm	N	Epm	Epa	Epe
1951	8.1	13.3	28.3	50.3	–	–	–	1986	9.3	16.1	25.5	49.1	–	–	–
1952	–	1.7	11.6	79.6	5.8	1.1	0.1	1987	–	10.9	15.3	73.7	–	–	–
1953	–	8.2	16.1	75.7	–	–	–	1988	–	–	1.9	97.2	0.9	–	–
1954	–	0.3	3.8	72.6	22.6	0.7	–	1989	–	7.0	26.6	66.4	–	–	–
1955	–	–	–	70.2	17.3	7.0	5.4	1990	0.5	34.3	59.4	5.8	–	–	–
1956	–	3.8	38.3	57.9	–	–	–	1991	–	–	–	73.9	14.8	11.2	–
1957	–	2.0	6.6	80.9	4.8	4.9	0.8	1992	17.0	23.5	29.3	30.1	–	–	–
1958	–	2.8	24.6	72.6	–	–	–	1993	–	1.8	16.9	81.3	–	–	–
1959	–	–	0.4	95.7	4.0	–	–	1994	–	19.1	24.7	56.1	–	–	–
1960	–	–	–	98.8	1.1	–	–	1995	–	–	–	95.5	4.4	–	–
1961	7.4	11.1	8.9	72.5	–	–	–	1996	–	–	–	90.7	7.0	2.2	–
1962	–	–	8.7	89.7	1.6	–	–	1997	–	–	–	66.8	14.4	14.7	4.1
1963	–	–	6.3	93.7	–	–	–	1998	–	–	–	87.0	8.1	4.1	0.8
1964	–	–	–	97.8	2.2	–	–	1999	–	–	–	77.6	16.9	3.8	1.7
1965	–	–	3.2	95.8	0.9	–	–	2000	57.8	24.4	12.3	5.4	–	–	–
1966	–	–	–	33.4	39.4	26.0	1.2	2001	–	–	–	74.9	19.7	5.3	–
1967	–	–	2.8	97.2	–	–	–	2002	–	4.9	12.0	81.8	1.3	–	–
1968	–	–	3.2	89.2	7.6	–	–	2003	9.6	20.3	25.6	44.5	–	–	–
1969	–	–	–	34.9	63.1	1.9	–	2004	–	–	–	89.5	10.5	–	–
1970	–	–	–	38.6	22.6	31.2	7.6	2005	–	–	–	10.1	19.5	41.2	29.2
1971	–	–	7.1	74.3	18.6	–	–	2006	–	–	–	98.7	1.3	–	–
1972	–	–	1.9	35.0	30.8	25.2	7.2	2007	–	–	–	80.0	20.0	–	–
1973	–	6.8	24.4	68.8	–	–	–	2008	–	0.0	15.1	76.3	8.5	–	–
1974	–	–	2.3	62.8	28.0	6.8	–	2009	–	–	–	99.2	0.8	–	–
1975	–	–	1.2	93.9	4.8	–	–	2010	–	–	–	11.6	28.7	36.8	22.8
1976	–	–	5.0	89.5	5.3	–	–	2011	13.7	25.0	31.4	29.8	–	–	–
1977	–	–	–	99.9	–	–	–	2012	1.3	5.6	7.7	78.6	6.7	–	–
1978	–	–	–	85.4	10.1	4.5	–	2013	–	–	–	97.3	2.5	–	–
1979	–	–	–	95.2	4.8	–	–	2014	–	–	0.1	32.1	22.6	27.2	18.1
1980	–	–	–	60.3	35.1	4.6	–	2015	1.5	3.3	14.4	73.6	7.2	–	–
1981	–	–	–	93.3	6.7	–	–	2016	–	–	–	44.7	42.2	13.1	–
1982	–	0.3	28.4	71.3	–	–	–	2017	–	0.2	10.5	66.2	17.5	5.6	–
1983	4.0	22.2	40.1	33.6	–	–	–	2018	–	–	–	90.6	9.3	–	–
1984	–	–	0.5	92.1	7.4	–	–	2019	2.0	3.9	8.4	85.7	–	–	–
1985	–	11.6	14.0	69.4	4.9	–	–	2020	6.9	8.0	30.7	43.0	11.4	–	–

Cel mai mare procent al excedentului pluviometric moderat s-a înregistrat în anul 1969 de 63.1 %, afectând Podișul Moldovei, mare parte din Podișul Dobrogei și din Podișul Getic, Podișul Mehedinți, centrul și estul Câmpiei Române, toata aria Subcarpaților și a Carpaților (excepție făcând nord-vestul acestora), jumătatea de sud-est a Depresiunii Transilvaniei și Munții Banatului (Figura 4). Mare parte a acestei situații se datorează faptul că 55.5 % din zilele semestrului rece al anilor 1969–1970 s-au aflat sub influența circulațiilor

ciclonale, ce au favorizat acumularea de cantități de precipitații mai însemnate cantitativ decât valorile normale.

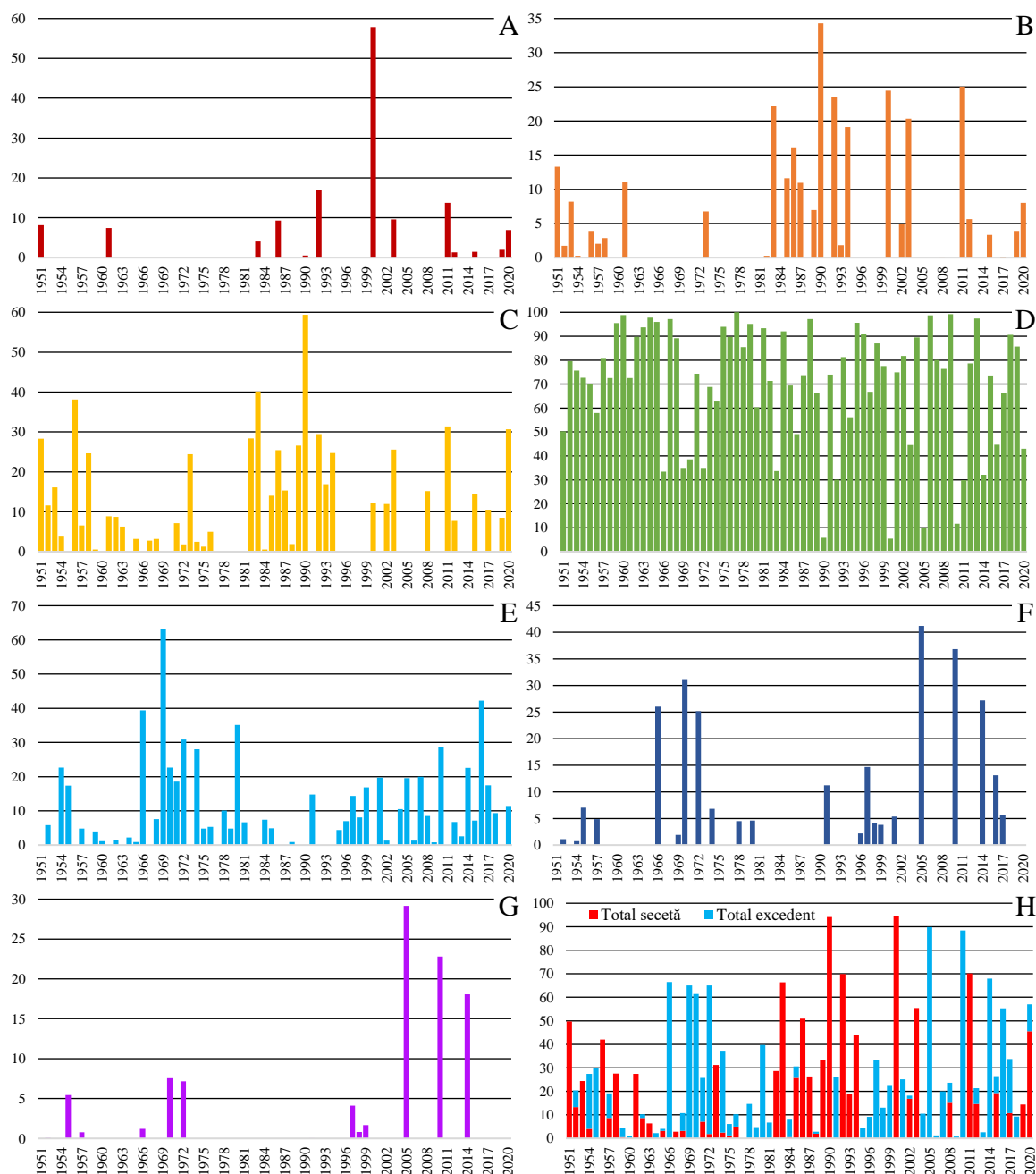


Figura 3 – Teritoriul României exprimat în procente (%) afectat de secetă extremă (A), secetă severă (B), secetă moderată (C), fără secetă sau excedent pluviometric (D), excedent pluviometric moderat (E), excedent pluviometric accentuat (F) sau –excedent pluviometric extrem (G)(H) la nivel anual, conform SPI, în perioada 1951–2020

Alți ani în care s-au înregistrat valori semnificative sunt anii 2016 cu 42.4 %, 1966 cu 39.4 %, 1980 cu 35.1 % și 1972 cu 30.8 %, aceștia fiind anii în care peste 30 % din suprafața țării a fost afectată. Nici anii 2010 cu 28.7 %, 1974 cu 28 %, 1954, 1970 și 2014 cu 22.6 % nu trebuie neglijați, valorile înregistrate în aceste cazuri fiind deloc ne semnificative (Tabel 4, Figura 3E). Dacă în anul 2016, cu câteva excepții, a fost afectată aproape toată jumătatea de nord a României (Figura 5), în anul 1966 a fost afectată în special

jumătatea de sud și partea de nord-vest în timp ce în anul 1972 au fost afectate estul și tot arealul central-sudic al acesteia (Figura 4).

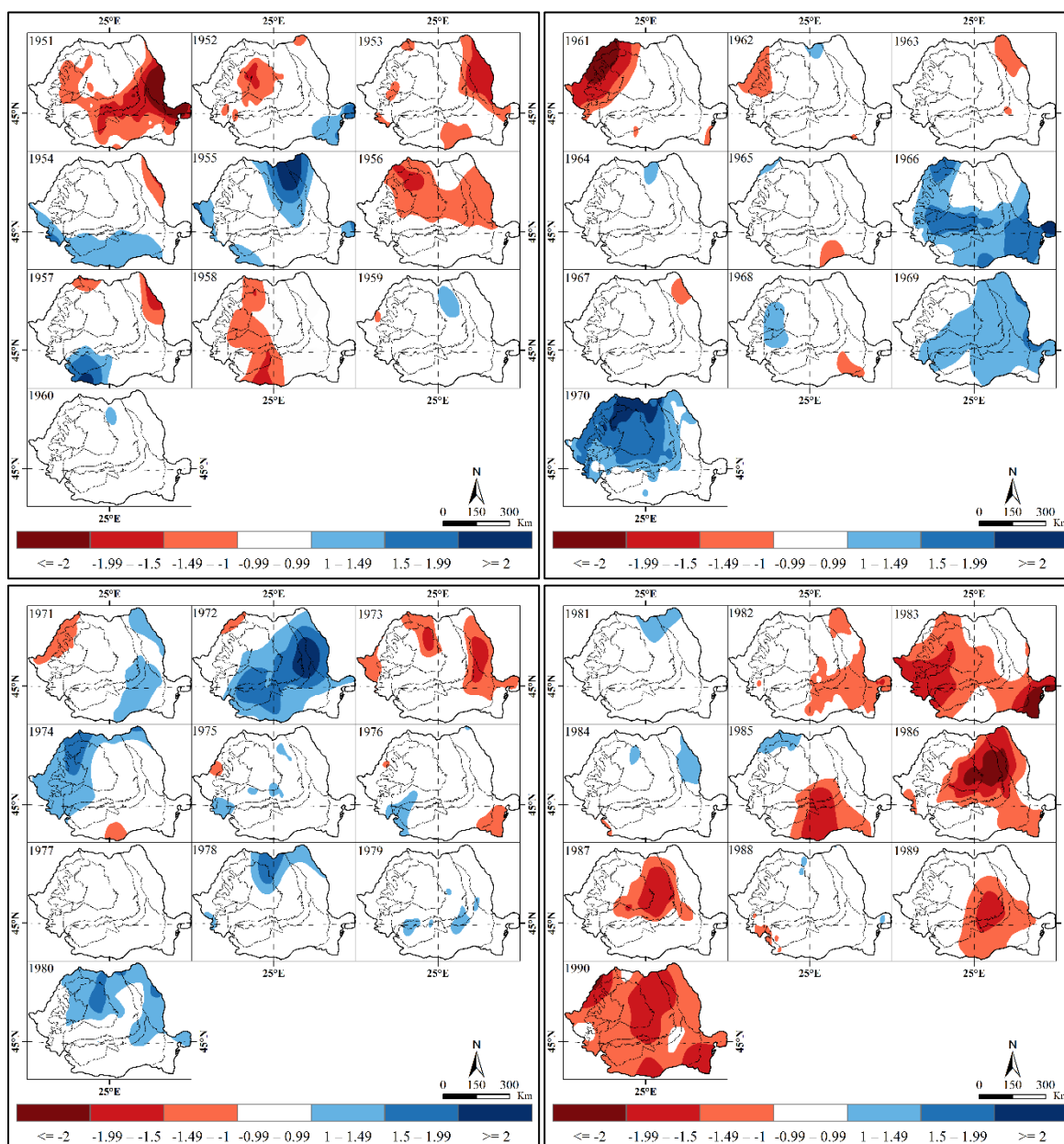


Figura 4 – Distribuția spațială a fenomenului de secetă și a excedentului pluviometric în România la nivel anual, conform SPI, în perioada 1951–1990

Excedentul pluviometric accentuat s-a manifestat pe arii mai extinse în anul 2005 cu 41.2 % din teritoriul României afectat, în anul 2010 cu 36.8 % și în 1970 cu 31.2 %. Procente mai însemnate s-au înregistrat și în anii 2014 cu 27.2 %, 1966 cu 26 %, 1972 cu 25.2 % dar și în anii 1991, 1997 și 2017 chiar dacă în cazul acestora din urmă, valorile au fost de sub 15 % (Tabel 4, Figura 3F). În anul 2005 a fost afectată jumătatea de sud a României, în 2010 jumătatea de nord și Podișul Dobrogei (Figura 5) în timp ce în 1970 au fost afectate în special regiunile din interiorul arcului carpatic (Figura 4).

În ceea ce privește excedentul pluviometric extrem, se remarcă anii 2005 și 2010 cu 29.2 % respectiv 22.8 % din suprafața țării afectată, în timp ce în anul 2014 s-a înregistrat

valoarea de 18.1 %, aceștia fiind anii în care procentele au depășit peste 15 % (Tabel 4, Figura 3G).

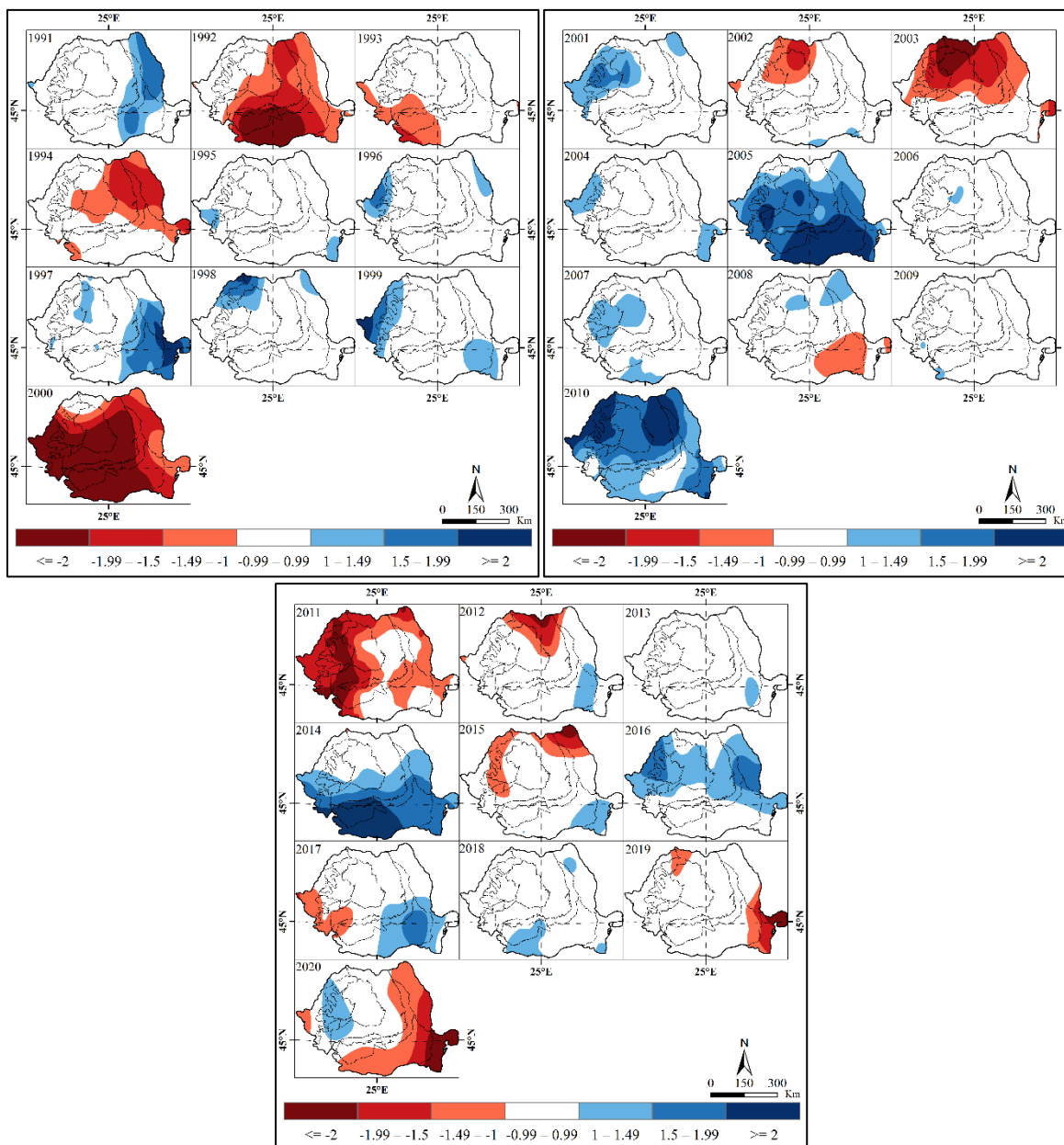


Figura 5 – Distribuția spațială a fenomenului de secetă și a excedentului pluviometric în România la nivel anual, conform SPI, în perioada 1991–2020

Per total, cei mai afectați ani de secetă au fost anii 2000 cu 94.5 % din teritoriul României afectat, 1990 cu 94.2 %, 2011 cu 70.2 %, 1992 cu 70 %, 1983 cu 66.4 %, 2003 cu 55.5 % și 1986 cu 50.9 % aceștia fiind anii cu peste 50 % din teritoriul României afectat. Când vine vorba despre anii în care s-au înregistrat cele mai mari procente ale excedentului pluviometric, aceștia sunt anul 2005 cu 89.9 %, 2010 cu 88.4 %, 2014 cu 67.9 %, 1966 cu 66.5 %, 1969 cu 65.1 %, 1972 cu 63.1 %, 1970 cu 61.4 % și 2016 cu 55.3 %, aceștia fiind de asemenea anii cu peste 50 % din teritoriul României afectat (Figura 3H).

3.2. Frecvența relativă a fenomenului de secetă și a excedentului pluviometric în România la nivel multianual

Conform frecvenței multianuale a fenomenului de secetă, se observă că de-a lungul timpului cele mai afectate regiuni ale României au fost cele extracarpătice și pe arii mai restrânse cele intracarpătice. Mai exact, sunt afectate cel mai frecvent Podișul Moldovei, cu precădere jumătatea sud-estică a Câmpiei Moldovei unde se înregistrează pe arii extinse frecvențe de peste 20% și jumătatea estică și nordică a Podișului Bârladului cu valori ale frecvenței relative de peste 19%. De asemenea, sunt afectate frecvent zona de curbură și Câmpia Bărăganului, Podișul Dobrogei dar și areale din interiorul arcului Carpat, precum Depresiunea Transilvaniei, cu precădere în Podișul Târnavelor. În aceste zone fenomenul de secetă s-a produs pe arii extinse în peste 15% din intervalul analizat (Figura 6).

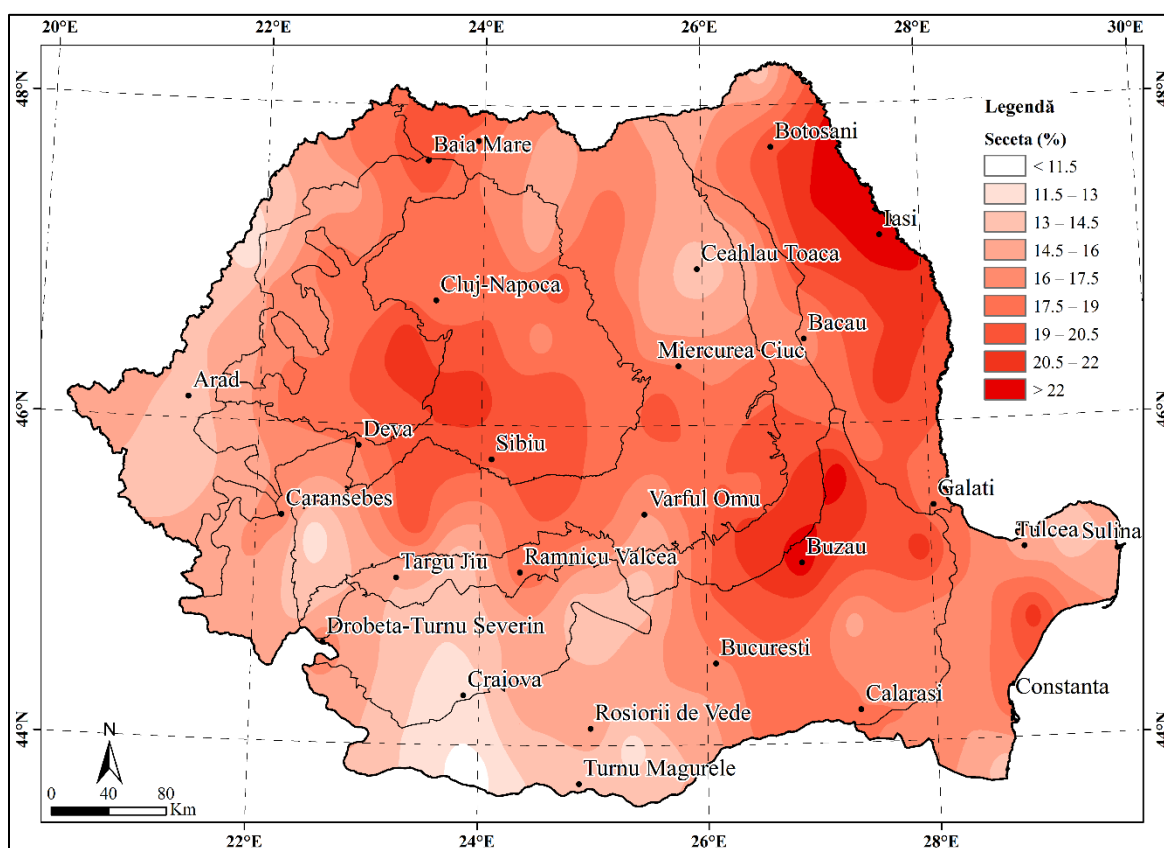


Figura 6 – Frecvența relativă a fenomenului de secetă în România la nivel multianual conform SPI, în perioada 1951–2020

În ceea ce privește excedentul pluviometric, se observă foarte bine zonele care sunt afectate cel mai des de acest fenomen. Se remarcă în special întregul areal al Carpaților Orientali, cu precădere zona centrală a acestora, unde se înregistrează pe arii extinse frecvențe de peste 20%, zonă prelungită și spre Colinele Tutovei (Figura 7).

De asemenea, se remarcă zona de nord-vest a României, jumătatea de est a Podișului Dobrogei dar și toată jumătatea de vest a Câmpiei Române, cu un maxim în zona central-sudică a acesteia, prelungită până la sud de orașul Sibiu.

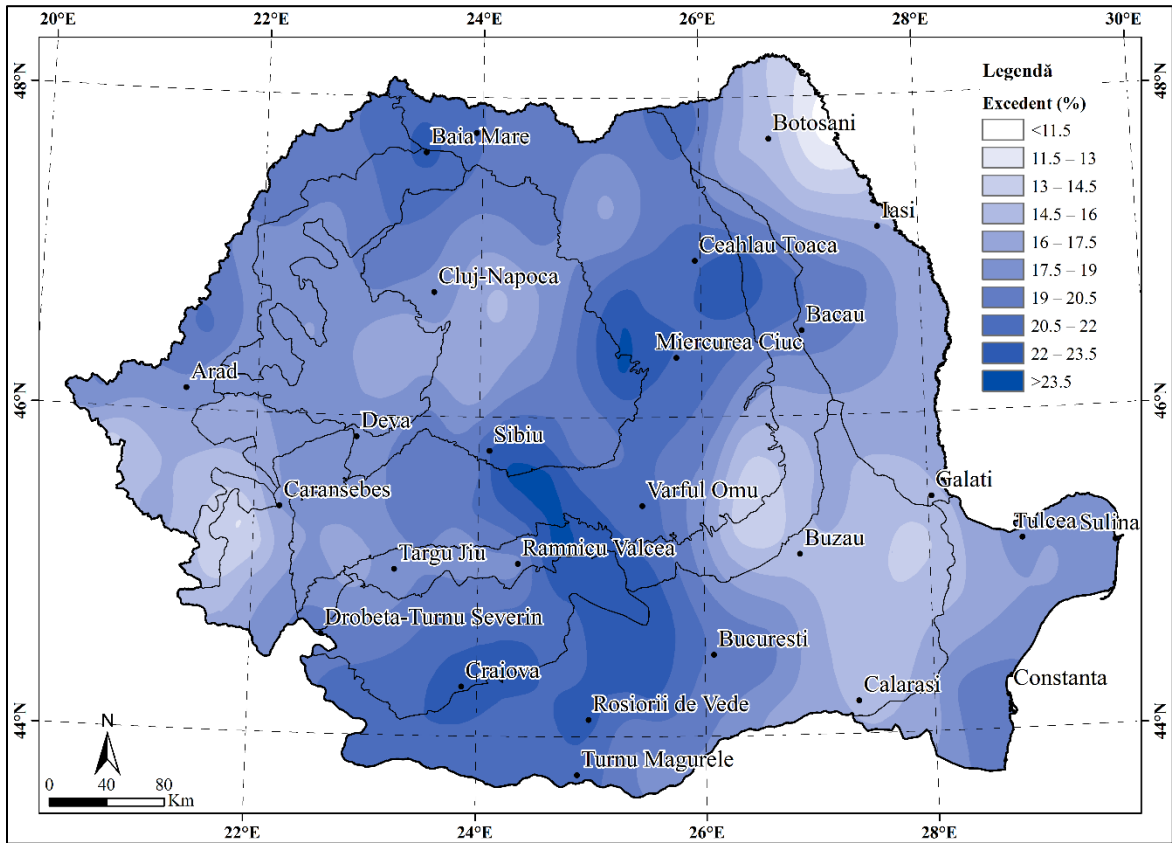


Figura 7 – Frecvența relativă a excedentului pluviometric în România la nivel multianual conform SPI, în perioada 1951–2020

În această zonă, frecvențele de peste 20% pot fi explicate prin faptul că în zona centrală a Câmpiei Române se produce fenomenul de convergență a maselor de aer, areal în care se înregistrează valori mai ridicate ale cantităților de precipitații decât regiunile învecinate din estul sau vestul Câmpiei Române. De altfel se observă ca acest areal se prelungește la est de București și la vest de Roșiorii de Vede (Ion-Bordei N, 1988; Dobri et al., 2019) (Figura 7).

CAPITOLUL 4

UTILIZAREA IMAGINILOR SATELITARE PENTRU ANALIZA FENOMENULUI DE SECETĂ LA NIVELUL TERENURILOR ARABILE DIN ROMÂNIA

4.1. Extinderea teritorială și gradul de severitate a fenomenului de secetă conform NDDI

Rezultatele indică o medie multianuală de 60.6% din terenurile arabile ce au fost afectate de secetă în perioada analizată (2001–2020), cu o extindere mai mare în anii foarte secetoși (90% în 2003, 84.4% în 2012, 80.6% în 2002 și 76.7% în 2020). Prin comparație, în anii foarte umezi, terenurile arabile au fost în mod clar mai puțin afectate de secetă (37.9% în 2016, 38.9% în 2014 și în 2018 și 39.3% în 2010). Astfel, ca o caracteristică generală, se poate spune că seceta a afectat în mod constant teritoriul României, în unii ani însă, doar unele regiuni fiind grav afectate (Tabel 5, Figura 8) (Dobri et al., 2021).

Tabel 5 – Ponderea terenurilor arabile (%) afectate de toate tipurile de secetă conform NDDI între 2001 și 2020 (TdS – Tip de secetă, Fs – Fără secetă, Sm – Secetă moderată, Ss – Secetă severă, Se – Secetă extremă, Tts – Toate tipurile de secetă) și cantitatea de precipitații (mm) acumulată între 5 martie și 13 septembrie (Dobri et al., 2021)

Normal Difference Drought Index (NDDI)						Cantitatea de precipitații (mm)
TdS	Fs	Sm	Ss	Se	Tts	
Range	< 0.5	0.5–0.6	0.6–1	> 1	> 0.5	
2001	30.6	22.4	36.8	10.2	69.4	370.9
2002	19.4	25.2	43.1	12.3	80.6	310.0
2003	10	25.9	47.6	16.5	90	207.2
2004	34.1	19.3	34.3	12.3	65.9	319.8
2005	35.2	18.9	35.4	10.5	64.8	458.7
2006	40.4	17.2	34.3	8.1	59.6	375.3
2007	26	27.7	38.2	8.1	74	295.1
2008	54.7	15.8	24.2	5.3	45.3	289.9
2009	49.2	19.6	27.0	4.2	50.8	276.1
2010	60.7	14.0	21.4	3.9	39.3	381.0
2011	46	17.9	29.4	6.7	54	270.3
2012	15.6	25.2	46.9	12.3	84.4	267.3
2013	48.8	17.2	28.7	5.3	51.2	339.3
2014	61.1	13.3	21.0	4.6	38.9	405.5
2015	38.4	20.3	33.6	7.7	61.6	262.3
2016	62.1	13.0	20.7	4.2	37.9	329.4
2017	44.6	18.2	29.8	7.4	55.4	316.6
2018	61.1	14.7	20.7	3.5	38.9	340.9
2019	31.7	19.3	37.1	11.9	68.3	286.3
2020	23.3	25.2	41.3	10.2	76.7	360.1
2001-2020	39.4	19.6	32.6	8.4	60.6	323.1

Ținând cont de faptul că peste 70 % din terenurile arabile din România se găsesc în regiuni de câmpie, se poate observa că acestea sunt regiunile care se confruntă în mod constant cu riscul de apariție a secetei și cu impactul asociat asupra producției agricole.

Mai mult, se poate observa că prima parte a perioadei analizate (2001–2010) a înregistrat mai mulți ani în ceea ce privește întinderea și severitatea secetei decât al doilea interval (2011–2020). Prin urmare, putem presupune că o creștere a frecvenței perioadelor cu secetă derivate în principal din indicele SPI (subiect abordat în capitolul anterior) nu este susținută ferm din perspectiva condițiilor de vegetație a culturilor, evaluată cu ajutorul NDDI (Dobri et al., 2021).

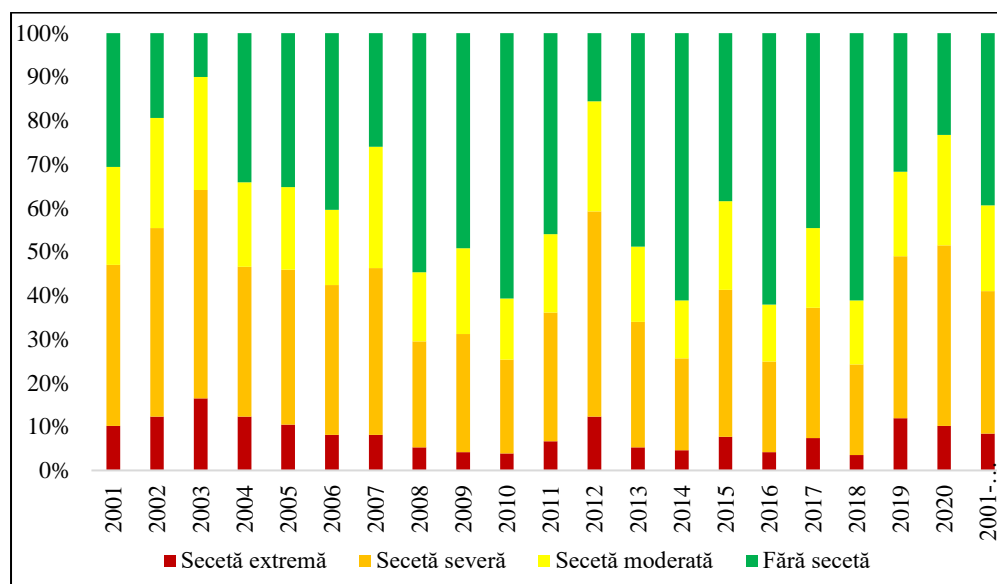


Figura 8 – Frecvența relativă (%) a principalelor tipuri de secetă conform NDDI între 2001 și 2020 (Dobri et al., 2021)

Dacă privim în ansamblu extinderea tuturor tipurilor de secetă ce afectează terenurile arabile din România în perioada martie–septembrie conform NDDI, se poate observa că cel mai mic impact se produce în perioada aprilie – mai–iunie. Acesta este de altfel și momentul maximului pluviometric în România, dar și perioada când vegetația are o perioadă puternică de înverzire și dezvoltare (Figura 9).

După sfârșitul lunii iunie însă, seceta crește în frecvență spațială ca efect combinat al scăderii cantității de precipitații și a epuizării terenurilor arabile de către vegetație, datorită recoltei unor culturi importante, cum ar fi grâul (Figura 9). În general, sud–estul României a fost afectat de secetă chiar și în anii cei mai ploioși, cum ar fi în 2010, 2014, 2016 sau 2018. Unii autori afirmă că în astfel de cazuri, prin intensificarea fenomenului de secetă se va produce deșertificarea terenurilor arabile. În mod normal, dacă discutăm despre manifestarea procesului de deșertificare în România (Vorovencii, 2015), ar trebui să ne așteptăm la acest fenomen în acele regiuni care sunt afectate de secetă chiar și în anii cei mai ploioși. Cu toate acestea, această analiză nu susține așa–numita teorie a deșertificării din România, cel puțin din perspectiva condițiilor de vegetație a culturilor (Dobri et al., 2021).

Astfel, o dată cu sfârșitul lunii iunie, seceta se produce cu frecvențe de peste 80% în proporții importante din zona județelor Galați și Vrancea, Câmpia Bărăgan, Câmpia Moldovei și pe arii ceva mai reduse în jumătatea nordică a Podișului Dobrogei, Câmpia

Olteniei și Câmpia de Vest. La fel ca și în cazul materialelor cartografice cu extinderea și gradul de severitate al celorlalte tipuri de secetă și în acest caz se observă cu ușurință că maximum se produce din luna august până la jumătatea lunii septembrie și implicit sfârșitul intervalului de analiză, cu mențiunea că extinderea secetei este mult mai pronunțat și generalizat în aproape întreaga țară.

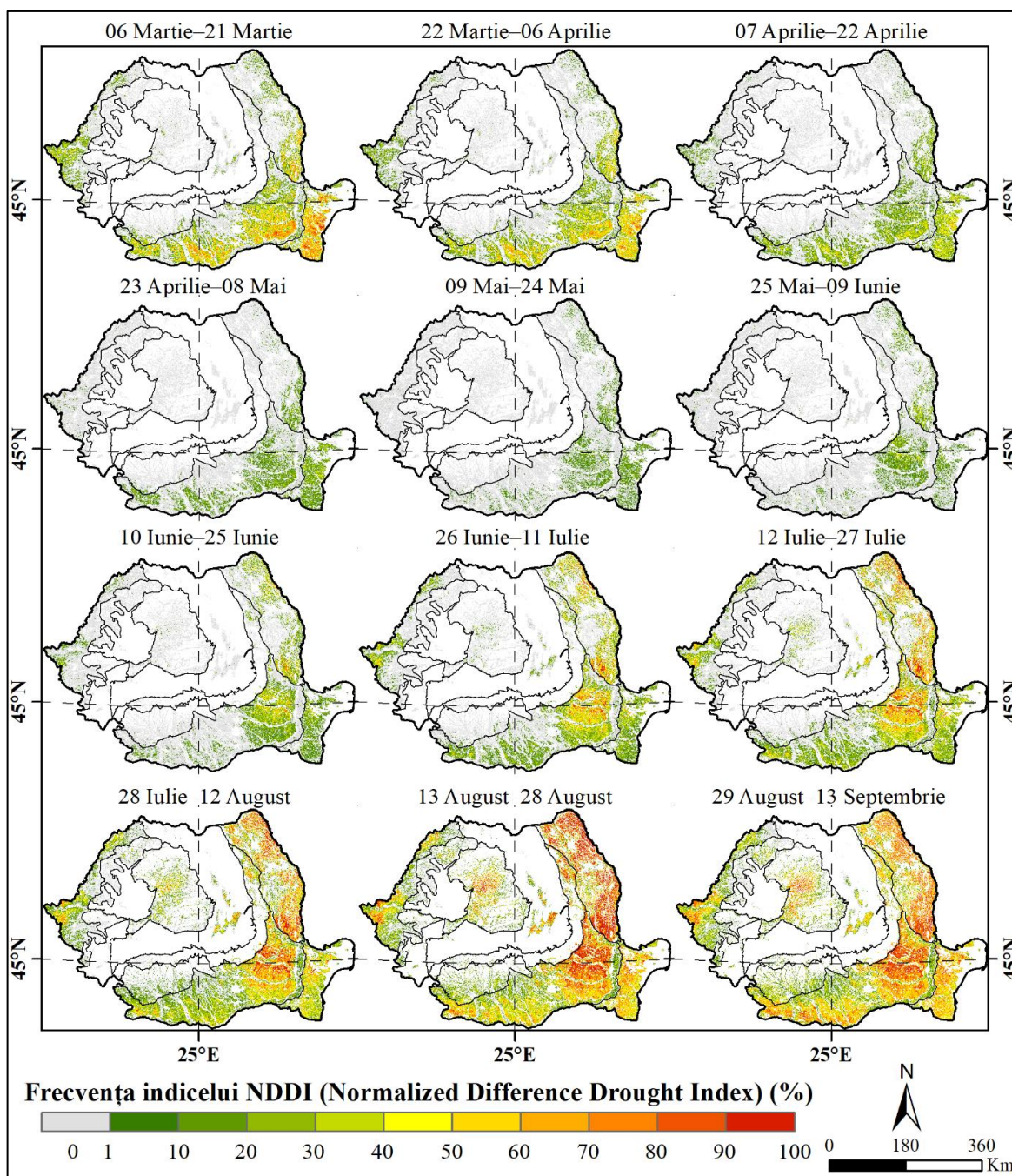


Figura 9 – Frecvența relativă a tuturor tipurilor de secetă (>0.5 NDDI) la nivelul terenurilor arabile din România pentru perioadele compuse de 16 zile între Martie și Septembrie (2001–2020) (Dobri et al., 2021)

Astfel, terenurile arabile au fost afectate cu frecvență de 90–100 % în întreg Podișul Moldovei, cu câteva excepții în jumătatea de vest a Podișului Bârladului unde aceasta s-a produs cu frecvență de 30–50%, în Câmpia Bărăganului, Câmpia Transilvaniei și pe arii ceva

mai reduse în Câmpia Olteniei, Câmpia de Vest și depresiunile intramontane.

În cazul acestora din urmă dar și în alte regiuni precum Podișul Dobrogei, zona centrală a Câmpiei Române și Subcarpații Moldovei, frecvența secetei este de peste 50 %, în medie de 50–70 % (Figura 9). O altă caracteristică ce se poate deduce din aceste materiale este dată de frecvența redusă cu care se produce seceta pe terenurile arabile din lungul albiilor râurilor sau din apropierea acestora, din lunca Dunării sau din Balta Ialomiței și Insula Mare a Brăilei. Aceste terenuri beneficiază de un aport sporit de umezeală datorată apropierii acestora de luciile de apă sau pur și simplu datorată folosirii sistemelor de irigații aflate încă în funcțiune sau care au fost modernizate și refăcute în ultima perioadă.

Astfel, distribuția spațială a secetei în aceste zone subliniază extrem de bine cerințele crescute pentru irigare în toate zonele țării dar mai ales în partea de sud și est a țării, pe măsură ce rata precipitațiilor scade o dată cu înaintarea în anotimpul de vară. În această situație, în România sistemele de irigații trebuie recuperate și dezvoltate, acestea fiind aproape complet distruse după prăbușirea regimului comunist (Zambakas, 1992; Croitoru et al., 2012).

Pentru a sublinia variabilitatea apariției secetei la scara întregii țări, au fost identificate, pentru fiecare pixel de pe harta terenurilor arabile din România, anul care înregistrează cea mai mare valoare a NDDI, indicând condiții de secetă moderată, severă sau extremă. Rezultatele au fost grupate în patru intervale a câte 5 ani în care au fost înregistrate aceste valori (Figura 10) (Dobri et al., 2021).

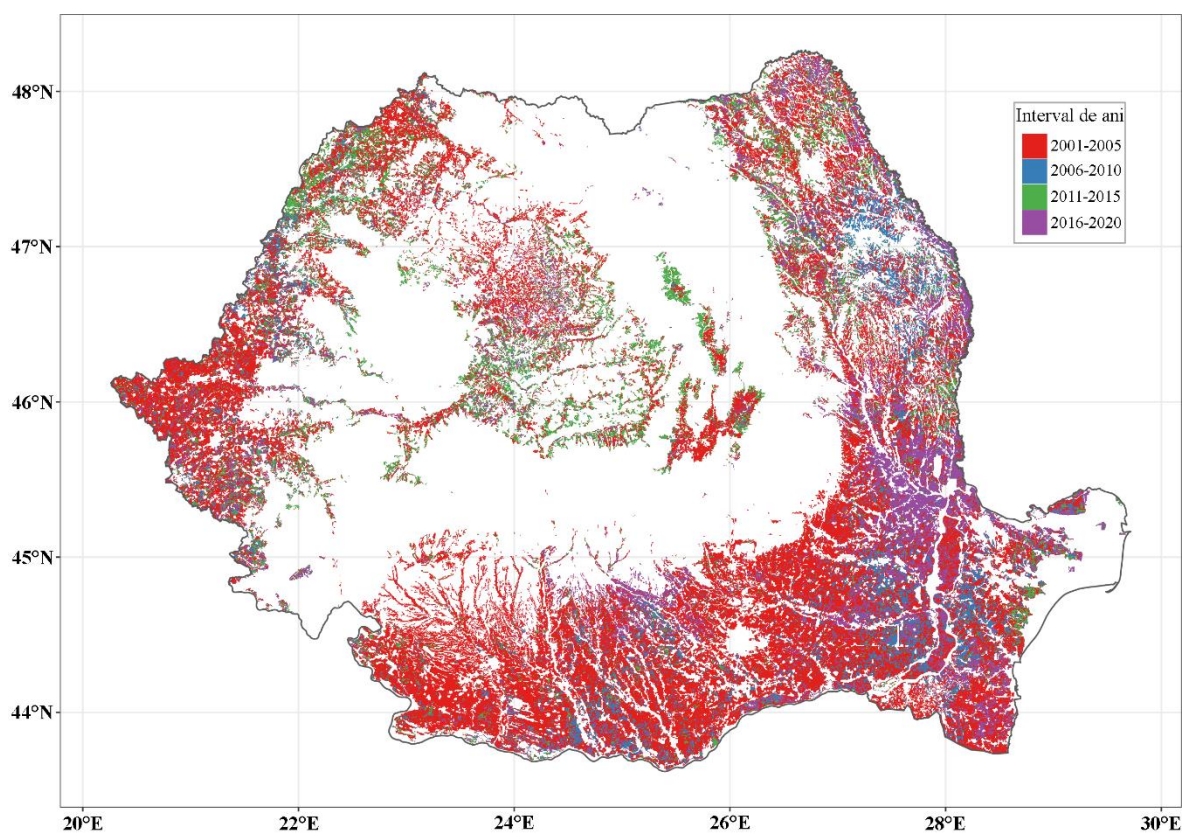


Figura 10 – Intervalele de ani care înregistrează cea mai mare valoare a NDDI pentru fiecare pixel la nivelul terenurilor arabile din România pentru 2001–2020 (Dobri et al., 2021)

Astfel, părțile sudice și occidentale ale României au înregistrat cele mai mari valori ale NDDI, în principal între 2001 și 2005 (din cauza secetei din 2002 și 2003) dar și în perioada 2006–2010 când au fost afectate în special sud–estul Câmpiei Bărăganului și vestul Podișului Dobrogei (ca efect al episodului de secetă din 2007). În părțile centrale și nord–vestice ale României, pe areale extinse ale terenurilor arabile, intervalul 2011–2015 a avut cel mai mare impact al secetei (în special datorită secetei din 2012) afectând în special Câmpia Transilvaniei și Podișul Târnavelor și Câmpia Someșului. Tot în acest interval se remarcă punctual și estul Podișului Dobrogei, Podișul Moldovei sau depresiunile intramontane.

Pentru partea de nord–est a României, chiar dacă 2001–2005 a înregistrat majoritatea valorilor maxime ale NDDI, niciun interval nu pare să fie totuși dominant pentru cele mai severe condiții de secetă. În ansamblu, 2016–2020 a predominat asupra părții sudice, împreună cu nordul Câmpiei Bărăganului, 2006–2010 au prevalat asupra părții centrale a regiunii, cu excepțiile menționate anterior iar perioada 2011–2020 a fost mai prezentă în special în partea de nord (Figura 10).

Din harta cu gradul de severitate a tuturor tipurilor de secetă ce au afectat terenurile arabile din România în perioada martie–septembrie a anilor 2001–2020 se observă foarte bine că regiunile cele mai afectată de secetă, sunt în general cele din sudul extrem, sud–estul și estul României.

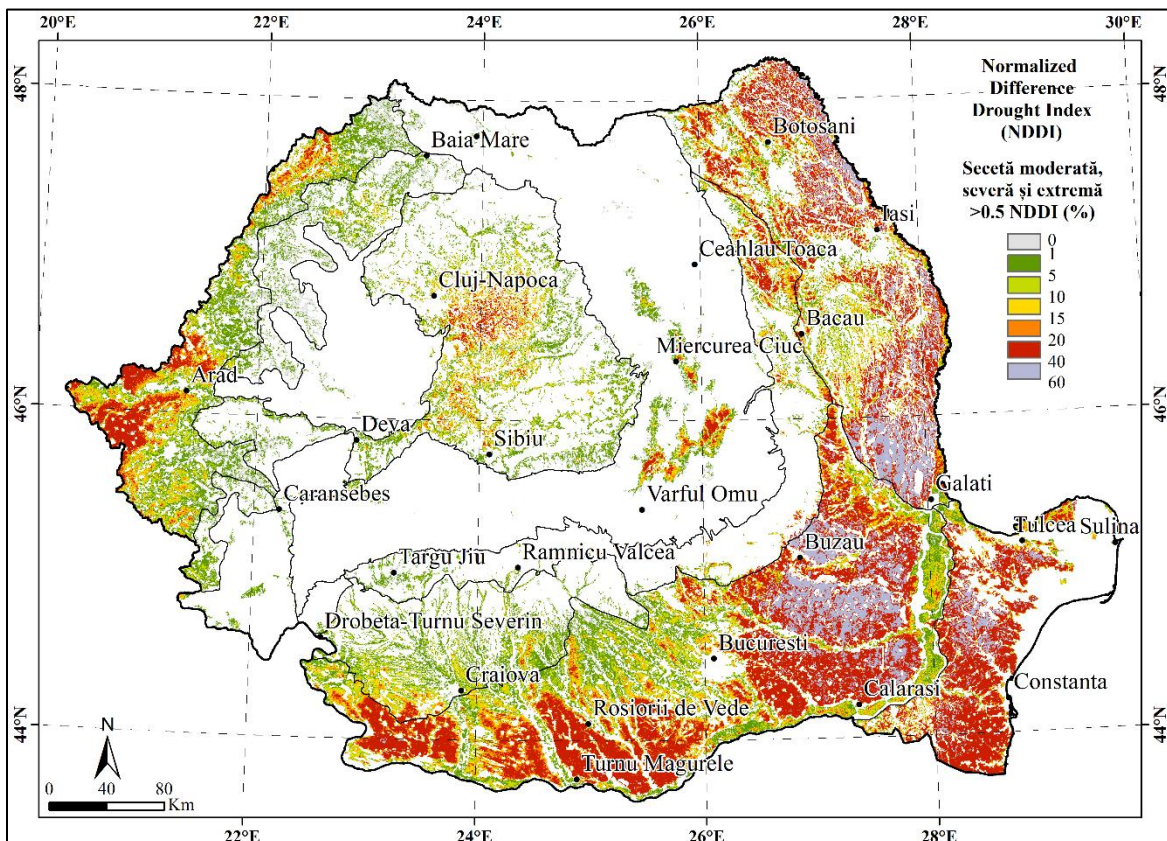


Figura 11 – Frecvența relativă a tuturor tipurilor de secetă (>0.5 NDDI) la nivelul terenurilor arabile din România pentru perioada 2001–2020 (Dobri et al., 2021)

Astfel, în aceste regiuni s-au înregistrat valori ale frecvenței secetei de până la 40 % din perioada analizată, pe arii foarte extinse, în timp ce în partea de sud a Podișului Moldovei,

partea centrală a Podișului Dobrogei dar și partea de est a Câmpiei Române (Câmpia Bărăganului, una dintre cele mai importante regiuni agricole din România), frecvențele au atins și valori de până la 60 %, subliniind predispunerea acestor zone la fenomenul de secetă. Tot în acest caz, sunt afectate pe arii ceva mai restrânse Câmpia Someșului, Câmpia Transilvaniei și depresiunile intra-montane (Figura 11).

O altă regiune importantă afectată de secetă se află în partea de nord-est a României, în Câmpia Moldovei. Pe lângă aceste regiuni importante, seceta este frecventă și în regiunea Dobrogei, în partea de sud a Câmpiei Române și în partea de vest a țării, într-o regiune aflată în extremitatea estică a Câmpiei Panonice (Dobri et al., 2021).

Cu toate acestea, se observă foarte bine și zonele care nu sunt afectate la fel de des, zone care beneficiază de sisteme de irigații sau de precipitații multianuale mai însemnate cantitativ. Astfel, se poate distinge o fâșie compactă de teren arabil orientată de la nord la sud, situată la est de Câmpia Română și la vest de Podișul Dobrogei, de-a lungul Dunării, între orașele Galați și Călărași, care nu este grav afectată de secetă. Această regiune este reprezentată de terenuri aflate între brațele dunărene, regiuni ce înregistrează un grad ridicat de umiditate a solului și care beneficiază de sisteme de irigații bine dezvoltate (Angearu et al., 2020). De asemenea, se remarcă și regiuni care beneficiază de cantități mai mari de precipitații precum Colinele Tutovei, regiune intra-carpatică per ansamblu dar și zona central-sudică a României, bine cunoscuta zonă de convergență a maselor de aer (Figura 11) (Dobri și Apostol, 2019b)

Este important să subliniem că toate aceste regiuni afectate de secetă au cel puțin trei elemente în comun: cantitatea redusă de precipitații cu o medie multianuală mai mică de 300 mm între martie și septembrie (Clima României, 2008), un nivel de vulnerabilitate a apelor subterane foarte ridicat (Prăvălie et al., 2019; Minea et al., 2020) și predominanța culturilor de grâu.

Pentru o imagine mai cuprinzătoare asupra secetei, pe lângă frecvența claselor de secetă pentru întreaga perioadă din 2001 până în 2020, a fost selectată treimea superioară / inferioară (adică 7 ani) a celor mai uscați / umezi ani din 2001 până în 2020, conform rezultatelor prezentate în Tabelul 5. Sunt prezentate astfel mai sintetic, distribuția frecvenței claselor de secetă rezultate din calcularea NDDI, selectând anii cei mai relevanți pentru condiții de secetă / umiditate (Figurile 12 și 13) (Dobri et al., 2021).

Cei mai uscați 7 ani între 2001 și 2020, după cum arată valorile NDDI (Tabel 5), au fost 2003, 2012, 2002, 2020, 2007, 2001 și 2019. În mod clar 2003, cu 25.9 % din terenurile arabile afectate de secetă moderată și 64.1 % afectate de secetă severă și extremă, reprezintă un an record din acest punct de vedere. Al doilea cel mai uscat an a fost 2012, cu 25.2 % din terenurile arabile afectate de secetă moderată și 59.2 % afectate de secetă severă și extremă.

Extinderea spațială a secetei, așa cum arată valorile NDDI pentru acești ani, prezintă un model similar cu cel al mediei multianuale, iar condițiile extreme de secetă sunt extinse peste Podișul Dobrogei, partea nord-estică a Podișului Moldovei și partea central-sudică a Câmpiei Române. (Figura 12). Pentru partea de vest a României, în acești ani, diferențele față de media multianuală nu sunt mari, indicând un impact mai puțin pronunțat al secetei în această regiune (Dobri et al., 2021).

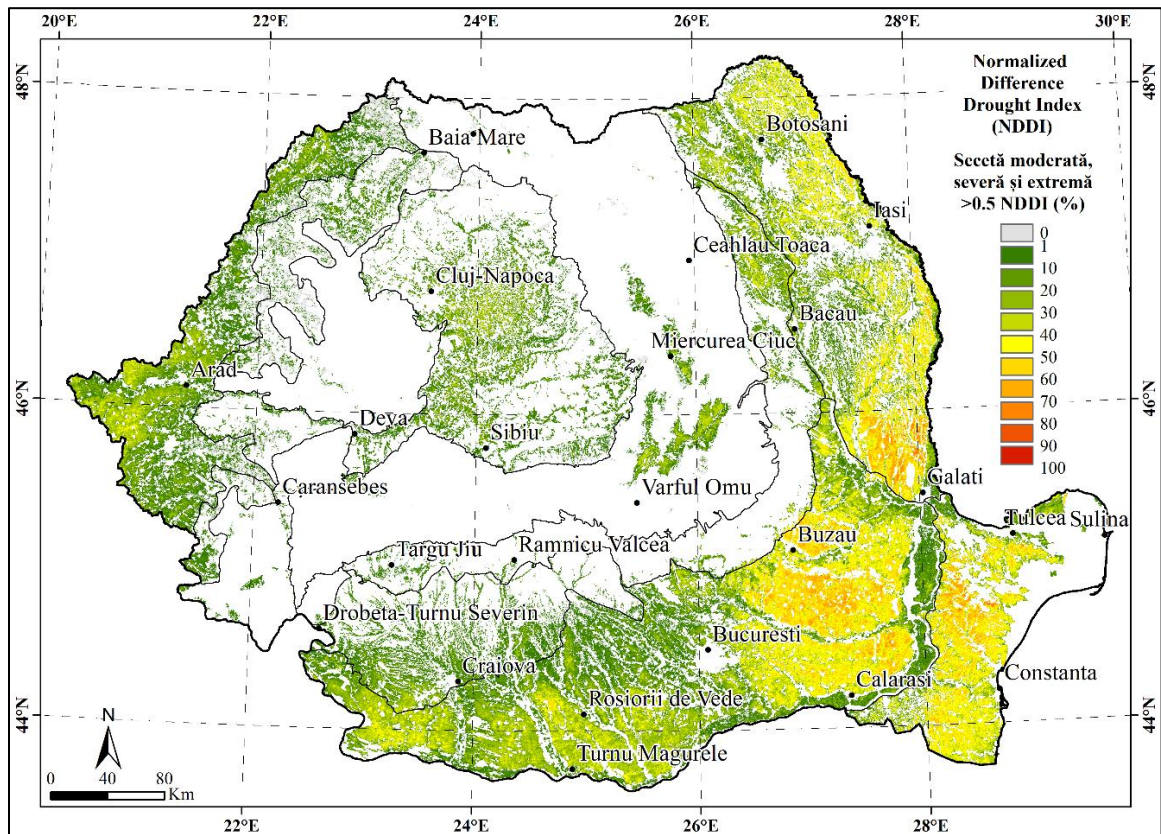


Figura 12 – Frecvența relativă a fenomenului de secetă la nivelul terenurilor arabile din România pentru cei mai uscați șapte ani din 2001 până în 2020 (Dobri et al., 2021)

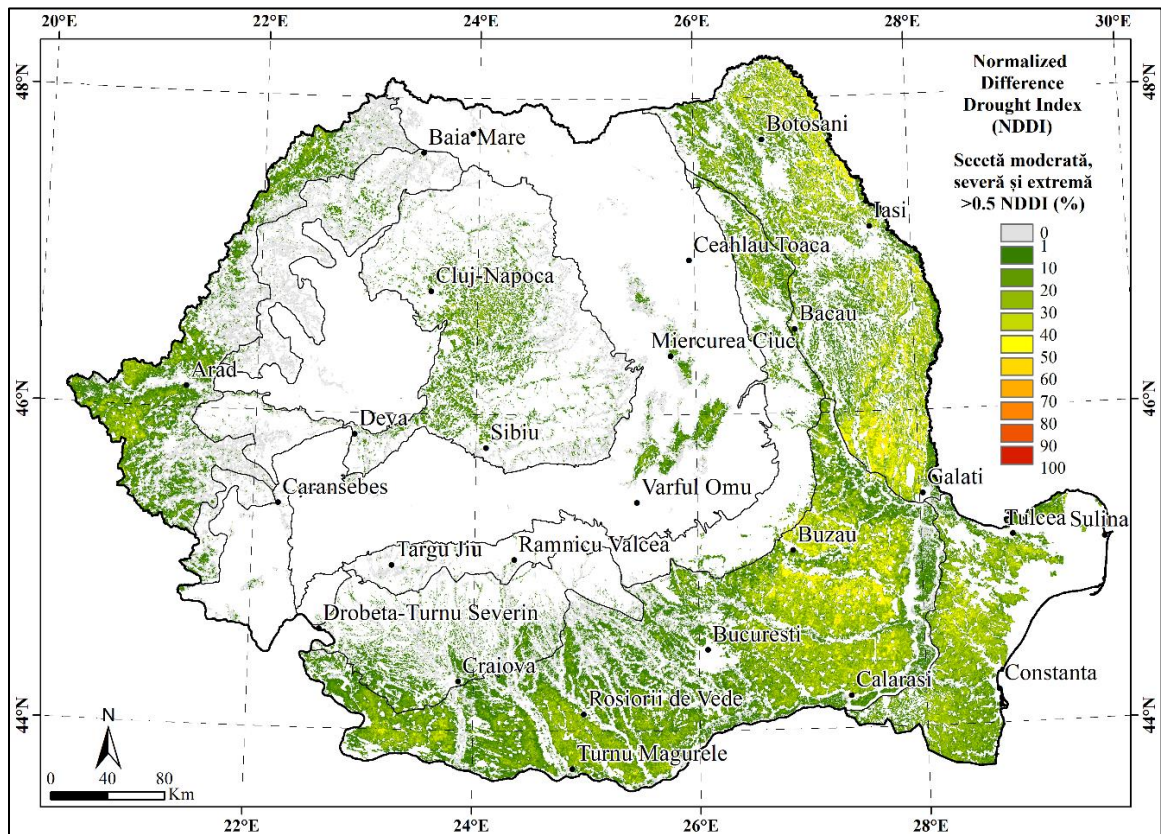


Figura 13 – Frecvența relativă a fenomenului de secetă la nivelul terenurilor arabile din România pentru cei mai ploioși șapte ani din 2001 până în 2020 (Dobri et al., 2021)

În schimb, cei mai umezi 7 ani între 2001 și 2020, după cum arată valorile NDDI, au fost 2016, 2014, 2018, 2010, 2008, 2009 și 2013. Cei mai umezi ani au fost 2016 și 2014, cu 37.9 % și respectiv 38.9 % din terenurilor arabile afectate de secetă (Figura 13, Tabel 5).

În ceea ce privește extinderea teritorială a secetei în aceste intervale, cele mai afectate zone au rămas partea de est și sud a României. Cu siguranță, în acești ani seceta s-a manifestat cu un grad mai redus de severitate. Cu toate acestea, chiar și în aceste condiții generale de umiditate, seceta a rămas o amenințare în unele regiuni din estul României, în special în nord-estul și sud-estul Podișului Moldovei, în partea de est a Câmpiei Române și a Podișului Dobrogei. Deoarece acestea sunt regiunile din România care sunt în mod constant afectate de secetă, seceta din aceste regiuni nu ar trebui considerată un eveniment meteorologic extrem, ci o caracteristică climatică comună. Adică, în aceste regiuni agricultura nu este posibilă fără irigare intensivă (Dobri et al., 2021).

4.2. Relația dintre precipitațiile atmosferice și NDDI

Relația directă dintre cantitatea de precipitații atmosferice și NDDI este caracterizată printr-o corelație negativă. Astfel, cantitățile mici de precipitații duc la valori mari ale indicelui NDDI ceea ce înseamnă secetă pe arii mai extinse (-0,37 media coeficientului Spearman la nivelul României, semnificativ statistic pentru $p < 0.10$) (Dobri et al., 2021).

În general, putem observa că iese în evidență pentru întregul interval corelația PN1, înregistrându-se o frecvență spațială a pixelilor cu o corelație semnificativă mare din mai până în iulie, în această perioadă înregistrându-se valorile maxime (aproximativ 30% din toate terenurile arabile) (Figura 14).

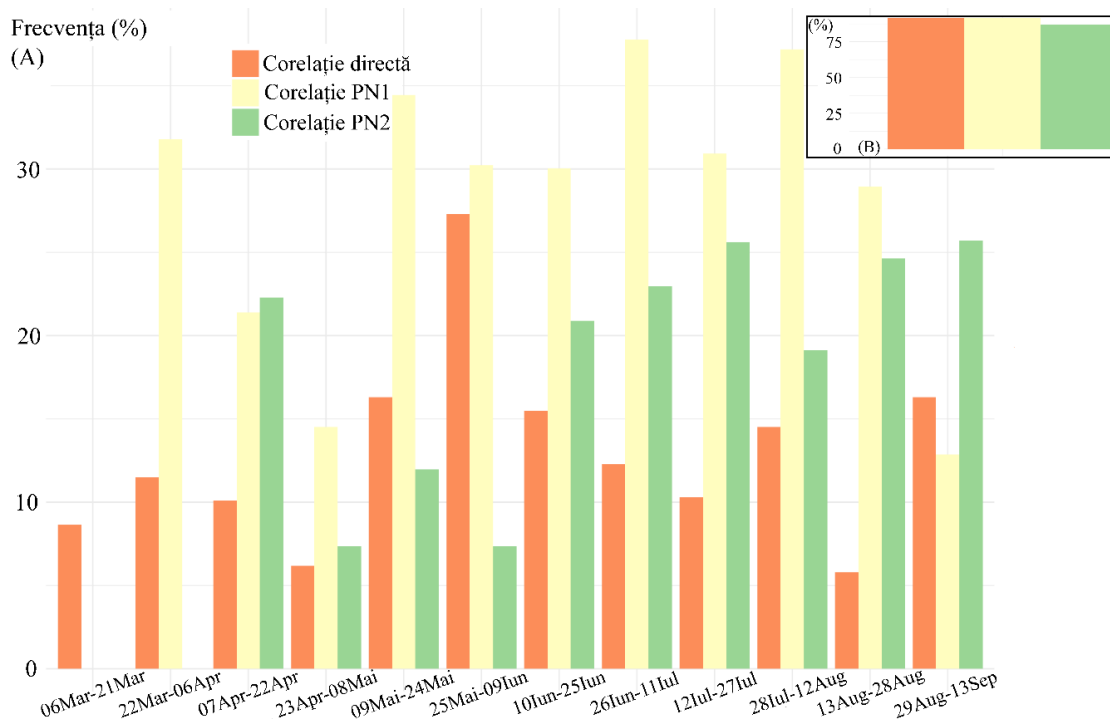


Figura 14 – Corelația Spearman între cantitatea de precipitații și NDDI cu întârziere de unul și două compozite, pentru cele 12 compozite NDDI (a) și pentru nivelul anual (b) (Dobri et al., 2021)

Mai mult, pentru martie–aprilie (cu un minim între 23 aprilie și 8 mai), corelația este foarte slabă, așa cum a observat și Potopová et al. (2016) în Republica Moldova pentru corelația dintre NDVI și SPEI.

Creșterea termică în această perioadă determină cel mai probabil o creștere rapidă a activității vegetale și astfel, deși cantitățile de precipitații nu sunt mari, plantele se dezvoltă rapid. De fapt, corelația este slabă pentru această perioadă și pentru corelațiile PN1 și PN2, care susțin aceeași explicație a creșterii rapide a masei vegetale declanșată de creșterea temperaturii. Mai mult decât atât, aceasta este perioada în care cultura de porumb, care acoperă 25 % din terenurile arabile din România (conform Institutului Național de Statistică) și care este o cultură extrem de solicitantă în ceea ce privește aprovizionarea cu apă, atinge activitatea maximă vegetală (Dobri et al., 2021).

După această perioadă, începând cu a doua perioadă a lunii mai, corelația PN1 crește în semnificație (mai mult de 30% din terenurile arabile), cu valori maxime la începutul lunii iunie. Aceasta poate reprezenta faptul că valorile cantității de precipitații atinge maximul anual în această perioadă. Corelația PN2 a fost cea mai importantă spre sfârșitul perioadei de studiu, cu vârful între 29 august și 13 septembrie.

Pe scurt, putem observa că răspunsul vegetației culturilor la cantitatea de precipitații atmosferice este mai rapid în timpul fazei maxime de dezvoltare a culturilor și la începutul verii și mai lent la sfârșitul dezvoltării culturilor (Dobri et al., 2021). Per ansamblu, la nivel anual, corelația PN1 a fost cea care a atins cel mai mare scor al nivelului de semnificație statistică pe terenurile arabile și a fost apropiată de corelația directă (Figura 14b).

Pentru nivelul multianual, a fost realizată corelația PN1 pentru fiecare compozit NDDI în parte (Figura 15) pentru valoarea $p < 0.10$ cât și pentru condițiile anuale pentru valoarea $p < 0.05$ (Figura 16). Pentru fiecare compozit separat, se pot observa mai întâi corelațiile semnificative ce sunt în principal negative, reflectând relația logică și așteptată dintre cantitatea de precipitații scăzută/mare și seceta/condițiile umede excesive (Dobri et al., 2021).

Cu toate acestea, unii pixeli, în special cei localizați în partea de sud–est a României, prezintă o corelație semnificativă pozitivă. Aceasta este în principal rezultatul dezvoltării vegetației, în ciuda cantității slabe de precipitații atmosferice, mai ales atunci când plantele beneficiază de o rezervă consistentă de umiditate a solului. În plus, corelația este profund influențată de fenologia culturilor și de rotația de la an la an (Dobri et al., 2021). Condițiile anuale (Figura 16) reiau corelația negativă între cantitatea de precipitații și valorile NDDI. Interesant este că această corelație negativă este mai puternică asupra terenurilor arabile din regiunile cu precipitații mai mari, cum ar fi regiunile din jumătatea de nord a țării.

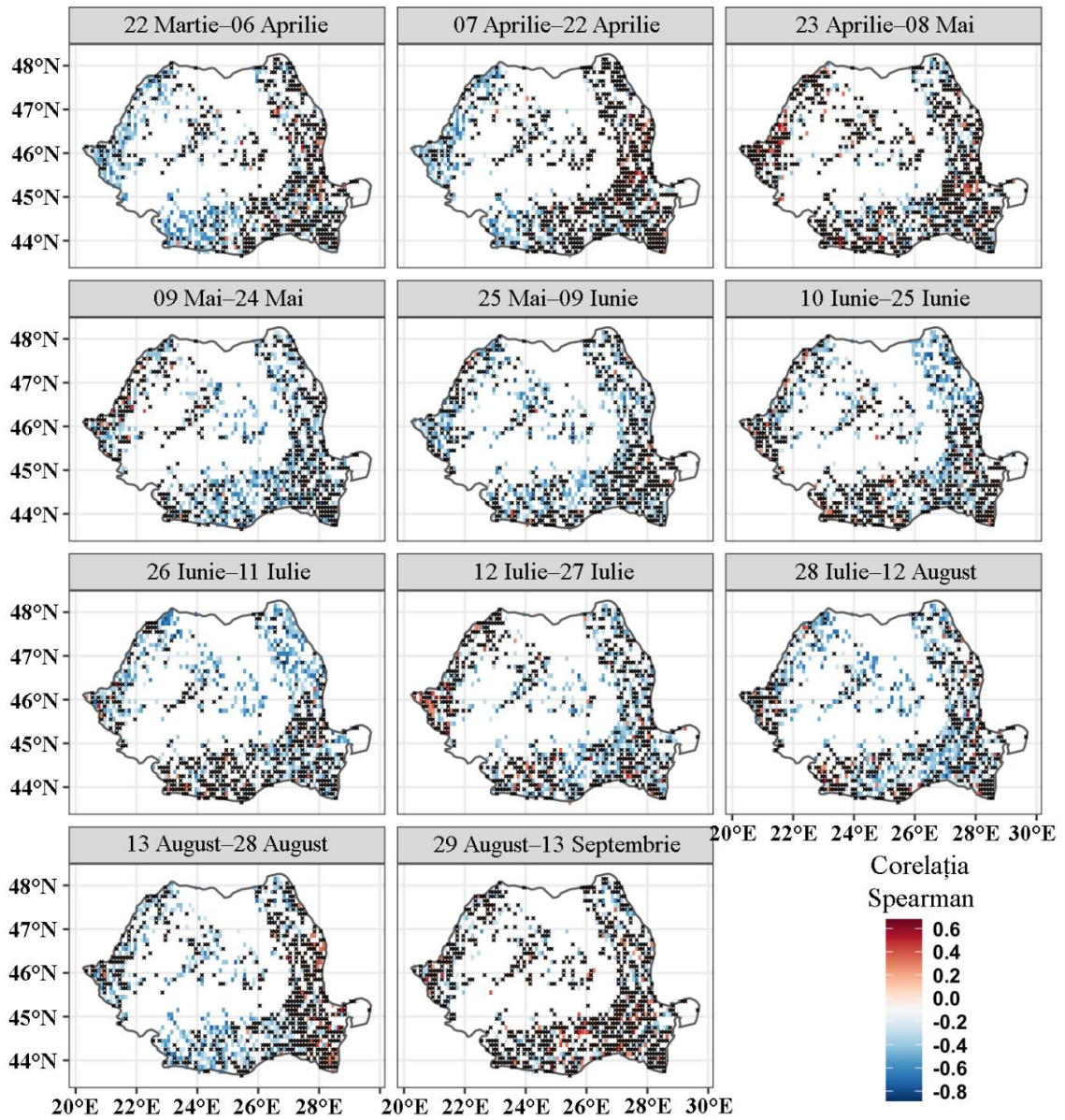


Figura 15 – Corelația Spearman între cantitatea de precipitații și decalajul de 1 compozit al NDDI, unde pixelii cu X reprezintă pixeli cu valori ale corelației Spearman ne semnificativi statistic la $p < 0.10$ (Dobri et al., 2021)

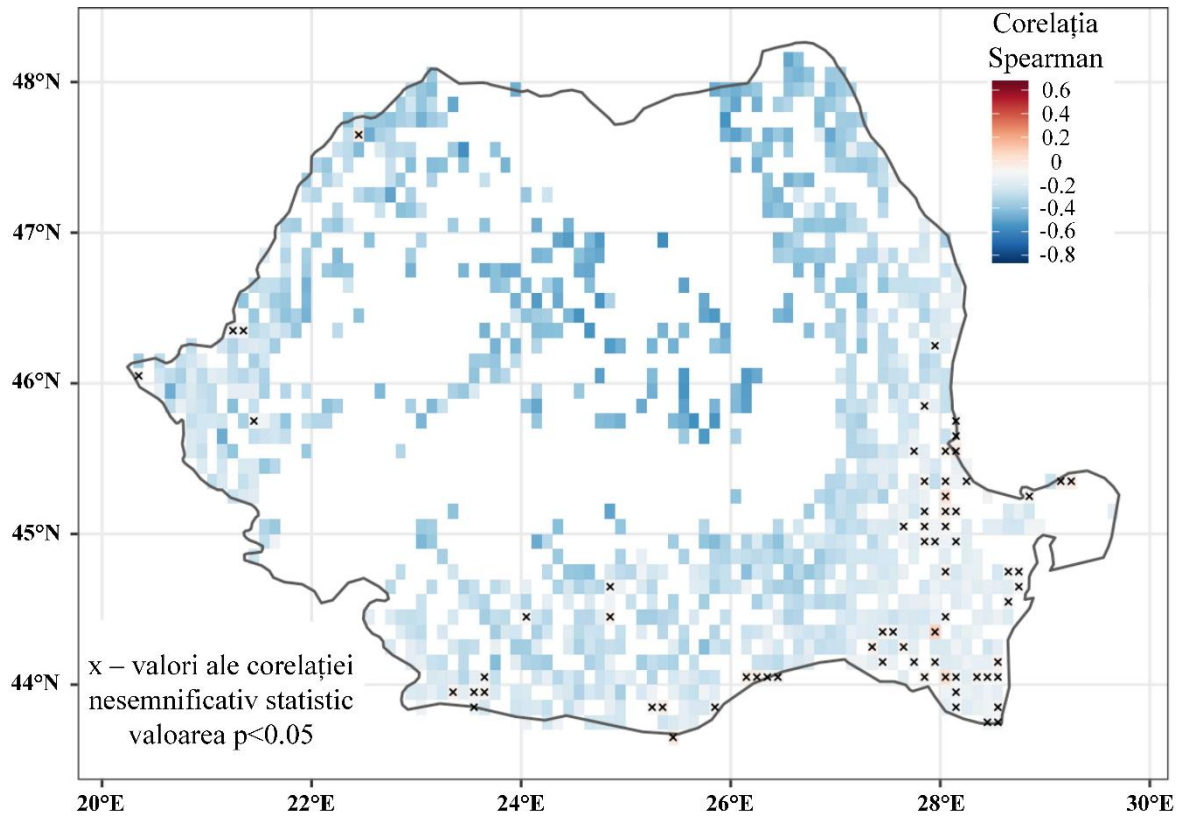


Figura 16 – Extinderea spațială a valorilor de corelație ale lui Spearman între cantitatea de precipitații și decalajul 1 compozit al NDDI pentru martie și septembrie (2001–2020) (Dobri et al., 2021)

Acest lucru este indus în principal de predominarea în aceste regiuni a culturilor cu un maxim de dezvoltare în perioada verii, care corespunde cu vârful anual al precipitațiilor atmosferice (cum ar fi porumbul). Prin comparație, lipsa semnificației statistice este specifică pentru unele puncte din partea de sud-est a României, dar și de-a lungul Dunării și mai rar în restul țării și corespunde în principal cu zonele ce beneficiază de cele mai extinse sisteme de irigații (Dobri et al., 2021).

CAPITOLUL 5

TIPURI DE CIRCULAȚII ATMOSFERICE LA NIVELUL ROMÂNIEI CONFORM CLASIFICĂRII COST

5.1. Situația la nivel multianual a tipurilor de circulații atmosferice

Din întreg intervalul de analiză (1951–2017), adică un total de 24.471 de zile, la nivel multianual cele mai ridicate frecvențe o au NVa cu un total de 3186 de zile (13.0 %), Va cu un număr total de zile de 2292 (9.4 %), SEc cu 2055 (8.4 %), Na cu 1858 (7.6 %) și Ec cu 1851 (7.6 %) în timp ce totalurile de zile cele mai mici sunt înregistrate de Vc cu 685 (2.8 %) zile, NVc, Sa și Nc cu 721 (2.9 %), 776 (3.2 %) respectiv 799 (3.3 %) și SEa cu 849 (3.5 %) zile. Media multianuală a numărului de zile este de 47.6 zile pentru tipul NVa, 34.2 zile pentru Va, 30.7 pentru SEc, 27.7 respectiv 27.6 pentru Na și Ec. Cele mai mici medii multianuale sunt de 12.7 pentru SEa, 11.9 zile pentru Nc, 11.6 zile pentru Sa, 10.8 zile pentru NVc și 10.2 pentru Vc (Figura 17).

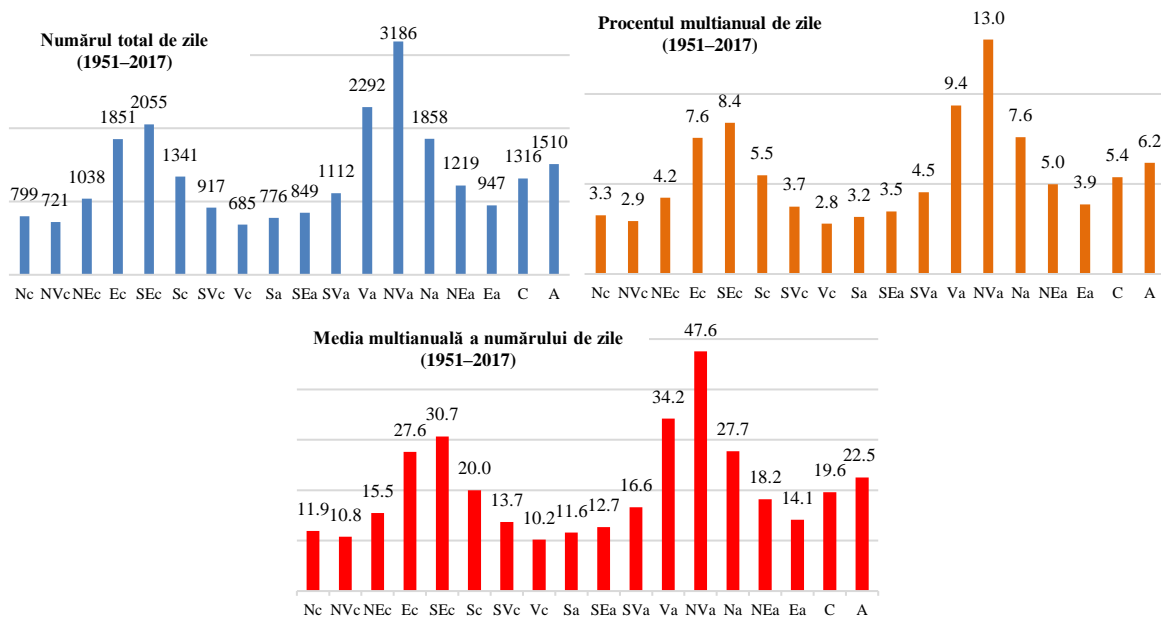


Figura 17 – Numărul total de zile, procentul de zile și media multianuală a numărului de zile pentru fiecare tip de circulație atmosferică, conform clasificării GWT

Cu alte cuvinte, la nivel multianual, circulația de V are o pondere de 12.2 %, circulația de SV are o pondere de 8.2 %, circulația de NV 15.9 %, circulația de N 10.9 %, circulația de NE 9.2 %, circulația de E 11.5 %, circulația de SE 11.9 %, circulația de S 8.7 % și calmul atmosferic reprezentat de tipurile C și A 11.6 %.

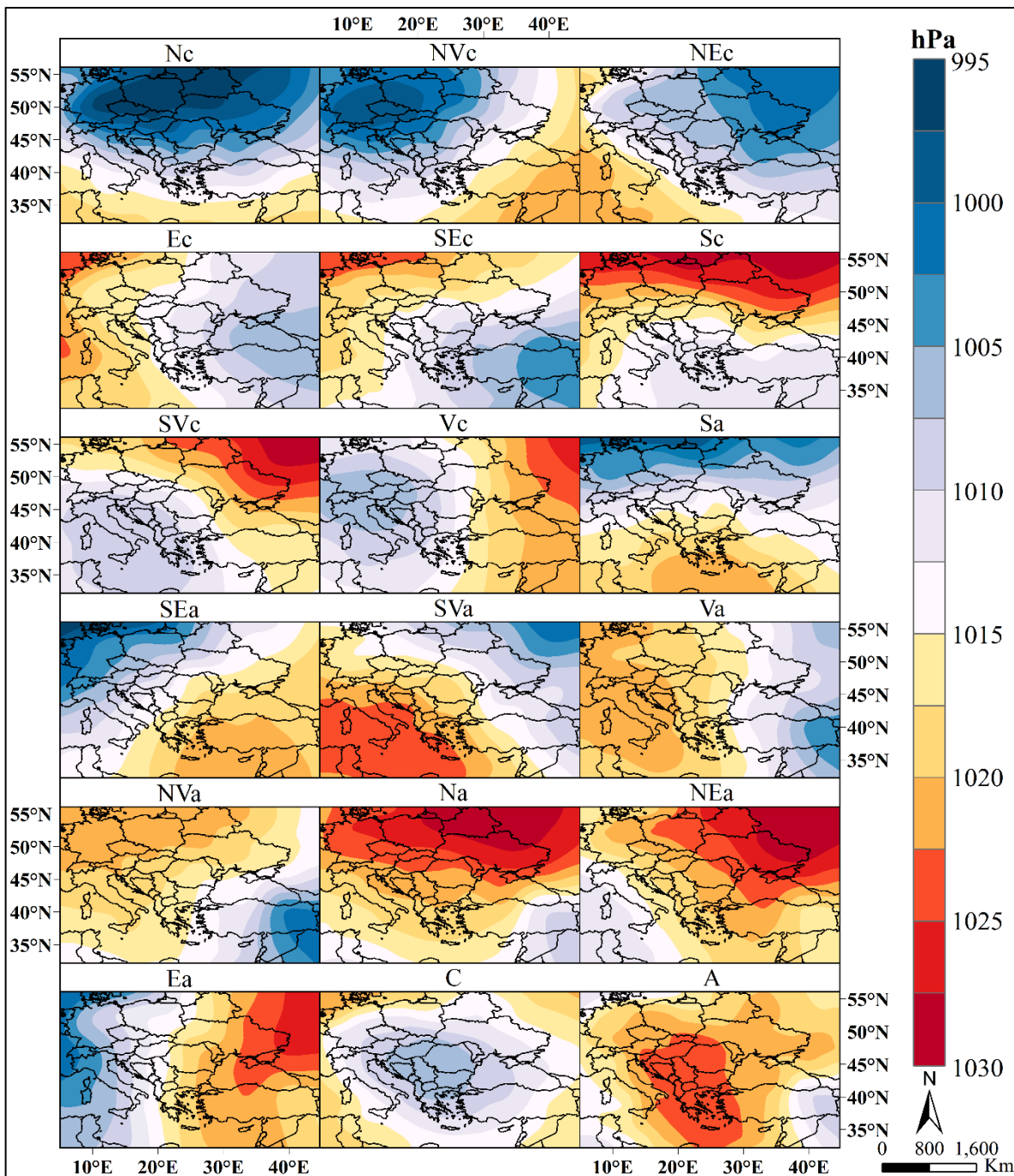


Figura 18 – Tipul de circulație rezultat în urma clasificării GWT de 18 tipuri pentru zona geografică a României unde Nc – Nord ciclonal, NVc – Nord Vest ciclonal, NEc – Nord Est Ciclonal, Ec – Est ciclonal, SEc – Sud Est ciclonal, Sc – Sud ciclonal, SVc – Sud Vest ciclonal, Vc – Vest ciclonal, Sa – Sud anticlonal, SEa – Sud Est anticlonal, SVa – Sud Vest anticlonal, Va – vest anticlonal, NVa – Nord Vest anticlonal, Na – Nord anticlonal, NEa – Nord Est anticlonal, Ea – Est anticlonal, C – Ciclonal, A – Anticlonal (Beck, 2000) (Dobri et al. – în curs de publicare)

CAPITOLUL 6

CORELAȚII PRIVIND INFLUENȚA TIPURILOR DE CIRCULAȚII ATMOSFERICE ASUPRA FENOMENULUI DE SECETĂ ȘI A EXCEDENTULUI PLUVIOMETRIC DIN ROMÂNIA

6.1. Corelații între tipurile de circulații atmosferice și valorile SPI la nivel multianual

Circulația generală a atmosferei reprezintă un factor cu influență decizivă asupra elementelor meteorologice și climatice din România, alături de factorii radiativi și factorii fizico-geografici, imprimând aspectului vremii caracteristici variate. Aceasta se poate manifesta sub acțiunea maselor de aer cu proprietăți fizice diferite ce se deplasează prin intermediul formațiunilor barice ciclonale și anticiclonale, influența maselor de aer asupra elementelor climatice fiind cu atât mai mare cu cât o anumită masă de aer o înlocuiește pe alta cu caracteristici fizice foarte diferite.

Pentru acest capitol, au fost realizate numeroase materiale cartografice ce descriu gradul de corelație dintre numărul de tipuri ale circulației atmosferice prezentate în capitolul 5 și valorile indicelui SPI calculat pentru evidențierea gradului de severitate și extinderea teritorială a fenomenului de secetă sau a excedentului pluviometric din România, descris în capitolul 3 la nivel multianual, semestrial și anotimpual.

Astfel, **la nivel multianual** din punctul de vedere ale corelațiilor pozitive dintre valorile indicelui SPI și numărul de zile cu anumite tipuri de circulație atmosferică se remarcă circulațiile Nc, NVc și NEc ce generează excedent pluviometric în regiunile vestice, nordice și nord-estice ale României. Acestea se datorează în special ciclonilor de origine atlantică, ce afectează aceste teritorii în special în semestrul rece al anului (Figura 19). În acest caz, se produc corelații în general acceptabile, cu valori ale indicelui Pearson cuprinse pe arii extinse între 0.25 și 0.50.

De asemenea se remarcă circulațiile SEc, Sc, SVc, C dar și Vc ce produc excedent pluviometric și implicit valori pozitive ale indicelui Pearson în părțile sudice, sud-estice și estice ale României. Acestea se datorează în mare parte frecvenței mari a ciclonilor de origine mediteraneană, în special cei pe traiectorie I, II și IV care afectează mai ales regiunile sudice și estice ale României, dar și ciclonilor cu traiectorie retrogradă (Isaia, 2015; Dragotă, 2000).

Valorile mari ale excedentului pluviometric pot fi datorate și perioadelor cu instabilitate atmosferică accentuată prin intermediul advecțiilor de aer rece, mai ales în regiunile aflate la contactul dintre zonele montane și cele submontane, sau datorată activității mari a ciclonilor de altitudine de tip cut-off low. Multe din aceste situații se produc în regim anticiclonal la nivelul solului, în aceste situații remarcându-se circulațiile Va și Ea (Dobri et al., 2017; Dobri et al., 2019a).

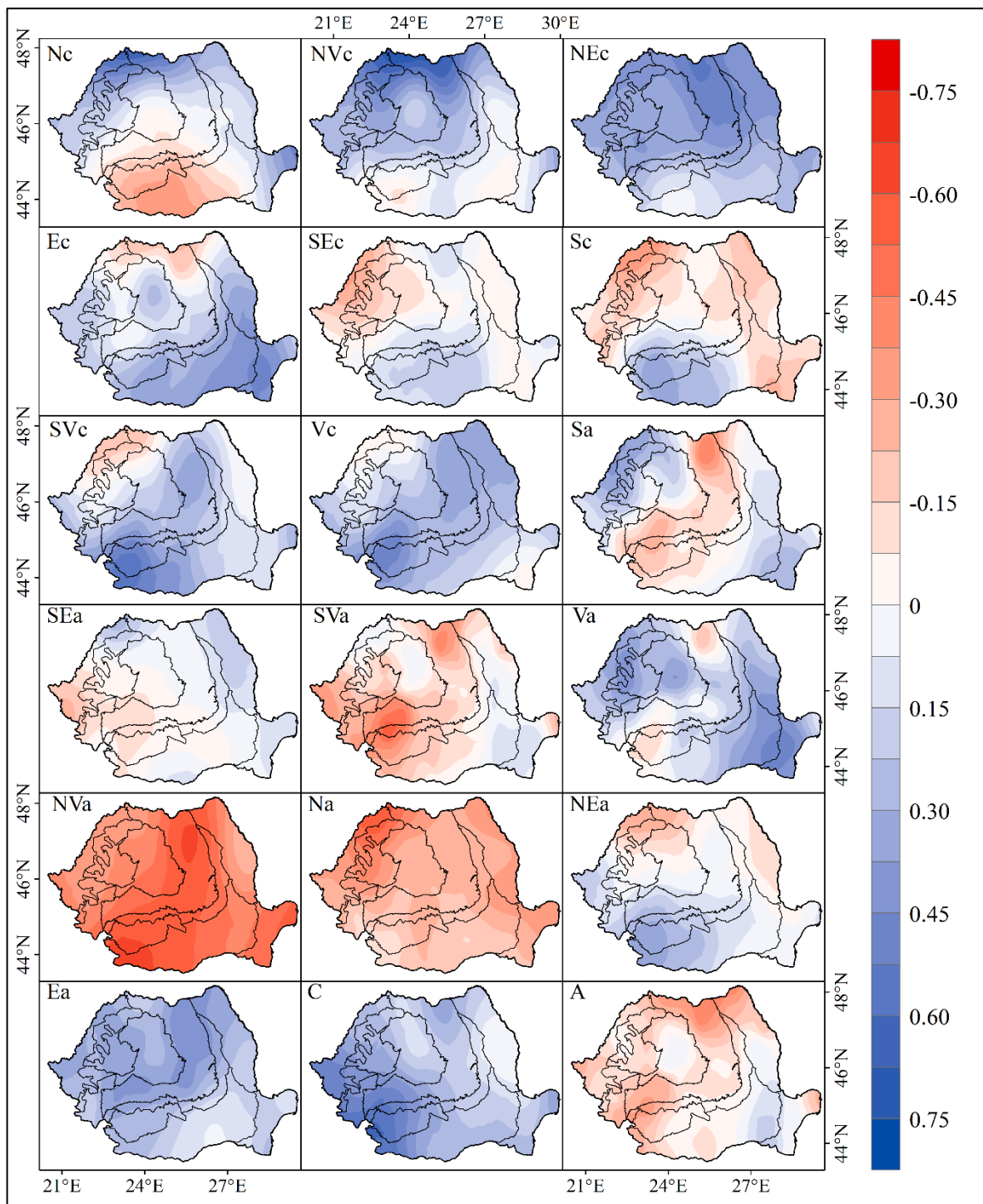


Figura 19 – Valorile indicelui de corelație Pearson, dintre numărul tipurilor de circulație atmosferică și gradul de severitate a secetei și a excedentului pluviometric din România (rezultate din calcularea indicelui SPI), la nivel multianual, în perioada 1951–2017

De cealaltă parte se remarcă circulațiile de tip NVa, SVa, Na sau A, valorile indicelui de corelație Pearson fiind negative în cazul acestora. Astfel, un număr mare ale acestor tipuri de circulație duce la producerea perioadelor cu secetă în timp ce un număr mic ale acestor tipuri de circulații atmosferice produce excedent pluviometric.

CONCLUZII

Lucrarea se bazează în primul rând pe calcularea indicelui SPI cu ajutorul cărora a fost realizată o analiză a gradului de severitate a fenomenului de secetă și a excedentului pluviometric în România dar și a extinderii teritoriale a acestor fenomene la nivel anotimpual, semestrial și anual în perioada 1951–2020. Seceta este un fenomen climatic extrem de complex ce se caracterizează în principal prin lipsa precipitațiilor, la producerea acesteia contribuind o serie de alți factori precum rezerva de apă din sol, umezeala și temperatura aerului, evapo–transpirația, viteza vântului, adâncimea pânzei freatice, acoperirea cu vegetație a solului, etc (Farooq et al., 2009; Mishra și Singh, 2010).

În ceea ce privește distribuția teritorială a fenomenului de secetă conform SPI, s-a dovedit că cele mai afectate regiuni sunt cele din estul și sud–estul României, în special estul Câmpiei Moldovei, jumătatea estică a Podișului Bârladului, Podișul Dobrogei și jumătatea estică a Câmpiei Române. Cu alte cuvinte, riscul cel mai mare de secetă nu se înregistrează neapărat în zona de sud a României de fiecare dată ci și pe zona de curbură, această zonă fiind frecvent afectată. De asemenea printre regiunile cele mai afectate se încadrează și zona intracarpatică, în special sud–vestul Podișului Târnavelor și jumătatea estică a Munților Apuseni. De cealaltă parte, în cazul regiunilor afectate cel mai frecvent de excedentul pluviometric, trebuie menționate zona centrală a Carpaților Orientali, partea nord–vestică a Podișului Bârladului, nord–vestul dar și toată zona central–sudică și sud–vestică a României.

De asemenea, variabilitatea valorilor rezultate din calcularea indicelui SPI, nu au indicat o tendință clară de creștere/scădere a frecvenței secetelor. Poate fi luată însă în considerare o creștere a intensității fenomenelor și a succesiunii mai rapide de la perioade extrem de secetoase la perioade cu excedent pluviometric.

La nivel anual, cei mai afectați ani de secetă au fost anii 2000 cu 94.5 % din teritoriul României afectat, 1990 cu 94.2 %, 2011 cu 70.2 %, 1992 cu 70 %, 1983 cu 66.4 %, 2003 cu 55.5 % și 1986 cu 50.9 % în timp ce anii în care s-au înregistrat cele mai mari procente ale excedentului pluviometric, aceștia sunt anul 2005 cu 89.9 %, 2010 cu 88.4 %, 2014 cu 67.9 %, 1966 cu 66.5 %, 1969 cu 65.1 %, 1972 cu 63.1 %, 1970 cu 61.4 % și 2016 cu 55.3.

De asemenea, având în vedere că seceta este un fenomen extrem de complex, în analiza căreia trebuie folosiți mai mulți indici și metode, în această lucrare au fost folosite mai multe produse ale satelitului Terra MODIS, mai exact 3 benzi spectrale aflate în componența produsului MOD13Q1, cu ajutorul cărora au fost calculați indicii NDVI și NDWI, din calculul celor doi indici rezultând indicele NDDI, în încercarea de a analiza și monitoriza caracteristicile generale ale fenomenului de secetă ce au afectat terenurile arabile din România. Evaluarea secetei s-a bazat pe calculul frecvenței relative a valorilor NDDI care indică condițiile de secetă moderată, severă și extremă.

Analiza se concentrează pe perioada martie–august din intervalul 2001–2020, pentru a identifica exact cele mai afectate regiuni ale României la o rezoluție spațială foarte bună. Acest interval a fost folosit în încercarea de a include perioada de înverzire a vegetației până la stadiul vegetativ maxim. Valorile NDDI au fost corelate ulterior cu valori ale cantității de precipitații atmosferice pentru a fi observată relația dintre ele.

Dintr-o perspectivă metodologică, anumiți indici precum NDVI și NDWI pot fi folosiți singular pentru analiza fenomenului de secetă, dar se recomandă utilizarea produselor care înglobează indici multipli, precum NDDI.

Principala concluzie este că NDDI reprezintă un instrument valoros pentru a evalua seceta atât din perspectivă temporală, cât și din cea spațială. Cu toate acestea, evaluarea secetei folosind NDDI ar trebui interpretată cu prudență, deoarece NDDI este rezultatul atât al condițiilor meteorologice, cât și al celor non-meteorologice, care se schimbă constant în timp. Acest aspect este subliniat în special de slaba corelație semnificativă pe care am obținut-o între NDDI și cantitatea de precipitații la nivelul întregii țări. Mai mult, atunci când este utilizat pe perioade mai lungi de timp, NDDI oferă o imagine cuprinzătoare a gradului de ariditate pentru regiunea analizată.

În ceea ce privește distribuția teritorială a secetei, s-a observat că cele mai afectate regiuni sunt partea de est a Câmpiei Române și partea de sud și de nord-est a Podișului Moldovei. De asemenea, întregul Podișul Dobrogei, cea mai mare parte a Câmpiei de Vest și partea centrală și de vest a Câmpiei Române sunt afectate în mod constant de secetă moderată. Trebuie subliniat faptul că acestea sunt regiunile arabile din România pentru care seceta nu ar trebui considerată un eveniment extrem, ci o caracteristică climatică principală, care poate fi tratată doar prin irigații permanente.

Nu în ultimul rând, rezultatele nu indică o tendință clară pe termen lung cu privire la frecvența evenimentelor de secetă, exprimată prin valorile NDDI. Prin urmare, discuțiile despre o posibilă deșertificare care se manifestă în unele părți ale României sunt îndoielnice.

În al treilea rând a fost realizată o clasificare a principalelor tipuri de circulații atmosferice la nivelul României, atât ciclonale cât și anticiclonale, fiind analizată frecvența acestora la nivel multianual, semestrial și anotimpual în perioada 1951–2017. Astfel, s-a arătat că la nivel multianual cele mai ridicate frecvențe o au circulațiile NVa, Va, SEc, Na și Ec iar cele mai mici frecvențe sunt înregistrate de circulațiile Vc, NVc, Sa, Nc și SEa.

În ceea ce privește relația dintre tipurile de circulație atmosferică și gradul de severitate a secetei sau a excedentului pluviometric la nivel multianual, se remarcă corelațiile pozitive dintre valorile SPI și circulațiile Nc, NVc și NEc ce generează excedent pluviometric în regiunile vestice, nordice și nord-estice ale României. De asemenea se remarcă circulațiile SEc, Sc, SVc, C dar și Vc ce produc excedent pluviometric și implicit valori pozitive ale indicelui Pearson în părțile sudice, sud-estice și estice ale României datorate în mare parte frecvenței mari a ciclonilor de origine mediteraneană care afectează mai ales regiunile sudice și estice ale României. De cealaltă parte, circulațiile de tip NVa, SVa, Na sau A, produc valori negative ale indicelui de corelație Pearson.

În încheiere, trebuie menționat faptul că pot fi realizate studii suplimentare a altor tipuri de secetă, precum seceta agricolă sau hidrologică, deoarece teritoriul României suferă frecvent de cantități ale precipitațiilor atmosferice mai mici decât mediile multianuale, ducând uneori la consecințe ireversibile în diverse domenii socioeconomice. Nu numai investigarea detaliată a secetei este necesară dar și posibilitatea de aplicare a noi tehnici de conservare a apelor de suprafață prin amenajări hidrotehnice eficiente, sisteme de irigații performante și tehnologii de stimulare a precipitațiilor atmosferice, pentru a face față schimbărilor climatice și cererii în creștere de apă. Subiectul acestei teze lasă deschisă oportunitatea de aprofundare a subiectului atât la nivel regional cât și național, prin aplicarea

de alți indici, metode sau date, ca teme de cercetare viitoare prin contracte de cercetare sau programe postdoctorale.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

- Alpert, P., Neeman, B. U., & Shay-El, Y. (1990) Intermonthly variability of cyclone tracks in the Mediterranean. *Journal of Climate*, 3(12), 1474-1478.
- Alvera-Azcárate, A., Barth, A., Rixen, M., & Beckers, J. M. (2005). Reconstruction of incomplete oceanographic data sets using empirical orthogonal functions: application to the Adriatic Sea surface temperature. *Ocean Modelling*, 9(4), 325-346.
- Alvera-Azcárate, A., Barth, A., Beckers, J. M., & Weisberg, R. H. (2007). Multivariate reconstruction of missing data in sea surface temperature, chlorophyll, and wind satellite fields. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 112(C3).
- Angearu, C.V. (2018a), Analiza secetei asupra terenurilor arabile din România pe baza imaginilor satelitare. *Revista Stiintifica a Administratiei Nationale de Meteorologie*, 1, 61-76.
- Angearu, C.-V.; Ontel, I.; Boldeanu, G.; Mihailescu, D.; Nertan, A.; Craciunescu, V.; Catana, S.; Irimescu, A. (2020), Multi-Temporal Analysis and Trends of the Drought Based on MODIS Data in Agricultural Areas, Romania. *Remote Sens.*, 12, 3940.
- Apăvăloae M., Pîrvulescu I., Apostol L. (1996), The regime of quantity, duration and intensity of the atmospheric precipitations over the rainy season in the Moldavian Subcarpathians, *An. Șt. Univ. „Al. I. Cuza”, Iași, s. Geogr.*, t. XL-XLI (1994-1995), pp.131-140, ISSN 1223-5344.
- Apăvăloae M., Pîrvulescu I., Apostol L. (1997), Caracteristici ale cantităților de precipitații atmosferice în 24 ore din Subcarpații Moldovei și Culoarul Siretului, *Lucr. Sem. Geogr. „Dimitrie Cantemir”, Iași, nr. 13-14 (1993-1994)*, pp. 53-67.
- Apostol L., (1987a), Considerații asupra raportului dintre cantitățile semestriale de precipitații în România, *Lucr. Sem. Geogr. „Dimitrie Cantemir”, Iași, nr. 7 (1986)*, pp. 53-64.
- Apostol L. (2000), *Precipitațiile atmosferice în Subcarpații Moldovei*, Editura Universității „Ștefan cel Mare”, Suceava, 236 p. ISBN 973-9408-70-2.
- Apostol L. (2004a), *Clima Subcarpaților Moldovei*, Editura Universității „Ștefan cel Mare”, Suceava, 439 p. ISBN 973-9408-81-8. (teza de doctorat).
- Apostol L., Sfică L. (2004b), Considerații asupra ploilor torențiale din perioada 1992-2002 în Culoarul Siretului, *Lucr. Sem. Geogr. „Dimitrie Cantemir”, Iași, nr. 23-24 (2002-2003)*, pp. 173-179, ISSN 1222-989X.
- Bâzâc Gh. (1983), *Influența reliefului asupra principalelor caracteristici ale climei României*, Editura Academiei, București.
- Beck, C. (2000). *Zirkulationsdynamische Variabilität im Bereich Nordatlantik-Europa seit 1780*.
- Beck, P.S.; Atzberger, C.; Høgda, K.A.; Johansen, B.; Skidmore, A.K. (2006), Improved monitoring of vegetation dynamics at very high latitudes: A new method using MODIS NDVI. *Remote. Sens. Environ.*, 100(3), 321-334, doi: 10.1016/j.rse.2005.10.021.
- Beckers, J. M., & Rixen, M. (2003). EOF calculations and data filling from incomplete oceanographic datasets. *Journal of Atmospheric and oceanic technology*, 20(12), 1839-1856.

- Benesty, J., Chen, J., Huang, Y., & Cohen, I. (2009). Pearson correlation coefficient. In *Noise reduction in speech processing* (pp. 1-4). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Bogdan O. (1978), *Fenomene climatice de iarnă și de vară*, Editura Științifică și Enciclopedică, București.
- Cazacu G. (1979), Rolul circulației atmosferice și al reliefului în producerea precipitațiilor pe teritoriul României, *Stud. și Cercet., partea I, Meteorologie, I.M.H., București*, pag. 333-341
- Chang, F.C., Wallace, J.M., 1987. Meteorological conditions during heat waves and droughts in the United States great plains. *Mon. Weather Rev.* 115 (7), 1253– 1269.
- Cheval, S., Busuioc, A., Dumitrescu, A., & Birsan, M. V. (2014). Spatiotemporal variability of meteorological drought in Romania using the standardized precipitation index (SPI). *Climate Research*, 60(3), 235-248.
- Cheval, S., Dumitrescu, A., & Amihaesei, V. A. (2020). Exploratory Analysis of Urban Climate Using a Gap-Filled Landsat 8 Land Surface Temperature Data Set. *Sensors*, 20(18), 5336.
- Ciulache S., Ionac N. (1995), *Fenomene atmosferice de risc și catastrofe climatice*, Editura Științifică, București.
- Colton, T. *Statistics in medicine*. 1974. Edited by Little Brown, 177.
- Corine Land Cover, Copernicus Programme. Disponibil online: <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018> (Accesat în 7 Ianuarie 2020).
- Crețu Ș-C. ; Ichim, P.; Sfică L. (2020). Summer urban heat island of Galați city (Romania) detected using satellite products. *Present Environment & Sustainable Development*, 14(2).
- Croitoru, A.-E., Piticar, A., Imbroane, A. M., & Burada, D. C. (2012). Spatiotemporal distribution of aridity indices based on temperature and precipitation in the extra-Carpathian regions of Romania. *Theoretical and Applied Climatology*, 112(3-4), 597–607. doi:10.1007/s00704-012-0755-2
- Croitoru, A. E., Piticar, A., Sfică, L., & Harpa, G. V. (2018). Extreme temperature and precipitation events in Romania. Editura Academiei Române.
- Deo, R. C. (2011). On meteorological droughts in tropical Pacific Islands: time-series analysis of observed rainfall using Fiji as a case study. *Meteorological Applications*, 18(2), 171-180.
- Dee, D. P., Uppala, S. M., Simmons, A. J., Berrisford, P., Poli, P., Kobayashi, S., ... & Vitart, F. (2011). The ERA-Interim reanalysis: Configuration and performance of the data assimilation system. *Quarterly Journal of the royal meteorological society*, 137(656), 553-597.
- Didan, K. MOD13Q1 MODIS/Terra vegetation indices 16-day L3 global 250m SIN grid V006. NASA EOSDIS Land Processes DAAC. 2015, 10. Accessed 2020-07-03 from <https://doi.org/10.5067/MODIS/MOD13Q1.006> (accessed on: July 3, 2020).
- Dobri, R. V.**, Sfică, L., Ichim, P., Harpa, G. V. (2017). The distribution of the monthly 24-hour maximum amount of precipitation in Romania according to their synoptic causes. *Geogr. Tech*, 12, 62-72.
- Dobri R.-V.**, Apostol L. (2019a), Atmospheric precipitations greater than 10 mm in the central part of the romanian plain and their synoptic causes, 5th International Scientific Conference Geobalcania 2019, Sofia, Bulgaria, ISSN 1857-7636, (Indexed by Google Scholar, Clarivate Analytics, Web of Science) <http://geobalcania.org/wp-content/uploads/GBP/2019/GBP.2019.19.pdf>.

- Dobri, R. V.**, Apostol, L., & Sfică, L. (2019b). Physico-Geographic Changes Produced by Air Masses Convergence Within the Central Part of Romanian Plain. *Aerul si Apa. Componente ale Mediului*, 385-398.
- Dobri, R. V.**, Sfică, L., Amihăesei, V. A., Apostol, L., & Țîmpu, S. (2021). Drought Extent and Severity on Arable Lands in Romania Derived from Normalized Difference Drought Index (2001–2020). *Remote Sensing*, 13(8), 1478.
- Dobri, R. V.**, Niță, I. A., Sfică, L., Rusu, E. Types of Atmospheric Circulation and Their Influence on Drought and Rainfall Excess in Romania – în curs de publicare.
- Dragotă C., (2000), Evaluări statistice privind regimul anual al precipitațiilor excedentare în sudul Câmpiei Moldovei, *Lucrările Seminarului Geografic “Dimitrie Cantemir”*, nr. 19-20, 1999-2000, pag. 237-241, Univ “Al. I. Cuza”, Iași.
- Du, T.L.; Bui, D.D.; Nguyen, M.D.; Lee, H. (2018), Satellite-based, multi-indices for evaluation of agricultural droughts in a highly dynamic tropical catchment, Central Vietnam. *Water*, 10(5), 659, doi: doi.org/10.3390/w10050659.
- Erhan E. (1988), Considerații asupra precipitațiilor atmosferice din partea de est a României, *Lucr. Sem. Geogr. „Dimitrie Cantemir”*, Iași, nr. 8 (1987), Iași, pp. 91-98.
- Edwards, D. C.; McKee, T. B. (1997), Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales. *Climatology Report 97-2*, Department of Atmospheric Science, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N. S. M. A., Fujita, D. B. S. M. A., & Basra, S. M. A. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Sustainable agriculture*, 153-188.
- Filipponi, F., Valentini, E., Nguyen Xuan, A., Guerra, C. A., Wolf, F., Andrzejak, M., & Taramelli, A. (2018). Global MODIS fraction of green vegetation cover for monitoring abrupt and gradual vegetation changes. *Remote Sensing*, 10(4), 653.
- Fox, J. A., Levin, J., & Forde, D. R. (2003). *Elementary Statistics in Social Research*.
- Gu, Y.; Brown, J.F.; Verdín, J.P.; Wardlow, B. (2007), A five-year analysis of MODIS NDVI and NDWI for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States. *Geophys. Res. Lett.*, 34(6), doi: 10.1029/2006GL029127.
- Gulácsi, A.; Kovács, F. (2015), Drought monitoring with spectral indices calculated from MODIS satellite images in Hungary. *J. Environ. Geogr.*, 8(3-4), 11-20, doi: 10.1515/jengeo-2015-0008.
- Gulacsi, A.; Kovacs, F. (2018), Drought monitoring of forest vegetation using MODIS-based normalized difference drought index in Hungary. *Hungarian Geographical Bulletin*, 67, doi: 10.15201/hungeobull.67.1.3.
- Hayes, M. J.; Svoboda, M. D.; Wihite, D. A.; Vanyarkho, O. V. (1999). Monitoring the 1996 drought using the standardized precipitation index. *Bulletin of the American meteorological society*, 80(3), 429-438.
- Ilie N. (2017), *Regimul termic și pluviometric în funcție de condițiile sinoptice în nordul moldovei și situații de risc climatic generate*, UAIC Iași, Facultatea de Geografie și Geologie – teză de doctorat.
- Ion-Bordei E. (2009), *Rolul lanțului alpino-carpatic în evoluția ciclonilor mediteraneeni (Ediția a II-a)*, Editura Printech, București.

- Ion-Bordei N. (1988), Fenomene meteoclimatice induse de configurația Carpaților în Câmpia Română, Editura Academiei, București.
- IPCC, 2007: Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.
- IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.
- Isaia, I. (2015). Black Sea Baric Depression. Present Environment and Sustainable Development, 9(1), 189-198.
- Istrate, V., Apostol, L., Sfică, L., Iordache, I., & Florentina, B. (2015, December). The status of atmospheric instability indices associated with hail events throughout Moldova. In Conference "Air and Water components of the environment", Cluj-Napoca (Vol. 7, pp. 323-331).
- Istrate, V., Jitariu, V., Ichim, P., & Miron, O. (2021c). Hailstorm risk assessment for crop areas in Moldova Region (Romania). Present Environment and Sustainable Development, 15(2), 55-67.
- Klein Tank, A.M.G. and Coauthors, 2002. Daily dataset of 20th-century surface air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment. Int. J. of Climatol., 22, 1441-1453.
- Klok, E.; Klein Tank, A.M.G. (2009), Updated and extended European dataset of daily climate observations, Int. J. Climatol., 29(8), 1182– 1191.
- McKee, T. B.; Doesken, N. J.; Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. In Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology (Vol. 17, No. 22, pp. 179-183).
- Minea, I., Iosub, M., & Boicu, D. (2020). Groundwater resources from Eastern Romania under human and climatic pressure. Sustainability, 12(24), 10341.
- Mishra, A. K., & Singh, V. P. (2010). A review of drought concepts. Journal of Hydrology, 391(1-2), 202–216. doi:10.1016/j.jhydrol.2010.07.012.
- Niță, I. A. (2020), Schimbări climatice induse de circulațiile atmosferice asupra climei României, UAIC Iași, Facultatea de Geografie și Geologie – teză de doctorat.
- Niță, I. A., Sfică, L., Apostol, L., Radu, C., Birsan, M. V., Szep, R., Keresztesi, A. (2020). Changes in cyclone intensity over Romania according to 12 tracking methods. Rom. Rep. Phys., 72, 706.
- Pendergrass, A. G. (2018). What precipitation is extreme?. Science, 360(6393), 1072-1073.

- Poli, P., Hersbach, H., Dee, D. P., Berrisford, P., Simmons, A. J., Vitart, F., ... & Fisher, M. (2016). ERA-20C: An atmospheric reanalysis of the twentieth century. *Journal of Climate*, 29(11), 4083-4097.
- Posea, G. (2006), *Geografia fizică a României, Ediția II – București*, Editura Fundației România de Mâine.
- Potopová, V., Boroneanț, C., Boincean, B., & Soukup, J. (2016). Impact of agricultural drought on main crop yields in the Republic of Moldova. *International Journal of Climatology*, 36(4), 2063-2082.
- Prăvălie, R., Piticar, A., Roșca, B., Sfică, L., Bandoc, G., Tiscovschi, A., & Patriche, C. (2019). Spatio-temporal changes of the climatic water balance in Romania as a response to precipitation and reference evapotranspiration trends during 1961–2013. *Catena*, 172, 295-312.
- Rusu, A.; Ursu, A.; Stoleriu, C.C.; Groza, O.; Niacșu, L.; Sfică, L.; Minea, I.; Stoleriu, O.M. (2020), Structural Changes in the Romanian Economy Reflected through Corine Land Cover Datasets. *Remote Sens.*, 12, 1323, doi: 10.3390/rs12081323.
- Salehnia, N.; Alizadeh, A.; Sanaeinejad, H.; Bannayan, M.; Zarrin, A.; Hoogenboom, G. (2017). Estimation of meteorological drought indices based on AgMERRA precipitation data and station-observed precipitation data. *Journal of Arid Land*, 9(6), 797-809.
- Sârcu I. (1971), *Geografia Fizică a R.S.R*, Editura Didactică și Pedagogică, București
- Sfică L., Croitoru, A. E., Iordache, I., & Ciupertea, A. F. (2017). Synoptic conditions generating heat waves and warm spells in Romania. *Atmosphere*, 8(3), 50.1
- Sfică, L., Ichim, P., Apostol, L., & Ursu, A. (2018). The extent and intensity of the urban heat island in Iași city, Romania. *Theoretical and Applied Climatology*, 134, 777-791.
- Sfică, L., Nicuriuc, I., & Niță, A. (2019, March). Boundary Layer Temperature Stratification as Result of Atmospheric Circulation Within the Western Side of Brașov Depression. In 2019” Air and Water–Components of the Environment” Conference Proceedings (pp. 53-64).
- Sfică, L., Beck, C., Nita, A., Voiculescu, M., Birsan, M., & Philipp, A. (2020a). Cloud cover changes driven by atmospheric circulation in Europe during the last decades. *International Journal of Climatology*. doi:10.1002/joc.6841
- Sfică, L., Crețu, C. Ș., Ichim, P., Hrițac, R., & Breabăn, I. G. (2023a). Surface urban heat island of Iași city (Romania) and its differences from in situ screen-level air temperature measurements. *Sustainable Cities and Society*, 94, 104568.
- Sfică, L., Istrate, V., Hrițac, R., & Machidon, O. (2023b). The continental and regional synoptic background favorable for hailstorms occurrence in North-Eastern Romania. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 47(1), 3-31.
- Stanke, C., Kerac, M., Prudhomme, C., Medlock, J., & Murray, V. (2013). Health effects of drought: a systematic review of the evidence. *PLoS currents*, 5.
- Testa, S.; Mondino, E.C.B.; Pedroli, C. (2014), Correcting MODIS 16-day composite NDVI time-series with actual acquisition dates. *Eur. J. Remote. Sens.*, 47(1), 285-305, doi: 10.5721/EuJRS20144718
- Tigkas D., Vangelis H., Tsakiris G., 2015. DrinC: a software for drought analysis based on drought indices. *Earth Science Informatics*, 8(3):697-709. doi: 10.1007/s12145-014-0178-y
- Topor N, Stoian C. (1965), *Tipuri de circulație și centri de acțiune atmosferică deasupra Europei*, Editura Tiparul, București.

- Tucker, C. J. (1978), Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sens. Environ.*, 8, 127–150, doi: 10.1016/0034-4257(79)90013-0.
- Văduva I. (2008) *Clima României*, Editura Fundației Românie de Mâine, Bucuresti.
- Vogel, C., & Van Zyl, K. (2016). Drought: In search of sustainable solutions to a persistent, 'wicked' problem in South Africa. *Climate change adaptation strategies—An upstream-downstream perspective*, 195-211.
- Vorovencii, I. (2015), Assessing and monitoring the risk of desertification in Dobrogea, Romania, using Landsat data and decision tree classifier. *Environ. Monit. and Assess.*, 187(4), 204, doi: 10.1007/s10661-015-4428-3.
- Wilhite, D.A., 1992. *Preparing for Drought: A Guidebook for Developing Countries*, Climate Unit, United Nations Environment Program, Nairobi, Kenya.
- Zambakas, J. (1992), *General climatology*. Department of Geology, National & Kapodistrian University of Athens, Athens
- <http://www.meteoromania.ro/despre-noi/istoric/>
- <http://hdl.handle.net/10261/10002>
- <http://doi.org/10.5281/zenodo.3539275>
- <https://lpdaacsvc.cr.usgs.gov/appears/>
- <https://github.com/ffilipponi/rtsa/blob/master/DESCRIPTION>
- <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018>
- <https://insse.ro/cms/ro>
- <http://www.meteomanz.com/>
- https://climatereanalyzer.org/reanalysis/monthly_maps/
- <https://www.agrimedia.ro/articole/cerintele-culturii-de-porumb-fata-de-umiditate-si-fata-de-sol>
- <https://www.agrimedia.ro/articole/cerintele-culturii-de-floarea-soarelui-fata-de-factorii-de-vegetatie>