Proiect

„Consolidarea capacității instituționale pentru îmbunătățirea politicilor din domeniul schimbărilor climatice și adaptarea la efectele schimbărilor climatice”

Cod SIPOCA/MySmis:610/127579

Raport privind activitatea A.2.
„Realizarea unui studiu privind evaluarea impactului potenţial al fenomenelor de risc climatic asupra unor sectoare cheie vulnerabile şi populaţiei (calitatea aerului), metode de predicţie a impactului variabilităţii climatice şi analiza spaţială pentru identificarea diferenţierilor regionale ale posibilelor impacturi”

Raport privind activitatea A.2.4.
„Raport privind studiul parametrilor și indicatorilor climatici, clasificarea regiunilor țării în funcție de pragurile de risc ale acestora, precum și a tendințelor semnificative ale parametrilor climatici”

Raport realizat în cadrul contractului de servicii nr. 72/23.06.2021

Octombrie 2021

Cuprins

1. Introducere 5

2. Analiza tendințelor climatice observate (1961-2020) a parametrilor meteorologici și indicilor climatici relevanți pentru sectoarele prioritare de activitate din România 6

2.1. Tendințe observate în evoluția parametrilor climatici relevanți și a frecvenței de producere a valorilor extreme cu relevanță pentru riscul climatic 6

2.1.1. Temperatura aerului 6

2.1.2. Durata de strălucire a Soarelui 7

2.1.3. Precipitațiile 8

2.1.4. Umezeala relativă 9

2.1.5. Viteza vântului 10

2.2. Schimbări decenale și pe perioade de referință de 30 de ani în evoluția actuală a parametrilor climatici cu relevanță pentru riscul climatic 11

2.2.1. Temperatura aerului 11

2.2.2. Precipitațiile 13

2.2.3. Viteza vântului 14

2.3. Tendințe observate în evoluția indicatorilor climatici sectoriali 15

2.3.1. Agricultură și dezvoltare rurală 15

2.3.2. Biodiversitate 62

2.3.3. Energie 68

2.3.4. Managementul resurselor de apă 71

2.3.5. Silvicultură 75

2.3.6. Sănătate publică 79

2.3.7. Transporturi 80

2.3.8. Turism și activități recreative 82

2.3.9. Urbanism și sisteme urbane 85

3. Analiza tendințelor viitoare de evoluție (până în 2100) a parametrilor și indicatorilor climatici relevanți pentru sectoarele prioritare de activitate din România 88

3.1. Tendințe în evoluția viitoare a parametrilor climatici relevanți 88

3.1.1. Temperatura aerului 88

3.1.2. Radiația solară globală 88

3.1.3. Precipitațiile 89

3.1.4. Umezeala relativă 90

3.1.5. Viteza vântului 91

3.2. Tendințe preconizate în evoluția indicatorilor climatici sectoriali 92

3.2.1. Agricultură și dezvoltare rurală 92

3.2.2. Biodiversitate 95

3.2.3. Energie 99
3.2.4. Managementul resurselor de apă 103
3.2.5. Silvicultură 110
3.2.6. Sănătate publică 115
3.2.7. Transporturi 116
3.2.8. Turism și activități recreative 119
3.2.9. Urbanism și sisteme urbane 123

4. Clasificarea regiunilor de dezvoltare după semnificația tendințelor parametrilor climatici 125

5. Diferențieri regionale și urban-rural după frecvența de depășire a pragurilor valorice extreme ale parametrilor climatici cu relevanță pentru risc 128
5.1. Precipitații extreme (deficit) 128
5.2. Precipitații extreme (excedent) 129
5.3. Echivalentul în apă al stratului de zăpadă 133
5.4. Resurse solare și eoliene 134

6. Schimbări în intensitatea insulei de căldură urbană 136

7. Schimbări în potențialul energetic solar și eolian 142
7.1. Solar 142
7.2. Eolian 145

7. Concluzii 150

Referințe 155

1. Introducere

Schimbările climatice la nivel global, european și în România constituie la ora actuală o preocupare activă în agendele de acțiune climatică, cumulând efortul climatic în două direcții cheie și anume: de prevenire și combatere a efectelor schimbărilor climatice actuale (observate) și viitoare (preconizate), prin acțiuni menite să reducă emisiile de gaze cu efecte de seră (GES), și de adaptare la aceste efecte, în scopul minimizării impactului asociat acestora.

Estimările bazate pe date de observații istorice au la bază măsurători sistematice în cadrul rețelei naționale de monitorizare climatică, acoperind o perioadă de timp îndelungată de cel puțin 60 de ani. Datele observaționale permit obținerea unei imagini de ansamblu asupra evoluției climatice actuale la nivel național, regional și local, reflectând tendințele de evoluție observate ale fiecărui parametru climatic esențial în fiecare regiune a țării. Numeroasele studii științifice elaborate până în prezent furnizează evidențe observaționale certe privind caracteristicile variabilității regimului climatic din România. Această variabilitate este în primul rând un proces de încălzire în plină desfășurare și schimbări în distribuția și cantitatea precipitațiilor, diferențiate în funcție de anotimp și regiune a țării. Studiile științifice furnizează totodată dovezi asupra unei creșteri a frecvenței, duratei și intensității/severității de manifestare a evenimentelor climatice extreme, multe dintre acestea soldându-se cu pagube materiale importante și chiar cu pierderi de vieți omenești. Alături de datele provenite din observații și măsurători, experimentele de modelare climatică în cadrul unor inițiative europene precum EURO-CORDEX (CMIP5-WRCP), având la bază modele climatice regionale și globale și diferite scenarii climatice din generația *Representative Concentration Pathways* (RCP), sunt utilizate pentru a obține o imagine de ansamblu asupra schimbărilor climatice viitoare posibile în decursul secolului 21, în baza căreia pot fi estimate pierderile economice și de mediu așteptate pe care schimbările climatice preconizate le pot produce, precum și arealele/regiunile potențial afectate.

Scopul principal al acestui raport este de a realiza un studiu complex asupra tendințelorclimatice observate (1961-2020) și schimbărilor climatice viitoare preconizate până la sfârșitul secolului 21 (2100) în România, la nivelul regiunilor de dezvoltare ale acesteia și local (la scara unităților administrativ-teritoriale - UAT). În acest scop se va analiza evoluția parametrilor climatici esențiali (temperatura aerului, durata de strălucire a Soarelui, precipitații, umezeala relativă și vânt) și a unor indicatori climatici cu relevanță pentru sectoarele prioritare de activitate din România, din perspectiva riscului potențial asociat schimbărilor climatice și nevoii de adaptare la efectele acestora. Principalele ***obiective specifice raportului*** sunt: (1) de a analiza tendințele climatice actuale și viitoare la nivel național și regional (regiuni de dezvoltare) în evoluția parametrilor climatici relevanți (temperatura aerului, precipitațiile atmosferice, durata de strălucire a Soarelui, viteza vântului, umezeala relativă) și indicatorii climatici cu relevanță pentru sectoarele de activitate prioritare din România, și (2) de a clasifica și identifica regiunile din România care înregistrează schimbări climatice importante (în perioada actuală și în viitor) în evoluția parametrilor/indicatorilor climatici sectoriali relevanți, precum și depășiri ale unor praguri climatice extreme cu semnificație pentru riscul climatic, care impun măsuri urgente de adaptare la schimbări climatice.

Seturile de date utilizate în analiză (provenite din măsurători instrumentale și observații meteorologice, date satelitare și proiecții climatice), scenariile climatice selectate, parametrii și indicatorii climatici relevanți, precum și metodele care stau la baza analizei caracteristicilor schimbărilor climatice actuale și viitoare (pe termen scurt, mediu și lung) sunt detaliate în cadrul rapoartelor 1[1] și 2[2].

---

[1] Raport 1 - *Elaborarea analizei privind categoriile de produse și servicii climatice necesare pentru elaborarea Strategiilor și Planurilor de acțiune privind adaptarea la schimbările climatice la nivel național și regional*

[2] Raport 2 - *Realizarea unui studiu privind metodele de evaluare și predicție a impactului potențial al variabilității climatice (incluzând evenimentele meteorologice extreme) asupra sectoarelor cheie vulnerabile, inclusiv analiza spațială pentru identificarea diferențierilor regionale în scopul regionalizării riscurilor climatice actuale și viitoare*

2. Analiza tendințelor climatice observate (1961-2020) a parametrilor meteorologici și indicilor climatici relevanți pentru sectoarele prioritare de activitate din România

2.1. Tendințe observate în evoluția parametrilor climatici relevanți și a frecvenței de producere a valorilor extreme cu relevanță pentru riscul climatic

2.1.1. Temperatura aerului

În perioada 1961-2020 la nivelul României se evidențiază un semnal vizibil de încălzire a climei, semnificativ statistic, mai pronunțat în general în timpul zilei, care afectează toate regiunile de dezvoltare.

Temperatura medie anualăa aerului a crescut cu 0,21-0,44°C/deceniu, corespunzător unei rate de încălzire cuprinsă între 1,3°C și 2,6°C în întreaga perioadă (Tabel 2.1.1). Acest semnal de încălzire este robust la toate scările spațiale (națională, regională și locală - UAT), având o semnificație statistică de cel puțin 95%. Nivelul maxim al pantelor tendințelor decenale de încălzire estimate la nivel de UAT sunt puternice în majoritatea regiunilor de dezvoltare ale țării, depășind în general 0,40°C/deceniu, cu excepția regiunilor București-Ilfov și Vest (Fig. 2.1.1), unde cele mai mari valori înregistrate, deși semnificative statistic, au rămas sub acest prag. Cele mai slabe tendințe de încălzire observate au valori mai mici de 0,25°C/deceniu și s-au înregistrat în cuprinsul regiunilor București-Ilfov, Sud-Est și Centru. În general, ponderea UAT-urilor existente la nivel național cu semnal slab de încălzire (sub 0,25°C/deceniu) nu depășește 1%, comparativ cu cea aferentă UAT-urilor cu semnal mai pronunțat de încălzire (peste 0,40°C/deceniu) de circa 5%.

Cel mai călduros an[3] din țară înregistrat în perioada 1961-2020 a fost 2019, cu o temperatură medie de 11,0°C (cu o abatere de 2,2°C față de media perioadei de referință 1971-2000), iar cel mai rece a fost anul 1985, cu o medie termică de 7,7°C corespunzător unei abateri negative de 1,1°C. În perioada 1961-2020, 10 dintre cei mai calzi ani aparțin deceniului 2011-2020, iar 6 dintre aceștia deceniului 2001-2010. Totodată, se observă o concentrare a celor mai reci ani în prima jumătate a perioadei. Aceste elemente justifică alura ascendentă a tendințelor termice observată la nivel național și regional.

Creșterile medii regionale ale temperaturii anuale sunt mai puternice în ceea ce privește valorile temperaturilor maxime și mai slabe decât cele ale temperaturii minime, sugerând un proces de încălzire în general mai intens în timpul zilei, comparativ cu cel din timpul nopții.

Temperatura maximă a aerului prezintă creșteri semnificative din punct de vedere statistic la nivelul întregii țări, cuprinse între 0,18 și 0,51°C/deceniu, corespunzătoare unei încălziri cu 1,1-3,1°C pentru întreaga perioada analizată (Tab. 2.1.1). În majoritatea regiunilor de dezvoltare ale țării rata de creștere a temperaturii maxime anuale depășește valoarea de 0,45°C/deceniu (circa 2,7°C pe întreaga perioadă), cu valori maxime în cadrul regiunii Sud (0,51°C/deceniu). Rate susținute de încălzire cu valori de 0,48°C/deceniu (circa 3,0°C/perioadă) au fost observate în cadrul regiunilor Nord-Vest, Nord-Est, Sud-Est și Sud-Vest, suprapus în mare parte arealelor de câmpie, în timp ce în regiunea București-Ilfov, cea mai pronunțată încălzire înregistrată la nivel de UAT a fost de circa 0,40°C/deceniu.

Tabelul 2.1.1. Intervale de creștere a temperaturii aerului (°C/deceniu) în România (1961-2020).

Variabila climatică	Regiuni de dezvoltare							
	Bucureşti-Ilfov	Centru	Nord-Est	Nord-Vest	Sud	Sud-Est	Sud-Vest	Vest
Tmed	0,21-0,31	0,23-0,41	0,27-0,41	0,30-0,44	0,25-0,43	0,24-0,42	0,25-0,41	0,25-0,35
Tmin	0,06-0,23	0,13-0,41	0,21-0,41	0,23-0,44	0,12-0,36	0,18-0,39	0,12-0,34	0,18-0,34
Tmax	0,37-0,39	0,18-0,46	0,28-0,48	0,28-0,48	0,31-0,51	0,27-0,48	0,31-0,48	0,32-0,44

[3]An calendaristic (ianuarie-decembrie).

Semnalul climatic reieșit din analiza datelor de **temperatură minimă a aerului** relevă de asemenea un proces de încălzire în plină desfășurare, generalizat la nivelul tuturor regiunilor și semnificativ statistic, dar mai diminuat ca magnitudine comparativ cu cel estimat pentru temperatura maximă. Nordul țării, cuprinzând regiunea Maramureș și nordul Podișului Transilvaniei și Moldovei, se distinge față de restul regiunilor ale țării, prin cele mai intense creșteri în evoluția temperaturii minime a aerului (Fig. 2.1.1). La nivelul regiunilor de dezvoltare, cele mai pronunțate creșteri la nivel anual au fost observate în cuprinsul regiunilor Nord-Est și Nord-Vest, unde ratele estimate de creștere au fost estimate la 0,31-0,32°C/deceniu sau la circa 1,9°C în decursul întregii perioade.

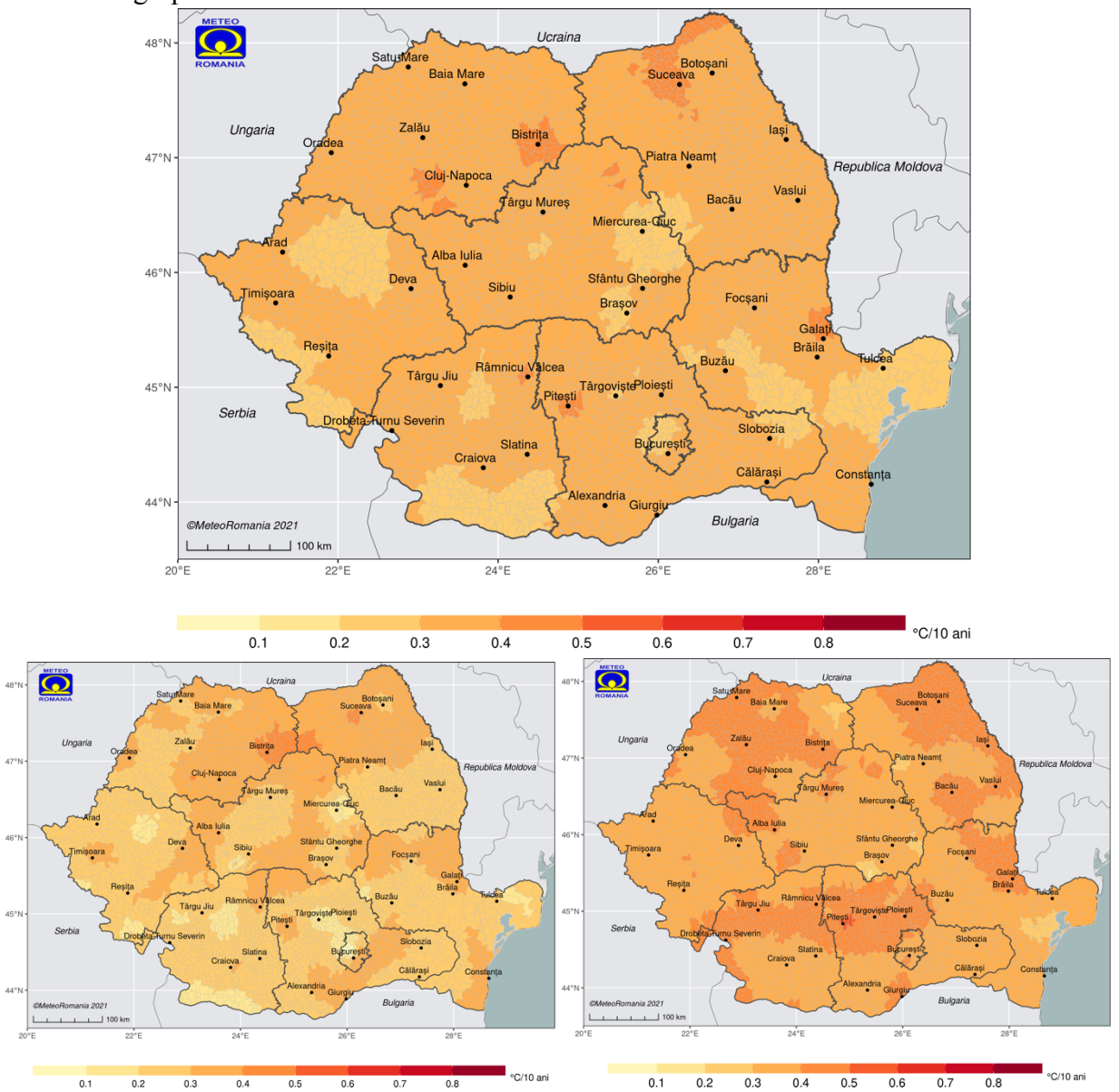


Fig. 2.1.1. Tendințe (°C/deceniu) de evoluție a temperaturii medii anuale în România (1961-2020): temperatura medie (sus), temperatura minimă (stânga jos), temperatura maximă (dreapta jos).

2.1.2. Durata de strălucire a Soarelui

Similar temperaturii aerului, durata medie anuală de strălucire a Soarelui în România prezintă o tendință generalizată de creștere, observată în majoritatea regiunilor țării. Cele mai mari creșteri înregistrate în decursul perioadei 1961-2020 pot depăși 100-130 ore/deceniu și au fost observate în cadrul regiunilor de dezvoltare de Sud-Vest și Nord-Est (Fig. 2.1.2). Creșterile medii regionale observate în evoluția duratei anuale de strălucire a Soarelui variază de la circa 17

ore/deceniu în regiunea București-Ilfov, putând depăși 50-60 ore/deceniu în regiuni precum Nord-Est (64 ore/deceniu), Sud-Vest (60 ore/deceniu), Sud-Est (57 ore/deceniu), Sud și Vest (circa 51 ore/deceniu). În decursul perioadei analizate, la nivel anual, au fost observate și scăderi în evoluția parametrului, acest semnal climatic fiind asociat unor areale izolate situate în cadrul regiunilor București-Ilfov și Centru. Comparativ, scăderile observate relevă un semnal cu magnitudine net inferioară celui de creștere, de numai 9-28 ore/deceniu, acesta fiind lipsit de semnificație statistică pentru nivelul de 95%. În general, ponderea arealelor (UAT-urilor) cu semnal climatic de scădere nu depășește 1% la nivel național.

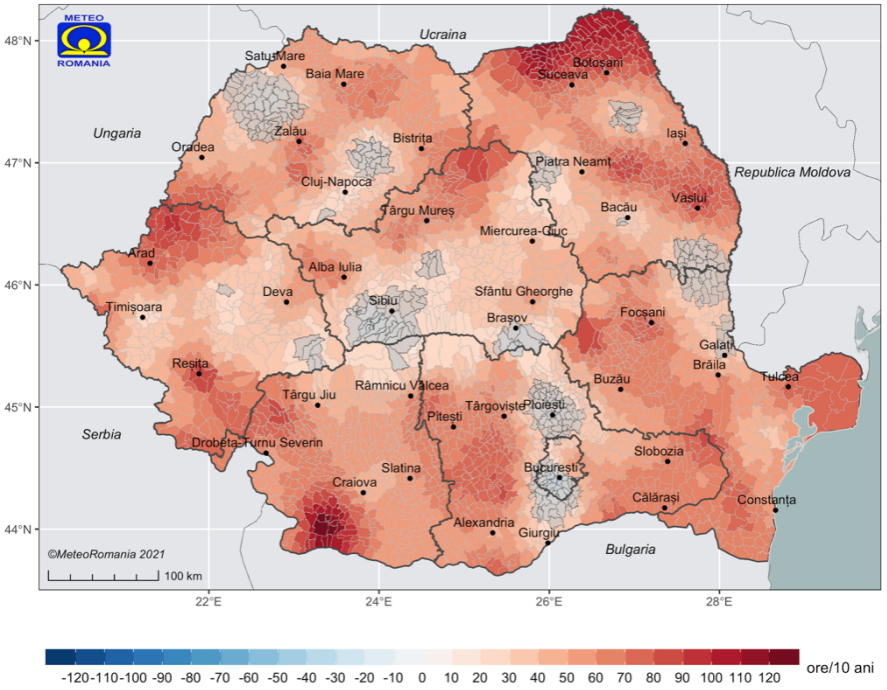


Fig. 2.1.1.2. Tendința duratei anuale de strălucire a Soarelui (ore/deceniu) în România în intervalul 1961-2020. UAT-urile unde tendințele sunt nesemnificative statistic sunt în marcate în tente de gri.

2.1.3. Precipitațiile

În perioada 1961-2020, la nivelul țării, cantitatea anuală de precipitații este în general stabilă. Rezultatele testelor statistice utilizate în analiză arată o creștere a cantității anuale de precipitații (cu o medie de 5,5 mm/ deceniu), însă tendințele semnificative statistic (la nivelul de 95%) apar în doar 2,3% din unitățile administrativ teritoriale (UAT), exclusiv în regiunile Nord-Vest, Nord-Est, Centru și Sud-Est. Tendințe semnificative de scădere a cantității de precipitații se observă în Covasna (Centru) și în Delta Dunării (Sud-Est), la Crișan, Mahmudia și Sulina (Fig. 2.1.3.1).

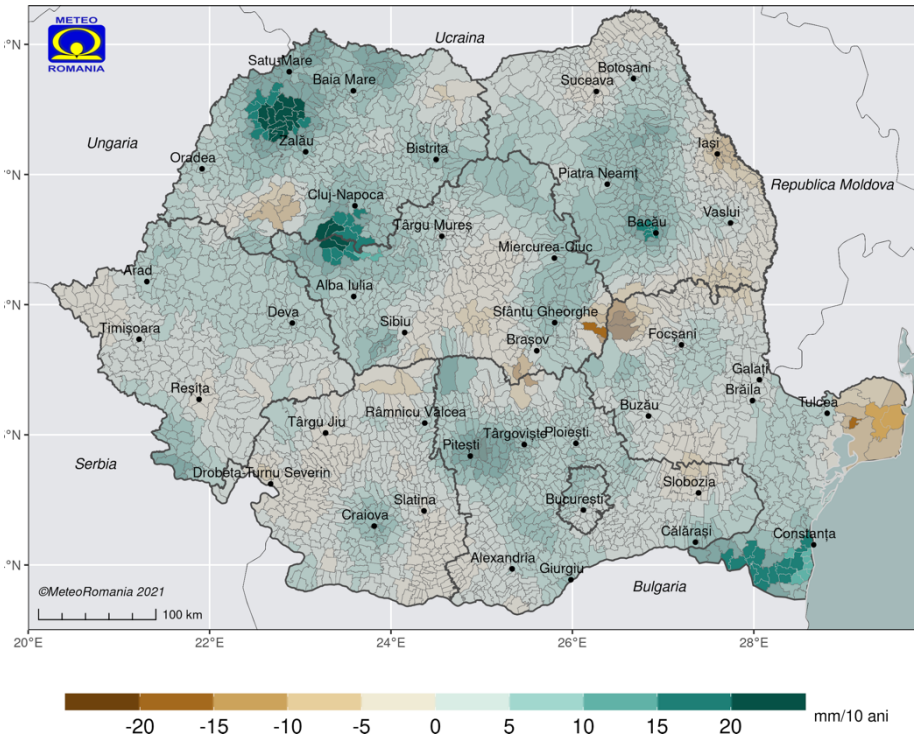


Fig. 2.1.3.1. Tendința cantității anuale de precipitații (mm/deceniu) la nivel de UAT în intervalul 1961-2020.

Evoluția multianuală a precipitațiilor la nivel anual arată faptul că, cel mai ploios an din perioada 1961-2020 în România a fost 2005, cu o cantitate medie anuală de 892,7 mm, corespunzător unei anomalii pozitive de 43% față de media intervalului de referință 1971-2000. Răspunsul hidrologic este bine corelat cu incidența perioadelor cu excedent pluviometric. Astfel, evenimentele hidrologice din anul 2005, care au generat o daună totală estimată la nivel național a fost de circa 1,5 miliarde euro (Bălteanu și colab., 2020). Conform aceleiași surse, dimensiunea pagubelor generate de inundațiile din acest an excedentar istoric este subliniată și de alte atribute de severitate a impactului asupra populației, infrastructurii de transport, agriculturii și lucrărilor de apărare împotriva inundațiilor: 76 decese, 94 000 case și gospodării distruse, 656 000 ha de teren agricol sever afectat, 986 000 km de drum județean și comunal afectați, 5 600 km de drum național afectați, 650 de diguri și alte lucrări de protecție împotriva inundațiilor grav avariate. La polul opus, anii 2000 și 1990 au fost cei mai secetoși ani[4] ai perioadei 1961-2020, cu cantități anuale de precipitații de 417-473 mm și cu anomalii negative față de perioada de referință de 33 și respectiv 24%, în care mai multe sectoare de activitate din țară au resimțit efectele adverse ale deficitului pluviometric (ex. agricultura, transporturile fluviale, hidroenergia).

2.1.4. Umezeala relativă

Evoluția umezelii relative a aerului în perioada 1961-2020 evidențiază un semnal climatic de schimbare neomogen și slab din punct de vedere al magnitudinii, cu scăderi mai bine evidențiate în unele areale precum cele montane nordice (Munții Maramureșului), estice și centrale de podiș din Moldova, Transilvania și Dobrogea, precum și în unele areale joase de câmpie din vestul și sudul țării (Câmpia Olteniei, Câmpia Vlăsiei). Creșterile observate sunt specifice unor areale destul de izolate, situate în vestul Carpaților Meridionali și centrul și sudul Carpaților Orientali (Fig. 2.1.4.1) În general tendințele de scădere observate în perioada analizată sunt mai bine reprezentate spațial la nivelul țării, reprezentând 84% din numărul total de UAT-uri, comparativ cu cele cu tendință de creștere (numai 15% din totalul UAT-urilor), prezentând semnificație statistică în numai 44% din cazuri.

[4] Ani calendaristici (ianuarie-decembrie).

La nivel regional, semnalul climatic asociat tendințelor medii observate în umezeala relativă este de scădere, cu deosebire în regiunile București-Ilfov și Nord-Est, în care pantele estimate se apropie de 1% / deceniu. În ambele regiuni, acest semnal climatic este robust, fapt evidențiat prin ponderea mare a UAT-urilor componente care prezintă o tendință semnificativă de creștere a umezelii relative (71-73%). În restul regiunilor, tendințele medii de evoluție a acestui parametru climatic au pante mai reduse, mai mici de 0.5% / deceniu. Cele mai mari creșteri au fost observate în UAT-uri din cadrul regiunii Sud (1.2% / deceniu), iar cele mai pronunțate scăderi în UAT-uri din cadrul regiunilor București/Ilfov, Nord-Vest și Sud (-1.4% / deceniu).

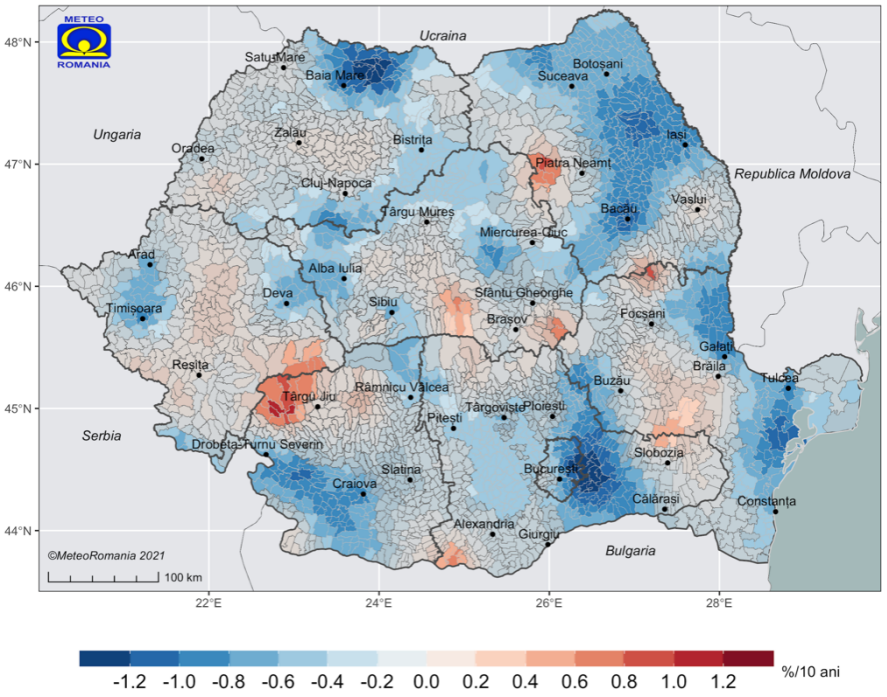


Fig. 2.1.4.1. Tendințe în evoluția umezelii relative medii anuale (% / deceniu) în România (1961-2020).

2.1.5. Viteza vântului

Tendința actuală a vitezei medii anuale a vântului pe termen lung (1961-2020) prezintă schimbări vizibile în unele regiuni ale țării, respectiv în sudul Podișului Moldovei, în cea mai mare parte a Carpaților Românești, în unele areale joase de câmpie din vestul și sudul țării, în sudul Podișului Dobrogei și în Delta Dunării. În toate aceste areale și regiuni geografice, viteza medie anuală a vântului este în curs de diminuare, semnificativă statistic pentru nivelul de 95%. Regiunea intracarpatică este cel mai puțin afectată de schimbări majore în evoluția parametrului, cuprinzând totodată și câteva areale de creștere slabă dar semnificativă statistic (0,15 m/s / deceniu) (Fig. 2.1.5.1). Regiunile de dezvoltare în care au fost observate cele mai pronunțate scăderi (circa 0,5 m/s / deceniu) sunt cele de Nord-Est și Sud-Est. În general, semnalul climatic de scădere semnificativă a vitezei medii a vântului este mult mai robust, fiind susținut de tendințele observate în circa 75% din UAT-urile existente la nivel național.

Variabilitatea vitezei maxime anuale a vântului relevă schimbări majore, sugerând o tendință generalizată de scădere la nivel național, cu pante superioare celor estimate pentru viteza medie (Fig. 2.1.5.1). Distribuția spațială a acestui semnal climatic indică o scădere mai consistentă în cadrul regiunilor extracarpatice, în Carpații Meridionali, Orientali (incluzând Carpații de Curbură) și Munții Apuseni, cu până la 1 m/s / deceniu. Regional, cele mai mari scăderi în viteza maximă a vântului au fost observate în cadrul regiunilor Centru (0,94 m/s / deceniu) și de Sud-Est (0,98 m/s / deceniu). Acest semnal climatic de scădere dominant la nivelul tuturor regiunilor țării, atât în

ecartul mediu, cât mai ales în cel extrem al vitezei vântului poate avea unele implicații îndeosebi pentru sectorul energetic regenerabil (energie eoliană), cu posibile influențe asupra producției de energie electrică a agregatelor eoliene.

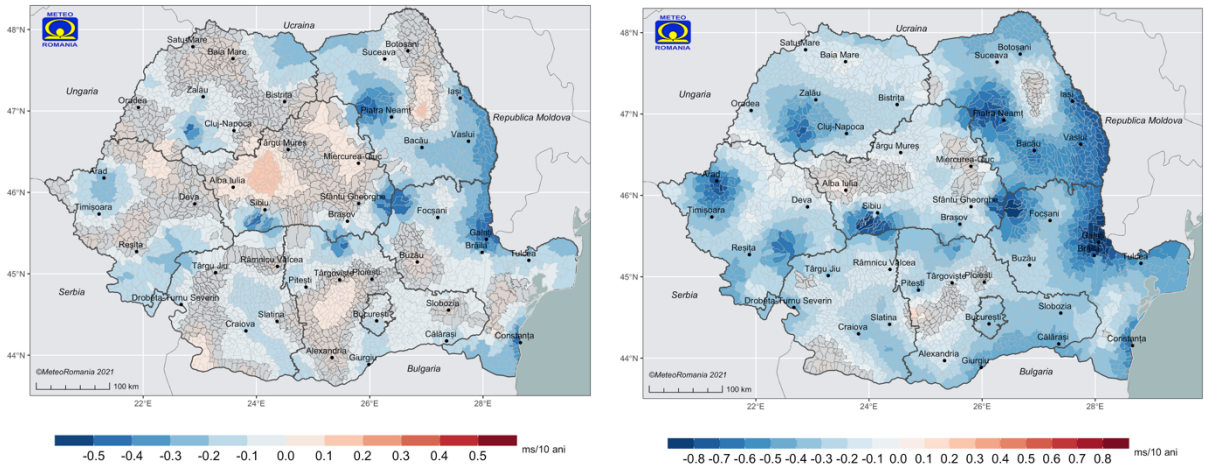


Fig. 2.1.5.1. Tendințe de evoluție în viteza medie (stânga) și maximă (dreapta) anuală a vântului în România (1961-2020).

2.2. Schimbări decenale și pe perioade de referință de 30 de ani în evoluția actuală a parametrilor climatici cu relevanță pentru riscul climatic

2.2.1. Temperatura aerului

Datele de observații indică existența unui proces de încălzire al climei în România, bine reflectat de schimbările în mediile temperaturilor extreme ale aerului pe decenii și pe perioadele de referință de 30 de ani (denumite și normale climatologice) din decursul intervalului de analiză 1961-2020 (Tab. 2.2.1, Fig. 2.2.1). În ceea ce privește temperatura maximă a aerului, creșterile de temperatură între deceniul cel mai cald al perioadei (2011-2020) și cel mai rece (1971-1980) depășesc în general 2°C în majoritatea regiunilor sau sunt foarte apropiate de acest prag în regiunea de Sud (1,9°C). Creșterea mediilor decenale ale temperaturii maxime este continuă în toate regiunile, explicând tendințele crescătoare în frecvența, durata și intensitatea extremelor termice cu relevanță pentru riscul climatic asociat stresului termic prin căldură excesivă. Cele mai calde luni de vară din perioada analizată corespund în general celor în timpul cărora s-au înregistrat depășiri frecvente ale pragurilor termice (extreme) de atenționare și avertizare a populației de către serviciul național meteorologic (ex. iulie 2007, iulie 2012).

În cazul temperaturii minime, creșterile medii decenale sunt de asemenea continue, punând în evidență un proces de încălzire a climei în plină desfășurare la nivelul tuturor regiunilor țării. Această creștere este vizibilă începând cu deceniul 9 (1981-1990), cel mai rece al perioadei analizate, dar se realizează într-un ritm mai slab comparativ cu creșterile observate în temperatura maximă. Astfel, diferențele termice dintre deceniul cel mai rece și cel mai cald al perioadei (2011-2020) în cazul temperaturii minime nu depășesc 2,0°C, fiind cuprinse între 1,2°C (regiunea de Sud-Vest) și 1,5-1,6°C (regiunile Centru și Nord-Vest). Cele mai reci luni de iarnă din perioada analizată sunt cele care dețin cele mai numeroase recorduri termice negative, precum și cele mai frecvente și persistente episoade cu extreme termice negative (ex. valuri de frig persistente, frecvențe mari ale zilelor cu îngheț și nopți geroase).

Tabelul 2.2.1. Schimbările în mediile decenale (°C) ale temperaturilor lunare extreme ale aerului în regiunile de dezvoltare ale României (1961-2020).

Decenii	Regiuni de dezvoltare							
	București-Ilfov	Centru	Nord-Est	Nord-Vest	Sud	Sud-Est	Sud-Vest	Vest
Temperatura maximă								
1961-1970	16,6	12,2	12,4	13,1	15,4	15,1	15,4	14,7
1971-1980	16,3	11,9	12,3	12,9	15,1	14,9	15,1	14,4
1981-1990	16,8	12,2	12,7	13,0	15,7	15,3	15,8	14,7
1991-2000	17,0	12,4	12,8	13,4	15,9	15,5	15,9	15,1
2001-2010	17,9	13,1	13,5	14,2	16,7	16,2	16,5	15,7
2011-2020	18,4	14,1	14,4	15,2	17,3	16,8	17,3	16,5
Cea mai caldă lună	Iulie 2007	Iulie 2012	Iulie 2012	August 1992	Iulie 2012	Iulie 2012	Iulie 2012	August 1992
Temperatura minimă								
1961-1970	6,0	1,8	3,1	3,3	5,0	6,0	5,2	4,4
1971-1980	5,7	1,9	3,1	3,4	4,9	5,7	5,1	4,5
1981-1990	5,6	1,8	3,1	3,3	4,9	5,7	5,1	4,4
1991-2000	5,9	2,1	3,5	3,7	5,2	6,0	5,3	4,7
2001-2010	6,3	2,6	4,0	4,2	5,7	6,7	5,9	5,2
2011-2020	7,0	3,3	4,6	4,9	6,2	7,1	6,3	5,7
Cea mai rece lună	Februarie 1985	Februarie 1985	Ianuarie 1961	Ianuarie 1964	Februarie 1985	Februarie 1985	Ianuarie 1964	Ianuarie 1964

Creșterea temperaturilor extreme ale aerului de la o perioadă de referință la alta sunt de asemenea evidente, cea mai rece normală climatologică fiind perioada 1961-1990, cu valorile medii ale temperaturilor maxime de cuprinse între 12,1°C în regiunea Centru și 16,5°C în regiunea București-Ilfov și ale celor minime, ce variază de la 1,8°C în regiunea Centru la 5,8 în regiunile București-Ilfov și Sud-Est. Această perioadă de referință corespunde totodată celei recomandate de Organizația Mondială de Meteorologie pentru analiza schimbărilor climatice pe termen lung. Mediile termice pe intervale de referință de câte 30 de ani cresc treptat, cu până la circa 0,2-0,5°C una față de alta în cazul temperaturilor minime și cu 0,2 până la 0,6-0,7°C în cazul temperaturilor maxime. Cea mai caldă perioadă de referință este cea actuală (1991-2020), cu cele mai mari valori medii, atât după valorile temperaturilor maxime, cât și minime, în regiunile de dezvoltare București-Ilfov, Sud și Sud-Vest.

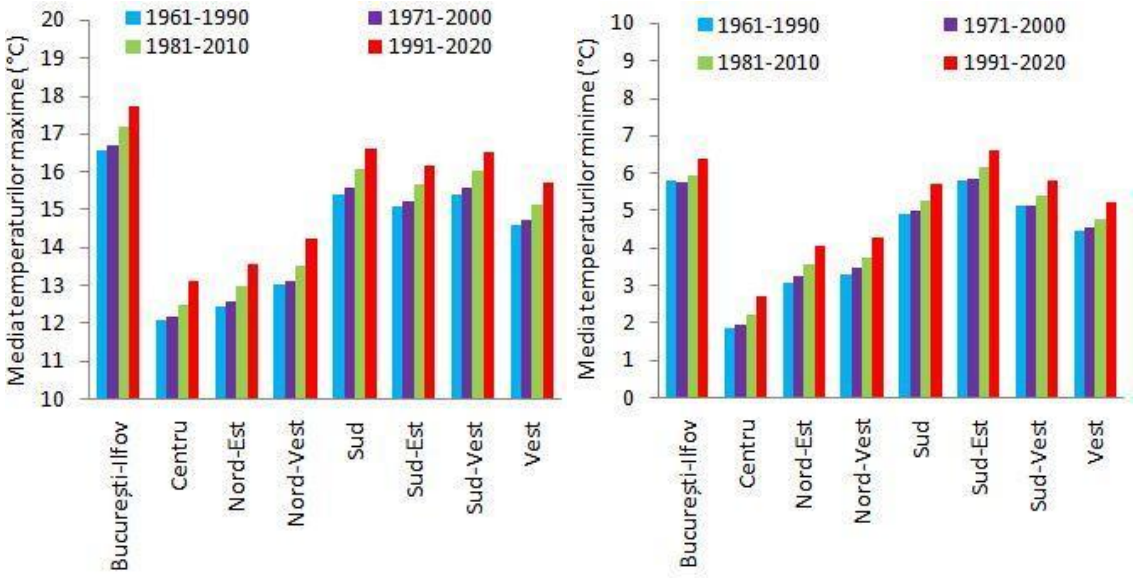


Fig. 2.2.1. Schimbări în mediile temperaturii maxime (stânga) și minime (dreapta) anuale în diferite perioade de referință de 30 ani în regiunile de dezvoltare ale României.

2.2.2. Precipitațiile

Evoluția decenală a mediilor lunare ale cantităților maxime de precipitații în 24 de ore nu indică schimbări notabile sub aspect cantitativ de la un deceniu la altul în nici una dintre regiunile țării (Tabel 2.2.1). După deceniul 9 (1981-1990) al perioadei analizate se observă o creștere ușoară a parametrului până în ultimul deceniu însă numai în regiunile București-Ilfov și Sud, ceea ce este în consens cu tendința de creștere a frecvenței zilelor cu precipitații extreme, de peste 20 mm. În general, variația cantităților medii decenale de precipitații denotă o variație ciclică, cu scăderi pronunțate în deceniul 1981-1990, dar cu creșteri în deceniile 1971-1980 și 2001-2010 în majoritatea regiunilor, acestea din urmă având relevanță pentru producerea riscul hidroclimatic asociat inundațiilor și viiturilor rapide.

Tabelul 2.2.1. Schimbările în mediile decenale (mm) ale mediilor lunare ale cantităților maxime de precipitații în 24 de ore în regiunile de dezvoltare ale României (1961-2020).

Decenii	Regiuni de dezvoltare							
	București-Ilfov	Centru	Nord-Est	Nord-Vest	Sud	Sud-Est	Sud-Vest	Vest
1961-1970	16,8	15,3	15,0	16,4	17,4	14,7	18,4	16,6
1971-1980	19,1	15,6	16,1	16,1	18,3	15,3	18,8	17,1
1981-1990	15,1	14,2	14,2	15,5	15,4	13,2	16,0	15,1
1991-2000	18,3	15,1	15,6	15,8	16,8	14,9	16,9	15,7
2001-2010	19,1	16,4	16,3	17,4	18,6	15,8	19,8	18,0
2011-2020	19,9	15,7	15,8	16,5	19,2	16,5	19,0	17,7
Luna de maxim	Septembrie 2005	Iulie 1975	Octombrie 2016	Octombrie 2009	Iulie 1975	Iulie 2005	Mai 1973	Iulie 2016

Aceeași situație este pusă în evidență și pentru schimbările în valorile medii ale parametrului de la o perioadă de referință la alta (Fig. 2.2.2), perioada actuală de referință prezentând cele mai mari creșteri ale parametrului.

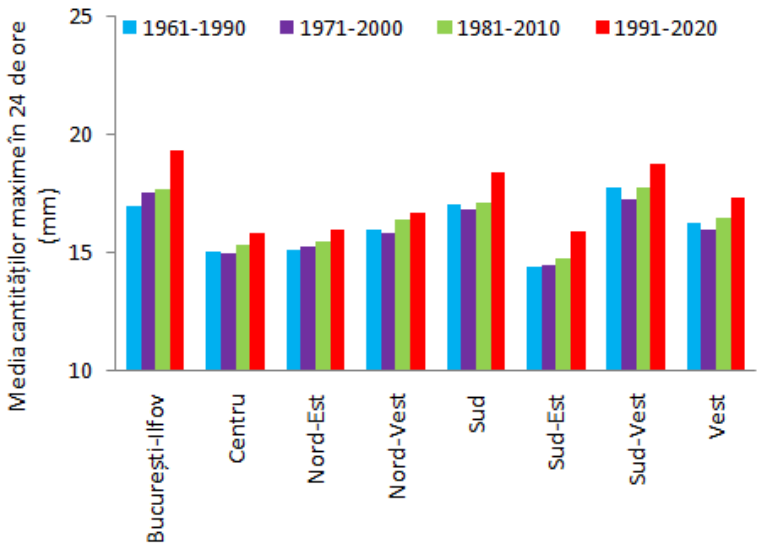


Fig. 2.2.2. Schimbări în mediile cantităților maxime de precipitații în 24 de ore în diferite perioade de referință de 30 ani în regiunile de dezvoltare ale României.

2.2.3. Viteza vântului

Decenal, la nivel național, se observă o tendință de reducere treptată a vitezei maxime a vântului către sfârșitul perioadei în toate regiunile țării, cu cele mai mari valori medii ale parametrului specifice unor luni de iarnă, primăvară sau toamnă ce au aparținut primelor două decenii (Tabel 2.2.3). Reducerea mediilor decenale, deși slabă sub aspect valoric (mai mici de 1 m/s în general) este continuă în majoritatea regiunilor.

Tabelul 2.2.1. Schimbările în mediile decenale (mm) ale vitezelor maxime ale vântului în regiunile de dezvoltare ale României (1961-2020).

Decenii	Regiuni de dezvoltare							
	București-Ilfov	Centru	Nord-Est	Nord-Vest	Sud	Sud-Est	Sud-Vest	Vest
1961-1970	4,7	6,7	8,3	5,8	5,8	7,5	5,4	6,1
1971-1980	5,1	6,8	7,8	5,8	5,6	6,9	5,4	6,2
1981-1990	4,9	6,6	7,4	5,4	5,5	6,8	5,3	5,7
1991-2000	4,7	6,5	7,1	5,4	5,2	6,2	5,0	5,4
2001-2010	3,9	6,2	6,7	5,1	4,8	5,7	4,6	5,1
2011-2020	3,2	5,9	6,1	4,5	4,4	5,3	4,5	4,9
Luna de maxim	Aprilie 1964	Ianuarie 1976	Ianuarie 1976	Ianuarie 1976	Aprilie 1964	Aprilie 1964	Ianuarie 1976	Noiembrie 1963

Schimbările observate în valorile medii ale parametrului de la o perioadă de referință la alta evidențiază același trend descendent (Fig. 2.2.3), perioada actuală de referință prezentând cele mai reduse schimbări ale parametrului.

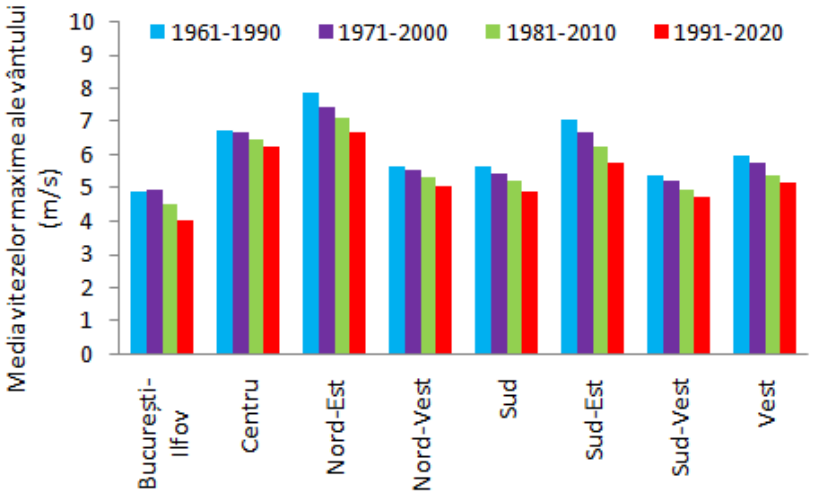


Fig. 2.2.3. Schimbări în mediile vitezelor maxime ale vitezei vântului în diferite perioade de referință de 30 ani în regiunile de dezvoltare ale României.

2.3. Tendințe observate în evoluția indicatorilor climatici sectoriali

2.3.1. Agricultură și dezvoltare rurală

Agrometeorologia este știința care se ocupă cu cercetarea condițiilor meteorologice sub aspectul influenței acestora asupra producției agricole. Conform ghidului *World Meteorological Organization No.134*, în cadrul agrometeorologiei sunt studiați atât factorii meteorologici, hidrologici, pedologici și biologici care afectează producția agricolă, cât și interacțiunile dintre mediu și agricultură. Principalul rol al acestei științe este acela de a determina toate aceste efecte, astfel încât să poată veni în ajutorul fermierilor prin aplicarea în practica agricolă a noilor cunoștințe dobândite în procesul de cercetare. Tot în ghidul World Meteorological Organization No.134 se atrage atenția asupra rolului important pe care îl are această ramură științifică, în contextul actual al schimbărilor climatice, referitor la capacitatea de pregătire și de adaptare la impactul produs de acestea asupra societății umane (Berbecel și colab., 1970; WMO, 2010).

Domeniul agrometeorologic studiază influența condițiilor meteorologice asupra sectorului agricol utilizând elemente și parametri specifici solului, climei și plantelor agricole. Astfel, pentru sectorul *Agricultură și dezvoltare rurală* s-a analizat evoluția următorilor indicatori agrometeorologici:

- ***Asprimea iernii*** exprimată prin unități de frig (ΣTmed ≤0°C) cumulate în perioada 01 noiembrie – 31 martie și unități de ger (ΣTmin≤-10°C...-15°C) calculate în intervalul 01 decembrie – 28/29 februarie.
- ***Înghețurile târzii de primăvară*** și ***înghețurile timpurii de toamnă***, analizate din punct de vedere al datei calendaristice la care s-a produs fenomenul, respectiv data calendaristică când s-a produs ultimul îngheț de primăvară și primul îngheț de toamnă.
- ***Indicele de împrimăvărare*** exprimat prin unități de căldură ($\sum T_{med.}$>0°C) cumulate în intervalul 01 februarie - 10 martie.
- ***Arșița*** exprimată prin ***intensitatea*** (unități dearșiță)și ***durata*** (număr de zile cu arșiță) fenomenului, în intervalul 01 iunie – 31 august.
- ***Precipitații*** lunare (l/mp) cumulate pe parcursul anului agricol 01 septembrie – 31 august, pe intervale specifice pentru creșterea și dezvoltarea culturilor de grâu de toamnă (01 septembrie – 31 octombrie / semănat, 01 noiembrie – 31 martie / acumularea apei în sol, 01 mai – 31 iunie / consum maxim față de apă) și porumb (01 iunie – 31 august / cerințe maxime față de apă, 01 septembrie – 31 august / anul agricol). La nivel de an

agricol s-au calculat și abaterile pluviometrice (l/mp), ca diferențe față de mediile multianuale de referință 1991-2020.

- ***Rezerve de umiditate*** (semnificație) în culturile de grâu de toamnă și porumb, la diferite adâncimi de sol și pe intervale specifice sub aspect agricol. Decenal și pe intervale de câte 30 de ani, s-a analizat numărul anilor când s-a semnalat fenomenul de secetă pedologică cu diferite grade de intensitate (moderată, puternică și extremă).

a) Tendința evoluției unităților de frig și ger înregistrate pe parcursul sezonului de vegetație, în culturile de grâu de toamnă

În scopul evaluării condițiilor de iernare ale speciilor de toamnă s-a analizat parametrul agrometeorologic ce caracterizează anotimpul rece, respectiv ***asprimea iernii*** exprimată prin cuantumul temperaturilor medii diurne negative din aer ($\Sigma t_{med.} \leq 0°C$/„unităţi de frig") înregistrate în intervalul noiembrie-martie și suma temperaturilor minime negative din aer ($\Sigma T_{min.} \leq -10°...-15°C$ „unităţi de ger") înregistrate în perioada rece a anului (decembrie-februarie).

Sub aspect decenal, din analiza sumei temperaturilor minime negative din aer situate sub limitele critice de rezistență ($\Sigma T_{med.} \leq 0°C$) a plantelor, în intervalul 01 noiembrie – 31 martie / 1961-2020, comparativ cu perioada de referință 1991-2020, se constată că în perioadele 1961-1970, 1981-1990 și 2001-2010 au predominat ierni normale (201-300 „unităţi de frig"), reci (301-400 „unități de frig") și deosebit de reci (>400 „unități de frig") în majoritatea regiunilor agricole ale țării, exceptând anii 1981-1990 și 1991-2000, când s-au înregistrat valori apropiate de mediile multianuale, precum și intervalele 2011-2020, unde se remarcă, caracterul de ierni blânde (<200 „unităţi de frig"), în cea mai mare parte a țării, Fig. 2.3.1.1.

Din analiza „unităților de frig" $\Sigma T_{med.} \leq 0°C$ (01 noiembrie – 31 martie / 1961-2020), pe intervale de 30 de ani, comparativ cu intervalul de referință 1991-2020, se remarcă anii 1961-1990, 1971-2000 și 1981-2010 în care s-au înregistrat valori apropiate de mediile multianuale în majoritatea regiunilor, cu excepția unor areale agricole din sudul și vestul țării unde au predominat ierni normale (201-300 unităţi de frig), Fig. 2.3.1.2.

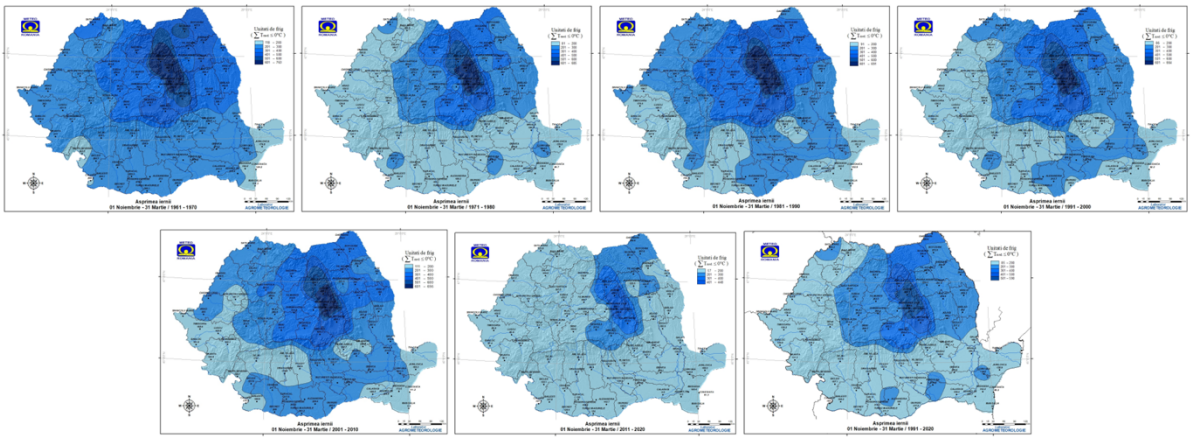


Fig. 2.3.1.1. Evoluția asprimii iernii reprezentând „unitățile de frig" pe decenii în România.

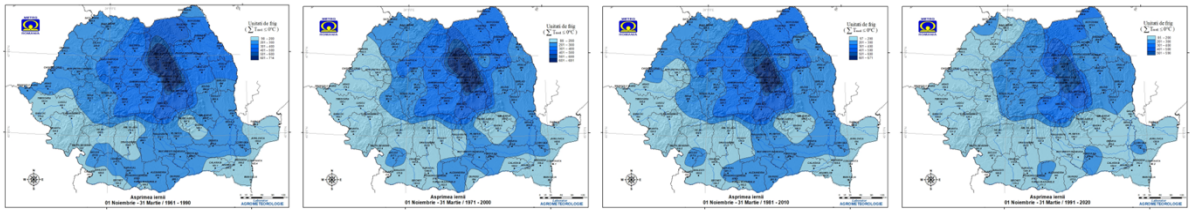


Fig. 2.3.1.2. Evoluția asprimii iernii reprezentând „unitățile de frig" pe perioade de referință în România.

Figura 2.3.1.3 prezintă pe decenii ***asprimea iernii*** ($\Sigma T_{med.} \leq 0°C$/ „unităţi de frig”) în raport cu media multianuală 1991-2020, la nivelul regiuniilor. Analizând pe decenii „unitățile de frig” ($\Sigma T_{med.} \leq 0°C$), comparativ cu media multianuală 1991-2020, remarcăm faptul că toate regiunile agricole Muntenia, Oltenia, Dobrogea, Banat-Crișana și Transilvania-Maramureș au înregistrat o iarnă blândă (<200 „unități de frig”) în deceniile 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001-2010 și 2011-2020. În deceniul 1961-1970, regiunile Muntenia, Oltenia și Banat-Crișana s-au evidențiat printr-o iarnă normală (201-300 „unități de frig”), iar regiunile Moldova și Transilvania s-au caracterizat printr-o iarnă rece (300-400 „unități de frig”) și deosebit de rece (> 400 „unități de frig”).

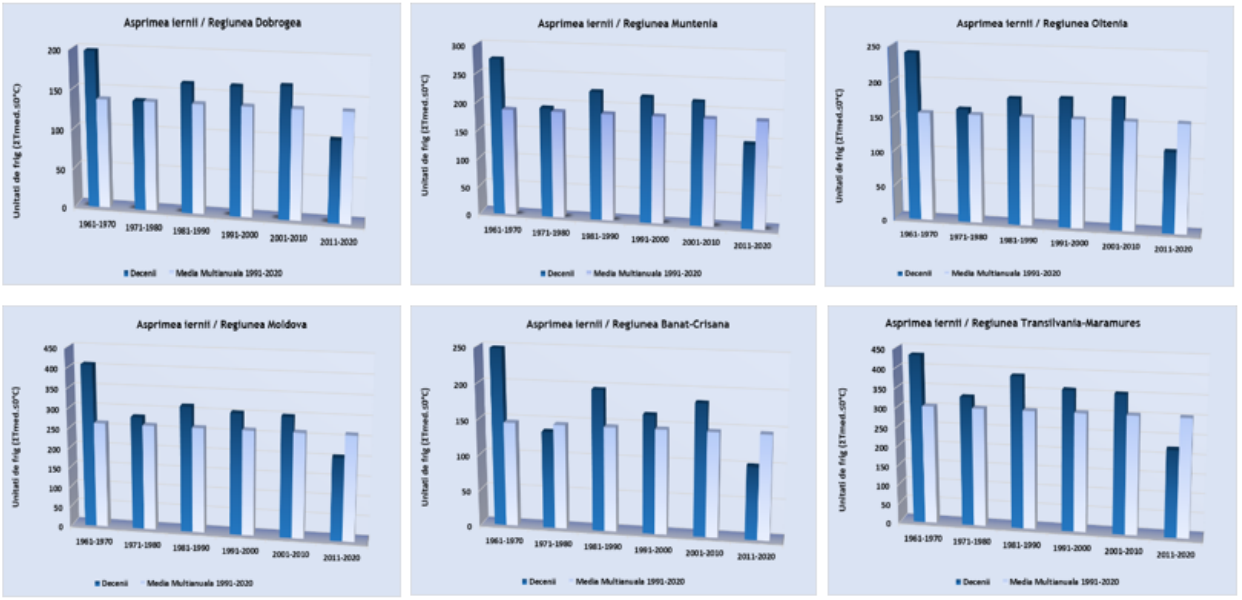


Fig. 2.3.1.3. Asprimea iernii reprezentând „unitățile de frig” pe decenii, la nivelul regiunilor agricole din România.

În Figura 2.3.1.4, este reprezentată ***asprimea iernii*** ($\Sigma T_{med.} \leq 0°C$ /unităţi de frig) pe diferite ***perioade de referință***, 1961-1990, 1971-2000 și 1981-2010, la nivelul fiecărei regiuni. Astfel, se observă faptul că regiunile cu valori maxime sunt Transilvania-Maramureș (378 „unități de frig”) și Moldova (323 „unităţi de frig”) imprimând caracterul de ierni reci, iar valorile minime în Dobrogea, (151 „unităţi de frig”) rezultând ierni blânde.

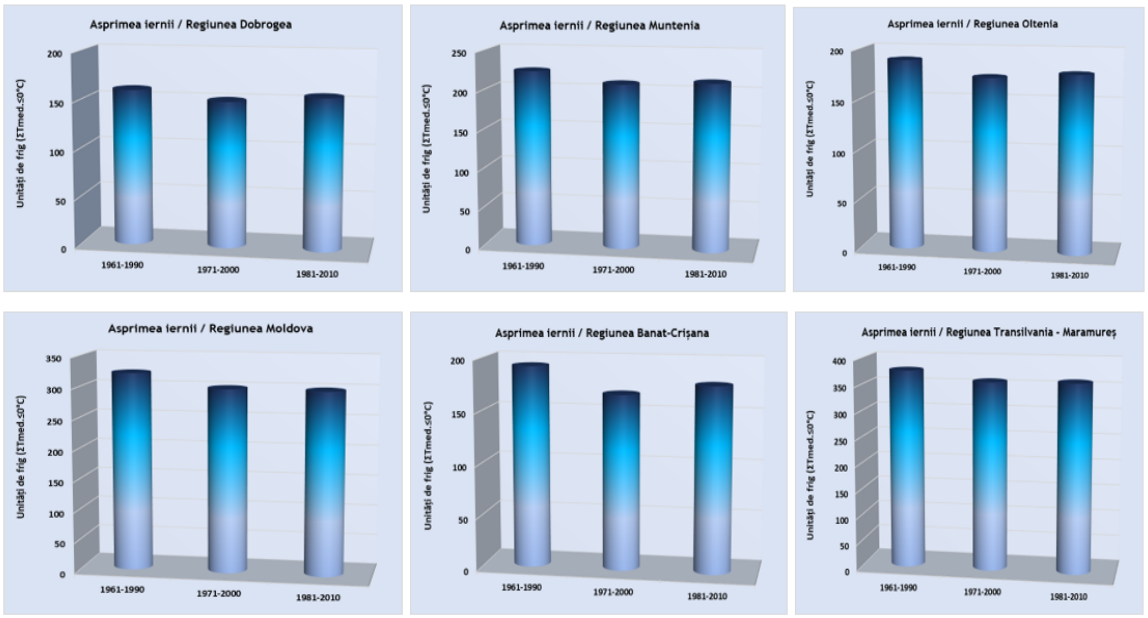


Fig. 2.3.1.4. Asprimea iernii reprezentând „unitățile de frig” pe intervale de referință, la nivelul regiunilor agricole din România.

Distribuția procentuală a „unităților de frig” ($\Sigma T_{med.} \leq 0°C$) este exemplificată în Figura 2.3.1.5, și reprezentată pe decenii pentru fiecare regiune agricolă a țării. Se observă că, în toate deceniile, regiunea Transilvania-Maramureș a înregistrat valorile cele mai ridicate, în proporție de 24%-27%, iar în Dobrogea s-au semnalat limitele cele mai scăzute în proporție de 11%. În concluzie, deși numărul „unităților de frig” a înregistrat o scădere în intervalul analizat, distribuția acestora în teritoriu nu are variații semnificative de la un deceniu la altul.

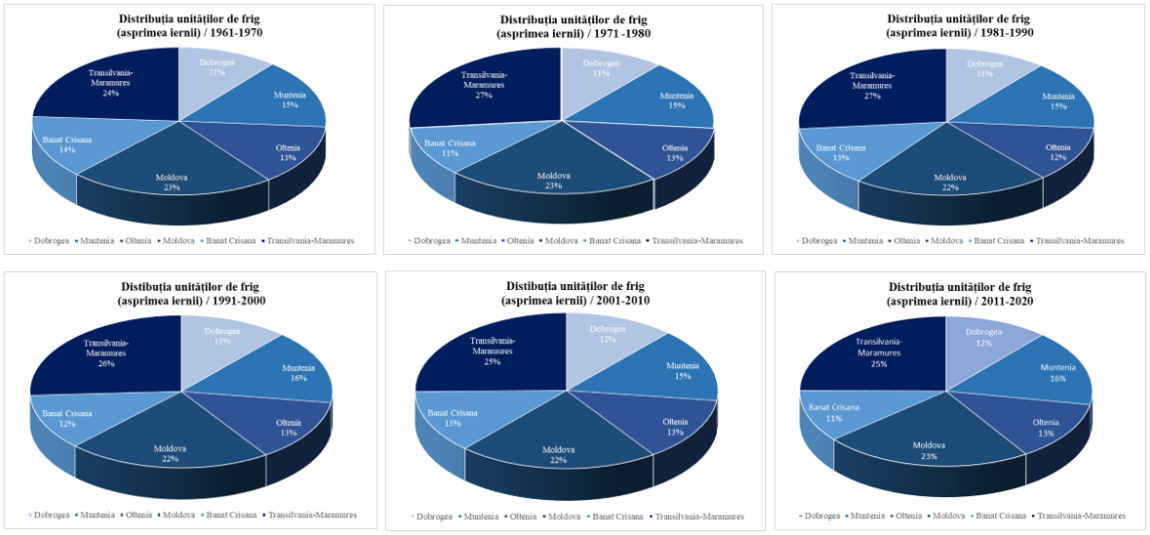


Fig. 2.3.1.5. Distribuția „unităților de frig”, pe decenii, la nivelul regiunilor agricole din România.

În Figura 2.3.1.6 și Tabelul 2.3.1.1 sunt evidențiate stațiile unde s-au semnalat ***valorile maxime*** ale asprimii iernii, exprimate prin „unități de frig” ($\Sigma T_{med.} \leq 0°C$), în fiecare deceniu din perioada 1961-2020. Valoarea maximă de 763,2 „unități de frig” s-a înregistrat la stația meteorologică Joseni, în intervalul 1961-1970, evidențiind caracterul de iarnă deosebit de rece**.** La toate cele cinci stații meteorologice analizate se remarcă o tendință generală de scădere a „unităților de frig”, iar la stațiile meteorologice Suceava și Toplița numărul „unităților de frig” înregistrate în ultimul deceniu este la jumătate comparativ cu mijlocul secolului XX.

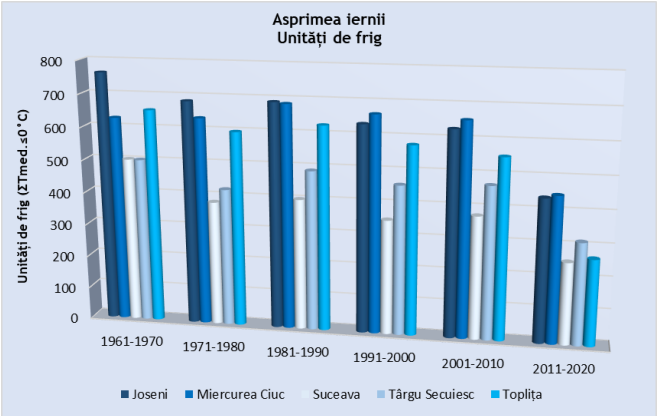


Fig. 2.3.1.6. Valorile maxime ale asprimii iernii, exprimate decenal prin „unități de frig”.

Tabelul 2.3.1.1. Valorile maxime ale asprimii iernii, exprimate decenal prin „unități de frig”

ASPRIMEA IERNII - FRIGUL						
Statia	**1961-1970**	**1971-1980**	**1981-1990**	**1991-2000**	**2001-2010**	**2011-2020**
Joseni	763,2	685,2	690,6	634,7	629,2	439,2
Miercurea Ciuc	628,3	635,6	686,2	664,4	656,0	448,3
Suceava	503,0	381,5	402,1	351,7	377,1	251,8
Târgu Secuiesc	502,4	422,1	490,2	458,7	469,1	313,5
Toplița	654,6	598,3	626,9	578,6	554,1	265,2

Pentru evaluarea condiţiilor de iernare ale speciilor de toamnă s-a analizat indicele termic specific sezonului rece (***01 decembrie - 28/29 februarie / 1961-2020***), respectiv cuantumul temperaturilor minime negative din aer ($\Sigma T_{min.} \leq$-10°C/„unităţi de ger”). Astfel, în ***deceniile1961-1970***, ***1971-1980***, ***1981-1990***, ***1991-2000***, ***2001-2010*** și ***2011-2020***, se evidențiază că gerul a înregistrat valori apropiate de mediile multianuale (***1991-2020***), în cea mai mare parte a țării (Fig. 2.3.1.7).

În intervalul ***01 decembrie - 28/29 februarie / 1961-2020),*** ca urmare a analizei sumei temperaturilor minime negative din aer situate sub limitele critice de rezistenţă a culturilor agricole ($T_{min.} \leq$-10°C), realizată pe o perioadă de ***30 de ani***, se constată că în anii ***1961-1990***, ***1971-2000*** și ***1981-2010***, gerul a înregistrat limite apropiate de normele climatologice (***1991-2020***)*,*în majoritatea regiunilor agricole (Fig. 2.3.1.8).

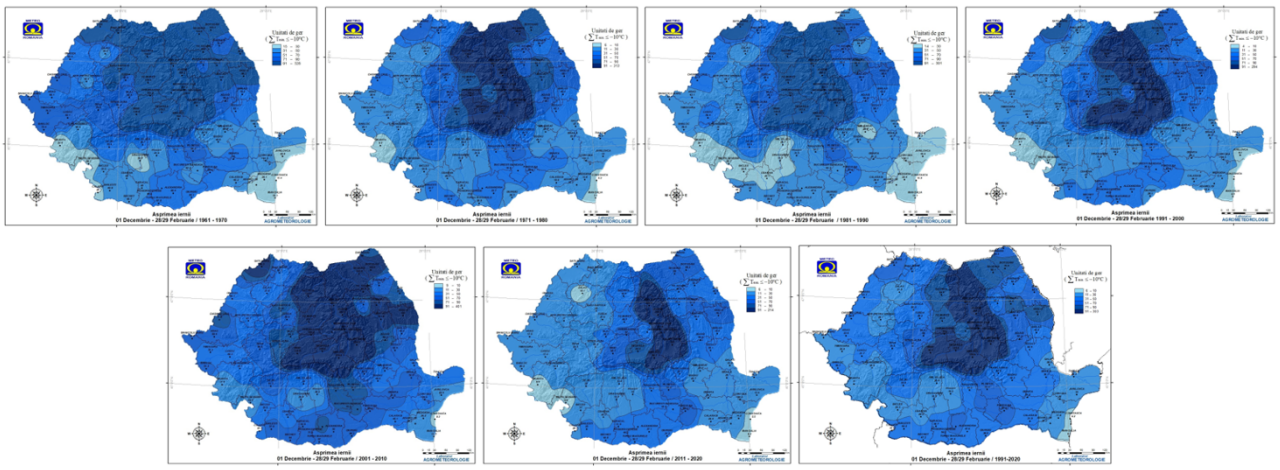


Fig. 2.3.1.7. Asprimea iernii reprezentând „unitățile de ger” -10°C pe decenii.

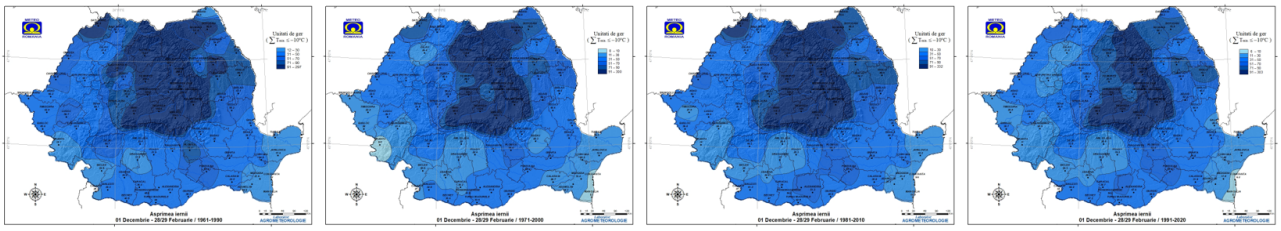


Fig. 2.3.1.8. Asprimea iernii reprezentând „unitățile de ger” -10℃, pe perioade de referință.

Asprimea iernii exprimată prin „unități de ***ger***” ($\Sigma T_{min.} \leq$-10°C) este analizată decenal (Fig. 2.3.1.9), în raport cu perioada de referință ***1991-2020***, în toate regiunile agricole. Astfel, o iarnă blândă (<10 „unități de ger”) și normală (11-30 „unități de ger”) s-a manifestat în deceniile 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000 și 2011-2020, în regiunile Dobrogea, Oltenia, Banat-Crișana. O iarnă aspră (31-50 „unități de ger”) și foarte aspră (>50 „unități de ger”) s-a evidențiat în deceniile 1961-1970 și 2001-2010**.**

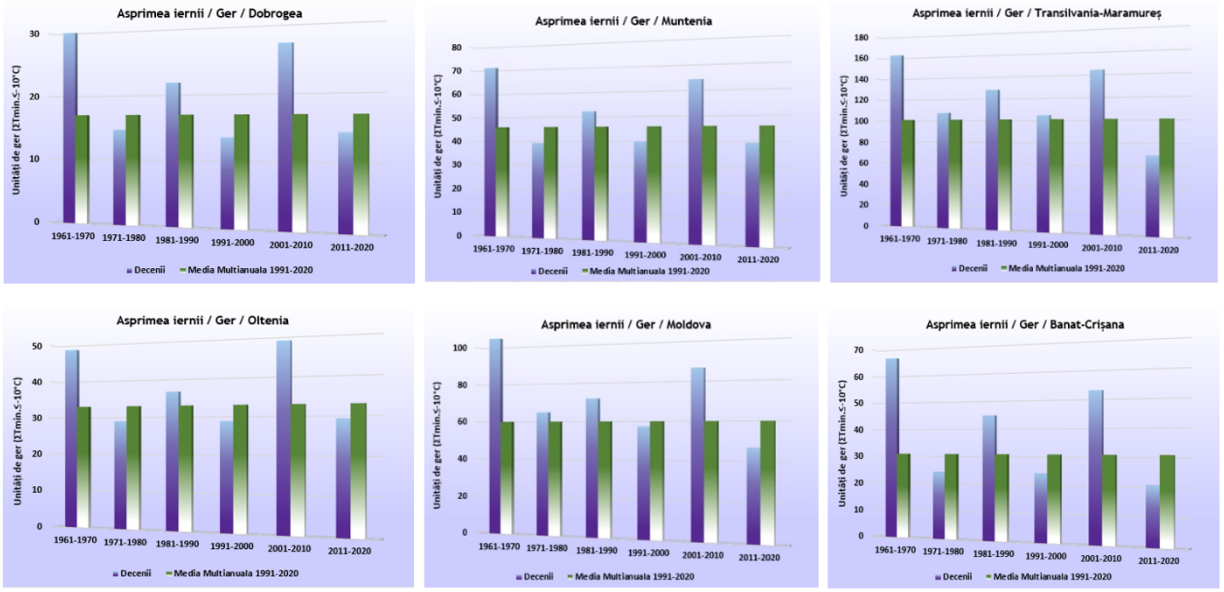


Fig. 2.3.1.9. Asprimea iernii reprezentând „unitățile de ger” -10℃ pe decenii, la nivelul regiunilor agricole din România.

În Figura 2.3.1.10 este reprezentată asprimea iernii ($\Sigma T_{min.} \leq$-10°C/„unități de ger”) pe diferite ***perioade de referință 1961-1990***, ***1971-2000*** și ***1981-2010***, la nivelul fiecărei regiuni. Astfel, se remarcă faptul că valorile maxime ale acestui parametru s-au înregistrat în Transilvania-Maramureș, zona depresionară, determinând ierni foarte aspre, iar cele minime în zona sud-estică a țării, respectiv Dobrogea, caracterizând ierni normale.

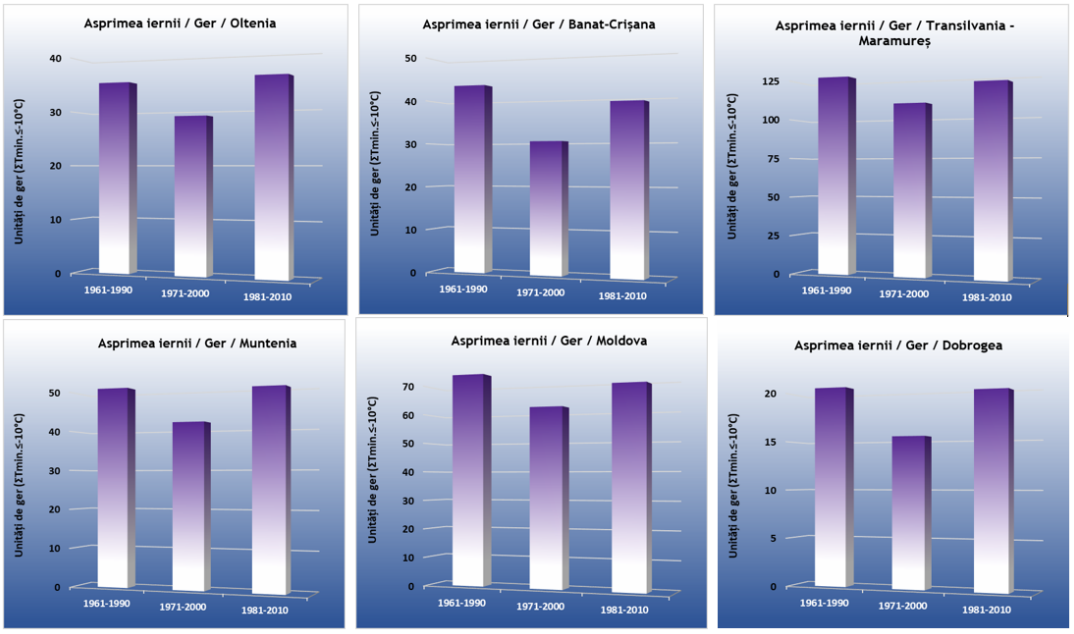


Fig. 2.3.1.10. Asprimea iernii reprezentând „unităţile de ger” -10 pe intervale de referinţă,la nivelul regiunilor agricole din România.

Distribuţia procentuală a unităţilor de ger ($\Sigma T_{min.} \leq$-10°C) conform Figurii 2.3.1.11, este prezentată decenal pentru fiecare regiune agricolă a ţării. Se observă că, în toate deceniile analizate, Transilvania-Maramureş a înregistrat valorile cele mai ridicate, în proporţie de 39% în intervalul 1991-2000, iar în Dobrogea s-au semnalat limitele cele mai scăzute în proporţie de 5% în deceniile 1971-1980 şi 1991-2000.

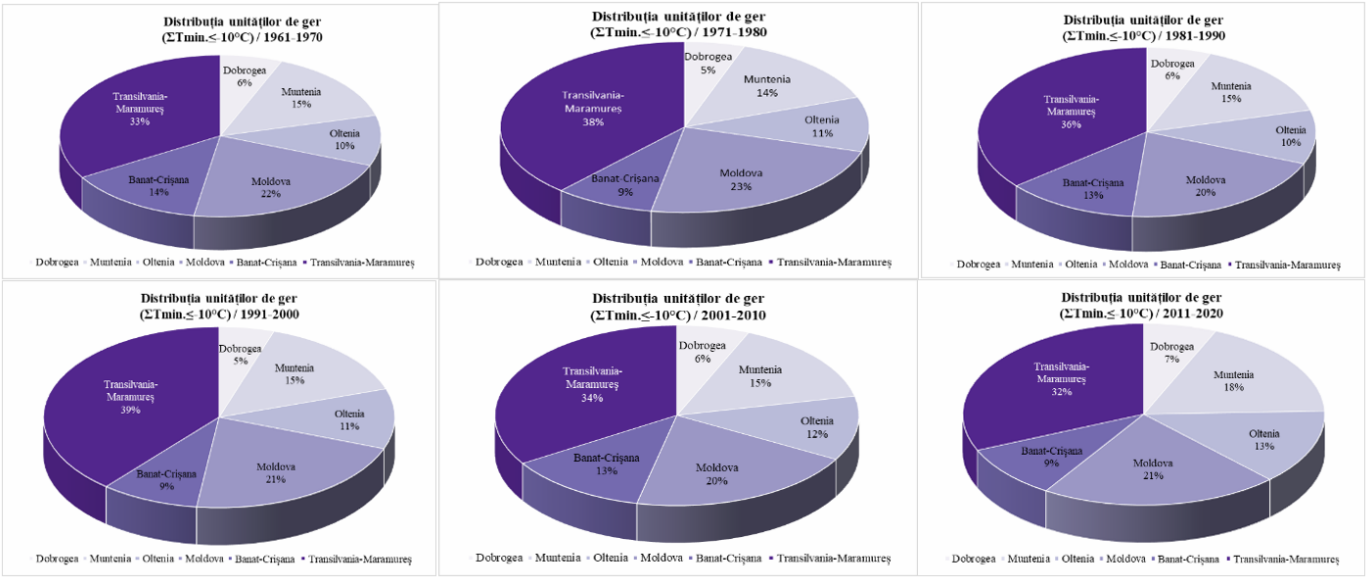


Fig. 2.3.1.11. Distribuţia „unităţilor de ger” -10°C, pe decenii, la nivelul regiunilor agricole.

Atât în Figura 2.3.1.12, cât şi în Tabelul 2.3.1.2 sunt evidenţiate staţiile care au înregistrat valorile maxime ale asprimii iernii, parametru exprimat prin „unităţi de ger” ($\Sigma T_{min.} \leq$-10°C), în fiecare deceniu. Astfel, în deceniul ***2001-2010*** s-a înregistrat valoarea maximă de 400,7 „unităţi de ger”/iarnă *foarte aspră, la* staţia meteorologică Miercurea Ciuc.

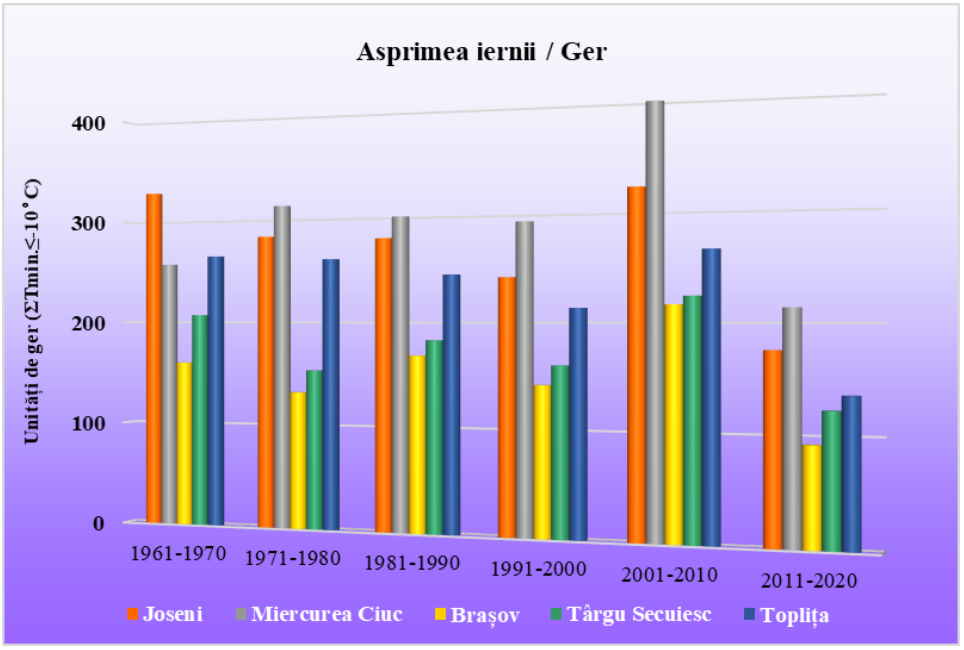


Fig. 2.3.1.12.Valorile maxime ale asprimii iernii, exprimate decenal prin „unități de ger”-10°C.

Tabelul 2.3.1.2. Valorile maxime ale asprimii iernii, exprimate decenal prin „unități de ger”-10°C.

Stația	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020
Joseni	328,2	283,5	280,4	242,3	323,6	175,9
Miercurea Ciuc	257,2	313,3	300,7	293,9	400,7	213,8
Brașov	160,0	132,1	168,7	142,2	216,8	92,7
Târgu Secuiesc	207,1	153,5	183,3	160,5	224,5	123,0
Toplița	264,9	261	245,2	213,7	266,5	136,4

Sub aspect ***decenal***, s-a analizat indicele termic specific sezonului rece (***01 decembrie - 28/29 februarie/1961-2020***), respectiv cuantumul temperaturilor minime negative din aer ($\Sigma T_{min.} \leq$-15°C/unităţi de ger). Astfel, se remarcă intervalele ***1971-1980***, ***1991-2000***, ***2001-2010*** şi ***2011-2020***, în care s-au semnalat valori apropiate de perioada de referinţă ***1991-2020***, iar în deceniile ***1961-1970*** şi ***1981-1990*** se constată că au predominat ierni *normale* (11-30 „unităţi de ger” cumulate), *aspre* (31-50 „unităţi de ger”) şi *foarte aspre* (peste 50 „unităţi de ger”), pe aproape întreg teritoriul agricol al ţării (Fig. 2.3.1.13).

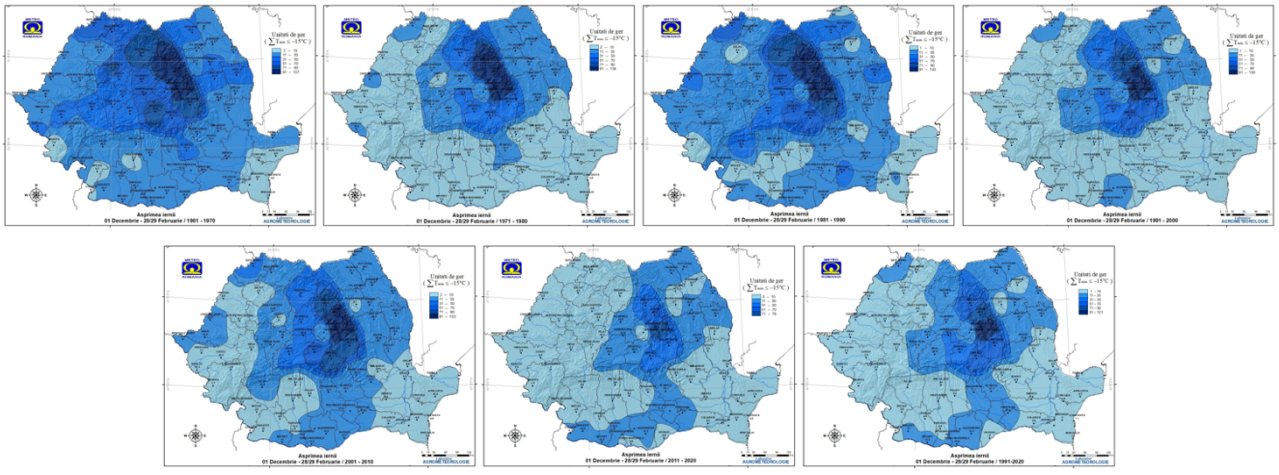


Fig. 2.3.1.13. Asprimea iernii reprezentând „unităţile de ger” -15°C pe decenii.

Din analiza pe ***30 de ani*** a „unităţilor de ger”/$T_{min}.\leq -15°C$ (***01 decembrie - 28/29 februarie / 1961-2020***), se evidenţiază intervalele ***1971-2000*** şi ***1981-2010*** încare s-au înregistrat valori apropiate de mediile multianuale, precum şi deceniul ***1961-1990*** în care iernile au fost *normale* (11-17 „unităţi de ger”), *aspre* (31-50 „unităţi de ger”) şi *foarteaspre* (>50 „unităţi de ger”) în cea mai mare parte a ţării, comparativ cu perioada de referinţă ***1991-2020*** (Fig. 2.3.1.14).

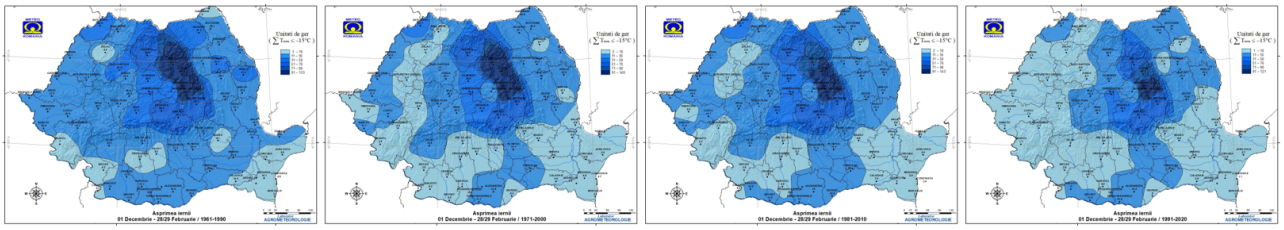


Fig. 2.3.1.14. Asprimea iernii reprezentând „unităţile de ger” -10°C, pe perioade de referinţă.

În Figura 2.3.1.15 este redat indicatorul asprimea iernii ($\Sigma T_{min}.\leq$-15°C/„unităţi de ger”), calculat decenal, comparativ cu media multianuală ***1991-2020***, în toate regiunile. Se observă că o iarnă *blândă* (<10 „unităţi de ger”) se semnalează în Dobrogea în toate deceniile, iar în Muntenia, Oltenia, Moldova şi Banat-Crişana, în deceniile ***1971-1980***, ***1991-2000***şi ***2011-2020***. O iarnă *normală* (11-30 „unităţi de ger”) s-a înregistrat în Muntenia, Oltenia, Moldova şi Banat-Crişana, predominant în deceniile ***1961-1970***şi ***1981-1990***. Transilvania-Maramureş s-a caracterizat printr-o iarnă *aspră* (31-50 „unităţi de ger”) şi *foarte aspră* (>50 „unităţi de ger”), îndeosebi în deceniile ***1961-1970*** şi ***1981-1990***.

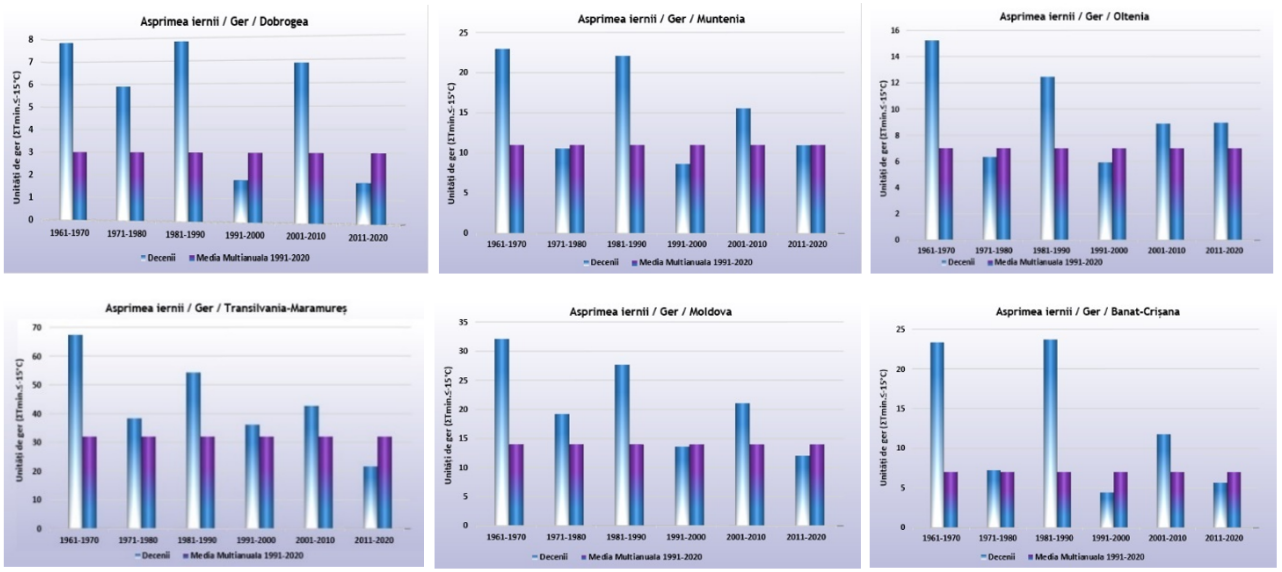


Fig. 2.3.1.15. Asprimea iernii reprezentând „unităţile de ger” -15°C pe decenii, la nivelul regiunilor.

Distribuţia procentuală a unităţilor de ger ($\Sigma T_{min}.\leq$-15°C) conform Figurii 2.3.1.16, este prezentată decenal pentru fiecare regiune agricolă a ţării. Se observă că, în toate deceniile, pentru regiunea Transilvania-Maramureş, asprimea iernii a înregistrat valorile cele mai ridicate, în proporţie de 51%, în deceniul ***1991-2000***, iar în Banat-Crişana s-au semnalat limitele cele mai scăzute, de 6%.

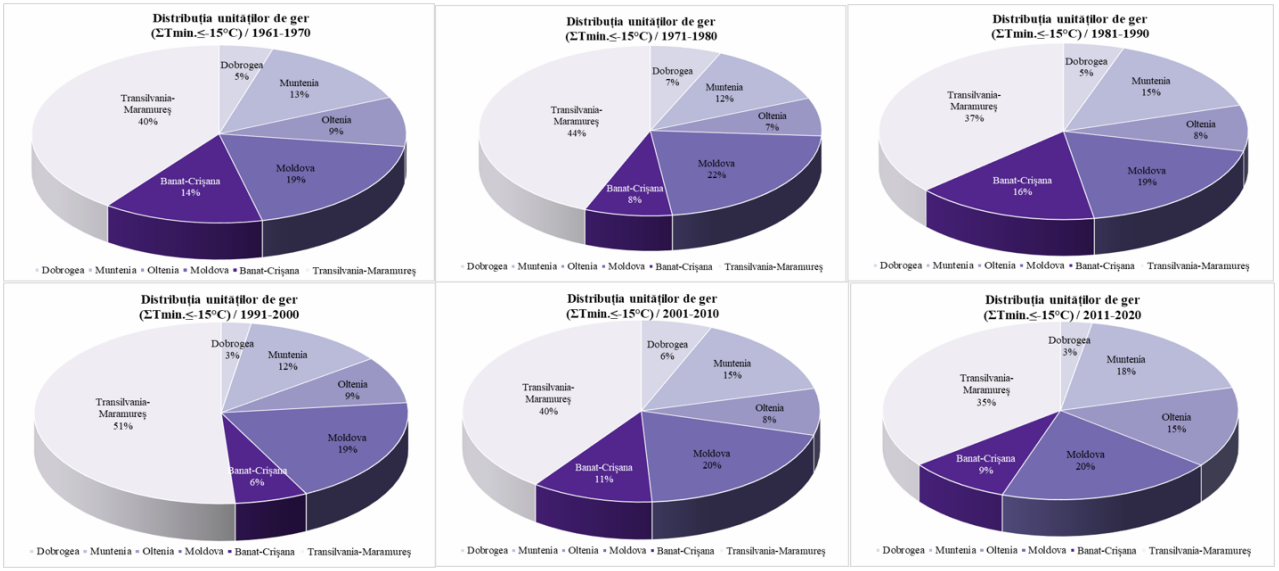


Fig. 2.3.1.16. Distribuția „unităților de ger" -15°C, pe decenii, la nivelul regiunilor agricole.

Atât în Figura 2.3.1.17, cât și în Tabelul 2.3.1.3 sunt evidențiate stațiile care au înregistrat valorile maxime ale asprimii iernii exprimată prin „unități de ger" ($\Sigma T_{min.} \leq -15°C$), în fiecare deceniu din perioada 1961-2020. Astfel, în intervalul ***1961-1970*** s-a înregistrat valoarea maximă de 156,5 „unități de ger", la stația meteorologică Joseni.

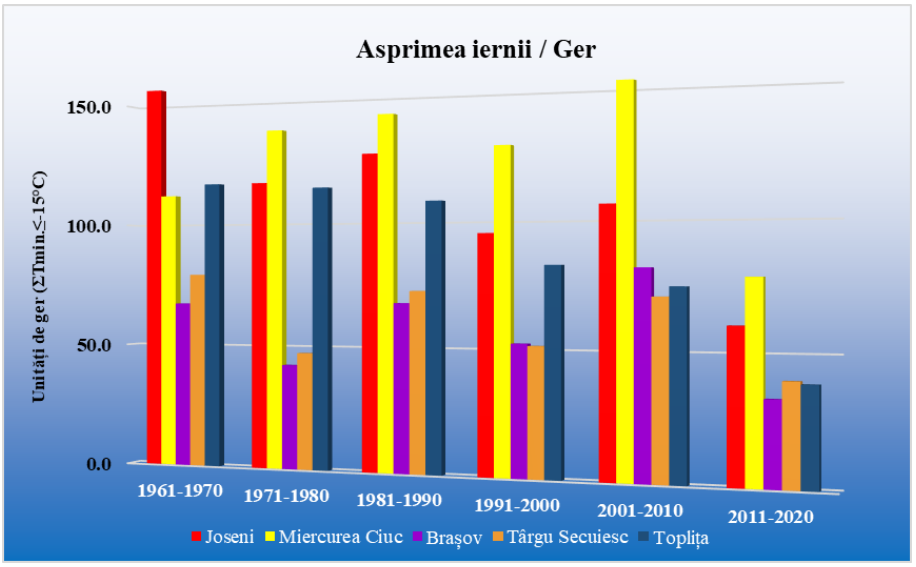


Fig. 2.3.1.17. Valorile maxime ale asprimii iernii, exprimate decenal prin „unități de ger"-15°C.

Tabelul 2.3.1.3. Valorile maxime ale asprimii iernii, exprimate decenal prin „unități de ger"-15°C.

Statia	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020
Joseni	156,5	116,8	127,8	95,6	106,4	60,4
Miercurea Ciuc	112,0	138,2	143,4	129,8	153,4	78,6
Brașov	67,2	42,4	67,9	52,5	82,1	33,3
Târgu Secuiesc	79,2	47,3	72,8	51,7	71,1	40,1
Toplița	116,7	114,6	108,6	83,1	74,9	39,0

b) Tendința evoluției înghețurilor târzii de primăvară și timpurii de toamnă

Din analiza datei de producere a ***înghețului târziu de primăvară*** la nivelul celor șase decenii din perioada ***1961-2020*** se remarcă faptul că fenomenul s-a produs cel mai devreme în deceniile

2011-2020 și 2001-2010, cu aproximativ o săptămână mai devreme față de data de producere a ultimului îngheț de primăvară din perioada de referință 1991-2020. În deceniile 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000 și 2001-2010, data de producere a ultimului îngheț de primăvară se situează în a doua decadă a lunii mai, cu 1-7 zile după data de 11 mai din perioada de referință 1991-2020. La nivelul ultimului deceniu, 2011-2020, înghețul târziu de primăvară s-a produs mai devreme cu 8 zile comparativ cu data la care s-a produs fenomenul în intervalul de referință 1991-2020 (Fig. 2.3.1.18).

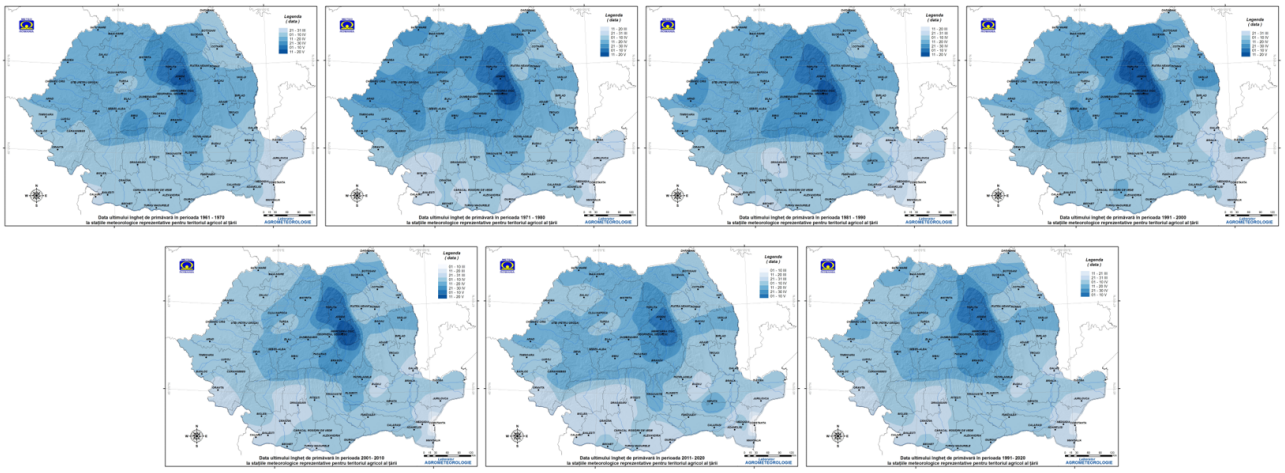


Fig. 2.3.1.18. Data de producere a înghețului târziu de primăvară, prezentată decenal.

Sub aspectul analizei la nivelul intervalelor de câte 30 de ani, în perioadele ***1981-2010*** și ***1991-2020***, ultimul ***îngheț de primăvară*** începe odată cu decada a doua din luna martie și se încheie în a doua decadă din luna mai. La nivelul primelor două perioade ***1961-1990*** și ***1971-2000***, înghețul târziu de primăvară se produce la începutul decadei a treia din luna martie, iar cel mai târziu în a doua decadă a lunii mai (Fig. 2.2.2.19).

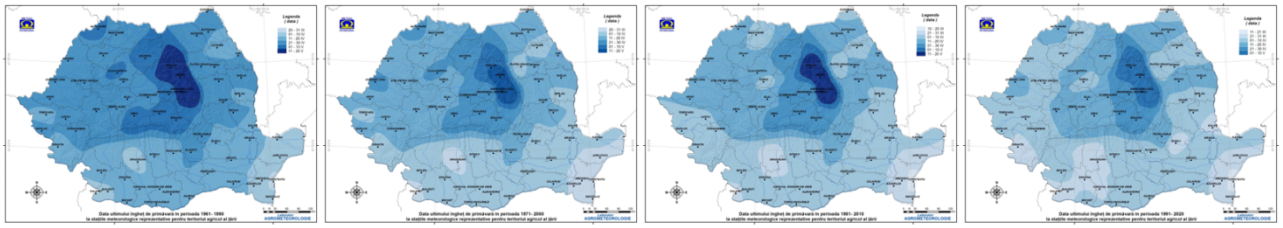


Fig. 2.3.1.19. Data de producere a înghețului târziu de primăvară, prezentată pe intervale de referință.

În Figura 2.3.1.20 este prezentată zonarea spațială a înghețului ***timpuriu de toamnă*** la nivelul țării noastre, decenal, în perioada ***1961-2020***. Se evidențiază deceniile 1961-1970, 2001-2010 și 2011-2020, când înghețul de toamnă s-a produs cel mai devreme în a doua decadă a lunii septembrie, cu 6-11 zile mai devreme față de data de producere a înghețului din intervalul de referință 1991-2020 și cel mai târziu la date calendaristice din ultima decadă a lunii noiembrie, apropiate de data medie de producere a fenomenului în intervalul de referință 1991-2020. În deceniile 1971-1980, 1981-1990 și 1991-2000, primul îngheț de toamnă s-a produs la date calendaristice apropiate, dar cu 4-12 zile mai devreme comparativ cu ultima dată de producere a fenomenului în intervalul de referință 1991-2020.

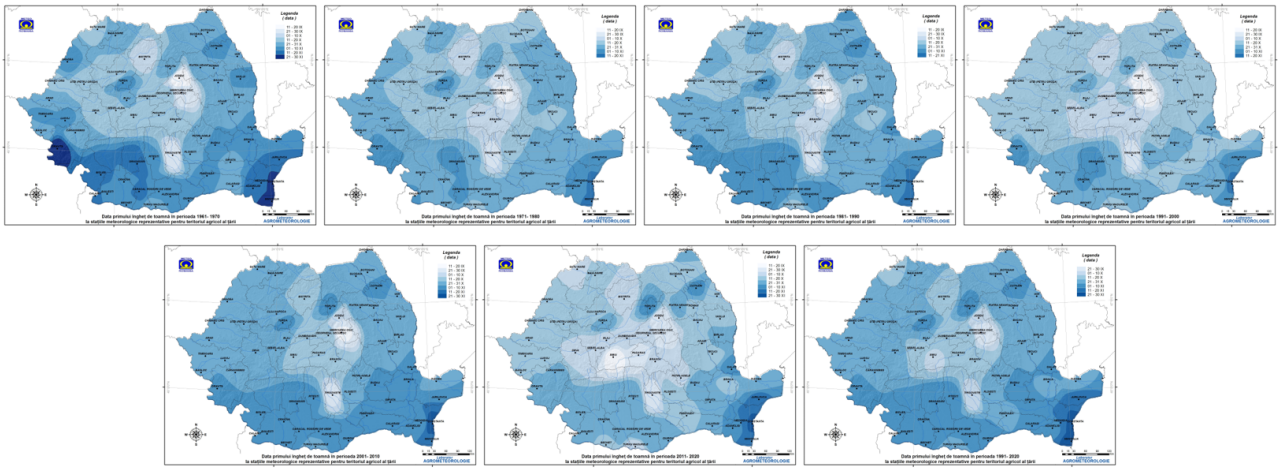


Fig. 2.3.1.20. Data de producere a înghețului timpuriu de toamnă, prezentată decenal.

Analiza pe intervale de câte 30 de ani a ***primului îngheț de toamnă*** reliefează faptul că, în perioadele 1961-1990, 1971-2000 și 1981-2010, fenomenul s-a produs în a doua decadă a lunii septembrie în majoritatea regiunilor, până în decada a doua a lunii noiembrie, zonalitatea spațială la nivel național fiind aproximativ aceeași pentru toate cele trei perioade. Comparativ cu primele trei perioade de câte 30 de ani, în perioada 1991-2020, înghețul timpuriu de toamnă s-a produs în ultima decadă a lunii noiembrie, în sud-estul Dobrogei (Fig. 2.3.1.21).

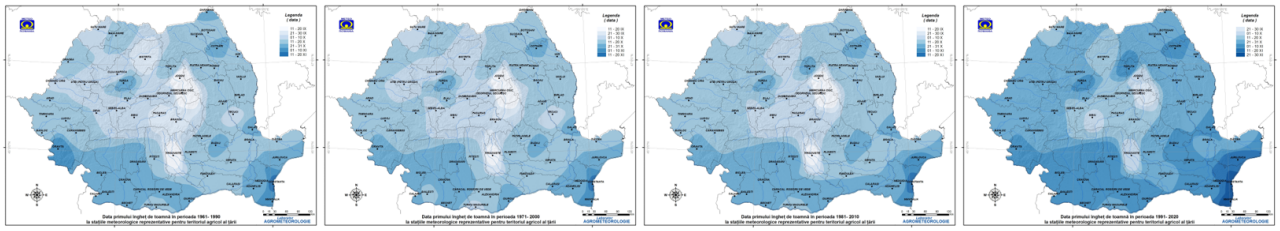


Fig. 2.3.21. Data de producere a înghețului timpuriu de toamnă, prezentată pe intervale de referință.

c) Tendința evoluției indicelui de împrimăvărare

Potențialul termic al perioadei de trecere de la iarnă la primăvară este exprimat prin ***indicele de împrimăvărare*** (ΣT_{med}>0°C), calculat la nivelul intervalului ***01 februarie-10 aprilie***. Din punct de vedere ***decenal*** se constată că în intervalele ***1971-1980***, ***1981-1990*** și ***2001-2010*** s-au înregistrat valori apropiate de mediile multianuale. În anii ***1961-1970*** se observă că în aproape toată țara a predominat o împrimăvărare târzie (101-200 „unități de căldură”) și moderată (201-300 „unităţi de căldură”), iar în intervalul ***2011-2020*** se evidențiază o împrimăvărare normală (301-400 „unităţi de căldură”), timpurie (401-500 „unităţi de căldură”) și foarte timpurie (501-510 „unităţi de căldură”), în majoritatea regiunilor agricole (Fig. 2.3.1.22).

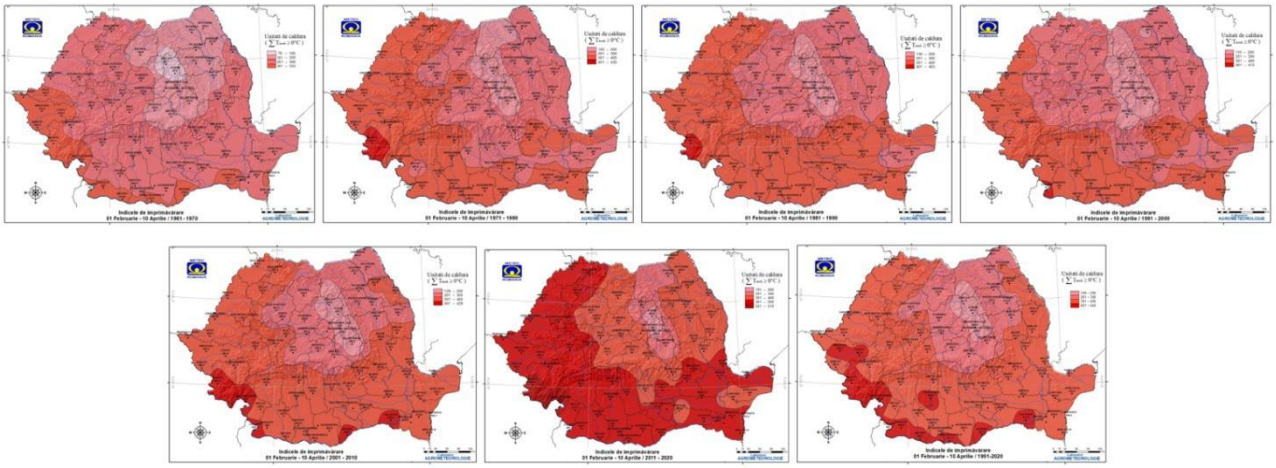


Fig. 2.3.1.22. Indicele de împrimăvărare prezentat decenal.

Din analiza indicelui de împrimăvărare (ΣT_{med}>0°C) calculat pentru o perioadă de ***30 de ani***, se constată că în intervalele ***1961-1990***, ***1971-2000*** și ***2001-2020*** s-au înregistrat valori în general apropiate de mediile multianuale, în aproape toată țara(Fig. 2.3.1.23).

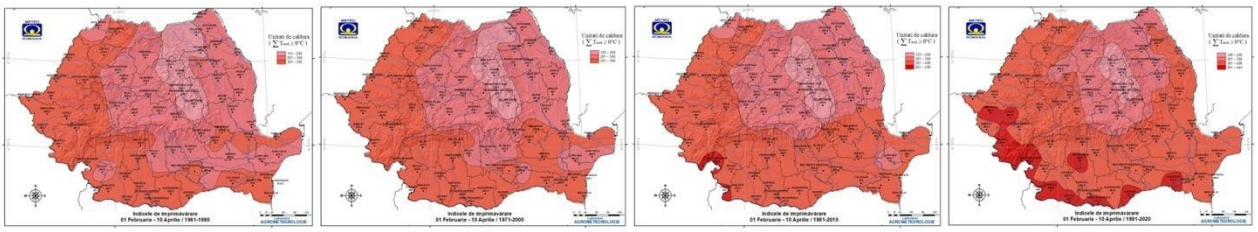


Fig. 2.3.1.23. Indicele de împrimăvărare prezentat pe intervale de referință.

Indicele de împrimăvărare (ΣT_{med}>0°C) este analizat decenial, în raport cu perioada de referință ***1991-2020,*** în toate regiunile agricole. În deceniile 1961-1970, ***1971-1980***, ***1981-1990*** și ***1991-2000*** s-a constat o împrimăvărare *târzie* (< 200 „unități de căldură”), *moderată* (201-300 „unități de căldură”) și *normală* (301-400 „unități de căldură”), în toate regiunile agricole din Fig. 2.3.1.24. O împrimăvărare timpurie (401-500 „unități de căldură”) s-a manifestat îndeosebi în deceniul 2011-2020, în regiunile Dobrogea, Muntenia, Oltenia, Moldova, Banat-Crișana și Transilvania-Maramureș.

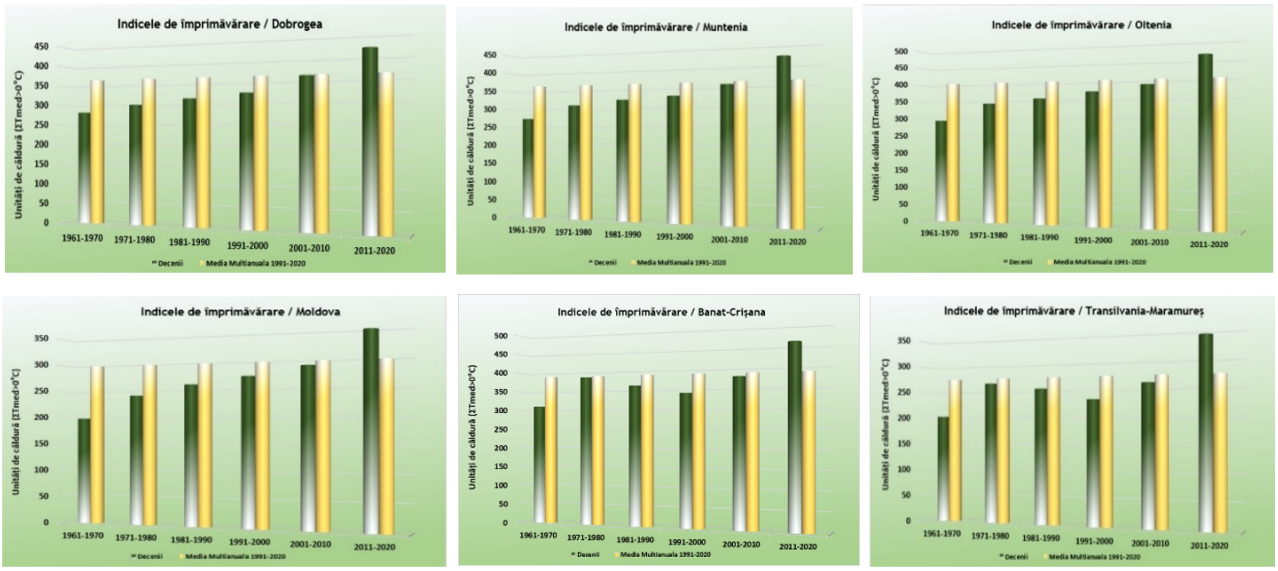


Fig. 2.3.1.24. Indicele de împrimăvărare reprezentând „unitățile de căldură” pe decenii, la nivelul regiunilor agricole din România.

În Figura 2.3.1.25 este reprezentat indicele de împrimăvărare (ΣT_{med}>0°C) pe diferite perioade de referință ***1961-1990***, ***1971-2000*** și ***1981-2010***, la nivelul fiecărei regiuni. Astfel, se remarcă faptul că valorile maxime s-au înregistrat în Oltenia, în zona de câmpie, iar cele minime în zona depresionară din Transilvania-Maramureș.

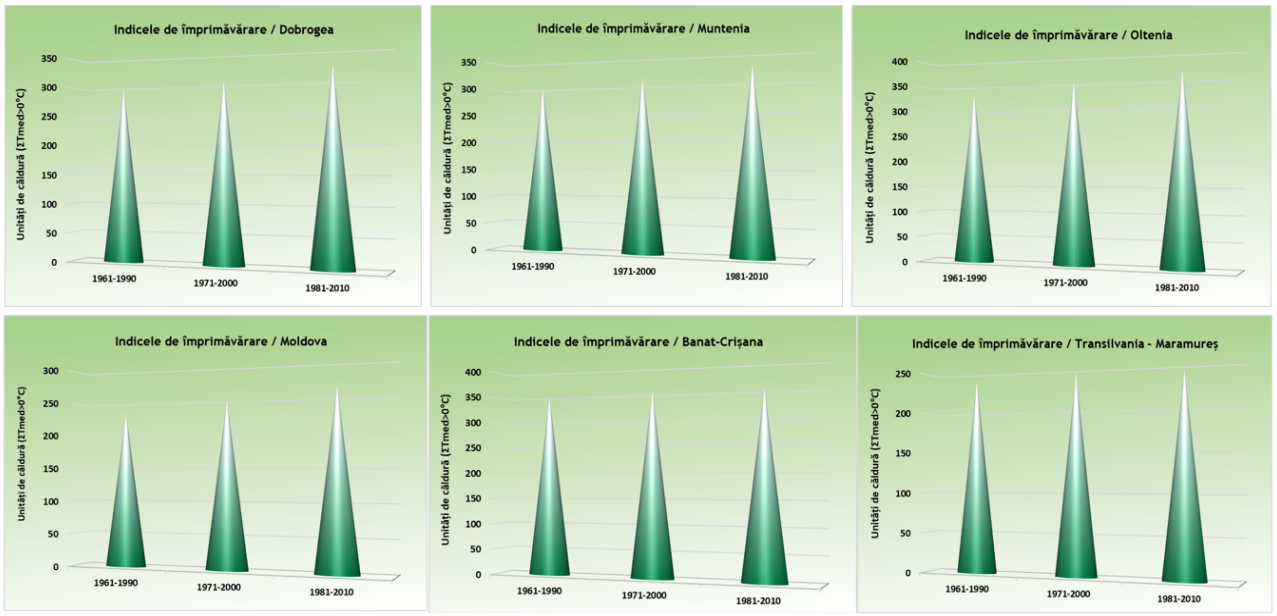


Fig. 2.3.1.25. Indicele de împrimăvărare reprezentând „unitățile de căldură” pe perioade de referință, la nivelul regiunilor agricole din România.

Distribuția procentuală a unităților de căldură (ΣT_{med}>0°C) conform figurii 2.3.1.26, este prezentată decenal pentru fiecare regiune agricolă a țării. Se observă că, în toate deceniile regiunile Transilvania-Maramureș și Moldova au înregistrat valorile cele mai scăzute, în proporție de 14%, iar în Banat-Crișana s-au semnalat limitele cele mai ridicate în proporție de 21%.

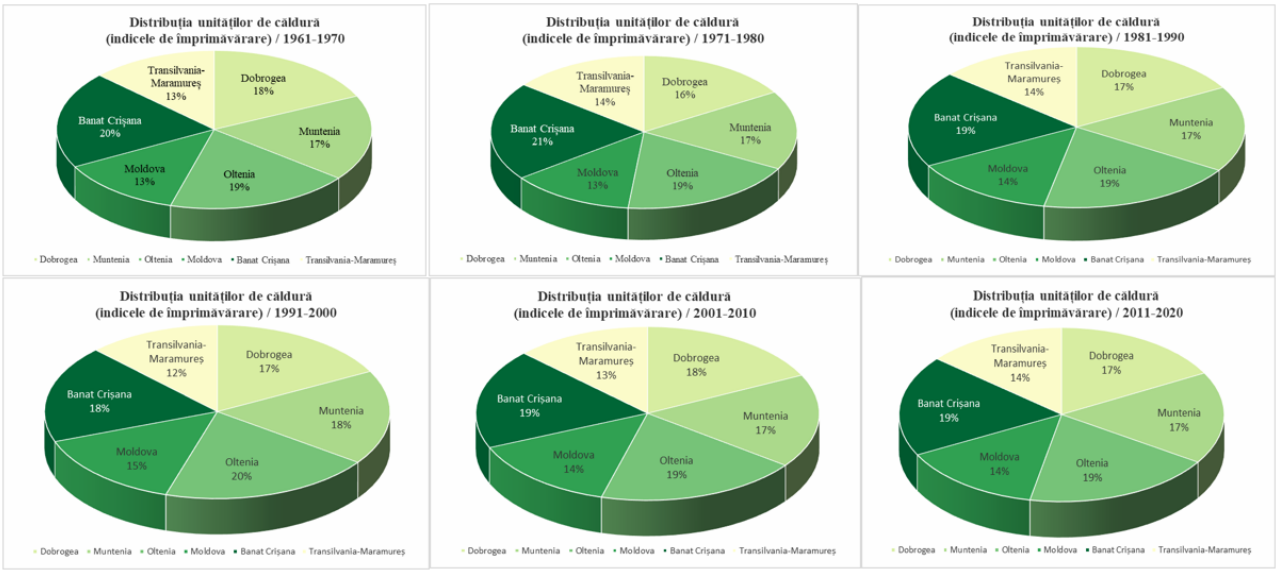


Fig. 2.3.1.26. Distribuția indicelui de împrimăvărare pe decenii, la nivelul regiunilor agricole.

În Figura 2.3.1.27 și Tabelul 2.3.1.4 sunt evidențiate stațiile care au înregistrat valorile maxime ale indicelui de împrimăvărare, exprimat prin unități de căldură ($\Sigma T_{med}>0°C$), în fiecare deceniu. Astfel, valoarea maximă de 509,8 unități de căldură s-a înregistrat la stația meteorologică Drobeta Turnu-Severin, în intervalul ***2011-2020***.

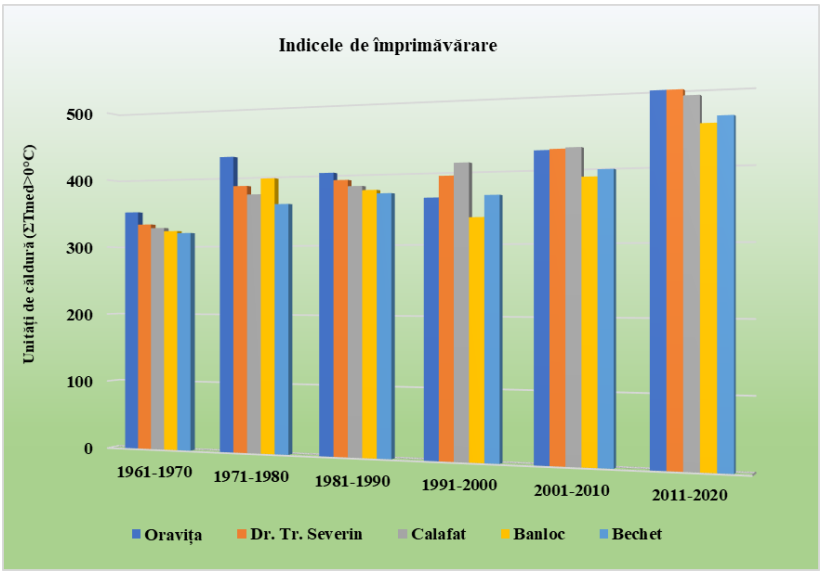


Fig. 2.3.1.27. Valorile maxime ale indicelui de împrimăvărare, exprimate decenal prin „unități de căldură”.

Tabelul 2.3.1.4. Valorile maxime ale indicelui de împrimăvărare, exprimate decenal prin „unități de căldură”.

Stația	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020
Oravita	351,5	429,8	402,8	364,8	425,8	505,6
Dr.Tr.Severin	333,1	387,0	392,2	394,6	427,0	509,8
Calafat	327,7	374,5	383,2	412,1	428,5	491,7
Banloc	322,9	397,1	377,2	336,8	388,7	454,7
Bechet	319,8	359,8	372,2	366,9	398,2	463,9

d) Tendința evoluției fenomenului de „arșiță”

Sub aspect ***decenal***, din analiza „arşiţei” exprimată prin intensitate ($\Sigma T_{max} \geq 32°C$/„unităţi de arşiţă”), comparativ cu perioada de referinţă ***1991-2020***, se evidenţiază că în intervalele ***1961-1970***, ***1971-1980*** şi ***1981-1990***, cuantumul unităţilor de „arşiţă”, în care fenomenul s-a manifestat, a fost *redus (*0-10 unităţi de „arşiţă”)*,moderat* (11-30 unităţi de „arşiţă”)şi *ridicat* (31-50 unităţi de „arşiţă”) în cea mai mare parte a ţării, exceptând anii ***1991-2000*** şi ***2001-2010*** când s-au înregistrat valori apropiate de mediile multianuale, precum şi intervalul ***2011-2020***, unde se remarcă o intensitate a arşiţei accentuată (51-135 unităţi de „arşiţă”), îndeosebi în sudul, sud-estul şi vestul ţării (Fig. 2.3.1.28).

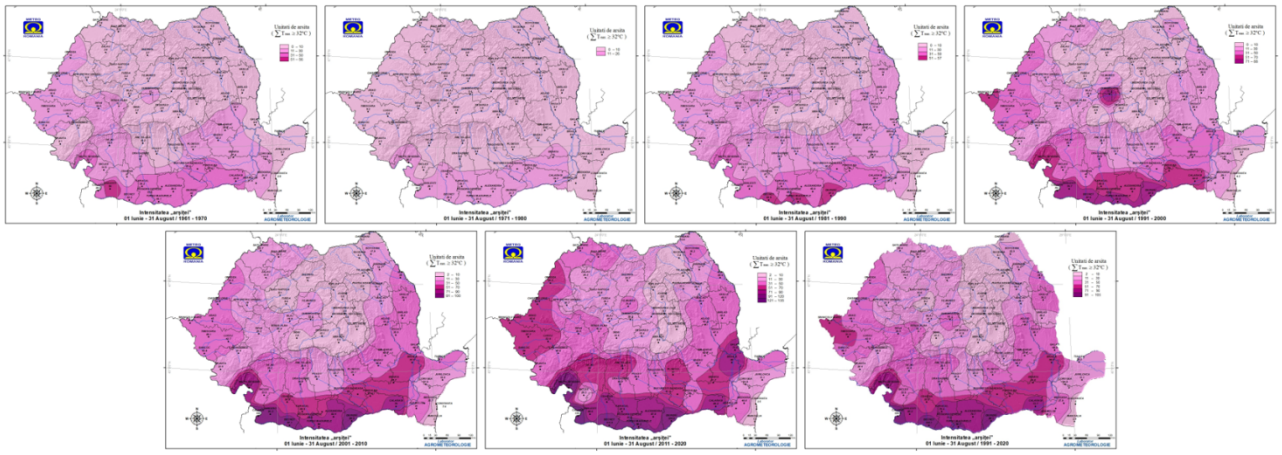


Fig. 2.3.1.28. Intensitatea fenomenului de arşiţă prezentată decenal.

Din analiza „arşiţei” exprimată prin intensitate ($\Sigma T_{max} \geq 32°C$/„unităţi de arşiţă”), pe o perioadă de ***30 de ani***, se remarcă anii ***1981-2010*** cu o intensitate a arşitei *accentuată* (51-80 unităţi de „arşiţă”), îndeosebi în sudul, sud-vestul şi sud-estul ţării. În intervalele ***1961-1990*** şi ***1971-2000***, cuantumul unităţilor de „arşiţă”, în care fenomenul s-a manifestat, a fost *redus (*0-10 unităţi de „arşiţă”)*,moderat* (11-30 unităţi de „arşiţă”)şi *ridicat* (31-50 unităţi de „arşiţă”) în cea mai mare parte a ţării (Fig. 2.3.1.29).

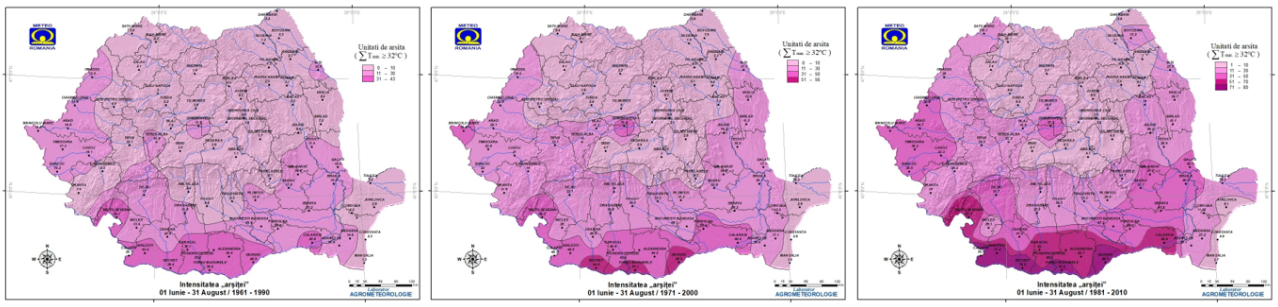


Fig. 2.3.1.29. Intensitatea fenomenului de arşiţă prezentată pe intervale de referinţă.

Sub aspect ***decenal***, din analiza intensităţii fenomenului de „arşiţă” exprimată prin ($\Sigma T_{max} \geq 32°C$/„unităţi de arşiţă”), comparativ cu perioada de referinţă ***1991-2020***, la nivelul tuturor regiunilor (Fig. 2.3.1.30). Se evidenţiază o intensitate redusă (<10 „unităţi de arşiţă”) în toate regiunile, în deceniile ***1971-1980***, ***1981-1990*** şi ***1961-1970***. O intensitate *moderată* (11-30 „unităţi de arşiţă”) şi *ridicată* (31-50 „unităţi de arşiţă”) s-a constatat în Dobrogea şi Transilvania-Maramureş, în deceniul ***2001-2020***. În sudul ţării, Muntenia şi Oltenia au înregistrat în special în deceniul ***2011-2020*** valori accentuate (>51 „unităţi de arşiţă”).

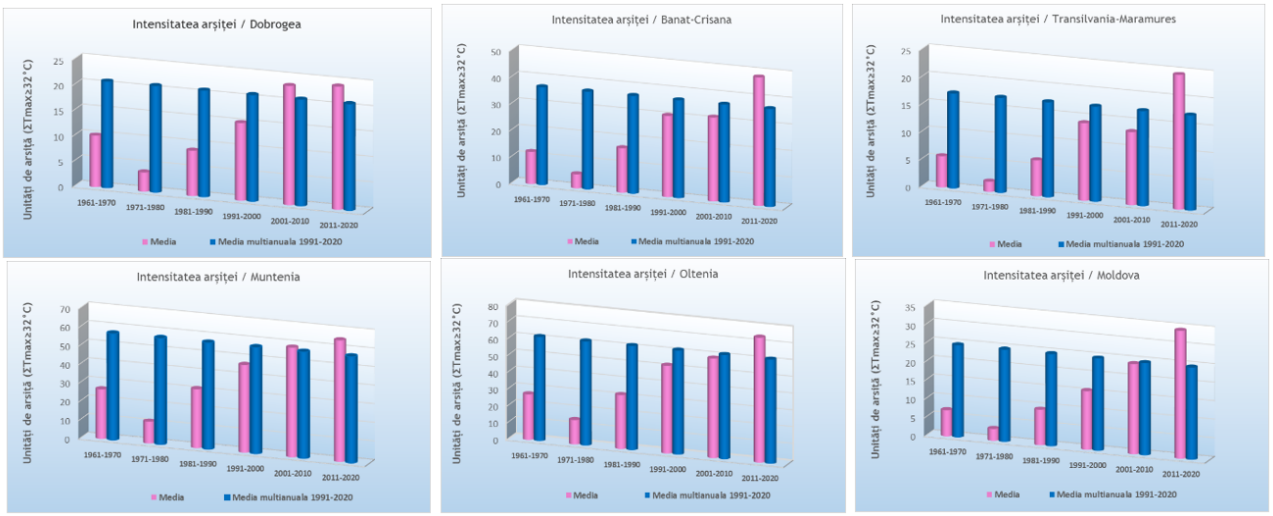


Fig. 2.3.1.30. Intensitatea fenomenului de arșiță pe decenii, la nivelul regiunilor agricole.

În Fig. 2.3.1.31, este redată analiza „arşiţei” exprimată prin intensitate ($\Sigma T_{max} \geq 32°C$/„unităţi de arşiţă”), calculată pentru perioadele de referință (***1961-1990***, ***1971-2000***, ***1981-2010***), la nivelul fiecărei regiuni. Se observă că cele mai mici valori sunt în regiunea Transilvania-Maramureș și cele mai mari în regiunile Oltenia și Muntenia.

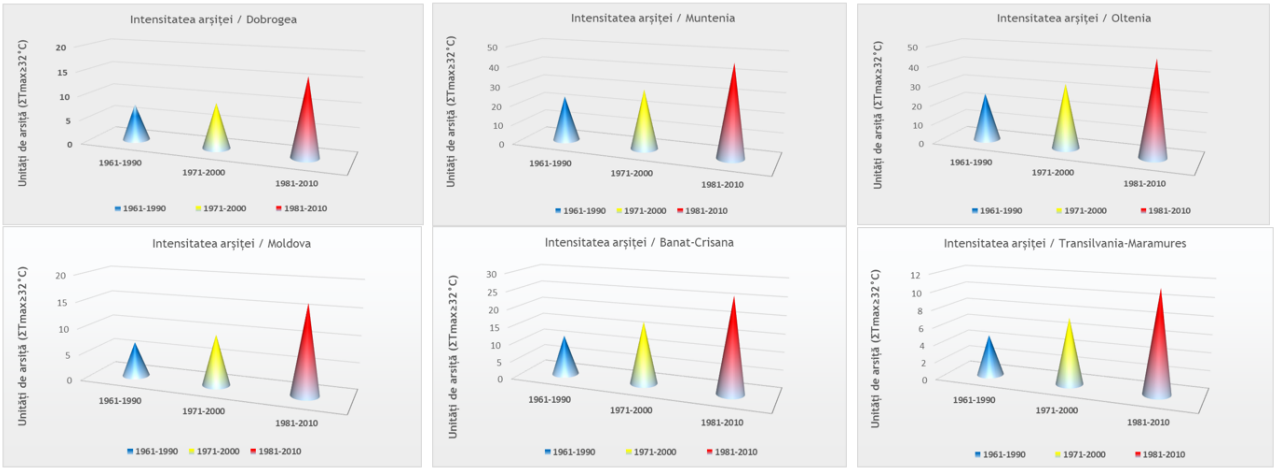


Fig. 2.3.1.31. Intensitatea fenomenului de arșiță pe perioade de referință, la nivelul regiunilor agricole.

Pentru fiecare regiune agricolă a țării, în Figura 2.3.1.32, este redată decenal distribuția procentuală a unităților de arșiță, respectiv *intensitatea arșiței* ($\Sigma T_{max} \geq 32°C$/unităţi de „arşiţă”). În toate deceniile, se remarcă faptul că în regiunea Transilvania-Maramureș arșița a înregistrat valorile cele mai scăzute, în proporție de 5-9%. Limitele cele mai ridicate s-au semnalat în regiunile Oltenia (27-36%) și Muntenia (24-30%).

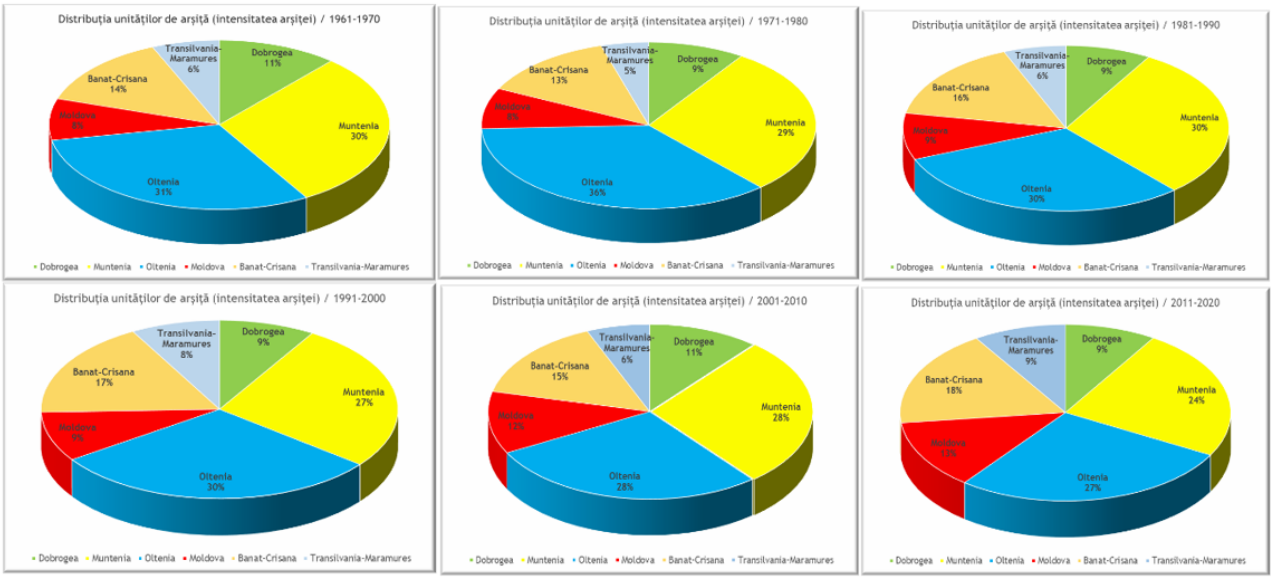


Fig. 2.3.1.32. Distribuția intensității arșiței pe decenii, la nivelul regiunilor agricole.

În Figura 2.3.1.33 și Tabelul 2.3.1.5 sunt evidențiate stațiile la care s-au înregistrat valorile maxime ale intensității fenomenului de arșiță, exprimat prin „unități de arșiță" ($\Sigma T_{max} \geq 32°C$), în fiecare deceniu. Astfel, se remarcă deceniul ***2011-2020*** când s-a înregistrat valoarea maximă de 135 „unități de arșiță", la stația meteorologică Calafat.

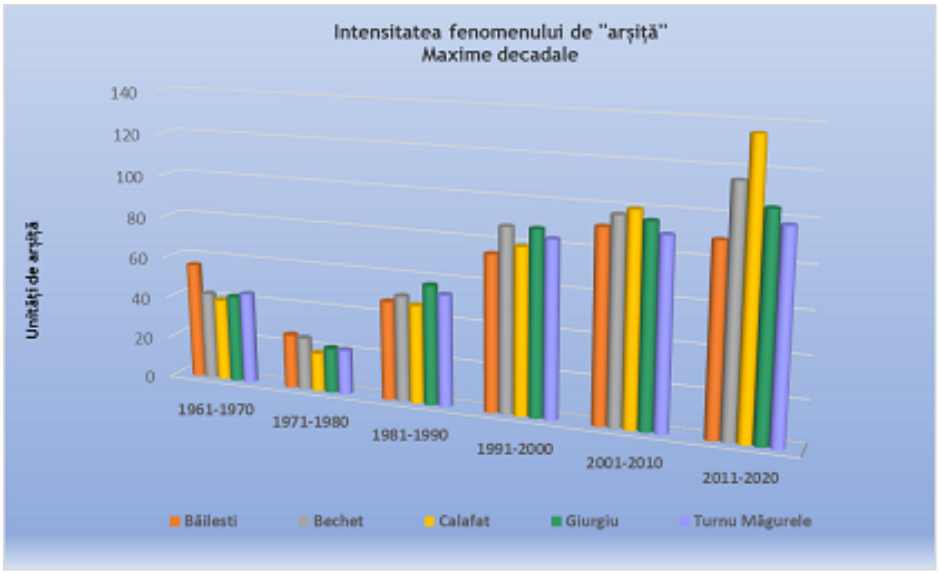


Fig. 2.3.1.33. Valorile maxime ale ale intensității arșiței, pe decenii.

Tabelul 2.3.1.5. Valorile maxime ale ale intensității arșiței, pe decenii.

Statia	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020
Băilesti	56,0	26,1	47,6	74,7	91,3	89,6
Bechet	42,2	25,2	50,9	87,8	97,1	115,5
Calafat	39,6	18,5	47,2	79,3	100,0	135,4
Giurgiu	42,0	21,7	57,4	87,9	95,5	104,8
Turnu Măgurele	44,1	21,6	53,6	83,9	90,0	98,2

Sub aspect ***decenal***, din analiza „arșiței" exprimată prin durată (număr de zile), se evidențiază că în intervalele ***1961-1970***, ***1970-1980*** și ***1981-1990***, numărul de zile cu „arșiță", în

care fenomenul s-a manifestat, a fost *redus (*1-10 zile cu „arşiţă”),*moderat* (11-20 zile cu „arşiţă”) și *ridicat* (21-25 zile cu „arşiţă”) în aproape toată țara, excepție făcând anii ***1991-2000***, ***2001-2010*** și ***2011-2020*** când s-au înregistrat valori apropiate de mediile multianuale ***1991-2020*** (Fig. 2.3.1.34).

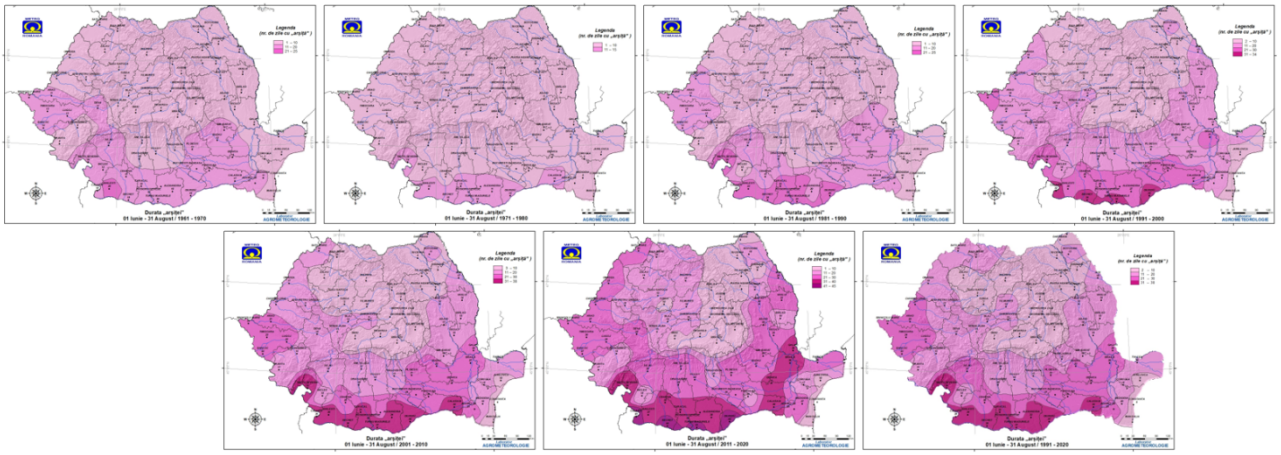


Fig. 2.3.1.34. Durata fenomenului de arşiță prezentată decenal.

În Figura 2.3.1.35 ca urmare a analizei „arşiţei” exprimată prin durată (număr de zile), pe o perioadă de ***30 de ani***, se constată că în intervalele ***1961-1990***, ***1971-2000*** și ***1981-2010***, numărul de zile cu „arşiţă”, în care fenomenul s-a manifestat, a fost *redus (*1-10 zile cu „arşiţă”), *moderat* (11-20 zile cu „arşiţă”)și *ridicat* (21-31 zile cu „arşiţă”), în majoritatea regiunilor agricole.

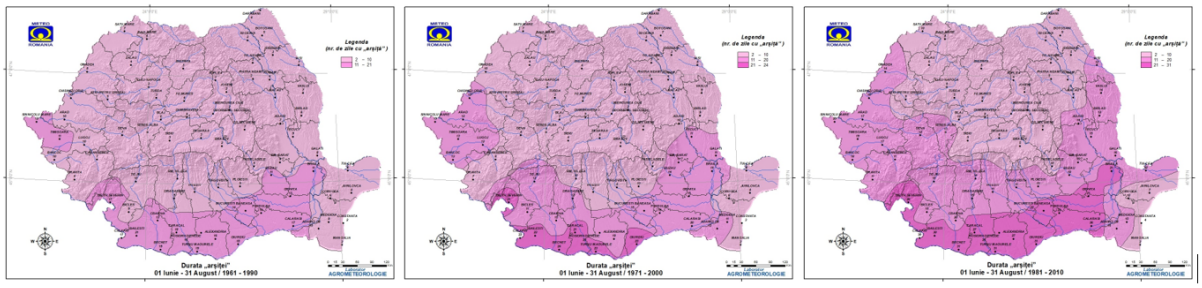


Fig. 2.3.1.35. Durata fenomenului de arşiță pe intervale de referință.

Durata fenomenului de arşiță exprimat prin număr de zile cu “arşiță” este analizat sub aspect decenal (Fig. 2.3.1.36), în raport cu perioada de referință ***1991-2020***, în regiunile Dobrogea, Muntenia, Oltenia, Moldova, Banat-Crișana și Transilvania-Maramureș. În deceniile ***1961-1970***, ***1971-1980***, ***1981-1990***, în toate regiunile s-a înregistrat un număr de zile cuprins între 10-20 de zile cu arșiță, Deceniul ***2011-2020*** s-a evidențiat printr-un număr mai mare de 30 zile cu arșiță, la nivelul întregii țări.

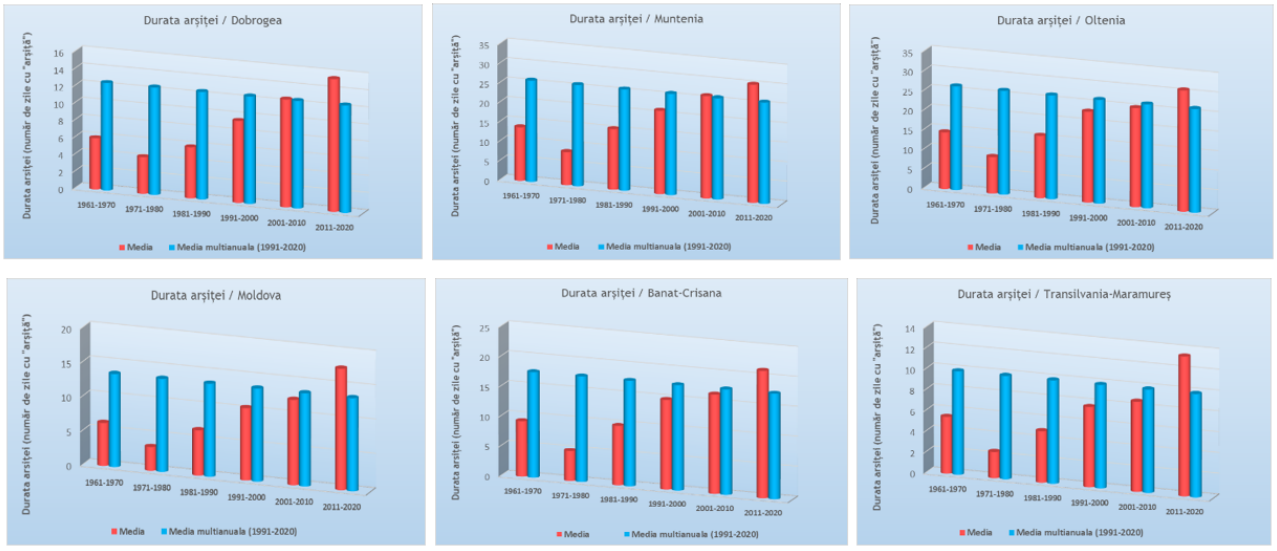


Fig. 2.3.1.36. Durata fenomenului de arșiță pe decenii, la nivelul regiunilor agricole.

În Figura 2.3.1.37 este redată durata arșiței (număr de zile cu "arșiță"), pe diferite perioade de referință (***1961-1990***, ***1971-2000***, ***1981-2010***), la nivelul fiecărei regiuni agricole. Astfel se remarcă faptul că valorile maxime s-au înregistrat regiunile Oltenia și Muntenia, iar cele minime în zona depresionară din Transilvania-Maramureș.

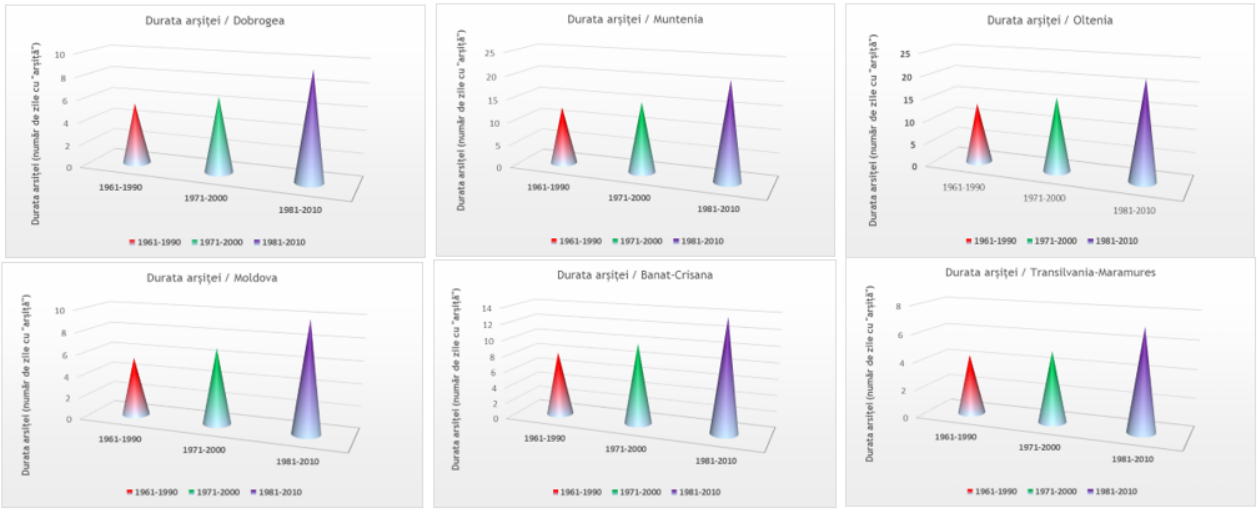


Fig. 2.3.1.37. Durata fenomenului de arșiță pe perioade de referință, la nivelul regiunilor agricole.

Distribuția procentuală a duratei arșiței (număr de zile cu "arșiță") (Fig. 2.3.1.38) este prezentată decenal pentru fiecare regiune a țării. Se observă că, în toate deceniile analizate, în regiunile Transilvania-Maramureș și Moldova s-au înregistrat valorile cele mai scăzute, în proporție de 8-10%, respectiv 10-14%. Limitele cele mai ridicate s-au semnalat în proporție de 24-28% în regiunea Oltenia și 23-26% în regiunea Muntenia.

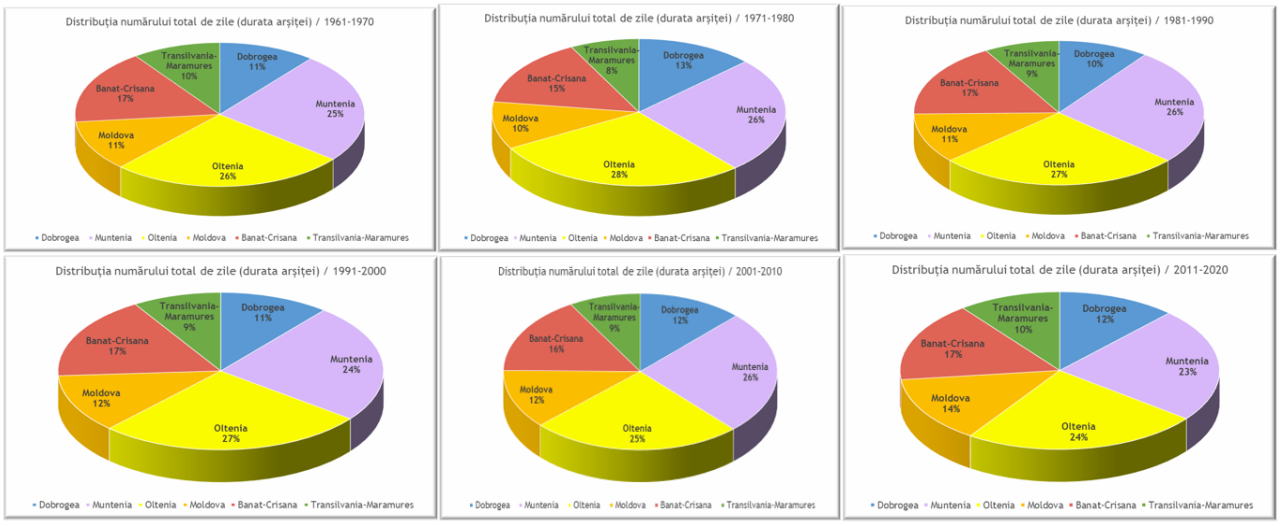


Fig. 2.3.1.38. Distribuția duratei arșiței pe decenii, la nivelul regiunilor agricole.

În Figura 2.3.1.39 și Tabelul 2.3.1.6, pentru fiecare deceniu sunt evidențiate stațiile agrometeorologice care au înregistrat valorile maxime ale duratei arșiței (număr de zile cu "arșiță"). Astfel, se remarcă deceniul ***2011-2020*** când s-au înregistrat valorile maxime de 45 de zile cu arșiță, la stația meteorologică Calafat și 44 de zile cu arșiță, la stația meteorologică Bechet.

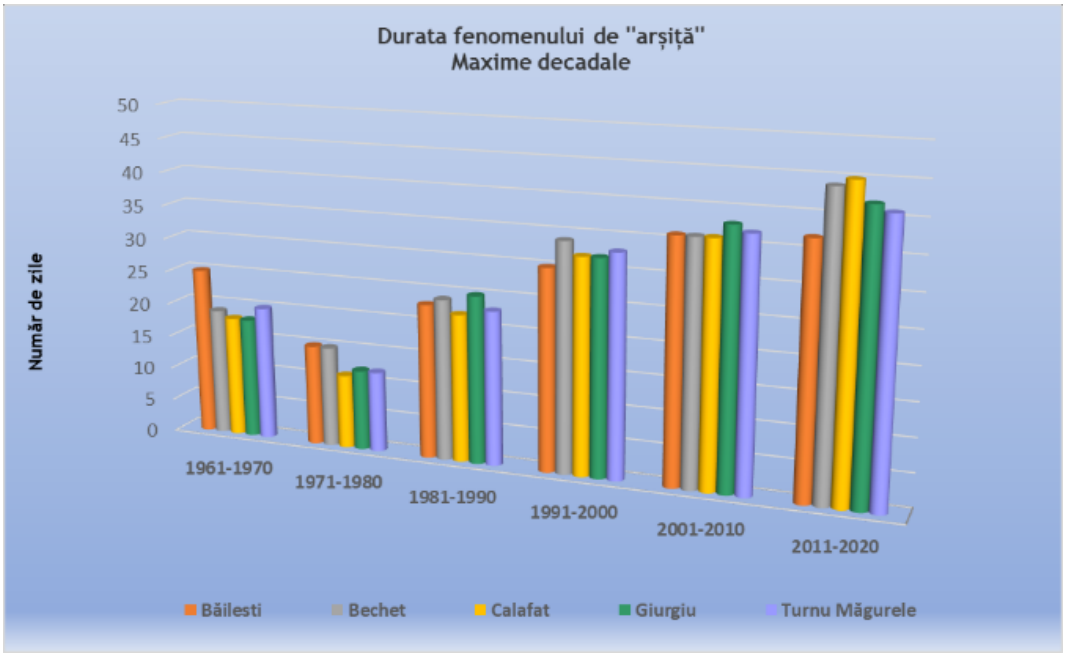


Fig. 2.3.1.39. Valorile maxime ale duratei arșiței, pe decenii.

Tabel 2.3.1.6. Valorile maxime ale duratei arșiței, pe decenii

Statia	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020
Băilesti	25	15	23	30	36	37
Bechet	19	15	24	34	36	44
Calafat	18	11	22	32	36	45
Giurgiu	18	12	25	32	38	42
Turnu Măgurele	20	12	23	33	37	41

e) Tendința evoluției cantităților de precipitații analizate pe intervale specifice din punct de vedere agricol, în corelație directă cu cerințele față de apă ale culturilor de grâu de toamnă și porumb

Regimul pluviometric analizat decenal (1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001-2010 și 2011-2020) comparativ cu perioada de referință 1991-2020

SEPTEMBRIE – OCTOMBRIE / 1961-2020

Din analiza pe intervale de câte 10 ani a cantităților de precipitații cumulate în perioada ***septembrie-octombrie*** (1961-2020), ce reprezintă perioada însămânțării culturilor de toamnă, în intervalele ***1971-1980***, ***1991-2000***, ***2001-2010*** și ***2011-2020*** s-au semnalat valori apropiate de perioada de referință ***1991-2020***, exceptând deceniile ***1961-1970*** și ***1981-1990*** când s-a înregistrat un regim pluviometric deficitar, comparativ cu mediile multianuale (Fig. 2.3.1.40).

Fig. 2.3.1.40. Perioada de semănat septembrie-octombrie reprezentată decenal.

NOIEMBRIE – MARTIE / 1961-2020

Analizând decenal regimul pluviometric din intervalul ***noiembrie-martie*** (1961-2020), ceea ce semnifică perioada de acumulare a apei în sol), remarcăm faptul că în deceniile ***1961-1970***, ***1981-1990***, ***2001-2010***, ***2011-2020*** s-au semnalat valori apropiate de normele climatologice ***1991-2020***, cu excepția intervalelor ***1971-1980***, ***1991-2000***, când cantitățile de precipitații înregistrate au fost mai scăzute(Fig. 2.3.1.41).

Fig. 2.3.1.41. Intervalul de acumulare a apei în sol, noiembrie-martie reprezentat decenal.

MAI – IUNIE / 1961-2020

Din analiza pe intervale de câte 10 de ani (1961-2020) a cantităților de precipitații cumulate în perioada ***mai-iunie***, în deceniile 1971-1980 și 2011-2020 remarcăm valori apropiate de normele climatologice 1991-2020, local mai ridicate în centrul și nordul țării. În intervalele 1961-1970, 1981-1990, 1991-2000 și 2001-2010, observăm că în estul, sudul, vestul și local centrul țării s-a înregistrat un regim pluviometric deficitar (Fig. 2.3.1.42).

Fig. 2.3.1.42. Perioada de consum maxim față de apă, mai-iunie reprezentată decenal.

IUNIE – AUGUST / 1961-2020

Analizând decenal cantitățile de precipitații cumulate în intervalul ***iunie-august*** (1961-2020), reprezentând perioada de consum maxim al plantelor față de apă, în perioadele 1971-1980 și 2001-2010 s-au înregistrat valori apropiate de normele climatologice, local mai ridicate în nordul și centrul țării. În intervalele 1961-1970, 1981-1990, 1991-2000 și 2011-2020 observăm că în vestul, sudul, sud-estul și izolat centrul țării regimul pluviometric a fost deficitar (Fig. 2.3.1.43).

Fig. 2.3.1.43. Intervalul cu cerințe maxime față de apă ale solului, iunie-august, reprezentat decenal.

SEPTEMBRIE – AUGUST / 1961-2020

Din analiza intervalului ***septembrie-august***, respectiv anul agricol, din întreaga perioadă analizată 1961-2020, comparativ cu intervalul de referință 1991-2020 se remarcă patru decenii și anume: 1961-1970, 1981-1990, 1991-2000 și 2011-2020, caracterizate printr-un regim pluviometric secetos și moderat de secetos, în majoritatea regiunilor agricole ale țării (Fig. 2.3.1.44). Atât sub aspectul reprezentării spațiale, cât și al valorilor de precipitații înregistrate la stațiile agrometeorologice, în decada 1971-1980 s-au cumulat la nivelul anului agricol septembrie-august cantități apropiate de mediile multianuale de referință 1991-2020. În deceniul 2001-2010, precipitațiile caracterizează un regim pluviometric optim, ploios și local excesiv de ploios, în majoritatea zonelor de cultură, apropiat ca valori înregistrate de cele semnalate în intervalul de referință 1991-2020, dar mult mai extins ca zonalitate la nivelul întregului teritoriu agricol.

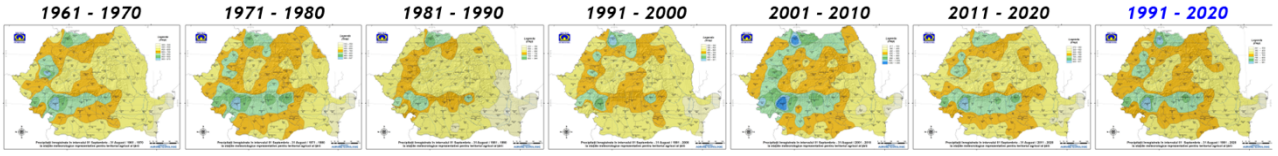


Fig. 2.3.1.44. Intervalul septembrie-august, anul agricol, reprezentat decenal.

Regimul pluviometric analizat la nivelul a 30 de ani (1961-1990, 1971-2000 și 1981-2010)

Din analiza pe intervale de câte 30 de ani (1961-2010) a regimului pluviometric din perioada ***septembrie-octombrie***, ceea ce reprezintă perioada însămânțării culturilor de toamnă, se evidențiază deceniul 1981-2010, când s-au înregistrat cantități de precipitații normale și ridicate în cea mai mare parte a țării (Fig. 2.3.1.45).

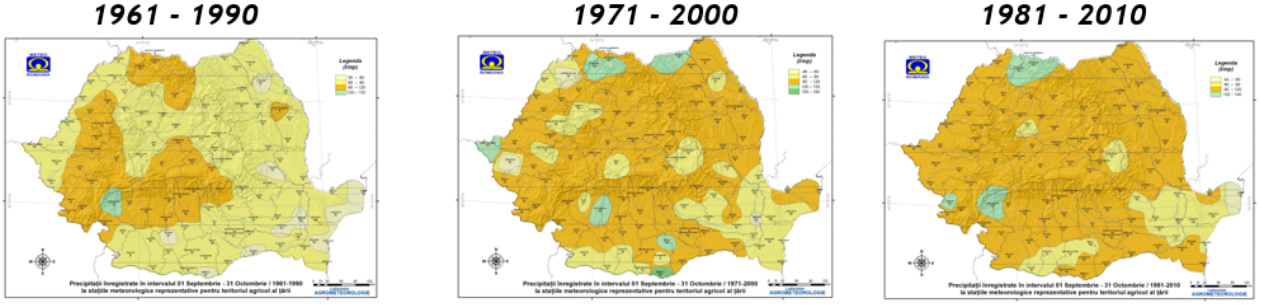


Fig. 2.3.1.45. Perioada de semănat septembrie-octombrie pe intervale de referință.

Analizând regimul pluviometric din perioada ***noiembrie-martie*** (1961-2010), pe intervale de câte 30 ani, se remarcă faptul că în toate cele trei perioade (1961-1990, 1971-2000 şi 1981-2010) s-a semnalat un regim pluviometric deficitar, în majoritatea zonelor de cultură. Cantităţi normale de precipitaţii s-au înregistrat local în sudul, vestul şi nordul ţării (Fig. 2.3.1.46).

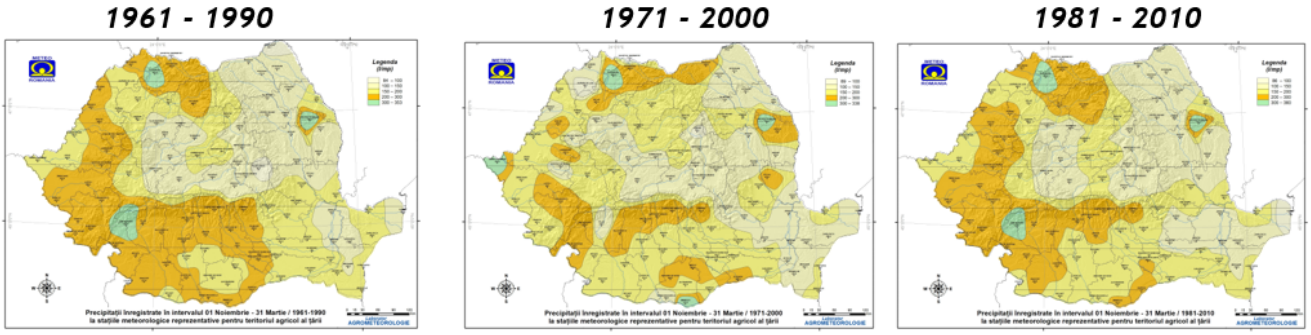


Fig. 2.3.1.46. Intervalul de acumulare a apei în sol, noiembrie-martie pe perioade de referinţă

Din analiza pe intervale de câte 30 de ani (1961-2010) a regimului pluviometric din perioada ***mai-iunie***, se evidenţiază perioada 1971-2000, când s-au înregistrat cantităţi de precipitaţii normale şi ridicate pe suprafeţe agricole extinse din Moldova, Transilvania, Maramureş, Banat, Crişana, local în nordul Olteniei şi al Dobrogei (Fig. 2.3.1.47).

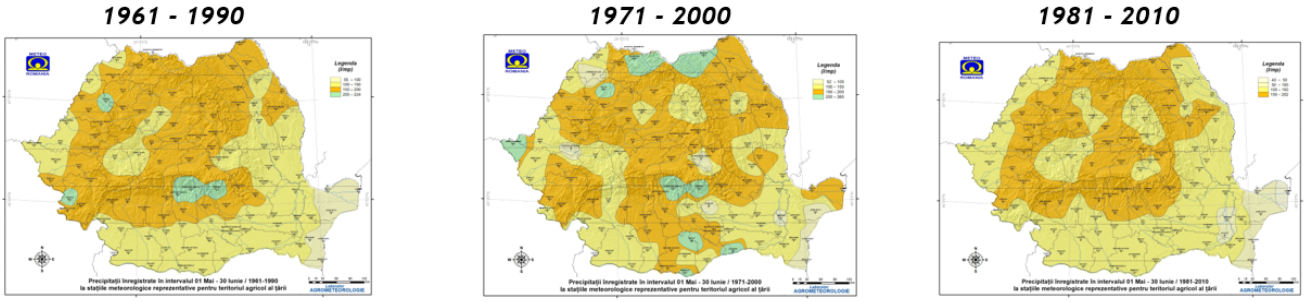


Fig. 2.3.1.47. Perioada de consum maxim faţă de apă, mai-iunie pe intervale de referinţă.

Analizând regimul pluviometric din perioada ***iunie-august*** (1961-2010), pe intervale de câte 30 ani, se remarcă faptul că în toate cele trei perioade, cantităţile de precipitaţii au fost normale şi ridicate în aproape toată ţara. Precipitaţii deficitare s-au înregistrat local în sudul, estul şi vestul ţării, în toate cele trei intervale analizate (Fig. 2.3.1.48).

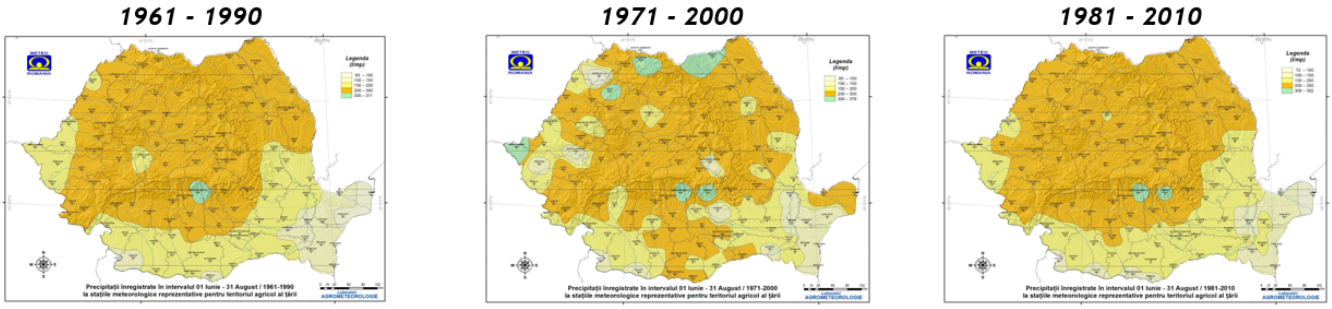


Fig. 2.2.2.48. Intervalul cu cerinţe maxime faţă de apă ale solului, iunie-august, reprezentat pe perioade de referinţă.

În perioada ***septembrie-august*** (1961-2020), din analiza pe intervale de câte 30 ani a regimului pluviometric, se evidenţiază faptul că în toate cele trei perioade (1961-1990, 1971-2000 şi

1981-2010) regimul pluviometric a fost deficitar în Dobrogea, pe suprafețe agricole extinse din Moldova, Transilvania, Muntenia și Oltenia. Cantități normale de precipitații s-au înregistrat local în vestul, nordul, sudul și centrul țării. Izolat, în nordul, vestul și sudul țării, în perioada 1971-2000, s-au înregistrat cantități de precipitații abundente și excedentare, precum și în intervalul 1981-2010, când izolat în nordul țării s-au semnalat cantități abundente (Fig. 2.3.1.49).

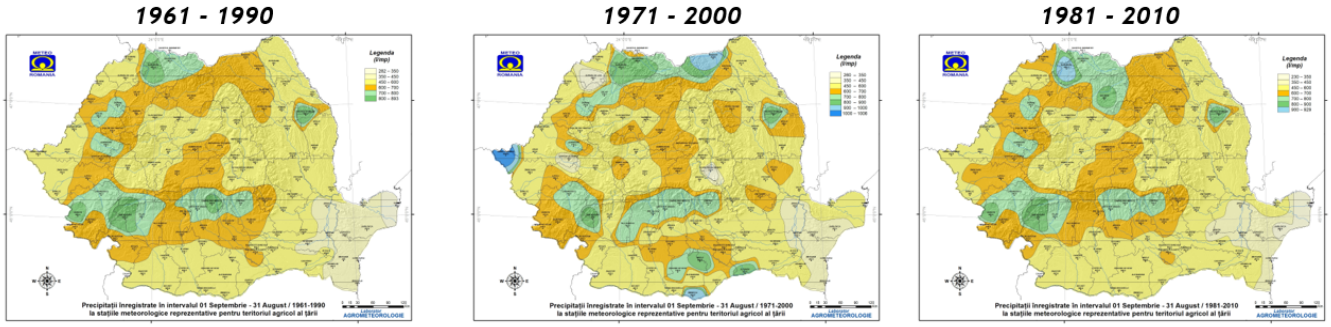


Fig. 2.3.1.49. Intervalul septembrie-august, anul agricol, reprezentat pe perioade de referință.

Din analiza decenală a cantităților medii de precipitații din intervalul ***septembrie – octombrie*** (1961-2020), reprezentând perioada însămânțării culturilor de toamnă, se constată faptul că în perioada 2001-2010 s-au semnalat cele mai ridicate valori, mai mari decât mediile multianuale 1991-2020, iar în intervalele 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2011-2020 regimul pluviometric a fost mai scăzut comparativ cu perioada de referință. În deceniile 1961-1970 și 1981-1990 observăm cele mai scăzute valori medii de precipitații (Fig. 2.3.1.50).

Sub aspectul cantităților medii de precipitații din intervalul ***noiembrie – martie*** (1961-2020), la nivelul a 10 ani, comparativ cu perioada de referință 1991-2020, se evidențiază deceniul 1961-1970 cu un regim pluviometric mai ridicat. De asemenea, și în intervalele 2001-2010 și 2011-2020, valorile medii de precipitații au fost peste mediile multianuale. Cantități reduse de precipitații s-au semnalat în deceniile 1971-1980, 1981-1990 și 1991-2000 (Fig. 2.3.1.51).

Din analiza pe decenii a cantităților medii de precipitații din intervalul ***mai – iunie*** (1961-2020), comparativ cu mediile multianuale 1991-2020, se constată faptul că în perioadele 1971-1980 și 2011-2020 precipitațiile medii au fost mai ridicate, iar în intervalele 1961-1970, 1981-1990, 1991-2000 și 2001-2010 regimul pluviometric a fost mai scăzut (Fig. 2.3.1.52).

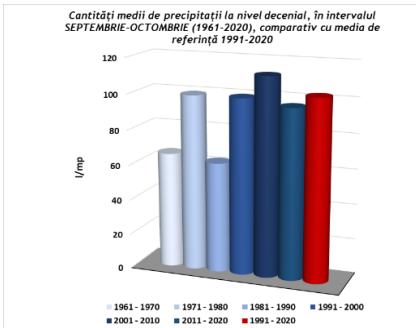


Fig. 2.3.1.50

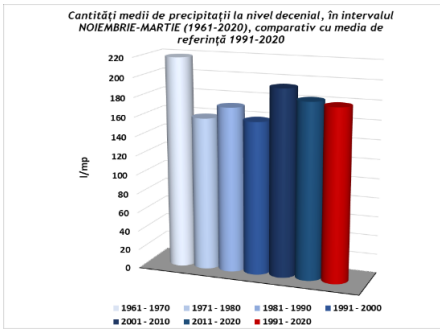


Fig. 2.3.1.51

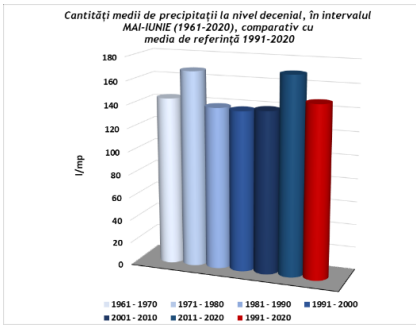


Fig. 2.3.1.52

Sub aspectul cantităților medii de precipitații din intervalul ***iunie – august*** (1961-2020), la nivelul a 10 ani, se evidențiază deceniile 1971-1980 și 2001-2010 cu un regim pluviometric mai ridicat comparativ cu perioada de referință 1991-2020. Valori mai scăzute de precipitații medii, dar apropiate de normele climatologice, s-au semnalat în intervalele 1961-1970, 1981-1990, 1991-2000 și 2011-2020 (Fig. 2.3.1.53).

Analizând decenal regimul pluviometric din intervalul ***septembrie – august*** (1961-2020), observăm faptul că în intervalele 1971-1980 și 2001-2010 valorile cantităților medii de precipitații

au depășit valorile normelor climatologice 1991-2020, iar în perioadele 1981-1990 și 1991-2000 precipitațiile au fost mai scăzute. Un regim pluviometric apropiat de perioada de referință s-a semnalat în deceniile 1961-1970 și 2011-2020 (Fig. 2.3.1.54).

Analizând cantitățile medii de precipitații din intervalul ***septembrie – octombrie*** (1961-2020), pe intervale de 30 de ani, observăm că în perioadele 1961-1990, 1971-2000, 1981-2010, regimul pluviometric a fost deficitar, comparativ cu normele climatologice 1991-2020, și faptul că în intervalul 1961-1990 s-au semnalat cele mai scăzute valori medii de precipitații (Fig. 2.3.1.55).

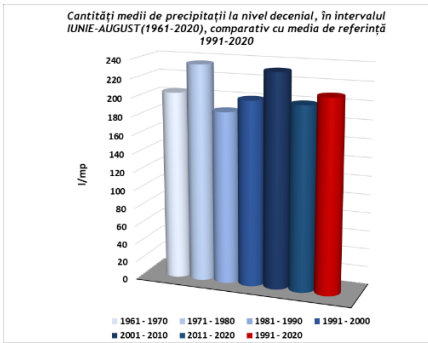


Fig. 2.3.1.53

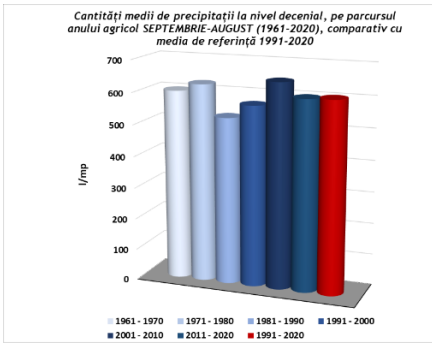


Fig. 2.3.1.54

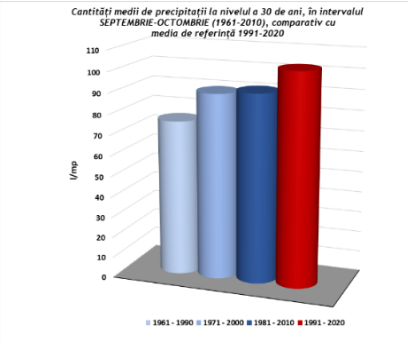


Fig. 2.3.1.55.

Din analiza pe intervale de câte 30 de ani (1961-2020) a cantităților medii de precipitații din perioada ***noiembrie-martie***, comparativ cu perioada de referință 1991-2020, se remarcă faptul că în deceniile 1971-2000 și 1981-2010 regimul pluviometric a fost mai scăzut, iar în perioada 1961-1990 s-au semnalat cantități de precipitații mai ridicate (Fig. 2.3.1.56).
Sub aspectul cantităților medii de precipitații din intervalul ***mai – iunie*** (1961-2020), la nivelul a 30 de ani, se constată faptul că în perioadele 1961-1990 și 1971-2000, precipitațiile înregistrate au fost mai ridicate comparativ cu mediile multianuale 1991-2020, iar în perioada 1981-2010 regimul pluviometric a fost mai scăzut (Fig. 2.3.1.57).

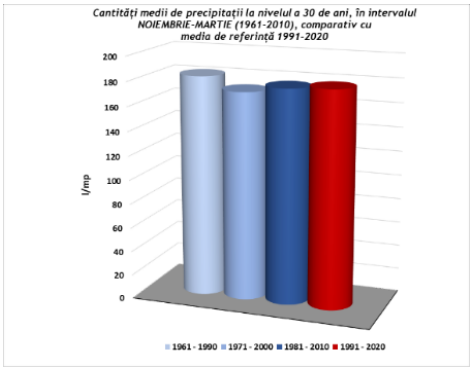


Fig. 2.3.1.56

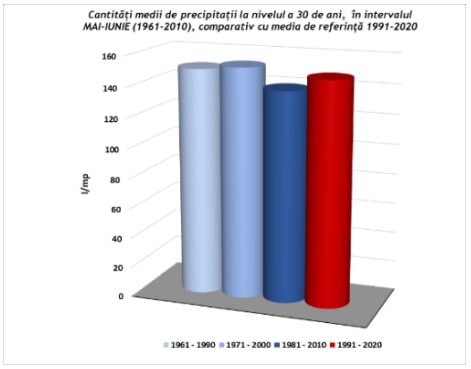


Fig. 2.3.1.57

Analizând cantitățile medii de precipitații din perioada ***iunie – august*** (1961-2020), pe intervale de 30 de ani, observăm că în toate cele trei perioade (1961-1990, 1971-2000, 1981-2010), valorile medii de precipitații au fost apropiate de normele climatologice 1991-2020 (Fig. 2.3.1.58).
Sub aspectul cantităților medii de precipitații din intervalul ***septembrie – august*** (1961-2020), la nivelul a 30 de ani, se constată faptul că în toate cele trei perioade analizate, cantitățile de precipitații au fost mai scăzute comparativ cu normele climatologice 1991-2020 (Fig. 2.3.1.58).

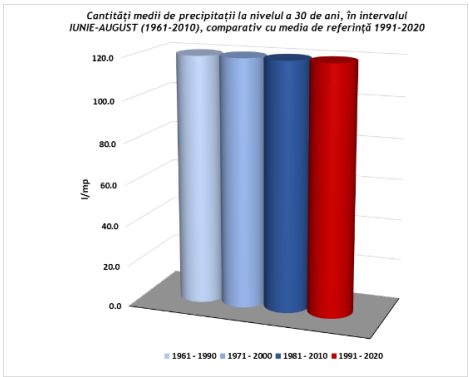


Fig. 2.3.1.58

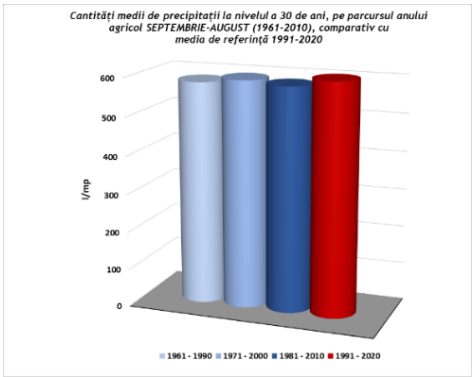


Fig. 2.3.1.59

Abateri pluviometrice în anul agricol septembrie-august din perioada 1961-2020

Sub aspectul deficitelor de precipitații lunare, în anul agricol septembrie-august din perioada analizată 1961-2020, comparativ cu mediile climatologice de referință 1991-2020, se evidențiază deceniile 1981-1990, 1991-2000, 1971-1980 și 2011-2020, când în 10 luni, 9 și respectiv 6 luni ale anului agricol, precipitațiile căzute au fost deficitare, abaterile fiind negative cuprinse între 21,7 și 0,3 l/mp. În primele trei decenii 1961-1970, 1971-1980 și 1981-1990, precipitațiile semnalate în perioada semănatului culturilor de grâu de toamnă (intervalul septembrie-octombrie) au prezentat valori deficitare. Doar în deceniile 1971-1980, 1981-1990 și 1991-2000, porumbul a beneficiat de condiții optime privind precipitațiile în perioada semănatului din luna aprilie, iar în deceniile 1961-1970, 2001-2010 și 2011-2020 s-au semnalat precipitații cu 0,3-2,7 l/mp mai mici față de precipitațiile căzute în intervalul de referință. În perioada când plantele de grâu se află în fazele fenologice în care au un consum maxim față de apă, respectiv intervalul mai-iunie, începând cu anul 1991 și până în deceniul 2001-2010, s-au înregistrat cantități reduse de precipitații, mai mici cu 2,2 și 6,9 l/mp comparativ cu mediile multianuale de referință 1991-2020. Pentru cultura de porumb, lunile de consum maxim față de apă al plantelor sunt iulie și august, când predomină fazele fenologice în care se formează și acumulează substanța uscată în bob. Din acest punct de vedere, în lunile iulie din deceniile 1961-1970, 1981-1990, 1991-2000 și 2011-2020, și august din deceniile 1981-1990, 1991-2000 și 2011-2020, s-au cumulat cantități deficitare de precipitații, situate cu 1,6-16,9 l/mp sub valorile multianuale de referință (1991-2020) (Fig. 2.3.1.28 și Tabelul 2.3.1.7).

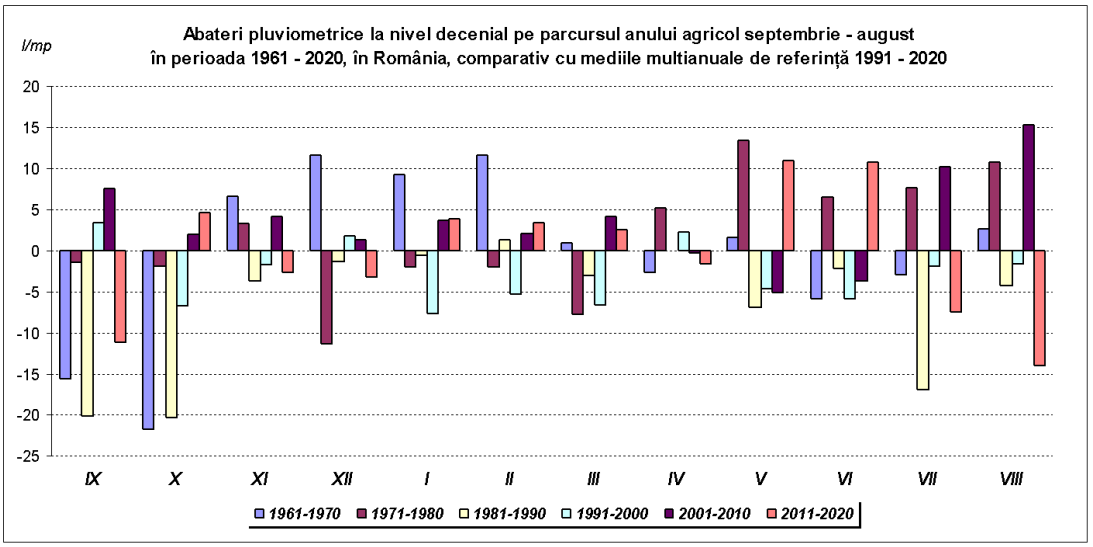


Fig. 2.3.1.60. Abateri pluviometrice în anul agricol septembrie-august din perioada 1961-2020.

Tabelul 2.3.1.7. Abateri pluviometrice în anul agricol septembrie-august din perioada 1961-2020.

Interval	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1961-1970	-15,5	-21,7	6,6	11,6	9,3	11,6	0,9	-2,7	1,7	-5,8	-2,9	2,7
1971-1980	-1,5	-1,9	3,2	-11,3	-2,0	-2,0	-7,9	5,2	13,4	6,4	7,7	10,8
1981-1990	-20,2	-20,3	-3,6	-1,3	-0,6	1,3	-3,1	0,1	-6,9	-2,2	-16,9	-4,2
1991-2000	3,4	-6,7	-1,8	1,7	-7,6	-5,4	-6,6	2,2	-4,8	-5,8	-1,9	-1,6
2001-2010	7,6	1,9	4,1	1,3	3,7	2,1	4,2	-0,3	-5,2	-3,7	10,1	15,4
2011-2020	-11,2	4,6	-2,6	-3,3	3,9	3,4	2,4	-1,6	10,9	10,8	-7,4	-13,9

Analiza abaterilor pluviometrice din perioada 1961-2020, pe intervale de câte 30 de ani, evidențiază faptul că, lunile septembrie și octombrie, respectiv începutul anului agricol septembrie-august când se pregătesc terenurile agricole și se seamănă culturile de grâu de toamnă, prezintă valori deficitare, în toate cele trei perioade analizate, diferențele cele mai evidente fiind în intervalul 1961-1990. Perioada 1981-2010 se remarcă prin cele mai multe luni deficitare (9) cu abateri pluviometrice negative. Șapte luni din primii 30 de ani din întreaga perioadă analizată sunt caracterizați prin abateri pluviometrice pozitive cuprinse între 1,1 și 3,0 l/mp. În toate cele trei perioade de 30 de ani analizate, abaterile pluviometrice au fost negative, cuprinse între 10,6 și 22,1 l/mp, intervalul 1961-1990 fiind cel mai secetos din acest punct de vedere (Fig. 2.3.1.61 și Tabel 2.3.1.8).

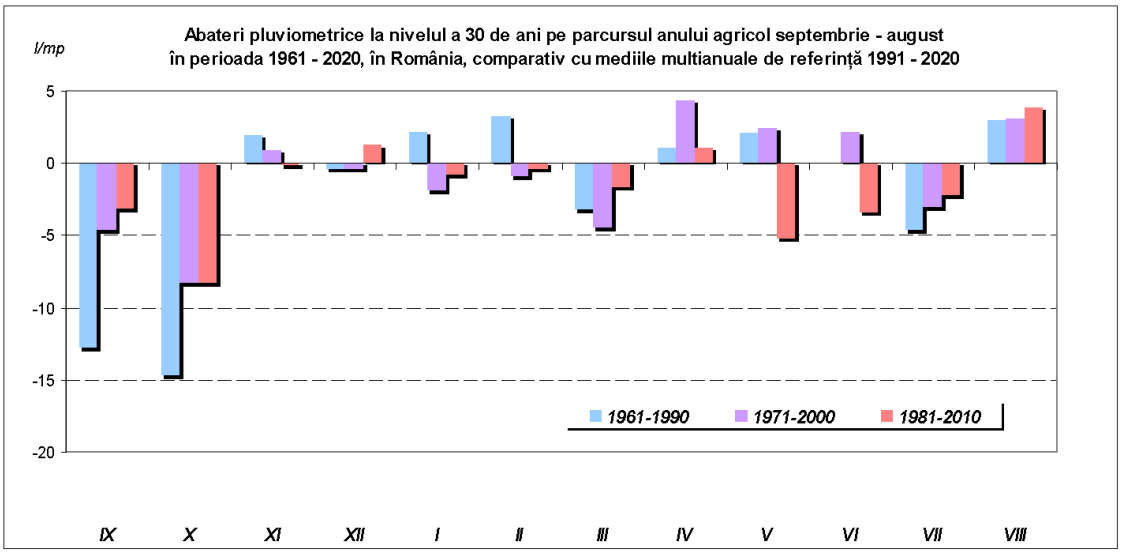


Fig. 2.3.1.61. Analiza abaterilor pluviometrice din perioada 1961-2020, pe intervale de câte 30 de ani.

Tabelul 2.3.1.8 Analiza abaterilor pluviometrice din perioada 1961-2020, pe intervale de câte 30 de ani.

Interval	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1961-1990	-12,8	-14,7	1,9	-0,4	2,2	3,2	-3,2	1,1	2,1	0,0	-4,6	3,0
1971-2000	-4,6	-8,3	1,0	-0,4	-1,9	-0,9	-4,4	4,3	2,4	2,1	-3,0	3,1
1981-2010	-3,1	-8,3	-0,1	1,3	-0,9	-0,4	-1,6	1,1	-5,2	-3,4	-2,2	3,8

Sub aspect decenal, din analiza pe regiuni agricole a abaterilor pluviometrice, în intervalul septembrie-august din perioada 1961-2020, comparativ cu normele climatologice 1991-2020, se evidențiază perioadele 1981-1990 și 1991-2000 când în toate regiunile țării, precipitațiile medii semnalate au fost deficitare, abaterile negative fiind cuprinse între 98,2 l/mp și 12,1 l/mp. Cantități de precipitații medii cu abateri negative se observă și în perioadele 1961-1970 (Dobrogea, Moldova și Transilvania-Maramureș), 1971-1980 (Dobrogea), precum și deceniul 2011-2020 (Moldova, Banat-Crișana și Transilvania-Maramureș). De asemenea, abateri pluviometrice pozitive se remarcă în toate cele șase regiuni ale țării din perioada 2001-2010, cinci regiuni din 1971-1980 (Muntenia, Oltenia, Moldova, Banat-Crișana și Transilvania-Maramureș), în regiunile Muntenia, Oltenia și

Banat-Crișana din intervalul 1961-1970 și două regiuni ale țării din perioada 2011-2020 (Muntenia și Oltenia). Abaterile pozitive sunt cuprinse între 1,1 și 62,7 l/mp (Fig. 2.3.1.62 și Tabelul 2.3.1.9).

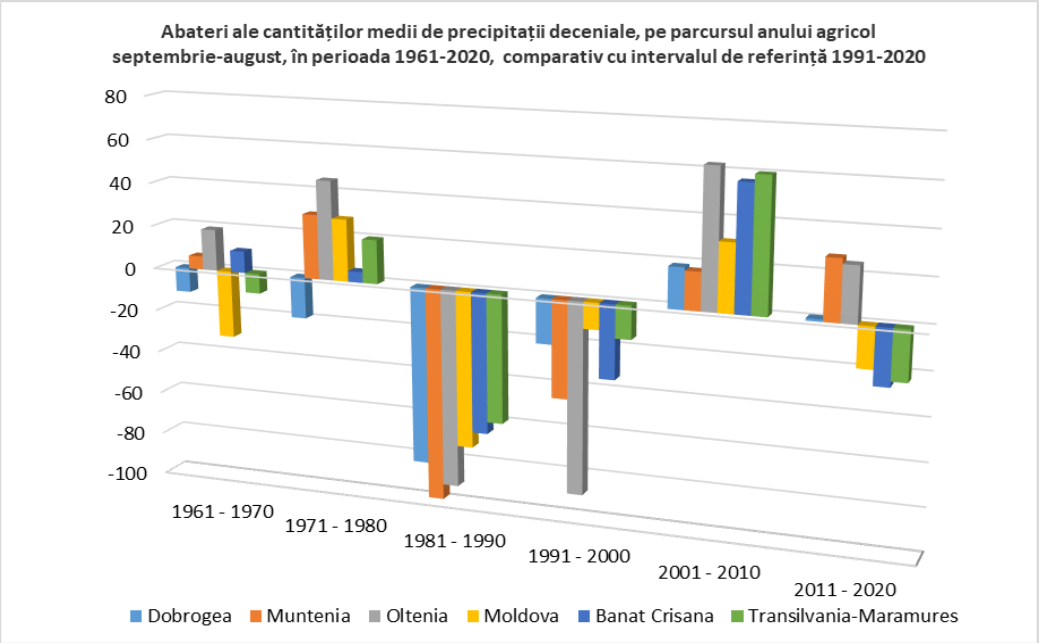


Fig. 2.3.1.62. Abaterile pluviometrice, în intervalul septembrie-august din perioada 1961-2020, comparativ cu normele climatologice 1991-2020.

Tabelul 2.3.1.9. Abaterile pluviometrice, în intervalul septembrie-august din perioada 1961-2020, comparativ cu normele climatologice 1991-2020.

Regiunea	1961 - 1970	1971 - 1980	1981 - 1990	1991 - 2000	2001 - 2010	2011 - 2020
Dobrogea	-11,2	-18,9	-81,6	-20,6	18,6	1,1
Muntenia	6,1	29,5	-98,2	-44,8	17,2	27,6
Oltenia	19,0	45,4	-91,1	-88,4	62,7	25,1
Moldova	-31,0	28,4	-72,0	-12,1	30,8	-18,5
Banat Crisana	9,9	4,9	-64,8	-33,9	56,6	-25,5
Transilvania-Maramures	-9,1	20,0	-59,3	-15,2	60,1	-22,8

Analiza abaterilor pluviometrice din perioada 1961-2020 la nivel regional și pe intervale de câte 30 de ani evidențiază faptul că au predominat abaterile negative cu privire la cantitățile de precipitații medii (Fig. 2.3.1.63 și Tabelul 2.3.1.10). Astfel, abateri negative se remarcă în toate regiunile din perioada 1961-1990, în Oltenia, Banat-Crișana și Transilvania-Maramureș din intervalul 1971-2000 și Dobrogea, Muntenia, Oltenia, Banat-Crișana și Transilvania-Maramureș din perioada 1981-2010, cu valori negative cuprinse între 52,5 și 1,3 l/mp. Observăm abaterile pluviometrice pozitive doar în regiunile Dobrogea, Muntenia și Moldova din perioada 1971-2000 și în Moldova în intervalul 1981-2010. Valorile pozitive ale abaterilor pluviometrice sunt cuprinse între 2,0 și 37,2 l/mp.

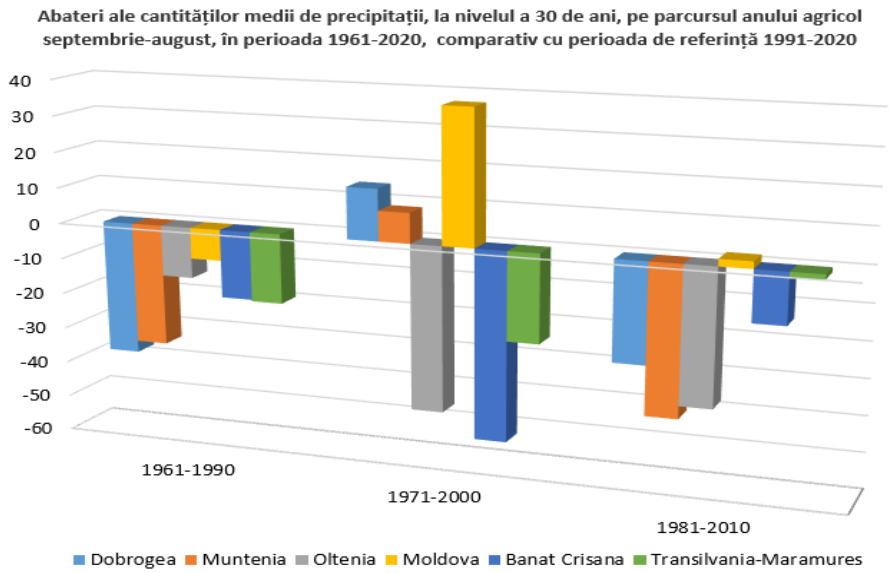


Fig. 2.3.1.63. Analiza abaterilor pluviometrice din perioada 1961-2020 la nivel regional, pe 30 de ani.

Tabelul 2.3.1.10. Analiza abaterilor pluviometrice din perioada 1961-2020 la nivel regional, pe 30 de ani.

Regiunea	1961-1990	1971-2000	1981-2010
Dobrogea	-37,1	14,2	-27,6
Muntenia	-33,9	8,3	-41,3
Oltenia	-14,2	-45,9	-37,7
Moldova	-8,7	37,2	2,0
Banat Crisana	-19,0	-52,5	-14,0
Transilvania-Maramures	-19,4	-24,5	-1,3

f) Tendința evoluției rezervelor de umiditate în perioada efectuării lucrărilor de semănat și pe parcursul perioadei active de vegetație la culturile de grâu de toamnă

În luna ***septembrie*** din perioada 1970-2020 (Fig. 2.3.1.64), sub aspect ***decenal***, se remarcă cele mai secetoase intervale 1981-1990, 2011-2020, 1970-1980 și 1991-2000, comparativ cu intervalul de referință 1991-2020, când fenomenul de secetă pedologică se semnalează în aproape toate regiunile agricole ale țării, deceniul 1981-1990 fiind extrem de secetos pe întreg teritoriul agricol. În stratul de sol 0-20 cm (ogor/grâu de toamnă), perioada 2001-2010 prezintă valori ale rezervei de umiditate apropiate de mediile multianuale de referință 1991-2020, în majoritatea regiunilor agricole, cu valori apropiate de optim și izolat optime pe suprafețe extinse din Crișana, Maramureș, Banat, Transilvania și jumătatea de nord a Moldovei și valori scăzute (secetă pedologică moderată) la nivelul Dobrogei.

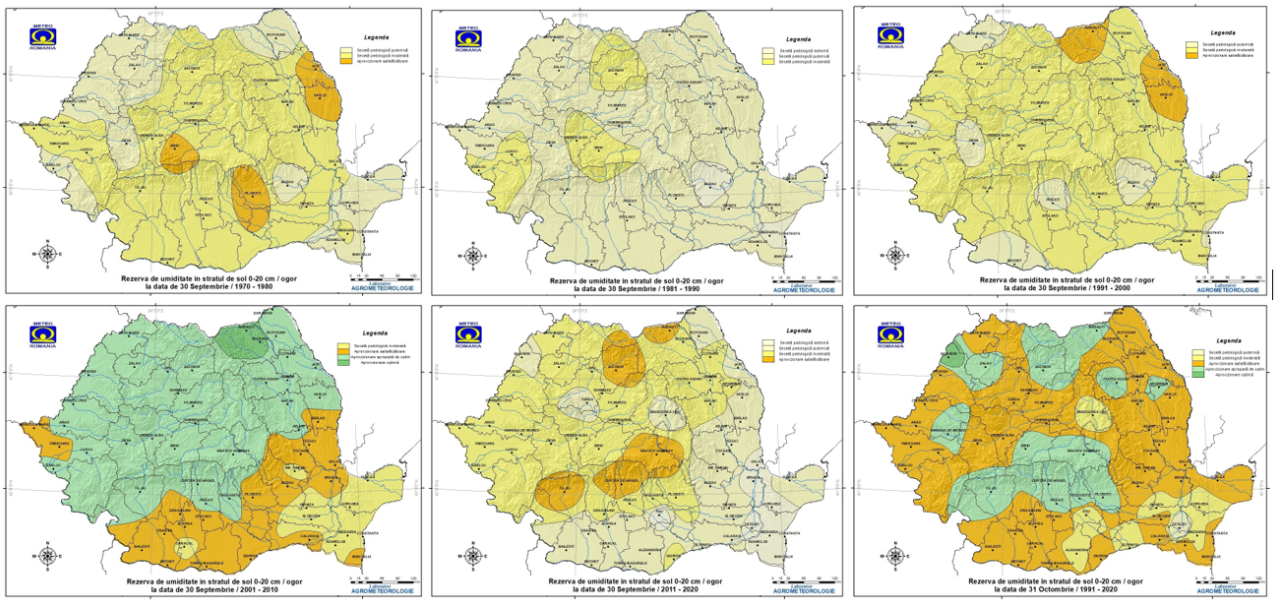


Fig. 2.3.1.64. Rezerva de umiditate în stratul de sol 0-20 cm la data de 30 Septembrie pe decenii.

Analiza zonalității spațiale a rezervei de umiditate în stratul de sol 0-20 cm/grâu de toamnă, pe ***30 de ani*** arată faptul că față de intervalul de referință 1991-2020, seceta pedologică cu diferite grade de intensitate, respectiv moderată, puternică și extremă, s-a manifestat în perioada 1970-1990 la nivelul întregii țări. Intervalul 1981-2010 prezintă valori medii ale rezervei de umiditate scăzute și local deosebit de scăzute pe suprafețe extinse din sud-estul, sudul și vestul teritoriului (Fig. 2.3.1.65).

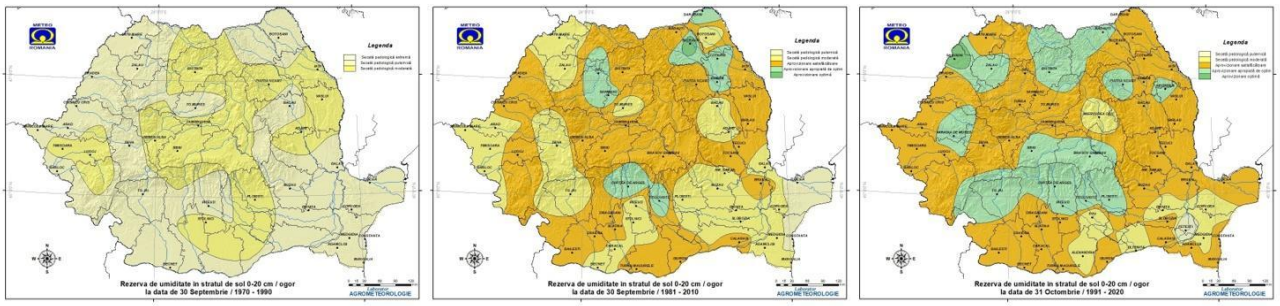


Fig. 2.3.1.65. Rezerva de umiditate în stratul de sol 0-20 cm la data de 30 Septembriepe intervale de referință.

Analiza ***decenală*** a rezervei de umiditate în stratul de sol 0-20 cm/grâu de toamnă în luna ***octombrie***, evidențiază deceniul 2011-2020 mai secetos față de intervalul de referință 1991-2020, în special în sud-estul, sudul și local în estul și nordul țării. În deceniul 2001-2010, zonarea spațială a rezervei de umiditate din sol prezintă limite satisfăcătoare, apropiate de optim și izolat optime, în toate regiunile agricole ale țării (Fig. 2.3.1.66).

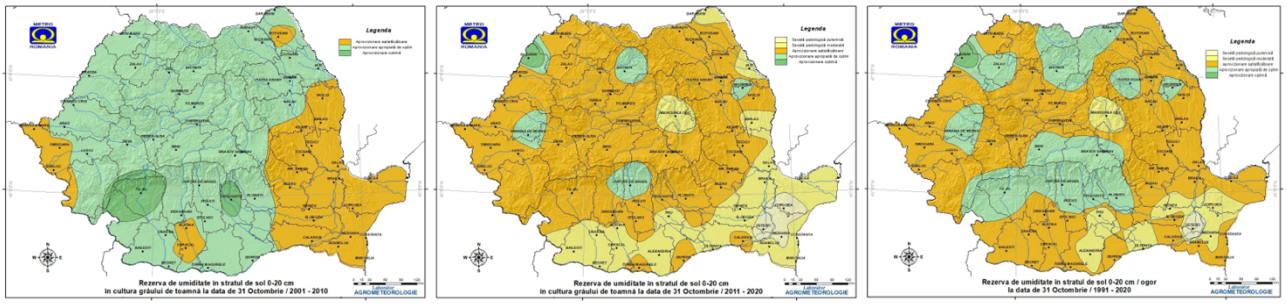


Fig. 2.3.1.66. Rezerva de umiditate în stratul de sol 0-20 cm, în cultura grâului de toamnă,la data de 31 octombrie, pe decenii.

Comparativ cu perioada de referință 1991-2020, cei ***30 de ani*** din perioada 1981-2010, redau o aprovizionare cu apă în stratul de sol 0-20 cm (ogor/grâu de toamnă) satisfăcătoare, apropiată de optim și izolat optimă, în majoritatea regiunilor agricole (Fig. 2.3.1.67).

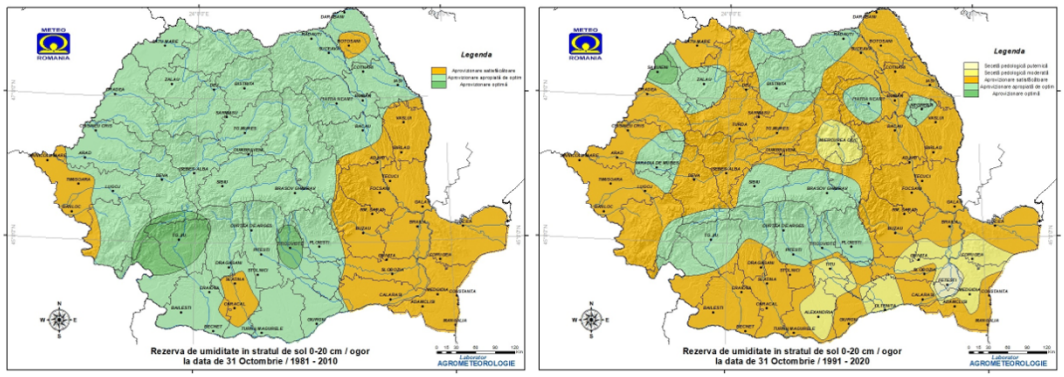


Fig. 2.2.2.67. Rezerva de umiditate în stratul de sol 0-20 cm, în cultura grâului de toamnă, la data de 31 octombrie, pe perioade de referință.

Rezervele medii de umiditate din luna ***aprilie*** (Fig. 2.3.1.68), accesibile plantelor de grâu de toamnă pe adâncimea de sol 0-100 cm, analizate din punct de vedere ***decenal*** comparativ cu intervalul de referință 1991-2020, evidențiază intervalul 2011-2020 când valorile de umiditate a solului s-au situat în limite scăzute (secetă pedologică moderată) și izolat deosebit de scăzute (secetă pedologică puternică și extremă, îndeosebi în estul, sud-estul și local sudul și vestul țării. Deceniul 2001-2010 este caracterizat de valori medii ale aprovizionării cu apă a solului satisfăcătoare, apropiate de optim și izolat optime, la nivelul întregului teritoriu agricol.

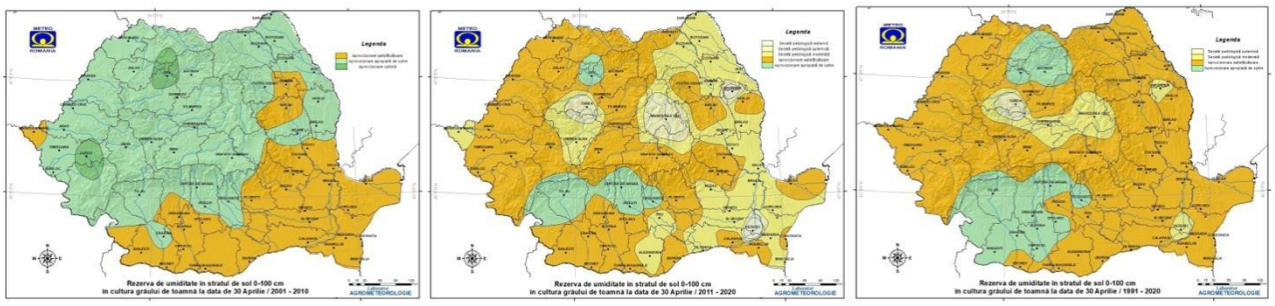


Fig. 2.3.1.68. Rezerva de umiditate în stratul de sol 0-100 cm, în cultura grâului de toamnă, la data de 30 aprilie, pe decenii.

În perioada 1981-2010, față de mediile multianuale de referință 1991-2020, rezervele de apă din sol se încadrează în limite satisfăcătoare până la apropiate de optim și optime, în toate zonele de

cultură, fiind mult îmbunătățite îndeosebi în Transilvania, Banat, Maramureș și jumătatea de nord a Moldovei (Fig. 2.3.1.69).

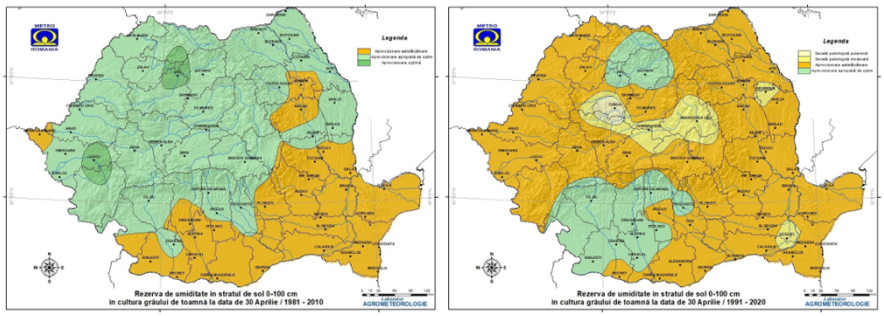


Fig. 2.3.1.69. Rezerva de umiditate în stratul de sol 0-100 cm, în cultura grâului de toamnă, la data de 30 aprilie, pe perioade de referință.

Analiza decenală a rezervelor de apă pe adâncimea de sol 0-100 cm (grâu de toamnă), în luna ***mai*** din perioada 1970-2020 (Fig. 2.3.1.70), reliefează primele trei decenii 1970-1980, 1981-1990 și 1991-2000 ca fiind cele mai secetoase sub aspectul valorilor medii ale conținutului de umiditate din sol, fenomenul de secetă pedologică (moderată, puternică și extremă) comparativ cu intervalul de referință 1991-2020, pe majoritatea suprafețelor agricole ale țării. Se remarcă intervalul 1991-2000, în care seceta pedologică moderată, puternică și extremă se semnalează în aproape toată țara. La nivelul deceniilor 2001-2010 și 2011-2020, aprovizionarea cu apă a solului se situează în limite satisfăcătoare și izolat apropiate de optim, în cea mai mare parte a teritoriului, limite apropiate de mediile multianuale de referință 1991-2020, seceta pedologică moderată, puternică și extremă semnalându-se pe suprafețe agricole extinse din Moldova, la nivelul deceniului 2011-2020.

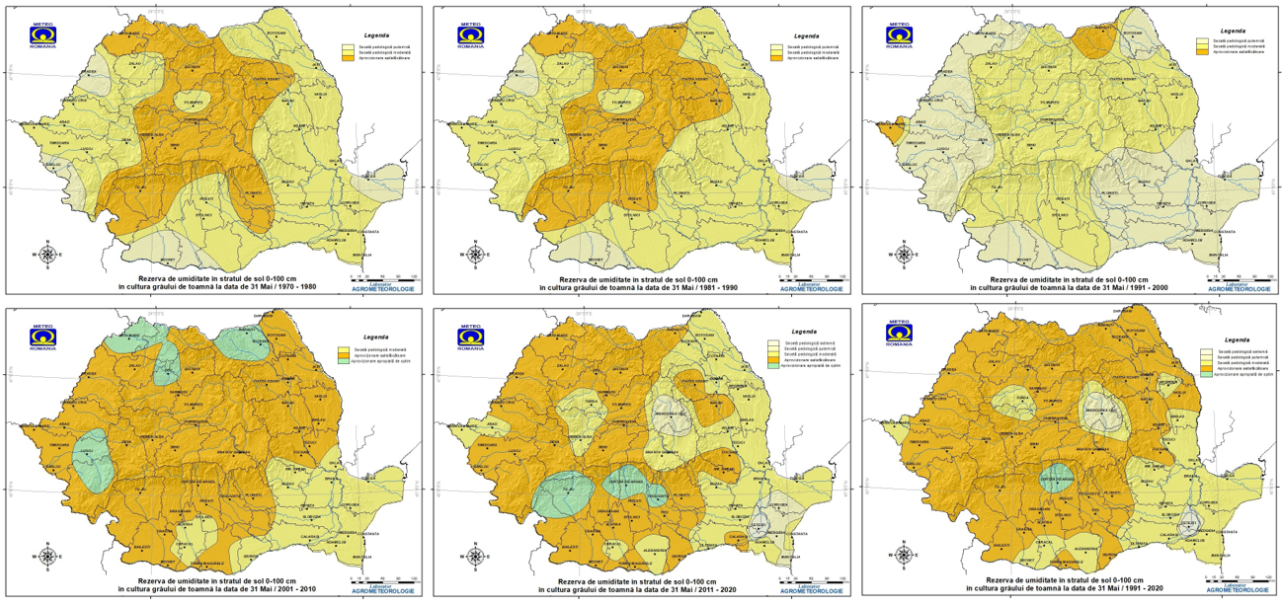


Fig. 2.3.1.70. Rezerva de umiditate în stratul de sol 0-100 cm, în cultura grâului de toamnă, la data de 31 mai, pe decenii.

Comparativ cu perioada de referință 1991-2020, analiza pe intervale de câte 30 de ani a rezervelor de umiditate pe profilul de sol 0-100 cm în cultura grâului de toamnă la nivelul lunii martie evidențiază perioada 1970-1990 când fenomenul de secetă pedologică moderată și puternică se semnalează în majoritatea regiunilor agricole ale țării. În perioada 1981-2010, aprovizionarea cu apă a solului prezintă valori satisfăcătoare, izolat apropiate de optime, în majoritatea zonelor de

cultură, și deficitare (secetă pedologică moderată) în sud-estul, local sudul și izolat în vestul țării, fiind apropiate de mediile multianuale (1991-2020) de referință (Fig. 2.3.1.71).

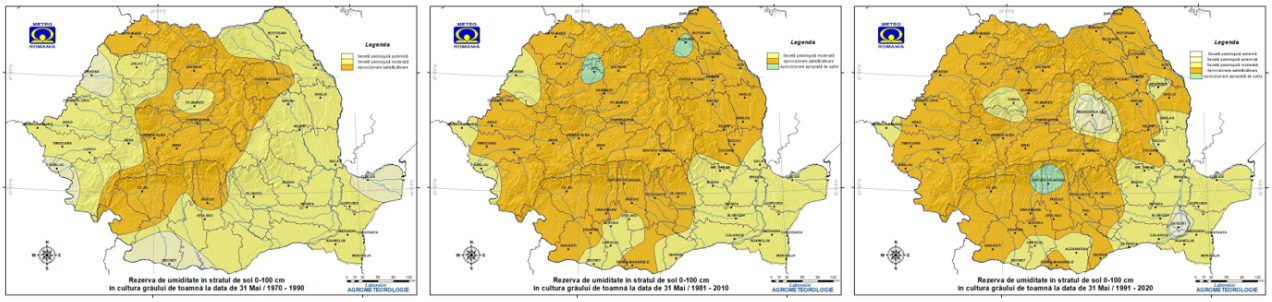


Fig. 2.3.1.71. Rezerva de umiditate în stratul de sol 0-100 cm, în cultura grâului de toamnă, la data de 31 mai, pe perioade de referință.

În luna ***iunie***, analiza rezervelor de umiditate pe profilul de sol 0-100 cm în cultura grâului de toamnă, sub aspect decenal la nivelul perioadei 1970-2020 (Fig. 2.3.1.72), evidențiază intervalele cele mai secetoase, respectiv deceniile 1970-1980, 1981-1990 și 1991-2000, când aprovizionarea cu apă a solului prezintă valori scăzute și deosebit de scăzute, seceta pedologică fiind moderată și puternică, în aproape toată țara, comparativ cu intervalul de referință 1991-2020. În deceniul 2011-2020, gradul de aprovizionare cu apă accesibilă plantelor de grâu de toamnă se încadra în limite satisfăcătoare și local apropiate de optim, în majoritatea zonelor de cultură, fiind apropiate de mediile multianuale (1991-2020) de referință. Aprovizionarea cu apă a solului în intervalul 2001-2010 se situa în limite satisfăcătoare pe majoritatea suprafețelor agricole, iar în Dobrogea, cea mai mare parte a Munteniei, jumătatea de sud a Olteniei, sudul și local estul Moldovei, se înregistrau deficite de umiditate în sol (secetă pedologică moderată și puternică).

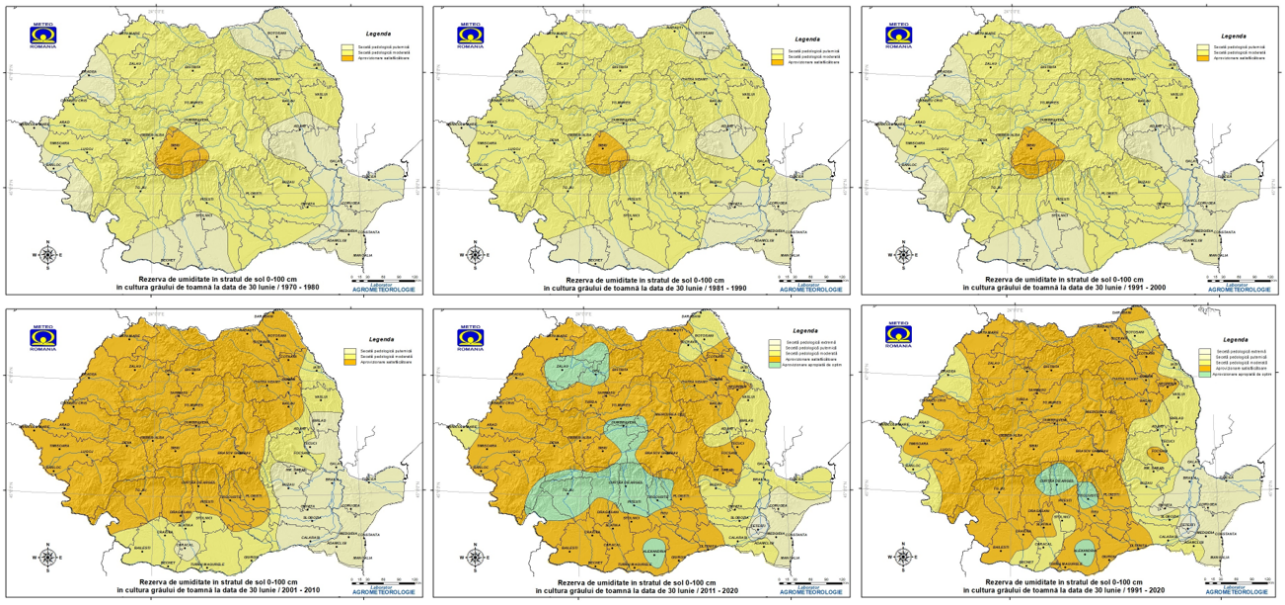


Fig. 2.3.172. Rezerva de umiditate în stratul de sol 0-100 cm, în cultura grâului de toamnă, la data de 30 iunie, pe decenii.

Comparativ cu perioada de referință 1991-2020, analiza zonalității spațiale pe intervale de câte 30 de ani a rezervei de apă pe adâncimea de sol 0-100 cm în cultura grâului de toamnă în luna iunie (Fig. 2.3.1.73) redă perioada 1970-1990 ca fiind cea mai secetoasă, fenomenul de secetă pedologică moderată și puternică semnalându-se în aproape toată țara. La nivelul perioadei 1981-2010 se înregistrau deficite de apă în sol (secetă pedologică moderată și local puternică), pe majoritatea

suprafețelor agricole ale țării, iar în nordul, centrul și local sudul teritoriului, rezerva de umiditate din sol era satisfăcătoare, prezentând valori apropiate de valorile multianuale de referință 1991-2020.

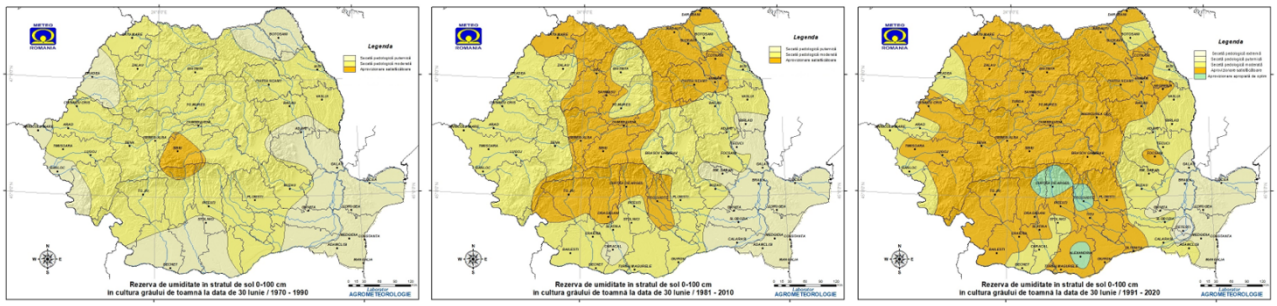


Fig. 2.3.1.73. Rezerva de umiditate în stratul de sol 0-100 cm, în cultura grâului de toamnă, la data de 31 mai, pe perioade de referință.

g) Tendința evoluției rezervelor de umiditate în perioada efectuării lucrărilor de semănat și pe parcursul perioadei active de vegetație la cultura de porumb neirigat

În luna ***aprilie*** din întreaga perioadă analizată 1970-2020 (Fig. 2.3.1.74), când se seamănă cultura de porumb, rezervele medii de umiditate în stratul de sol 0-20 cm din *deceniul* 2011-2020 se încadrează în limite satisfăcătoare și apropiate de optim, în majoritatea regiunilor agricole, și local scăzute (secetă pedologică moderată) și izolat deosebit de scăzute (secetă pedologică puternică și extremă) în sud-estul, local centrul, estul și vestul țării, valori apropiate de mediile de referință din intervalul 1991-2020. La nivelul deceniilor 1970-1980, 1981-1990, 1991-2000 și 2001-2010 remarcăm valori satisfăcătoare până la apropiate de optim și optime ale aprovizionării cu apă a solului, pe întreg teritoriul.

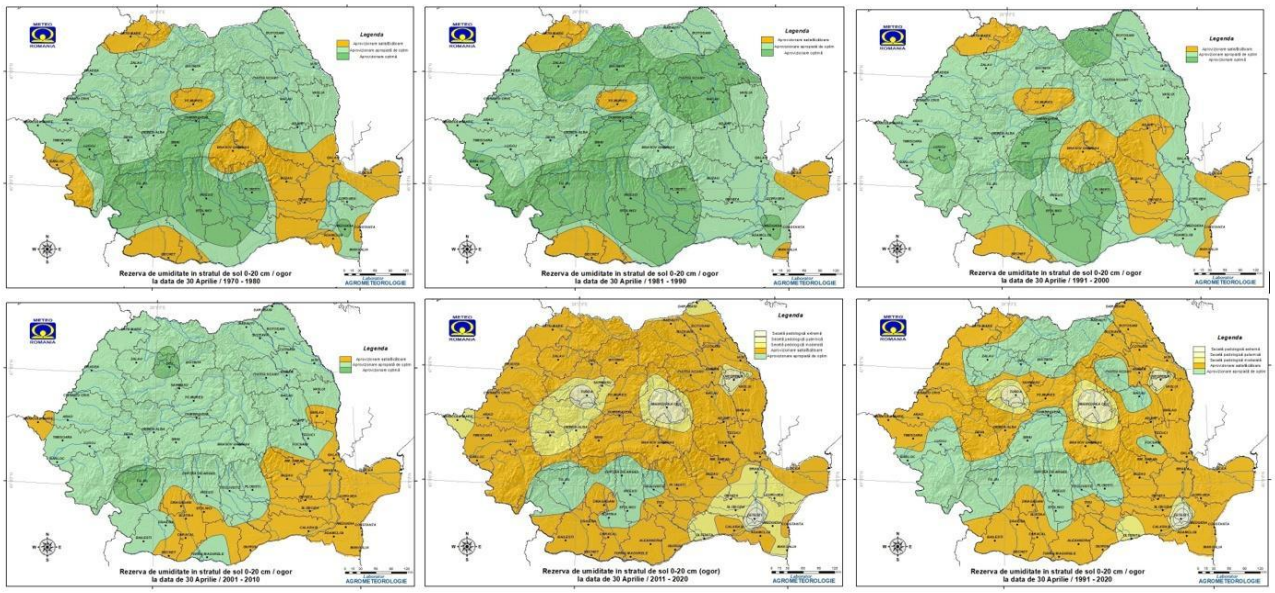


Fig. 2.3.1.74. Rezerva de umiditate în stratul de sol 0-20 cm, la data de 30 aprilie, pe decenii.

Față de perioada de referință 1991-2020, analiza pe intervale de câte 30 de ani a rezervelor de umiditate în stratul de sol 0-20 cm în cultura de porumb, în luna aprilie, evidențiază faptul că, atât în perioada 1970-1990 cât și la nivelul intervalului 1981-2010, aprovizionarea cu apă a solului

prezintă valori satisfăcătoare, apropiate de optim şi optime, în toată ţara, limite mult îmbunătăţite comparativ cu perioada 1991-2020, îndeosebi în centrul, estul şi vestul teritoriului agricol (Fig. 2.3.1.75).

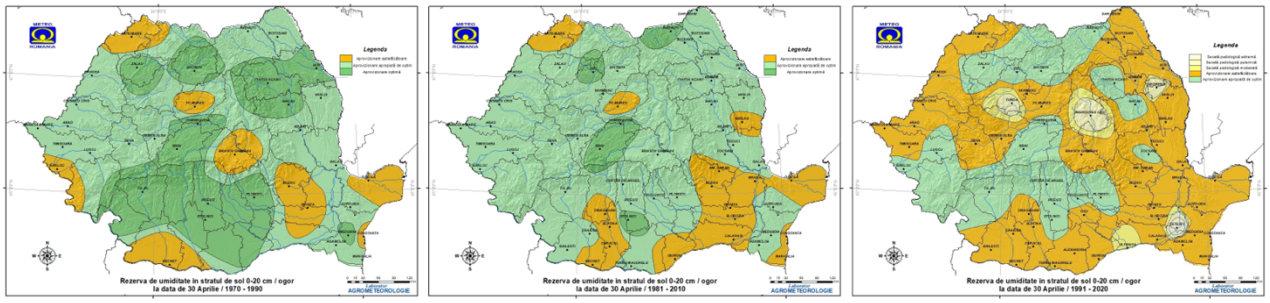


Fig. 2.3.1.75. Rezerva de umiditate în stratul de sol 0-20 cm, la data de 30 aprilie, pe perioade de referinţă.

Analiza decenală a rezervelor de umiditate pe profilul de sol 0-50 cm în cultura de porumb, la nivelul lunii ***mai*** din perioada 1970-2020 (Fig. 2.3.1.76), evidenţiază deceniile 1970-1980, 1981-1990 şi 1991-2000, în care aprovizionarea cu apă a solului prezintă valori medii satisfăcătoare, apropiate de optim şi optime, comparativ cu perioada de referinţă 1991-2020, la nivelul întregii ţări. În deceniul 2001-2010, conţinutul de apă din sol se situează în limite scăzute şi izolat deosebit de scăzute, seceta pedologică fiind moderată şi puternică pe suprafeţe agricole extinse din Dobrogea, Crişana, Muntenia, Maramureş, local în Moldova, Transilvania şi Oltenia. Intervalul 2011-2020 prezintă valori ale rezervei de umiditate apropiate de mediile multianuale (1991-2020) de referinţă, cu deficite de apă în sol mai accentuate în centrul Dobrogei şi sudul Munteniei.

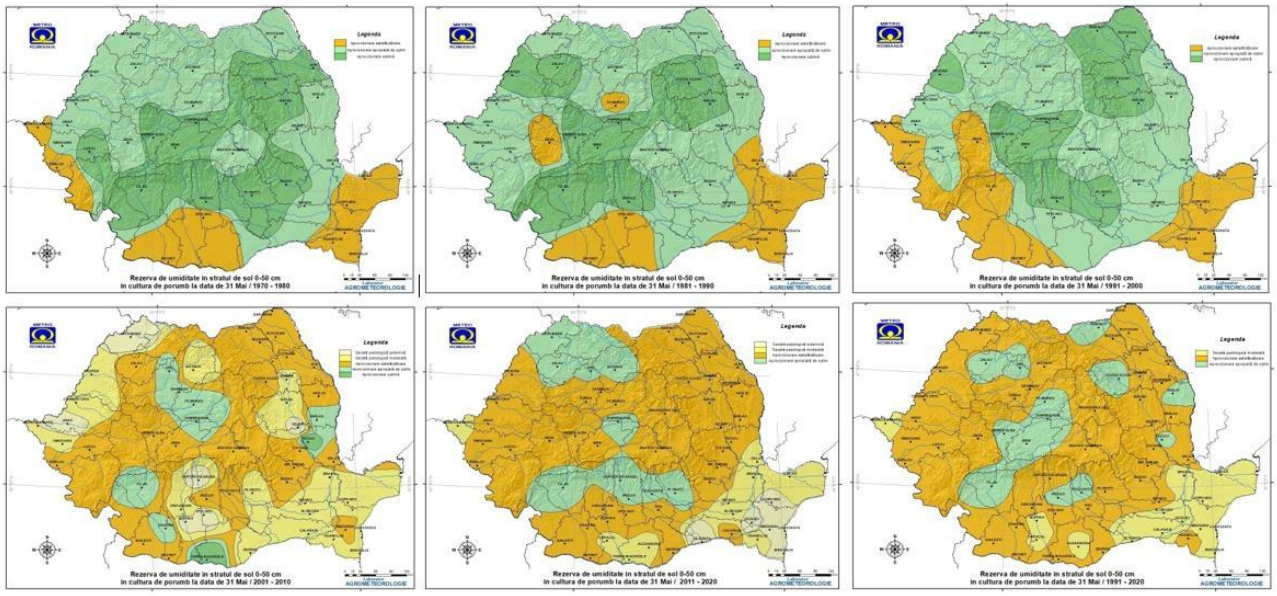


Fig. 2.3.1.76. Rezerva de umiditate în stratul de sol 0-50 cm, în cultura de porumb neirigat, la data de 31 mai, pe decenii.

La nivelul intervalelor de câte 30 de ani din întreaga perioadă analizată 1970-2020 (Fig. 2.3.1.77), valorile medii ale rezervei de apă în stratul de sol 0-50 cm, în cultura de porumb, în intervalul 1970-1990, se încadrează în limite optime, apropiate de optim şi satisfăcătoare, fiind mult îmbunătăţite comparativ cu perioada de referinţă 1991-2020. Valori ale rezervei de umiditate din sol mult îmbunătăţite sub aspectul semnificaţiei spaţiale se remarcă şi în intervalul 1981-2010, faţă de limitele de referinţă 1991-2020.

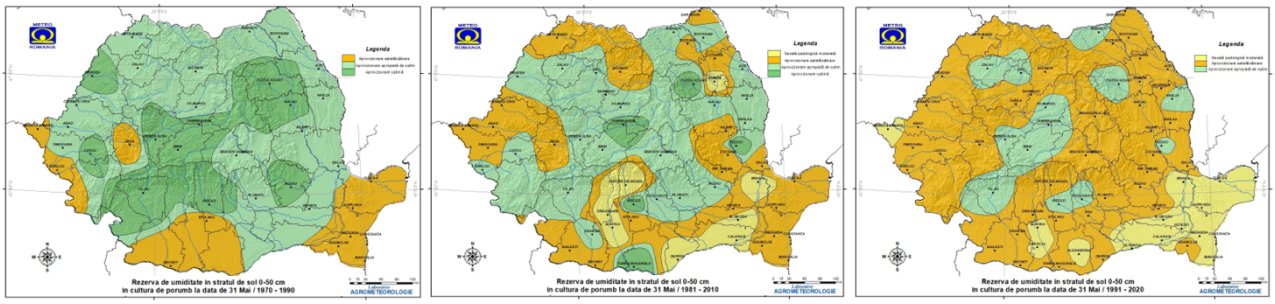


Fig. 2.3.1.77. Rezerva de umiditate în stratul de sol 0-50 cm, în cultura de porumb neirigat, la data de 31 mai, pe perioade de referință.

În luna ***iunie***, când porumbul începe să prezinte un consum ridicat față de apă, rezervele de umiditate accesibilă plantelor pe adâncimea de sol 0-100 cm, sub aspect decenal, prezintă în intervalele 1970-1980, 2001-2010 și 2011-2020, valori satisfăcătoare și apropiate de optim, în aproape toată țara, și scăzute (secetă pedologică moderată) în sud-estul, local sudul și vestul teritoriului agricol, comparativ cu mediile multianuale din intervalul de referință 1991-2020. În deceniile 1981-1990 și 1991-2000, aprovizionarea cu apă a solului prezintă și valori optime, local în centrul Transilvaniei și nord-vestul Moldovei (Fig. 2.3.1.78).

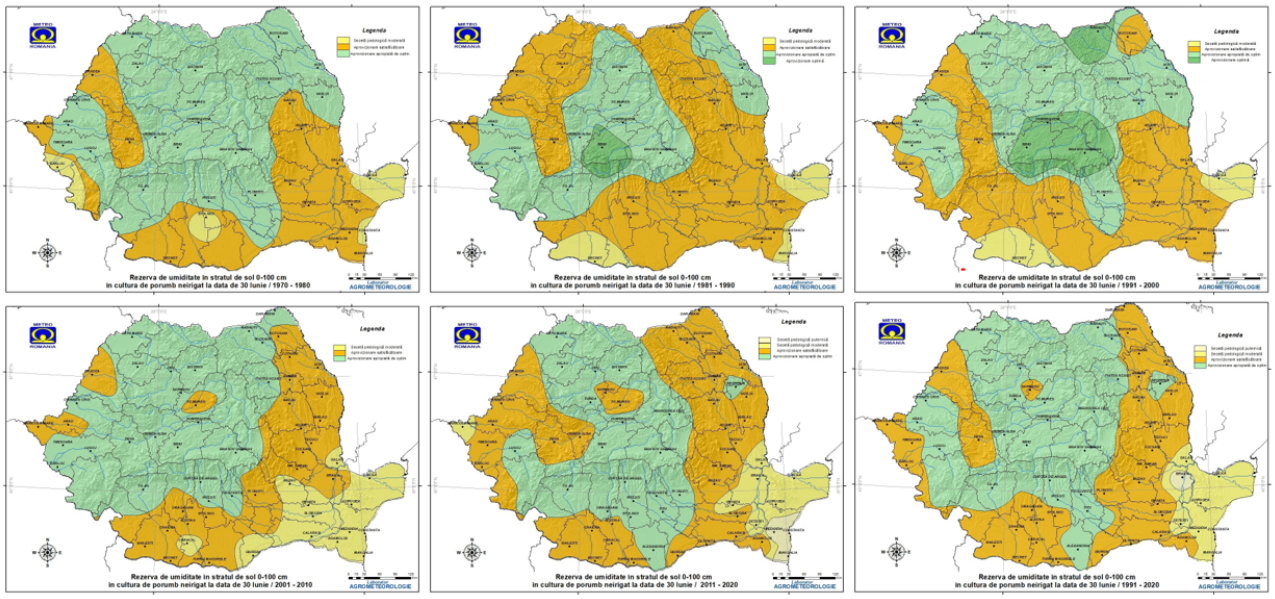


Fig. 2.3.1.78. Rezerva de umiditate în stratul de sol 0-100 cm, în cultura de porumb neirigat, la data de 30 iunie, pe decenii.

Analiza spațială a rezervelor de umiditate din luna ***iunie***, perioada 1970-2020 (Fig. 2.3.1.79), din punct de vedere al intervalelor de câte 30 de ani, evidențiază perioadele 1970-1990 și 1981-2010 prin valori satisfăcătoare, apropiate de optim și local optime, în aproape toată țara. Față de perioada de referință 1991-2020, când se înregistrează deficite de apă în sol (secetă pedologică moderată și puternică) în cea mai mare parte a Dobrogei, local estul Munteniei și sud-estul Moldovei, remarcăm faptul că fenomenul de secetă pedologică moderată se semnalează local în sudul Munteniei (intervalul 1981-2010) și al Olteniei (perioada 1970-1990).

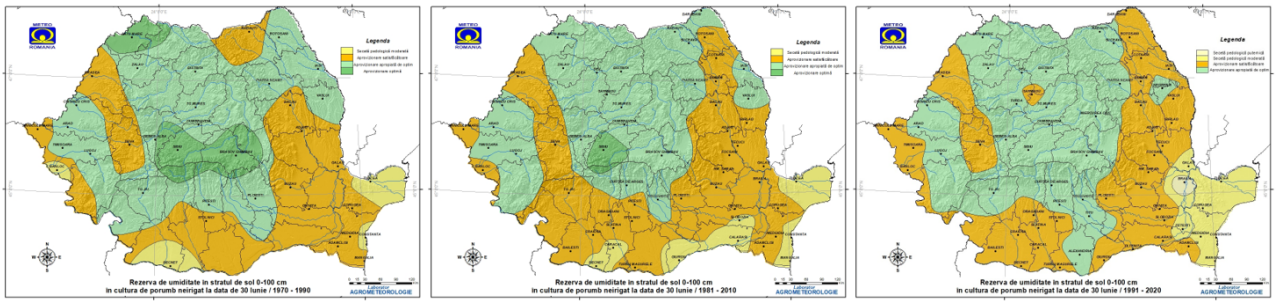


Fig. 2.3.1.79. Rezerva de umiditate în stratul de sol 0-100 cm, în cultura de porumb neirigat, la data de 31 mai, pe perioade de referință.

La nivelul perioadei 1970-2020 (Fig. 2.3.1.80), din analiza decenală a rezervelor de umiditate pe profilul de sol 0-100 cm față de valorile medii multianuale din intervalul de referință 1991-2020, în luna ***iulie*** se remarcă intervalul 1981-1990 în care fenomenul de secetă pedologică cu diferite grade de intensitate, respectiv moderată, puternică și izolat extremă se semnalează în majoritatea zonelor de cultură ale porumbului, iar aprovizionarea cu apă a solului se situa în limite satisfăcătoare pe suprafețe agricole extinse din Transilvania, Maramureș și izolat în nord-vestul Moldovei. Deceniile 1970-1980 și 1991-2000 sunt caracterizate de extinderea secetei pedologice moderată și puternică, în special în sudul, vestul și local estul teritoriului. Ultimele două intervale de câte 10 ani, respectiv deceniile 2001-2010 și 2011-2020 din perioada analizată, prezintă valori medii ale rezervelor de umiditate din sol apropiate de cele înregistrate în intervalul de referință (1991-2020).

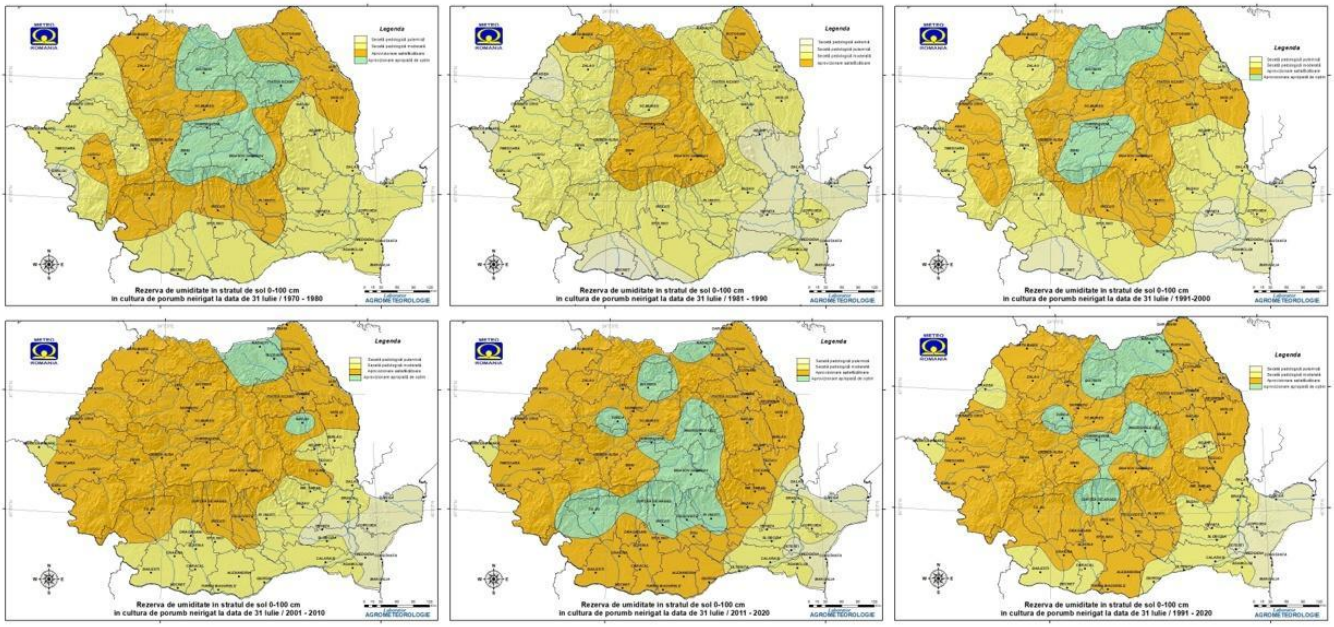


Fig. 2.3.1.80. Rezerva de umiditate în stratul de sol 0-100 cm, în cultura de porumb neirigat, la data de 31 iulie, pe decenii.

Studiind luna ***iulie*** din întreaga perioadă 1970-2020 (Fig. 2.3.1.81), comparativ cu perioada de referință 1991-2020, se evidențiază primii 30 de ani, când rezerva de apă din sol prezintă valori scăzute (secetă pedologică moderată) și deosebit de scăzute (secetă pedologică puternică), în cea mai mare parte a regiunilor agricole ale țării. Rezerva de umiditate reprezentată sub aspect spațial în intervalul 1981-2010 se încadrează în limite satisfăcătoare și local apropiate de optim, în majoritatea zonelor de cultură, limite apropiate de mediile multianuale (1991-2020) de referință, seceta pedologică moderată și puternică semnalându-se pe suprafețe agricole extinse din Dobrogea, Muntenia, Oltenia, sudul și local estul Moldovei, vestul Banatului și izolat sud-vestul Transilvaniei.

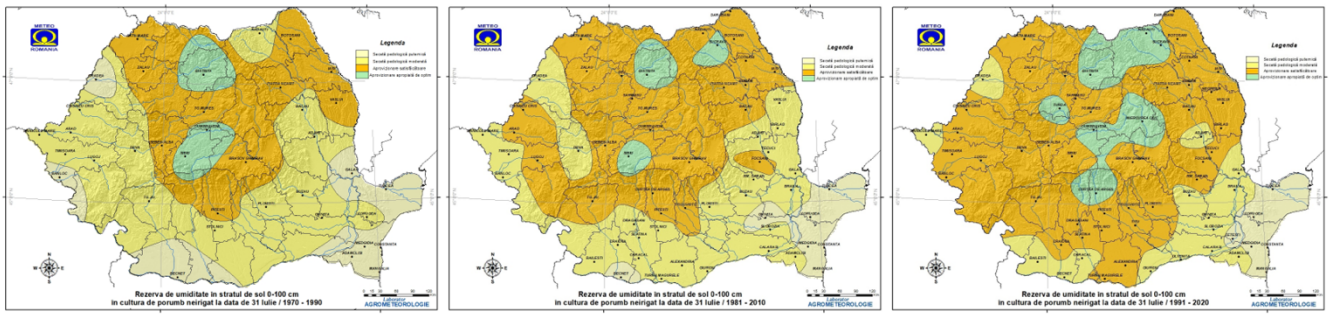


Fig. 2.3.1.81. Rezerva de umiditate în stratul de sol 0-100 cm, în cultura de porumb neirigat, la data de 31 iulie, pe perioade de referință.

În perioada 1970-2020 (Fig. 2.3.1.82), la nivelul lunii ***august*** când plantele de porumb au un consum maxim față de apă, conținutul de umiditate pe adâncimea de sol 0-100 cm prezintă în intervalele 1970-1980, 1991-2000 și 2011-2020 valori decenale apropiate de mediile din intervalul de referință 1991-2020. Remarcăm al doilea interval (1981-1990) ca fiind cel mai secetos deceniu din perioada analizată, fenomenul de secetă pedologică cu diferite grade de intensitate, respectiv moderată, puternică și extremă, semnalându-se în aproape toată țara. Sub aspectul rezervelor de apă din sol, deceniile 2001-2010 și 1991-2000 se evidențiază printr-o ușoară îmbunătățire a acestora, în special în sudul Transilvaniei, respectiv nordul Moldovei.

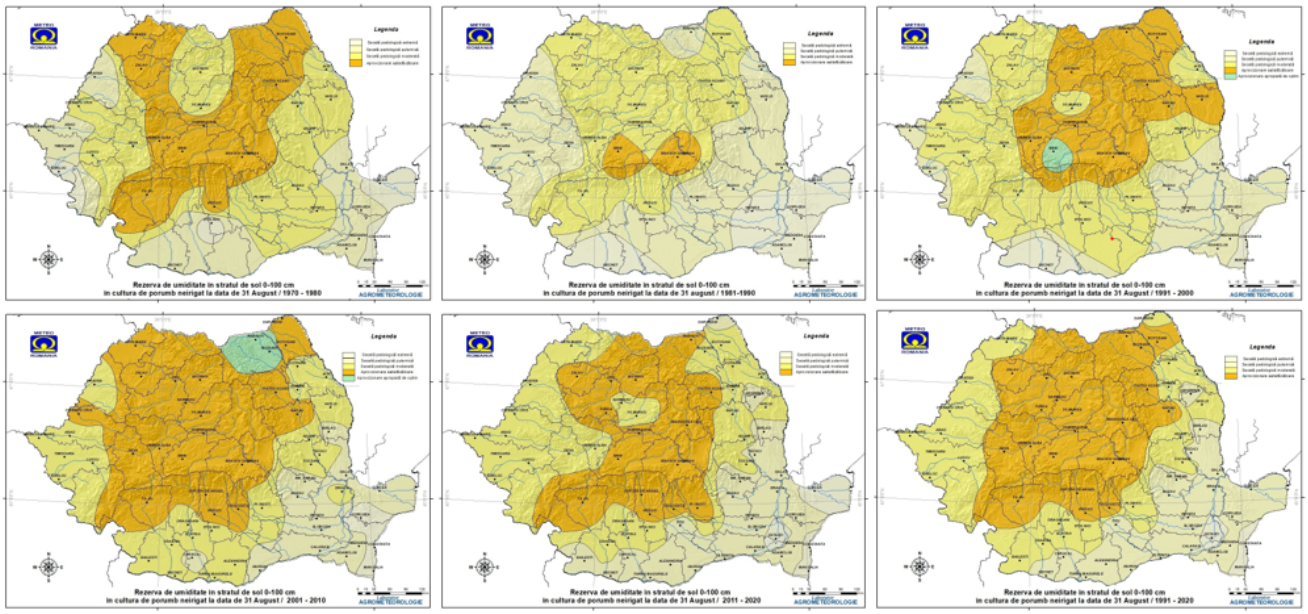


Fig. 2.3.1.82. Rezerva de umiditate în stratul de sol 0-100 cm, în cultura de porumb neirigat, la data de 31 august, pe decenii.

Din analiza spațială a rezervelor de apă pe profilul de sol 0-100 cm în cultura de porumb la nivel de 30 de ani din întreaga perioadă 1970-2020 (Fig. 2.3.1.83), comparativ cu intervalul de referință 1991-2020, în luna august, perioada 1970-1990 se evidențiază prin extinderea și accentuarea fenomenului de secetă pedologică moderată, puternică și extremă, în aproape toate regiunile agricole ale țării. Valorile medii ale rezervei de umiditate în perioada 1981-2010 sunt apropiate de mediile multianuale de referință (1991-2020) în majoritatea zonelor de cultură, fiind ușor îmbunătățite în nordul și centrul teritoriului.

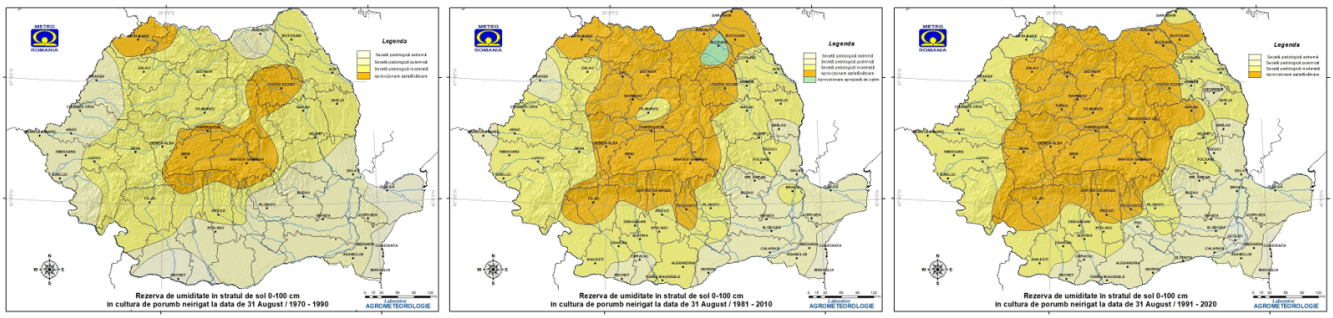


Fig. 2.3.1.83. Rezerva de umiditate în stratul de sol 0-100 cm, în cultura de porumb neirigat, la data de 31 iulie, pe intervale de referință.

Sub aspect decenal, față de perioada de referință 1991-2020, în luna ***septembrie***, intervalele 1981-1990 și 2011-2020 se evidențiază ca fiind cele mai secetoase decenii din perioada 1970-2020 (Fig. 2.3.1.84), în ceea ce privește aprovizionarea cu apă în stratul de sol 0-100 cm în cultura de porumb, fenomenul de secetă pedologică (moderată, puternică și extremă) fiind extins și accentuat la nivelul majorității regiunilor agricole ale țării. Deceniile 1991-2000 și 2001-2010 sunt caracterizate prin valori ale rezervelor de umiditate satisfăcătoare până la apropiate de optim, în majoritatea regiunilor agricole, ușor îmbunătățite îndeosebi în Transilvania și nordul Moldovei. Valorile decenale ale rezervei de apă din intervalul 1970-1980 sunt apropiate de mediile multianuale (1991-2020) de referință pe aproape întreg teritoriul agricol, fiind deficitare (secetă pedologică moderată) și în nordul Transilvaniei.

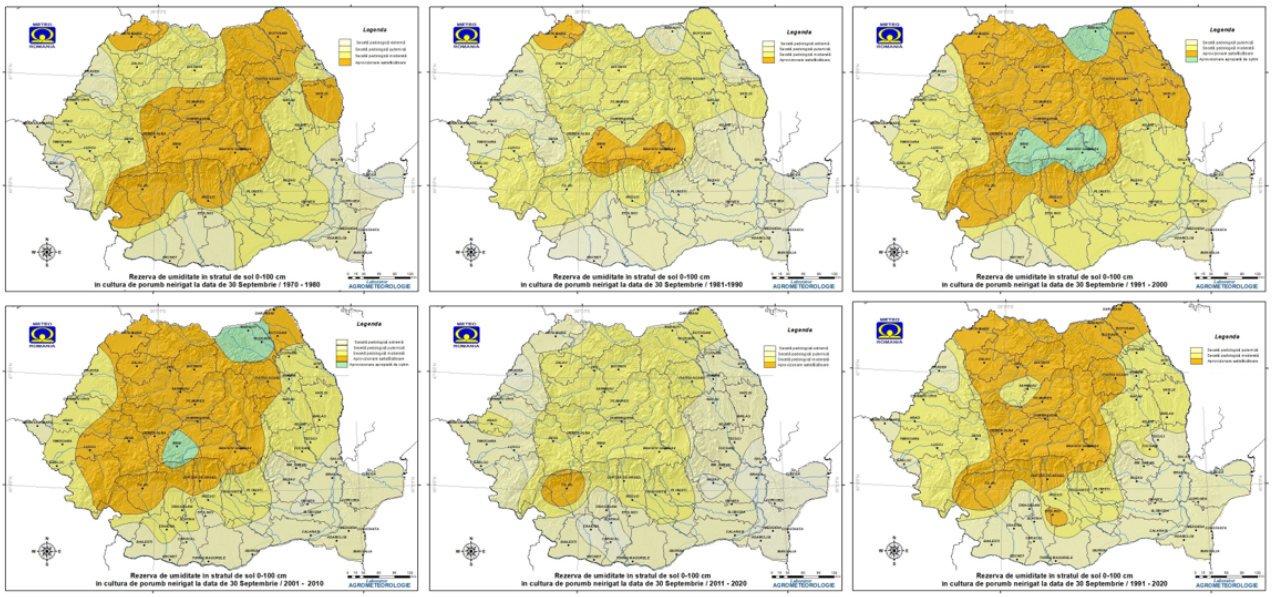


Fig. 2.3.1.84. Rezerva de umiditate în stratul de sol 0-100 cm, în cultura de porumb neirigat, la data de 31 iulie, pe decenii.

Analiza spațială a rezervelor de umiditate pe adâncimea de sol 0-100 cm în cultura de porumb, din luna septembrie (perioada 1970-2020), pe intervale de câte 30 de ani, reliefează perioada 1970-1990, când acestea prezintă valori deficitare ce caracterizează fenomenul de secetă pedologică moderată, puternică și extremă, extinderea și accentuarea acestui fenomen fiind în aproape toată țara, față de perioada de referință 1991-2020. La nivelul perioadei 1981-2010, rezerva de apă din sol prezintă valori apropiate de mediile multianuale de referință 1991-2020, cu o îmbunătățire ușoară (aprovizionarea apropiată de optim) izolat în nordul Moldovei (Fig. 2.3.1.85).

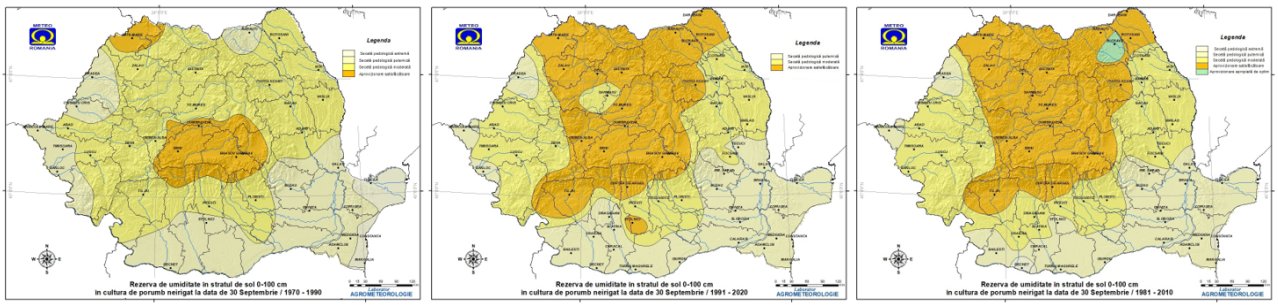


Fig. 2.3.1.85. Rezerva de umiditate în stratul de sol 0-100 cm, în cultura de porumb neirigat, la data de 30 Septembrie, pe perioade de referință.

h) Frecvența cazurilor cu secetă în culturile de grâu de toamnă și porumb

Sub aspect decenal, analiza numărului de ani secetoși din punct de vedere al rezervei de umiditate din sol disponibilă culturilor de ***grâu de toamnă***, respectiv a secetei pedologice cu diferite grade de intensitate (extremă, puternică și moderată), se evidențiază deceniul 1981-1990 când în luna septembrie s-au semnalat cele mai multe cazuri cu secetă[5] (379), la o diferență aproape dublă față de cele din intervalul de referință 1991-2020. În lunile septembrie și iunie s-au semnalat 36, respectiv 32 puncte procentuale (Fig. 2.3.1.86). În toate intervalele decenale analizate din perioada de consum maxim față de apă a plantelor de grâu (intervalul mai-iunie), odată cu creșterea nevoilor plantelor agricole față de apă, numărul cazurilor cu secetă prezintă o tendință liniară de ușoară scădere, situându-se sub media multianuală de referință 1991-2020.

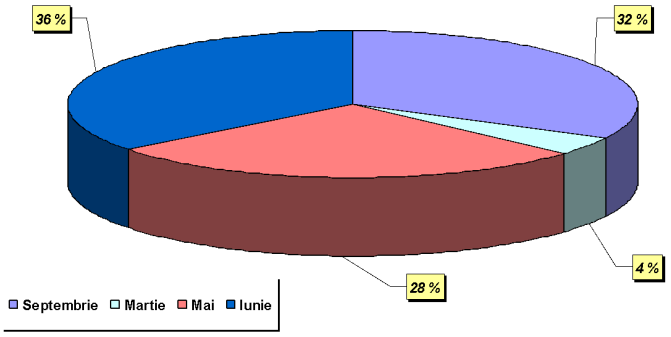


Fig. 2.3.1.86. Numărul cazurilor cu secetă din perioada 1970-2020, în cultura grâului de toamnă, reprezentat decenal.

În perioada 1970-2020, cel mai mare procent al cazurilor cu secetă, de 34%, s-a înregistrat la nivelul lunii septembrie, analiza numărului de cazuri cu secetă în care s-a semnalat fenomenul de secetă pedologică cu diferite grade de intensitate (moderată, puternică și extremă) evidențiind faptul că în intervalul de 30 de ani cuprins între anii 1981 și 2010 s-au înregistrat cele mai multe cazuri, respectiv 824, cu 18 cazuri mai mult față de perioada 1991-2020, când s-au semnalat 806 cazuri. În perioada 1970-1990, numărul de cazuri cu secetă a fost de 739, fiind cu 67 cazuri sub numărul total al acestora din ultimii 30 de ani (1991-2020) din întreaga perioadă analizată. Cele mai puține cazuri cu secetă pedologică se remarcă în luna martie, într-un procent de 4%, cu cele mai puține cazuri în perioada 1970-1990, respectiv 90, fiind cu 177 de cazuri sub numărul de cazuri din intervalul 1991-2020 și cu 22 mai puține comparativ cu cele înregistrate în perioada 1981-2010 (112 cazuri). În perioada de consum maxim de apă a plantelor de grâu de toamnă (mai-iunie) remarcăm un procent total de 62%, ceea ce însemnă 4598 de cazuri în care s-a semnalat seceta pedologică moderată, puternică și extremă, cu tendințe liniare evidente de creștere a numărului de cazuri cu secetă (Fig. 2.3.1.87).

[5] Cazurile cu secetă (decenale) reprezintă numărul total al cazurilor cu secetă înregistrate la cele 68 de stații agrometeorologice din rețeaua meteorologică națională.

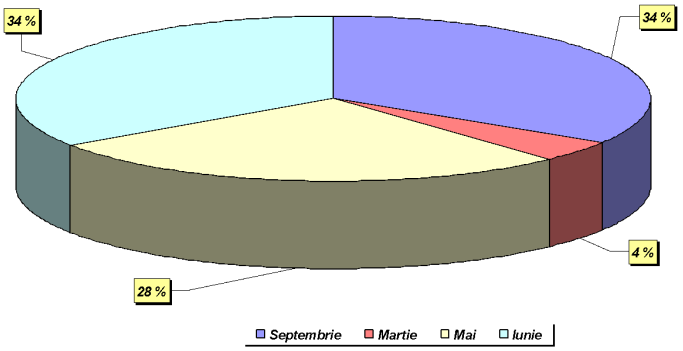


Fig. 2.3.1.87. Numărul cazurilor cu secetă din perioada 1970-2020, în cultura grâului de toamnă, reprezentat pe intervale de referință.

În culturile neirigate de ***porumb***, remarcăm faptul că cele mai mari procente ale anilor secetoși se înregistrează în lunile iulie, august și septembrie, atunci când plantele de porumb se află în faze fenologice cu cerințe mari de apă, situându-se între procente cuprinse între 25 și 30, cu tendințe liniare de creștere în iulie și august, și tendință de scădere a numărului de cazuri cu secetă în luna septembrie. Pe parcursul perioadei de semănat a porumbului, se remarcă o creștere accentuată, de aproximativ trei ori, a numărului de cazuri cu secetă pedologică începând cu anul 2001, respectiv cu deceniile 2001-2010 și 2011-2020, fiind totuși sub mediile multianuale de referință 1991-2020 (Fig. 2.3.1.88).

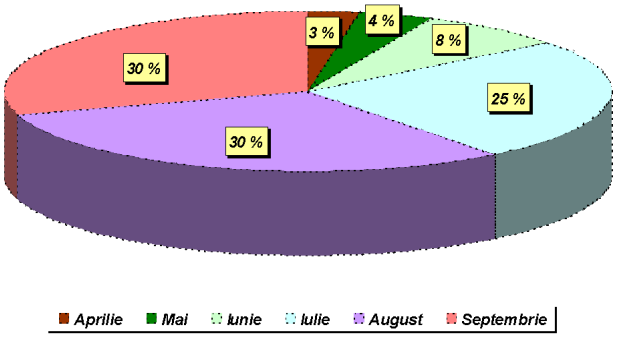


Fig. 2.3.1.88. Numărul cazurilor cu secetă din perioada 1970-2020, în cultura de porumb neirigat, reprezentat decenal.

Analiza perioadei 1970-2020 pe intervale a câte 30 de ani, a numărului cazurilor cu secetă în culturile neirigate de porumb, evidențiază faptul că cele mai multe s-au semnalat la nivelul lunii august, într-un procent total de 31%, când în intervalul 1991-2020 s-a înregistrat un număr total de cazuri de 1034, în ceea ce privește conținutul de apă din sol, fenomenul de secetă pedologică având diferite grade de intensitate, respectiv moderată, puternică și extremă, în perioadele 1981-2010 și 1970-1990 semnalându-se 946, respectiv 672 de cazuri cu secetă, fiind cu 88, respectiv 362 de cazuri mai puțin față de perioada 1991-2020. Procentul cel mai mic de cazuri în care s-a semnalat seceta pedologică, de 3%, a fost consemnat în luna aprilie din perioada 1970-1990, când s-au semnalat doar 67 de cazuri, la o diferență de 282 față de numărul total de cazuri din intervalul 1991-2020 și 87 față de perioada 1981-2010. Atât în luna aprilie, cât și în lunile în care porumbul are cele mai mari cerințe de apă, respectiv lunile iunie, iulie și august, se remarcă faptul că, numărul de cazuri cu secetă prezintă tendințe liniare de creștere (Fig. 2.3.1.89).

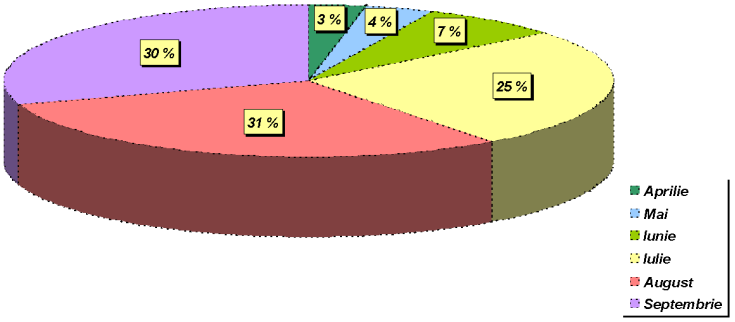


Fig. 2.3.1.89. Numărul cazurilor cu secetă din perioada 1970-2020,în cultura de porumb neirigat, reprezentat pe intervale de referință.

Umiditatea solului evidențiată de **Soil Water Index (SWI)** este relevantă pentru culturile agricole în perioadele esențiale de creștere și dezvoltare. În acest sens, a fost calculată umiditatea medie a solului pentru intervale de 10 zile la diferite adâncimi, care sunt în concordanță cu fazele fenologice.

În ***septembrie*** și ***octombrie***, perioada de semănat, germinare și răsărire a culturilor de toamnă, umiditatea solului din SWI la 5 cm adâncime a fost mai mare în jumătatea nordică a țării și mai mică în jumătatea sudică (Fig. 2.3.1.90.). De asemenea, aceasta crește spre sfârșitul lunii octombrie cu 0,2 m^3/m^3 comparativ cu luna septembrie. La adâncimea de 40 cm, umiditatea solului din SWI este mai mare comparativ cu cea la 5 cm dar păstrează aceeași distribuție spațială cu valori mai mari în centru cu aproximativ 0,1-0,2 m^3/m^3 față de sudul țării (Fig. 2.3.1.91.).

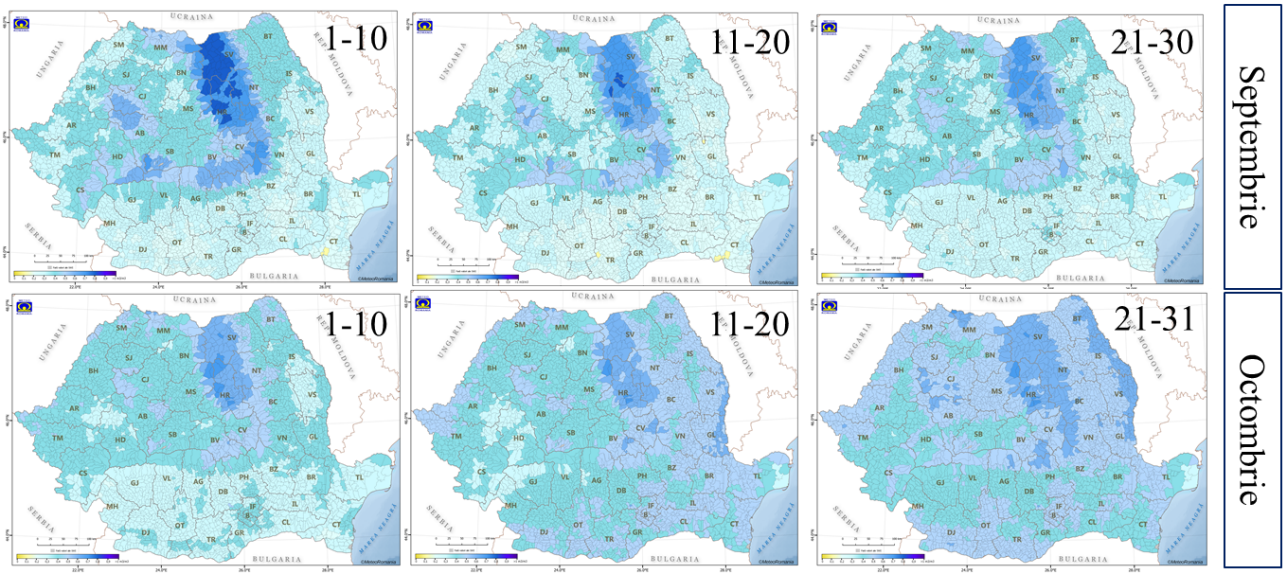


Fig. 2.3.1.90. Soil Water Index la adâncimea de 5 cm în perioada de însămânțare, germinare și răsărire a culturilor agricole de toamnă (2015-2020).

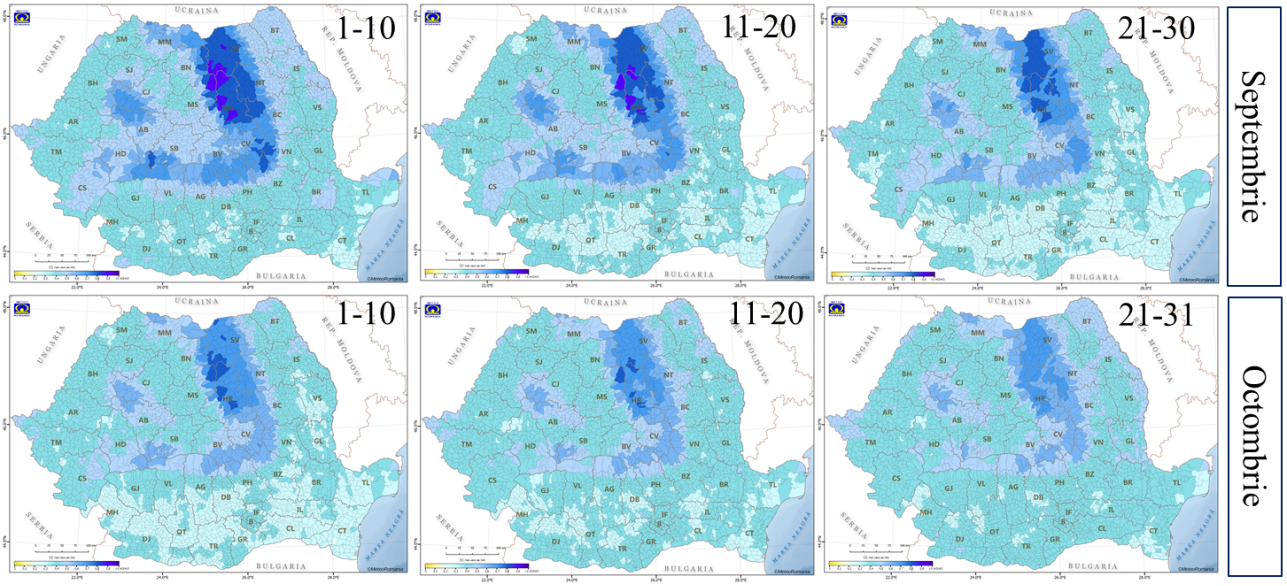


Fig. 2.3.1.91. Soil Water Index la adâncimea de 40 cm în perioada de însămânțare, germinare și răsărire a culturilor agricole de toamnă (2015-2020).

În ***aprilie***, perioada de semănat, germinare și răsărire a culturilor de primăvară, umiditatea solului din SWI la 5 cm adâncime a fost mai mare pe suprafețe extinse în partea centrală și nord-estică cu aproximativ 0,3 m^3/m^3 comparativ cu partea sudică și sud-estică a României în perioada 2015-2020 (Fig. 2.3.1.92.).

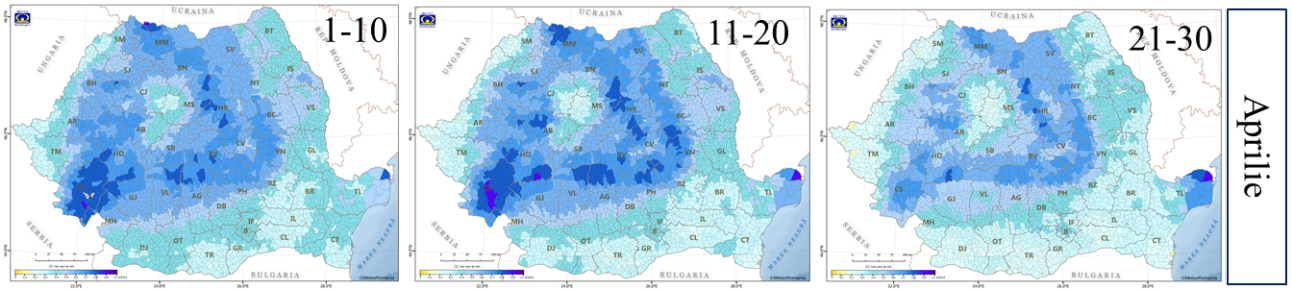


Fig. 2.3.1.92. Soil Water Index la adâncimea de 5 cm în perioada de însămânțare, germinare și răsărire a culturilor agricole de primăvară (2015-2020).

În perioada de creștere intensivă a culturilor de toamnă, în care se acumulează peste 90% din biomasa totală (***aprilie-mai***), umiditatea solului din SWI la 40 cm adâncime a fost ridicată în cea mai mare parte a României, observându-se totuși unele areale cu valori mai mici de 0,3 m^3/m^3 (Fig. 2.3.1.93).

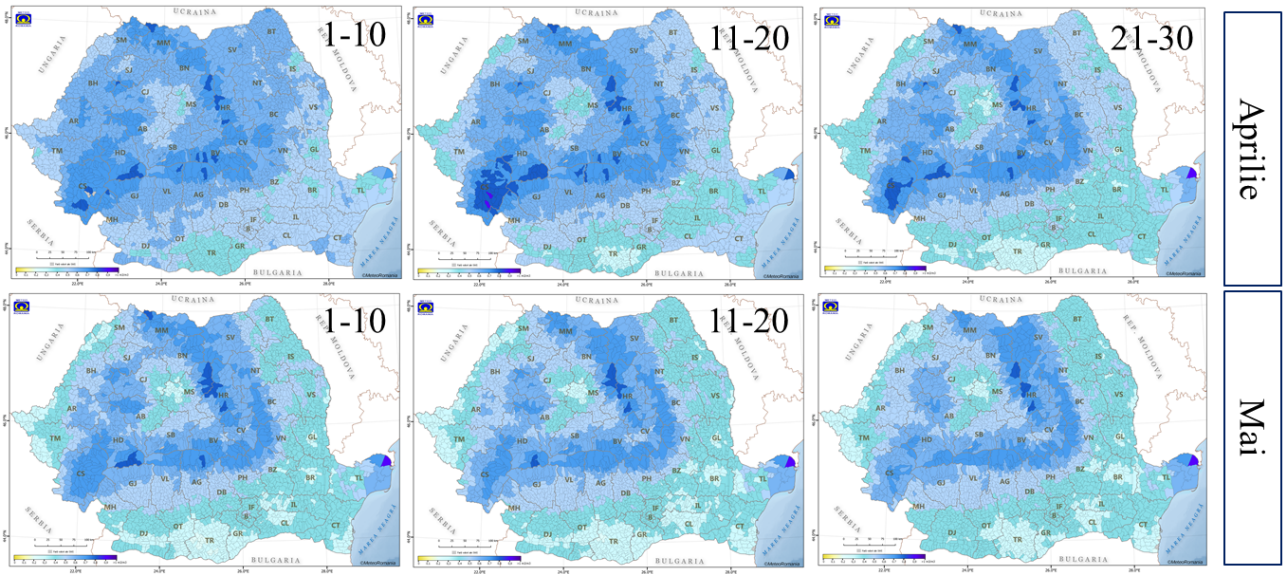


Fig. 2.3.1.93. Soil Water Index la adâncimea de 40 cm în perioada creştere intensivă a culturilor de toamnă (2015-2020).

În perioada cerinţelor maxime de apă a culturilor de toamnă (***mai-iunie***) (Fig. 2.3.1.94) şi în perioada cerinţelor maxime de apă a culturilor de primăvară (***iulie-august***) (Fig. 2.3.1.95) umiditatea solului din SWI la 100 cm adâncime a fost aproape uniformă în majoritatea regiunilor agricole ale ţării. Valorile medii la nivel de UAT au fost cuprinse între 0,2 şi 0,4 m^3/m^3.

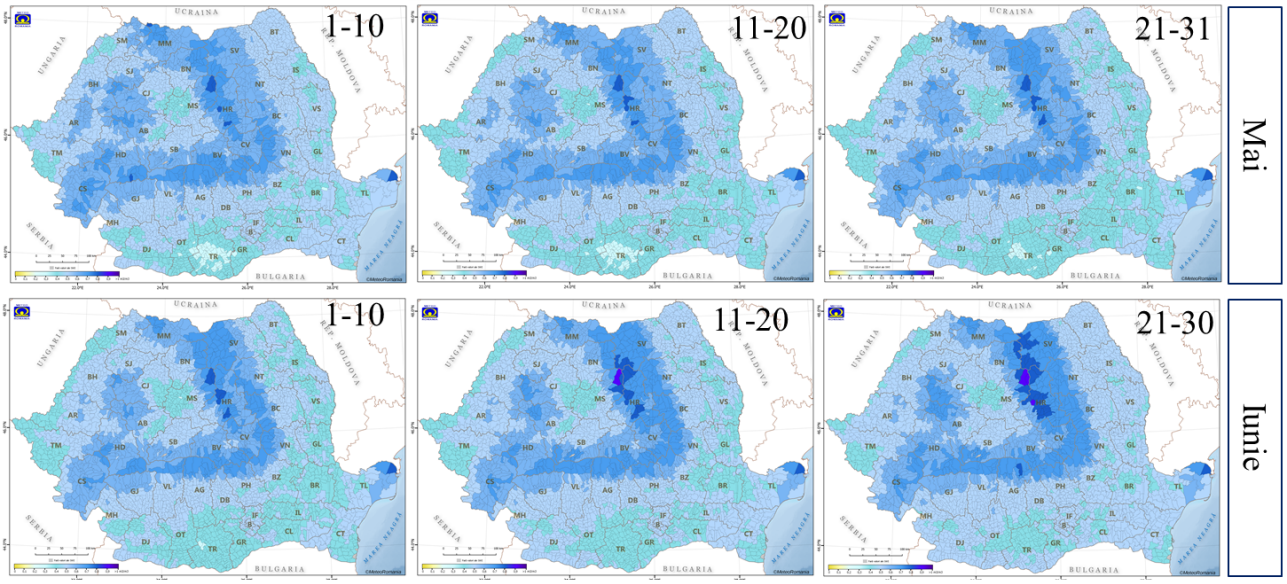


Fig. 2.3.1.94. Soil Water Index la adâncimea de 100 cm în perioada cerinţelor maxime de apă a culturilor de toamnă (2015-2021).

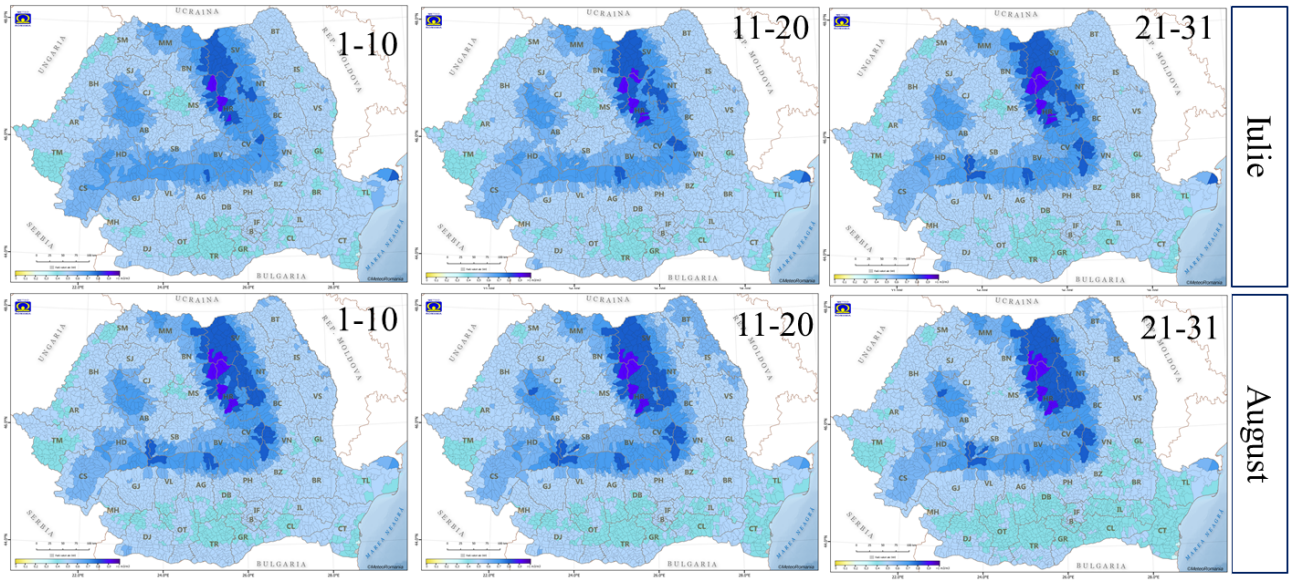


Fig. 2.3.1.95. Soil Water Index la adâncimea de 100 cm în perioada cerințelor maxime de apă a culturilor de primăvară (2015-2021).

Indicele de Severitate a Secetei (DSI), calculat pentru suprafețele agricole din cele 8 regiuni de dezvoltare în perioada 2001-2020, indică o tendință de creștere a umidității în prima jumătate a sezonului cald (aprilie-iunie) și o accentuare a intensității fenomenelor de secetă în a doua jumătate (iulie-septembrie), perioada cu cerințe maxime de apă pentru culturile de primăvară (Fig. 2.3.1.96). Conform DSI evenimentele secetoase s-au desfășurat în toate regiunile agricole ale țării în aproximativ aceleași intervale de timp. Totuși, au fost observate diferențe în ceea ce privește intensitatea secetei.

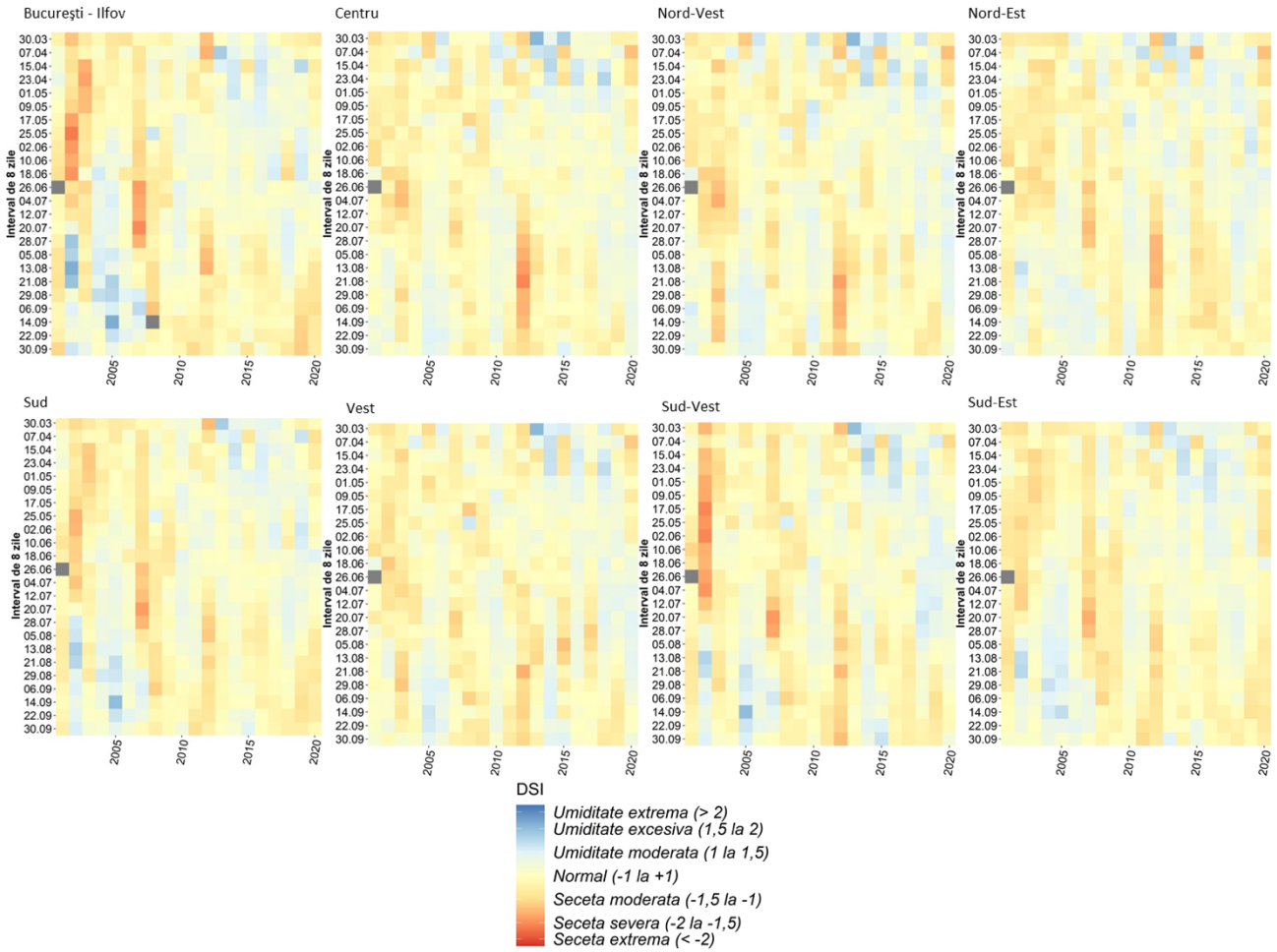


Fig. 2.3.1.96. Indicele de severitate a secetei (DSI) în zonele agricole din cele 8 regiuni de dezvoltare în perioada 2001-2020.

Indicele de Acoperire Foliară (LAI) reprezintă un important indicator al stării de sănătate şi perioadelor vegetative ale plantelor. În concordanță cu indicele de împrimăvărare zonele cu valori LAI ce depășesc pragul de 1, la mijlocul lunii martie, se găsesc în principal în zonele sudice, sud-estice și în Dobrogea. Culturile agricole de toamnă (beneficiind de o încălzire mai accentuată și un regim pluviometric) sunt astfel puse în evidență în zonele mai sus menționate. Pe lângă acestea, sunt surprinse zone forestiere permanent verzi din zona montană și deluroasă.

În sezonul de vegetație 30 martie - 30 septembrie (2000-2020), în regiunea de Sud-Vest se înregistrează tendinţă pozitivă semnificativă a indicelui LAI pentru majoritatea sintezelor analizate. Totuși, pentru intervalul 04-11 iulie, indicele LAI a înregistrat valori pozitive semnificative statistic în majoritatea regiunilor, cu valori cuprinse între 1,66 şi 3,41 şi cu un nivel de semnificaţie statistică de până la 0,001 (99,9% confidenţă), (Tab. 2.3.1.11). De asemenea, se observă o tendinţă pozitivă semnificativă statistic a valorilor indicelui LAI în prima parte a sezonului vegetativ (aprilie-iulie), în timp ce în a doua parte a sezonului de vegetație analizat (august-septembrie), indicele LAI prezintă o tendinţă negativă cu un nivel mic de semnificaţie statistică (0,1 nivel de semnificaţie statistică) în special pentru regiunea Nord-Est, Bucureşti-Ilfov, Sud şi Sud-Est (Fig. 2.3.1.97). Conform analizelor realizate, regiunea Centru este cea mai puţin afectată de schimbări din punct de vedere al acoperirii foliare rezultate din LAI.

Tabelul 2.3.1.11. Tendința indicelui de acoperire foliară conform testului Mann-Kendall și panta Sen calculate pentru suprafețele agricole din regiunile de dezvoltare (2000-2020).

Interval	n	București-Ilfov			Centru			Nord-Est			Nord-Vest			Sud			Sud-Est			Sud-Vest			Vest		
		Z	Sig.	Q	Z	Sig.	Q	Z	Sig.	Q	Z	Sig.	Q	Z	Sig.	Q	Z	Sig.	Q	Z	Sig.	Q	Z	Sig.	Q
30.03 - 06.04	21	3,05	**	0,04	1,84	+	0,01	1,72	+	0,01	1,42		0,01	2,51	*	0,04	2,81	**	0,03	2,45	*	0,02	2,02	*	0,02
07.04 - 14.04	21	2,02	*	0,04	1,84	+	0,02	1,96	*	0,02	2,14	*	0,02	2,26	*	0,04	2,08	*	0,04	2,33	*	0,05	3,17	**	0,05
15.04 - 22.04	21	3,59	***	0,05	2,08	*	0,03	1,12		0,01	1,66	+	0,03	2,99	**	0,05	2,63	**	0,04	3,29	**	0,05	2,51	*	0,05
23.04 - 30.04	21	2,87	**	0,05	1,42		0,03	1,66	+	0,02	1,06		0,02	2,69	**	0,05	3,05	**	0,05	2,93	**	0,04	1,66	+	0,03
01.05 - 08.05	21	1,84	+	0,03	0,09		0.00	0,88		0,01	0.00		0	1,66	+	0,02	1,9	+	0,04	2,26	*	0,03	0,75		0,02
09.05 - 16.05	21	2,39	*	0,04	1,24		0,02	1		0,01	1,66	+	0,02	1,84	+	0,03	2,02	*	0,02	2,45	*	0,03	2,26	*	0,03
17.05 - 24.05	21	3,29	**	0,07	0,94		0,01	2,02	*	0,02	2,63	**	0,03	2,51	*	0,05	2,08	*	0,05	3,53	***	0,05	2,45	*	0,03
25.05 - 01.06	21	2,26	*	0,05	0,33		0,01	1,84	+	0,03	0,82		0,02	2,26	*	0,04	2,08	*	0,04	3,05	**	0,04	1,6		0,02
02.06 - 09.06	21	2,69	**	0,06	1,84	+	0,03	2,75	**	0,05	2,69	**	0,04	2,63	**	0,05	2,75	**	0,05	3,47	***	0,04	2,63	**	0,04
10.06 - 17.06	21	1,96	*	0,04	2,08	*	0,04	2,39	*	0,05	2,39	*	0,03	1,72	+	0,03	2,02	*	0,03	1,54		0,02	1,36		0,03
18.06 - 25.06	20	1,85	+	0,03	0,62		0,01	1,91	+	0,03	0,81		0,02	1,52		0,03	1,4		0,02	2,69	**	0,03	0,55		0,01
26.06 - 03.07	20	1,98	*	0,03	2,17	*	0,04	2,95	**	0,06	2,63	**	0,05	2,04	*	0,04	1,2		0,02	2,63	**	0,04	2,56	*	0,04
04.07 - 11.07	21	2,26	*	0,03	3,05	**	0,04	2,93	**	0,05	3,11	**	0,05	2,81	**	0,03	1,66	+	0,02	3,41	***	0,03	2,69	**	0,04
12.07 - 19.07	21	1,66	+	0,02	2,33	*	0,04	2,08	*	0,03	1,84	+	0,03	2,2	*	0,02	1,6		0,02	2,45	*	0,04	1,66	+	0,03
20.07 - 27.07	21	0,75		0,01	2,99	**	0,04	1,96	*	0,02	2,69	**	0,04	1,48		0,02	1,24		0,01	2,63	**	0,03	2,63	**	0,04
28.07 - 04.08	21	0,33		0,01	1,9	+	0,03	1,18		0,01	1,78	+	0,03	0,57		0,01	0,27		0,01	1,84	+	0,02	1,78	+	0,03
05.08 - 12.08	21	0,09		0	1,6		0,04	0,75		0,01	1,84	+	0,03	0,75		0,01	0,03		0	1,18		0,02	1,84	+	0,03
13.08 - 20.08	20	-1,91	+	-0,03	-0,42		-0,01	-1,2		-0,02	-0,55		-0,01	-1,07		-0,02	-1,2		-0,02	-0,16		0	0,29		0,01
21.08 - 28.08	21	-1,12		-0,02	0,33		0,01	-1,42		-0,02	-0,21		-0,01	-0,69		-0,01	-0,88		-0,01	0,21		0	0,51		0,01
29.08 - 05.09	21	-0,97		-0,01	0,94		0,01	-1,66	+	-0,02	0,39		0,01	-0,57		-0,01	-0,45		0	0,51		0	0,51		0,01
06.09 - 13.09	21	-0,15		0	0,94		0,02	-1,78	+	-0,03	0,27		0	-0,39		0	-0,75		-0,01	0,27		0	1,18		0,03
14.09 - 21.09	21	-0,94		0	0,27		0,01	-1,72	+	-0,01	0,15		0	-0,39		0	-1,42		-0,01	0,15		0	0,75		0,01
22.09 - 29.09	21	-0,15		0	-0,82		-0,01	-0,88		-0,01	0.00		0	-0,57		0	-1,18		-0,01	0,69		0	0,57		0,01
30.09 - 07.10	21	-0,57		0	-1,18		-0,01	-2,57	*	-0,02	-1,14		-0,01	-1.00		-0,01	-2,81	**	-0,01	-0,45		0	0,03		0

Z - tendința MannKendal, Sig- semnificația statistică, Q - panta Sen, n - numărul de ani, *** α = 0,001 nivel de semnificație statistică, ** α = 0,01 nivel de semnificație statistică, * α = 0,05 nivel de semnificație statistică, + α = 0,1 nivel de semnificație statistică.

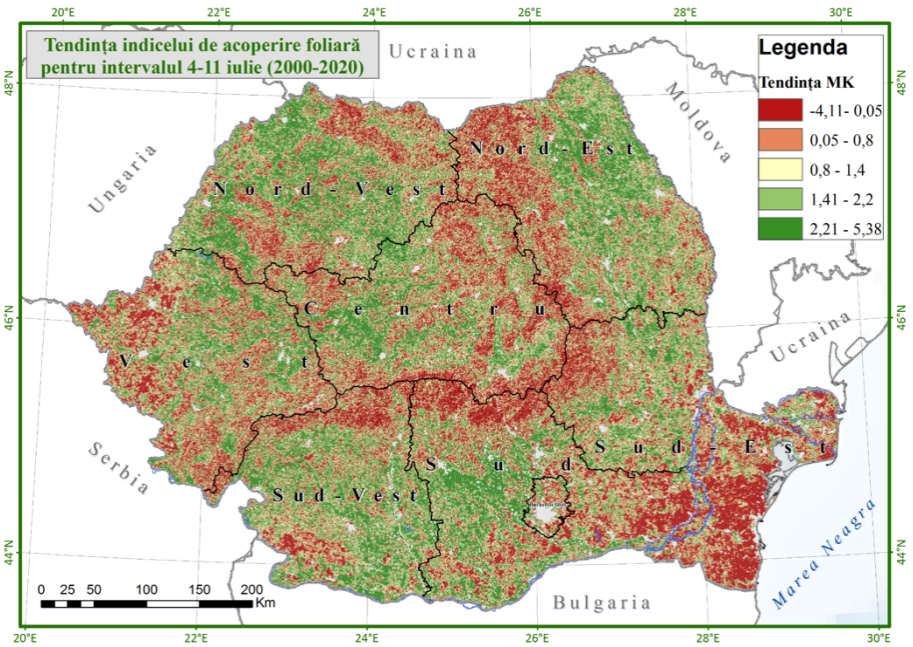


Fig. 2.3.1.97. Tendința conform testului Mann-Kendall a indicelui de acoperire foliară pentru intervalul 4-11 iulie în perioada 2000-2020.

2.3.2. Biodiversitate

Efectele directe și indirecte ale schimbărilor climatice asupra sectorului *Biodiversitate* sunt generate în special de modificările observate în regimul termic, pluviometric și eolian mediu și extrem, care pot afecta condițiile de habitat și de viață din cadrul ecosistemelor vegetale și animale, în afara optimului acestora.

Temperatura medie a aerului relevă un proces de încălzire a climei în plină desfășurare, creșterile observate fiind semnificative statistic în toată țara. Această tendință actuală de încălzire are relevanță pentru sectorul *Biodiversitate* îndeosebi prin intermediul stresului termic asociat. **Tendințele de încălzire și de amplificare a stresului termic bioclimatic** sunt susținute de creșterea semnificativă a frecvenței, duratei și intensității extremelor termice pozitive în toate

regiunile țării. În perioada 1961-2020 s-a observat o creștere a zilelor cu temperaturi de vară (temperaturi maxime ≥25°C), îndeosebi în regiunile de Nord-Vest, Nord-Est și Sud-Est, unde creșterile observate sunt de 5,8-6,0 zile/deceniu, precum și a frecvenței (în regiunile Sud-Est și Nord-Vest s-au observat cele mai mari creșteri în frecvența acestor extreme, cu aproape 4 zile/deceniu), duratei (cu circa o zi în majoritatea regiunilor) și intensității (mai ales în regiunile Vest și Nord-Vest) valurilor de căldură (Fig. 2.3.2.1).

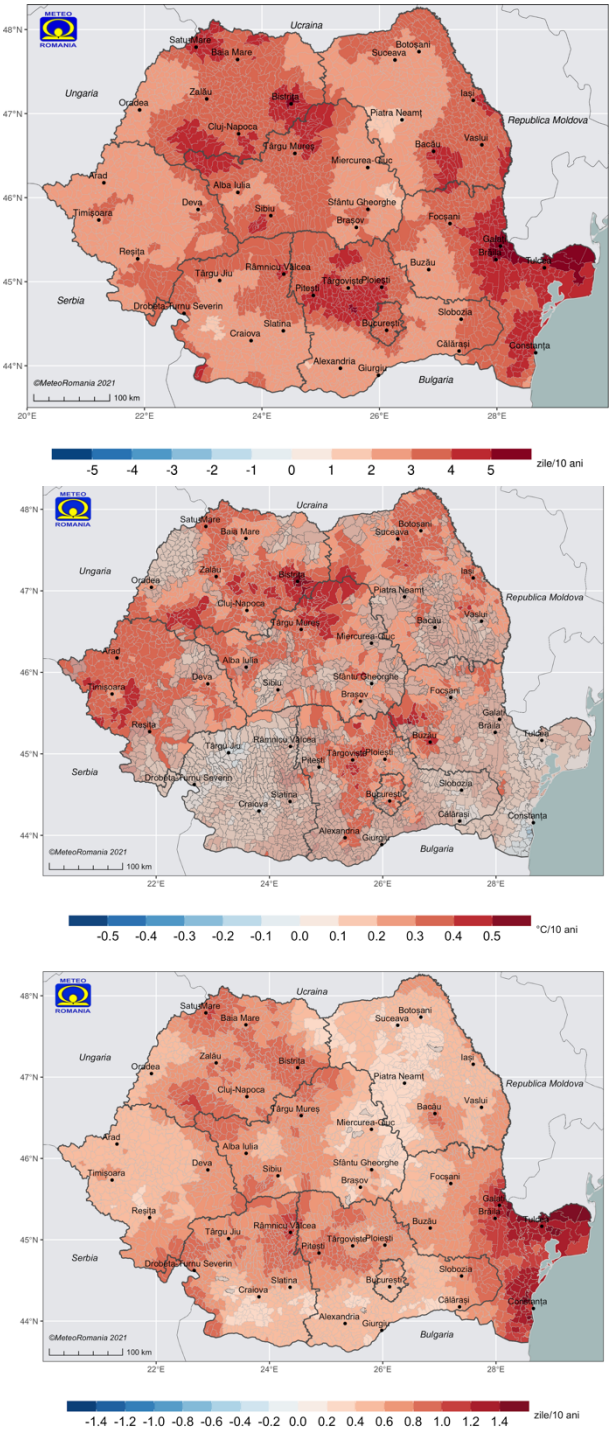


Fig. 2.3.2.1. Tendințe observate în evoluția caracteristicilor valurilor de căldură în România în perioada 1961-2020: frecvență (stânga-sus), durată (stânga-jos) și magnitudine (dreapta-sus).

Concomitent, se observă o **tendință de diminuare a extremelor termice negative**, evidențiată în cazul acestui sector în special prin scăderea frecvenței zilelor de iarnă (în toate regiunile) și cu îngheț (îndeosebi în regiunile Centru, Nord-Est și Nord-Vest), fapt mai puțin vizibil

în cazul duratei valurilor de frig, pentru care nu a fost observată o tendință semnificativă de scădere sau creștere (Fig. 2.3.2.2).

O consecință directă a tendinței observate de încălzire o constituie creșterea **duratei sezonului climatic de vegetație**, în medie cu până la circa 5 zile/deceniu, în unele regiuni de dezvoltare precum București-Ilfov și Sud (5,2 zile/deceniu), Sud-Vest (5,1 zile/deceniu) și Sud (5,0 zile/deceniu). Local (la nivel de UAT), în cadrul unor regiuni, creșterile observate pot ajunge la 8-10 zile/deceniu (Sud-Est și Sud-Vest) (Fig. 2.3.2.3).

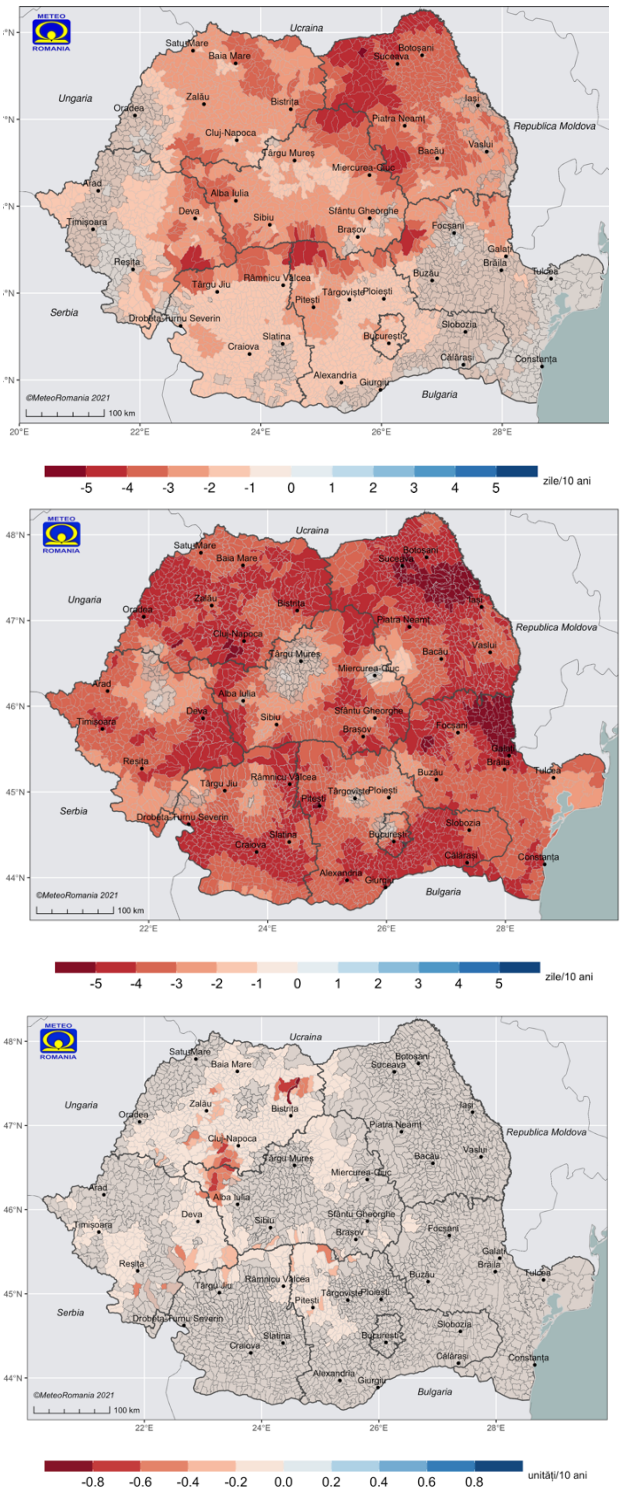


Fig. 2.3.2.2. Tendințe observate în frecvența zilelor de iarnă (sus), cu îngheț (centru) și a duratei valurilor de frig (jos) în România în perioada 1961-2020.

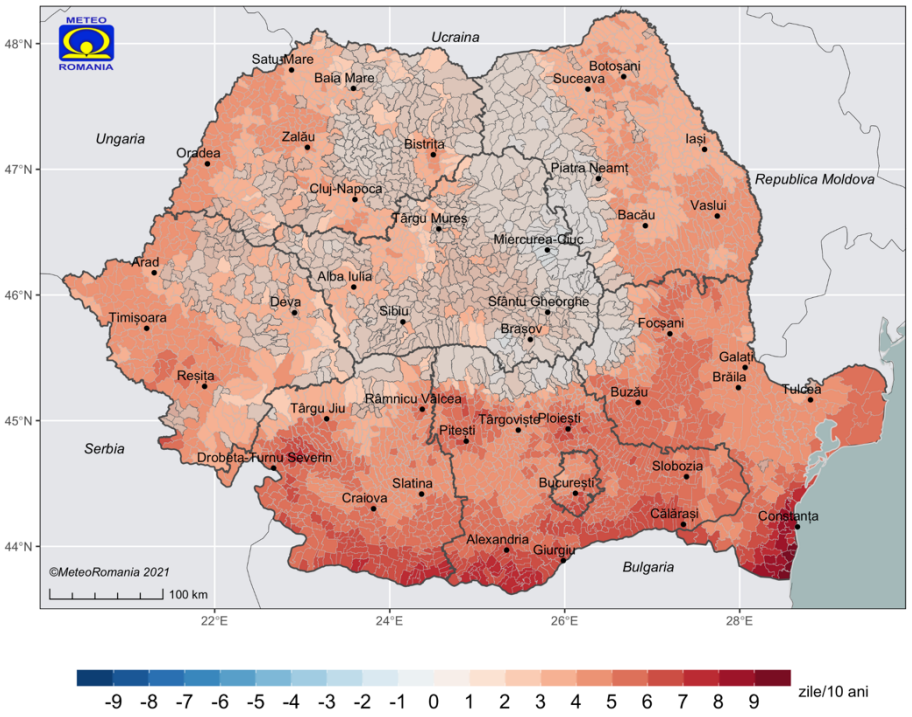


Fig. 2.3.2.3. Tendințe observate în durata sezonului de vegetație în România în perioada 1961-2020.

Din punct de vedere pluviometric, tendințele observate în indicatorii climatici sectoriali selectați nu prezintă o importanță deosebită pentru acest sector prioritar de activitate din România, mai ales din punct de vedere al evoluției observate a **cantităților anuale de precipitații**. În acest caz, se observă un regim relativ stabil, cu schimbări slabe și în mare parte lipsite de semnificație statistică în majoritatea regiunilor țării. Excepțional, pentru unele areale (UAT) izolate din cadrul regiunilor Centru (jud. Covasna) și Sud-Est (jud. Tulcea), reprezentând sub 1% din totalul UAT-urilor la nivel național, au fost observate tendințe semnificative de scădere a cantităților anuale de precipitații, cu 12 până la 20 mm/deceniu, în timp ce în unele areale din regiunile Centru (jud. Alba), Sud-Est (jud. Constanța), Nord-Est (jud. Bacău) și mai ales Nord-Vest (jud. Sălaj, Satu Mare, Bihor, Maramureș și Cluj), s-au observat creșteri semnificative ale parametrului cu 12 până la 24 mm/deceniu.

Pe fondul tendințelor actuale de evoluție a cantităților anuale de precipitații, **frecvența precipitațiilor extreme din punct de vedere cantitativ** (zile cu precipitații de cel puțin 20 mm), relevante din punct de vedere al torențialității precipitațiilor, indică un semnal climatic de creștere în majoritatea regiunilor, chiar dacă semnificația statistică asociată este limitată la mai puțin de 10% din UAT-urile existente la nivel național. În medie, creșterile observate la nivelul regiunilor de dezvoltare variază de la mai puțin de 0,1 zile/deceniu în regiunea Sud-Vest la circa 0,2 zile/deceniu în regiunile Nord-Est, Sud-Vest și Nord-Vest.Cu toate acestea, tendințele observate la nivel local (UAT) indică creșteri mai mari de frecvență, conform unor pante ce pot depăși 0,6-0,7 zile/deceniu în regiuni precum cele de Sud-Vest și Nord-Vest. Tendința de creștere a frecvenței zilelor cu precipitații abundente poate aduce un plus de semnificație pentru sectorul *Biodiversitate*, din perspectiva expunerii ecosistemelor naturale terestre la riscul de producere a inundațiilor și viiturilor rapide, în special în unele areale de podiș și dealuri submontane (Podișul Moldovei, Dealurile de Vest), în unele areale montane din Carpații Orientali (ex. Munții Maramureșului) sau din Câmpia Română (ex. Câmpia Olteniei).

Stratul de zăpadă sezonier se numără printre cei mai importanți factori climatici care guvernează condițiile ecologice ale multor ecosisteme terestre. Pierderea stratului izolator de zăpadă odată cu creșterea temperaturii poate afecta fundamental atât ecosistemele naturale (ex. pe cele din habitatele prioritare alpine și subalpine, alcătuite din specii vegetale și animale, dintre care multe

relictare, care trăiesc în condițiile unui climat aspru), cât și pe cele artificiale (ex. al plantelor agricole cultivate). Conform datelor satelitare înregistrate cu senzorul MODIS în perioada 2000-2021, în medie, acoperirea solului cu strat de zăpadă începe în luna octombrie de la valori mai mici de 10% în toate regiunile, atingând un maxim în luna ianuarie (62-73%), scăzând ulterior din nou, până în ultima lună de primăvară sub 3 (Tabel 2.3.2.1). Intervalul cu acoperire maximă a solului cu zăpadă corespunde lunilor de iarnă calendaristică (50%-72%) în toate regiunile. La nivel local, ponderea suprafețelor acoperite cu zăpadă poate fi maximă încă din a doua decadă a lunii octombrie (regiunea Vest) până în a treia decadă a lunii aprilie sau chiar mai (regiunea Nord-Est).

Tabelul 2.3.2.1. Variația acoperirii medii lunare cu zăpadă a solului în intervalul 2000-2021 la nivelul regiunilor de dezvoltare din România.

Regiunea de dezvoltare	Oct	Noi	Dec	Ian	Feb	Mar	Apr	Mai
București-Ilfov	9,2	17,5	50,8	73,4	68,0	51,9	1,7	1,5
Centru	6,7	23,8	55,3	64,4	59,8	42,7	0,6	2,8
Nord-Est	8,9	28,7	57,2	68,6	65,5	57,6	2,8	2,5
Nord-Vest	6,0	23,5	48,1	61,6	61,3	46,0	5,1	3,0
Sud	5,4	20,1	53,4	71,4	66,7	43,0	4,6	2,2
Sud-Est	3,1	13,4	44,9	61,1	57,2	36,7	17,3	2,3
Sud-Vest	3,9	22,2	55,2	70,4	68,0	43,1	2,8	1,9
Vest	5,5	11,2	40,9	51,0	55,3	35,1	5,9	2,7

Pentru o serie de fenomene care pot, de asemenea, afecta sectorul *Biodiversitate* și anume fenomenele de viscol și vijelii, rezultatele analizelor de tendință nu sunt concludente și nu evidențiază o tendință semnificativă de evoluție a frecvenței. Aceste fenomene au o frecvență anuală redusă care nu depășește 15 zile/an în cazul viscolului și 10 zile/an în cazul vijeliilor. Pentru exemplificare, numărul mediu anual decenal de zile cu fenomene de viscol nu prezintă nici o tendință de evoluție la nivel național. Frecvența fenomenului a fost maximă în timpul deceniului 1961-1970 îndeosebi în regiunile Centru, Nord-Est și Nord-Vest unde în medie s-au înregistrat peste 10 zile/an. În restul deceniilor, aceasta a rămas mai mai mică de 2-3 zile/an în toate regiunile. În ultimul deceniu al perioadei, se observă o creștere slabă a frecvenței fenomenului în toate regiunile țării, în special în cele de Nord-Est și Sud-Est, suprapus arealelor extracarpatice în cadrul cărora se întrunesc printre cele mai favorabile condiții pentru producerea acestui fenomen.

O imagine de ansamblu asupra tendințelor medii regionale observate în evoluția indicatorilor climatici cu relevanță pentru sectorul *Biodiversitate* în România (1961-2020) este oferită în cadrul Tabelului 2.3.2.2.

Tabelul 2.3.2.2. Tendințe medii decenale (unitate/deceniu) observate în evoluția indicatorilor climatici cu relevanțăpentru sectorul *Biodiversitate* (1961-2020).

Indicatori sectoriali	Regiuni de dezvoltare							
	București-Ilfov	Centru	Nord-Est	Nord-Vest	Sud	Sud-Est	Sud-Vest	Vest
SU (zile)	**4,68**	**5,44**	**5,84**	**5,99**	**5,47**	**5,84**	**4,66**	**4,99**
HWF-TX90 (cazuri)[6]	**3,4**	**3,3**	**3,1**	**3,5**	**3,3**	**3,7**	**2,8**	**2,8**
HWD-TX90 (zile)	**0,56**	**0,63**	**0,49**	**0,75**	**0,65**	**0,85**	**0,67**	**0,59**
HWM-TX90 (°C)	**0,27**	**0,29**	**0,28**	**0,30**	0,27	0,23	0,17	**0,31**
CSDI (zile)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

[6] Pentru sectorul *Biodiversitate*, valurile de căldură au fost definite pe baza valorilor temperaturii maxime în raport cu valoarea percentilei de 90% (vezi Raport 2).

FD (zile)	**-3,26**	**-3,06**	**-4,26**	**-4,02**	**-3,56**	**-4,02**	**-3,77**	**-3,37**
ID (zile)	-1,80	**-2,50**	**-3,28**	**-2,31**	-1,77	-1,53	-1,66	-1,66
GSL (zile)	**5,22**	2,41	**3,63**	**3,25**	**5,22**	**4,98**	**5,12**	**3,82**
PRCPTOT (mm)	6,76	5,92	4,87	10,10	6,49	3,84	2,15	4,75
R20mm (zile)	0,14	0,11	0,17	0,19	0,14	0,08	0,19	0,18

Bold roșu: tendință de creștere semnificativ statistică la nivel regional[7] pentru pragul de 95%.
Bold albastru: tendință de scădere semnificativ statistică la nivel regional pentru pragul de 95%.

Indicele de acoperire foliară (LAI) este un indicator ce poate fi folosit ca element reprezentativ al biodiversității asociate structurilor vegetale. Deoarece LAI este un indicator al sănătății ecosistemelor, valorile ridicate ale LAI pot indica, o biodiversitate crescută. Se pot identifica astfel de zone prielnice sau zone fierbinți ale biodiversității, în zonele carpatice și subcarpatice, exemple pregnante fiind în zona parcurilor naturale ale Carașului ori Apusenilor, unde valorile LAI sunt mult mai ridicate decât mediile (Tab. 2.3.2.3), aceste zone fiind primele trei la nivel național pentru luna iunie când maximele LAI se ating în regimurile naturale. Dobrogea reprezintă o situație deosebită (chiar dacă este una din cele mai bogate regiuni ale țării ca și număr de specii) fiind des afectată de episoade cu un disconfort termic continuu, fapt regăsit în valorile foarte scăzute ale LAI. La nivel de regiuni de dezvoltare sunt evidențiate atât începutul sezonului de vegetație (luna aprilie pentru toate regiunile), cât și sfârșitul acestuia (luna octombrie, cu excepția regiunilor București – Ilfov și de Sud-Est, unde sezonul de vegetație se încheie la finalul luni septembrie). Valorile medii ale LAI aferente UAT-urilor din Delta Dunării (unde biodiversitatea este cea mai ridicată din țară) sunt mult mai scăzute comparativ cu altele, datorită prezenței suprafețelor acvatice (Fig. 2.3.2.4)

Tabelul 2.3.2.3. Mediile multianuale LAI la nivel de regiune de dezvoltare (perioada 2015-2020).

Regiunea de dezvoltare	Ian	Feb	Mar	Apr	Mai	Iun	Iul	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
București-Ilfov	0,437	0,424	0,866	1,851	2,604	2,238	2,029	1,361	1,032	0,876	0,649	0,504
Centru	0,530	0,537	0,737	1,869	3,677	4,259	4,081	3,335	2,407	1,325	0,722	0,495
Nord-Est	0,442	0,407	0,615	1,543	2,872	3,326	3,265	2,477	1,676	1,023	0,591	0,458
Nord-Vest	0,487	0,479	0,697	1,830	3,558	3,972	3,785	3,032	2,182	1,275	0,698	0,521
Sud	0,470	0,491	0,961	2,111	3,184	3,116	2,936	2,147	1,539	1,014	0,666	0,573
Sud-Est	0,415	0,397	0,766	1,663	2,606	2,622	2,494	1,764	1,228	0,804	0,551	0,469
Sud-Vest	0,392	0,437	0,840	2,166	3,454	3,282	2,985	2,338	1,738	1,065	0,570	0,447
Vest	0,475	0,511	0,875	2,273	3,869	2,932	3,676	3,036	2,248	1,267	0,656	0,516

[7] Semnificația statistică la nivel regional a tendințelor observate derivă din dominanța (peste 50%) pantelor cu semnificație statistică pentru pragul de 95% observate la nivel local (UAT) din cadrul fiecărei regiuni de dezvoltare.

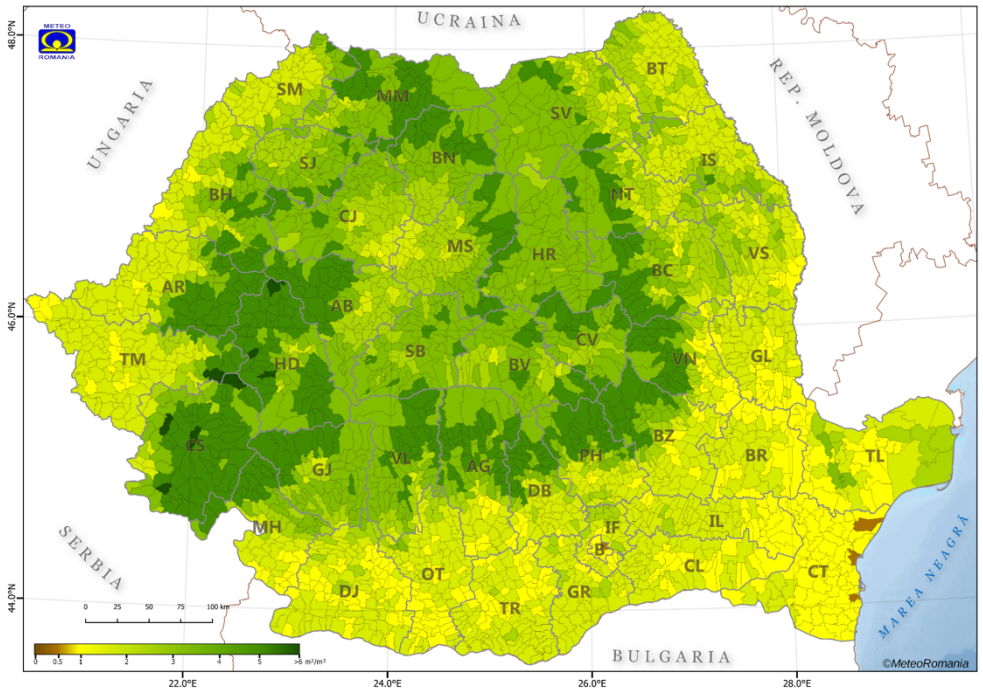


Fig. 2.3.2.4. Variația la nivelul decadei a doua a lunii iunie aferent LAI la nivel de UAT. Medie multi-anuală pentru perioada 2015-2020.

2.3.3. Energie

Pentru acest sector au fost analizați indicatori care denotă efortul energetic necesar încălzirii clădirilor (HDD) în sezonul rece sau al răcirii lor (CDD) în sezonul cald, astfel încât temperatura să atingă un prag optim.

Indicele HDD prezintă o tendință negativă semnificativă pentru intervalul 1961-2020 pentru toate regiunile de dezvoltare, ceea ce corespunde cu un efort redus de încălzire al clădirilor în timpul sezonului rece datorită creșterii temperaturii medii zilnice (Fig. 2.3.1.1). Cea mai accentuată schimbare înregistrată pentru perioada 1961-2020 este specifică regiunii Nord-Vest, cu o medie de -87,2 unități/deceniu, urmată de Nord-Est (-84,5 unități/deceniu). București-Ilfov prezintă cea mai redusă schimbare, de aproximativ -62,8 unități/deceniu. Din punct de vedere a distribuției spațiale, cele mai reduse schimbări sunt specifice UAT-urilor din estul Munteniei, nordul Dobrogei, Oltenia și centrul Transilvaniei.

Indicele CDD prezintă tendințe semnificative pentru toate regiunile țării. Astfel, cea mai mare schimbare se observă în regiunea București-Ilfov, cu o pantă medie de 25,1 unități/deceniu. În schimb, regiunea Centru prezintă tendințe semnificative la aproximativ 97% din UAT-urile încadrate, însă cu o valoare medie a pantei de 3,9 unități/deceniu, aceasta fiind regiunea cu cele mai reduse modificări apărute în intervalul 1961-2020 (Fig. 2.3.1.1).

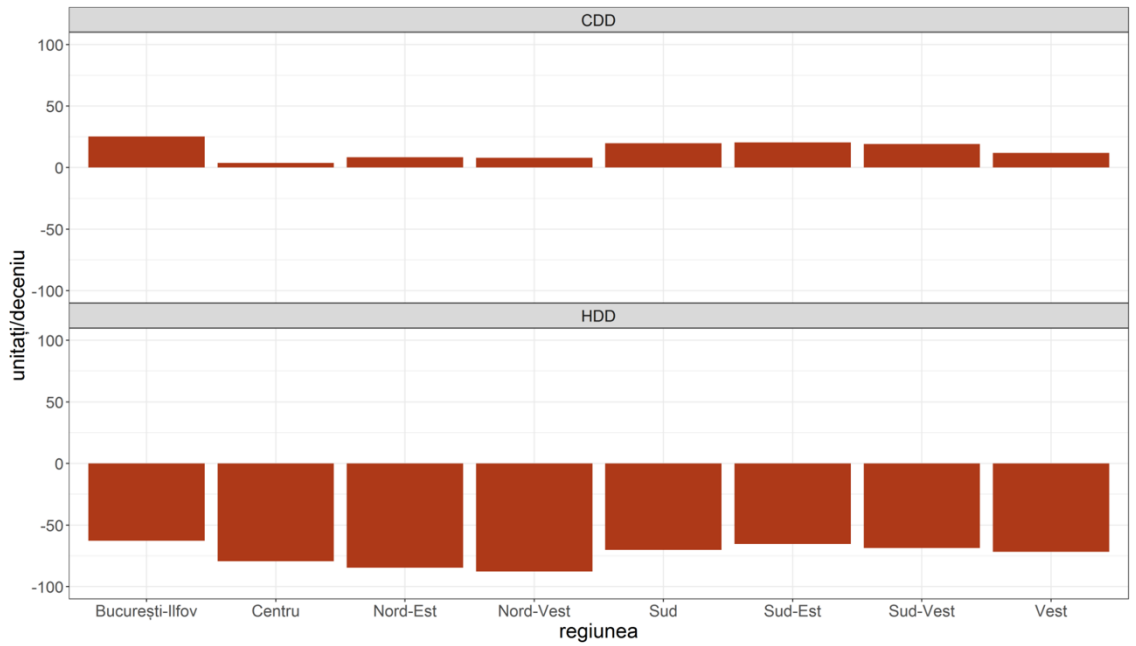


Fig. 2.3.1.1. Panta tendinței medii pentru regiunile de dezvoltare din România, în cazul indicilor CDD și HDD (1961-2020).

Numărul zilelor cu viscol arată o frecvență mai mare pentru deceniul 1961-1970 (de aproximativ 4 zile/anotimp în cazul regiunii București-Ilfov sau 15 zile pentru Centru) pentru toate regiunile țării. În această perioadă au fost înregistrate și cele mai multe fenomene de acest fel pentru toate regiunile, frecvența zilelor cu viscol fiind mai redusă ulterior. În regiunea de dezvoltare Centru s-au înregistrat cele mai multe zile cu astfel de fenomen (în medie 5 zile/deceniu). Cu toate că frecvența cea mai mare pentru acest fenomen a fost înregistrată în perioada 1961-1970, se remarcă o creștere constantă la nivel decenal pentru frecvența acestui parametru (Fig. 2.3.1.2).

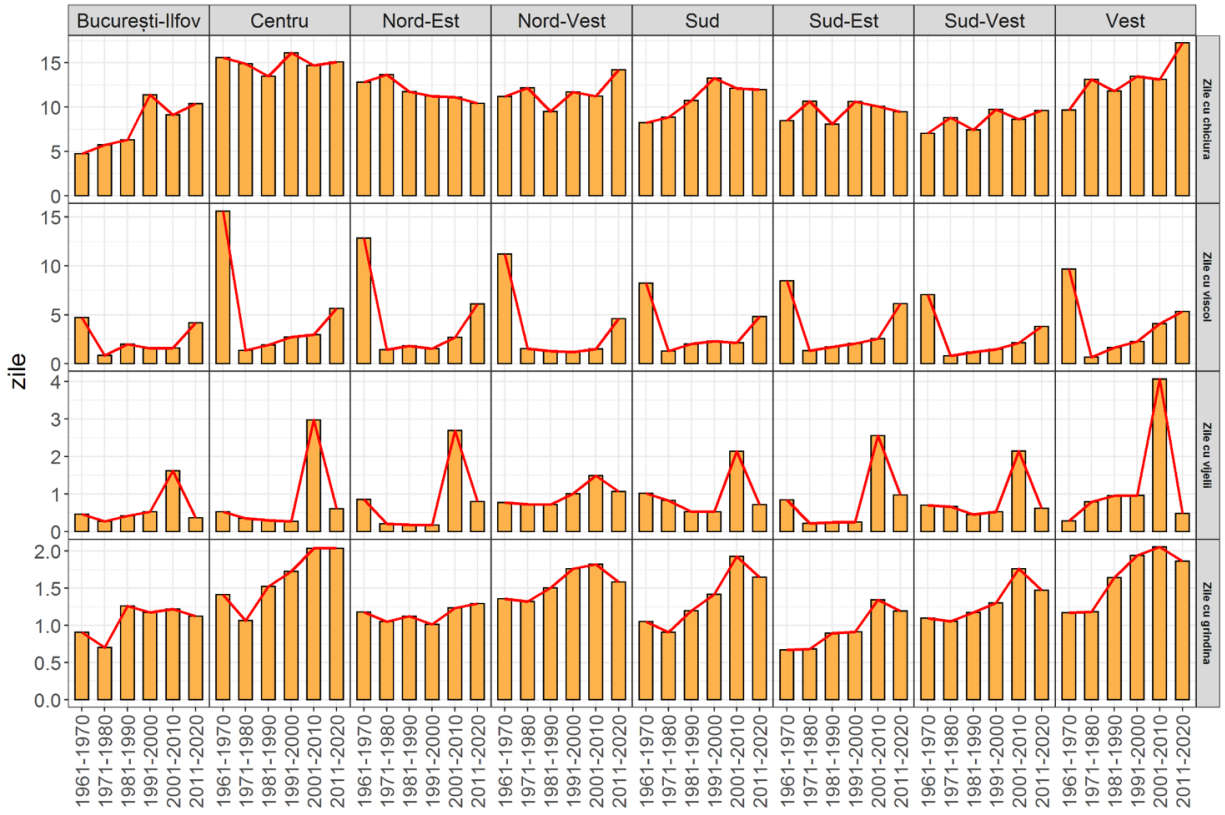


Fig. 2.3.1.2. Frecvența unor fenomene meteorologice care pot afecta sectorul *Energie* (chiciură, viscol, vijelii, grindină) pentru perioada 1961-2020.

Numărul zilelor cu chiciură arată o creștere vizibilă pentru regiunile București-Ilfov, Sud, Sud-Vest și Vest în ultimele decenii. Ca exemplu, pentru regiunea de dezvoltare Vest, media anuală pentru perioada 1961-1970 a fost de 9,7 zile, aceasta ajungând la 17,2 zile pentru perioada 2011-2020. O tendință ușoară de scădere în ultimele decenii este prezentă în regiunea Nord-Est (de la 12,8 zile pentru perioada 1961-1970 la 10,4 zile pentru 2011-2020) (Fig. 2.3.1.2).

Numărul zilelor cu grindină a crescut de asemenea în mai multe regiuni în ultimele decenii. Cea mai mare frecvență a acestui fenomen este înregistrată în regiunea de dezvoltare Centru. Astfel, între 1961 și 1970 se înregistrau în medie aproximativ 1,4 zile/an, însă în ultimul deceniu, se observă o creștere la 2 zile/an (Fig. 2.3.1.2). Cele mai multe regiuni au înregistrat în perioada 2001-2010 cea mai mare frecvență a acestui fenomen.

Numărul zilelor cu vijelii nu arată o evoluție foarte bine conturată în timp, ci doar un maxim atins în perioada 2001-2010 pentru toate regiunile. Cea mai mare frecvență pentru această perioada a fost specifică regiunii de dezvoltare Vest, când media anuală a frecvenței acestui fenomen a fost de 4 zile/an (Fig. 2.3.1.2).

Indicele SPEI prezintă o tendință semnificativă negativă (ceea ce denotă o accentuare a fenomenului de secetă) preponderent în zona extracarpatică (Fig. 2.3.1.2). Din păcate, această tendință se manifestă mai pregnant tocmai în regiunile care erau deja afectate de acest fenomen.

2.3.4. Managementul resurselor de apă

Indicatorii climatici din domeniul managementului resurselor de apă se referă în primul rând la resursele de apă provenite din precipitații. Astfel, cantitatea anuală de precipitații arată o creștere, însă aceasta este semnificativă statistic în mai puțin de 3% din UAT-uri, în regiunile Centru, Nord-Vest și Sud-Est.

Tendințele în **numărul de zile cu precipitații foarte abundente** (peste 20 mm) arată creșteri semnificative statistic în peste 10% din unitățile administrativ-teritoriale (Fig. 2.3.4.1). Totuși, aceste creșteri sunt relativ minore (de până la o zi în plus pe parcursul a 20 de ani).

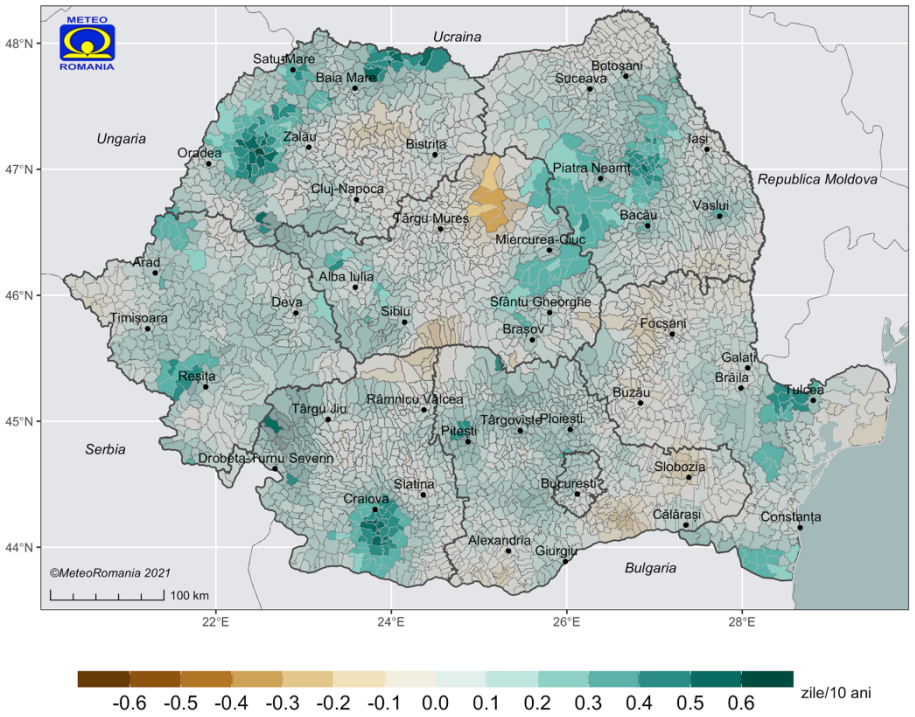


Fig. 2.3.4.1. Tendințele în numărul de zile cu precipitații foarte abundente (>20 mm) în perioada 1961-2020 la nivel de UAT.

Temperatura medie a aerului prezintă tendințe exclusiv de creștere, aceste tendințe fiind semnificative statistic în toată țara, observându-se o concentrare mare a anomaliilor termice pozitive în ultimele două decenii ale perioadei analizate (Fig. 2.3.4.2).

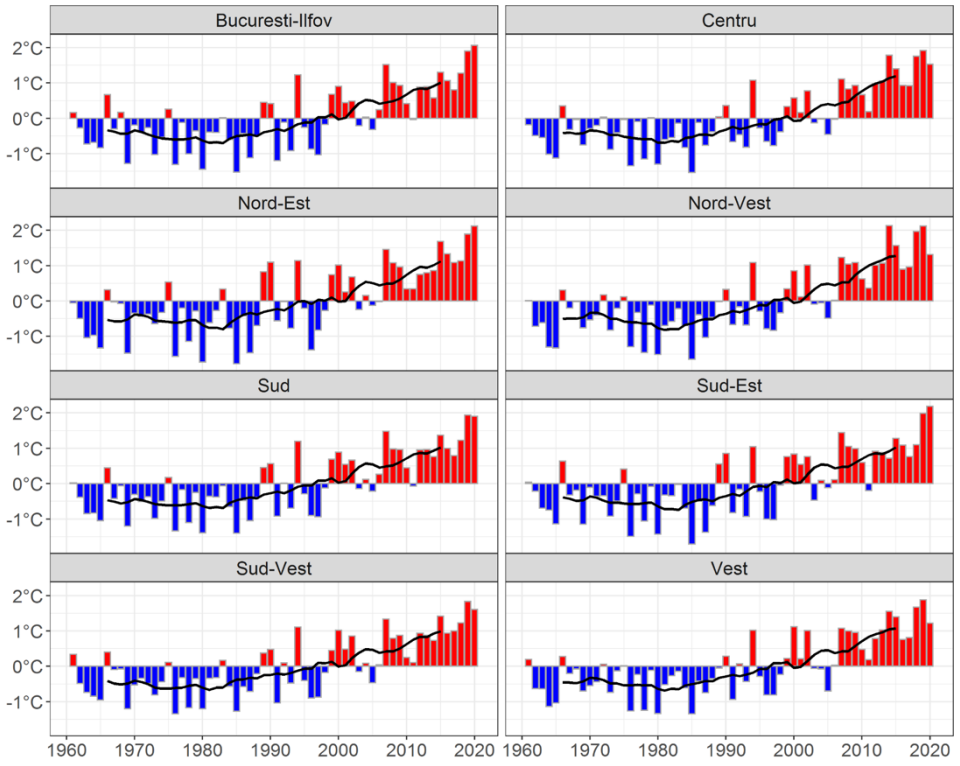


Fig. 2.3.4.2. Variabilitatea anomaliilor termice pe regiuni de dezvoltare în perioada 1961-2020. Linia neagră reprezintă media glisantă calculată pe un interval de 11 ani.

Numărul maxim de zile consecutive fără precipitații (<1,0 mm) prezintă tendințe semnificative de creștere în sudul Olteniei (Fig. 2.3.4.3).

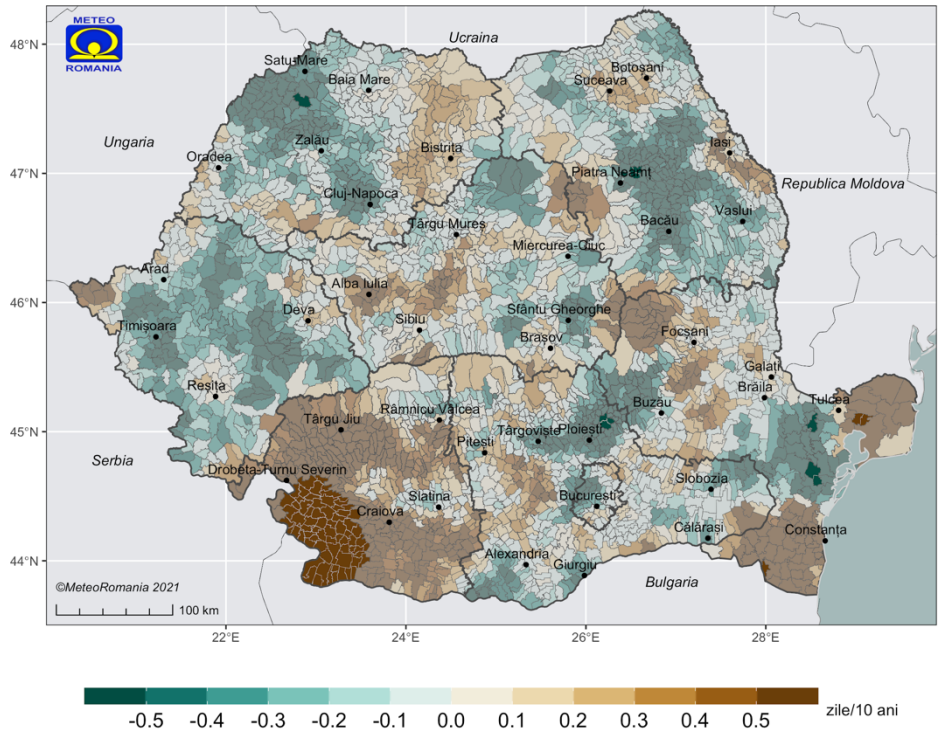


Fig. 2.3.4.3. Tendințe în numărul maxim de zile consecutive fără precipitații (CDD) în perioada 1961–2020.

Indicii de **secetă** SPI (*Standardised Precipitation Index*) și SPEI (*Standardised Precipitation Evapotranspiration Index*) prezintă rezultate diferite. Ambii indici prezintă tendințe semnificative

într-un procent mic de UAT-uri (sub 4%, respectiv sub 6%), însă panta tendinței diferă: SPI prezintă în ansamblu o ușoară creștere, i.e., o diminuare a secetei (Fig. 2.3.4.4), pe când SPEI indică o accentuare a secetei, în special în zona extracarpatică (Fig. 2.3.4.5). De menționat că rezultatele acestor indicatori nu sunt relevante în zonele umede (de exemplu, Delta Dunării).

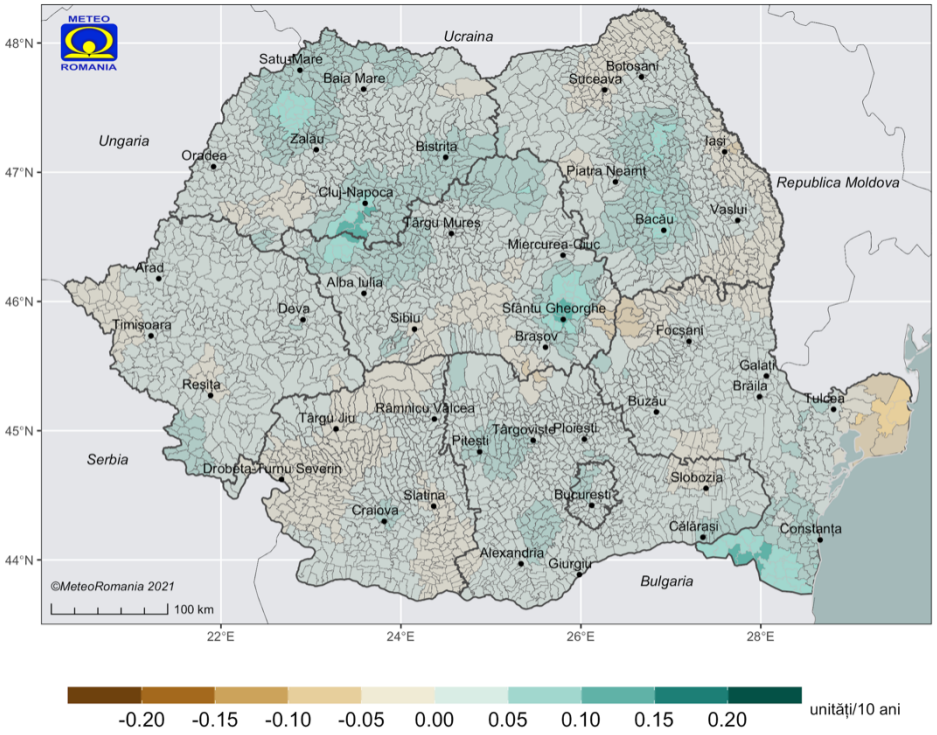


Fig. 2.3.4.4. Tendința indicelui de secetă SPI pentru intervalul 1961–2020.

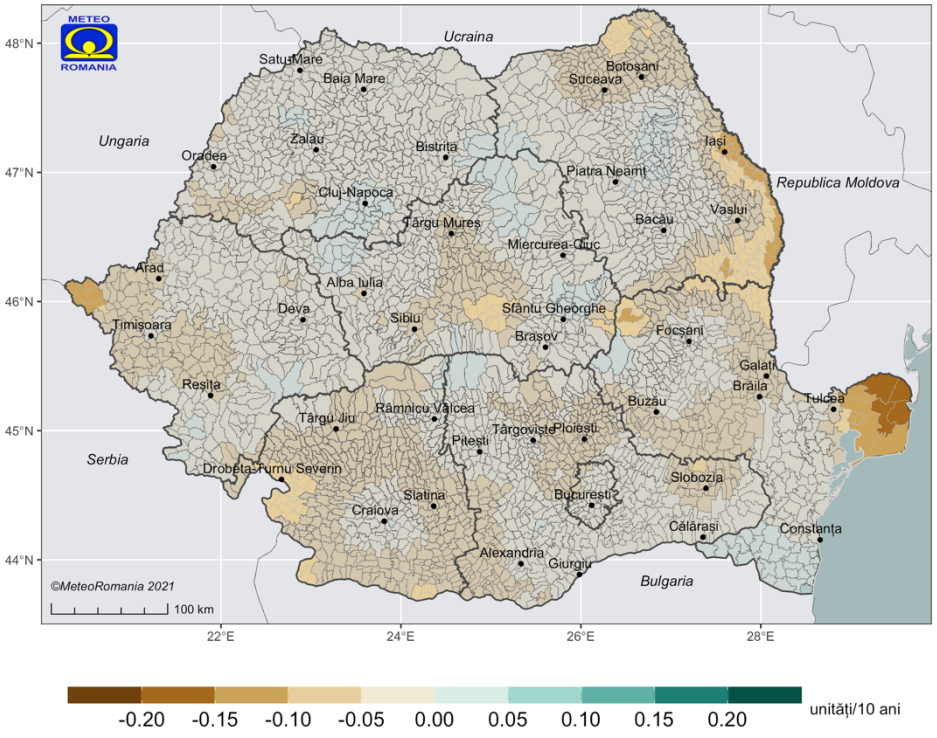


Fig. 2.3.4.5. Tendința indicelui de secetă SPEI pentru intervalul 1961–2020.

Rezultatele sus menționate sunt în concordanță cu studiile privind evoluția regimului natural al debitelor din România în ultimele decenii (Bîrsan et al. 2012, 2014; Ioniț et al 2014; Bîrsan 2015; Ioniță 2015), care indică schimbări semnificative, și anume: (1) scăderi în debitele medii lunare la sfârșitul primăverii și începutul verii; (2) creșteri în debitele medii lunare la sfârșitul toamnei și în lunile de iarnă. Debitele medii sezoniere prezintă tendințe mixte atât iarna, cât și primăvara. Vara, există exclusiv tendințe de scădere, iar toamna, de creștere.

Umiditatea solului evidențiată de **Soil Water Index** (SWI) este relevantă pentru managementul resurselor de apă din două puncte de vedere principale: gestionarea resurselor de apă din irigații și gestionarea inundațiilor. O umiditate scăzută în sol în zonele agricole poate determina o creștere a necesității de apă din irigații, iar o umiditate crescută la care se adaugă o cantitate mare de precipitații poate determina excesul de umiditate în sol sau inundații. Umiditatea medie a solului în România conform indicelui SWI din perioada 2015-2020 este de 0,57 m^3/m^3 la adâncimile de 5 cm. Cele mai mari valori sunt înregistrate în regiunea Centru (0,62 m^3/m^3), iar cele mai mici în regiunile București-Ilfov (0,52 m^3/m^3) și Sud (0,53 m^3/m^3). Precum în cazul precipitațiilor și în cazul umidității solului din SWI există două maxime și două minime (Fig. 2.3.4.6). Maximul principal în majoritatea regiunilor este în perioada de iarnă-primăvară, iar minimul principal este în perioada vară-toamnă.

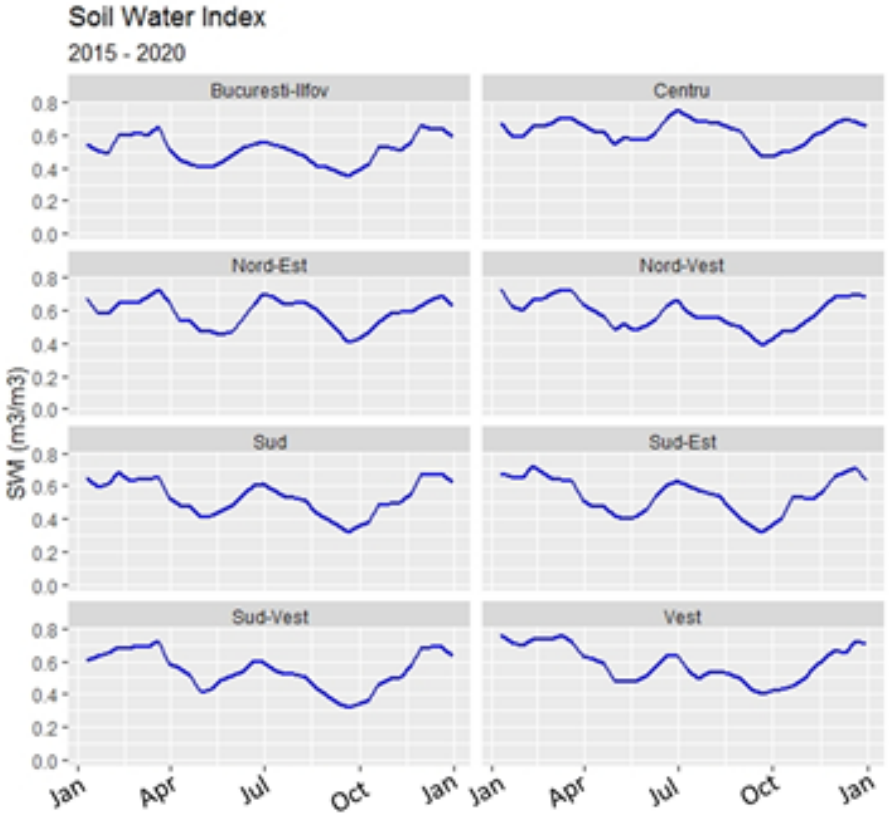


Fig. 2.3.4.6. Umiditatea solului conform indicelui SWI (Soil Water Index) la adâncimea de 5 cm (2015-2020).

Indicele de Severitate a Secetei (DSI), a fost calculat pentru suprafețele agricole din România din perioada 2001-2020. Acesta a indicat diferențe între prima decadă (2001-2010) și a doua (2011-2020) în ceea ce privește necesarul de apă ca urmare a producerii fenomenului de secetă. S-a observat o creștere a necesarului de apă în a doua jumătate a sezonului cald (iulie-septembrie) în perioada 2011-2020 (Fig. 2.3.4.7).

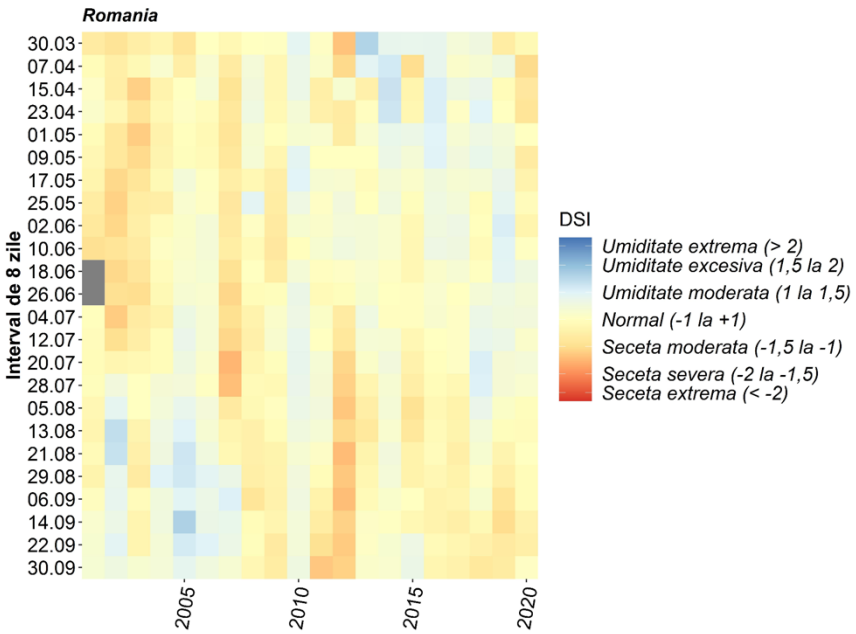


Fig. 2.3.4.7. Indicele de Severitate a Secetei pentru suprafețele agricole din România.

2.3.5. Silvicultură

Tendința de încălzire observată în România și incidența în creștere a episoadelor de căldură excesivă și persistentă (valuri de căldură), în relație cu modificările observate în regimul anual al precipitațiilor (creșteri sau scăderi cantitative), pot produce efecte adverse asupra vegetației forestiere existente în unele regiuni, prin expunerea acesteia la uscare (în special în regiunile afectate concomitent de încălzire și deficit pluviometric) și la boli/dăunători, contribuind totodată și la scăderea productivității.

Tendința de evoluție a **duratei valurilor de căldură**[8] evidențiază o amplificare semnificativă statistic a stresului termic bioclimatic asupra vegetației forestiere din toate regiunile țării. Creșterile medii estimate în durata anuală a valurilor de căldură pentru perioada 1961-2020 sunt de 1-2 zile în regiunile București-Centru, Nord-Est, Sud și Sud-Est și depășesc 2 zile în regiunile Centru, Sud-Vest și Vest, cu un maxim în cea de Nord-Vest (2,7 zile/deceniu). Cu toate acestea, la nivel local (UAT), creșterile observate pot fi mult mai importante, de 4-5 zile, o situație observată în 20 de UAT-uri (circa 1% din numărul total al UAT-urilor la nivel național) din cadrul regiunilor Centru și Nord-Vest, suprapus unor areale din cadrul Podișului Transilvaniei și Munților Apuseni, care cuprind areale extinse cu vegetație forestieră. Alte regiuni cu creșteri importante (3-4 zile/deceniu) au fost observate în Munții Banatului, Rodnei, Retezat, precum și în Delta Dunării, cu potențial de a produce efecte asupra ecosistemelor vegetale forestiere din cadrul ariilor naturale protejate, inclusiv și asupra celor din cadrul rezervațiilor biosferei (Fig. 2.3.5.1). Procesul actual de încălzire observat la nivel național este susținut într-o mică măsură de tendințele observate în evoluția **duratei anuale a valurilor de frig**, nesemnificative statistic în majoritatea UAT-urilor. Deși slab reprezentate la nivel național, cu o pondere de circa 22%, scăderile semnificative statistic observate în durata anuală a valurilor de frig sunt puțin importante, fiind în general mai mici de 1 zi/deceniu, cu un maxim de numai 0,83 zile/deceniu în cadrul regiunii de Nord-Vest (respectiv în nordul Podișului Transilvaniei).

[8] Pentru acest sector, durata anuală a valurilor de căldură este definită ca durata totală a episoadelor de cel puțin 6 zile consecutive în care temperaturile maxime zilnice depășesc valoarea percentilei de 90 (calculată în ferestre de timp de 5 zile pentru perioada de referință 1961-1990).

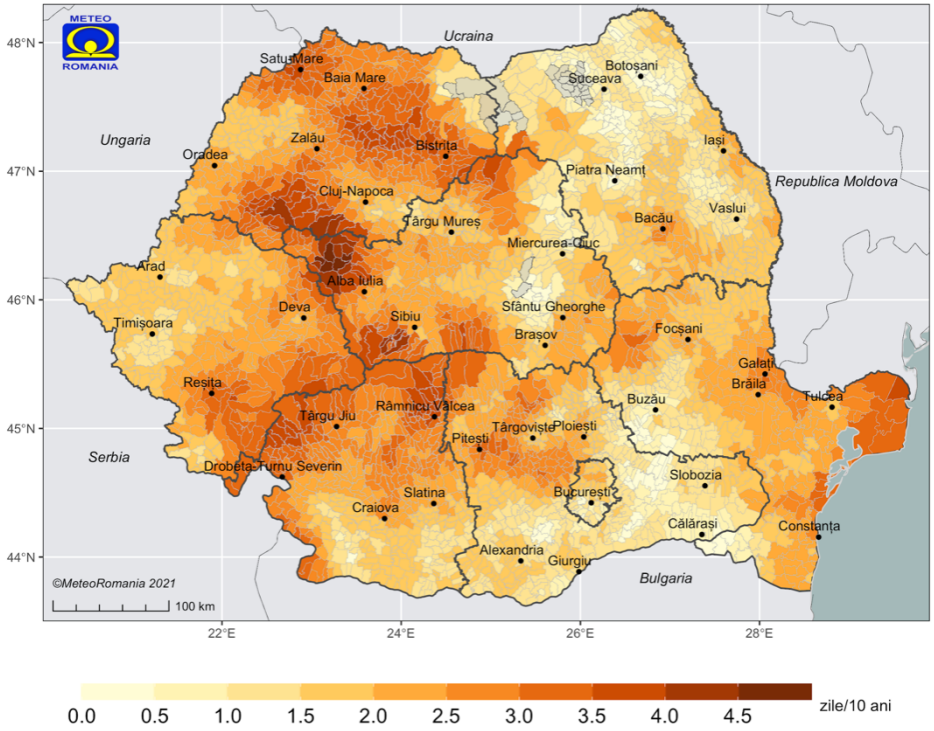


Fig. 2.3.5.1. Tendințe observate (zile/deceniu) în durata anuală a valurilor de căldură în România în perioada 1961-2020.

Ca și în cazul sectorului *Biodiversitate*, o consecință directă a tendinței observate de încălzire o constituie **creșterea duratei sezonului climatic de vegetație**, în medie cu până la circa 5 zile/deceniu, în unele regiuni de dezvoltare precum București-Ilfov și Sud (5,2 zile/deceniu), Sud-Vest (5,1 zile/deceniu) și Sud (5,0 zile/deceniu). Local (la nivel de UAT), în cadrul unor regiuni, creșterile observate pot ajunge la 8-10 zile/deceniu (Sud-Est și Sud-Vest).

Fenomenul de secetă evidențiat prin intermediul unor indici climatici specializați precum *Indicele Standardizat de Precipitații* (SPI) și *Indicele Standardizat de Precipitații-Evapotranpirație* (SPEI) nu relevă o tendință de evoluție robustă la nivel național. Cu toate acestea, la nivel sezonier (pentru pasul de timp de trei luni consecutive, cu relevanță în principal pentru fenomenul de secetă meteorologică) ambii indici prezintă tendințe semnificative într-un procent mic de UAT-uri (sub 4%, respectiv sub 6%), panta tendinței SPI evidențiind în ansamblu o ușoară creștere corespunzătoare unei tendințe de diminuare a secetei, pe când cea a indicelui SPEI indicând o tendință opusă, de accentuare a secetei, în special în zona extracarpatică.

Arealele forestiere din România ar putea fi expuse unui risc în creștere de producere al inundațiilor și viiturilor rapide, datorită creșterilor observate în **frecvența zilelor cu precipitații abundente** (de cel puțin 20 mm) în majoritatea regiunilor, chiar dacă din punct de vedere statistic, ponderea cazurilor (UAT-urilor) rămâne limitată la nivel național la sub 10%. Areale forestiere potențial expuse sunt cele din cadrul regiunilor de podiș și dealuri submontane (Podișul Moldovei, Dealurile de Vest), din Carpații Orientali (ex. Munții Maramureșului) sau din Câmpia Română (ex. Câmpia Olteniei).În medie, creșterile observate la nivelul regiunilor de dezvoltare variază de la mai puțin de 0,1 zile/deceniu în regiunea Sud-Vest la circa 0,2 zile/deceniu în regiunile Nord-Est, Sud-Vest și Nord-Vest, dar local aceste creșteri decenale pot depăși 0,6-0,7 zile în unele regiuni precum Sud-Vest și Nord-Vest.

Tendințele de evoluție ale **vitezei vântului** și în special a vitezei maxime a acestuia prezintă relevanță pentru expunerea vegetației forestiere la riscul de doborâturi de vânt, în cadrul episoadelor de intensificări puternice de vânt, asociate frecvent sistemelor convective din timpul semestrului cald al anului. Evoluția vitezei maxime anuale a vântului relevă schimbări majore, sugerând o

tendință generalizată de scădere a acestui risc la nivel național, mai consistentă în cadrul regiunilor extracarpatice, în Carpații Meridionali, Orientali (incluzând Carpații de Curbură) și Munții Apuseni, cu până la 1 m/s / deceniu. Regional, cele mai mari scăderi în viteza maximă a vântului sunt observate în cadrul regiunilor Centru (0,94 m/s / deceniu) și de Sud-Est (0,98 m/s / deceniu). Acest semnal climatic de scădere dominant la nivelul tuturor regiunilor țării, este relevant pentru sectorul *Silvicultură*, sugerând o expunere mai mică (în scădere) a riscului de producere a doborâturilor de vânt, diminuând implicit pierderile economice în acest sector de activitate.

Analiza frecvenței altor fenomene periculoase, care pot afecta vegetația forestieră (**polei, grindină, averse de ninsoare**) nu prezintă schimbări notabile de la un deceniu în majoritatea regiunilor țării cu excepția regiunilor București-Ilfov, Sud și Sud-Vest în cazul poleiului, Centru în cazul grindinei unde se observă o ușoară tendință de creștere spre finalul perioadei de analiză, precum și Centru, Nord-Est, Nord-Vest și Vest unde frecvența anuală a zilelor cu averse de ninsoare este în scădere către sfârșitul perioadei (Fig. 2.2.5.2).

	Polei						Grindină						Averse de ninsoare						
	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020	
București-Ilfov	3.6	1.9	3.9	2.9	2.3	5.3	0.9	0.7	1.3	1.2	1.2	1.1	2.3	3.3	3.3	1.6	1.9	2.0	București-Ilfov
Centru	1.9	1.7	1.6	2.1	2.1	2.0	1.4	1.1	1.5	1.7	2.0	2.0	10.3	15.2	11.7	8.9	6.6	4.8	Centru
Nord-Est	3.8	3.7	3.8	4.3	2.9	3.4	1.2	1.1	1.1	1.0	1.2	1.3	5.0	8.2	7.9	3.8	3.9	2.6	Nord-Est
Nord-Vest	1.6	1.9	2.4	2.3	2.2	1.9	1.4	1.3	1.5	1.8	1.8	1.6	9.2	13.1	8.7	7.3	5.3	4.8	Nord-Vest
Sud	3.1	2.2	3.8	3.6	2.7	4.2	1.1	0.9	1.2	1.4	1.9	1.6	3.6	3.6	3.4	3.3	3.4	3.4	Sud
Sud-Est	3.2	2.7	3.3	4.0	2.8	4.3	0.7	0.7	0.9	0.9	1.3	1.2	2.5	3.8	3.2	1.9	2.6	1.9	Sud-Est
Sud-Vest	2.7	2.1	3.1	2.4	1.8	2.4	1.1	1.1	1.2	1.3	1.8	1.5	3.0	4.6	3.5	2.4	2.2	2.0	Sud-Vest
Vest	1.0	2.2	2.4	2.3	2.0	2.4	1.2	1.2	1.6	1.9	2.1	1.9	4.6	7.6	6.9	4.5	3.8	3.5	Vest

Fig. 2.2.5.2. Variația decenală a numărului mediu anual de zile cu polei, grindină și averse de ninsoare în regiunile de dezvoltare ale României.

Indicele de acoperire foliară (LAI) este un excelent indicator al calității ecosistemelor forestiere, acesta reflectând în mod direct gradul de dezvoltare al coronamentului, influențat de temperatura aerului, retenția apei dar și pierderea acesteia prin evaporare.

Valorile LAI ridicate, înregistrate în zona Carpatică, sunt o consecință a tendințelor pozitive crescute ale precipitațiilor în aceste zone. Acest fapt este datorat puternicului efect respondent al indicelui la concentrația de clorofilă din arbori la apa pe care o primește în mod natural. Chiar dacă există zone forestiere răspândite la nivelul altor UAT-uri situate la deal și câmpie, acestea au o suprafață mai mică, și prin urmare ponderea acestora în determinarea valorilor LAI este redusă.

În ceea ce privește tendința indicelui LAI pentru suprafețele forestiere la nivelul regiunilor de dezvoltare, se constată faptul că în majoritatea cazurilor se înregistrează o ușoară tendință de creștere a LAI, mai ales în a doua parte a sezonului vegetativ (august-septembrie). Cele mai ridicate valori ale tendinței sunt la nivelul regiunii Sud-Vest (2,60), iar cele mai reduse în regiunea București-Ilfov (1,84), (Tabel 2.3.5.1.). Din intervalul analizat se remarcă intervalul 5-12 august, testul Mann-Kendall statistic prezentând valori cuprinse între 2,39 (regiunea București-Ilfov) și 3,84 (regiunea Centru), cu semnificații statistice ridicate (99,9 confidență), în zonele forestiere comparativ cu zonele agricole în care tendința este negativă (Fig. 2.2.5.2.).

Tabelul 2.3.5.1. Tendința indicelui de acoperire foliară conform testului Mann-Kendall și panta Sen calculate pentru suprafețele forestiere din regiunile de dezvoltare (2000-2020)

Interval	n	București-Ilfov			Centru			Nord-Est			Nord-Vest			Sud			Sud-Est			Sud-Vest			Vest		
		Z	Sig.	Q	Z	Sig.	Q	Z	Sig.	Q	Z	Sig.	Q	Z	Sig.	Q	Z	Sig.	Q	Z	Sig.	Q	Z	Sig.	Q
30.03 - 06.04	21	2,57	*	0,02	1,54		0,01	1,66	+	0,01	0,94		0,01	2,33	*	0,01	2,57	*	0,01	1,3		0,01	0,57		0
07.04 - 14.04	21	1,6		0,03	3,05	**	0,03	2,2	*	0,03	2,08	*	0,02	2,02	*	0,03	2,02	*	0,02	1,72	+	0,02	2,45	*	0,03
15.04 - 22.04	21	3,71	***	0,08	1,66	+	0,02	0,57		0,01	1,78	+	0,05	2,69	**	0,04	1,72	+	0,03	2,51	*	0,05	1,6		0,04
23.04 - 30.04	21	2,26	*	0,08	1,84	+	0,04	1,66	+	0,04	1,72	+	0,03	2,57	*	0,08	2,33	*	0,07	2,81	**	0,06	1,36		0,04
01.05 - 08.05	21	1,24		0,03	-1,06		-0,03	-1,12		-0,03	-0,94		-0,03	-0,39		-0,01	-0,33		-0,01	0,27		0	-1,06		-0,04
09.05 - 16.05	21	0,15		0	-0,33		-0,01	-0,27		-0,01	0,33		0	-1,3		-0,03	-0,03		0	-0,39		-0,01	-0,39		-0,01
17.05 - 24.05	21	1,36		0,02	0,09		0.00	0,75		0,01	1,18		0,02	-0,63		-0,01	-0,33		-0,01	0,57		0,02	0,15		0
25.05 - 01.06	21	1,12		0,02	-0,69		-0,02	-0,15		-0,01	-0,82		-0,02	-0,03		0	-0,27		-0,01	-0,15		-0,01	-1.00		-0,02
02.06 - 09.06	21	0,51		0,01	0.00		0.00	0,94		0,02	0,75		0,03	0,57		0,01	0,75		0,01	0,15		0,01	-0,45		-0,01
10.06 - 17.06	21	1,36		0,02	-0,39		-0,01	-0,15		0.00	-0,39		0	-0,21		0	0,03		0	0,57		0,01	-1,12		-0,02
18.06 - 25.06	20	0,68		0,01	-0,75		-0,02	-0,62		-0,01	-1,14		-0,02	-0,03		0	0,1		0	0.00		0	-1,4		-0,02
26.06 - 03.07	20	1,78	+	0,05	0,55		0,02	1,27		0,03	1,33		0,02	0,23		0,01	1,01		0,02	1,2		0,02	0,55		0,01
04.07 - 11.07	21	0,88		0,01	0,69		0,01	0,33		0,01	1.00		0,02	0,27		0	0.00		0	1,42		0,02	1,36		0,01
12.07 - 19.07	21	0,94		0,01	0,39		0,01	0,15		0.00	-0,15		-0,01	0,15		0,01	1,78	+	0,02	1,6		0,02	0,21		0,01
20.07 - 27.07	21	1,48		0,03	0,75		0,02	0,15		0.00	1,06		0,02	1,54		0,02	1,24		0,02	1,36		0,02	0,88		0,02
28.07 - 04.08	21	1,6		0,02	1,78	+	0,03	1,36		0,02	1,6		0,03	1,06		0,02	1,54		0,02	1,3		0,02	1,66	+	0,02
05.08 - 12.08	21	2,39	*	0,05	3,84	***	0,06	3,11	**	0,06	3,59	***	0,06	2,75	**	0,05	2,99	**	0,06	3,29	**	0,05	2,81	**	0,05
13.08 - 20.08	20	-0,81		-0,02	0,75		0,01	0,16		0.00	1,01		0,02	0,23		0,01	0,16		0	1,4		0,03	1,78	+	0,03
21.08 - 28.08	21	-0,03		0	0,94		0,01	0,75		0,01	1,06		0,02	1,3		0,02	0,94		0,01	1,96	*	0,02	1,78	+	0,02
29.08 - 05.09	21	0.00		0	2,75	**	0,05	2,14	*	0,04	2,2	*	0,04	2,93	**	0,04	2,87	**	0,05	3,59	***	0,05	3,23	**	0,05
06.09 - 13.09	21	-0,45		-0,01	1,3		0,03	1,48		0,04	0,45		0,02	0,69		0,02	1,12		0,03	1,3		0,03	0,94		0,02
14.09 - 21.09	21	-1,72	+	-0,02	2,69	**	0,05	2,2	*	0,04	2,57	*	0,05	1,54		0,03	1,48		0,03	2,39	*	0,03	2,57	*	0,03
22.09 - 29.09	21	0,09		0	0,88		0,01	1,18		0,03	1,18		0,03	0,69		0,02	1.00		0,02	1,3		0,04	0,15		0,01
30.09 - 07.10	21	-0,45		-0,01	1,18		0,03	1,54		0,02	1,06		0,02	1,66	+	0,03	1,54		0,02	2,57	*	0,03	1,06		0,03

Z - tendința MannKendal, Sig- semnificația statistică, Q - panta Sen, n - numărul de ani, *** α = 0,001 nivel de semnificație statistică, ** α = 0,01 nivel de semnificație statistică, * α = 0,05 nivel de semnificație statistică, + α = 0,1 nivel de semnificație statistică.

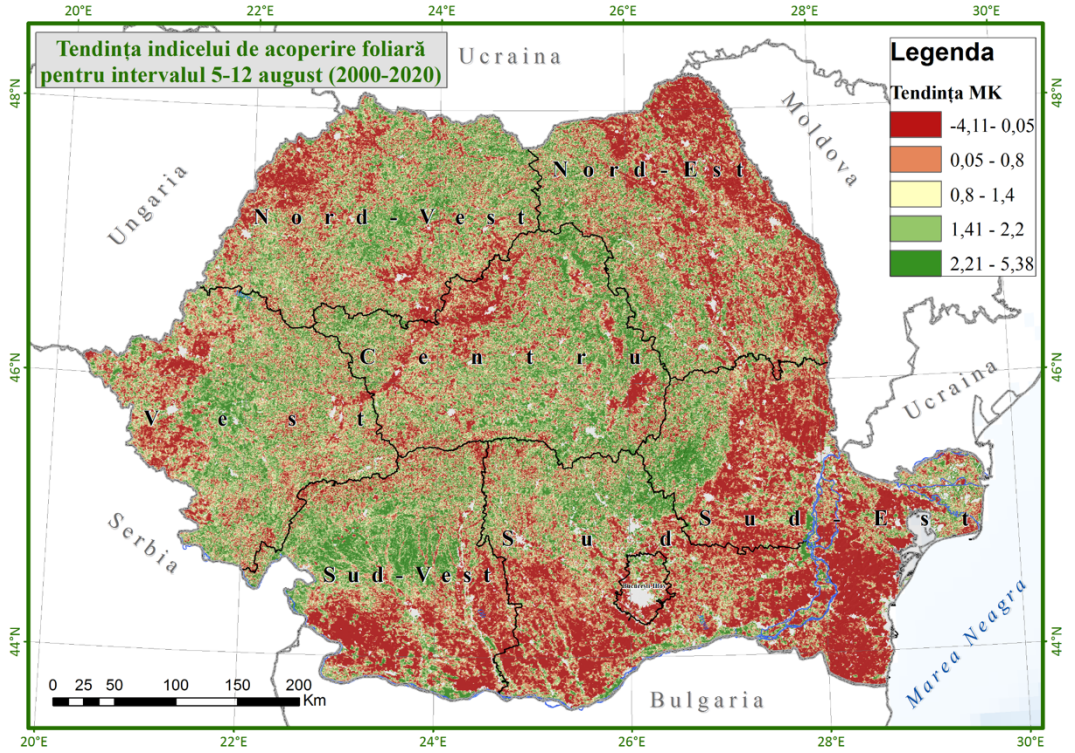


Fig. 2.2.5.2. Tendința conform testului Mann-Kendall a indicelui de acoperire foliară pentru intervalul 5-12 august în perioada 2000-2020.

2.3.6. Sănătate publică

Pentru sectorul sănătății publice, au fost considerați relevanți indicatori climatici precum cei din tabelul 2.3.6.1 ce se referă la valurile de căldură (HWA, HWD, HWF, HWM), la care au fost adaugate variabilele climatice temperatura minima (Tnm) și maximă (TXM) și indicatorul de confort termic (ITU). Acești indicatori și cele două variabile climatice sunt relevanți/e și pentru alte sectoare.

Tabelul 2.3.6.1. Tendințe medii (unitate/deceniu) observate în evoluția indicatorilor climatici cu relevanță pentru sectorul *Sănătate*.

Indicatori climatici sectoriali	Bucureşti-Ilfov	Centru	Nord-Est	Nord-Vest	Sud	Sud-Est	Sud-Vest	Vest
HWA-TX90	**0,56**	**0,63**	**0,60**	**0,77**	**0,55**	**0,62**	0,36	**0,59**
HWF-TX90	**3,40**	**3,30**	**3.10**	**3,50**	**3,30**	**3,70**	**2,80**	**2,80**
HWD-TX90	**0,56**	**0,63**	**0,49**	**0,75**	**0,65**	**0,85**	**0,67**	**0,59**
HWM-TX90	**0,27**	**0,29**	**0,28**	**0,30**	0,27	0,23	0,17	0,31
Tnm	**0,23**	**0,29**	**0,31**	**0,32**	**0,27**	**0,29**	**0,24**	**0,26**
TXM	**0,39**	**0,37**	**0,40**	**0,41**	**0,41**	**0,37**	**0,39**	**0,37**

Bold roșu: tendință de creștere semnificativ statistică la nivel regional pentru pragul de 95%.

Tabelul 2.3.6.2. Numărul de zile (unitate/deceniu) observate în cu indicatorul de confort termic (ITU) egal sau mai mare de 80 de unități.

ITU Perioadă	Bucureşti-Ilfov	Centru	Nord-Est	Nord-Vest	Sud	Sud-Est	Sud-Vest	Vest
2001-2010	15,26	5,55	6,73	7,36	11,79	12,00	11,31	10,76
2011-2019	15,80	5,43	6,63	5,98	12,31	11,33	11,30	8,87

Pentru majoritatea regiunilor de dezvoltare, indicatorii referitori la durata, frecvența și amplitudinea valurilor de căldură au tendințe crescătoare semnificative statistic. Tendințele de creștere ale temperaturilor minime și maxime observate sunt semnificative statistic pentru toate regiunile de dezvoltare (Tabel 2.3.6.1). Numărul de zile (unitate/deceniu) observate având indicatorul de confort termic (ITU) egal sau mai mare de 80 de unități este ilustrat pentru regiunile de dezvoltare ale României în Tabel 2.3.6.2. În clima prezentă, indicatorul acesta relevă un maxim în sudul extrem al României. Stresul termic observat, asociat acestor tendințe climatice, este în creștere, ceea ce poate afecta sănătatea publică fie prin impactul asupra morbidității și mortalității legate de boli cronice cardio-vasculare și de vârstă, fie prin asociațiile condițiilor termice cu habitatul și ciclul de viață al unor vectori pentru anumiți agenți patogeni (de exemplu, țânțari ce transportă virusul West Nile) sau al modificării sezonalității alergenilor (Bojariu și colab., 2021).

Un indicator specific sectorului de sănătate publică este mortalitatea atribuibilă factorului termic (pentru perioadele reci și calde ale anului). Metodologia pentru investigarea relației statistice între mortalitatea zilnică și temperatura medie zilnică a aerului se bazează pe un model de regresie generalizat non-liniar care ține cont de efectul întârziat asupra mortalității pentru intervale de timp de până la 3 săptămâni (Gasparrini și Leone, 2014). Pe baza valorilor asocierii dintre mortalitate și temperatură este identificată temperatura specifică mortalității minime (Tmm) care este folosită ca valoare prag pentru a diferenția între contribuția temperaturilor peste Tmm (domeniul cald) și sub Tmm (domeniul rece) din totalul deceselor atribuite temperaturii aerului. Un astfel de model a fost

folosit pentru a estima rata de mortalitate decenală atribuibilă factorului termic atât pentru București cât și zona rurală ce înconjoară orașul (până la 50 Km), pentru perioada 1999-2019, pentru care au fost disponibile ratele zilnice ale mortalității asociate bolilor sistemului circulator (cele care conform studiilor medicale de până acum sunt mai afectate de stresul termic). Valorile estimate sunt prezentate în Tabelul 2.3.6.3.

Tabelul 2.3.6.3. Rata decenală a mortalității atribuibile factorului termic (numerele de decese pe deceniu pentru domeniul cald, rece) în perioada 1999-2019, pentru București și zona rurală înconjurătoare.

Domeniul termic	Număr de decese atribuibile domeniului cald (T > Tmm)	Număr de decese atribuibile domeniului rece (T < Tmm)
București	2824 (2382 - 3249)	18833 (13117 - 23934)
Regiunea rurală din jurul municipiului București	1048 (659 - 1399)	15638 (10650 - 20667)

Estimările sugerează că rata decenală de mortalitate atribuibilă factorului termic este de aproximativ 7 (15) ori mai mare pentru domeniul temperaturilor scăzute (T < Tmm) comparative cu cel al temperaturilor ridicate (T > Tmm) în București (zona rurală din apropiere). În clima prezentă, factorul de risc pentru populația cu boli ale sistemului circulator e mai mare în cazul temperaturilor din sezonul rece decât al celor din sezonul cald, atât în zona urbană cât și în cea rurală. Este interesant de menționat că acest semnal este relativ mai slab în zona urbană, probabil datorită prezenței insulei de căldură a orașului.

2.3.7. Transporturi

Primii indici analizați din cadrul acestui sector sunt cei referitori la durata (persistența) valurilor de frig. **Indicele de durată a valurilor de frig** (CSDI) prezintă puține modificări în cadrul tendinței pentru majoritatea regiunilor. Regiunea de dezvoltare Nord-Vest este singura care indică schimbări semnificative pe o suprafață mare (la aproximativ 66,8% din UAT-urile încadrate). În schimb, restul regiunilor nu prezintă tendințe semnificative la mai mult de 50% din UAT-uri, ceea ce arată o schimbare aproape neglijabilă a acestui parametru (Fig. 2.3.7.1).

Numărul zilelor de iarnă (ID) prezintă tendințe negative îndeosebi în jumătatea de nord a țării. Pentru regiunea București-Ilfov, valoarea medie a schimbărilor este de -1,8 zile/deceniu, tendința fiind semnificativă la toate UAT-urile încadrate. În ceea ce privește amplitudinea schimbării, cea mai mare scădere a numărului de zile cu îngheț pentru intervalul 1961-2020 este specifică regiunii Nord-Est (aproximativ -3,3 zile/deceniu), unde 92% din UAT-uri au înregistrat tendințe semnificative statistic, următoarea regiune fiind Centru (-2,5 zile/deceniu) pentru 96,6% din localități. Regiunea Sud-Est este singura regiune în care procentul localităților care au înregistrat modificări semnificative nu depășește 50%.

Indicele de durată a valurilor de căldură (WSDI) indică o creștere a persistenței valurilor caniculare pentru cea mai mare parte a țării. Regiunea București-Ilfov a înregistrat o creștere cu aproximativ 1,4 zile/deceniu a indicelui WSDI. Cea mai mare schimbare la nivel de regiune este specifică Nord-Vestului, unde valoarea medie indicată este de 2,7 zile/deceniu pentru majoritatea localităților incluse (peste 99%).

Numărul de zile caniculare (TXge35) arată cele mai mari schimbări în sudul României, îndeosebi în zona Olteniei și a localităților din sudul Munteniei. La nivel de regiune, cele mai schimbări sunt specifice zonei de dezvoltare București-Ilfov (aproximativ 1,2 zile/deceniu), valoare semnificativă pentru toate localitățile încadrate. Regiunea Sud arată o schimbare de 0,7 zile/deceniu pentru aproximativ 78,7% din localități în decursul intervalului 1961-2020. Cele mai reduse

schimbări din punct de vedere al magnitudinii sunt specifice localităților din regiunea Centru, unde valoarea medie a pantei este aproape 0 (fără semnificativitate).

Magnitudinea schimbărilor specifică temperaturii maxime zilnice poate fi estimată și din perspectiva indicatorului percentilei de 90% a șirului de date. Această valoare a crescut constant din 1960, cu aproximativ 2,1 pentru București-Ilfov. De asemenea, această creștere este specifică tuturor regiunilor de dezvoltare (inclusiv și localităților încadrate), fiind direct proporțională cu modificările apărute în cadrul tendinței temperaturii maxime zilnice.

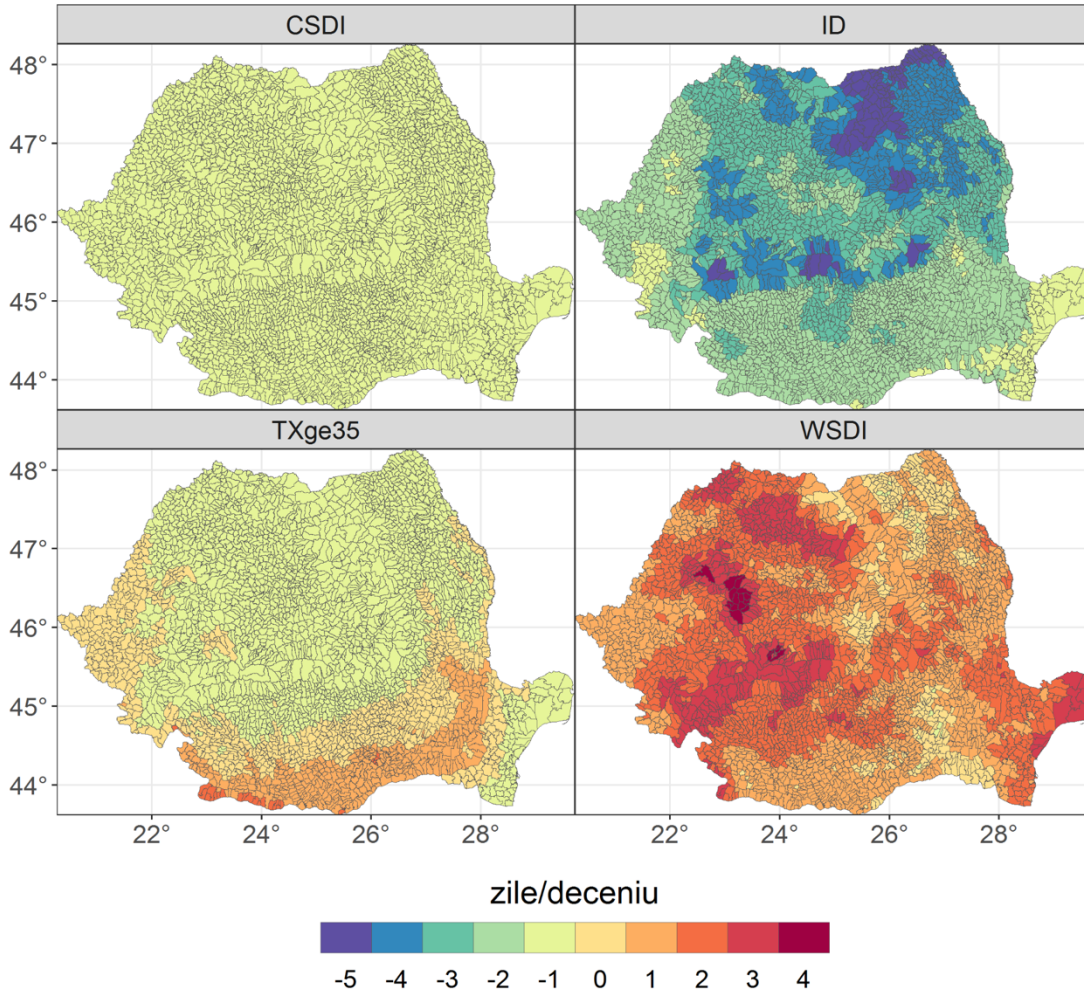


Fig. 2.3.7.1. Tendințele medii (exprimate în zile/deceniu) ale indicilor referitori la valurile de frig (sus) și de căldură (jos) observate pentru intervalul 1961-2020.

Un indice complementar care întregește imaginea expunerii la stres termic a activităților de transport îl constituie **numărul consecutiv de zile foarte calde și nopți foarte calde (TXdTNd)**, care prezintă în general o tendință slabă de scădere pentru toate regiunile și toate orizonturile de timp. Pentru regiunea București-Ilfov, se remarcă o creștere foarte slabă a numărului de evenimente pentru perioada 2021-2030 (pentru ambele scenarii climatice), în timp ce restul orizonturilor de timp arată abateri negative.

Numărul de zile cu precipitații foarte abundente indică puține modificări apărute în frecvență. Majoritatea UAT-urilor nu prezintă tendințe semnificative. Regiunile de Nord-Vest și Sud-Vest sunt singurele care indică o proporție mai însemnată a UAT-urilor cu tendințe semnificative (21,6% respectiv 10,9% din totalul localităților din cele două regiuni). Distribuția acestora conturează unele zone mai evidente în Oltenia, Maramureș și Banat ce arată modificări pozitive în frecvența acestor zile de până 0,6 zile/deceniu.

Numărul de zile cu rafale de vânt arată o creștere în majoritatea regiunilor de dezvoltare, în special în scenariul RCP 4.5. Pentru București-Ilfov, se estimează o creștere a zilelor cu rafale de vânt mai ridicată pentru orizontul 2041-2070 (cu aproximativ 0,12 zile peste media perioadei 1971-2000). Pentru RCP 8.5, este estimată o frecvență mai ridicată doar în cazul regiunii de dezvoltare Nord-Est (de până la 0,25 zile în plus în orizontul 2071-2100), aceasta fiind și singura regiune în care toate orizonturile de timp arată o creștere ușoară.

Numărul de zile cu averse de zăpadă prezintă abateri ușor pozitive pentru regiunea București-Ilfov în scenariul RCP 4.5 până la nivelul anului 2070, după care acestea scad spre 2100, deși valorile sunt foarte reduse (sub 0,1 zile). Scenariul RCP 8.5 arată doar valori negative ale acestui indicator în viitor pentru toate regiunile, cu toate că ecartul acestora este unul redus. O situație similară este indicată și de **numărul de zile cu viscol**, care nu indică mari modificări în comparație cu perioada de referință 1971-2000, singurele diferențe mai mari fiind specifice orizonturilor de timp superioare. RCP 4.5 arată anomalii negative slabe (sub -2 zile) în zona montană înaltă pentru orizontul de timp 2071-2100 în timp ce modificările în scenariul RCP 8.5 sunt mai vizibile pentru aceeași regiune (până la -3 zile).

Alte fenomene periculoase care pot afecta sectorul *Transport*, precum viscolul și vijeliile, nu prezintă tendințe de evoluție semnificative, prin frecvența redusă a acestor fenomene la nivel anual în decursul perioadei 1961-2020.

2.3.8. Turism și activități recreative

O parte din indicatorii relevanți pentru sectorul turistic sunt specifici și altor sectoare, fiind detaliați în secțiunile anterioare.

Semnalul încălzirii din ultimele decenii se reflectă în evoluția **duratei valurilor de frig** (CSDI), care prezintă tendințe semnificative de scădere în special în Regiunea de dezvoltare Nord-Vest (la peste două treimi din UAT-uri). Cu toate acestea, la nivelul întregii țări, majoritatea UAT-urilor nu prezintă schimbări. În schimb, **durata valurilor de căldură** (WSDI) este în creștere în aproape toată țara, sugerând o accentuare a disconfortului termic în sezonul cald la nivelul întregii Românii (Fig. 2.3.8.1).

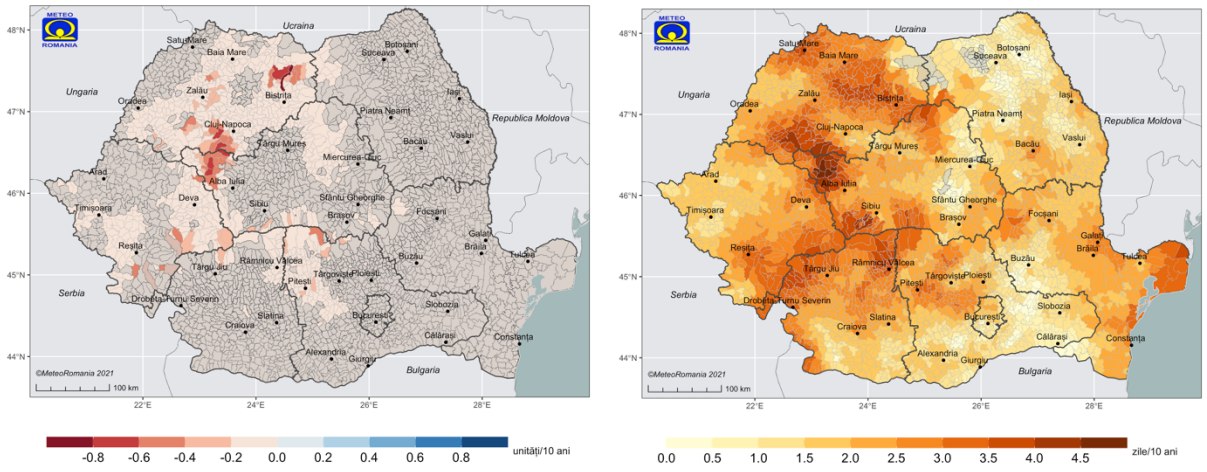


Fig. 2.3.8.1. Tendințe observate în durata valurilor de frig (stânga) și a valurilor de căldură (dreapta) la nivel de UAT (1961-2020).

Numărul de zile consecutive fără precipitații (CDD) nu prezintă schimbări semnificative pentru cea mai mare parte a țării (Tabel 2.3.8.1). Regiunea Sud-Vest este singura ce arată tendințe semnificative pozitive în cazul acestui parametru pentru aproximativ 15,6% din UAT-urile încadrate.

Tabelul 2.3.8.1. Tendințe observate (zile/deceniu) în evoluția indicatorului CDD la nivel regional pe teritoriul României.

Regiunea	Valoarea pantei (zile/deceniu)	% UAT-urilor cu tendințe de creștere	% UAT-urilor cu tendințe de scădere
Bucureşti-Ilfov	-0,17	0,00	100,00
Centru	0,01	0,00	100,00
Nord-Est	-0.19	0,54	99,46
Nord-Vest	-0,12	0,22	99,78
Sud	-0,10	0,53	99,47
Sud-Est	0,.08	1,54	98,46
Sud-Vest	0,.67	15,62	84,38
Vest	-0,21	0,00	100,00

Gradul de acoperire cu vegetație verde (GCI) este un indice dezvoltat special pentru a oferi informații de mediu, pentru zonele rurale. GCI ia în considerare doar vegetația naturală (păduri, parcuri etc.) din imediata vecinătate a localităților favorabile turismului rural. Zonele agricole nu sunt luate în considerare în cazul acestui indice. Informația oferită de acest indice pentru perioada istorică, pune în evidență apariția primelor frunze, dar și dezvoltarea vegetației naturale. Astfel, în Fig. 2.3.8.2, este prezentat un exemplu al acestui indice pentru perioada 2000-2018, pentru localitatea Sucevița, de unde reiese că vegetația naturală începe să se dezvolte începând cu a doua decadă a lunii aprilie și se încheie tot în a doua decadă, dar a lunii noiembrie. Clasa de verde (vegetație dezvoltată) este prezentă începând cu prima decadă a lunii mai și până în prima decada a lunii septembrie.

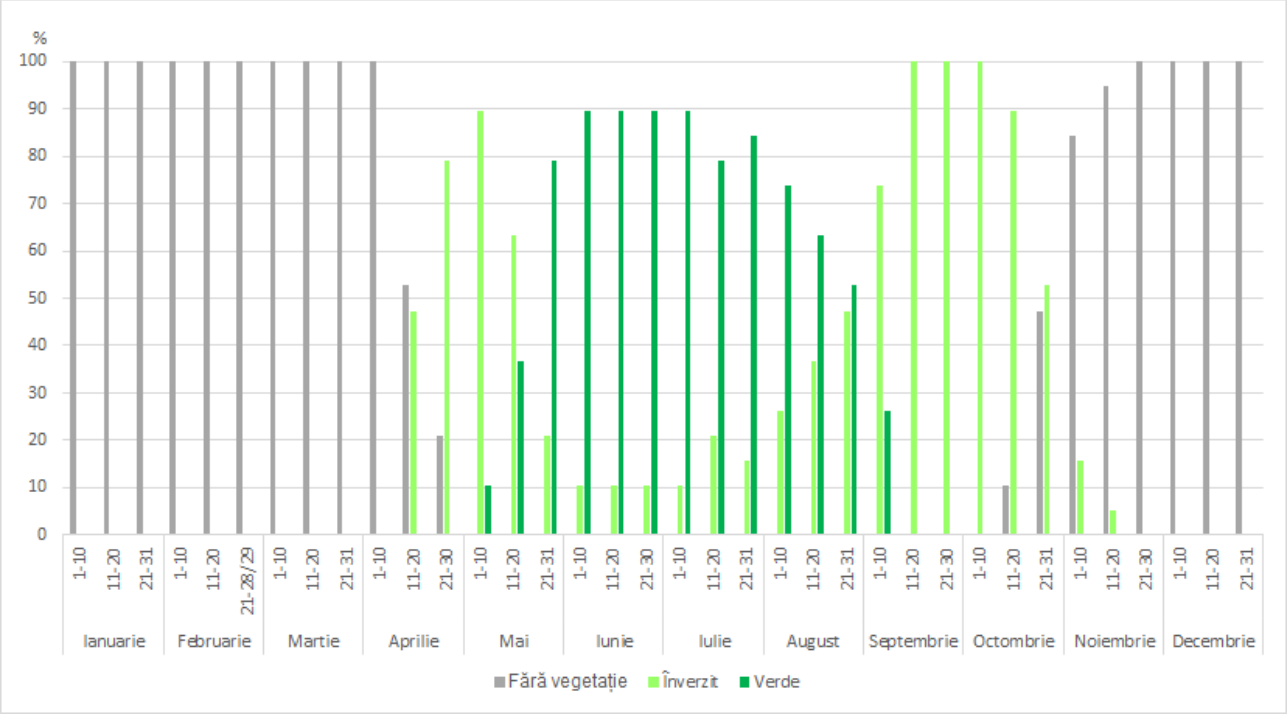


Fig. 2.3.8.2. Frecvența (%) claselor GCI pentru localitatea Sucevița, pentru perioada 2000-2018

Din punctul de vedere al **suprafeței acoperite cu zăpadă**, perioada cea mai favorabilă pentru practicarea sporturilor de iarnă este din a doua decadă a lunii decembrie până la mijlocul lunii februarie (Fig. 2.3.8.3). Atât numărul de zile cu averse de ninsoare, cât și numărul de zile cu viscol prezintă tendințe ușoare de scădere din 1961 până în prezent.

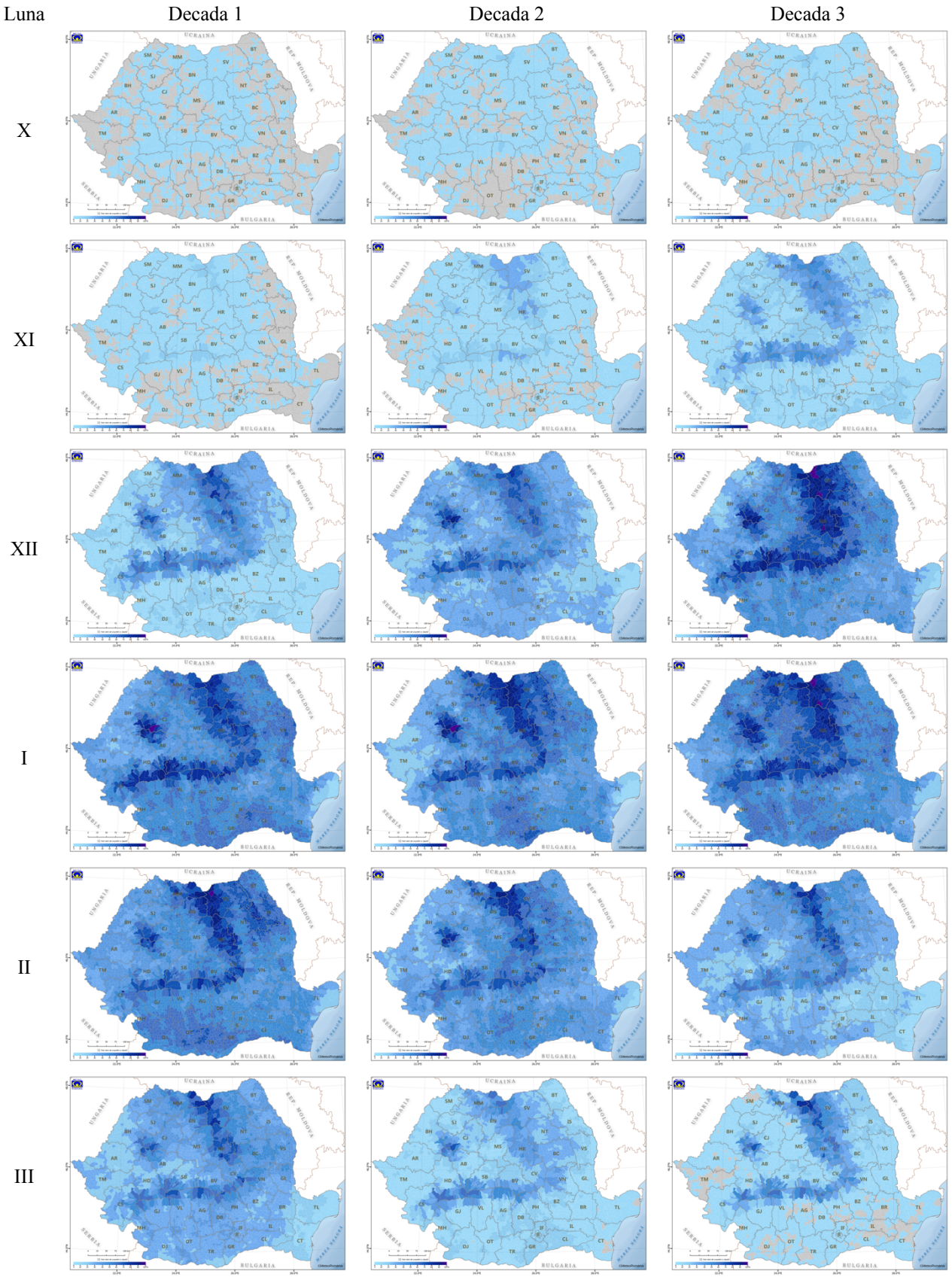


Fig. 2.3.8.3. Valoarea medie a suprafeței acoperite cu zăpadă la nivel de UAT în intervalul 2000–2020, pentru fiecare decadă din lunile octombrie – martie.

Data medie de producere a stratului de zăpadă continuu cu grosimea de cel puțin 30 cm[9], care permite practicarea activităților de schi, se produce mai devreme în prima jumătate a lunii ianuarie (1-15 martie) în unele județe precum Caraș-Severin, Hunedoara, Alba, Bihor, Maramureș, Bistrița-Năsăud și Suceava și mai târziu (16-31 ianuarie) în județele Cluj, Gorj, Sibiu, Brașov, Covasna, Prahova, cu cele mai timpurii date medii în județele Caraș-Severin și Vâlcea (6 ianuarie) și cel mai târziu în județul Harghita (6 februarie). În ceea ce privește **data medie de topire a stratului de zăpadă continuu** survine încă din prima parte a lunii martie (1-15 martie) în județele Hunedoara, Sibiu, Brașov, Covasna, Harghita, Cluj și Prahova sau mai târziu, în a doua jumătate a lunii martie (16-31 martie) în județele Bihor, Alba, Caraș-Severin, Vâlcea, Mureș, Bistrița-Năsăud, Maramureș, Suceava și Neamț. Între aceste date medii de producere și de topire, **durata medie a stratului de zăpadă continuu** favorabil practicării schiului poate avea în medie până la circa 60-70 de zile.

Numărul de zile cu **ceață** nu prezintă schimbări semnificative pe termen lung.

În privința **vijeliilor**, în perioada recentă se observă apariția acestora în regiuni noi care nu dețineau o cazuistică în acest sens, precum Nord-Vest, sudul regiunii Nord-Est și nordul regiunii Sud-Est (Fig. 2.3.8.4).

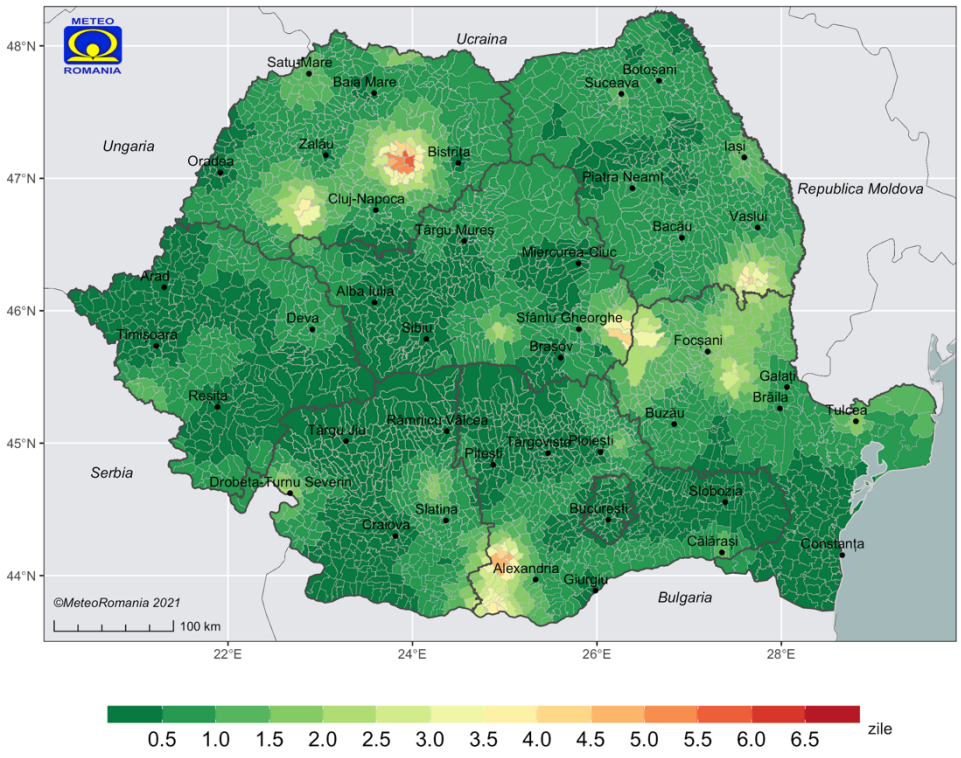


Fig. 2.3.8.4. Frecvența numărului de zile cu vijelii în perioada 2011-2020.

2.3.9. Urbanism și sisteme urbane

Pentru sectorul *Urbanism și sisteme urbane*, au fost considerați relevanți indicatori climatici precum cei din Tabelul 2.3.9.1 ce se referă la: valurile de căldură (HWD, HWF) și frig (CWF), extremele termice (TN10p, TR, Txg30), distribuția temporală a precipitațiilor (CDD, CWD), cantități de precipitații extreme (R20mm, R99p, Rx1day), indicatori pentru infrastructura de încălzire și răcire (Cdd_cold22, Hdd_heat15.5) la care au fost adăugați indicatori legați de variabilele climatice temperatura minima (TN10, TN90p) și maximă (Txg30). Valorile medii pe regiuni de dezvoltare ale indicatorilor din tabelul 2.3.9.1 au fost calculate folosind valorile pentru orașe și municipii din regiunile respective.

[9] Date calculate pe baza datelor istorice dintr-un ansamblu de modele globale și regionale pentru perioada 1971-2000, disponibile în Climate Data Store al Serviciului C3S al Copernicus.

În toate orașele din regiunile de dezvoltare, indicatorii referitori la durata și frecvența valurilor de căldură (HWD-TX90, HWF-TX90) au tendințe crescătoare semnificative statistic, în timp ce valurile de frig au frecvențe reduse (CWF), chiar dacă tendințele acestui indicator nu a atins pragul de semnificație statistică. Tendința de încălzire este relevantă pentru întreg teritoriul țării, așa cum este sugerat de tendințele de creștere ale numărului de zile cu valori ale temperaturii maxime mai mari de 30°C (Txg30), procentului de zile cu temperatura minimă mai mare decât valoarea percentilei 90 (T90p) și ale numărului de nopți tropicale (în acest caz, cu excepția regiunii Centru). De asemenea, indicatorii relevanți pentru cerința de energie pentru răcire (încălzire) prin climatizare, Cdd_cold22 (Hddheat15.5) au tendințe de creștere (reducere) semnificative statistic pentru toate regiunile de dezvoltare ale României. Valoarea cea mai mare pentru tendința de creștere a indicatorului de răcire (pentru a se ajunge la temperaturi optime din punct de vedere bioclimatic pentru populație) este estimată în regiunea București- Ilfov (acolo unde este localizată cea mai mare aglomerare urbană a României), iar valoarea cea mai mare pentru tendința de scădere a indicatorului de încălzire (pentru a se ajunge la temperaturi optime pentru populație) este prezentă în regiunea Nord-Vest, cu magnitudinile cele mai mari pentru orașele Bistrița (-103/deceniu), Sîngeorz Băi (-104/deceniu), Vișeul de Sus (-109/deceniu), Cavnic (-112/deceniu) și Borșa (-114/deceniu). În acest context, trebuie menționată și valoarea cea mai mare a tendinței de creștere pentru numărul de zile cu temperaturi de peste 30°C (Txg30) care se înregistrează în regiunea București-Ilfov. În Figura 2.3.9.1 se observă că tendințele de creștere ale acestui indicator sunt mai accentuate în orașele din sudul României, ceea ce atrage atenția asupra problemelor legate de stresul termic (cumulat cu efectele poluării locale, favorizate de temperaturile ridicate) asupra sănătății populației și infrastructurii relevante pentru gestionarea energiei electrice, resurselor de apă și sectorului de transport (e.g. starea asfaltului) din aglomerările urbane localizate în această regiune.

Pentru indicatorul privind frecvența valurilor de frig (CWF), există o tendință de scădere pe tot teritoriul României, dar fără să treacă, în general, de pragul de semnificație statistică. Semnalul este cel mai puternic în regiunile de dezvoltare Nord-Est, Nord-Vest și Vest, iar printre orașele și municipiile unde tendința de reducere a frecvenței valurilor de frig trece pragul de semnificație statistică sunt: Carei (-2,05 zile/deceniu), Gherla (-1,98 zile/deceniu), Dej (-1,98 zile/deceniu), Tăşnad (-1,85 zile/deceniu), Bistriţa (-1,84 zile/deceniu), Ardud (-1,8 zile/deceniu), Beclean (-1,79 zile/deceniu), Satu Mare (-1,7 zile/deceniu), Vatra Dornei (1,38 zile/deceniu), Câmpulung Moldovenesc (1,67 zile/deceniu), Hîrlău (1,24 zile/deceniu), Vicovu de Sus (1,54 zile/deceniu), Broşteni (1,38 zile/deceniu), Buziaş (-1,43 zile/deceniu).

Tabelul 2.3.9.1. Tendințe medii (unitate/deceniu) observate în evoluția indicatorilor climatici cu relevanță pentru sectorul *Urbanism și sisteme urbane*.

Indici climatici sectoriali	București-Ilfov	Centru	Nord-Est	Nord-Vest	Sud	Sud-Est	Sud-Vest	Vest
CDD	-0,17	0,01	-0,19	-0,12	-0,10	0,08	0,66	-0,22
Cdd_cold22	**25,82**	**4,21**	**7,60**	**7,83**	**18,25**	**22,63**	**18,06**	**11,79**
CWD	0,01	0,05	0,04	0,02	0,03	0,02	0,00	-0,01
CWF	-0,52	-0,91	-1,00	**-1,40**	-0,64	-0,27	-0,66	-1,14
Hddheat15.5	**-62,77**	**-79,93**	**-84,65**	**-88,45**	**-72,09**	**-64,86**	**-71,90**	**-74,03**
HWD-TX90	**0,56**	**0,63**	**0,49**	**0,75**	**0,65**	**0,85**	**0,67**	**0,59**
HWF-TX90	**3,4**	**3,3**	**3,1**	**3,5**	**3,3**	**3,7**	**2,8**	**2,8**
R20mm	0,14	0,1	0,17	0,19	0,14	0,08	0,19	0,18
R99p	0,00	0,91	0,64	0,28	0,77	1,13	0,11	2,43
Rx1day	0,45	0,37	0,58	0,06	0,66	1,14	0,47	0,95
TN90p	**1,80**	**2,24**	**2,23**	**2,06**	**2,20**	**2,31**	**2,15**	**1,98**
TN10	**-0,28**	**-1,16**	**-1,65**	**-1,23**	**-0,37**	**-0,36**	**-0,02**	**-0,59**
TR	**1,04**	0,01	**0,14**	**0,11**	**0,45**	**1,88**	**0,44**	**0,28**
Txg30	**7,20**	**1,98**	**2,64**	**2,97**	**5,49**	**4,88**	**5,30**	**3,61**

Bold roșu: tendință de creștere semnificativ statistică la nivel regional pentru pragul de 95%.
Bold albastru: tendință de scădere semnificativ statistică la nivel regional pentru pragul de 95%.

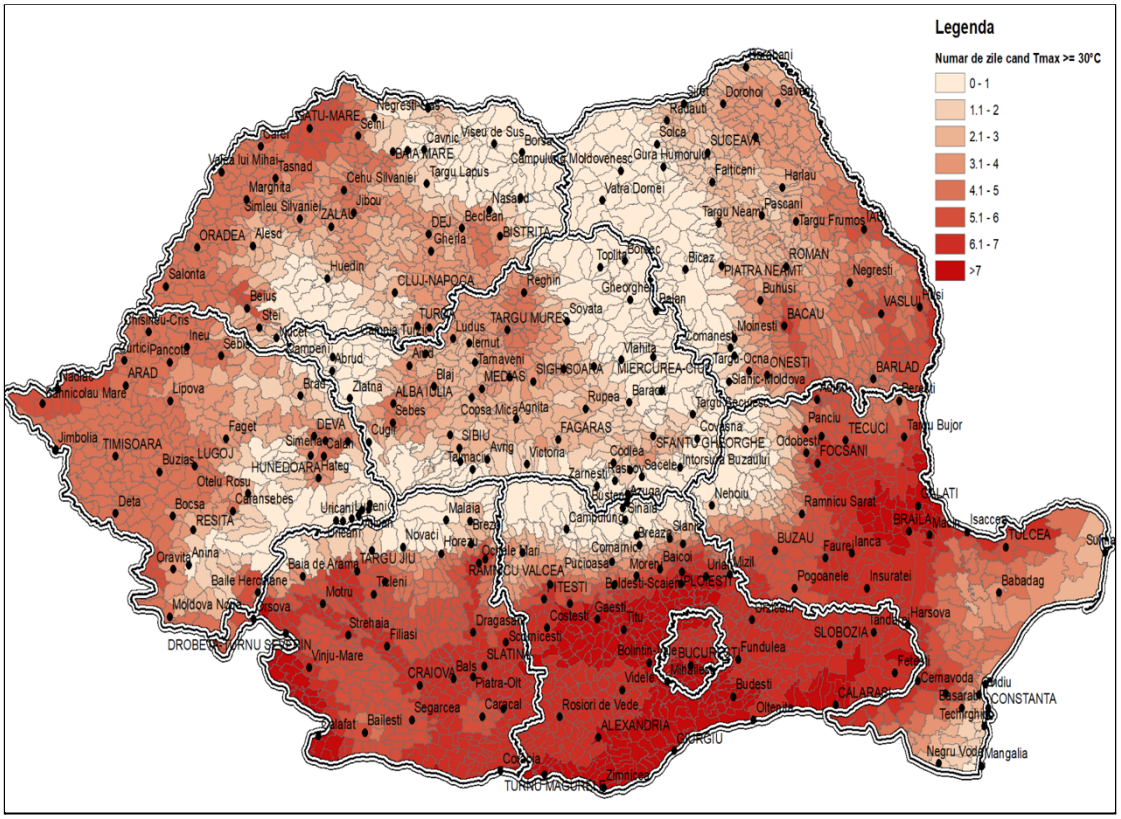


Fig. 2.3.9.1 Tendința decenală a numărului de zile cu temperatura maximă mai mare de 30°C.

Indicatorii derivați din parametrul climatic cantitatea de precipitații nu au, în general, tendințe robuste, semnificative statistic, în condițiile climei prezente. Se observă însă, în general, o tendință de creștere a intensității precipitațiilor, exprimată prin tendințele de creștere ale indicatorilor: număr de zile cu cantitatea de precipitații mai mare de 20 mm (r20mm), suma anuală a precipitațiilor cu valori mai mari de percentila 99 (R99p) și cantitatea maximă de precipitații în 24 de ore (Rx1day). În cazul indicatorului CCD nu apare un semnal clar în perioada analizată, cu excepția unor orașe și municipii din regiune Sud-Vest, unde există o tendință crescătoare semnificativă statistic pentru numărul de zile consecutive fără precipitații (e.g., Calafat cu 1,8 zile/deceniu, Băilești cu 1,6 zile/deceniu).

3. Analiza tendințelor viitoare de evoluție (până în 2100) a parametrilor și indicatorilor climatici relevanți pentru sectoarele prioritare de activitate din România

3.1. Tendințe în evoluția viitoare a parametrilor climatici relevanți

3.1.1. Temperatura aerului

Temperatura medie a aerului (°C) estimează o tendință generală de creștere pentru intervalul 2021-2100 care diferă însă în funcție de scenariul climatic și orizontul de timp. Astfel, scenariul RCP 8.5 prezintă în mod evident abateri mai mari ale temperaturii medii în orizonturile îndepărtate de timp (în special 2071-2100) comparativ cu scenariul RCP 4.5. În schimb, pentru orizontul de timp apropiat (2021-2030), scenariul RCP 4.5 prezintă abateri mai mari ale temperaturii medii comparativ cu scenariul RCP8.5 de aproximativ 0,96°C în regiunea București-Ilfov, față de 0,91°C pentru scenariul RCP 4.5 (Tabel 3.1.1). Pentru celelalte orizonturi de timp, scenariul RCP 8.5 indică o creștere accelerată a temperaturii, de la 0,9°C pentru următorul deceniu, la 1,7°C în jurul anului 2050, 2,3°C în jurul anului 2070 respectiv 3,9°C la sfârșitul secolului, pentru regiunea capitalei. Spre deosebire, scenariul RCP 4.5 indică doar o dublare a temperaturii pentru aceeași regiune, de la 1°C în jurul anului 2030 la 2,2°C în jurul anului 2100.

La nivel național, UAT-urile din cadrul regiunii vestice de dezvoltare arată cea mai redusă creștere a temperaturii medii în ambele scenarii (2°C pentru RCP 4.5 respectiv 3,7°C pentru RCP 8.5) în timp ce restul regiunilor prezintă o valoare similară (în medie 2,2°C pentru RCP 4.5 și 3,9°C pentru RCP 8.5). La capătul opus, regiunile de dezvoltare din sudul țării (enumerând aici: București-Ilfov, Sud, Sud-Est și Sud-Vest) tind să arate o abatere a temperaturii în ambele scenarii mai ridicată decât cele aflate în centrul respectiv partea de nord a țării.

Este important de notat faptul că, diferența dintre cele două scenarii în cazul temperaturilor (minime, medii și maxime) crește semnificativ în jurul anului 2040, fapt ce denotă o variabilitate mai mare a rezultatelor spre orizonturile mai îndepărtate de timp, prezentă mai ales în cazul scenariului RCP 8.5. Astfel, valoarea deviației standard dintre cele două scenarii aplicată șirului de abateri pe regiunile de dezvoltare are o valoare de 0,05°C în orizontul de timp 2021-2030 ajungând până la 0,9°C în cazul orizontului 2071-2100.

Tabelul 3.1.1. Abaterile temperaturii medii față de perioada de referință 1971-2000 în funcție de orizontul de timp și scenariul climatic în regiunile de dezvoltare din România.

Regiunea de dezvoltare	2021-2030		2021-2050		2031-2050		2041-2070		2071-2100	
	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
București-Ilfov	1,0	0,9	1,2	1,4	1,4	1,7	1,7	2,3	2,2	3,9
Centru	0,9	0,9	1,2	1,3	1,3	1,6	1,7	2,3	2,1	3,8
Nord-Est	1,0	0,9	1,3	1,4	1,4	1,6	1,7	2,3	2,2	3,9
Nord-Vest	0,9	0,9	1,2	1,3	1,3	1,5	1,6	2,2	2,1	3,8
Sud	1,0	0,9	1,2	1,4	1,3	1,6	1,7	2,3	2,2	3,9
Sud-Est	1,0	0,9	1,2	1,4	1,3	1,6	1,7	2,3	2,2	3,8
Sud-Vest	0,9	0,9	1,2	1,4	1,4	1,6	1,7	2,3	2,2	4,0
Vest	0,9	0,8	1,1	1,3	1,3	1,5	1,6	2,2	2,0	3,7

3.1.2. Radiația solară globală

Radiația solară globală prezintă un semnal dominant de creștere până în anul 2100 în baza scenariului RCP4.5. În medie, acest semnal climatic este specific tuturor orizonturilor de timp în

majoritatea regiunilor țării, exceptând regiunile de Nord-Est și Centru, unde sunt așteptate unele scăderi. Cele mai importante creșteri (peste 1,0 W/mp) sunt preconizate în orizonturile de timp cele mai apropiate (în general până în anul 2050), mai ales în regiuni de dezvoltare precum București Ilfov (1,6 W/mp în 2021-2030), Nord-Vest (1,1 W/mp în 2031-2050), Sud și Sud-Est (1,3 W/mp în 2021-2030) și Sud-Vest (1,4 W/mp în 2021-2030). În regiunea de Vest se așteaptă cele mai importante creșteri, de 1,1-1,4 W/mp până în anul 2050 (2021-2050 și 2031-2050) și excepțional și în orizontul viitor mediu (2041-2071). La nivel local (UAT), în cadrul acestui scenariu, creșterile preconizate în evoluția viitoare a radiației solare globale pot depăși 2,0 W/mp în regiuni precum cele de Vest (2021-2050, 2031-2050 și 2041-2070), Nord-Vest și Centru (2031-2050 și 2041-2070). Comparativ, semnalul climatic viitor asociat scenariului RCP8.5 este predominant de scădere în cazul regiunilor Centru (în toate orizonturile de timp viitoare) și Nord-Vest (în majoritatea orizonturilor de timp viitoare, cu excepția celui mai apropiat 2021-2030). În cuprinsul acestor două regiuni, scăderile așteptate pot ajunge la nivel local (UAT) până la aproape 3,0 W/mp în orizontul de timp 2041-2070. Creșterile medii așteptate în baza acestui scenariu vor rămâne inferioare celor preconizate în scenariul RCP4.5 până în anul 2070 în toate regiunile (sub 2,0 W/mp), indiferent de orizontul de timp considerat. Excepțional, în regiunea de Vest, creșterile maxime preconizate la nivel local în RCP8.5 le vor depăși pe cele estimate în baza RCP4.5 în orizontul de timp viitor cel mai îndepărtat (2071-2100), ajungând până la aproape 4,0 W/mp.

3.1.3. Precipitațiile

Spre deosebire de temperatura medie a aerului, cantitățile de precipitații anuale (mm) nu arată o tendință (clară sau constantă) generală, estimările pentru orizonturile de timp (în special pentru perioada 2030-2050) indicând o ușoară creștere a cantităților totale medii multianuale în majoritatea regiunilor de dezvoltare, singura excepție fiind în cazul regiunii Nord-Estice pentru orizontul 2021-2030, care nu prezintă nici o tendință. Regiunile din zona de dezvoltare Vestică și Sud-Vestică indică un minim al creșterii pentru această perioadă (sub 3% față de perioada de referință calculată pentru perioada 1971-2000 în cazul scenariului RCP 4.5).

Pentru regiunea București-Ilfov, precipitațiile anuale sunt estimate să crească până în jurul anului 2050, ajungând la o medie de 588 mm, ceea ce ar însemna o creștere de aproximativ 4% față de valoarea de referință. Singura regiune care prezintă o creștere constantă notabilă până în jurul anului 2100 pentru scenariul RCP4.5 este regiunea Centrală, estimarea fiind de 2% peste valoarea de referință în jurul anului 2030, aceasta ajungând până la aproximativ 8,3% (662 mm în termeni absoluți) în jurul anului 2100.

Scenariul RCP8.5 se caracterizează printr-o variabilitate accentuată a rezultatelor pentru toate regiunile și orizonturile de timp, mai multe regiuni indicând o scădere a cantităților de precipitații anuale până în jurul anului 2070 după care, o nouă creștere este estimată spre anul 2100 (Fig. 3.1.3.1).

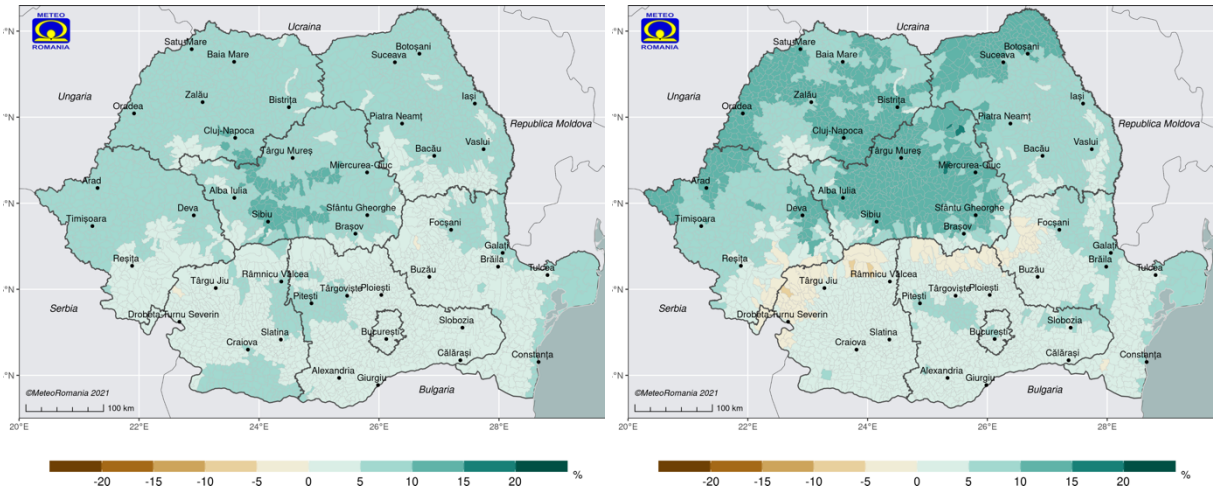


Fig. 3.1.3.1. Anomaliile (%) estimate ale cantității anuale de precipitații la nivel anual în România, în orizontul de timp 2071-2100 față de perioada 1971-2000, în scenariile RCP4.5 (stânga) și RCP8.5 (dreapta).

3.1.4. Umezeala relativă

Umezeala relativă a aerului nu prezintă schimbări viitoare notabile față de condițiile climatului actual, în nici unul dintre scenariile climatice analizate. Comparativ cu perioada actuală, semnalul climatic viitor de evoluție a umezelii relative a aerului în cadrul scenariului RCP4.5 relevă o tendință predominant descrescătoare în majoritatea regiunilor țării, exceptând regiunea de Nord-Est. Indiferent de direcția tendinței viitoare de evoluție a parametrului (creștere sau scădere), semnalul de schimbare este slab, fapt evidențiat de valorile foarte mici ale anomaliilor înregistrate în raport cu perioada de referință, în general mai mici de 1%, indiferent de orizontul de timp viitor considerat în analiză. Regiunea de Nord-Est este singura la nivel național în care umezeala relativă a aerului are un semnal pozitiv în baza scenariului RCP 4.5, cu cele mai mari creșteri preconizate în orizontul de timp 2031-2050, situate însă sub 1% (de circa 0,60%).

În scenariul RCP8.5, evoluția viitoare a umezelii relative evidențiază un semnal climatic dominant de scădere în majoritatea orizonturilor de timp analizate și a regiunilor de dezvoltare ale țării, mai pronunțat decât cel estimat în baza scenariului RCP4.5, care poate depăși 1-2% în perioada 2071-2100, îndeosebi în regiunile București-Ilfov, Sud și Sud-Vest (Fig. 3.1.4.1). Excepțional, în orizontul de timp 2021-2030 schimbările preconizate în evoluția parametrului au un sens contrar celui dominant în cadrul acestui scenariu, relevând o creștere slabă (sub 0,5%) în toate regiunile țării.

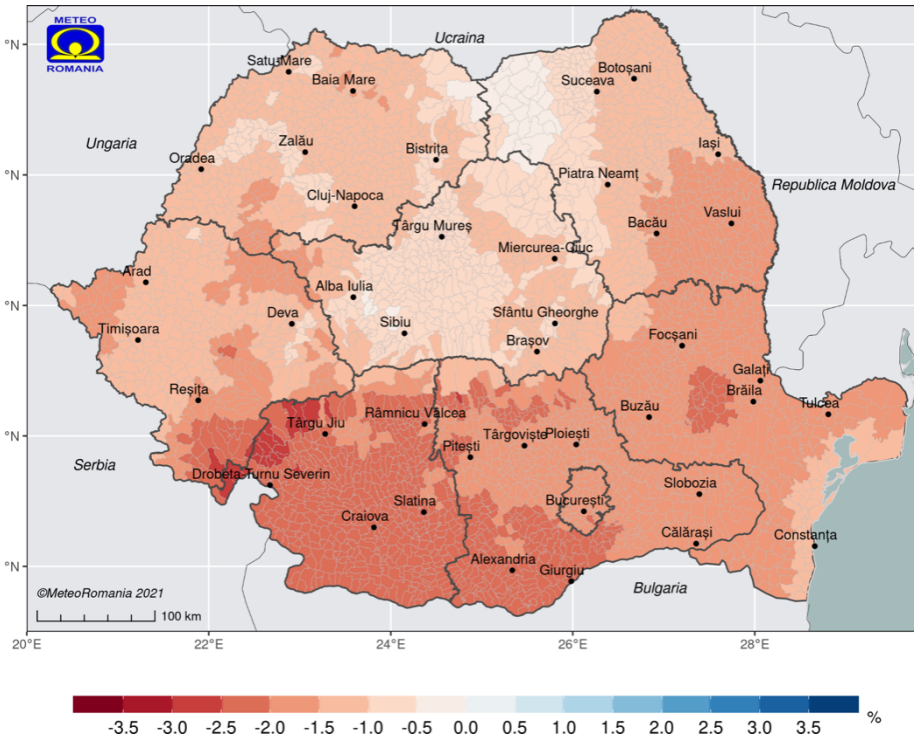


Fig. 3.1.4.1. Anomaliile (%) estimate ale umezelii relative a aerului la nivel anual în România, în orizontul de timp 2071-2100 față de perioada 1971-2000 (scenariul RCP8.5).

3.1.5. Viteza vântului

Viteza medie a vântului (m/s) prezintă o tendință relativ diferită în cazul celor două scenarii, având o tendință foarte redusă de creștere doar în orizontul de timp apropiat (pentru RCP4.5) în toate regiunile de dezvoltare, această tendință fiind păstrată în cazul unor regiuni până la nivelul anului 2070, după care scenariul RCP 4.5 anticipează o scădere a vitezei medii a vântului. Ambele scenarii arată o creștere ușoară a valorilor medii în regiunile Nord-Est și Sud-Est, acestea fiind de altfel și singurele regiuni care arată o tendință pozitivă. Pentru celelalte regiuni, tendința generală a vitezei medii a vântului este de scădere, în special pentru orizonturile de timp îndepărtate. Tendințele generale de scădere a vitezei vântului sunt în concordanță cu evoluția acestui parametru în ultimele decenii (1961-prezent).

În ceea ce privește **viteza maximă a vântului**, semnalul de schimbare este mixt, fiind posibile atât creșteri, cât și scăderi, în raport cu perioada de referință 1971-2000. În cazul scenariului RCP4.5, schimbările preconizate în evoluția viitoare a parametrului sugerează o creștere ușoară, care în medie nu depășește 0,1 m/s în majoritatea regiunilor de dezvoltare ale României, indiferent de orizontul de timp viitor considerat. Excepțional, în orizontul de timp 2041-2070, în unele regiuni precum București-Ilfov și Sud-Est, creșterile preconizate depășesc ușor pragul de 0,1 m/s. De asemenea, orizontul viitor cel mai îndepărtat (2071-2100), este singurul din acest scenariu în care parametrul se așteaptă să înregistreze și scăderi slabe în regiuni de dezvoltare precum Centru, Nord-Vest și Vest. Acest semnal, deși slab, poate avea relevanță pentru sectorul energetic, sugerând o posibilă diminuare a potențialului energetic eolian. În baza scenariului RCP 8.5, prima parte a secolului 21, respectiv orizonturile de timp apropiate până în anul 2050 (2021-2030, 2021-2050 și 2031-2050), care chiar dacă unele dintre acestea au durate mai reduse de numai 10-20 ani comparativ cu perioada de referință (30 de ani), se disting printr-o ușoară tendință de scădere a vitezei maxime a vântului (cu până la 0,06 m/s) mai ales în regiunile București-Ilfov, Centru, Sud și Vest. Contrar celuilalt scenariu considerat, în orizontul 2071-2100 (RCP 8.5) semnalul climatic estimat este de creștere a vitezei maxime a vântului, care poate depăși 0,1-0,2 m/s în majoritatea regiunilor țării. Cele mai mari creșteri preconizate, identificate în cadrul regiunilor de dezvoltare pe

baza semnalelor climatice locale (nivel UAT), sunt așteptate în regiunea de Nord-Est (0,42 m/s), în ultimul orizont de timp al secolului (Fig. 3.1.5.1).

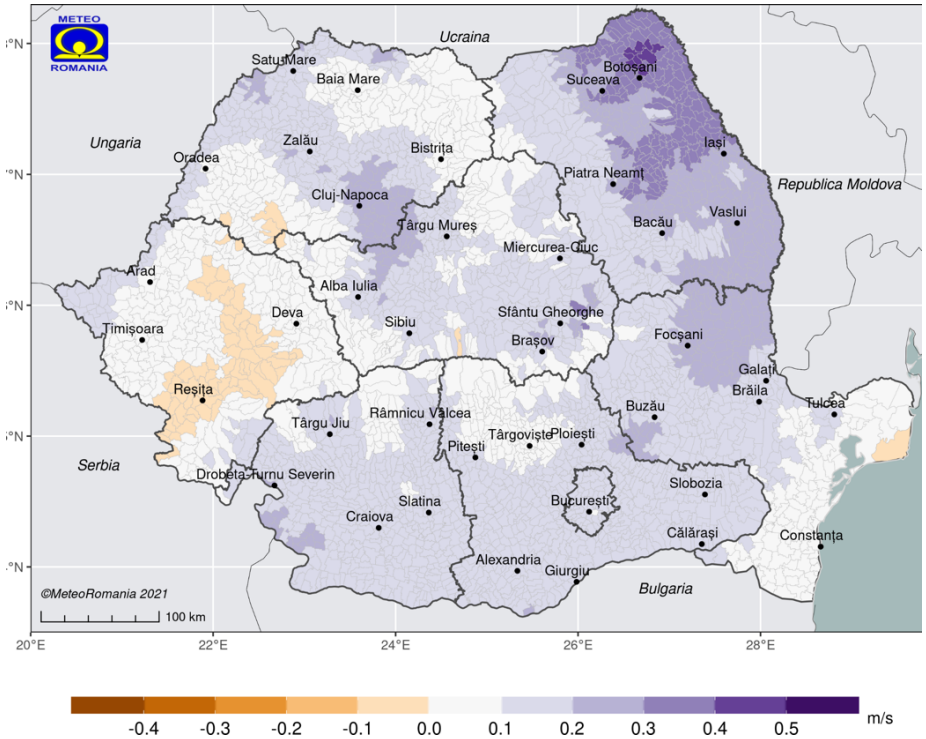


Fig. 3.1.5.1. Anomalii (m/s) preconizate în evoluția vitezei maxime a vântului în România, în orizontul de timp 2071-2100 (scenariul RCP 8.5).

3.2. Tendințe preconizate în evoluția indicatorilor climatici sectoriali

3.2.1. Agricultură și dezvoltare rurală

Indicatorii climatici sectoriali relevanți pentru sectorul *Agricultură și dezvoltare rurală* evidențiază o continuare a procesului de încălzire până în anul 2100 în ambele scenarii climatice analizate, la nivelul tuturor regiunilor țării. Până în anul 2040, se preconizează de asemenea o creștere a variabilității regionale a precipitațiilor, sugestivă pentru o creștere a frecvenței evenimentelor severe și extreme (precipitații intense >10mm/zi și >20mm/zi) îndeosebi în regiunile joase de câmpie din sudul și estul țării în scenariul RCP4.5 și în toata țara în RCP8.5. Orizontul viitor îndepărtat (2041-2070) aduce schimbări dinamice, datorate circulației atmosferice la scară globală, cu impact asupra producerii extremelor climatice regionale în România. Se preconizează o scădere a numărului de zile cu îngheț la sol în toată țara, îndeosebi în regiunile Vest, Nord-Vest și Nord-Est, o creștere a numărului de zile de vară, îndeosebi în regiunea montană, a nopților tropicale mai ales în regiunile Sud, Vest și Nord-Est. Creșterile preconizate în ecartul termic diurn la nivelul țării sunt maxime în regiunile joase de câmpie din sudul țării. O relevanță deosebită pentru acest sector prioritar o prezintă și tendința de creștere, generalizată la nivel național (cu un maxim în regiunile sudice de câmpie), a numărului de zile biologic active, sugerând o posibilă extindere a sezonului de vegetație a culturilor.

Fenomenul de arșiță[10] în România se va intensifica continuu atât pe termen mediu (2021-2050), dar mai ales pe termen lung (2071-2100), în ambele scenarii, contribuind la amplificarea stresului termic agroclimatic prin încălzire excesivă, în raport cu pragul termic critic de 32°C. În toată țara, numărul de unități de arșiță (H32temp) va crește continuu până la sfârșitul secolului 21, în ambele scenarii. Cele mai mari valori preconizate ale indicatorului H32temp sunt proiectate pentru scenariul RCP4.5, pentru regiunile joase din sudul țării, cu valori de 75-100 în orizontul de timp 2021-2050 și de până la 200 în orizontul de timp 2071-2100 (în sudul extrem al țării) (Fig. 3.2.1.1). Tot în regiunile sudice, conform proiecțiilor din scenariul RCP8.5 numărul unităților de arșiță va crește de la 75-100 pe arii extinse în regiunile de sud și sud-est pe termen mediu (2021-250) la 400 în orizontul de timp viitor îndepărtat (2071-2100). Durata fenomenelor de arșiță (H32dur) va crește de asemenea continuu până la sfârșitul secolului 21, în ambele scenarii, în toata țara, cu cele mai pronunțate creșteri preconizate în regiunile Sud și Sud-Est. În scenariul RCP4.5 durata fenomenelor de arșiță va atinge valori ce vor varia de la 12-15 zile în perioada 2021-2050, la 20-25 în perioada 2071-2100. Comparativ, în scenariul RCP8.5, creșterea preconizată va fi mai importantă, cu valori ce vor varia de la 12-15 zile în 2021-2050 la 40 în 2071-2100, cu o extindere spațială a arealelor de creștere către estul țării. De menționat este și faptul că, după 2071, zilele cu arșiță se vor produce și în altitudine, în ambele scenarii.

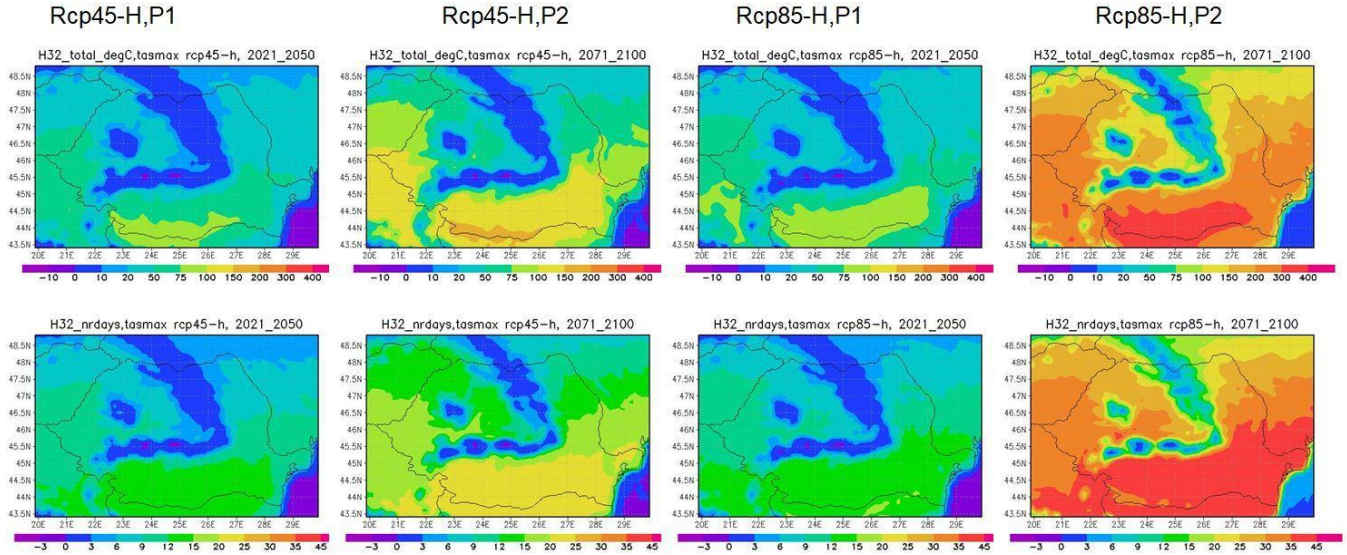


Fig. 3.2.1.1. Schimbări preconizate în evoluția viitoare în numărul unităților de arșiță (°C, sus) și durata fenomenului de arșiță (zile, jos) în România, în orizonturile de timp 2021-2050 (P1) și 2071-2100 (P2), față de perioada de referință 1971-2000, în baza scenariilor RCP4.5 și RCP8.5.

Concomitent amplificării stresului termic agroclimatic prin încălzire excesivă, în România se preconizează ameliorarea stresului termic prin răcire excesivă (prin ger și îngheț) până la sfârșitul anului 2100 în ambele scenarii. Anomalii pozitive viitoare în ceea ce privește unitățile de ger (după pragul de critic al temperaturii minime de -10°C)[11] sunt așteptate în special în nordul și nord-estul țării, precum și la munte. În regiunile de câmpie, anomaliile față de perioada de referință sunt mai reduse și apar în special în orizontul de timp îndepărtat, în cadrul scenariul RCP8.5 (Fig. 3.2.1.2).

[10] Fenomenul de arșiță este analizat prin intermediul indicatorilor: (1) H32temp, care consideră lunile de vară, pentru care se realizează suma gradelor din an în care maxima diurnă depășește 32ºC, făcându-se ulterior media pentru intervalul multianual considerat; și (2) H32ndays, care consideră de asemenea lunile de vară, pentru care se realizează suma zilelor în care temperatura maximă diurnă din an depășește 32ºC, făcându-se ulterior media pentru intervalul multianual considerat.

[11] Unitățile de ger sunt analizate în acest raport și în raport cu pragul critic al temperaturilor minime zilnice de -10°C și anume: (1) WSFtemp-10 consideră lunile de iarnă și însumează numărul de grade din an în care minima diurnă este mai mică decât -10ºC (unități de ger), care se mediază ulterior pentru intervalul multianual considerat; (2) WSFndays-10 consideră de asemenea lunile de iarnă, însumând numărul de zile în care temperatura minimă diurnă nu depășește -10ºC și se face ulterior medierea pentru intervalul multianual considerat.

După 2071, cele două scenarii climatice selectate se diferențiază, evidențiind o creștere a valorilor indicatorului WSFtem-10 mai mare (factor ~2, local la câmpie și până la 3 la munte) în scenariul RCP8.5, comparativ cu RCP4.5. Arealul de coastă a Mării Negre este afectat după anul 2071, conform proiecțiilor scenariului RCP8.5. Creșterile preconizate în evoluția viitoare a indicatorului WSFndays-10 sunt datorate scăderii frecvenței zilelor cu ger, acest parametru având aceeași distribuție spațială a diferențelor (anti corelație), cu schimbări mici în regiunile de câmpie și semnificative în regiunile nordice și nord-estice ale țării, precum și la munte, conform proiecțiilor scenariului RCP8.5.

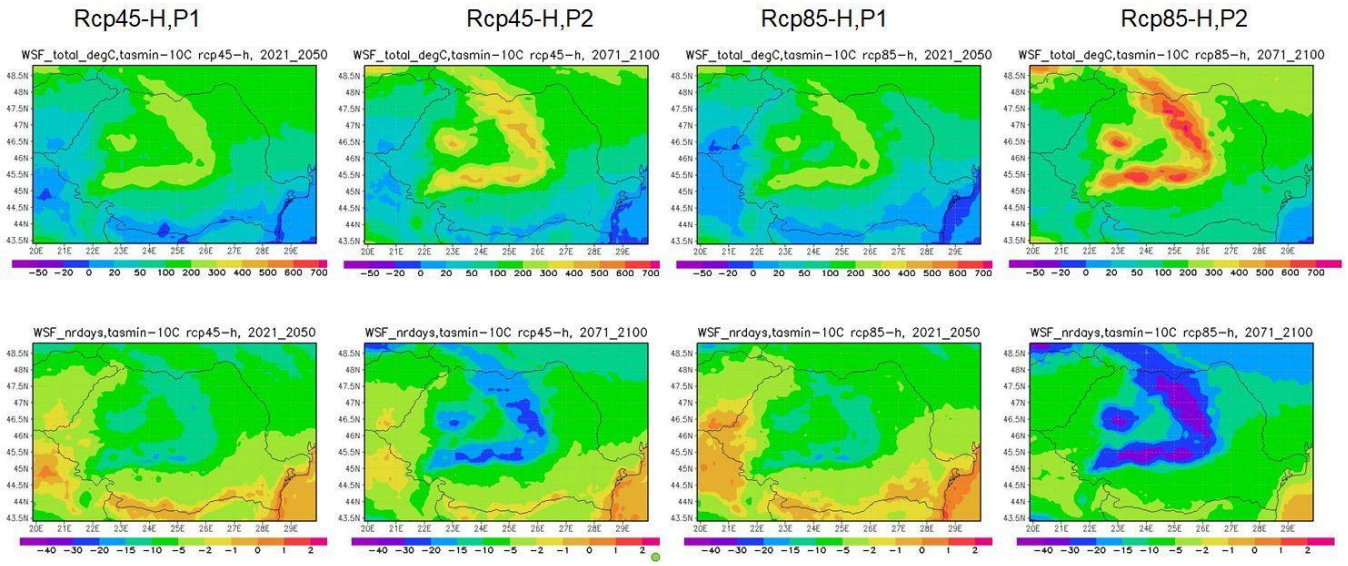


Fig. 3.2.1.2. Schimbări preconizate în evoluția viitoare în numărul unităților de ger pentru pragul temperaturii minime zilnice de -10°C (°C, sus) și durata intervalului cu ger (zile, jos) în România, în orizonturile de timp 2021-2050 (P1) și 2071-2100 (P2), față de perioada de referință 1971-2000, în baza scenariilor RCP4.5 și RCP8.5.

Spre deosebire de indicatorul anterior (WSFtemp-10), se observă faptul că în regiunile de sud, sud-est și vest ale țării, iarna, se așteaptă o creștere a extremelor ca intensitate acumulată (în raport cu pragul temperaturilor minime zilnice de -15ºC), dar care se regăsește și în câmpul frecvenței unităților de ger (indicatorul WSFndays-15)[12] (Fig. 3.2.1.3). În regiunile centrale și de nord, gerul extrem scade ca intensitate și moderat ca frecvență (cu o scădere mai semnificativă la munte) conform proiecțiilor scenariului RCP4.5, în tot intervalul 2021-2100, precum și în RCP8.5 în perioada 2021-2050. De menționat este faptul că în scenariul RCP4.5, extremele negative (temperaturi minime sub -15ºC) vor deveni mai frecvente chiar și după 2050, în regiunile de sud și sud-est ale țării și mai intense în cele din vest. În schimb, conform scenariului RCP8.5, procesul de încălzire de iarnă va continua și se va accelera, contribuind la scăderea semnificativă a frecvenței evenimentelor de ger în toată țara.

[12] Unitățile de ger sunt analizate în acest raport și în raport cu pragul critic al temperaturilor minime zilnice de -15°C, prin indicatori definiți în mod similar celor care au la bază pragul temperaturilor minime zilnice de -10°C, respectiv WSFtemp-15 și WSFndays-15.

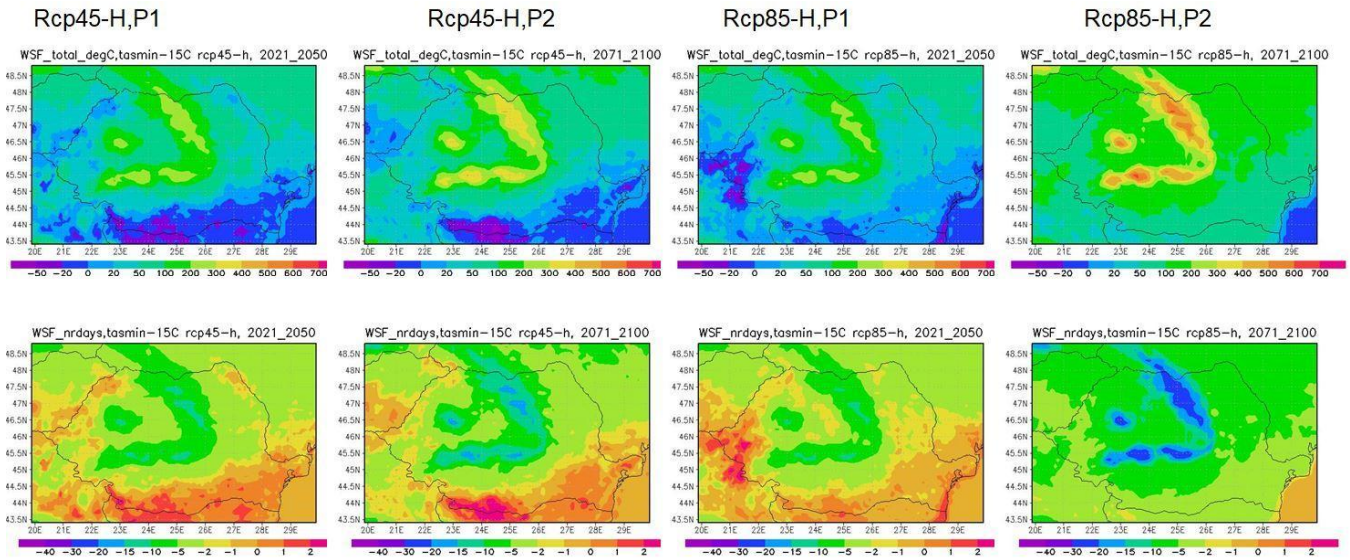


Fig. 3.2.1.3. Schimbări preconizate în evoluția viitoare în numărul unităților de ger pentru pragul temperaturii minime zilnice de -15°C (°C, sus) și durata intervalului cu ger (zile, jos) în România, în orizonturile de timp 2021-2050 (P1) și 2071-2100 (P2), față de perioada de referință 1971-2000, în baza scenariilor RCP4.5 și RCP8.5.

Umezeala din sol (MSO) va crește în viitor în jumătatea de vest a țării și local în sud-est și va scade în jumătatea de est și în nord, cu scăderea cea mai importantă în Subcarpații Moldovei și Carpații Orientali. Această distribuție a semnalului climatic preconizat se păstrează și după 2050 și ambele aspecte de anomalie se intensifică în timp, mai slab în scenariul RCP4.5, dar semnificativ în RCP8.5 (factor >2 în Subcarpați), iar gradientul est-vest se păstrează (Fig. 3.2.1.4).

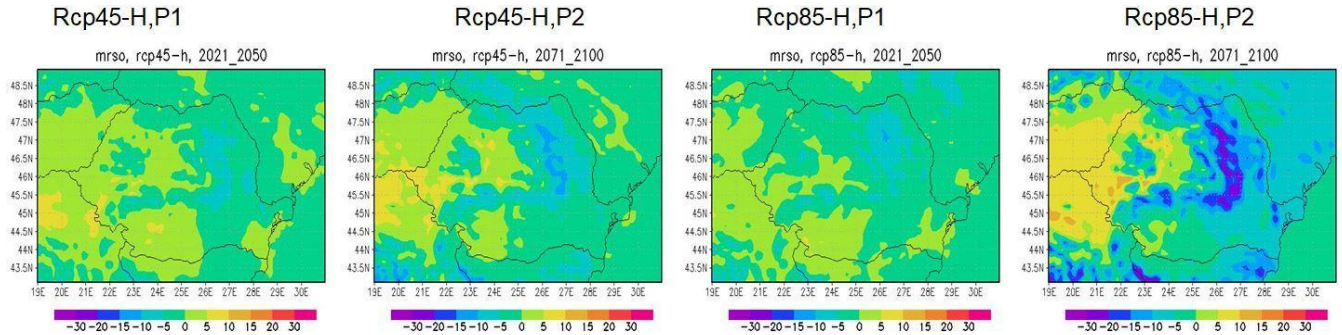


Fig. 3.2.1.4. Schimbări preconizate în evoluția viitoare a umezelii totale din sol (kg/mp) în orizonturile de timp 2021-2050 și 2071-2100 în România, în baza scenariilor RCP4.5 și RCP8.5.

3.2.2. Biodiversitate

Analiza schimbărilor climatice preconizate în evoluția viitoare a indicatorilor climatici relevanți pentru sectorul prioritar *Biodiversitate* pe termen scurt (2021-2030), mediu (2021-2050, 2031-2050) și lung (2041-2070 și 2071-2100) în baza celor două scenarii climatice RCP4.5 și RCP8.5, în raport cu condițiile climatice actuale, indică o continuare a amplificării stresului termic în majoritatea regiunilor țării, prin creșterea frecvenței zilelor de vară, precum și a frecvenței, duratei și intensității valurilor de căldură.

Comparativ cu condițiile actuale, **frecvența anuală a zilelor de vară** va crește treptat și din ce în ce mai notabil până la sfârșitul secolului viitor, în toate regiunile, mai ales conform proiecțiilor climatice ale scenariului RCP8.5 (Fig. 3.2.2.1). Creșterile medii regionale preconizate variază între 10 și 23 zile în cadrul scenariului RCP4.5 și între 10 și 39 zile în RCP8.5. Local, la nivel de UAT, frecvența anuală a zilelor cu temperaturi de vară va crește cel mai notabil în regiunea de dezvoltare Sud-Est, unde pe termen scurt, creșterile estimate pot ajunge în cele două scenarii la circa 19 zile

față de perioada actuală, acestea ajungând până la 27-28 zile până în anul 2050 și până la 34 zile (RCP4.5) sau chiar 56 zile (RCP8.5) până la sfârșitul secolului, în orizonturile de timp viitoare îndepărtate.

Valurile de căldură sunt extremele termice pozitive care vor caracteriza condițiile climatului viitor în România la nivelul tuturor regiunilor de dezvoltare, până la sfârșitul secolului, indiferent de scenariul climatic analizat, susținând ideea intensificări stresului termic bioclimatic în cadrul ecosistemelor vegetale și animale. În ceea ce privește *frecvența anuală a acestor fenomene*, creșterile medii regionale preconizate nu vor depăși 1 zi în nici unul dintre orizonturile viitoare analizate în nici unul dintre scenarii. Cu toate acestea, la nivel local (de UAT), creșterile preconizate ale frecvenței valurilor de căldură sunt de 14-21 zile până în anul 2050 și de până la circa 33 zile până în 2100 în RCP4.5, ajungând până la 15-25 zile și respectiv, 25-77 zile în RCP8.5. Regiunile de dezvoltare pentru care este așteaptă o amplificare a incidenței acestor extreme termice în viitor sunt cele de Sud și Sud-Est, mai ales arealele joase de câmpie din cadrul acestora, care sunt expuse unui stres termic semnificativ și în condițiile climatului actual. *Durata anuală a valurilor de căldură* este unul dintre cei mai reprezentativi indicatori ai caracterului extrem al climei asociat căldurii excesive și totodată, parametrul care prezintă cele mai notabile creșteri față de perioada de referință. În medie, la nivelul regiunilor de dezvoltare, valurile de căldură vor dura mai mult cu 2 până la 4 zile în baza scenariului RCP4.5, cu cele mai pronunțate creșteri preconizate în regiunea de Sud-Vest, și cu 2 până la 11 zile în scenariul RCP8.5, mai ales în regiunea Sud-Est. La nivel local (UAT), durata anuală a valurilor de căldură în baza RCP4.5 poate crește cu 3-5 zile până în anul 2050 și cu 7-8 zile după 2050, în timp ce în scenariul RCP8.5, acestea devin mult mai notabile, cu 4-6 zile până în 2050 și cu 9-20 zile după acest an. *Magnitudinea valurilor de căldură* se va intensifica, de asemenea, în toate orizonturile de timp viitoare. Cele mai mari creșteri ale magnitudinii valurilor de căldură sunt așteptate în orizontul viitor cel mai apropiat (2021-2030), cu 1.3°C (regiunea Sud-Est) și în orizontul de timp cel mai îndepărtat (2071-2100) în scenariul RCP8.5, cu 1.8°C (regiunea de Vest).

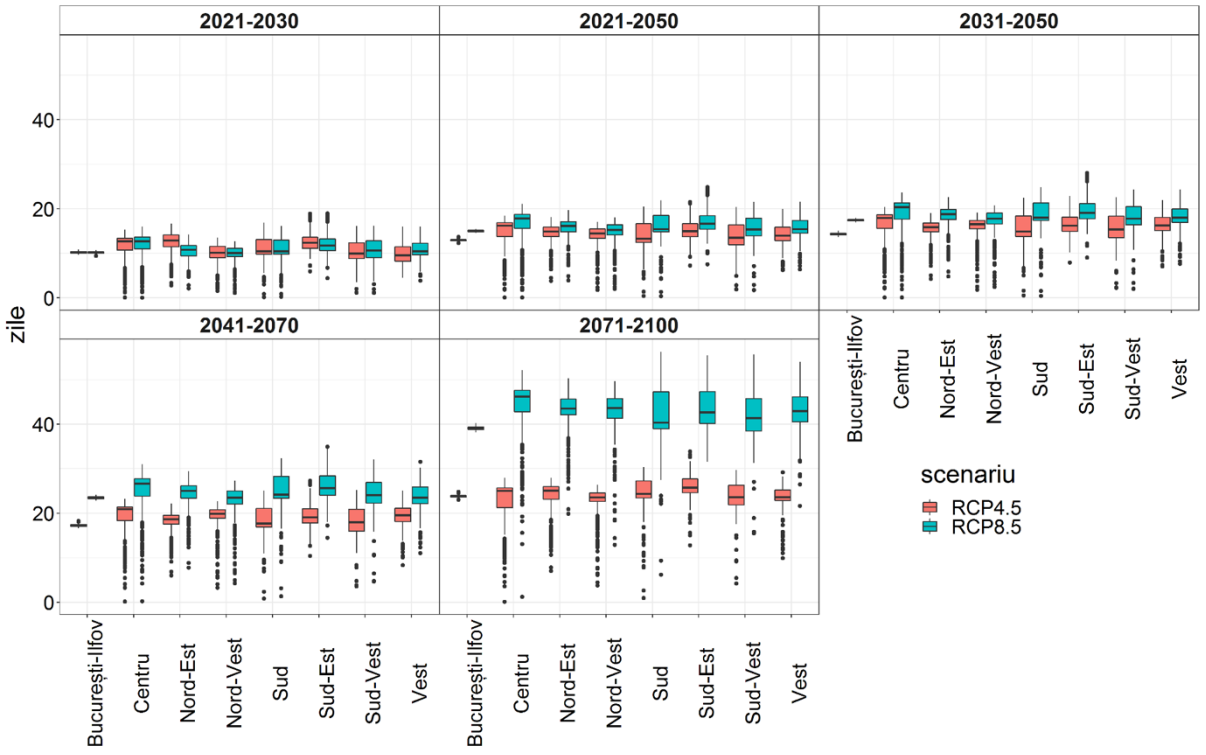


Fig. 3.2.2.1. Schimbări preconizate în frecvența a zilelor de vară la nivel regional în România, în diferite orizonturi de timp viitoare (versus perioada de referință 1971-2000) și scenarii climatice.

Efectul direct al creşterii temperaturii şi perioadelor cu zile consecutive cu temperaturi ridicate este reflectat în **durata sezonului de vegetaţie**. În condiţiile climatului viitor, indiferent de scenariul climatic analizat, durata sezonului de vegetaţie va creşte notabil faţă de perioada actuală, îndeosebi în orizontul de timp cel mai îndepărtat (Fig. 3.2.2.2). Creşterile medii la nivel regional sunt estimate la 13-29 zile în scenariul RCP4.5 şi la 10-55 zile în RCP8.5. Local (UAT), creşterile preconizate pot fi foarte importante, atât în scenariul RCP4.5 - sub 25 zile până în 2050 şi de 29-38 zile până la sfârşitul secolului, cât mai ales în RCP8.5 - sub 30 zile până în anul 2050 şi până la 71 zile după 2071. Regiunile de dezvoltare în care sezonul de vegetaţie se aşteaptă să se prelungească cel mai mult, sunt Sud şi Sud-Vest.

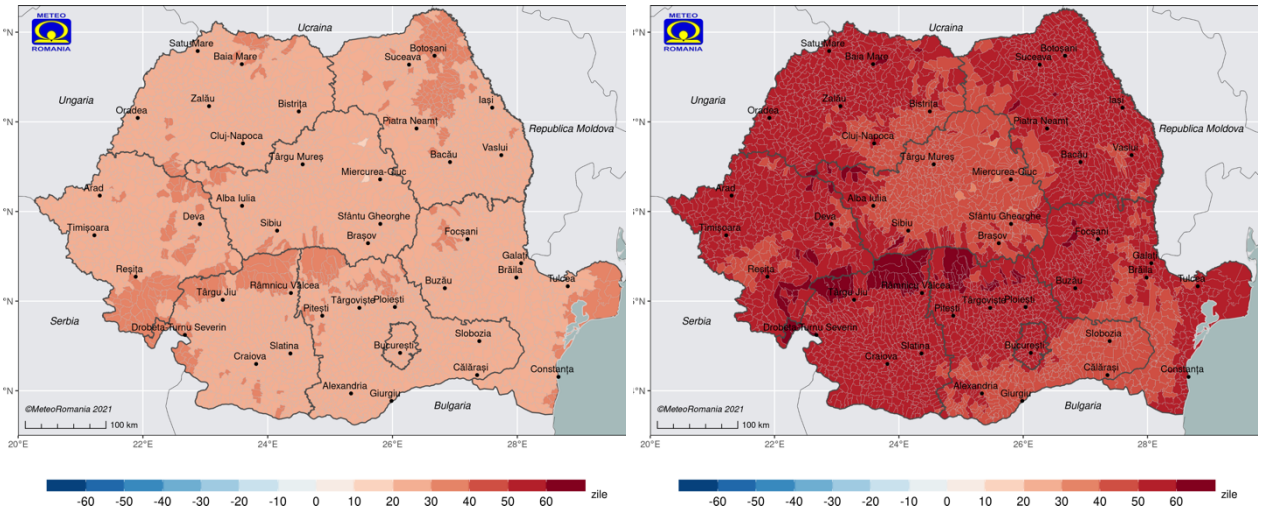


Fig. 3.2.2.2. Schimbări preconizate în durata sezonului de vegetaţie în orizontul de timp 2071-2100 faţă de perioada de referinţă 1971-2000 în România, în scenariile RCP4.5 (stânga) şi RCP8.5 (dreapta).

Expunerea viitoare a ecosistemelor la stres termic prin răcire excesivă va scădea treptat până la sfârşitul secolului 21 în toate regiunile ţării. Această concluzie este susţinută de rezultatele analizei schimbărilor preconizate într-o serie de indicatori ai episoadelor de răcire excesivă (de zi şi de noapte), care se pot manifesta diurn sau pe parcursul mai multor zile consecutive. respectiv în durata anuală a valurilor de frig şi frecvenţei zilelor cu îngheţ şi de iarnă. Un indicator al stresului termic bioclimatic persistent, **durata anuală a valurilor de frig** este în scădere. Cea mai mare diminuare a duratei acestor intervale reci este aşteptată după 2071 în toate regiunile de dezvoltare ale ţării, dar mai ales în cea de Nord-Vest, pentru care sunt preconizate scăderi cu până la 5-6 zile în ambele scenarii. Pe termen scurt şi mediu (în general până în 2050), scăderea duratei anuale a valurilor de frig este estimată la 3-5 zile comparativ cu perioada de referinţă. **Frecvenţa anuală a zilelor cu îngheţ** va scădea de asemenea foarte mult până la sfârşitul secolului 21 la nivel naţional îndeosebi după anul 2071. Comparativ cu condiţiile climatice actuale, în scenariul RCP4.5, cele mai importante scăderi sunt aşteptate în regiunea Sud (42 zile), iar cele mai reduse în regiunea de Sud-Est (22 zile), în timp ce în baza scenariului RCP8.5, regiunea Centru se distinge prin cel mai pronunţat semnal climatic de reducere a frecvenţei (72 zile), iar regiunea de Sud-Est prin cel mai diminuat (37 zile). O imagine similară este oferită şi de schimbările în **frecvenţa anuală viitoare a zilelor de iarnă** în România, în diminuare notabilă după 2071, cu până la 28 zile în regiunea Centru în RCP4.5 şi cu 49 zile în aceeaşi regiune, în scenariul RCP8.5. Pe termen scurt şi mediu (până în anul 2050), scăderile preconizate sunt mai reduse şi nu depăşesc în general 15-20 zile faţă de perioada de referinţă.

Semnalul climatic viitor de schimbare în **cantitatea anuală de precipitaţii** la nivel naţional este de uşoară creştere în majoritatea regiunilor de dezvoltare ale ţării, care nu depăşeşte în general 5-10% faţă de perioada actuală. În medie, creşterile preconizate la nivel regional vor fi de până la 8% în RCP4.5 şi 11% în RCP8.5 (în perioada 2071-2100), cu cele mai mari valori aşteptate în

regiunea Centru (în ambele scenarii). Pe termen scurt (până în anul 2050), creșterile medii regionale nu vor depăși în general 5-6% în nici o regiune a țării. Excepțional, regiunea de Nord-Est este singura pentru care proiecțiile pentru următorii 10 ani (2021-2030) în cadrul scenariului RCP4.5 indică o tendință către un deficit slab comparativ cu perioada actuală. În ansamblu, în orizonturile de timp 2021-2030 și 2021-2050, creșterile preconizate deși sunt slabe (sub 5%) sunt așteptate pe areale extinse din țară (circa 80-90% din UAT-urile existente la nivel național în RCP4.5 și circa 60-70% în RCP8.5). Pentru aceste orizonturi de timp, proiecțiile indică creșteri moderate (5-10%) numai în unele areale de câmpie din sud (Câmpia Olteniei) și în estul extrem al țării în Delta Dunării și pe litoral, în timp ce alte areale din cuprinsul Podișului Moldovei și de la Curburii (Subcarpați și câmpie înaltă piemontană) se vor confrunta cu un deficit (sub 5%). În orizontul de timp 2031-2050, arealele care vor experimenta creșteri de până la 10% se vor extinde treptat în ambele scenarii, acoperind suprafețe mai extinse din Podișul Moldovei, Podișul Dobrogei, sudul, estul și centrul Câmpiei Române conform proiecțiilor din scenariul RCP4.5, dar și centrul, nord-vestul, nord-estul țării, precum și Delta Dunării și regiunea litorală în RCP8.5. În viitorul îndepărtat (2071-2100), semnalul de creștere al precipitațiilor anuale, deși moderat, se generalizează la nivel național, afectând îndeosebi jumătatea nordică a țării. În scenariul RCP4.5 în câteva areale izolate din centrul țări (Podișul Transilvaniei) se așteaptă creșteri de 10-15%, în timp ce în scenariul 8.5, astfel de creșteri sunt așteptate în toată jumătatea nordică a țării. Excepțional, după 2071 (RCP8.5), pe rama sudică a Carpaților Meridionali și de Curbură, precum și în regiunile Subcarpaților Getici și de Curbură se așteaptă scăderi slabe ale cantității anuale de precipitații, sub 5%, comparativ cu condițiile climatice actuale.

În concordanță cu semnalul climatic de creștere identificat în evoluția viitoare a cantităților anuale de precipitații, în țară, se așteaptă și o creștere a frecvenței de producere a **zilelor cu precipitații abundente** (de peste 20 mm/zi) pe arii extinse. Creșterile medii preconizate la nivel regional sunt mai mici de 1 zi în ambele scenarii până în anul 2070. După 2070, creșterile medii în frecvența acestor evenimente pluviometrice extreme, conform RCP4.5, vor depăși 1 zi numai în cadrul regiunii Vest (2071-2100), rămânând sub acest prag în restul regiunilor, în timp ce conform proiecțiilor în RCP8.5, creșteri medii mai mari de 1 zi sunt așteptate în majoritatea regiunilor (cu excepția regiunii Sud-Est) și excepțional în orizontul de timp viitor 2041-2070 în cadrul regiunii Vest.

În general, semnalul climatic pozitiv preconizat în evoluția viitoare a cantităților de precipitații și frecvenței zilelor cu precipitații abundente la nivel anual se așteaptă să producă o serie de pierderi în biodiversitate în cadrul ecosistemelor vegetale și animale, din perspectiva creșterii expunerii la excedent pluviometric, incluzând o posibilă creștere a frecvenței de producere a inundațiilor și viiturilor rapide.

Pentru ecosistemele costiere și marine, o relevanță deosebită o poate avea evoluția viitoare a **temperaturii apei Mării Negre**. Temperatura apei mării va continua să crească în raport cu perioada de referință (1971-2000) mai accelerat în sectorul românesc comparativ cu întregul bazin al mării, atât în scenariul RCP4.5, cât și în RCP8.5. Conform proiecțiilor scenariului RCP4.5, creșterile preconizate vor fi mai mici de 2°C până în anul 2050 (de la circa 1,7 la 2,0°C), vor varia între 2 și 3°C până în anul 2070 și vor depăși 3°C după acest an. Decalajele între ratele de creștere ale temperaturii apei mării în sectorul românesc față de cele preconizate pentru întregul bazin al Mării Negre se vor menține În RCP8.5, creșterile așteptate sunt mai semnificative, putându-se depăși 2°C chiar înainte de 2050 (circa 2.2°C în orizontul de timp 2031-2050), atingând circa 3°C până în anul 2070 și depășind ușor 5°C până la sfârșitul secolului. Chiar dacă nu toate efectele creșterilor preconizate în temperatura apei mării vor fi negative, totuși acest semnal climatic poate conduce la destabilizarea ecosistemelor marine, afectând condițiile optime de viață ale comunităților de specii și interacțiunile dintre acestea, fapt ce ar putea afecta mai departe structura și biodiversitatea unora dintre cele mai importante ecosisteme existente în Marea Neagră.

3.2.3. Energie

Pentru sectorul energetic, sunt analizate tendințele mai multor indicatori climatici în orizontul de timp 2021-2100 pe baza proiecțiilor climatice RCP 4.5 și RCP 8.5. Acești indici (ex. numărul de zile de răcire – CDD, numărul de zile de încălzire – HDD și indicele standardizat de precipitații - evapotranspirație – SPEI) sunt derivați pe baza unor variabile climatice precum temperatura, viteza medie a vântului, umezeala relativă atmosferică etc. În mod similar celorlalți indicatori, schimbările pentru orizonturile de timp din cadrul proiecțiilor climatice sunt raportate la media perioadei de referință 1971-2000.

Primii doi indicatori selectați reprezintă o estimare a gradului de încălzire sau de răcire necesar unei clădiri pentru a atinge un prag optim (temperatură confortabilă) în funcție de temperatura exterioară. În cazul primului indice propus – numărul de zile de răcire (unități), se remarcă o creștere constantă a acestuia în viitor pentru toate regiunile de dezvoltare. Pentru **CDD**, în cazul regiunii București-Ilfov, se remarcă abateri pozitive tot mai ridicate pe măsură ce avansăm în viitor (de la 80,7 unități în jurul anului 2030, la o valoare medie de 107,5 pentru orizontul 2031-2050, 129,8 pentru 2051-2070 respectiv 156,8 unități pentru orizontul 2071-2100 pentru scenariul RCP 4.5. Bineînțeles, pentru scenariul RCP 8.5, valorile sunt net superioare, estimarea find de 356,4 unități peste valoarea de referință pentru aceeași regiune (Fig. 3.2.3.1). Această evoluție susține ideea amplificării procesului de încălzire a climei în viitor în raport cu condițiile climatice actuale și totodată, a stresului termic potențial asociat acestuia, sugerând o nevoie crescândă de energie pentru climatizare prin răcire în scopul menținerii optimului termic bioclimatic în interiorul tuturor incintelor locuite, mai ales în timpul verii.

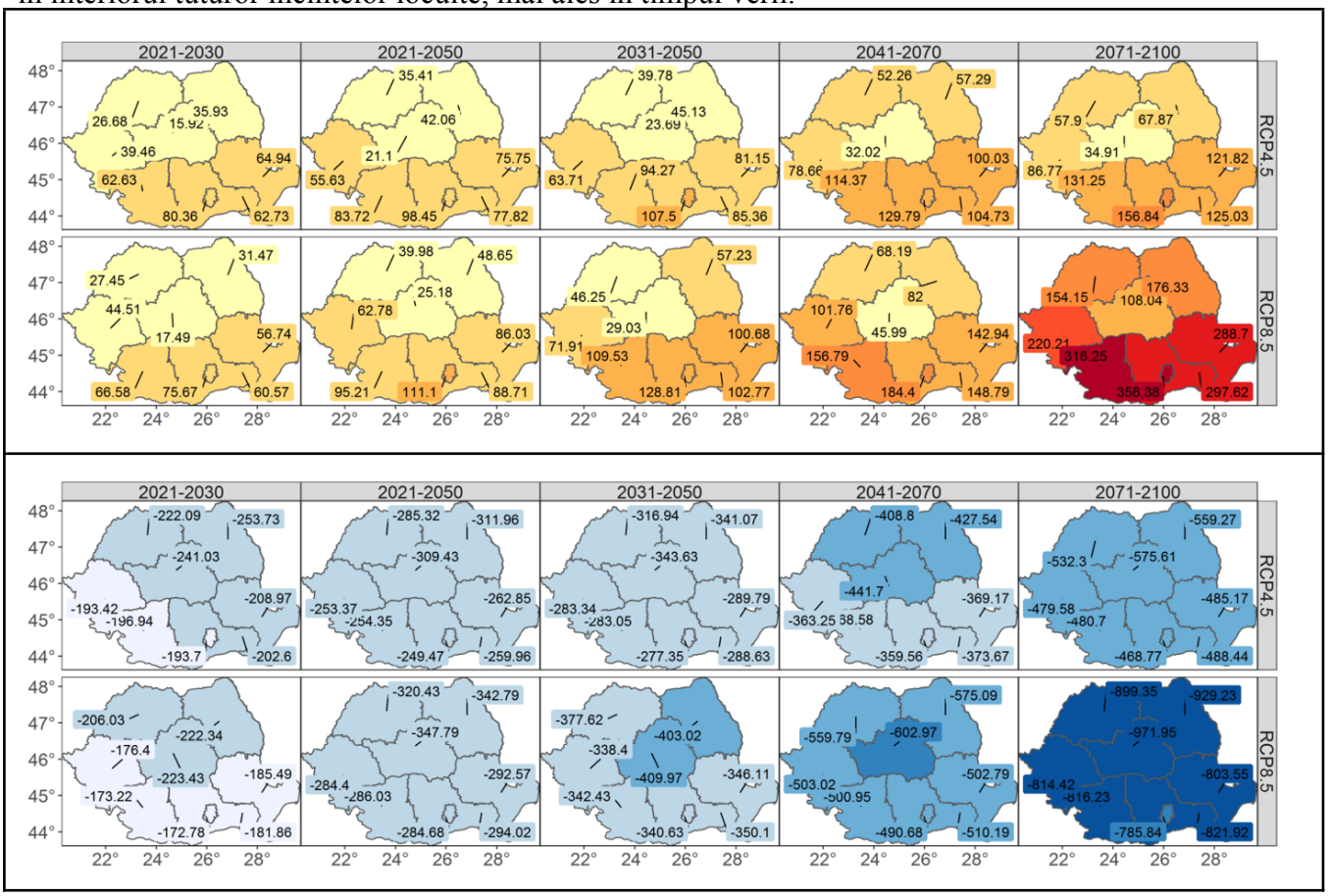


Fig. 3.2.3.1. Numărul de unități CDD (sus) și HDD (jos) conform scenariilor RCP 4.5 și RCP 8.5 pentru regiunile de dezvoltare.

În cazul ambelor scenarii, regiunea Centru prezintă cele mai reduse tendințe de creștere, estimarea fiind de aproximativ 23,7 unități pentru RCP 4.5 respectiv 29 pentru RCP 8.5 în jurul anului 2050

față de valoarea de referință mediată pentru intervalul 1971-2000. La capătul opus, regiunea care prezintă cele mai mari creșteri este București-Ilfov, rezultatele fiind prezentate mai sus.

În cazul **HDD,** evoluția este diametral opusă față de CDD prin abateri tot mai ridicate pe măsură ce sunt considerate orizonturi mai îndepărtate de timp. Scenariul RCP 4.5 arată regiunea Nord-Est ca fiind cea mai afectată în orizontul de timp apropiat (2021-2030) în timp ce regiunea Centru denotă cel mai ridicat nivel al acestui indice în jurul anului 2100. Rezultatele sunt similare și în cazul RCP 8.5, evoluția în timp fiind similară (însă cu un ecart mai mare al valorilor) cu scenariul RCP 4.5. Regiunea București-Ilfov prezintă o evoluție mai redusă comparativ cu restul regiunilor pentru acest indice, având -193,7 unități față de media tuturor celorlalte regiuni de -216,7 pentru intervalul 2021-2030 în cazul RCP 4.5. În mod similar, orizontul 2071-2100 arată o valoare mai redusă, -468,8 față de media restului de regiuni de -514,3.

Analog indicatorului CDD, indicele HDD prezintă valori negative tot mai scăzute, îndeosebi în orizonturile de timp mai îndepărtate, fapt ce indică un efort energetic de încălzire al clădirilor în sezonul rece tot mai redus pentru intervalul 2021-2100.

Indicele Standardizat de Precipitații-Evapotranspirație (SPEI) indică evoluții diferite în viitor în funcție de orizontul de timp, care nu prezintă însă creșteri sau scăderi proeminente. Pentru perioada 2031-2030, indicele SPEI arată abateri ușor negative în orizontul de timp apropiat (2021-2030) pentru toate regiunile de dezvoltare, conform proiecțiilor din RCP 4.5. Pentru București-Ilfov, indicele SPEI arată abateri pozitive pentru perioada 2031-2050, după care acesta arată din nou valori negative. Regiunea Vest arată cele mai mici fluctuații SPEI pentru perioada 2021-2100 în toate orizonturile de timp, respectiv în ambele scenarii climatice.

O serie de **indicatori climatici sectoriali au relevanță pentru activitatea operativă și de management în domeniul energiei** și aceștia sunt în legătură cu o serie de fenomene climatice care pot afecta sectorul energetic: (i) *perioadele de secetă, de încălzire excesivă și stres termic asociat* (indicele SPEI, numărul de zile cu temperaturi medii zilnice mai mari de 22°C - S22, numărul de intervale de 5 zile consecutive în care temperatura maximă zilnică depășește 30°C - S30, numărul de intervale de 5 zile consecutive în care temperatura maximă zilnică depășește 35°C - S35), care pot influența în special sectorul hidroenergetic, prin apariția unor perioade cu producție mai scăzută de energie electrică din surse hidro, datorită diminuării posibilității sau decalării perioadei de umplere a lacurilor de acumulare prin lipsa precipitațiilor sau prin deficitul acestora; (ii) *gerul, înghețul și stresul termic asociat* (numărul de zile cu temperatura medie zilnică mai mică de 15.5℃ - G1, numărul de intervale de 5 zile consecutive în care temperatura minimă scade sub -15℃ - G2, Număr de intervale de 5 zile consecutive în care temperatura minimă scade sub -20℃ - G3, debutul sezonului de termoficare: 3 zile consecutive cu media temperaturii mai mică de 10℃, înregistrate în lunile octombrie sau noiembrie - G4, sfârșitul sezonului termoficare: 3 zile consecutive cu media temperaturii mai mare de 10℃, înregistrate în lunile martie sau aprilie - G5, durata sezonului de termoficare: intervalul cuprins între G4 și G5 - G6), care pot influența consumul de energie pentru climatizare în sezonul rece: necesarul pentru încălzire în interiorul incintelor locuite ar putea crește datorită temperaturii exterioare coborâte, care cresc nevoia menținerii confortului termic bioclimatic uman; acești indicatori sectoriali pot pune în evidență posibilele perioade de suprasolicitare a sistemului energetic prin creșterea cerinței și consumului de energie; (iii) *intensificările puternice de vânt* (număr de zile cu viscol - V1, Numărul de zile cu vijelie - V2), care pot produce posibile disfuncționalități în transportul energiei electrice către consumatori prin afectarea componentelor rețelei de către vântul puternic în sezonul rece și sezonul cald (ex. asociate sistemelor convective); (iv) *chiciura* (număr de zile în care este favorizată formarea chiciurei - Ch), care pot determina posibile disfuncționalități în transportul energiei electrice către consumatori prin afectarea componentelor rețelei de către depunerile de chiciură (tare). Incidența acestor fenomene capătă un plus de semnificație mai ales în contextul schimbărilor climatice viitoare și a accelerării procesului de încălzire a climei. Principalele rezultate obținute din analiza acestor indicatori sectoriali cu importanță pentru activitatea operativă și de management în domeniul energiei sunt prezentate mai jos.

Evoluția viitoare a numărului de intervale de 5 zile consecutive în care temperatura maximă zilnică depășește 30°C (S30) și 35°C (S35) în baza celor două scenarii RCP4.5 și RCP8.5, sugerează o creștere semnificativă mai pronunțată în orizontul viitor îndepărtat în special în regiunile sudice de câmpie ale țării (RCP4.5) în cazul indicatorului S30 și în toate regiunile extracarpatice și intracarpatice (cu deosebire în sudul extrem) în cazul indicatorului S35.

Numărul de zile cu temperaturi medii mai mici de 15.5°C (G1) prezintă o tendință de scădere la nivelul tuturor regiunilor de dezvoltare. Pentru București-Ilfov, numărul de zile este estimat să scadă cu aproximativ -7 de zile până 2030, până la -15 zile în 2050, -18 zile până 2070 și -22 zile spre finalul secolului conform scenariului RCP 4.5), de altfel aceasta fiind regiunea care arată o scădere mai moderată comparativ cu restul (fig. 3.2.2). Cele pronunțate scăderi ale acestui indice sunt anticipate în regiunea de dezvoltare Centru, unde estimările pentru anul 2050 sunt de aproximativ -23 de zile, urmând ca în jurul anului 2100, numărul de zile cu acest prag să fie mai mai redus cu aproximativ -31 de zile conform aceluiași scenariu.

Numărul de cazuri cu cinci zile consecutive în care temperatura minimă zilnică este mai mică de -15°C (G2) prezintă de asemenea o scădere general valabilă în ambele scenarii pentru toate regiunile țării, cu toate că modificarea este mai redusă decât în cazul G1. Mai multe regiuni de dezvoltare prezintă abateri mai ridicate în jurul anului 2030, după care, se remarcă o scădere a diferențelor până spre anul 2070, acestea crescând din nou până la finalul secolului. Cea mai accentuată schimbare este estimată a avea loc în cazul regiunii de dezvoltare Centru, diferențele față de perioada de referință (1971-2020) fiind de aproximativ -0,9 cazuri până în anul 2030, -3 cazuri pentru o perioadă mai extinsă (2031-2070), aceasta ajungând la -3,3 cazuri până la finalul acestui secol. Pentru București-Ilfov, estimările indică o diminuare a numărului de zile pentru G2, de aproximativ -1,8 cazuri pentru orizontul de timp 2021-2030, după care se remarcă o stagnare între 2031-2070 în jurul valorii de -2,5. Scenariul RCP 8.5 indică modificări mai pregnante, mult mai sesizabile (acestea ajungând chiar la -5 zile în jurul anului 2100 pentru regiunea Centru).

Numărul de cazuri cu cinci zile consecutive în care temperatura minimă zilnică este mai mică de -20°C (G3) prezintă o evoluție similară cu G2, în care valorile acestui parametru arată abateri negative pentru toate orizonturile de timp, chiar dacă toate că ecartul abaterilor este redus.

Regiunea Nord-Est arată cele mai mari abateri negative, ajungând de la -0,17 cazuri în orizontul 2021-2030 la -1,93 spre 2050 și -1,74 în 2100 pentru scenariul RCP 4.5. Pentru regiunea București-Ilfov, abaterile se situează în jurul valorii de -0,5 cazuri în orizontul 2021-2050, după care se remarcă o creștere la -0,8 cazuri spre finalul secolului. Cele mai mici valori ale abaterilor sunt specifice regiunile Sud-Est și Sud-Vest.

Durata intervalului cuprinsă între data calendaristică a intervalului în care se înregistrează minim trei zile conecutive cu temperaturii medii zilnice mai mici de 10 °C și cea în care sunt minim trei zile consecutive cu temperaturi medii zilnice mai mari de 10 °C (G4) este în creștere în toate regiunile de dezvoltare, respectiv în toate orizonturile de timp. În București-Ilfov, creșterile sunt estimate a fi la 0,42 cazuri în orizontul 2021-2030 conform scenariului RCP 4.5, comparativ cu 0,74 în RCP 8.5; 1,78 cazuri în perioada 2031-2050; 4,46 cazuri pentru intervalul 2071-2100 și în final, un maxim de 4,76 cazuri atins în intervalul 2071-2100. Regiunea Centru este cea mai afectată pe viitor în această privință, valorile crescând constant de la 1,92 cazuri la finalul deceniului al doilea, la 4,68 situații în orizontul de timp 2031-2050 și 7,2 situații spre finalul secolului. Regiunile din jumătatea sudică a României prezintă o evoluție mai moderată comparativ cu restul, ceea ce reiterează faptul că nordul țării prezintă o tendință de încălzire mai pregnantă inclusiv din perspectiva acestui indicator. În concluzie, se vede o scurtare a anotimpului de iarnă concomitent cu o creștere a celui de toamnă în vestul, nordul și nord-estul țării.

Durata intervalului dintre data calendaristică în care se înregistrează minim trei zile consecutive cu temperaturii medii zilnice mai mici de 10 °C și cea în care se înregistrează minim trei zile consecutive cu temperaturi medii zilnice mai mari de 10 °C (G5). Similar celorlalți indicatori, acest indice estimează o creștere a valorilor spre finalul acestui secol, cele mai vizibile modificări fiind specifice zonei de dezvoltare Centru (de la 3,7 zile în orizontul 2021-2050 la 5,51

în 2051-2070 și 7,2 zile în orizontul 2071-2100). Cu alte cuvinte, lungimea perioadei de termoficare se estimează a fi mai redusă în următoarele decenii în ambele scenarii climatice. Cele mai mari devansări sunt specifice zonei Moldovei (între 7 și 10 zile) și până la 15 zile pentru zona de munte, conform scenariului RCP 4.5 pentru întreaga perioada 2021-2100, în timp ce în sudul și vestul țării, schimbările în cazul acestui parametru se anunță a fi mai reduse.

Lungimea sezonului de termoficare (G6) prezintă abateri negative în viitor, indicând o scădere a necesității energetice în acest domeniu. Pentru București-Ilfov, scenariul RCP 4.5 arată un sezon de termoficare cu -5 zile mai redus în 2030 în timp ce în orizonturile mai îndepărtate, acesta va fi chiar mai redus (-12 zile pentru perioada 2041-2070 și -16 zile pentru 2071-2100). Lungimea sezonului de termoficare este în scădere în ambele scenarii climatice mai ales în Centrul, nordul și nord-estul țării iar după 2070, diferența dintre scenarii este mai ridicată.

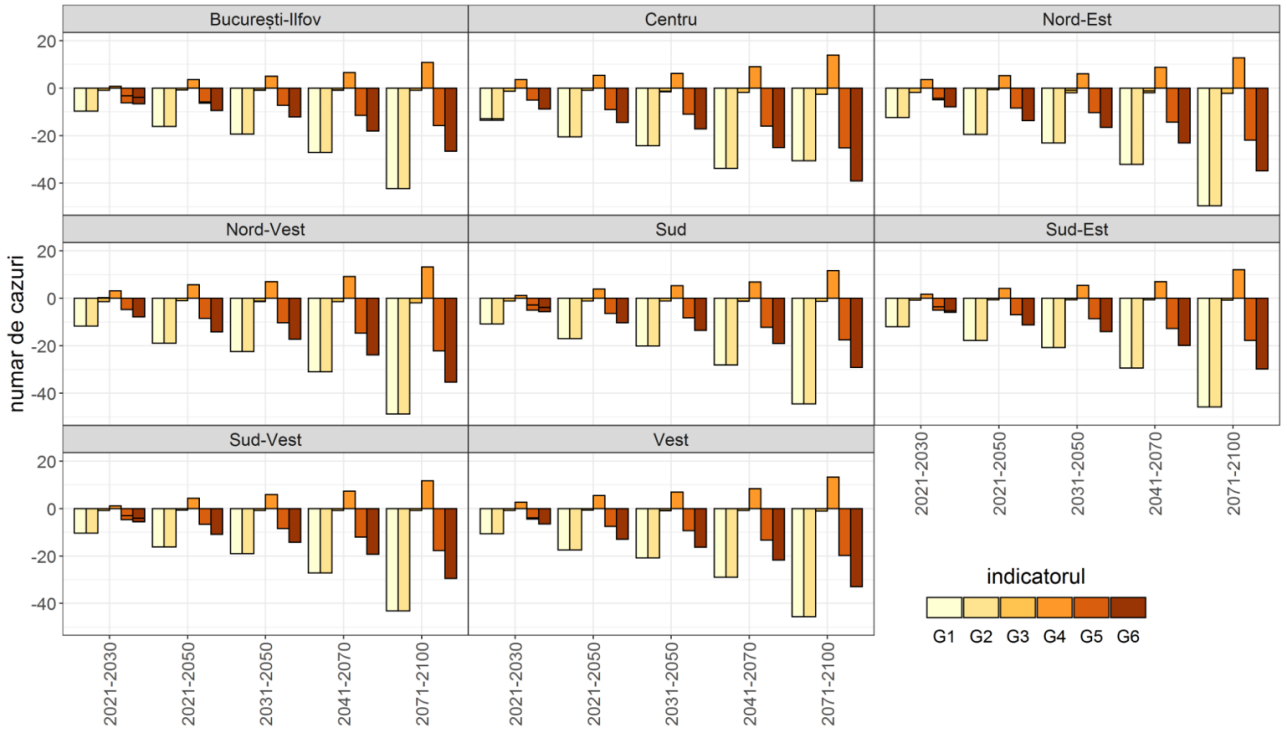


Fig.3.2.3.2. Abaterile indicatorilor cu aplicabilitate în sectorul energetic (G1-G6) conform scenariului RCP 4.5 mediate pentru diferite orizonturi de timp la nivelul tuturor regiunilor de dezvoltare din România

Numărul mediu anual de zile în care temperatura medie a atins și depășit diferite praguri (22°C, 30 °C și 35 °C - abreviat în S22, S30 și S36), arată o creștere constantă în perioada 2021-2100 comparativ cu perioada de referință 1971-2000 (fig.3.2.3). Pentru regiunea București-Ilfov, se remarcă o creștere a indicelui S22 de aproximativ 12 zile în orizontul 2021-2030 în cazul scenariului RCP 4.5 și de 12,3 pentru RCP 8.5 pentru aceeași perioadă. Din punct de vedere al ecartului de valori, indicele S22 indică valori mai mari comparativ cu S30 și S35, chiar dacă toți cei trei indici arată o creștere în orizonturile viitoare de timp. Acest fapt se datorează condiției mai puțin restrictive în cazul indicelui S22 (din cauza simplului fapt că există mai multe situații în care media zilnică a temperaturii ≥ 25 °C). Pentru intervalul cuprins între 2031-2050, estimările arată în plus 19,5 zile pe an și până la aproape 30 de zile până la finalul secolului conform aceluiași scenariu (RCP 4.5). Situația în cazul celorlalți indici este similară (până la 25 de zile în plus pentru S2 în scenariul RCP 4.5 în intervalul 2071-2100 și 10,5 zile în cazul S3). Regiunea de dezvoltare Centru indică schimbări ceva mai reduse comparativ cu restul regiunilor, pentru toate orizonturile de timp, respectiv ambele scenarii climatice.

Ultimii indicatori climatici din domeniul energiei analizați în această secțiune sunt reprezentați de **numărul de zile cu viscol** (V1) și **numărul de zile cu vijelie** (V2). Dat fiind faptul

că aceste fenomene se datorează unor condiții sinoptice de durată scurtă și relativ, pe o scară regională mică, o estimare a evoluției acestora este dificilă și relativ greu de cuantificat în cadrul scenariilor climatice. Pentru V1, se remarcă o slabă creștere inițială a numărului de viscole în orizontul de timp 2021-2030 în ambele scenarii climatice pentru București-Ilfov, după care, evoluția este una negativă, în special în orizonturile de timp îndepărtate. Singura regiune cu abateri pozitive dar în continuă descreștere este cea de Nord-Est. Numărul de zile cu vijelii arată o evoluție pozitivă pentru regiunea București-Ilfov (cu toate că abaterile sunt sub pragul de 0,5 pentru toate orizonturile de timp) doar pentru scenariul RCP 4,5 în timp ce în scenariul RCP 8.5 indică o frecvență mai redusă a acestui fenomen decât în cazul perioadei de referință 1971-2000, practic abaterile fiind negative. Doar regiunea de Sud-Est arată abateri pozitive în ambele scenarii pentru toate orizonturile de timp, estimările fiind de maxim 2 zile în scenariul RCP 8.5 pentru orizontul de timp 2071-2100.

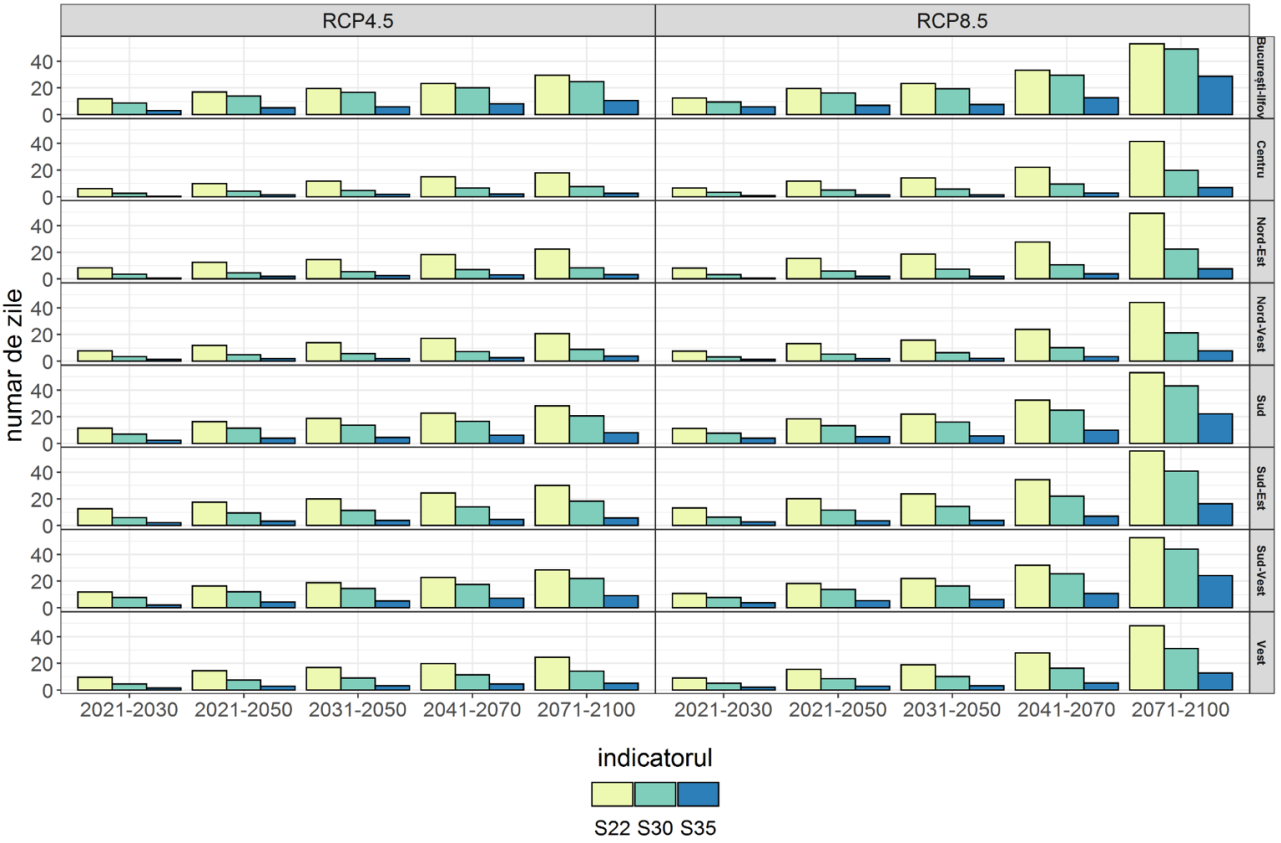


Fig. 3.2.3.3. Abaterea numărului de zile cu temperaturi medii mai mari de 22 °C (S22), 30 °C (S30) și 35 °C (S35) față de perioada 1971-2000, conform scenariului RCP 4.5 pentru diferite orizonturi de timp viitoare

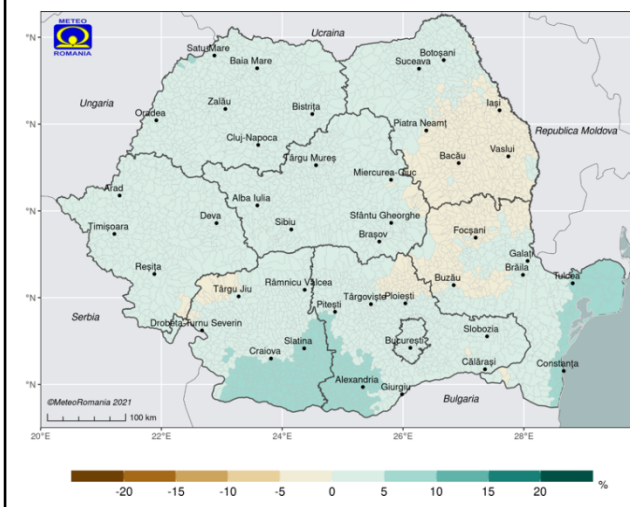
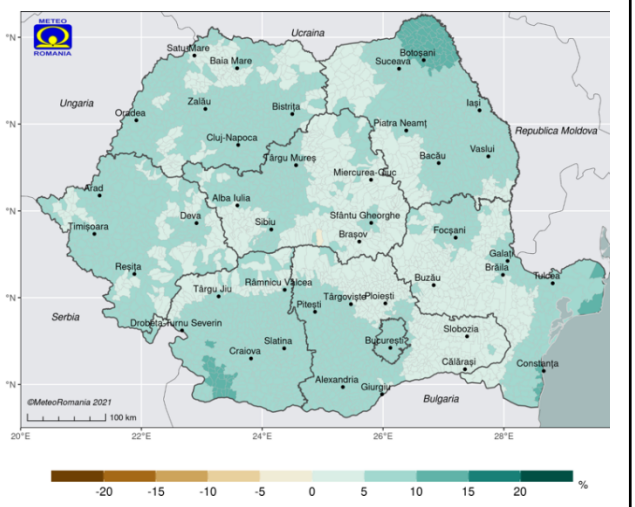
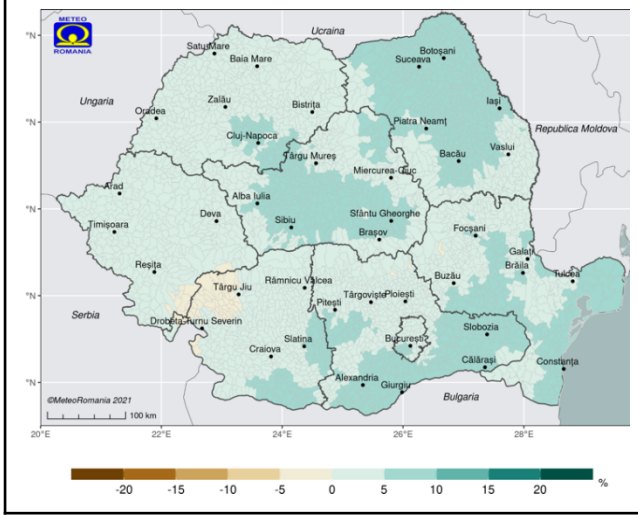
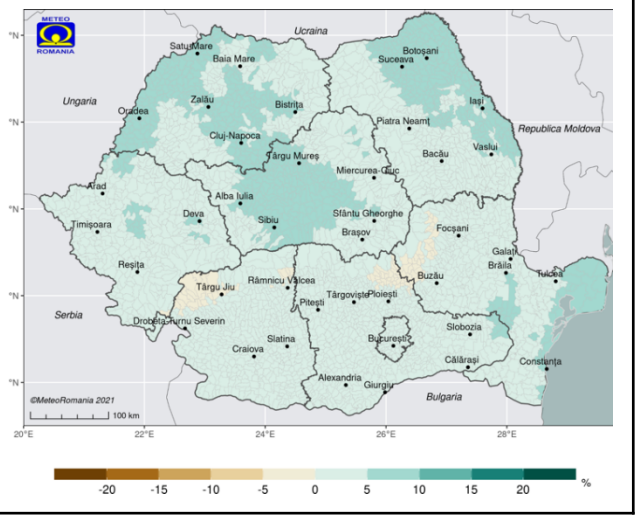
Alți indicatori climatici care pot fi relevanți în domeniul energiei (neprezentați aici) sunt numărul de zile care pot favoriza apariția înghețului la sol sau al averselor cu ninsoare. În cazul primului indice, evoluția în viitor arată o scădere generală în toate regiunile, cu excepția sud-estului țării în RCP 4.5 și a jumătății estice în RCP 8.5. Pentru al doilea indicator, concluziile sunt similare, cu excepția că în intervalul 2021-2050, numărul de zile cu averse de ninsoare este posibil să crească în sudul și sud-estul țării, conform simulărilor din RCP 4.5, după care, frecvența acestora va fi mai redusă comparativ cu media perioadei 1971-2000.

3.2.4. Managementul resurselor de apă

Cantitatea anuală de precipitații din proiecțiile climatice arată o ușoară creștere pentru intervalul 2021-2030, cu excepția bazinului Siretului, unde semnalul evoluției precipitațiilor este

diferit în cele două scenarii (ușoare scăderi după RCP 4.5 și creșteri după RCP 8.5). Pentru perioadele mai îndepărtate, cele două scenarii au semnale similare, de creștere, mai accentuate în zonele Centru, Nord-Est și Est pentru ambele scenarii în orizontul de timp 2031-2050 (Fig. 3.2.4.1). În ambele scenarii, pentru intervalul 2071-2100, creșterile sunt mai puternice în zona jumătatea de nord a țării.

Temperatura aerului prezintă exclusiv tendințe de creștere, în ambele scenarii, pentru toate cele trei intervale de timp. Aceste tendințe se accentuează cu cât orizontul de timp este mai îndepărtat (Fig. 3.2.4.2). Așa cum este de așteptat, evoluția indicelui SPI este similară cu cea a precipitațiilor (Fig. 3.2.4.3), iar indicele SPEI, care ia în considerare și evapotranspirația, indică o accentuare a secetei în zona extracarpatică pentru orizontul de timp 2071-2100 (Fig. 3.2.4.4).

RCP 4.5	RCP 8.5
	
	

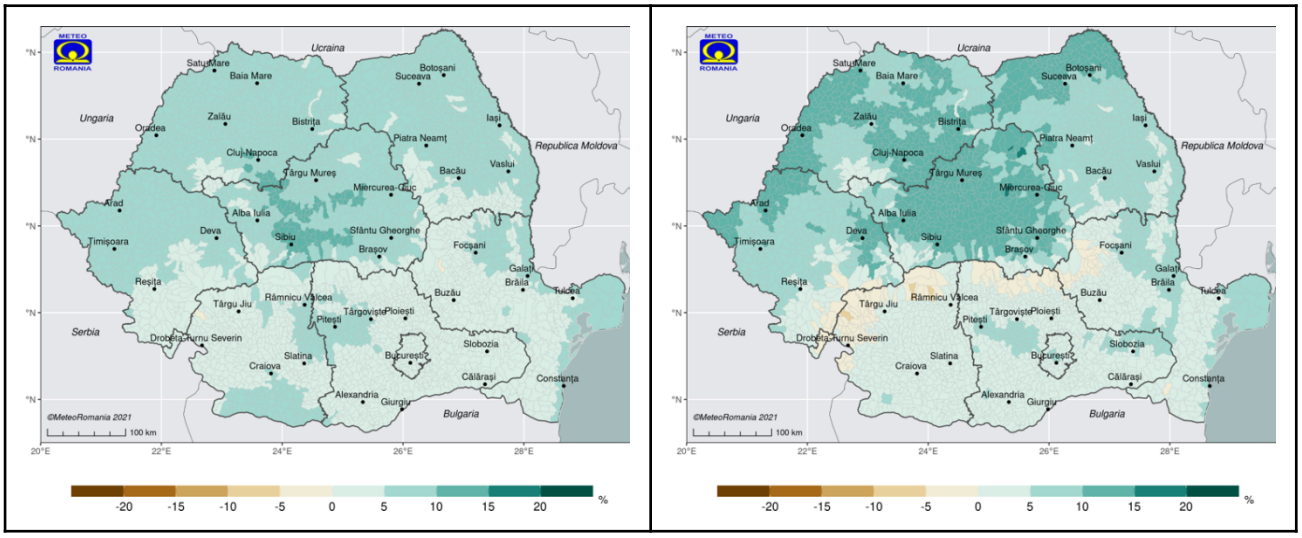
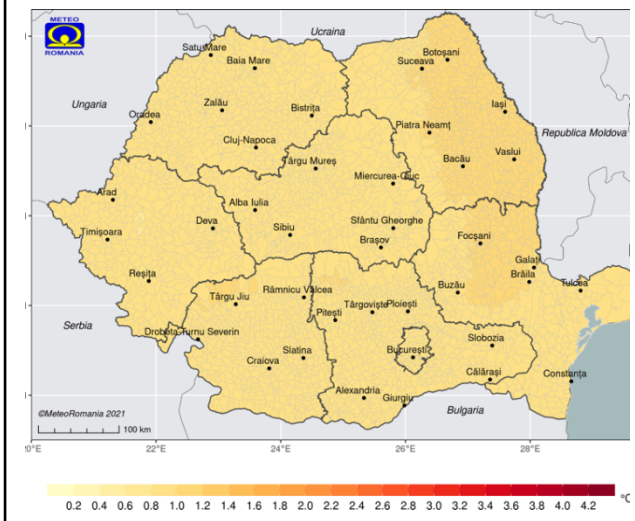
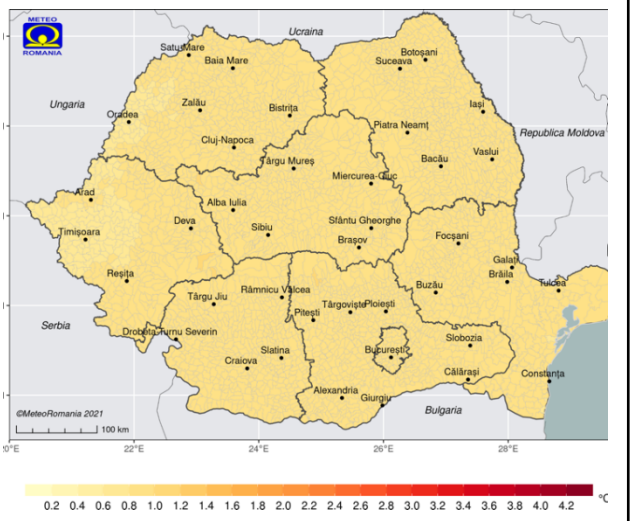
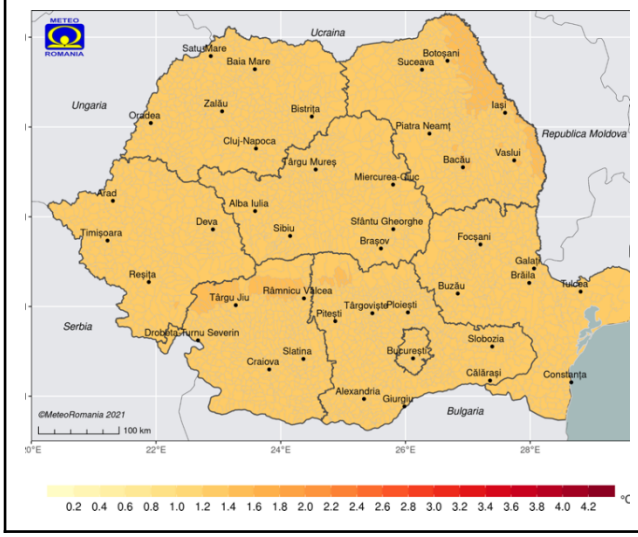
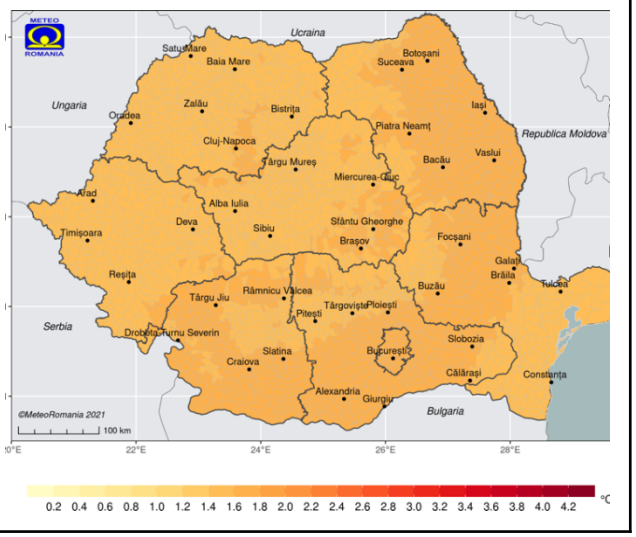


Fig. 3.2.4.1. Evoluția cantităților de precipitații la nivel de UAT în perioadele 2021-2030 (sus), 2031-2050 (miljoc) și 2071-2100 (jos), conform scenariilor climatice RCP 4.5 și RCP 8.5.

RCP 4.5	RCP 8.5
	
	

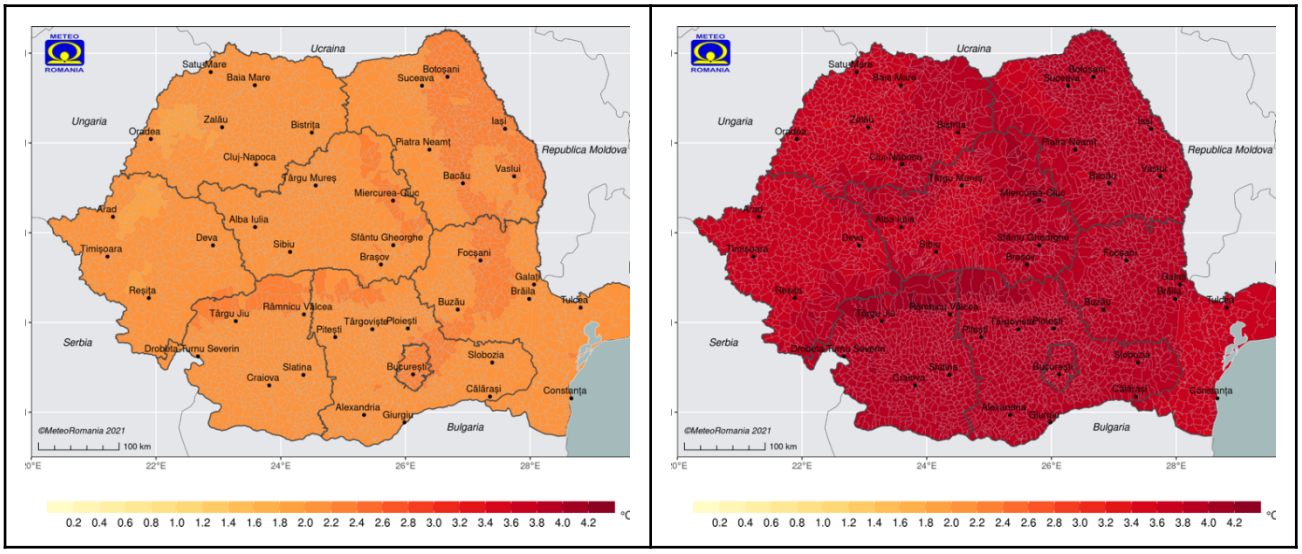
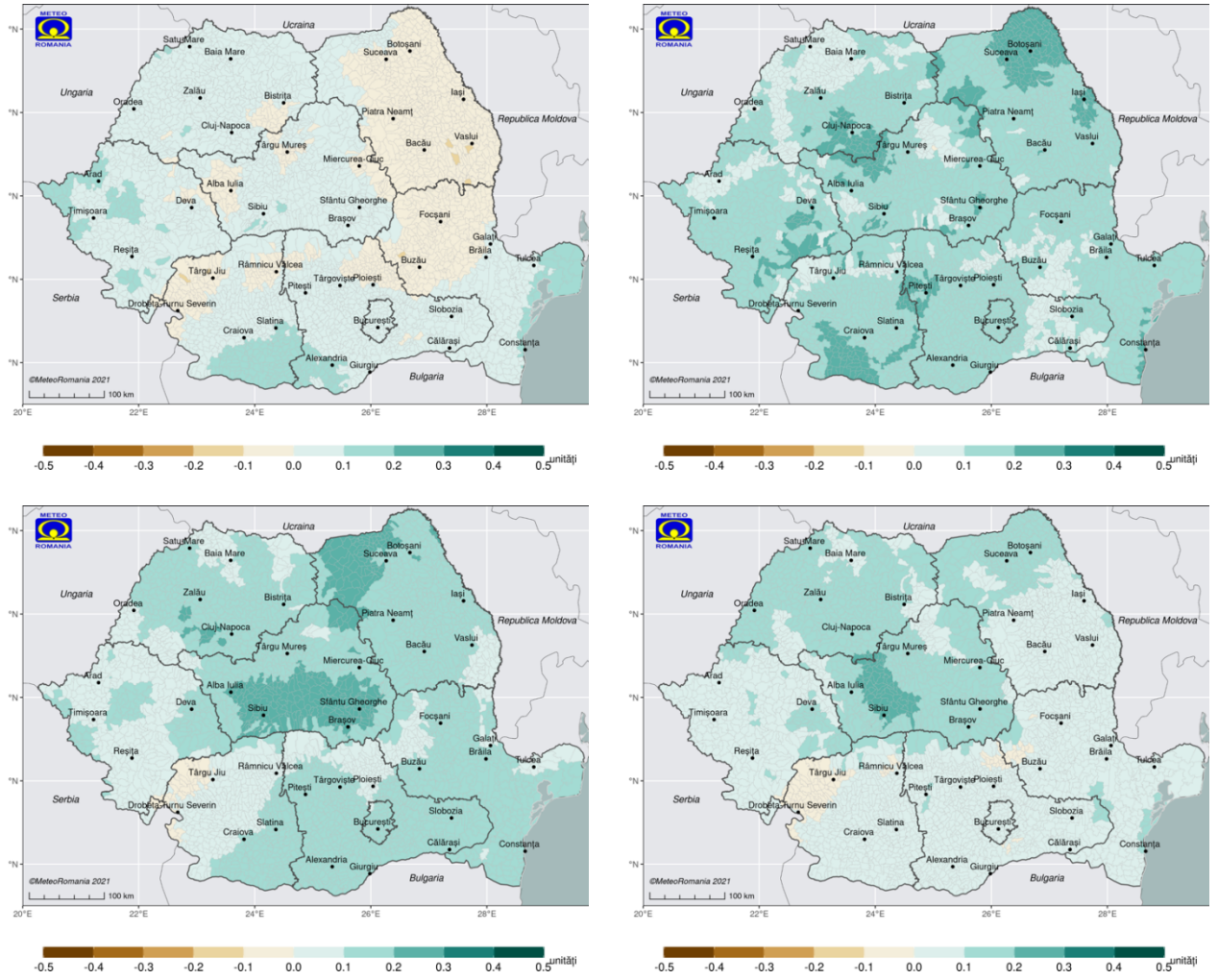


Fig. 3.2.4.2. Evoluția temperaturii aerului la nivel de UAT în perioadele 2021-2030 (sus), 2031-2050 (miljoc) și 2071-2100 (jos), conform scenariilor climatice RCP 4.5 și RCP 8.5.

RCP 4.5 RCP 8.5



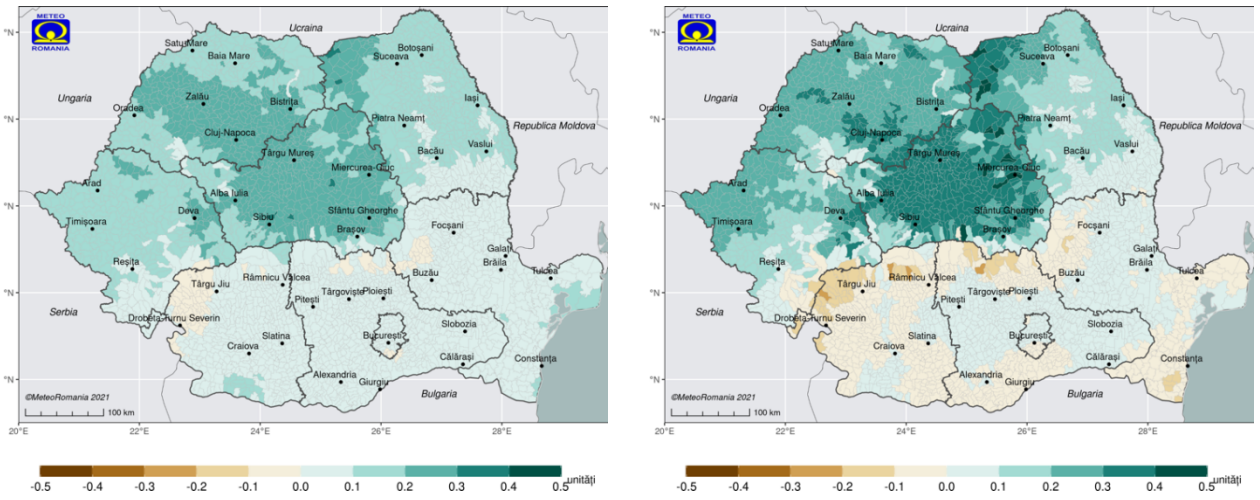
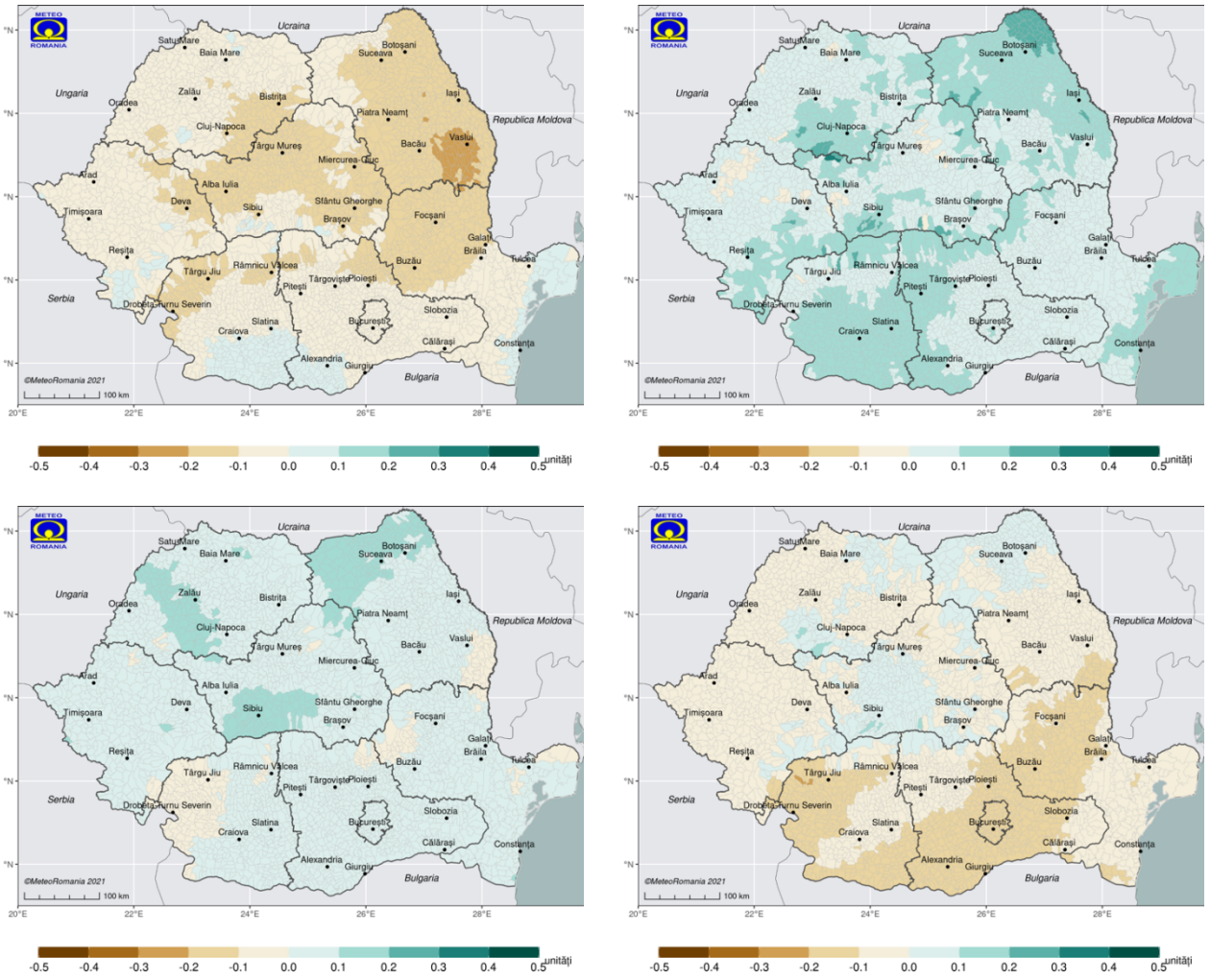


Fig. 3.2.4.3. Evoluția indicelui SPI la nivel de UAT în perioadele 2021-2030 (sus), 2031-2050 (miljoc) și 2071-2100 (jos), conform scenariilor climatice RCP 4.5 și RCP 8.5.

RCP 4.5 RCP 8.5



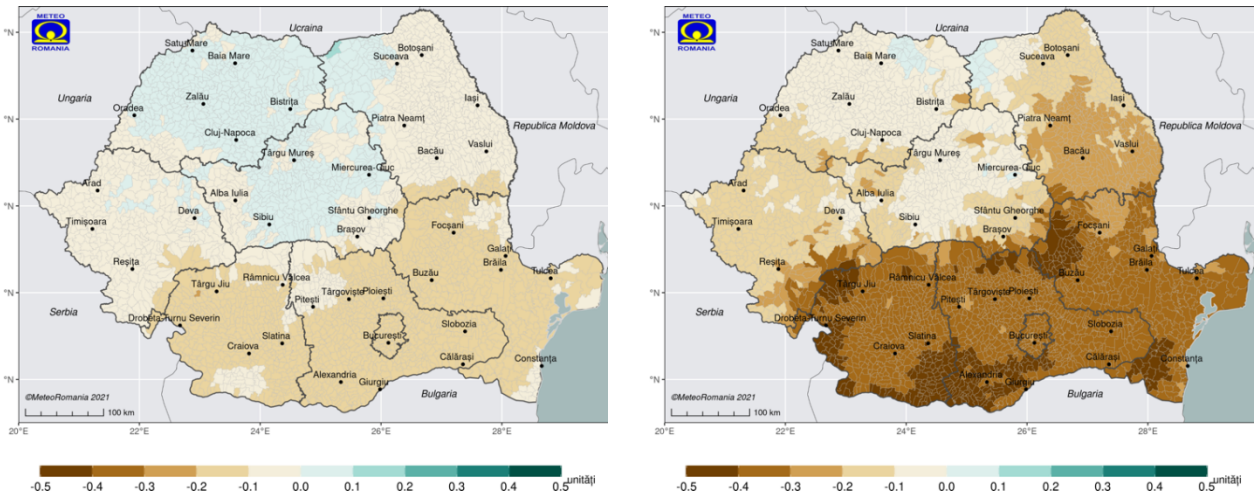
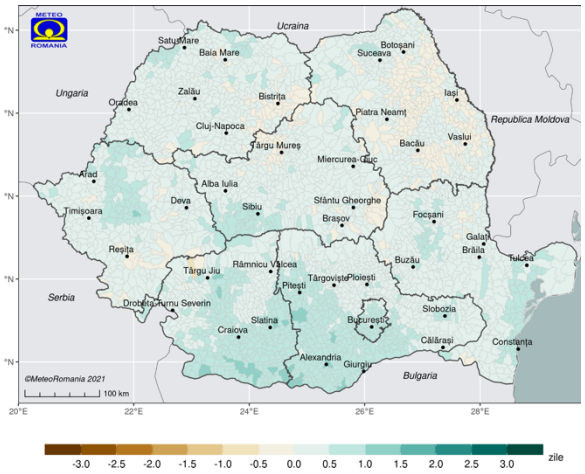
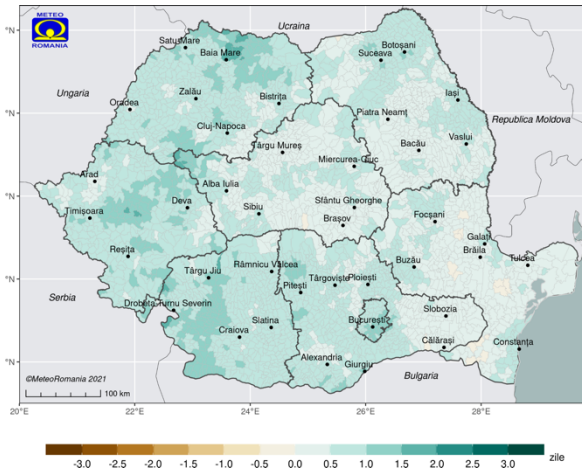
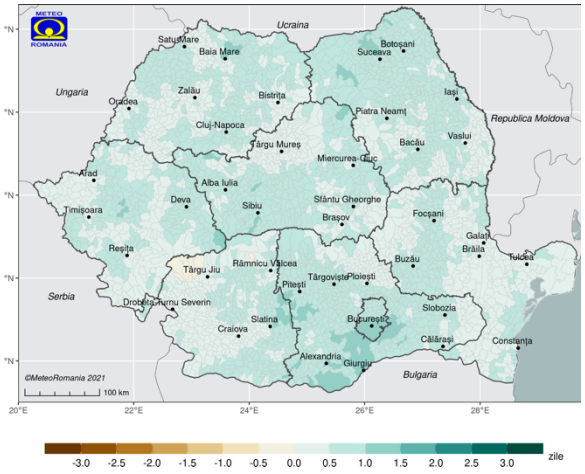
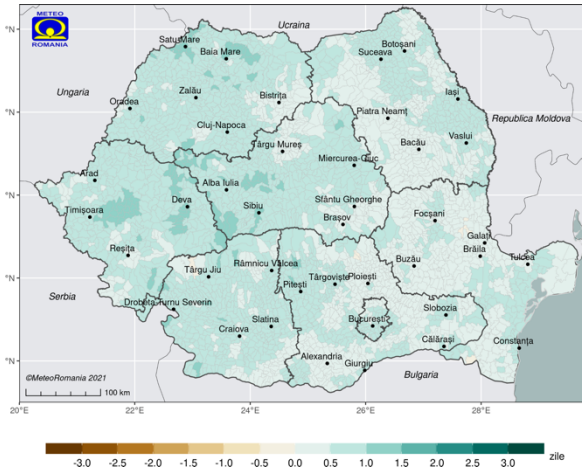


Fig. 3.2.4.4. Evoluția indicelui SPEI la nivel de UAT în perioadele 2021-2030 (sus), 2031-2050 (miljoc) și 2071-2100 (jos), conform scenariilor climatice RCP 4.5 și RCP 8.5.

Numărul de zile cu cantități de precipitații de peste 20 mm arată tendințe predominante de creștere în viitorul apropiat, conform ambelor scenarii climatice. În intervalul 1971-2100, proiecțiile sunt exclusiv de creștere, nefiind însă vorba de schimbări radicale, ci de creșteri între una și trei zile cu precipitații abundente pe an (Fig. 3.2.4.5).

RCP 4.5	RCP 8.5
	
	

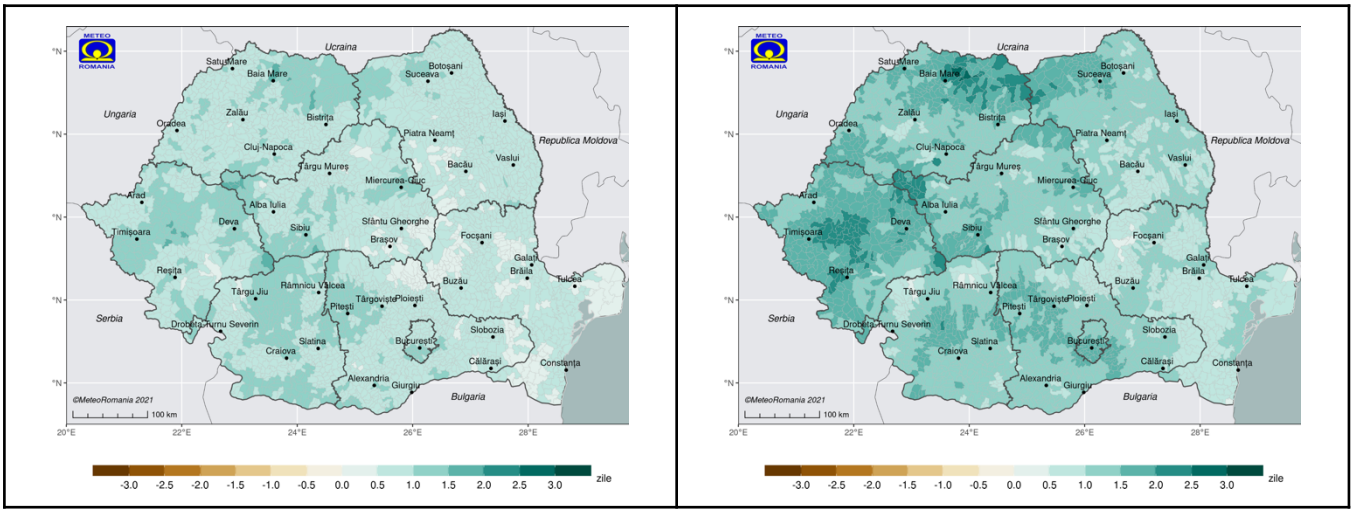


Fig. 3.2.4.5. Schimbări în frecvența zilelor cu precipitații abundente (cel puțin 20 mm) la nivel de UAT în perioadele 2021-2030 (sus), 2031-2050 (miljoc) și 2071-2100 (jos), conform scenariilor climatice RCP 4.5 și RCP 8.5.

În privința numărului de zile consecutive fără precipitații (CDD), acesta indică tendințe predominante de creștere în jumătatea de sud a țării, în acord cu tendințele de accentuare a secetei revelate de ceilalți indici.

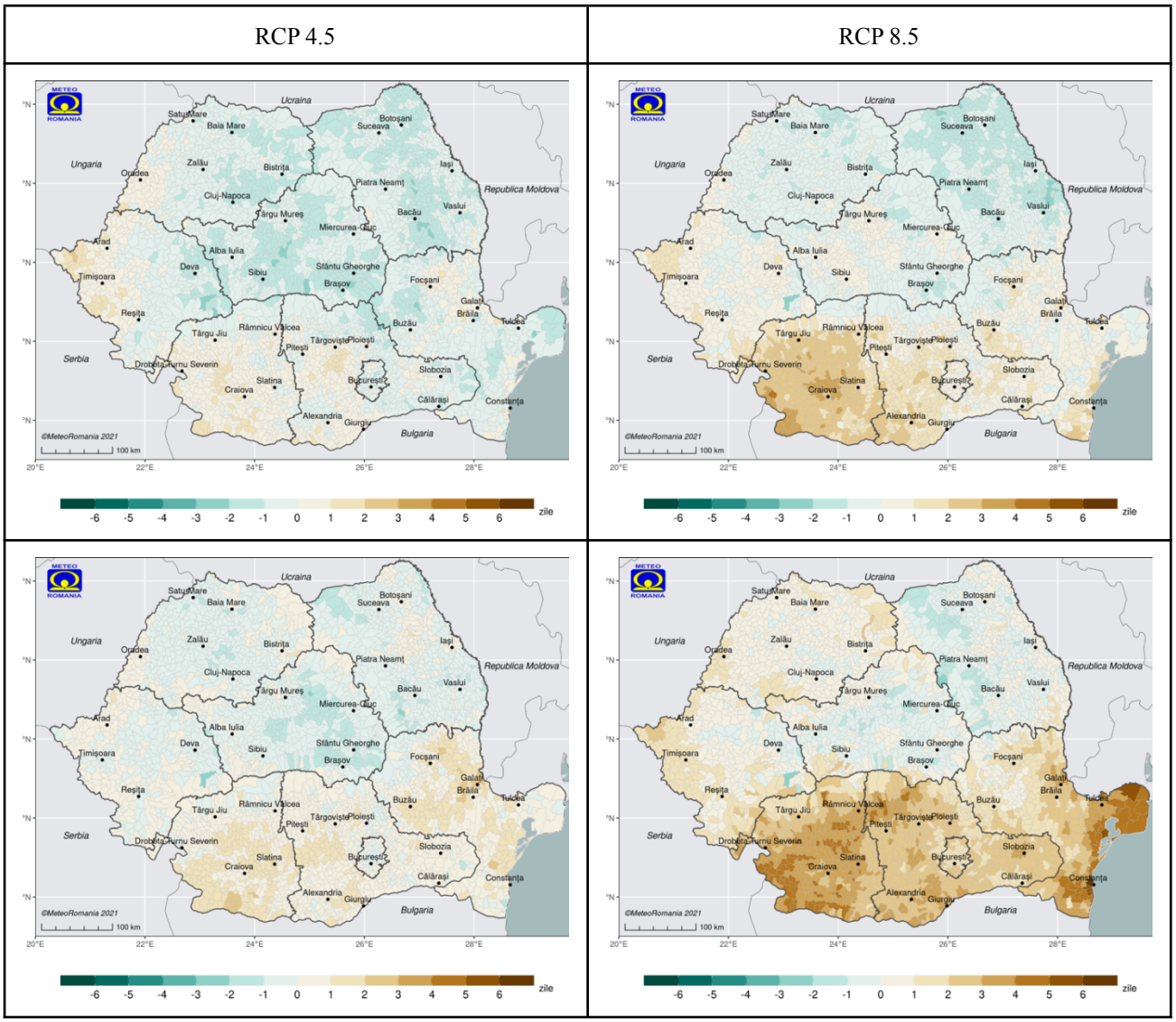


Fig. 3.2.4.6. Evoluția numărului maxim de zile consecutive fără precipitații (CDD) la nivel de UAT în perioadele 2031-2050 (sus) și 2071-2100 (jos), conform scenariilor climatice RCP 4.5 și RCP 8.5.

Valorile indicelui de ariditate "de Martonne" scad continuu în ambele scenarii (Fig. 3.2.4.7), scăderea fiind mai accelerată în scenariul RCP 8.5 şi mai importantă în zona de munte. Totuşi, pentru intervalul 2031-2050, există arii mici cu creştere uşoară a indicelui – în sudul ţării şi în zona intracarpatică.

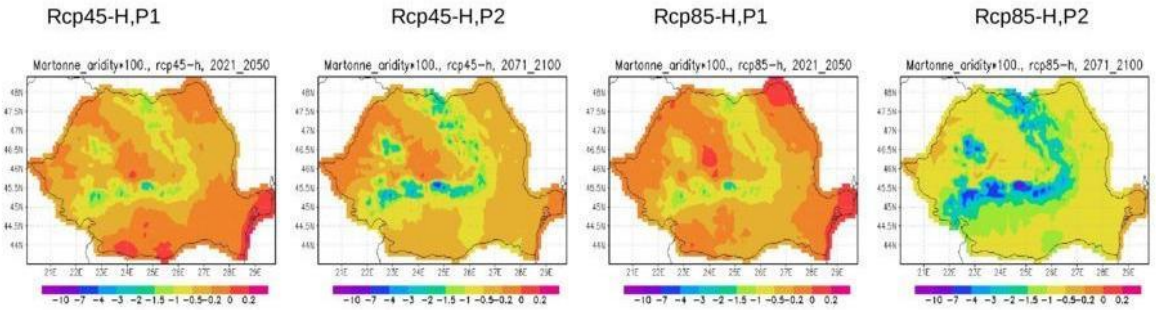


Fig. 3.2.4.7. Diferenţele indicelui de ariditate de Martonne faţă de perioada de referinţă 1971-2000 în intervalele 2031-2050 (P1) şi 2071-2100 (P2) pentru scenariile climatice RCP 4.5 şi RCP 8.5.

Umezeala din sol (MSO) prezintă o evoluţie ascendentă în viitor în jumătatea de vest a ţării şi local în sud-est şi descendentă în jumătatea de est şi în nord, cu cele mai importante diminuări în Subcarpaţii Moldovei şi Carpaţii Orientali. Aceeaşi distribuţie a semnalului climatic se păstrează şi după 2050, concomitent unei amplificări a anomaliei faţă de perioada de referinţă, mai puţin în scenariul RCP4.5, dar mai semnificativ în RCP8.5 (factor >2 în Subcarpaţi), conform unui gradient est-vest (Fig. 3.2.2.8).

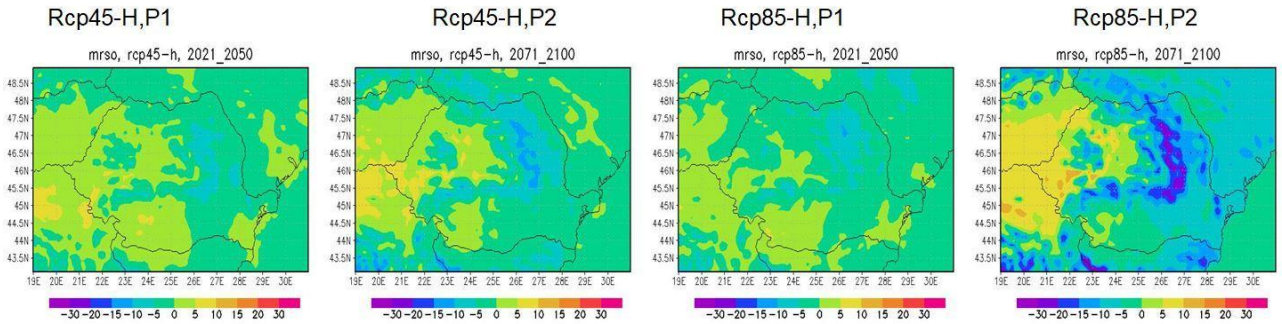


Fig. 3.2.4.8. Schimbări preconizate în evoluţia viitoare a umezelii totale din sol (kg/mp) în orizonturile de timp 2021-2050 şi 2071-2100 în România, în baza scenariilor RCP4.5 şi RCP8.5.

3.2.5. Silvicultură

Analiza tendinţei de încălzire preconizate în România, a schimbărilor în incidenţa extremelor termice pozitive, în relaţie cu modificările aşteptate în regimul anual al precipitaţiilor şi frecvenţa extremelor pluviometrice, precum şi în cele din ecartul valoric extrem al vitezei vântului, poate oferi o imagine de ansamblu asupra efectelor adverse posibile asupra vegetaţiei forestiere în decursul secolului 21, în baza a diferite scenarii climatice.

În viitor, **durata anuală a valurilor de căldură**, în timpul cărora căldură excesivă poate dura cel puţin 6 zile consecutive, aşa cum s-a mai arătat anterior (sectorul *Biodiversitate*), va creşte constant la nivelul tuturor regiunilor de dezvoltare până la sfârşitul secolului, indiferent de scenariul climatic analizat. În medie, creşterile preconizate la nivelul regional, vor fi cu 2 până la 4 zile în RCP4.5, cu u maxim în regiunea de Sud-Vest, şi cu 2 până la 11 zile în scenariul RCP8.5, cu un maxim în regiunea Sud-Est. Local (UAT), creşterile preconizate în RCP4.5 pot ajunge la 3-5 zile până în anul 2050 şi la 7-8 zile după 2050. În RCP8.5, creşterile vor fi mult mai notabile, cu 4-6 zile

până în 2050 și cu 9-20 zile după acest an (Fig. 3.2.5.1). Acest semnal climatic sugerează o amplificare continuă a stresului termic bioclimatic în cadrul ecosistemelor forestiere, în special în unele regiuni montane precum Munții Maramureșului, Rodnei, Carpații Curburii, Carpații Meridionali, Munții Banatului și Apuseni, precum și cele din unele areale naturale protejate (ex. rezervațiile biosferei).

Expunerea viitoare a ecosistemelor la stres termic prin răcire excesivă va scădea treptat odată cu intensificarea procesului de încălzire până la sfârșitul secolului 21 în toate regiunile țării. Astfel, **durata anuală a valurilor de frig** este în scădere, în special după 2071 în toate regiunile de dezvoltare ale țării, mai ales în regiunea Nord-Vest, unde sunt așteptate scăderi cu până la 5-6 zile în ambele scenarii. Pe termen scurt și mediu, până în 2050, scăderea duratei anuale a valurilor de frig va fi 3-5 zile comparativ cu perioada de referință.

Durata sezonului (climatic) de vegetație este în creștere față de perioada climatului actual, în răspuns la încălzirea accelerată a climei. Local (UAT), creșterile preconizate ajung la 25 zile până în 2050 și la 29-38 zile până la sfârșitul secolului în baza scenariului RCP4.5 și excepțional, până la 30 zile și respectiv 71 zile în RCP8.5. Regiunile de dezvoltare în care sezonul de vegetație se așteaptă să se prelungească cel mai mult sunt cele de Sud și Sud-Vest.

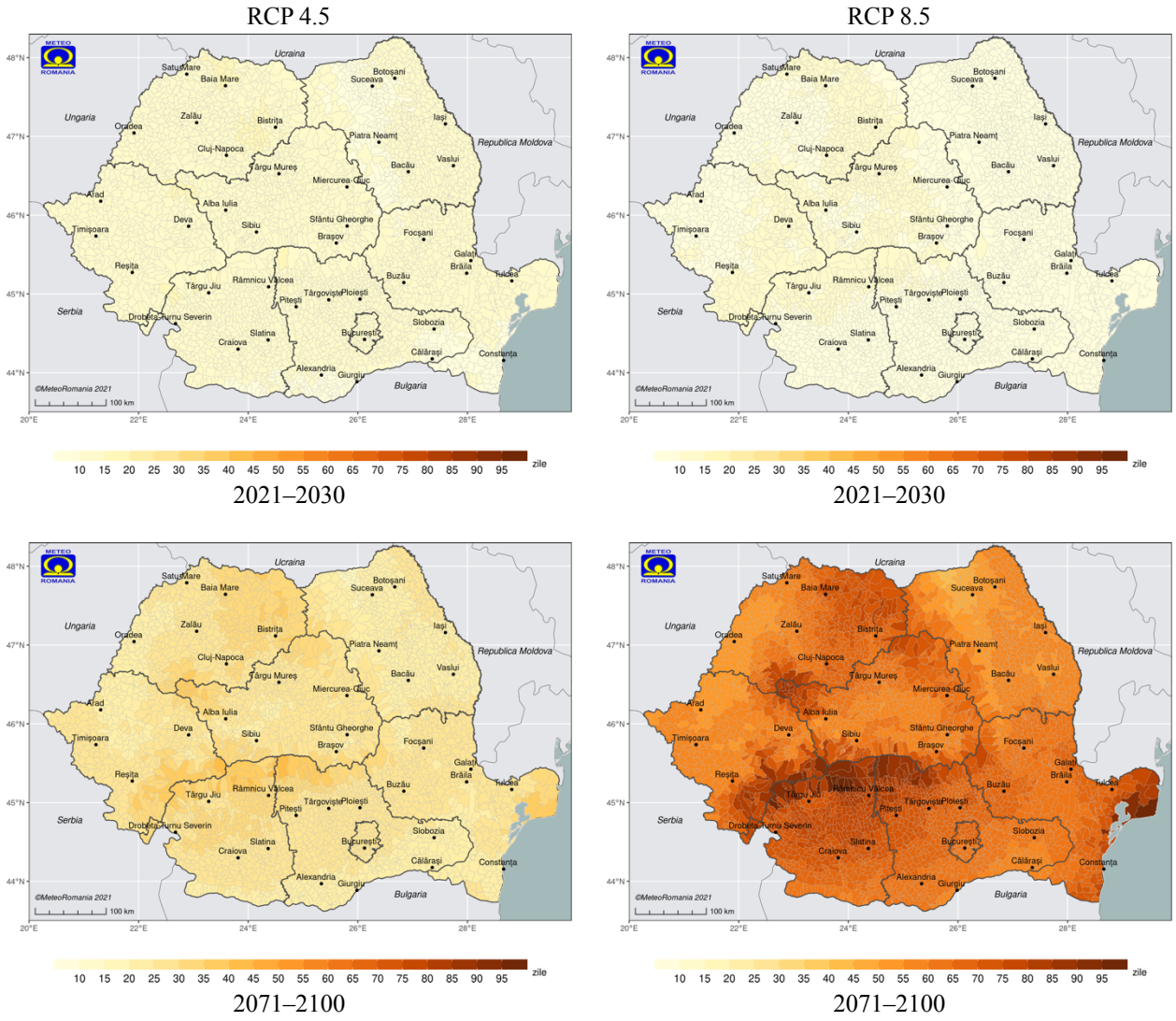


Fig. 3.2.5.1. Schimbări viitoare în durata anuală a valurilor de căldură în România în viitorul apropiat (sus) comparativ cu cel îndepărtat (jos), în baza scenariilor RCP4.5 (stânga) și RCP8.5 (dreapta).

O altă consecință directă a procesului viitor de încălzire este și incidența tot mai mare a **incendiilor de vegetație**, conform imaginii oferite de indicele FWI. În viitor, valorile indicatorului cresc continuu (anomalii pozitive față de perioada de referință), în ambele scenarii, în toate regiunile țării. Cele mai mari creșteri sunt preconizate în jumătatea sudică a țării, în special în regiunile din sud-vest și sud-est. În perioada 2021-2050 creșterile preconizate sunt similare în cele două scenarii. După 2050, mai ales în scenariul RCP8.5 se așteaptă o creștere accelerată față de cea preconizată în RCP4.5, în factor 4 în regiunea de sud a țării față de orizontul de timp 2021-2050 și factor 2 față de aceeași perioadă (2071-2100) în scenariul RCP4.5 (Fig. 3.2.5.2).

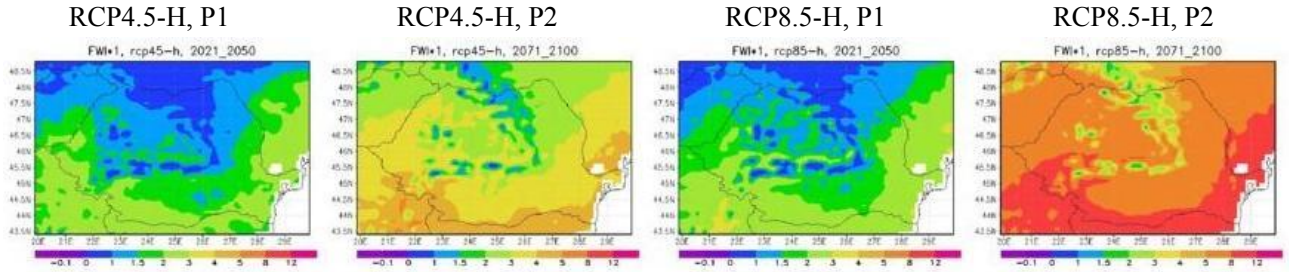


Fig. 3.2.5.2. Schimbări viitoare în numărul evenimentelor cu incendii de vegetație în România în orizonturile de timp 2021-2050 (P1) și 2071-2100 (P2) în raport cu perioada de referință 1971-2000 (H), în baza proiecțiilor scenariilor RCP4.5 și RCP8.5.

În contextul semnalului viitor de creștere al cantităților anuale de precipitații, **indicele Standardizat de Precipitații-Evapotranspirație** (SPEI) indică evoluții diferite în viitor în funcție de orizontul de timp, fără a se evidenția creșteri sau scăderi importante. Pentru perioada 2031-2030, în scenariul RCP4.5, indicele SPEI prezintă scăderi în orizontul de timp apropiat (2021-2030) pentru toate regiunile de dezvoltare. Regiunea București-Ilfov se distinge prin abateri pozitive ale indicelui SPEI numai pentru orizontul de timp 2031-2050, în timp ce regiunea Vest prezintă cele mai mici fluctuații ale indicelui pentru întreaga perioadă acoperită de proiecții climatice, în ambele scenarii climatice. Astfel, nu se evidențiază schimbări notabile în evoluția secetei din perspectiva indicelui SPEI, cu semnificație pentru sectorul *Silvicultură*. În concordanță cu semnalul climatic viitor de creștere al cantităților anuale de precipitații, în toate regiunile țării se așteaptă o creștere a frecvenței de producere a **zilelor cu precipitații abundente** (de peste 20 mm/zi) care pot afecta arealele cu vegetație forestieră, prin creșterea expunerii acestora la riscul de producere al inundațiilor și viiturilor rapide. Creșterile medii regionale sunt mai mici de 1 zi în ambele scenarii până în anul 2070, depășind acest prag după anul 2070, conform RCP4.5 numai în cadrul regiunii Vest și în majoritatea regiunilor conform RCP8.5 (cu excepția regiunii Sud-Est) și excepțional în orizontul de timp viitor 2041-2070 în cadrul regiunii Vest.

În timpul sezonului rece al anului, condițiile de producere ale **averselor de ninsoare** se vor schimba de asemenea în viitor, cu implicații în expunerea arealelor cu vegetație forestieră la posibile fenomene de rupturi de zăpadă, prin supraîncărcare cu zăpadă proaspătă, îndeosebi în pădurile tinere. Numărul mediu de zile cu averse de ninsoare, care pot genera acumulări de zăpadă proaspătă mai mare de 10 (averse moderate), 20 (averse severe) și 80 cm (averse extreme), va crește în viitor îndeosebi în regiunile sudice și sud-estice în orizontul de timp 2021-20 (scenariul RCP4.5). Acest semnal este mai pronunțat în cazul frecvenței averselor de ninsoare care pot genera acumulări de cel puțin 10 cm (averse moderate) și din ce în ce mai puțin evident odată cu creșterea cantității de zăpadă proaspătă pe care astfel de fenomene o pot genera. Creșterile de frecvență se diminuează în orizontul viitor cel mai îndepărtat (2071-2100), în toate regiunile țării. În scenariul RCP4.5, aversele severe (80 cm) cresc în frecvență pe arii extinse din țară (exceptând regiunea de munte și cea intracarpatică), aceasta fiind superioară față de perioada de referință până în anul 2050. După 2071 (RCP8.5), frecvența acestor fenomene severe se diminuează în majoritatea regiunilor, singurele areale de creștere, puțin extinse spațial, regăsindu-se în regiunea de dezvoltare Sud-Est

(Podișul Dobrogei), în cea de Vest (Câmpia de Vest), în regiunea Centru (în sud-estul Podișului Transilvaniei) și izolat în cea de Nord-Est (Podișul Moldovei). Aversele extreme de ninsoare vor scădea în frecvență pe arii extinse în cele două orizonturi viitoare de timp, în ambele scenarii, rămânând mai frecvente îndeosebi în regiunea carpatică (Carpații Meridionali, Munții Banatului și Carpații Curburii) numai până în 2050 (RCP4.5). În general, arealele de creștere a averselor extreme de ninsoare prezentă un caracter extrem de izolat în RCP8.5 și în orizontul de timp viitor îndepărtat (Fig. 3.2.5.3).

Din punct de vedere al evoluției viitoare a vitezei vântului, se apreciază o menținere la un nivel similar condițiilor climatului actual a expunerii viitoare a riscul de producere al doborâturilor de vânt în pădurile României. Acest fapt este susținut de semnalul mixt și relativ slab (de creștere sau scădere care nu depășesc în general 0,1 m/s) de schimbare al **vitezei maxime a vântului** la nivel regional, în ambele scenarii. Local (UAT), pot fi așteptate creșteri mai importante ale parametrului comparativ cu perioada de referință, în unele areale forestiere din cadrul regiunii de Nord-Est (0,42 m/s), cu precădere ultimul orizont de timp al secolului. Analiza schimbărilor în evoluția viitoare a unui alt parametru climatic al vântului, care are o semnificație complementară ptr riscul doborâturilor de vânt în păduri, și anume **viteza maximă a vântului la rafală**, susține aceeași concluzie anterioară. Ca și în cazul vitezei maxime a vântului, anomaliile viitoare (pozitive și negative) ale vitezei maxime a vântului la rafală față de perioada de referință sunt mai mici de 1 m/s. În perioada 2021-2050, conform scenariului RCP4.5, acest parametru prezintă scăderi în unele areale din regiunea intracarpatică (regiunea Centru), în nordul Podișului Moldovei și Subcarpații Moldovei (regiunea Nord-Est) și în centrul Câmpiei Române (regiunile Sud și Sud-Vest) și creșteri pe areale mai extinse, în regiunile Nord-Vest și Vest (suprapus unor părți din Câmpia de Vest), în regiunea Centru (Carpații Orientali și Subcarpații de Curbură), în Sud-Vest (Lunca Dunării) și Sud-Est (extremitatea estică a Câmpiei Române, Delta Dunării și sudul Podișului Dobrogei).

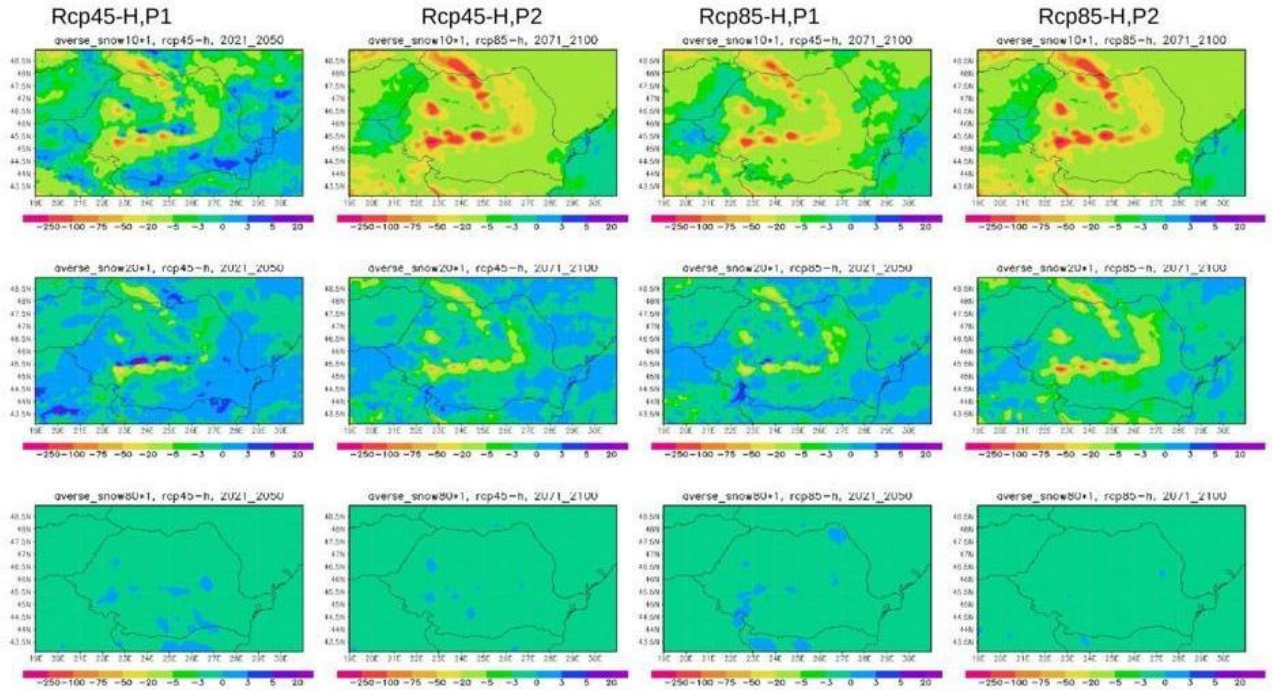


Fig. 3.2.5.3. Schimbări viitoare în frecvența zilelor cu averse moderate (peste 10 cm - sus), severe (peste 20 cm - centru) și extreme (peste 80 cm - jos) de ninsoare în România în orizonturile de timp 2021-2050 (P1) și 2071-2100 (P2) față de perioada de referință 1971-2000 (H), conform proiecțiilor scenariilor RCP4.5 și RCP8.5.

După 2050, arealele de creștere se restrâng în favoarea celor de scădere (cu excepția extremității estice a regiunii Câmpiei Române și a sudului Carpaților Orientali). În scenariul RCP8.5, scăderile preconizate vor fi specifice regiunilor de Nord-Est (Podișul Moldovei) și Sud-Est

(Podișul Dobrogei), în special după 2071. Până în anul 2100 viteza maximă a vântului la rafală va crește la munte, în areale izolate din Carpații Orientali și Meridionali în RCP4.5 și mult mai extins în RCP8.5 în toate ramurile Carpaților Românești, în special pe marile înălțimi, îndeosebi după 2071 (Fig. 3.2.5.4).

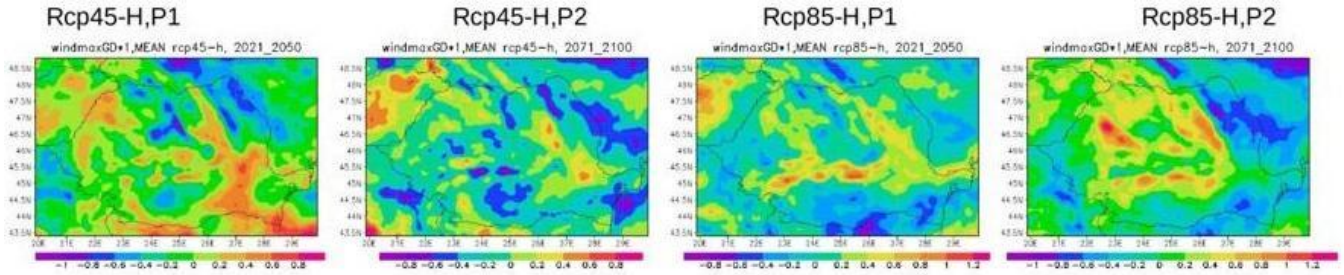


Fig. 3.2.5.4. Schimbări preconizate în viteza maximă a vântului la rafală în România în orizonturile de timp 2021-2050 (P1) și 2071-2100 (P2) față de perioada de referință 1971-2000 (H), conform proiecțiilor scenariilor RCP4.5 și RCP8.5.

3.2.6. Sănătate publică

Frecvența, durata și magnitudinea valurilor de căldură au tendință de creștere pe tot teritoriul României, cu diferențieri regionale și în funcție de scenariu și orizontul de timp analizat. În sezonul cald, acestea au un impact negativ crescut asupra sănătății publice prin stresul termic ce afectează mai ales populația în vârstă și pe cea cu boli cronice de tipul bolilor sistemului circulator. În acest context, cele mai expuse sunt marile aglomerări urbane. Pe de altă parte, tendințele de creștere ale temperaturii, în sezonul rece, au un impact pozitiv prin diminuarea mortalității atribuibile temperaturilor scăzute.

În tabelele 3.2.6.1 și 3.2.6.2 sunt prezentate estimări ale ratei decenale a mortalității atribuibile factorului termic pentru București și zona rurală ce înconjoară orașul (la mai puțin de 50 de km de acesta). Dacă în prezent rata mortalității din cauza bolilor sistemului circulator atribuibilă factorului termic este mult mai mare pentru sezonul rece, în condițiile viitoare ale schimbării climatice aceasta crește pentru domeniul temperaturilor din sezonul cald. Creșterea mortalității din sezonul cald atribuibilă stresului termic este mai mare decât diminuarea mortalității datorate tendinței de creștere a temperaturii din sezonul rece. Există o creștere netă a ratei de mortalitate, mai accentuată, spre sfârșitul secolului al XXI-lea, în condițiile scenariului cu concentrația cea mai mare de gaze cu efect de seră (RCP 8.5), în mediul urban.

Tabelul 3.2.6.1. Diferențele simulate cu un ansamblu de 5 modele climatice regionale în numărul total de decese din cauza bolilor sistemului circulator atribuibile factorului termic, în numărul de decese din cauza bolilor sistemului circulator atribuibile domeniului cald (temperaturi mai mari decât temperatura cu mortalitate minimă Tmm) și în numărul de decese atribuibile domeniului rece (temperaturi mai mici decât temperatura cu mortalitate minimă Tmm) în regiunea urbană (București), pentru perioadele de interes comparativ cu perioada de referință 1971-2000. În paranteze sunt intervalele de încredere la nivelul 95%.

Orizont de timp viitor	Scenariul RCP 4.5			Scenariul RCP 8.5		
	Diferență în numărul total de decese pe deceniu (interval încredere 95%)	Diferență în numărul de decese pe deceniu (interval încredere 95%) (T < Tmm)	Diferență în numărul de decese pe deceniu (interval încredere 95%) T > Tmm	Diferență în numărul total de decese pe deceniu (interval încredere 95%)	Diferență în numărul de decese pe deceniu (interval încredere 95%) (T < Tmm)	Diferență în numărul de decese pe deceniu (interval încredere 95%) T > Tmm
2021-2030	1017 (872, 1141)	-202 (-124, -93)	1219 (1130, 1470)	1008 (937, 1034)	-93 (-189, 24)	1100 (930,1460)
2021-2050	1166 (954, 1324)	-754 (-749, -620)	1921 (1356, 2869)	1108 (1067, 1175)	-827 (-873, -715)	1935 (1506, 2532)
2031-2050	1241 (996, 1429)	-1031 (-1077, -868)	2272 (1470, 3568)	1159 (1133, 1245)	-1194 (-1322, -977)	2353 (1794, 3067)
2041-2070	1768 (1608, 1896)	-1239 (-1329, -992)	3008 (2326, 3689)	1611 (1611, 1662)	-1851 (-2212, -1387)	3462 (2443, 4587)
2071-2100	1713 (1521, 1947)	-1475 (-1552, -1238)	3188 (2210, 4231)	4456 (4373, 4671)	-3417 (-4033, -2697)	7874 (6369, 9890)

Tabelul 3.2.6.2 La fel ca la 3.2.6.1 dar pentru zona rurală ce înconjoară municipiul București.

Orizont de timp viitor	Scenariul RCP 4.5			Scenariul RCP 8.5		
	Diferență în numărul total de decese pe deceniu (interval încredere 95%)	Diferență în numărul de decese pe deceniu (interval încredere 95%) (T < Tmm)	Diferență în numărul de decese pe deceniu (interval încredere 95%) T > Tmm	Diferență în numărul total de decese pe deceniu (interval încredere 95%)	Diferență în numărul de decese pe deceniu (interval încredere 95%) (T < Tmm)	Diferență în numărul de decese pe deceniu (interval încredere 95%) T > Tmm
2021-2030	122 (53, 312)	-482 (-630, -390)	604 (191,471)	144 (322, 145)	-349 (-443, -244)	494 (326, 417)

2021-2050	-109 (-225, 107)	-967 (-1183, -842)	858 (573, 675)	-128 (-156, 72)	-1006 (-1215, -837)	878 (958, 1341)
2031-2050	-224 (-364, 4)	-1210 (-1459, -1068)	986 (763, 776)	-264 (-307, -53)	-1335 (-1602, -1134)	1070 (348, 1228)
2041-2070	-10 (-13, 171)	-1379 (-1675, -1167)	1369 (728, 1534)	-293 (-320, -5)	-1873 (-2288, -1591)	1580 (504, 2023)
2071-2100	-102 (-115, 133)	-1565 (-1830, -1383)	1463 (656, 1885)	291 (383, 547)	-3270 (-3864, -2807)	3561 (1781, 4759)

3.2.7. Transporturi

Valoarea maximă lunară a temperaturilor maxime zilnice (TXm) arată o creștere substanțială în ambele scenarii climatice, bineînțeles mai proeminentă în RCP 8.5. Pentru regiunea București-Ilfov, anomaliile termice în cazul temperaturii maxime lunare absolute sunt estimate a crește cu aproape 0,98 °C față de media intervalului de referință pentru orizontul de timp 2021-2030 ajungând la 1,32°C în jurul anului 2050 respectiv 2,21°C spre sfârșitul secolului (Fig. 3.2.7.1). Scenariul RCP 8,5 indică valori mult mai ridicate ale temperaturii maxime absolute în orizonturile superioare de timp, estimările indicând o creștere accelerată, de la 0,88°C pentru orizontul de timp 2021-2030 până la 3,93 în jurul anului 2100 pentru aceeași regiune. Ca sinteză, trebuie reținut faptul că temperatura maximă absolută va crește în toate regiunile țării, cu o valoare situată între 0,8-1,0°C până în anul 2030, 1,6°C în jurul anului 2070 și 2,1 °C până în anul 2100 conform proiecțiilor din RCP 4.5.

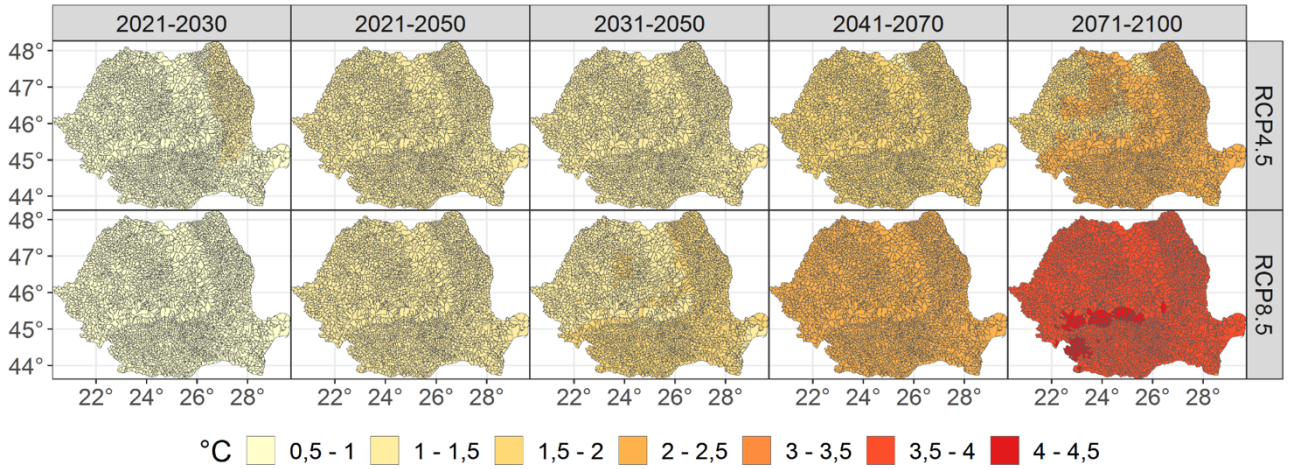


Fig. 3.2.7.1. Abaterile termice (°C) ale temperaturii maxime zilnice conform scenariilor RCP 4.5 și RCP 8.5.

Numărul de zile cu temperatura maximă zilnică >35 °C (TXge35) indică o frecvență tot mai ridicată a acestui indice în toate regiunile de dezvoltare, îndeosebi în orizonturile de timp mai îndepărtate. Pentru București-Ilfov, până în anul 2030, scenariul RCP 4.5 arată o creștere a frecvenței TXge35 cu aproximativ 4,9 zile față de media intervalului de referință pentru orizontul de timp 2021-2030, urmând ca frecvența să crească la 6,6 zile în 2050, 8,8 zile în jurul anului 2070 și 10,3 zile în jurul anului 2100. Este de notat faptul că aceasta este regiunea care indică și cele mai mari creșteri ale frecvenței acestor zile. De asemenea, toate regiunile din sudul și vestul țării arată creșteri mult mai pronunțate ale TXge35 comparativ cu restul regiunilor. În schimb, regiunea Centru indică schimbări reduse, aproape neglijabile ale acestui indicator, de maxim 1,3 zile în jurul anului 2100 conform scenariului RCP 4.5. Evident, pentru scenariul RCP 8.5, schimbările sunt mult mai pronunțate, îndeosebi pentru ultimul orizont de timp (2071-2100).

Ponderea zilelor foarte călduroase - TX90p (a căror temperatură maximă zilnică depășește valoarea prag a percentilei de 90% din setul datelor de referință per regiune). Frecvența acestui indicator arată o creștere în toate regiunile de dezvoltare, în medie de 5,3 zile pentru

orizontul de timp 2021-2030, 7,6 zile în jurul anului 2050 și 12,7 zile în jurul anului 2100 pentru RCP 4.5.

Indicele de durată a valurilor de căldură (WSDI), arată în cazul de față persistența valurilor de căldură pentru perioada de timp următoare. WSDI prezintă abateri pozitive tot mai mari în orizonturile de timp îndepărtate, situație valabilă pentru toate regiunile de dezvoltare, respectiv orizonturile de timp. Regiunea București-Ilfov arată o creștere a persistenței valurilor de căldură cu aproximativ 10,8 zile până la nivelul anului 2030, conform scenariului RCP 4.5; tendința se menține pozitivă și pentru celelalte orizonturi de timp (13,7 zile pentru 2031-2050, 18,8 zile pentru 2051-2070 și 26 zile pentru orizontul 2071-2100). Regiunea Nord-Vest arată cea mai mare creștere a indicelui WSDI, estimările pentru scenariul RCP 4.5 fiind de aproximativ 14,4 zile pentru orizontul de timp 2031-2050, 21,6 zile în jurul anului 2070 respectiv 28,8 zile spre finalul secolului. Regiunea Nord-Est arată creșteri ceva mai reduse ale WSDI (de 11,5 zile pentru 2031-2050, 15,3 pentru 2050-2070 și 23,6 pentru 2071-2100). Evident, scenariul RCP 8.5 indică persistente mult mai ridicate ale valurilor de căldură (ajungând la valori precum 65,1 zile pentru București-Ilfov, 63,6 zile pentru Nord-Vest și 55,2 zile pentru regiunea Nord-Est în orizontul de timp 2071-2100).
Următorul indicator analizat în cadrul acestei categorii este indicele de **durată a valurilor de frig** (CSDI. Acesta prezintă o evoluție constant negativă, cu valori tot mai scăzute spre finele acestui secol. Pentru scenariul RCP 4.5, regiunile Sud și Sud-Est prezintă cea mai redusă valoare a indicelui CSDI din punct de vedere a mediei pe orizonturile de timp, ceea ce denotă o scădere tot mai vizibilă a duratei valurilor de frig în viitor (Fig. 3.2.7.2). În schimb, regiunea Centru arată o tendință de diminuare a duratei valurilor de frig pentru orizonturile de timp următoare, însă mai moderată comparativ cu restul regiunilor.

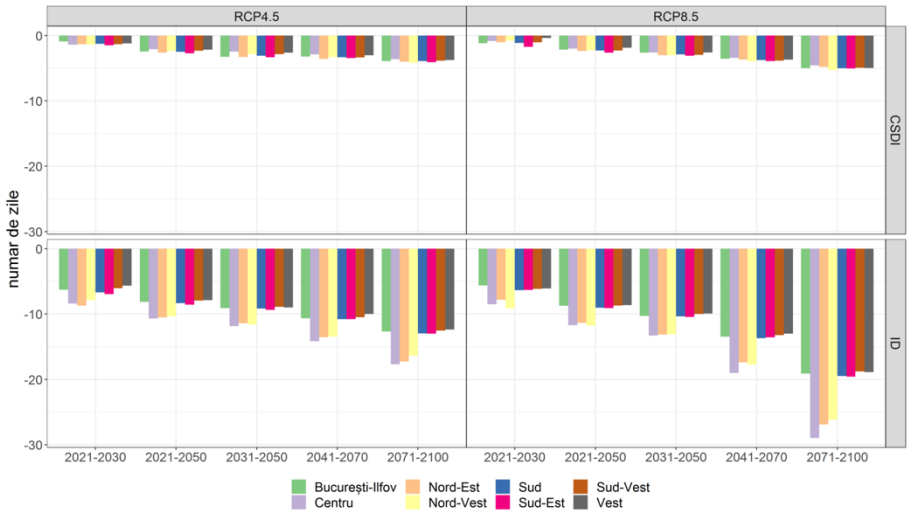


Fig. 3.2.7.2. Evoluția pe regiuni de dezvoltare a indicilor ID și a CSDI conform scenariilor RCP 4.5 și RCP 8.5.

Al doilea indicator analizat este **numărul de zile de iarnă** (ID). Similar primului indice (CSDI), ID arată de asemenea o tendință de scădere tot mai accentuată spre finalul acestui secol pentru toate regiunile, indicând astfel o reducere a numărului de zile de iarnă în contextul creșterii temperaturii aerului la nivel global. În România, pentru scenariul RCP 4.5, regiunea Centru, Nord-Est și Nord-Vest arată cele mai mari descreșteri ale numărului de zile de iarnă în timp ce pentru regiunile Vest și Sud-Vest intensitatea schimbării este ceva mai redusă. Pentru București-Ilfov, numărul zilelor de iarnă se estimează a fi cu aproximativ 6 zile mai redus până în jurul anului 2030 conform scenariului RCP 4.5, respectiv 10 zile în jurul anului 2070 și 12 zile în jurul anului 2100.

Numărul de zile cu precipitații peste pragul de 20 mm (R20mm) arată creșteri de maxim o zi față de media actuală în cazul tuturor regiunilor, conform scenariului RCP 4.5 până în jurul anului 2100 și mai mari de o zi (maxim 2 zile) pentru scenariul RCP 8.5. Cu toate că diferențele nu

sunt mari, zonele extracarpatice arată creșteri în general mai mari decât cele intracarpatice în cazul acestui indice.

Condițiile meteorologice favorabile producerii incendiilor de vegetație, puse în evidență prin intermediul indicelui FWI, relevă o creștere continuă a frecvenței de producere a acestor evenimente (anomalii pozitive față de perioada de referință), în ambele scenarii și în toate regiunile țării. Cele mai mari creșteri sunt preconizate în jumătatea sudică a țării, în special în regiunile din sud-vest și sud-est. În perioada 2021-2050 creșterile preconizate sunt similare în cele două scenarii, în timp ce după anul 2050, creșterile așteptate sunt mai accelerate, îndeosebi în baza scenariului RCP4.5 mai ales în regiunea de sud a țării.

Evoluția viitoare a **vitezelor extreme ale vântului** nu prezintă implicații deosebite în sectorul *Transport*. Atât viteza maximă anuală a vântului, cât și viteza maximă anuală a vântului la rafală prezintă schimbări slabe în orizonturile de timp viitoare, în ambele scenarii climatice, față de perioada de referință 1971-2000. În cazul vitezei maxime anuale a vântului, la nivel local (UAT), pot fi așteptate creșteri mai importante ale parametrului comparativ cu perioada de referință, doar în unele areale din cadrul regiunii de Nord-Est (0,42 m/s), cu precădere ultimul orizont de timp al secolului. În ceea ce privește **viteza maximă a vântului la rafală**, anomaliile viitoare (pozitive și negative) ale acestui parametru sunt mai mici de 1 m/s. În perioada 2021-2050, conform scenariului RCP4.5, sunt preconizate scăderi în unele areale din regiunile Centru, Nord-Est, Sud și Sud-Vest, precum și creșteri pe areale mai extinse, în regiunile Nord-Vest, Vest, Centru, Sud-Vest și Sud-Est. După 2050, arealele de creștere se restrâng. În scenariul RCP8.5, scăderile preconizate sunt așteptate în regiunile Nord-Est și Sud-Est, în special după 2071. Până în anul 2100 viteza maximă a vântului la rafală va crește îndeosebi la munte.

Incidența **fenomenului de viscol** la nivel național se va modifica foarte ușor față climatul actual. În viitorul apropiat (până în anul 2050) se așteaptă o creștere ușoară a frecvenței fenomenului de viscol în regiunea de Nord-Est, în ambele scenarii, fără a se depăși în general 0,1-0,2 zile față de perioada de referință. Creșteri ușoare sunt așteptate și în regiunile București-Ilfov, Sud și Sud-Vest în orizonturile de timp 2021-2030 și 2021-2050 în ambele scenarii de asemenea. Schimbări ușor mai importante sunt preconizate pentru orizontul viitor îndepărtat (2071-2100) în majoritatea regiunilor cu excepția regiunii de Nord-Est pentru care se așteaptă unele creșteri (0,25 zile față de perioada de referință). În acest context, expunerea actuală a sectorului *Transport* la aceste fenomene nu se va schimba notabil în majoritatea regiunilor țării.

Condițiile de producere ale **averselor de ninsoare** se vor schimba de asemenea în viitor, cu posibile implicații în desfășurarea activităților de transport, prin scăderea sau creșterea expunerii la înzăpezire. Numărul mediu de zile cu averse de ninsoare, care pot genera acumulări de zăpadă proaspătă mai mare de 10 (averse moderate), 20 (averse severe) și 80 cm (averse extreme), va crește în viitor îndeosebi în regiunile sudice și sud-estice în orizontul de timp 2021-20 (scenariul RCP4.5), în cadrul cărora astfel de fenomene produc destul de frecvent întreruperi ale activităților de transport în episoadele de iarnă severă din timpul climatului actual. Acest semnal este mai pronunțat îndeosebi în cazul averselor de ninsoare moderate. Incidența fenomenului scade treptat către orizontul îndepărtat (2071-2100), în toate regiunile țării. Aversele severe de ninsoare (cu peste 80 cm) cresc în frecvență pe arii extinse din țară în baza scenariului RCP4.5. După 2071 (RCP8.5), frecvența acestor fenomene severe se diminuează în majoritatea regiunilor, singurele areale (izolate) expuse rămânând în regiunile Sud-Est (Podișul Dobrogei), Vest (Câmpia de Vest), Centru (în sud-estul Podișului Transilvaniei) și Nord-Est (Podișul Moldovei).

3.2.8. Turism și activități recreative

Temperatura la suprafața mării (SST) va înregistra o creștere continuă a valorilor în ambele scenarii până la sfârșitul secolului 21. Creșterea va fi mai mare în sectoarele vestice și nord-vestice ale bazinului Mării Negre, incluzând sectorul românesc. În aceste sectoare, în scenariul SSP2 (echivalent cu RCP4.5), anomalia față de perioada de referință poate ajunge la 1,8-2,0°C în orizontul de timp 2021-2050 și la 2,0-2,5°C în perioada 2071-2100. În scenariul RCP8.5, creșterile preconizate vor fi de până la 3,0-3,5°C în perioada 2021-2050 și până la aproximativ 5,0°C în perioada 2071-2100 (Fig. 3.2.8.1). Această evoluție va crește favorabilitatea pentru activitățile turistice de vară în regiunea litoralului românesc al Mării Negre.

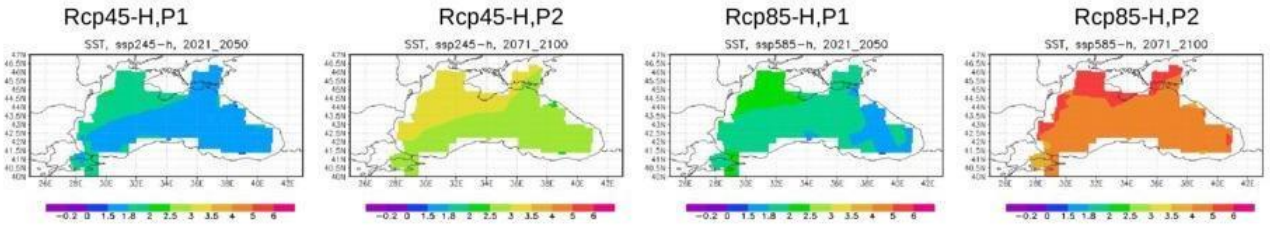


Fig. 3.2.8.1. Schimbări viitoare în temperatura la suprafața mării în bazinul Mării Negre în orizonturile de timp 2021-2050 (P1) și 2071-2100 (P2) față de perioada de referință 1971-2000 (H), în condițiile scenariilor RCP4.5 și RCP8.5.

Conform proiecțiilor climatice viitoare, **durata medie anuală cu strat continuu de zăpadă de peste 30 cm** va scădea în cea mai mare parte a Carpaților Românești, moderat în baza scenariului RCP4.5 și mai accelerat în RCP8.5, mai evident în orizontul de timp 2071-2100 comparativ cu 2021-2050 (Fig. 3.2.8.2).

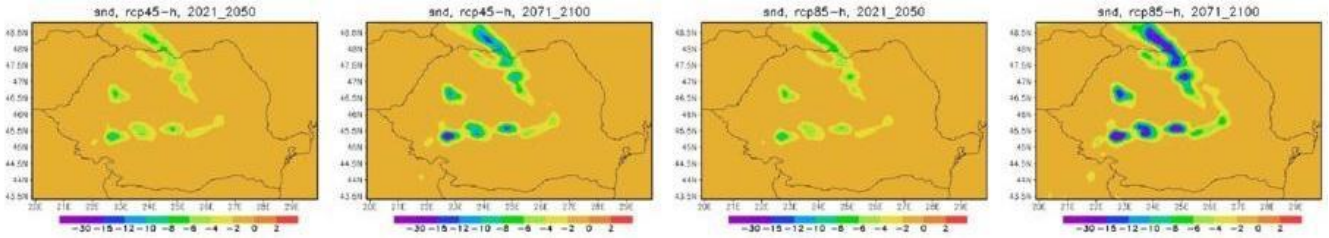


Fig. 3.2.8.2. Schimbări viitoare în grosimea medie anuală a stratului de zăpadă continuu în orizonturile de timp 2021-2050 și 2071-2100 față de perioada de referință 1971-2000 (H), în condițiile scenariilor RCP4.5 și RCP8.5.

În general, **debutul sezonului favorabil pentru schi** în condițiile unui strat de zăpadă naturală continuu cu grosimi de cel puțin 30 cm la nivelul de 1000 m[13] în România devine din ce în ce mai târziu până la sfârșitul secolului 21 în ambele scenarii climatice analizate.

În viitor apropiat (2021-2030), scenariul RCP4.5, prima zi cu strat de zăpadă continuu cu grosimi favorabile pentru activitatea de schi se realizează între data de 19 ianuarie (județul Caraș-Severin - unde se găsește domeniul schiabil Muntele Mic) și 14 februarie (județul Harghita - domeniul schiabil Harghita-Mădăraș), ceea ce înseamnă o întârziere cu 5 până la 23 zile față de condițiile climatului actual (Fig. 3.2.8.3). Cele mai mari întârzieri (de cel puțin 15 zile) sunt așteptate în județele Bistrița-Năsăud și Bihor (15 zile), Sibiu (18 zile - domeniile schiabile Păltiniș și Arena Platoș) și Vâlcea (23 zile). În scenariul RCP8.5, semnalul de schimbare este mai puțin coerent, fiind posibile atât creșteri (întârzieri) de la 1 zi la 11 zile (județul Vâlcea), cât și scăderi (devansări) de la 1 zi la 4 zile (județul Cluj). În baza acestui scenariu, data medie de producere a stratului de zăpadă cu grosimi favorabile pentru schi este cuprinsă între 8 ianuarie (județul Bihor) și 28 ianuarie (Prahova).

[13] Conform setului de date disponibil în Climate Data Store al Copernicus C3S.

În orizontul viitor cel mai îndepărtat, data medie a stratului de zăpadă poate întârzia până pe 17 februarie (județul Harghita), survenind în general mai târziu cu 9 până la 25 zile, mai ales în unele județe precum Caraș-Severin, Mureș (22 zile) și Vâlcea (25 zile). În județele cu domenii schiabile dezvoltate data medie întârzie cu până la 13 zile în Prahova, Covasna și Harghita, 20 zile în Alba, 21 zile în Maramureș și Bistrița-Năsăud.

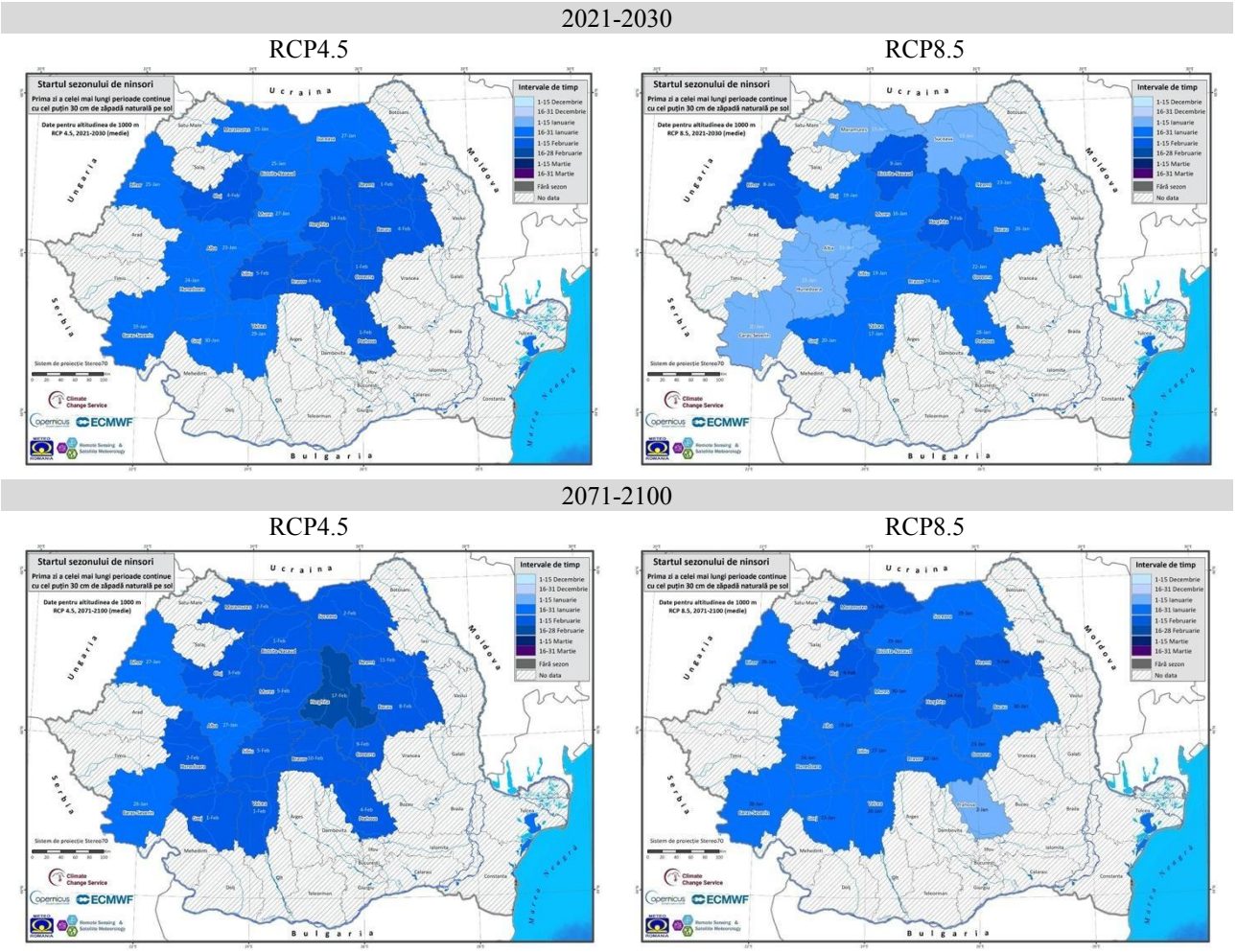


Fig. 3.2.8.3. Schimbări în data medie a primei zile cu strat de zăpadă continuu cu grosimi ≥30 cm la 1000 m la nivel de județ în România în orizonturile de timp viitor apropiat (sus) și viitor îndepărtat (jos).

Data medie de sfârșit a sezonului favorabil pentru schi, când stratul de zăpadă înregistrează grosimi mai mici de 30 cm la nivelul altitudinal de 1000 m, se devansează continuu până la sfârșitul secolului 21 în majoritatea județelor țării, în ambele scenarii analizate (Fig. 3.2.8.4).

În viitorul apropiat, conform proiecțiilor scenariului RCP4.5, aceasta se produce între 6 martie (județul Caraș-Severin) și 17-18 martie (județele Bihor, Vâlcea, Bistrița-Năsăud), ceea ce semnifică o devansare față de data medie din timpul perioadei de referință cu 1 zi până la 11 zile (Caraș-Severin). Comparativ, în același orizont de timp, conform RCP8.5, devansarea datei medii a ultimului strat de zăpadă favorabil pentru schi este mai importantă, depășind 10 zile în județe precum Bistrița-Năsăud, Bihor, Suceava, Caraș-Severin și Hunedoara.

În perioada 2071-2100, ultima zi cu strat de zăpadă favorabil schiului în scenariul RCP4.5 devine mai timpurie îndeosebi în județele Caraș-Severin, Alba, Prahova, Hunedoara, Gorj și Vâlcea (cu cele mai timpurii topiri în medie în jurul datei de 1 martie), în timp ce în scenariul RCP8.5, cele mai predispuse județe la devansări semnificative (de peste 30 zile) ale datei medie a ultimei zile cu strat de zăpadă pentru schi se așteaptă să fie Bihor, Bistrița-Năsăud, Gorj, Brașov și Mureș.

În viitorul îndepărtat, când sunt preconizate cele mai importante modificări în datele medii de producere și de topire a stratului de zăpadă continuu pentru schi, **durata sezonului cu strat de zăpadă naturală cu grosimi de cel puțin 30 cm** la nivelul de 1000 m se va reduce vizibil în majoritatea județelor țării (Fig. 3.2.8.5), cele mai mici durate medii (de până la 30 de zile) fiind specifice județelor Gorj, Prahova, Covasna și Harghita în RCP4.5 și tuturor județelor în RCP8.5. Reducerile preconizate în durata stratului de zăpadă vor depăși 30 zile în județele Alba, Caraș-Severin, Hunedoara, Vâlcea, Bihor și Bistrița-Năsăud conform RCP4.5 și 50 zile în Caraș-Severin, Alba, Hunedoara, Bistrița-Năsăud în baza proiecțiilor scenariului RCP8.5.

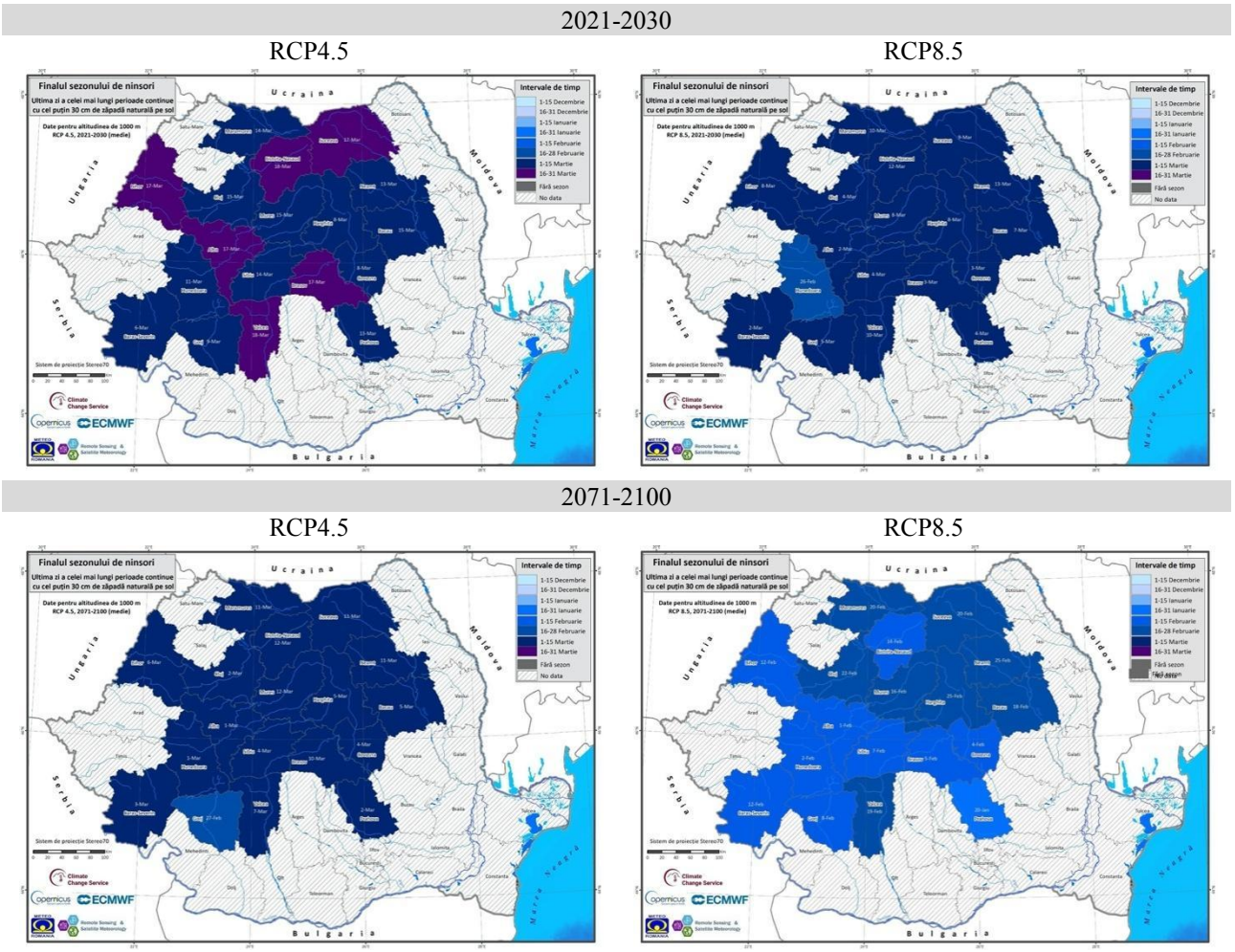


Fig. 3.2.8.4. Schimbări în data medie a ultimei zile cu strat de zăpadă continuu cu grosimi ≥30 cm la 1000 m la nivel de județ în România în orizonturile de timp viitor apropiat (sus) și viitor îndepărtat (jos).

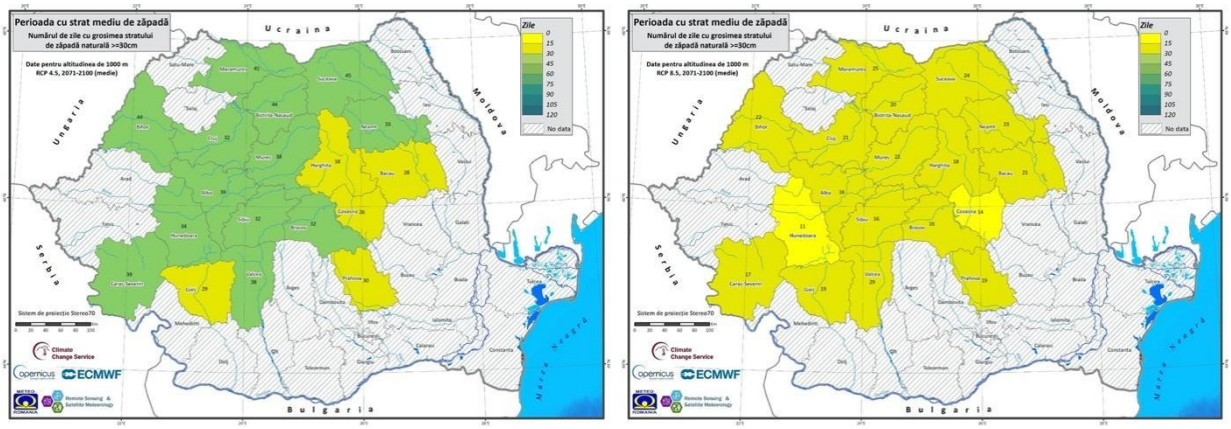


Fig. 3.2.8.5. Schimbări în durata intervalului cu strat continuu de zăpadă cu grosimea ≥30 cm la 1000 m la nivel de județ în România în orizontul de timp viitor îndepărtat în baza scenariului RCP4.5 (stânga) și RCP8.5 (dreapta).

3.2.9. Urbanism și sisteme urbane

Proiecțiile climatice viitoare ai indicilor climatici considerați relevanți pentru urbanism și sisteme urbane sugerează, în general, continuarea și amplificarea unor evoluții deja observate (prezentate în secțiunea 2.2.9). Până spre mijlocul acestui secol, variabilitatea climatică este încă foarte importantă, indiferent de scenariu, semnalele legate de schimbarea climei devenind foarte clare și robuste, pentru cei mai mulți indicatori, spre sfârșitul acestui secol, în condițiile scenariului cu cea mai mare concentrație a gazelor cu efect de seră (RCP 8.5). Indicatorii a căror evoluție robustă continuă și se amplifică, pentru toate regiunile de dezvoltare ale României, comparativ cu clima prezentă sunt: cei pentru infrastructura de răcire (încălzire), Cdd_cold22 (Hddheat15.5), cu tendințe de creștere (reducere) (figurile 3.2.9.1 și 3.2.9.2); indicatorii referitori la durata și frecvența valurilor de căldură (HWD-TX90, HWF-TX90), cu tendințe de creștere; numărul de zile cu temperaturi de peste 30°C (Txg30), cu tendință de creștere; numărul de nopți tropicale (TR), cu tendință de creștere; ponderea zilelor cu temperaturi minime ce depășesc valoarea percentilei de 90 (TN90p), cu tendințe de creștere. Semnalele indicatorilor legați de episoadele cu precipitații extreme (număr de zile cu cantitatea de precipitații mai mare de 20 mm - R20mm, suma anuală a precipitațiilor cu valori mai mari de percentila 99 - R99p și cantitatea maximă de precipitații în 24 de ore - Rx1day), ale căror tendințe crescătoare nu trec pragurile de semnificație statistică în clima prezentă, devin mult mai robuste în proiecțiile viitoare.

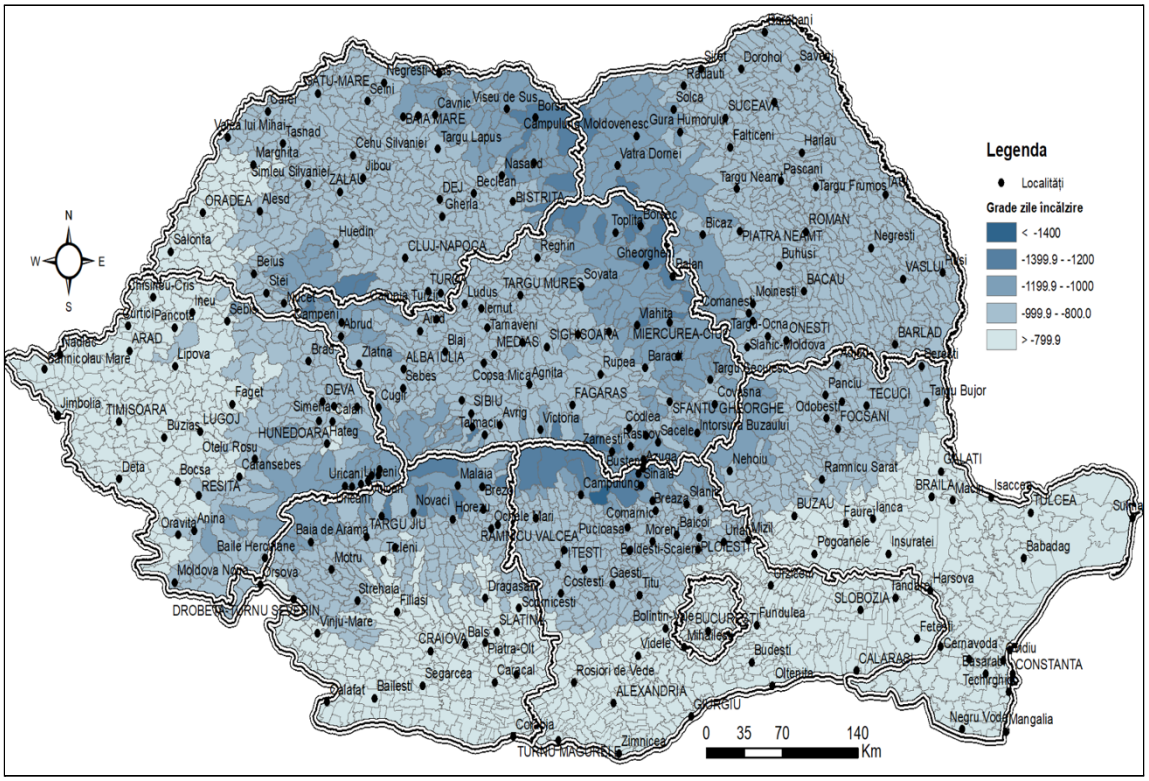


Fig. 3.2.9.1 Diferențe ale valorilor indicatorului pentru infrastructura de încălzire (Hddheat15.5) între perioadele 2071-2100 și 1971-2000 în condițiile scenariului cu concentrații mari ale gazelor cu efect de seră (RCP 8.5).

În concluzie, aglomerările urbane vor resimți și mai puternic stresul termic crescut, datorită efectului de insulă urbană de căldură. Suprafețele urbane pot fi cu până la 20% mai calde decât cele neimpermeabilizate sau acoperite cu vegetație (Bojariu și colab. 2015). Alte cauze ale dezvoltării insulei urbane de căldură sunt legate de caracteristicile urbanistice. Clădirile înalte, care permit multiplicarea reflectării și absorbției radiației solare, cresc eficiența cu care sunt încălzite zonele urbane (efectul de canion urban) (ex. Oke, 1981). Un alt efect al clădirilor este blocarea vântului, care inhibă răcirea prin convecție, dar și disiparea poluanților, ceea ce scade calitatea aerului. Creșterea concentrației de ozon (care este poluant local, dar și gaz cu efect de seră), favorizată de

insula de căldură a orașului, contribuie și ea la reducerea calității aerului din orașe. La bilanțul energetic al zonei urbane există și un aport de căldura generat de trafic și de consumul de energie casnic (e.g., aer condiționat) și industrial (Bojariu și colab., 2021). În contextul creșterii intensității precipitațiilor, impermeabilizarea solului în ariile construite ale aglomerărilor urbane descrește capacitatea de stocare a apei în sol, conducând la o creștere a scurgerii apei la suprafață, deci a riscului la inundații și a pagubelor produse de acestea.

Pe de altă parte, modificările observate în sezonalitatea cererii de energie electrică și termică, ce pot fi estimate cu indicatori climatici de tipul Cdd_cold22 și hddheat15.5, continuă și se amplifică față de condițiile din clima prezentă. Crește cererea de energie electrică în sezonul cald pentru răcire până la temperaturi suportabile de populație. În sezonul rece cererea de energie electrică și termică necesară încălzirii până la temperaturi suportabile de populație ar putea să scadă, într-o oarecare măsură. Acest semnal este mult mai accentuat în aglomerările urbane, unde densitatea populației este foarte mare.

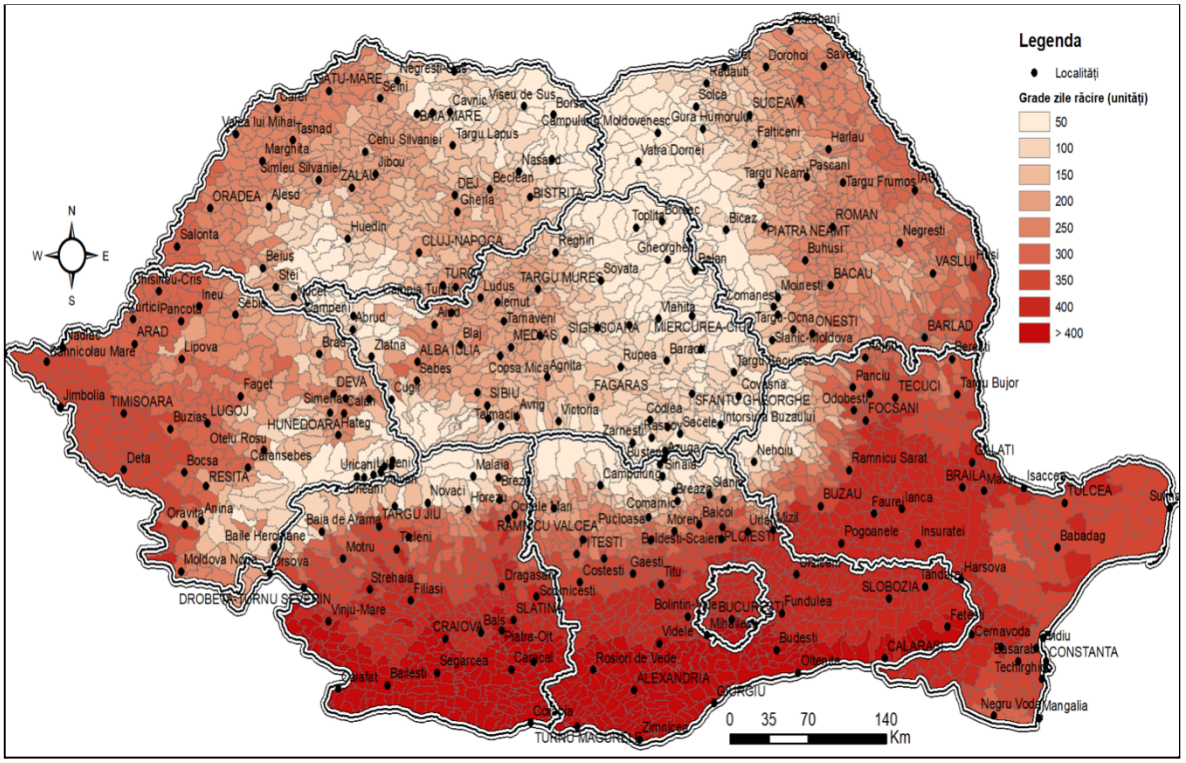


Fig. 3.2.9.2 Diferențe ale valorilor indicatorului pentru infrastructura de răcire (Cdd_cold22) între perioadele 2071-2100 și 1971-2000 în condițiile scenariului cu concentrații mari ale gazelor cu efect de seră (RCP 8.5).

4. Clasificarea regiunilor de dezvoltare după semnificația tendințelor parametrilor climatici

În decursul perioadei de observații (1961-2020), **temperatura medie a aerului** a crescut în toate localitățile din România cu o valoare cuprinsă între 0,21°C și 0,44°C/deceniu (Tabel 4.1). Cele mai mari creșteri ale temperaturii aerului s-au înregistrat în jumătatea nordică a țării, îndeosebi în nord-est și pe arii extinse din centru. Cele mai afectate regiuni de dezvoltare sunt Nord-Est și Nord-Vest (cu o medie a încălzirii de 0,36°C/deceniu), Sud (0,33°C/deceniu), Centru, Sud-Est și Sud-Vest (0,32°C/deceniu) și regiunea Vest și București-Ilfov (0,31°C/deceniu).

Tabelul 4.1. Clasificarea regiunilor după magnitudinea schimbărilor apărute în temperatura medie a aerului (pentru intervalul 1961-2020) și procentul localităților din fiecare regiune care prezintă tendințe semnificative statistic la un nivel de încredere de 95%.

Rang	Regiunea	Schimbare/deceniu*	% semnificative	% nesemnificative
1	Nord-Vest	0,407	100	0
2	Sud	0,405	100	0
3	Nord-Est	0,405	100	0
4	Sud-Vest	0,391	100	0
5	București-Ilfov	0,391	100	0
6	Vest	0,373	100	0
7	Sud-Est	0,371	100	0
8	Centru	0,368	100	0

*Valoarea pantei este rotunjită la trei zecimale.

În prezent, **cantitățile de precipitații** nu prezintă modificări notabile la nivel național. Statistic vorbind, doar 2,3% din localitățile din România arată modificări semnificative în cantitățile de precipitații înregistrate în acest interval. Dintre acestea, doar patru prezintă tendințe negative. Câteva localități din nord-estul țării, centrul Moldovei și al Munteniei și sudul Dobrogei arată creșteri mai importante (mai mari de 15 mm/deceniu) (Tabel 4.2). Așadar, la nivelul regiunilor de dezvoltare, nu se poate vorbi de o modificare importantă. Cele mai multe localități cu tendințe semnificative sunt încadrate în regiunile de dezvoltare Nord-Vest (7% prezintă o medie a schimbării cantităților de precipitații de 10,1 mm/deceniu) și Sud-Est (6,4% din localități ce arată o schimbare de aproximativ de 3,8 mm/deceniu).

Tabelul 4.2. Clasificarea regiunilor după magnitudinea schimbărilor apărute încantitățile totale anualede precipitații (pentru intervalul 1961-2020) și procentul localităților din fiecare regiune care prezintă tendințe semnificative statistic la un nivel de încredere de 95%.

Rang	Regiunea	Schimbare/deceniu*	% semnificative	% nesemnificative
1	Nord-Vest	10,100	7,17	92,83
2	București-Ilfov	6,763	0	100
3	Sud	6,486	0	100
4	Centru	5,921	2,42	97,58
5	Nord-Est	4,869	0,91	99,09
6	Vest	4,753	0	100
7	Sud-Est	3,842	6,41	93,59
8	Sud-Vest	2,148	0	100

*Valoarea pantei este rotunjită la trei zecimale.

Viteza medie a vântului prezintă tendințe actuale preponderent negative pentru majoritatea localităților din România. Regiunea de dezvoltare Nord-Est a înregistrat cea mai mare scădere a vitezei medii a vântului dintre toate regiunile, media fiind de aproximativ -0,142 m/s per deceniu pentru 82% din UAT-urile încadrate, urmată de regiunea Sud-Est cu o valoare de -0,135 m/s per deceniu, semnificativă pentru 76% din UAT-uri. Regiunea Nord-Vest este singura din țară în care procentul localităților cu tendințe nesemnificative este mai mic de 50% (Tabel 4.3).

Tabelul 4.3. Clasificarea regiunilor după magnitudinea schimbărilor apărute în viteza medie a vântului (pentru intervalul 1961-2020) și procentul localităților din fiecare regiune care prezintă tendințe semnificative statistic la un nivel de încredere de 95%.

Rang	Regiunea	Schimbare/deceniu*	% semnificative	% nesemnificative
1	Nord-Est	-0,142	82,43	17,57
2	Sud-Est	-0,135	76,15	23,85
3	Bucureşti-Ilfov	-0,087	86,96	13,04
4	Vest	-0,067	55,11	44,89
5	Sud-Vest	-0,063	66,07	33,93
6	Nord-Vest	-0,045	46,19	53,81
7	Sud	-0,040	62,79	37,21
8	Centru	-0,010	53,62	46,38

*Valoarea pantei este rotunjită la trei zecimale.

Umezeala relativă a aerului arată de asemenea o tendință generală de scădere la nivelul celor mai multe regiuni. Regiunea București-Ilfov indică cea mai mare scădere pentru acest parametru (cu o medie de -0,73%/deceniu) pentru aproape 74% din localități, urmată de regiunea Nord-Est (-0,59%/deceniu) pentru aproximativ 72% din totalul localităților încadrate (Tabel 4.4). La celălalt capăt, doar 25% din cadrul localităților din regiunea de dezvoltare Vest indică modificări semnificative (o medie de -0,14%/deceniu).

Tabelul 4.4. Clasificarea regiunilor după magnitudinea schimbărilor apărute înumezeala relativă (pentru intervalul 2961-2020) și procentul localităților din fiecare regiune care prezintă tendințe semnificative statistic la un nivel de încredere de 95%.

Rang	Regiunea	Schimbare/deceniu*	% semnificative	% nesemnificative
1	Bucureşti-Ilfov	-0.735	73.91	26.09
2	Nord-Est	-0.594	71.92	28.08
3	Sud	-0.430	44.8	55.2
4	Sud-Est	-0.345	42.56	57.44
5	Nord-Vest	-0.324	37.67	62.33
6	Sud-Vest	-0.321	32.14	67.86
7	Centru	-0.264	41.3	58.7
8	Vest	-0.141	25.08	74.92

*Valoarea pantei este rotunjită la trei zecimale.

Radiația solară globală prezintă o tendință de creștere valabilă pentru cea mai mare parte a tuturor regiunilor de dezvoltare, singura excepție fiind regiunea București-Ilfov care arată tendințe nesemnificative pentru cele mai multe localități (Tabel 4.5). Cea mai mare creștere pentru intervalul 1961-2020 a fost înregistrată în regiunea Nord-Est (la 93% din localități), valoarea medie fiind de aproximativ 63,8 W/m^2/deceniu. Regiunea Sud-Vest arată cele mai multe localități cu modificări semnificative (peste 99%), cu toate că valoarea mediată a pantei este ceva mai redusă (60,8 W/m^2/deceniu).

Tabelul 4.5. Clasificarea regiunilor după magnitudinea schimbărilor apărute înradiația solară globală (pentru intervalul 1961-2020) și procentul localităților din fiecare regiune care prezintă tendințe semnificative statistic la un nivel de încredere de 95%.

Rang	Regiunea	Schimbare/deceniu*	% semnificative	% nesemnificative
1	Nord-Est	63,882	93,3	6,7
2	Sud-Vest	60,240	99,55	0,45
3	Sud-Est	57,231	93,85	6,15
4	Sud	51,156	87,83	12,17
5	Vest	50,909	97,83	2,17
6	Nord-Vest	47,186	85,43	14,57
7	Centru	41,657	89,86	10,14
8	București-Ilfov	16,861	41,3	58,7

*Valoarea pantei este rotunjită la trei zecimale.

5. Diferențieri regionale și urban-rural după frecvența de depășire a pragurilor valorice extreme ale parametrilor climatici cu relevanță pentru risc

Șirurile de date provenite din observații meteorologice la nivel național în perioada 1961-2020 referitoare la temperaturi maxime, minime, durată de strălucire a Soarelui, precipitații, viteza vântului și echivalentul în apă al stratului de zăpadă au fost analizate pentru a pune în evidență frecvența de depășire a unor praguri valorice de risc care poate genera posibile efecte adverse asupra sectoarelor de activitate prioritare din România. Depășirile pragurilor de risc au fost totodată analizate în scopul clasificării regiunilor de dezvoltare ale României și ale UAT-urilor urban și rurale din cadrul acestora în funcție de expunerea la fenomenul de secetă din perspectiva numărului maxim de zile secetoase, inundații prin intermediul numărului maxim de zile consecutive cu precipitații, al frecvenței zilelor cu precipitații foarte abundente (de peste 20 mm) și al intensității maxime a precipitațiilor în secvențe temporale subzilnice, disponibilitatea redusă a resursei solare și eoliene, a celei de apă și a stratului de zăpadă pentru activități turistice din perspectiva echivalentului în apă al stratului de zăpadă.

5.1. Precipitații extreme (deficit)

Deficitul pluviometric (seceta) este bine reprezentat la nivel național în decursul perioadei analizate 1961-2020 prin intermediul pragului de risc dat de *numărul maxim de cel puțin 30 de zile consecutive fără precipitații*. Regiunea Sud-Est se distinge prin cele mai frecvente depășiri ale pragului de risc, cu un număr de 40-43 ani/perioadă, ceea ce reprezintă 66-70% din numărul total de ani ai perioadei (Tabel 5.1.1). Arealele urbane sunt în general mai expuse deficitului pluviometric comparativ cu cele rurale, în special în regiunile Sud-Est, București-Ilfov și Sud-Vest și respectiv Sud-Est, Sud-Vest și București-Ilfov. La polul opus se situează regiunile Centru și Nord-Vest, aflate sub influența dominantă a circulației vestice, care determină cea mai redusă frecvență de depășire a pragului de risc în numai 10-12 ani/perioadă și respectiv 10-13 ani/perioadă în arealele urbane și rurale.

Tabelul 5.1.1. Clasamentul regiunilor după numărul de ani în care pragul de risc asociat unui număr maxim de cel puțin 30 zile consecutive fără precipitații este depășit la nivel de UAT în regiunile de dezvoltare ale României (1961-2020).

Rang	Regiune de dezvoltare	Urban (ani/perioadă)	Rang	Regiune de dezvoltare	Rural (ani/perioadă)
1	Sud-Est	43	1	Sud-Est	40
2	București-Ilfov	30	2	Sud-Vest	29
3	Sud-Vest	27	3	București-Ilfov	28
4	Sud	24	4	Sud	24
5	Nord-Est	19	5	Nord-Est	22
6	Vest	15	6	Vest	15
7	Centru	12	7	Centru	13
8	Nord-Vest	10	8	Nord-Vest	10

În perioada 1961-2020, intervalele 1965-1969 și 1982-1987 în arealele urbane din regiunea București-Ilfov, 1985-1978 în arealele urbane din regiunea Sud, 1985-1994 și 2014-2020 în arealele urbane din Sud-Est sunt printre cele mai lungi intervale de ani consecutivi în care s-au înregistrat depășiri ale pragului de risc selectat, evidențiind expunerea la secetă (Fig. 5.1.1).

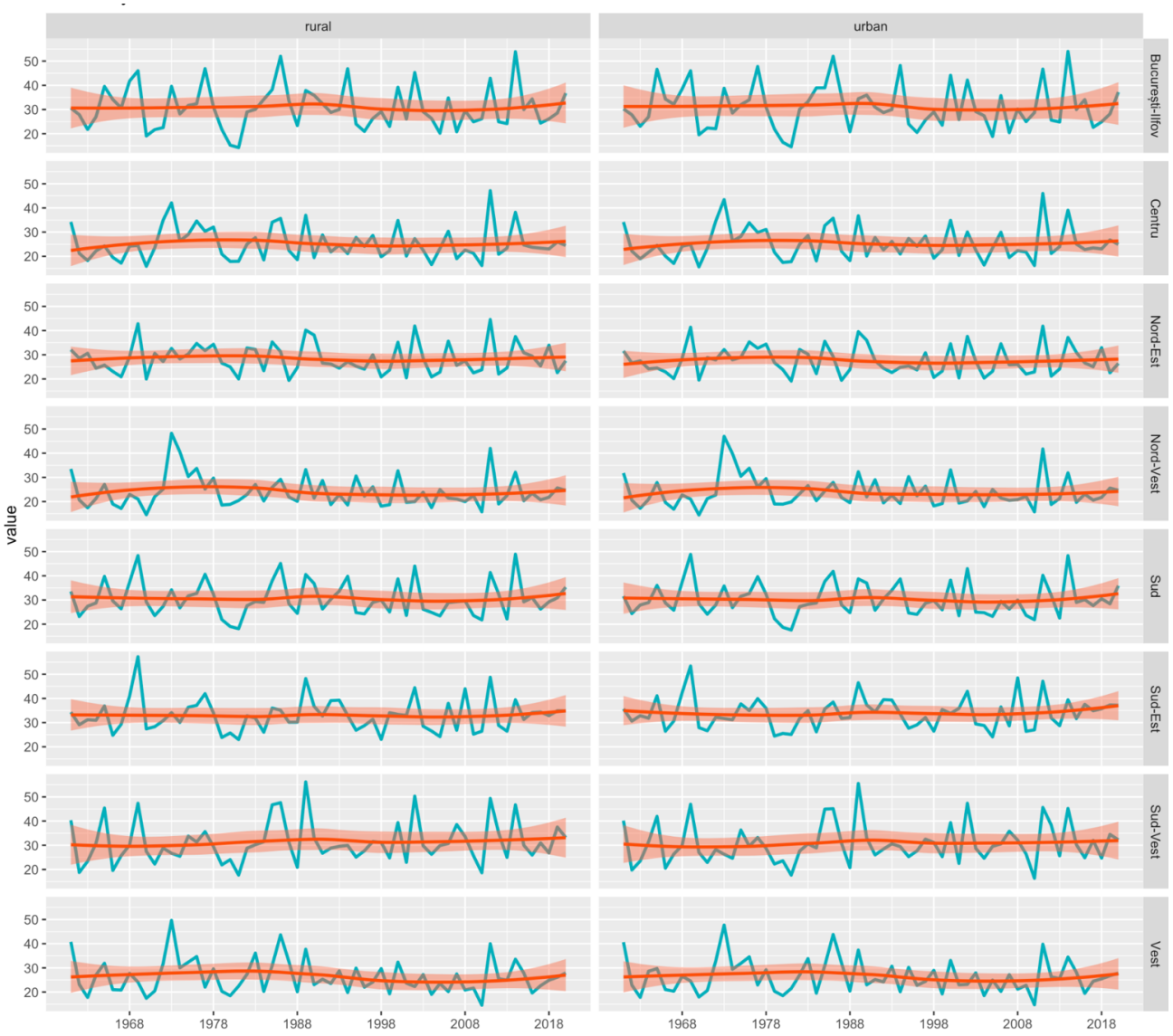


Fig. 5.1.1. Variabilitatea și tendința frecvenței numărului maxim anual de zile fără precipitații în arealele urbane și rurale din regiunile de dezvoltare ale României.

5.2. Precipitații extreme (excedent)

Cantitățile maxime de precipitații în secvențe temporale sub-zilnice cu perioade de revenire de 50 ani[14] evidențiază regiunile țării în care potențialul de producere al inundațiilor, viiturilor rapide și al fenomenelor de băltire este crescut. Astfel de cantități extreme de precipitații sunt în general rezultatul proceselor termo-convective de vară, care favorizează producerea unor evenimente pluviale cu caracter torențial. În secvențele temporare sub-orare (5, 30 și 60 min), în medie cantitățile maxime de precipitații la nivel național sunt cuprinse între 12,9 și 60,1 mm.

Regiunea de dezvoltare în cuprinsul căreia se înregistrează cele mai mari valori medii ale acestor parametrii este cea de Sud (în toate secvențele temporare), în timp ce regiunile București-Ilfov (5 min) și Nord-Vest (30 și 60 min) se remarcă prin printr-un potențial mai redus de producere al unor evenimente hidrometeorologice extreme, ca rezultat al ploilor torențiale. În secvențele temporale mai lungi de 360 până la 1440 min, clasamentul regiunilor țării se modifică, astfel încât regiunile în care precipitațiile extreme au un potențial ridicat de a genera un răspuns

[14] Cantitățile maxime de precipitații în secvențe temporale sub-zilnice cu perioadă de revenire de 50 de ani au fost estimate cu funcția Generalized Extreme Value (GEV), pe baza înregistrărilor orare și sub-orare ale cantităților de precipitații la 80 de stații din rețeaua meteorologică națională.

hidrologic sunt: regiunea Sud (360 min), Sud-Est (720 mm) și București-Ilfov (1440 min) (Tab. 5.2.1, Fig. 5.2.1).

Din punct de vedere al *intensității ploilor extreme cu perioadă de revenire de 50 de ani*, regiunea de dezvoltare Sud se distinge la nivel național prin cele mai mari valori de intensitate în secvențe de timp de 5, 30, 60, 360 și 720 mm (de până la 3 mm/min în secvența cea mai scurtă), în timp ce regiunea București-Ilfov, pentru secvența temporală cea mai lungă (1440 min, 0,1 mm/min). La polul opus, regiunile de dezvoltare în cuprinsul cărora se înregistrează cele mai reduse intensități ale ploilor extreme sunt regiunea Centru (pentru secvențele de 5,30, 60, 360 și 720 min) și București-Ilfov (1440 mm).

Tabelul 5.2.1. Clasamentul regiunilor de dezvoltare (**rangul** în clasament este indicat în paranteze) în funcție de pragul de risc dat de valoarea medie a cantităților maxime de precipitații în secvențe temporale sub-zilnice (min) cu perioadă de revenire de 50 de ani

Regiuni de dezvoltare	Cantități maxime de precipitații în secvențe temporale sub-zilnice (min)					
	5	30	60	360	720	1440
București-Ilfov	14,1 (7)	4,29 (4)	57,2 (2)	82,1 (2)	93,5 (3)	118,2 (1)
Centru	12,9 (8)	37,6 (8)	46,9 (8)	58,2 (8)	66,8 (8)	85,9 (7)
Nord-Est	15,3 (2)	43,4 (2)	54,7 (3)	75,7 (3)	90,4 (5)	108,3 (4)
Nord-Vest	14,3 (6)	38,1 (7)	47,0 (7)	59,9 (7)	72,9 (7)	77,5 (8)
Sud	15,4 (1)	45,0 (1)	60,1 (1)	85,8 (1)	95,6 (2)	116,8 (2)
Sud-Est	14,7 (3)	40,5 (5)	52,8 (5)	85,0 (2)	95,9 (1)	112,3 (3)
Sud-Vest	14,3 (4)	42,9 (3)	54,5 (3)	79,7 (4)	91,1 (4)	101,7 (5)
Vest	14,3 (5)	39,1 (6)	51,7 (6)	66,9 (6)	75,4 (6)	88,6 (6)

Expunerea la excedent pluviometric este evidențiată și de frecvența de depășire a pragului de risc determinat de un *număr maxim de cel puțin 7 zile consecutive cu precipitații* la nivel de UAT din cadrul fiecărei regiuni de dezvoltare a țării. În decursul perioadei 1961-2020, cele mai mari frecvențe de depășire sunt caracteristice regiunilor care resimt influența dominantă a circulației de vest, respectiv cele de Nord-Vest (33 ani/perioadă atât în urban, cât și în rural), Centru (30-31 ani/perioadă în urban și rural) și Vest (20-21 ani/perioadă în urban și rural) (Tabelul 5.2.2).

Tabelul 5.2.2. Clasamentul regiunilor după numărul de ani în care pragul de risc asociat unui număr maxim de cel puțin 7 zile consecutive cu precipitații este depășit la nivel de UAT în regiunile de dezvoltare ale României (1961-2020)

Rang	Regiune de dezvoltare	Urban (ani/perioadă)	Rang	Regiune de dezvoltare	Rural (ani/perioadă)
1	Nord-Vest	33	1	Nord-Vest	33
2	Centru	30	2	Centru	31
3	Vest	20	3	Vest	21
4	Sud-Vest	19	4	Sud-Vest	18
5	Nord-Est	16	5	Sud	16
6	Sud	15	6	Nord-Est	15
7	București-Ilfov	9	7	București-Ilfov	13
8	Sud-Est	0	8	Sud-Est	0

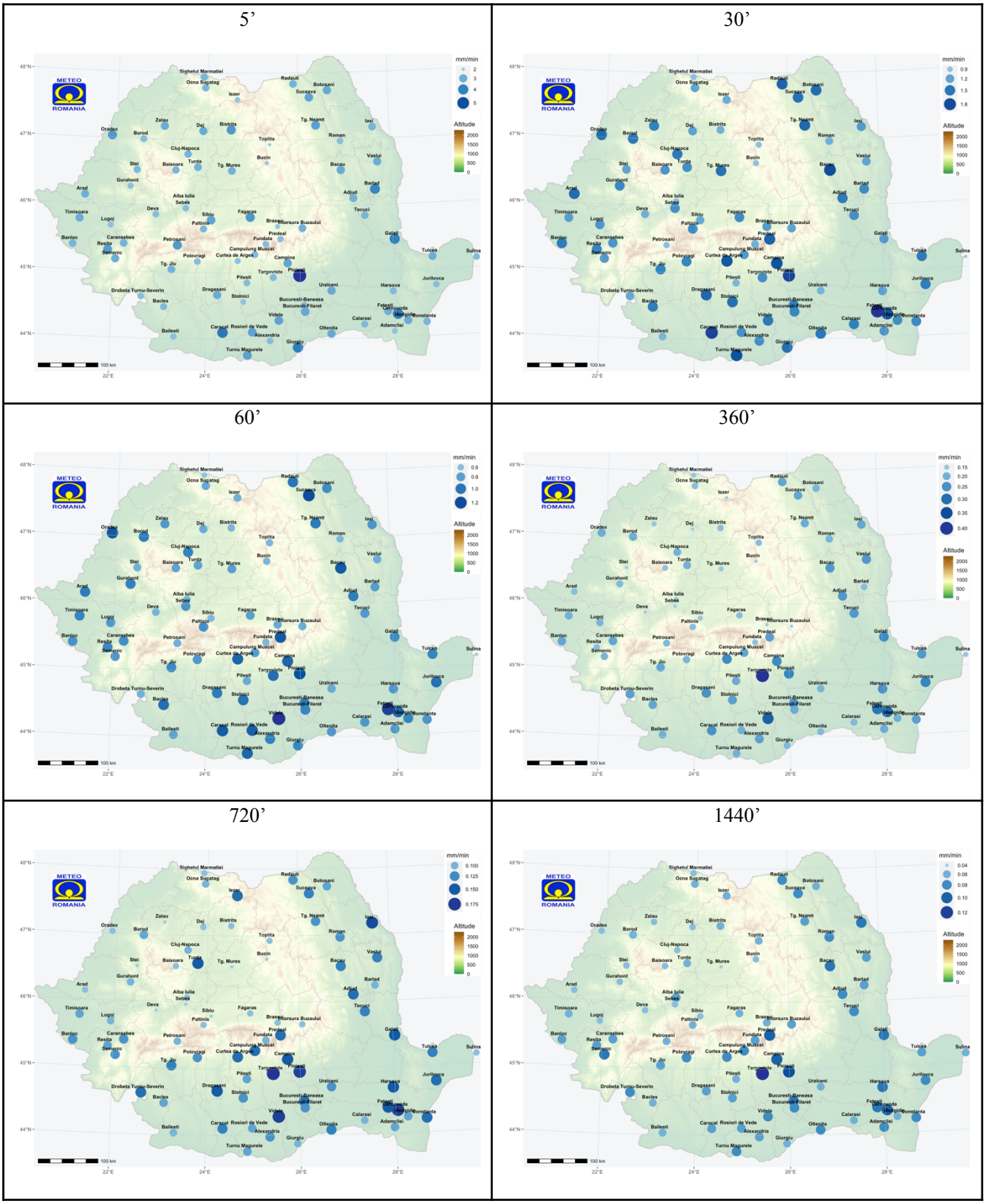


Fig. 5.2.1. Distribuția spațială a intensității cantităților maxime de precipitații (mm/min) în secvențe temporale sub-zilnice cu perioadă de revenire de 50 de ani la stațiile meteorologice din România.

Printre cele mai lungi intervale de ani consecutivi în care s-au înregistrat depășiri ale pragului de risc selectat evidențiind o expunere ridicată la episoade umede persistente se numără: 1968-1972 (rural) și 2004-2006 (urban) în regiunea Centru, 1988-1991 (rural și urban) și 2006-2010 (rural) în regiunea Nord-Vest și 1969-1973 (rural) în regiunea de Sud-Vest. De menționat este faptul că, în regiunea Sud, nu s-au înregistrat ani consecutivi cu depășiri ale pragului de risc considerat în analiză evidențiind o expunere redusă a acestei regiuni la la episoade umede persistente (Fig. 5.2.2).

Fig. 5.2.2. Variabilitatea și tendința frecvenței numărului maxim anual de zile cu precipitații în arealele urbane și rurale din regiunile de dezvoltare ale României.

Precipitațiile abundente, de cel puțin 20 mm/zi, au semnificație pentru riscul de producere al inundațiilor și viiturilor rapide. Clasificarea regiunilor de dezvoltare ale țării în funcție de numărul de ani din perioada analizată în care s-au înregistrat *cel puțin 7 zile cu precipitații* $\geq$*20 mm*, pentru cele două medii urban și rural, relevă faptul că arealele urbane din cadrul regiunii Sud-Vest, Nord-Vest și Sud, precum și cele rurale din cadrul regiunilor București-Ilfov, Sud și Sud-Vest dețin primele trei poziții cu cel puțin 10 ani/perioadă cu depășiri ale pragului de risc (Tab. 5.2.3). Intervalele de ani consecutivi în care pragul de risc asociat producerii zilelor cu precipitații abundente a fost depășit cel puțin 4-5 ani consecutivi au fost: 1969-1972 în arealele rurale din regiunea București-Ilfov, 1969-1972 și 2014-2017 în urban pentru regiunea Sud și 2004-2010 pentru arealele urbane din regiune Sud-Vest (Fig. 5.2.3).

Tabelul 5.2.3. Clasamentul regiunilor după numărul de ani în care pragul de risc asociat unui număr total anual de cel puțin 7 zile cu precipitații ≥20 mm pe an este depășit la nivel de UAT în regiunile de dezvoltare ale României (1961-2020).

Rang	Regiune de dezvoltare	Urban (ani/perioadă)	Rang	Regiune de dezvoltare	Rural (ani/perioadă)
1	Sud-Vest	27	1	București-Ilfov	17
2	Sud	20	2	Sud-Vest	14
3	București-Ilfov	19	3	Sud	13
4	Nord-Vest	12	4	Sud-Est	7
5	Nord-Est	7	5	Vest	5
6	Vest	6	6	Nord-Est	4
7	Sud-Est	4	7	Sud-Est	4
8	Centru	2	8	Centru	1

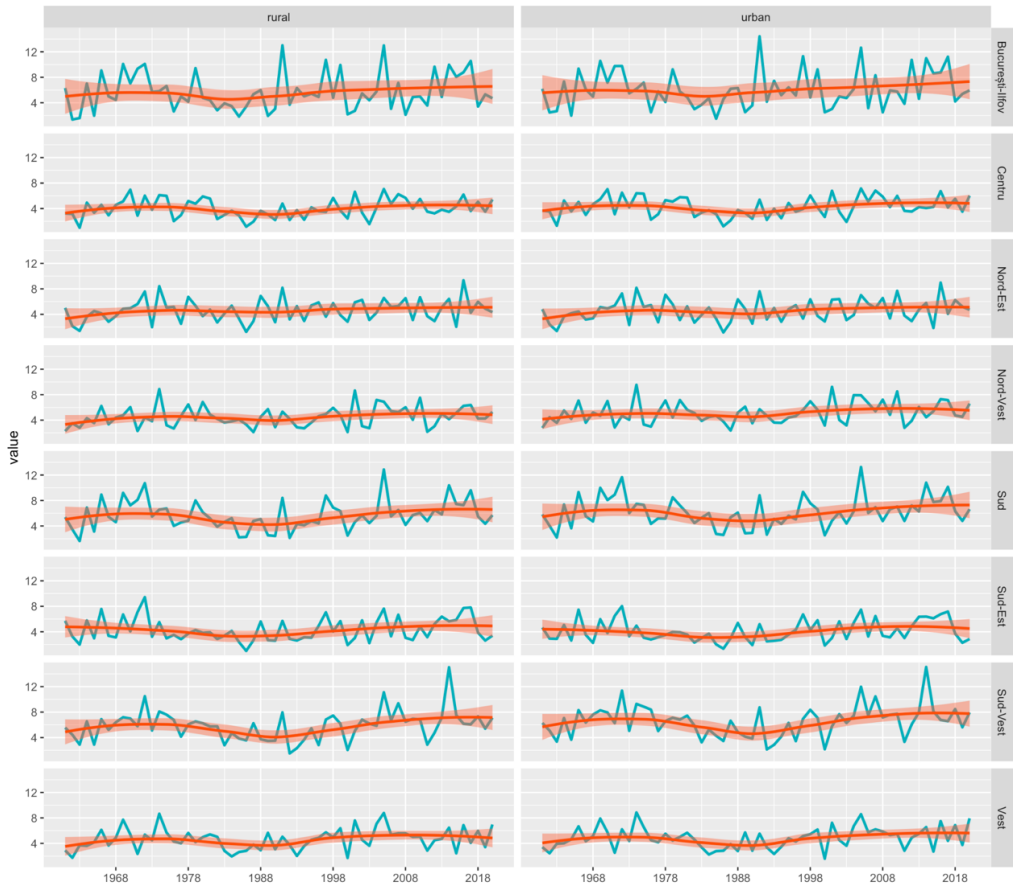


Fig. 5.2.3. Variabilitatea și tendința frecvenței numărului anual de zile cu precipitații abundente de cel puțin 20 mm în arealele urbane și rurale din regiunile de dezvoltare ale României.

5.3. Echivalentul în apă al stratului de zăpadă

Pragul de risc asociat parametrului echivalent în apă al stratului de zăpadă a fost considerat în legătură cu *numărul de zile în care valorile acestui parametru sunt mai mici de 50 l/mp*, cu semnificație pentru diferite sectoare de activitate din țară precum, managementul resurselor de apă, agricultură, hidroenergie și turismul de iarnă (strat de zăpadă cu grosimi mai mici de 30 cm).

Regiunile de prim rang în care frecvența anilor din perioada 2005-2017 în care se înregistrează cel puțin 40 de zile pe an (corespunzător percentilei anuale de 90%), în care echivalentul în apă al stratului de zăpadă are valori mai mici de 50 l/mp, sunt București-Ilfov, Nord-Vest, Sud-Est, Sud-Vest și Vest din perspectiva statisticilor realizate pentru UAT-urile de tip urban și Vest, București-Ilfov, Nord-Vest și Sud, pentru cele de tip rural. În aceste regiuni, numărul de ani din perioadă în care se întrunesc condițiile de risc mai sus menționate este de 11-12 ani (circa 85% din numărul total de ani din perioada analizată) (Tab. 5.3.1).

Tabelul 5.3.1. Clasamentul regiunilor după numărul de ani în care pragul de risc asociat unui număr total anual de zile în care echivalentul în apă al stratului de zăpadă este mai mic de 50 l/mp este depășit la nivel de UAT în regiunile de dezvoltare ale României (2005-2017)

Rang	Regiune de dezvoltare	Urban (ani/perioadă)	Rang	Regiune de dezvoltare	Rural (ani/perioadă)
1	București-Ilfov, Nord-Vest, Sud-Est, Sud-Vest, Vest	11	1	Vest	12
2	Nord-Est, Sud	10	2	București-Ilfov, Nord-Vest, Sud	11
3	Centru	8	3	Nord-Est, Sud-Est, Sud-Vest	10
			4	Centru	9

5.4. Resurse solare și eoliene

Clasificarea regiunilor de dezvoltare ale țării în funcție de *numărul anual de zile cu durată de strălucire a Soarelui mai mică de 1 oră* din perioada analizată, pentru cele două medii urban și rural, relevă faptul că arealele urbane regiunile București-Ilfov, Nord-Vest și Sud-Est, precum și cele rurale din regiunile Nord-Est și București-Ilfov prezintă un număr maxim anual de zile cu strălucire a Soarelui extrem de redusă (sub 1 oră) de peste 160 zile/an (circa 43% din durata unui an calendaristic), care limitează exploatarea resursei solare în scopuri energetice (Tab. 5.4.1). La polul opus al clasamentului se situează regiunea Centru, o regiune cu resurse solare importante exploatate în prezent în cadrul unor parcuri fotovoltaice de mari dimensiuni (ex. în județul Sibiu a fost amenajat un parc fotovoltaic în localitatea Miercurea Sibiului, pe o suprafață de circa 50 de hectare). Intervalele de ani consecutivi cu o frecvență crescută (cel puțin 100 zile/an) a zilelor cu strălucire redusă a Soarelui (sub 1 oră) sunt foarte puține la nivel național, cele mai lungi înregistrându-se în regiunile Nord-Est (1968-1972 și 1978-1991, în ambele cazuri atât în urban, cât și în rural) și Nord-Vest (1979-1981 (urban) (Fig. 5.4.1).

Tabelul 5.4.1. Clasamentul regiunilor după numărul de zile în care pragul de risc asociat unui număr maxim anual de zile cu durată de strălucire a Soarelui mai mică de 1 oră este depășit la nivel de UAT în regiunile de dezvoltare ale României (1961-2020)

Rang	Regiune de dezvoltare	Urban (zile/an)	Rang	Regiune de dezvoltare	Rural (zile/an)
1	București-Ilfov	168,6	1	Nord-Est	162,2
2	Nord-Vest	163,4	2	București-Ilfov	161,9
3	Sud-Est	161,8	3	Nord-Vest	159,4
4	Vest	158,9	4	Vest	157,7
5	Nord-Est	158,5	5	Sud-Est	156,4
6	Sud-Vest	155,9	6	Sud-Vest	154,2
7	Sud	153,2	7	Sud	152,0
8	Centru	146,3	8	Centru	143,3

Resursele eoliene sunt în curs de diminuare la nivel național pe fondul tendințelor de evoluție observate în majoritatea regiunilor. Clasamentul regiunilor de dezvoltare în care frecvența zilelor cu viteze medii ale vântului mai mici de 3 m/s (sub care funcționarea agregatelor eoliene este limitată) este maximă permite identificarea regiunilor țării în care resursa eoliană exploatabilă în scopuri energetice este într-o diminuare semnificativă (Tabelul 5.4.2). Astfel, regiuni de dezvoltare de prim rang din acest punct de vedere, în care frecvența zilelor cu viteze medii ale vântului mai mici de 3 m/s mai mare de 300 zile/an (peste 80% din durata unui an calendaristic) sunt București-Ilfov, Sud-Vest, Nord-Vest, Sud, Centru și Vest. La polul opus se situează regiunile Nord-Est și Sud-Est, în cadrul cărora funcționează cele mai mari parcuri eoliene din România, respectiv cele de pe teritoriul județelor Tulcea, Constanța, Vaslui, Suceava, Neamț etc.

Tabelul 5.4.2. Clasamentul regiunilor după numărul de zile în care pragul de risc asociat unui număr maxim anual de zile cu durată de strălucire a Soarelui mai mică de 1 oră este depășit la nivel de UAT în regiunile de dezvoltare ale României (1961-2020)

Rang	Regiune de dezvoltare	Urban (zile/an)	Rang	Regiune de dezvoltare	Rural (zile/an)
1	București-Ilfov	348,2	1	București-Ilfov	339,2
2	Sud-Vest	336,4	2	Nord-Vest	330,4
3	Nord-Vest	322,9	3	Sud-Vest	328,9
4	Sud	316,7	4	Centru	315,9
5	Vest	315,8	5	Sud	314,9
6	Centru	311,3	6	Vest	314,1
7	Sud-Est	257,1	7	Nord-Est	251,3
8	Nord-Vest	252,9	8	Sud-Est	246,7

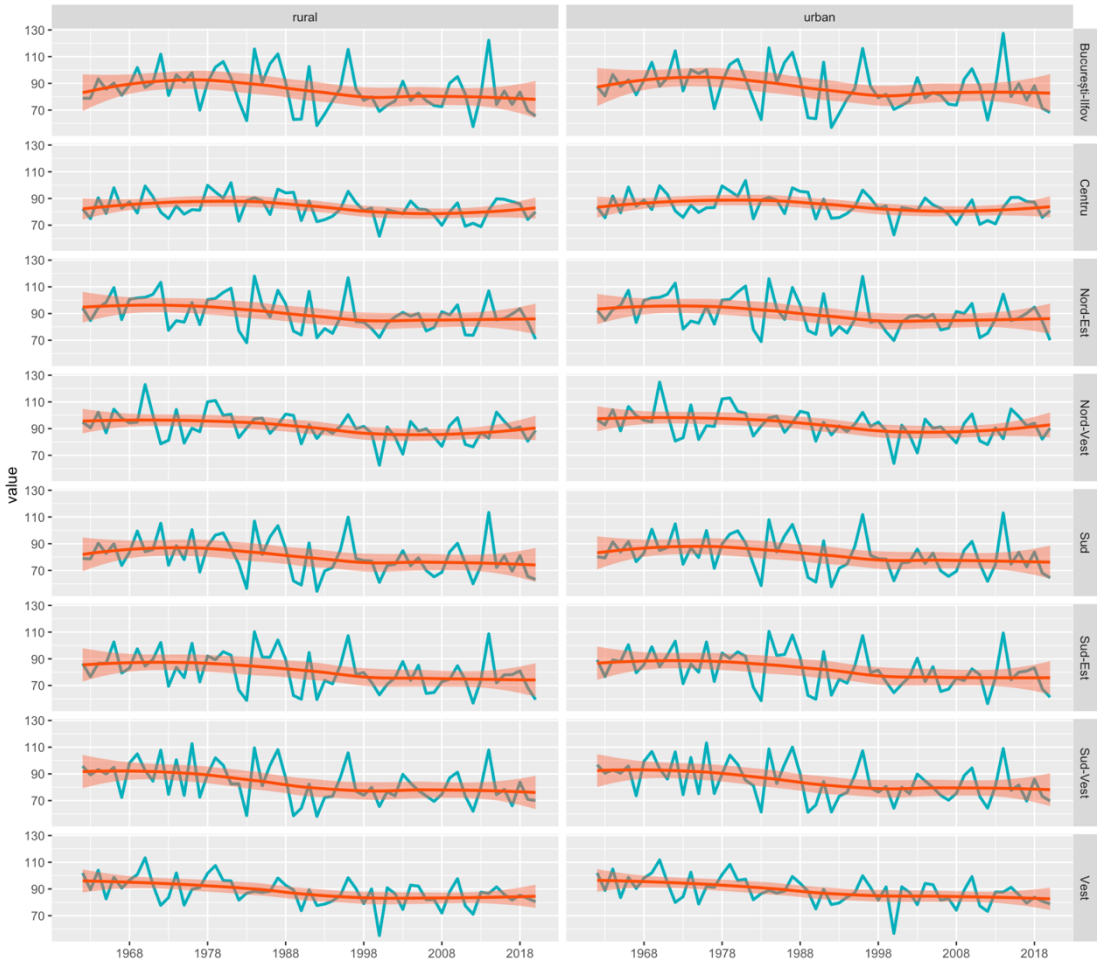


Fig. 5.4.1. Variabilitatea şi tendința frecvenței numărului anual de zile cu durată de strălucire a Soarelui mai mică de 1 oră în arealele urbane și rurale din regiunile de dezvoltare ale României.

6. Schimbări în intensitatea insulei de căldură urbană

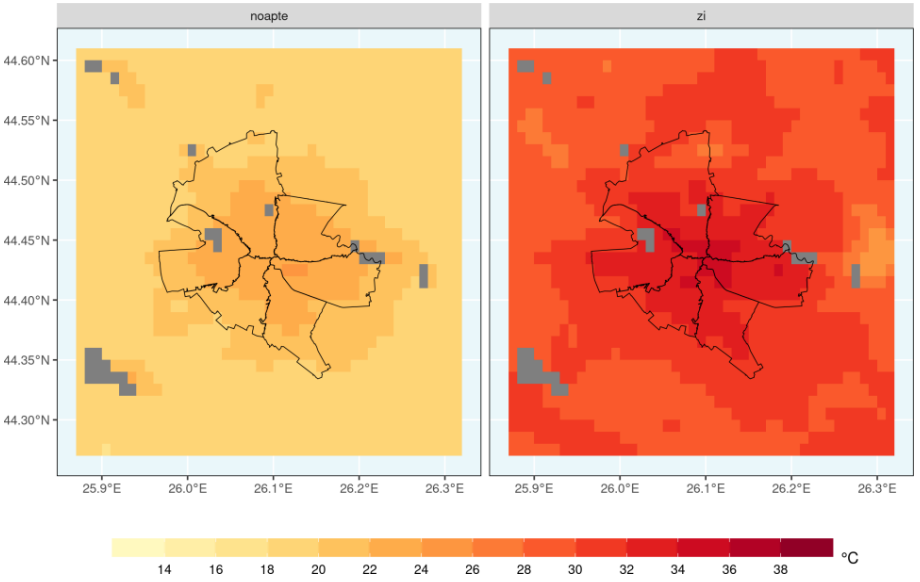
Efectele locale ale procesului de încălzire al climei, care implică totodată o creștere a frecvenței, duratei și intensității valurilor de căldură, este amplificat de insula de căldură urbană, intensitatea stresului termic asociat fiind mai mare în aglomerările urbane unde intensitatea insulei de căldură sunt mai mari. În România, o mai mare parte a literaturii științifice a fost dedicată investigării relațiilor dintre distribuția modului de utilizare/acoperire a terenurilor și temperatura la suprafața terestră, forma și aspectul insulei de căldură în diferite orașe sau arii metropolitane: București (Neacșa și Popovici, 1969; Vlăducu et al., 2008; Cheval și Dumitrescu, 2009, Cheval și colab., 2009, Ionac și Grigore, 2013, Zoran și colab., 2013, Cheval și Dumitrescu, 2015, Sîrodoev și colab., 2015, Vânău și colab., 2015; Uriţescu și colab., 2017), Pitești (Ciulache și Ionac, 2008), Cluj-Napoca (Herbel et al., 2016; Ivan și Benedek, 2017), Craiova(Udristioiu și colab., 2017), Arad (Papathoma-Koehle și colab., 2016)sau Iași(Iordache și colab., 2017; Sfîcă și colab.., 2017). Aceste studii au utilizat o mare varietate de surse de date (măsurători directe, imagini satelitare - LANDSAT TM, ETM, MODIS, IKONOS), tehnologii emergente (ex. GIS, teledetecție) la diferite scări (diferite orașe/sisteme-urban-rurale) și în condițiile diferitelor variații diurne în încercarea de a înțelege diferențele termice conduse de condițiile topoclimatice sau microclimatice induse de utilizarea/acoperirea terenurilor. Pe de altă parte, unii cercetători au investigat principalele componente spațiale implicate în echilibrarea și modelarea climatului urban, în special parametrii biofizici, adică spațiile verzi (Zoran și colab., 2013; Vânău și colab., 2015) sau cele albastre (Cheval și colab., 2018).Cheval și Dumitrescu (2009) au investigat intensitatea și expansiunea insulei de căldură a municipiului București în cea mai caldă lună a anului, iar Cheval și colab. (2009) au examinat dinamica acesteia în timpul valurilor de căldură din iulie 2007.

În acest studiu, schimbările în caracteristicile insulei de căldură în marile aglomerări urbane din România (orașe cu peste 300 000 locuitori și capitala) au fost analizate utilizând: (1) seturile de date LST_cci ale Agenției Spațiale Europene, referitoare la temperatura la suprafață derivate din imagini satelitare MODIS Terra ECV (provenite din imagini MODIS Terra din zile cu cer senin), de zi și de noapte, cu rezoluția de 1 km, pentru climatul actual (2000-2018) și (2) datele de proiecție de temperatură minimă (pentru noapte) și temperatură maximă (pentru zi) rezultate din simulărileclimatice regionale EURO-CORDEX la o rezoluție spațială de 0.11° (EUR-11 , circa 12.5 km) adus la scară urbană (1 km), pentru scenariile climatice RCP4.5 și RCP8.5, pentru climatul viitor (orizonturile de timp 2021-250 și 2071-2100).Analizele vizează anotimpul de vară (iunie-august).

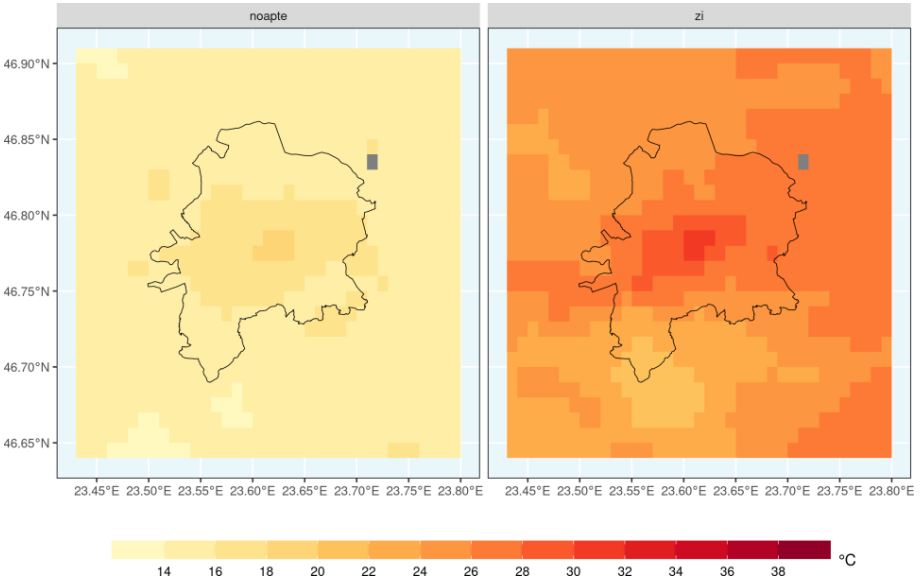
În condițiile climatului actual (2000-2018), insula de căldură urbană este bine evidențiată în toate aglomerările urbane analizate, cu diferențe urban-rural care pot ajunge sau depăși 2-4°C în timpul nopții, mai ales în cazul orașelor București, Timișoara și Constanța. Ziua, aceste diferențe se mențin la circa 2-4°C în cazul orașelor Constanța, Iași și Timișoara sau pot ajunge sau chiar depăși 4-6°C în cazul orașelor București și Cluj. Insula de căldură urbană este foarte extinsă în timpul zilei, depășind limitele intravilanului, cu temperaturi la suprafață care pot depăși 30°C pe areale extinse în București și mai restrânse în restul orașelor (Fig. 6.1 și 6.2).

În viitor, se preconizează o încălzire continuă și generalizată la nivelul tuturor aglomerărilor urbane analizate, în special în ultima parte a secolului 21 (orizontul de timp 2071-2100) și în scenariul RCP8.5. În acest context, diferențierile urban-rural se estompează sugerând o extindere a insulei de căldură peste limitele din timpul climatului actual (Fig. 6.3 și 6.4).

BUCUREȘTI



CLUJ-NAPOCA



CONSTANȚA

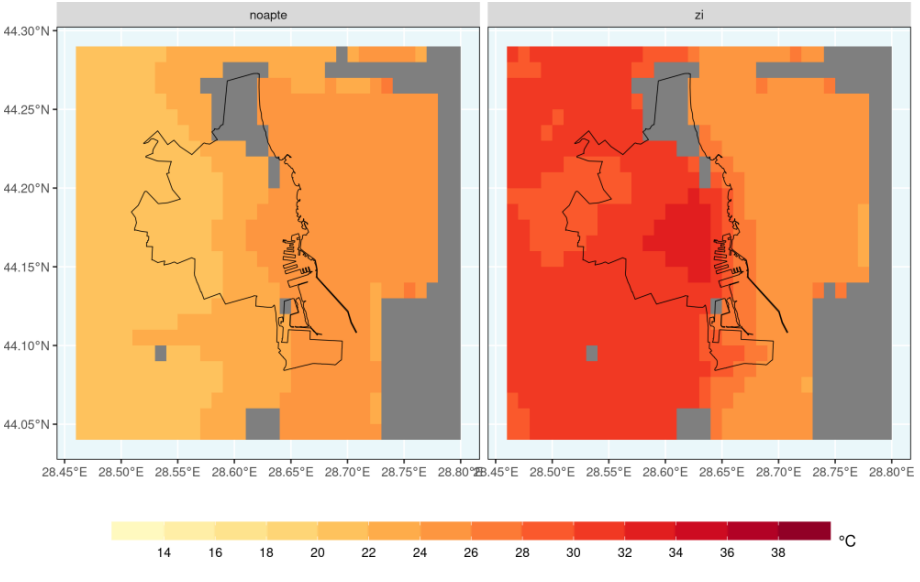
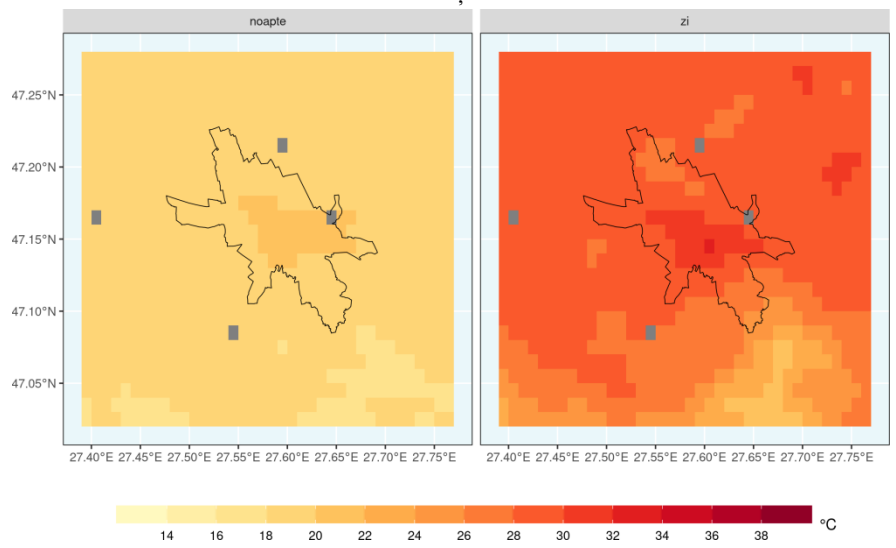


Fig. 6.1. Distribuția spațială a temperaturii medii la suprafața terestră de vară, în timpul zilei (stânga) și nopții (dreapta) în București, Cluj-Napoca și Constanța în condițiile climatului actual (2000-2018). Arealele gri reprezintă areale cu suprafețe acvatice pentru care nu au fost făcute estimări ale temperaturii la suprafață în setul de date LST MODIS ECV.

IAȘI



TIMIȘOARA

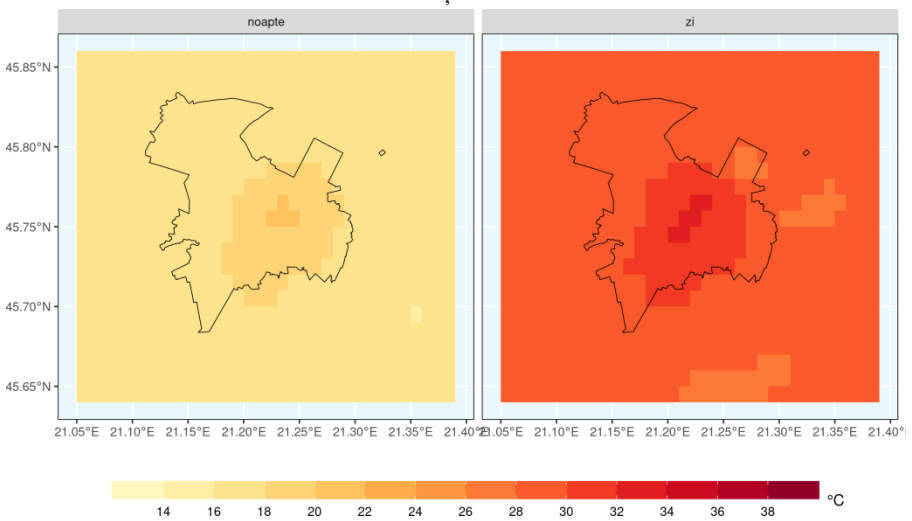
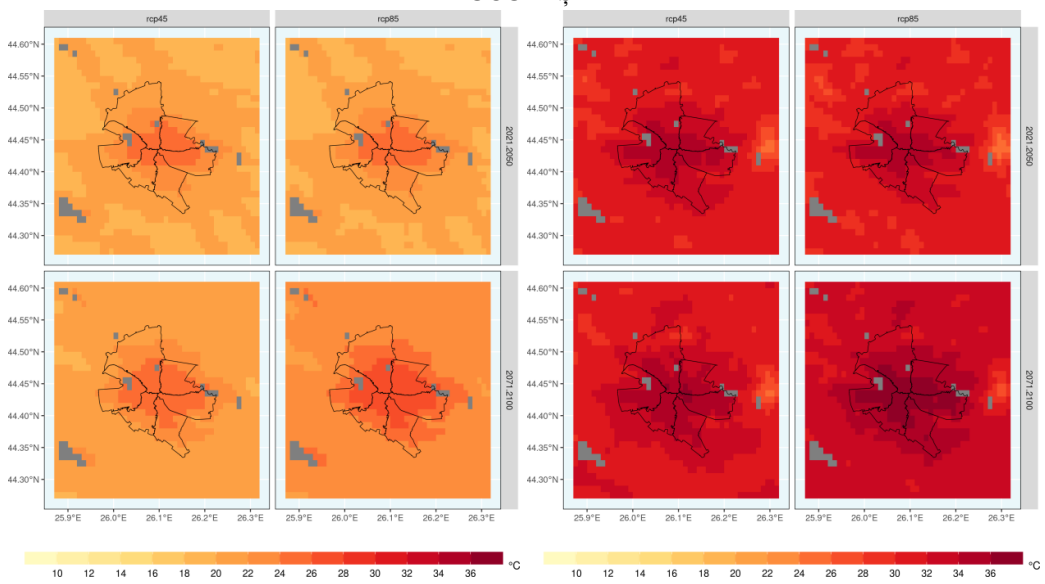
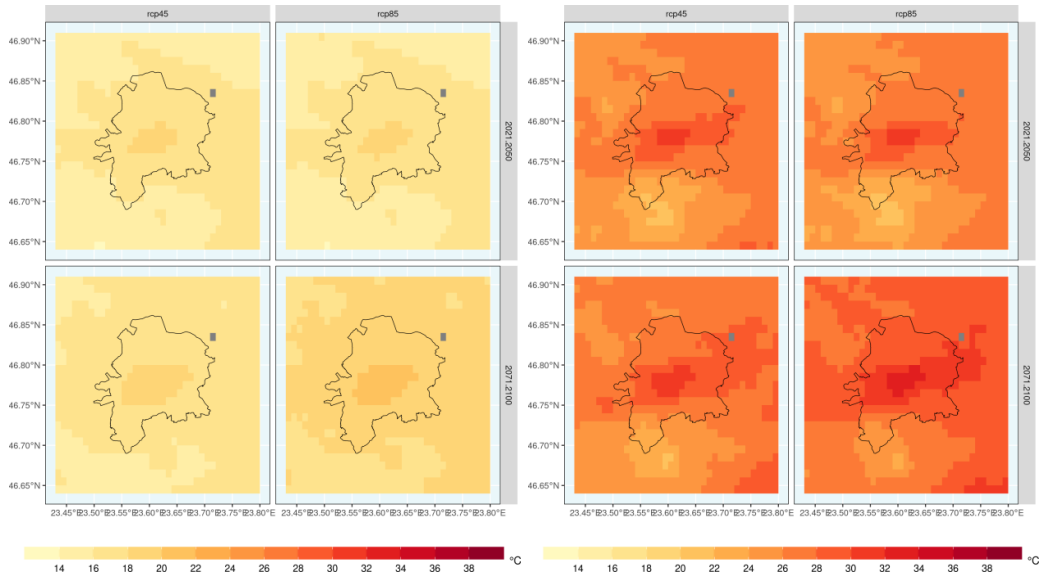


Fig. 6.2. Distribuția spațială a temperaturii medii la suprafața terestră de vară, în timpul zilei (stânga) și nopții (dreapta) în Iași și Timișoara în condițiile climatului actual (2000-2018). Arealele gri reprezintă areale cu suprafețe acvatice pentru care nu au fost făcute estimări ale temperaturii la suprafață în setul de date LST MODIS ECV.

BUCUREȘTI



CLUJ-NAPOCA



CONTANȚA

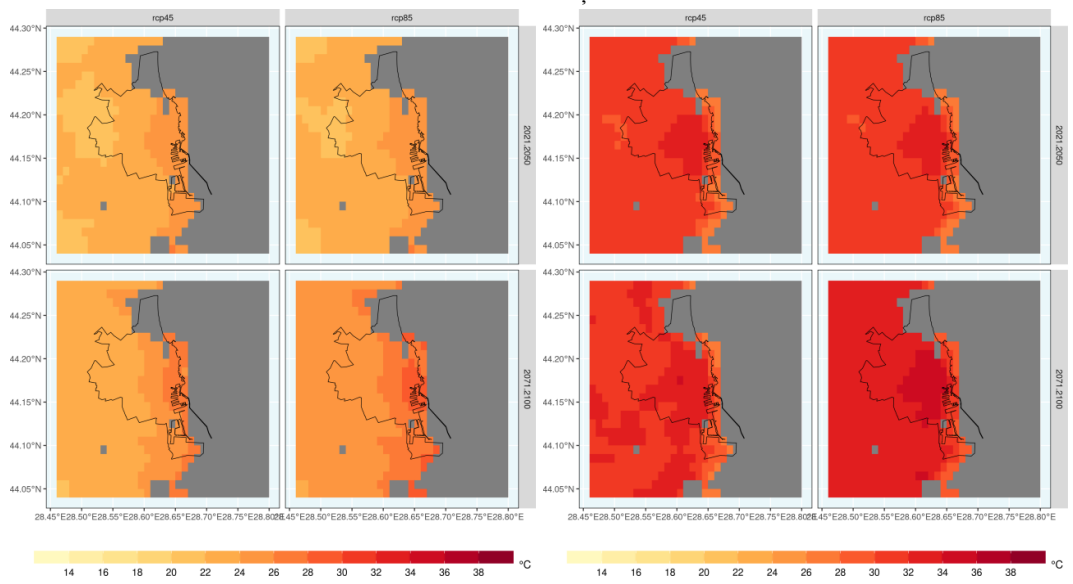
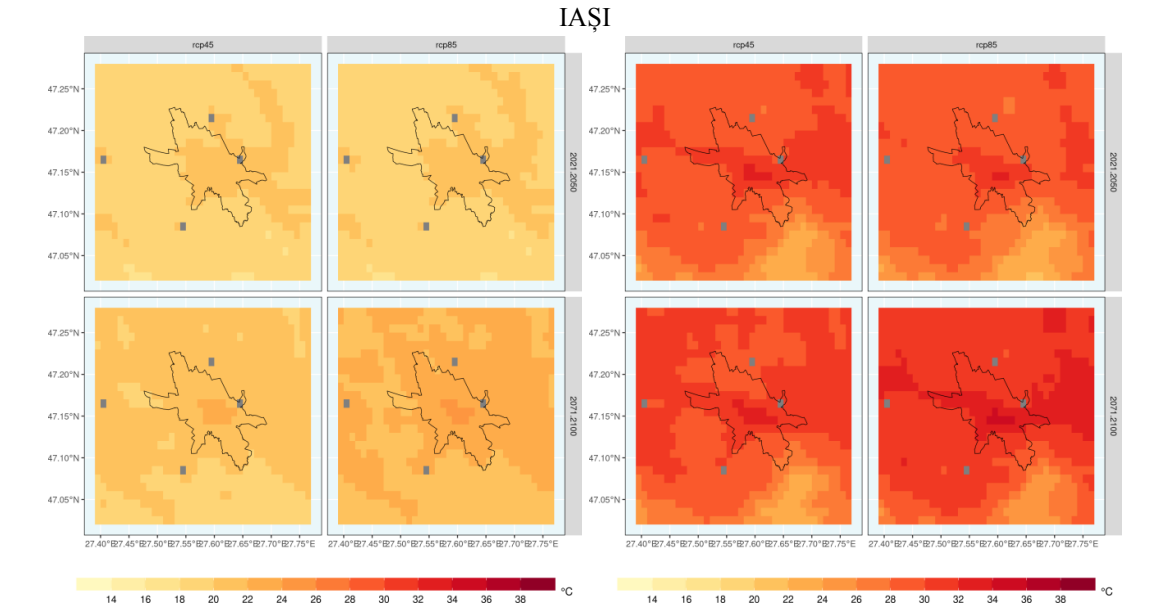


Fig. 6.3. Distribuția spațială a temperaturii de vară în timpul nopții (stânga) și zilei (dreapta) în București, Cluj-Napoca și Constanța în viitor (2021-2050 și 2071-2100), scenariile RCP4.5 și RCP8.5.



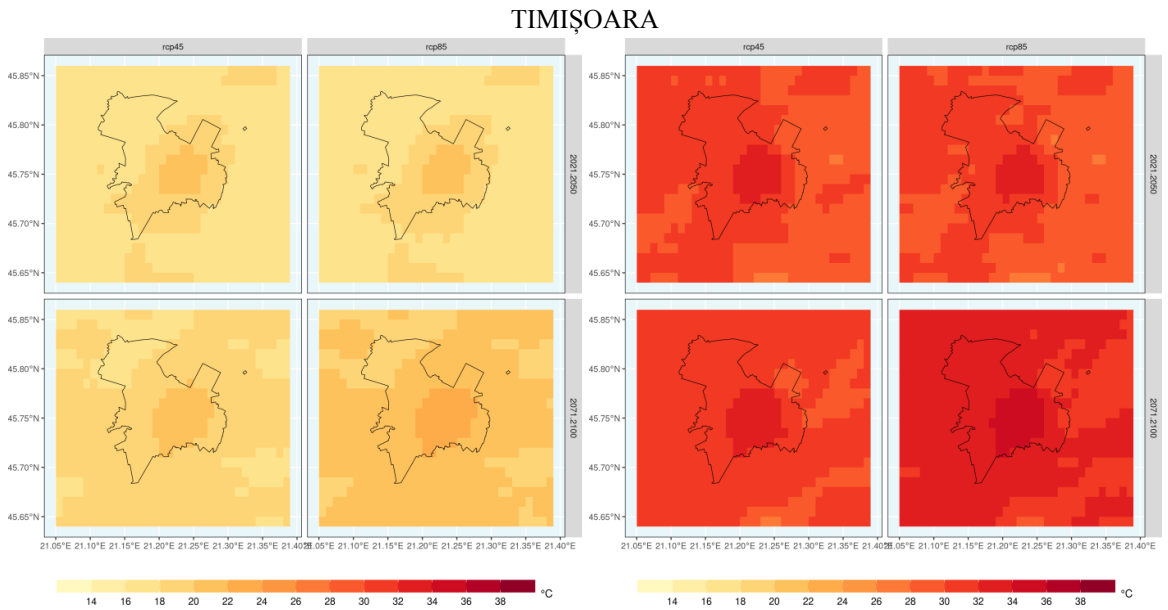


Fig. 6.4. Distribuția spațială a temperaturii de vară în timpul nopții (stânga) și zilei (dreapta) în Iași și Timișoara în viitor (2021-2050 și 2071-2100), scenariile RCP4.5 și RCP8.5.

Profilele transversale nord-sud și vest-est peste orașul București evidențiază schimbările în intensitatea și extinderea insulei de căldură urbană (de zi și de noapte) în climatul viitor comparativ cu cele două orizonturi de timp viitoare analizate (2021-2050 și 2071-2100), în baza scenariilor RCP4.5 și RCP8.5 (Fig. 6.5).

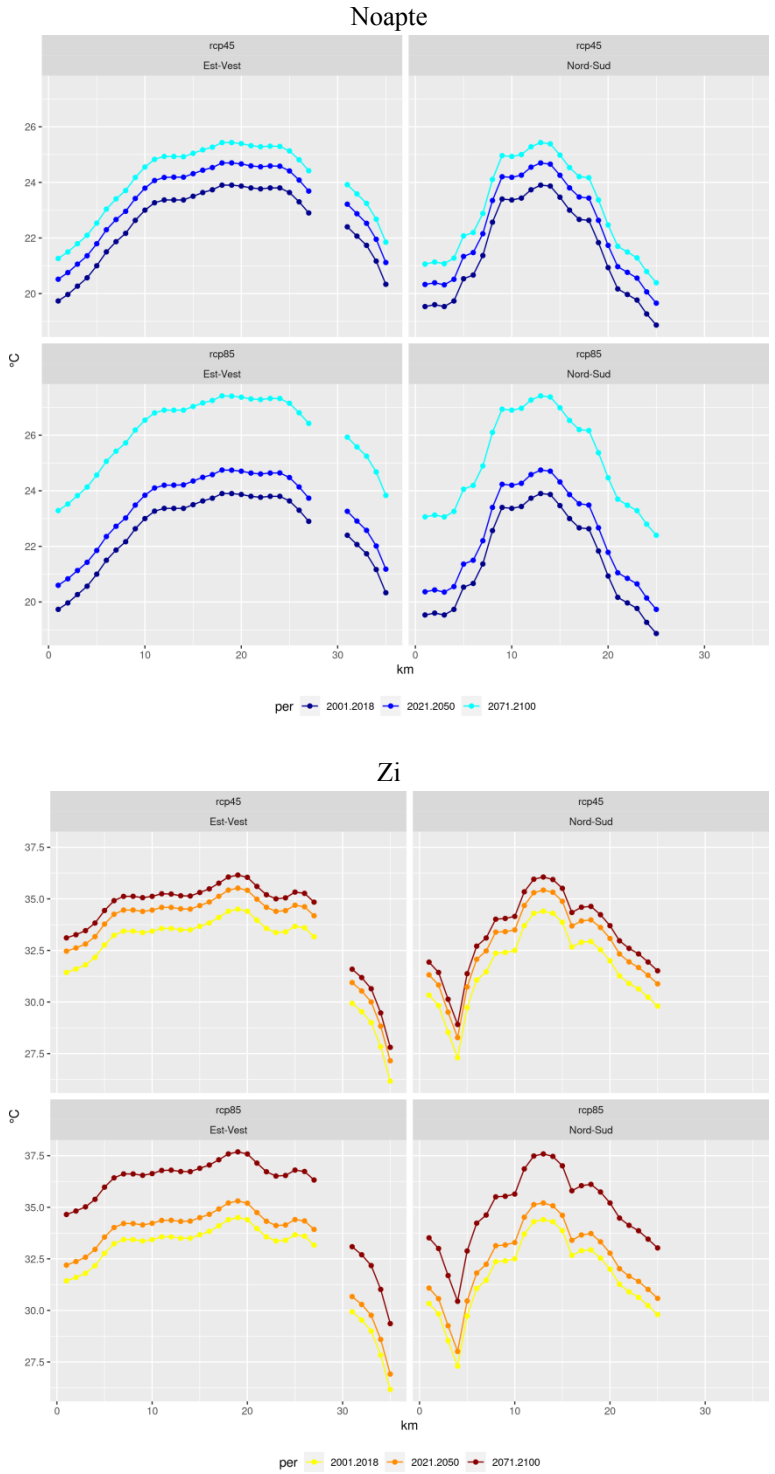


Fig. 6.5. Profile transversale N-S şi V-E ale temperaturii de vară în timpul nopții (sus) și zilei (jos) în orașul București în perioada climatului actual (2000-2018) și în viitor (2021-2050, 2071-2100), în baza scenariilor RCP4.5 și RCP8.5.

7. Schimbări în potențialul energetic solar și eolian

7.1. Solar

România dispune de resurse solare bogate, mai mult de jumătate din suprafaţa ţării beneficiind de un flux radiant ridicat. Potențial energetic solar al României este comparativ cu al altor ţări cu climat temperat (ex. Italia, Franţa) şi este determinat de circa 210 zile însorite pe an (Cîrstea şi colab., 2018), peste 1500-2300 ore însorite pe an (*Clima României*, 2008; Năstase şi colab., 2018), precum şi de un flux de energie solară anuală cuprins între 1000 şi 1300 kWh/m^2/an.

Durata de strălucire a Soarelui este considerat un indicator *proxy* relevant pentru evoluţia temperaturii şi radiaţiei solare la suprafaţa terestră (Wild, 2009) şi poate fi utilizată pentru estimarea resurselor solare în scopul valorificării lor energetice. Durata anuală de strălucire a Soarelui relevă distribuţia spaţială a principalelor regiuni de însorire la nivel naţional, indicând faptul că cele mai importante resurse solare sunt concentrate în regiunile joase de câmpie şi podiş din sudul, estul şi vestul ţării, unde a fost de altfel implementată cea mai mare parte a infrastructurii de valorificare a potenţialului energetic solar al ţării: Câmpia Română (de la 2000 la peste 2400 ore/an), Dobrogea şi litoralul Mării Negre (2200-2400 ore/an), regiunile sudice ale Podişului Moldovei şi Câmpia de Vest (2100-2200 ore/an) (Fig. 6.1.1). Sintetizat la nivelul regiunilor de dezvoltare, cele mai importante resurse solare, cu peste 2000 de ore de strălucire a Soarelui pe an, se găsesc în regiunile Sud-Est (2211,8 ore), Sud (2188,6 ore), București-Ilfov (2162,1 ore) și Sud-Vest (2134,9 ore), iar cele mai reduse (sub 2000 ore/an) se găsesc în regiunile Nord-Est (1998,4 ore), Vest (1996,5 ore), Nord-Vest (1977,5 ore) și Centru (1926,8 ore).

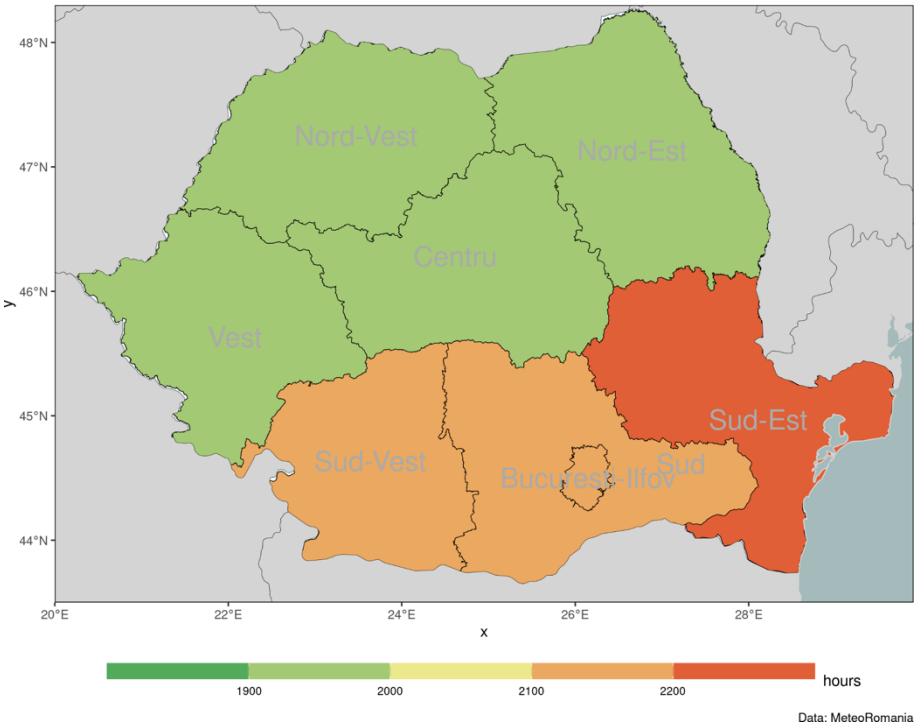


Fig. 7.1.1. Durata medie anuală regională de strălucire a Soarelui în România (1961-2020).

Conform Institutului Naţional de Cercetare-Dezvoltare pentru Energie (ICEMENERG) la nivelul României se disting trei zone principale de însorire, în funcţie de nivelul mediu anual de insolaţie şi anume: zona roşie (1650 kWh/ m^2/an) – Oltenia, Muntenia, Dobrogea şi sudul Moldovei; zona galbenă (1300-1450 kWh/ m^2/an) – regiunile carpatice şi subcarpatice ale

Munteniei, Transilvania, regiunile centrale şi de nord ale Moldovei şi Banatul; şi zona albastră (1150-1300 kWh/m^2/an) – care include regiunea montană carpatică.

Principalul factor care influenţează distribuţia parametrilor climatici în ţara noastră este relieful, prin intermediul căruia se face transformarea radiaţiei solare, predominant situată în domeniul spectrului vizibil, în energie calorică şi transferul ei straturilor inferioare ale atmosferei. Dintre caracteristicile morfologice şi morfografice ale reliefului, altitudinea are rolul cel mai important în condiţionarea spaţială a parametrilor climatici. Pe lângă relief, disponibilitatea resurselor solare în scop energetic este puternic influenţată de variabilitatea condiţiilor meteorologice locale legate de temperatura aerului, viteza vântului la suprafaţă şi nebulozitate. În ciuda acestor dependenţe, performanţa centralelor electrice fotovoltaice în condiţiile de climă şi relief ale României este rentabilă din punct de vedere economic, fapt dovedit atât de densitatea mare a instalaţiilor fotovoltaice în regiunile cu resurse solare importante (ex. Câmpia Română, Dobrogea, Câmpia de Vest), cât şi prin creşterea continuă a capacității instalate de energie solară ajungând la ora actuală să dețină 7,1% (2021) din puterea instalată totală în capacitățile de producție de energie electrică la nivel național (corespunzător a 1393,6 MW), conform Autorității Naționale de Reglementare în Domeniul Energiei (ANRE).

Legăturile dintre tendinţele de creştere a temperaturii şi cele ale duratei de strălucire a Soarelui, în relaţie cu schimbările în nebulozitatea atmosferică şi distribuţia spaţială a acesteia la scara continentului european, au fost documentate în numeroase studii. Încă din anii 90, Brazdil şi colab. (1994) aduceau dovezi referitoare la existenţa acestei relaţii în contextul încălzirii climei pentru regiuni din Europa Centrală şi Sud-Estică, arătând că durata de strălucire a Soarelui are o variabilitate mai accentuată primăvara și iarna și mai puțin accentuată vara și toamna. Mai recent, analizând tendinţele în durata de strălucire a Soarelui şi temperatura aerului în Europa în a doua jumătate a secolului 21, van den Besselaar şi colab. (2015) au identificat o inversare a tendinţei în seriile de observaţii în jurul anului 1985 (-1,24 față de 4,06% / deceniu pentru seria europeană anuală din 1961-1985 și respectiv 1985-2010).

Analiza tendinţelor recente ale duratei de strălucire a Soarelui în Europa, estimate din date EUMETSAT CM SAF pentru perioada 1983-2019, indică faptul că, la nivel anual, există o creştere clară a duratei de strălucire, mai bine evidenţiată începând din ultima parte a deceniului 10. În cadrul acestei perioade, anul 2019 a fost anul cu cel mai mare număr de ore de soare înregistrat la nivel european (cu aproximativ 115 ore sau ~ 5% peste media perioadei de referinţă 1983-2012, de aproximativ 2335 de ore pe an). Cea mai mare contribuţie la această creştere semnalată în 2019 a avut-o anotimpul cald. Cu toate acestea, în România, anomaliile înregistrate în acest an în anotimpul maximului anual nu au depăşit în general 10%. Se apreciază că, schimbările recente în evoluţia duratei de strălucire a Soarelui (anomaliile pozitive din timpul anului 2019) au fost determinate de scăderea generalizată a nebulozităţii atmosferice, observate în majoritatea regiunilor europene, în special în prima jumătate a anului (ianuarie-iunie). În România, reducerea fracţiei de nebulozitate a fost însă una moderată (până la 15%), explicând anomaliile pozitive mai reduse ale duratei de strălucire a Soarelui în această perioadă a anului comparativ cu alte regiuni europene (ex. Peninsula Iberică, sudul Franţei). De menţionat este şi faptul că, la nivel european, anul 2019 a fost totodată, anul cu cea mai mare creştere a capacităţii instalate din resurse regenerabile solare înregistrate după anul 2010.

În perioada actuală (1961-2020), tendinţele evoluție ale duratei anuale de strălucire a soarelui în România indică o tendință generalizată de creștere, semnificativă statistic pentru pragul de 95%, observată în majoritatea regiunilor țării, care astfel beneficiază o îmbogățire a resurselor regenerabile solare care pot fi exploatate în scop energetic. Deși sunt au fost observate și scăderi, totuși ponderea arealelor (UAT-urilor) cu semnal climatic de scădere nu depășește 1% la nivel național. Cele mai mari creșteri înregistrate pot depăși 100-130 ore/deceniu și au fost observate la nivel local (UAT) în cadrul regiunilor de dezvoltare de Sud-Vest și Nord-Est. Creșterile medii regionale observate în evoluția duratei anuale de strălucire a Soarelui clasează regiunea de Nord-Est

pe primul loc în ceea ce privește rata medie decenală de creștere a numărului anual de ore cu însorire (63,9 ore/deceniu) și regiunea București-Ilfov pe ultimul (16,9 ore/deceniu) (Tab. 7.1.1).

Tabelul 7.1.1. Rangul regiunilor de dezvoltare din România în funcție de rata medie de creștere a numărului anual de ore cu Soare în perioada 1961-2020

Rang	Regiuni de dezvoltare	Rate medii regionale de creștere (ore/deceniu)	Rate maxime locale (UAT) de creștere (ore/deceniu)
1	Nord-Est	63,9	112,7
2	Sud-Vest	60,2	131,3
3	Sud-Est	57,2	86,7
4	Sud	51,2	81,4
5	Vest	50,9	91,2
6	Nord-Vest	47,2	80,8
7	Centru	41,7	84,4
8	București-Ilfov	16,9	16,9

Schimbările viitoare în radiația solară globală la nivel anual estimate pe baza proiecțiilor climatice Euro-Cordex, în baza scenariilor RCP4.5 și 8.5, reflectă disponibilitatea viitoare a resurselor regenerabile solare la nivelul regiunilor de dezvoltare din România. Semnalul dominant al acestui parametru este de creștere până în anul 2100 în baza scenariului RCP4.5. În medie, acest semnal climatic este specific tuturor orizonturilor de timp în majoritatea regiunilor țării, exceptând regiunile de Nord-Est și Centru, unde sunt așteptate unele scăderi. Cele mai importante creșteri (peste 1,0 W/mp) sunt preconizate în general până în anul 2050, mai ales în regiuni de dezvoltare precum București Ilfov, Nord-Vest, Sud, Sud-Est și Sud-Vest. În regiunea de Vest se așteaptă cele mai importante creșteri, de 1,1-1,4 W/mp până în anul 2050 (2021-2050 și 2031-2050) și excepțional și în orizontul viitor mediu (2041-2071). Local (UAT), în RCP4.5, se preconizează o creștere a resursei solare în regiuni precum cele de Vest (2021-2050, 2031-2050 și 2041-2070), Nord-Vest și Centru (2031-2050 și 2041-2070).

În cadrul scenariului RCP8.5, semnalul climatic dominant este de scădere în cazul regiunilor Centru (în toate orizonturile de timp viitoare) și Nord-Vest (în majoritatea orizonturilor de timp viitoare, cu excepția celui mai apropiat 2021-2030). Creșterile așteptate conform acestui scenariu sunt inferioare celor preconizate în scenariul RCP4.5 până în anul 2070 în toate regiunile. Cea mai mare creștere a resursei solare este așteptată în regiunea de Vest, în orizontul de timp viitor cel mai îndepărtat (2071-2100), ajungând până la aproape 4 W/mp. Conform anomaliilor medii regionale ale radiației solare globale anuale față de perioada de referință 1971-2000 reiese că printre regiunile care vor beneficia de o îmbunătățire a resursei solare (Tab. 7.1.2) se numără:

– În RCP4.5: regiunile Vest și Nord-Vest în viitorul apropiat (până în anul 2050) precum și între 2041 și 2070 și București-Ilfov în viitorul îndepărtat;
– În RCP8.5: regiunile Sud-Est (în viitorul apropiat) și Sud-Vest în perioadele 2041-2070 și 2071-2100.

Tabelul 7.1.2. Clasamentul regiunilor de dezvoltare în ceea ce privește disponibilitatea resursei solare estimată pe baza schimbărilor viitoare în radiația solară globală anuală față de perioada de referință 1971-2000 (scenariile RCP4.5 și RCP8.5).

Rang	Scenariu RCP4.5		Scenariu RCP8.5	
	Regiuni	Anomalii medii regionale față de perioada 1971-2000 (W/mp)	Regiuni	Anomalii medii regionale față de perioada 1971-2000 (W/mp)
Viitor apropiat (până în anul 2050)				
1	Vest	1,21	Sud-Est	0,81
2	Sud-Vest	1,14	București-Ilfov	0,77
3	București-Ilfov	0,97	Sud	0,68
4	Sud-Est	0,94	Sud-Vest	0,61

5	Sud	0,92	Vest	0,40
6	Nord-Vest	0,74	Nord-Est	0,10
7	Centru	0,27	Nord-Vest	-0,02
8	Nord-Est	0,08	Centru	-0,41
2041-2070				
1	Vest	1,14	Sud-Vest	0,57
2	Nord-Vest	1,02	București-Ilfov	0,49
3	București-Ilfov	0,84	Sud	0,39
4	Sud	0,64	Sud-Est	0,33
5	Sud-Vest	0,63	Nord-Est	0,15
6	Sud-Est	0,61	Vest	-0,16
7	Nord-Est	0,08	Nord-Vest	-0,89
8	Centru	0,06	Centru	-1,39
Viitor îndepărtat (2071-2100)				
1	București-Ilfov	0,83	Sud-Vest	1,19
2	Sud-Est	0,55	Sud	0,83
3	Sud	0,53	București-Ilfov	0,83
4	Sud-Vest	0,39	Vest	0,69
5	Vest	0,17	Sud-Est	0,32
6	Nord-Est	0,02	Nord-Est	0,25
7	Nord-Vest	-0,13	Nord-Vest	-0,26
8	Centru	-0,97	Centru	-1,43

7.2. Eolian

Resursele eoliene sunt direct influenţate de caracteristicile morfologice şi morfometrice ale reliefului, precum şi de prezenţa obstacolelor la înălţimi de până la 100 metri. Tabelul 7.2.1 exemplifică variabilitatea verticală a vitezei vântului în funcţie de distanţa faţă de sol şi capacitatea de generare a energiei electrice. Astfel, cele mai mari viteze sunt specifice Carpaţilor, respectiv arealelor alpine situate dincolo de limita superioară a pădurii (la peste 1800-2000 m), acestea datorându-se îndesirii liniilor de curent în lipsa perturbaţiilor induse de rugozitatea suprafeţei subiacente (vegetaţie). În aceste areale circulaţia orizontală a curenţilor de aer se realizează în condiţii apropiate de troposfera liberă, vitezele maxime ale vântului putând ajunge în condiţii sinoptice deosebite la valori de peste 50 m/s. Cu toate acestea, implementarea unui proiect eolian în astfel de areale este constrânsă de accesibilitatea redusă, costurile ridicate de instalare a agregatelor eoliene în condiţiile unui teren accidentat, la care se adaugă problematica fundaţiilor în condiţiile specifice arealelor alpine, optimizarea soluţiilor pentru stâlpii de susţinere. Astfel de impedimente influenţează justificarea economică a investiţiilor în dezvoltarea de parcuri eoliene în spaţiul montan carpatic. Odată cu scăderea altitudinii şi în depresiuni viteza vântului se reduce treptat, ajungând la valori mai mici de 1 m/s în zonele depresionare, datorită adăpostului aerodinamic conferit de orografie şi creşterii rugozităţii datorate în special vegetaţiei (suprafeţe împădurite).

Tabelul 7.2.1. Frecvenţa vitezelor utile ale vântului (%) pentru generarea energiei electrice la diferite înălţimi deasupra solului.

Viteza vântului (m/s)	Înălţimea deasupra solului (m)					
	10	50	60	70	80	90
≥4	57,0	74,7	77,3	78,8	80,5	81,6

≥7	24,7	42,6	46,3	48,3	51,9	52,7
≥10	8,2	18,4	21,3	22,6	24,9	26,4
≥12	3,5	9,0	10,9	11,8	13,4	14,5
≥14	1,3	3,9	5,0	5,4	6,4	7,1

Distribuția regională a resurselor eoliene disponibile pe baza vitezei medii anuale a vântului la nivelul de 10 m deasupra solului scot în evidență faptul că regiunile de dezvoltare de Sud-Est și Nord-Est beneficiază de cel mai bun potențial eolian, exploatabil în scop energetic, la polul opus găsindu-se regiunile de dezvoltare Nord-Vest și Sud-Vest (cu excepția spațiului montan din cadrul ultimei regiuni, ale cărei resurse eoliene sunt în prezent exploatate) (Fig. 7.2.1).

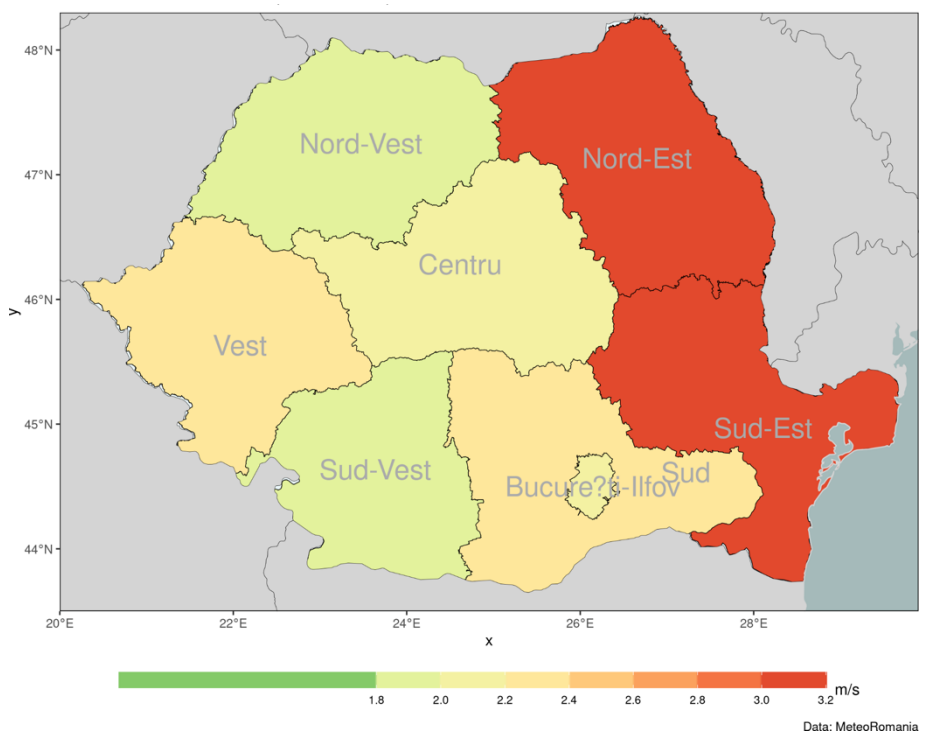


Fig. 7.2.1. Viteza medie anuală a vântului la înălţimea de 10 m deasupra solului în România.

Zonarea potențialului energetic eolian în România relevă existența a trei regiuni de interes pentru amplasarea parcurilor eoliene stabilite pe baza investigaţiilor de teren, a planurilor de cadastru, configurației terenului şi rentabilităţii economice acolo unde viteza vântului depăşeşte 3-5 m/s (viteza medie energetică). Astfel, cele mai bogate resurse eoliene ale țării exploatabile în scop energetic, disponibile până la 100 m înălțime deasupra solului, sunt concentrate în principal în regiunile estice, sud-estice și sud-vestice (Dobrogea, Moldova şi Banat) unde au fost implementate și cele mai mari proiecte de centrale eoliene (Tab. 7.2.2).

Tabelul 7.2.2. Distribuția potențialului energetic eolian pe unități majore de relief în România (sursa: ICEMENERG).

Regiunea montană înaltă		Mare deschisă		Regiunea litorală		Terenuri plate		Dealuri și podișuri	
m/s	W/m^2	m/s	W/m^2	m/s	W/m^2	m/s	W/m^2	m/s	W/m^2
>1,5	>1800	>9	>800	>8,5	>700	>7,5	>500	>6	>250
10-11,5	1200-1800	8-9	600-800	7-8,5	400-700	6,5-7,5	300-500	5-6	150-250
8,5-10	700-1200	7-8	400-800	6-7	250-400	5,5-6,5	200-300	4,5-5	100-150
7-8,5	400-700	5.5-7	200-400	5-6	150-250	4,5-5,5	100-200	3,5-4,5	50-100
<7	<400	<5.5	<200	<5	<150	<4,5	<100	<3,5	<50

Viteza vântului este definitorie în evaluarea potențialului eolianşi influenţează curba de putere a turbinei eoliene. O turbină eoliană începe să genereze putere nominală (12 m/s) la viteze ale vântului de cel puţin 3 m/s, având totodată o funcţionalitate limitată de viteze ale vântului de peste 25 m/s, când paletele turbinelor sunt blocate de un sistem de protecţie care le împiedică rotirea (Lateş, 2012).

În perioada actuală, tendințele observate în viteza anuală a vântului la înălțimea de 10 m deasupra solului în perioada 1961-2020 relevă un semnal climatic de scădere semnificativ statistic pentru nivelul de 95%, și implicit de diminuare a resursei eoliene, în unele regiuni ale țării precum sudul Podișului Moldovei, în cea mai mare parte a Carpaților Românești, în unele areale joase de câmpie din vestul şi sudul țării, în sudul Podișului Dobrogei şi în Delta Dunării. Regiunea intracarpatică este printre regiunile cele mai puțin afectate de scădere. La nivelul regiunilor de dezvoltare, cele mai evidente diminuări ale resursei eoliene sunt observate în regiunile în care în prezent sunt exploatate cel mai mult aceste resurse și anume regiunile Nord-Est și Sud-Est, în timp ce regiunile Centru, Sud și Nord-Vest sunt în prezent mai puțin afectate de diminuarea resursei eoliene (Tab. 7.2.3).

Tabelul 7.2.3. Rangul regiunilor de dezvoltare din România în funcție de rata medie regională de variație a vitezei medii anuale a vântului la nivelul de 10 m estimată pentru perioada 1961-2020

Rang	Regiuni de dezvoltare	Rate medii regionale de creștere (m/s /deceniu)	Rate maxime locale (UAT) de variație (m/s /deceniu)
1	Nord-Est	-0,14	0,14
2	Sud-Est	-0,13	0,06
3	București-Ilfov	-0,09	-0,08
4	Vest	-0,07	0,09
5	Sud-Vest	-0,06	0,09
6	Nord-Vest	-0,04	0,08
7	Sud	-0,04	0,09
8	Centru	-0,01	0,15

Energia eoliană este o sursă de energie regenerabilă şi nepoluantă, iar tehnologiile de exploatare a acestei resurse joacă un rol cheie în atenuarea efectelor schimbărilor climatice, contribuind la reducerea emisiilor de CO_2. La ora actuală resursele globale eoliene depăşesc cu mult cererea de energie electrică. În răspuns la această cerere, capacitatea instalată a turbinelor eoliene a crescut cu o rată anuală de >20% în perioada 2000-2019, preconizându-se o creştere cu încă 50% în viitorul apropiat, până la sfârşitul anului 2023 (Pryor şi colab., 2020). Conform unor estimări recente (Wind Energy, 2019) energia eoliană în anul 2019 acoperea circa 15% din cererea pentru energie electrică la nivel european şi circa 10-20% din cea la nivel naţional. Pryor şi colab. (2020) au estimat în cazul unor tendinţe de creştere a vitezei vântului, că pentru o modificare a vitezei vântului la înălţimea rotorului turbinei (80 m) de 0,5-1,0 m/s la 5,0-5,5 m/s (reprezentând o schimbare de 10%), volumul energetic eolian poate creşte cu peste 30%.

Vautard şi colab. (2010) a elaborat primul studiu de sinteză la nivelul Emisferei Nordice amplu, asupra tendinţelor înregistrate în viteza vântului la suprafaţa terestră. Observaţiile meteorologice provenite de la 822 de staţii meteorologice cu şiruri continue, dar şi o serie de seturi de date de reanaliză (NCEP/NCAR, ERA-Interim), au indicat faptul că, în regiunile continentale de latitudine medie din Emisfera Nordică, viteza vântului prezintă o tendinţă pronunţată de scădere cu 5 până la 50%. S-a observat totodată faptul că, tendinţa de scădere a vitezei vântului este mai pronunţată în cazul vântului tare decât în cazul celui moderat şi slab. În ciuda incertitudinilor legate de identificarea cauzei precise a acestei tendinţe, printre factorii cei mai comuni care pot fi atribuiţi acestei evoluţii se numără, pe de-o parte, creşterea rugozităţii suprafeţei terestre în orizontul local al fiecărei staţii meteorologice (ex. creşterea vegetaţiei forestiere, schimbările în utilizarea terenului, creşterea urbanizării), schimbările în structura stratului limită, precum şi schimbările în factorul dinamic (circulaţia atmosferică la scară largă) pot explica până la 10-50% acest trend (în baza

datelor de reanaliză) şi scăderea intensităţii sistemelor sinoptice. Dintre toţi factorii, ultimii doi pot fi consideraţi o consecinţă a schimbărilor climatice. Având în vedere faptul că producţia de energie electrică din vânt este mai eficientă la viteze mai mari (între 3 şi 25 m/s), o continuare a trendului descendent a vitezei vântului la suprafaţă ar putea deveni problematică pentru rentabilitatea şi eficienţa sectorului energetic eolian în viitor.

În viitor, în România, viteza medie anuală a vântului la nivelul de 10 m prezintă un semnal de schimbare mixt, așteptându-se atât creșteri, cât și scăderi. Conform proiecțiilor scenariului RCP4.5, în orizontul apropiat (până în anul 2050) regiunile de dezvoltare Sud-Est și Nord-Est vor beneficia de o creștere ușoară a resursei eoliene, în timp ce pentru restul regiunilor această va rămâne la nivelul celei din climatul actual. Pe termen mediu (2041-2071) situația va fi relativ similară, în timp ce după anul 2071, se așteaptă o diminuare în majoritatea regiunilor, singurele creșteri (slabe) fiind așteptate numai în regiunea de Sud-Est. În scenariul RCP8.5, semnalul climatic viitor relevă unele creșteri în special în regiunile Nord-Est (până în anul 2050), Sud-Vest și Nord-Est (2041-2070) și Sud-Est și Nord-Est (2071-2100), resursa eoliană diminuându-se în majoritatea regiunilor sau rămânând neschimbată față de nivelul existent în perioada de referință (Tabel 7.2.4). Se apreciază că, în contextul schimbărilor climatice, o reducere pe termen lung a vitezei vântului poate conduce la unele pierderi în industria energetică dacă acest sector nu poate satisface cerinţa pentru energie electrică din alte surse regenerabile sau prin exploatarea altor tipuri de combustibili (Pryor și Barthelmie 2010; Vautard și colab., 2010).

Cu toate acestea, Vautard şi colab. (2010)a arătat faptul că, la nivelurile de înălţime la care viteza vântului este exploatabilă energetic (circa 80 m deasupra solului, în afara influenţei rugozităţii suprafeţei terestre), tendinţele de scădere ale vitezei vântului sunt însă mai slabe sau chiar contrare ca semn. Conform datelor provenite din radiosonde, la niveluri mai înalte, respectiv la nivelul de 850 hPa (aproximativ 1500 m deasupra nivelului mării), tendinţele de evoluţie a vitezei vântului sunt opuse celor observate la nivelul suprafeţei terestre, fără a evidenţia un declin sistematic, prezentând creşteri evidente în special deasupra unor suprafeţe continentale precum Europa de Vest, nordul continentului american.

Tabelul 7.2.4. Rangul regiunilor de dezvoltare în ceea ce privește disponibilitatea resursei solare estimată pe baza schimbărilor viitoare în radiația solară globală anuală față de perioada de referință 1971-2000 (scenariile RCP4.5 și RCP8.5)

Rang	Scenariu RCP4.5		Scenariu RCP8.5	
	Regiuni	Anomalii medii regionale față de perioada 1971-2000 (W/mp)	Regiuni	Anomalii medii regionale față de perioada 1971-2000 (W/mp)
Viitor apropiat (până în anul 2050)				
1	Sud-Est	0,03	Nord-Est	0,04
2	Nord-Est	0,02	Nord-Vest, Sud-Est	0,01
3	București-Ilfov, Centru, Nord-Vest, Sud, Sud-Vest, Vest	Nici o schimbare	București-Ilfov, Centru, Sud, Sud-Vest	Nici o schimbare
			Vest	-0,06
2041-2070				
1	Sud-Est	0,03	Sud-Vest	0,02
2	Nord-Est	0,02	Nord-Est	0,01
3	București-Ilfov, Sud, Vest	0,01	Sud, Sud-Vest	Nici o schimbare
4	Centru, Nord-Vest, Sud-Vest	Nici o schimbare	București-Ilfov, Centru, Nord-Vest, Vest	-0,01

Viitor îndepărtat (2071-2100)				
1	Sud-Est	0,01	Sud-Est, Nord-Est	0,01
2	Nord-Est	-0,01	Nord-Vest, Sud-Vest	-0,01
3	București-Ilfov, Sud, Sud-Vest	-0,02	București-Ilfov, Centru, Sud, Vest	-0,02
4	Centru, Nord-Vest, Vest	-0,03		

7. Concluzii

Datele de observații din ultimii 60 de ani (1961-2020) relevă faptul că în România, clima este în schimbare, fapt dovedit de tendințele observate în evoluția principalilor parametrii climatici (temperatura aerului, precipitații, durată de strălucire, umezeală relativă și vânt). În viitor, proiecțiile climatice până în anul 2100, acoperind cinci orizonturi de timp diferite (2021-2030, 2031-2050, 2021-2050, 2041-2070 și 2071-2100), în baza scenariilor climatice RCP4.5 și RCP8.5, indică faptul că procesul de încălzire a climei va continua și se va amplifica în toată țara producândschimbări în frecvența, durata și intensitatea extremelor climatice care pot produce unele beneficii, dar mai ales pierderi sectoarelor prioritare de activitate din România.

Tendințele observate și preconizate în evoluția parametrilor climatici relevanți indică următoarele:

- Semnalul de încălzire a climei este vizibil și semnificativ statistic în toate regiunile țării, fiind mai pronunțat în general în timpul zilei. Tendința de încălzire este mai pronunțată în ultimele două decenii ale perioadei analizate. În viitor, procesul actual de încălzire se va amplifica în toată țara, așteptându-se creșteri cu până la 2°C în până în 2050 și cu până la 4°C până în 2100, îndeosebi în scenariul RCP8.5.
- Similar temperaturii aerului, în climatul actual (1961-2020), durata medie anuală de strălucire a Soarelui în România prezintă o tendință generalizată de creștere la nivelul țării, în timp ce în viitor, sunt posibile atât scăderi (scenariul RCP4.5) cât și creșteri (RCP8.5).
- În perioada 1961-2020, la nivelul țării, cantitatea anuală de precipitații este în general stabilă, fără a se evidenția tendințe semnificative statistic generalizate de creștere sau de scădere. În viitor, semnalul de schimbare al precipitațiilor la nivel anual nu este concludent. Pe termen scurt și mediu (până în anul 2050) sunt așteptate unele creșteri îndeosebi în jumătatea nordică a țării, precum și unele scăderi până în jurul anului 2070 în mai multe regiuni, pentru ca ulterior, să urmeze din nou o creștere până în 2100, îndeosebi în partea de nord a țării.
- Evoluția umezelii relative a aerului în perioada 1961-2020 evidențiază un semnal climatic neomogen. În viitor, acest parametru nu prezintă un semnal notabil de schimbare față de climatul actual.
- Tendința actuală a vitezei medii anuale a vântului pe termen lung (1961-2020) prezintă un semnal climatic de scădere semnificativă a vitezei medii a vântului în majoritatea regiunilor țării, mai estompat în regiunea extracarpatică. Viteza medie a vântului prezintă un semnal dominant de scădere în majoritatea regiunilor, singurele regiuni pentru care se așteaptă creșteri fiind cele de Nord-Est și Sud-Est.

Tendințe observate și preconizate în evoluția indicatorilor climatici sectoriali:

Pentru sectorul de **Agricultură și dezvoltare rurală** evoluția indicatori agrometeorologici, au evidențiat următoarele aspecte:

- Analiza decenală a fenomenului de arșiță, remarcă în intervalul 2011-2020, evoluțiaintensității arșiței pe un trend accentuat, îndeosebi în sudul, sud-estul și vestul țării. La nivelul perioadei 1981-2010, intensitatea arșiței a fost accentuată, în special în sudul, sud-vestul și sud-estul țării.
- Sub aspect decenal, din studiul duratei fenomenului de arșiță (număr de zile), se remarcă deceniul 2011-2020 când s-au înregistrat valorile maxime de 45 de zile cu arșiță, la stația meteorologică Calafat și 44 de zile cu arșiță, la stația meteorologică Bechet. Pe diferite perioade de referință (1961-1990, 1971-2000, 1981-2010),se evidențiază faptul că valorile maxime s-au înregistrat în regiunile Oltenia și Muntenia, iar cele minime în zona depresionară din Transilvania-Maramureș.

- Analiza pe decenii a cantităților de precipitații cumulate pe parcursul anului agricol septembrie – august din perioada 1961-2020, evidențiază faptul că în intervalele 1971-1980 și 2001-2010 valorile precipitațiilor au depășit limitele de referință, iar în deceniile 1961-1970 și 2011-2020 regimul pluviometric a fost apropiat de mediile multianuale. În toate perioadele analizate (1961-1990, 1971-2000, 1981-2010), precipitațiile cumulate la nivelul anului agricol septembrie – august au fost deficitare comparativ cu normele climatologice (1991-2020), în aproape toată țara.
- La sfârșitul lunii iunie, analiza rezervelor de umiditate pe profilul de sol 0-100 cm în cultura grâului de toamnă, sub aspect decenal la nivelul perioadei 1970-2020 evidențiază intervalele cele mai secetoase, respectiv deceniile 1970-1980, 1981-1990 și 1991-2000, când aprovizionarea cu apă a solului prezintă valori scăzute și deosebit de scăzute în aproape toată țara. Din analiza pe 30 de ani a rezervei de apă pe adâncimea de sol 0-100 cm în cultura grâului de toamnă, la sfârșitul lunii iunie se remarcă intervalul 1970-1990 ca fiind cel mai secetos.
- În cultura de porumb neirigat, la nivelul lunii august când plantele au un consum maxim față de apă, analizată decenal, se remarcă intervalul 1981-1990 ca fiind cel mai secetos deceniu. Perioada 1970-1990 se evidențiază prin valori scăzute și deosebit de scăzute în majoritatea regiunilor agricole.

În viitor, în contextul continuării și amplificării procesului de încălzire, fenomenul de arșiță se va intensifica atât pe termen mediu (până în anul 2050), dar mai ales pe termen lung (după 2071), în ambele scenarii, contribuind la amplificarea stresului termic agroclimatic pe arii extinse din țară, dar mai ales în regiunile Sud și Sud-Vest. Se așteaptă totodată o ameliorare a stresului termic prin răcire asociat fenomenelor de îngheț și ger, în special în regiunile de nord și nord-est ale țării, deși în alte regiuni precum cele centrale se așteaptă unele creșteri ale frecvenței fenomenului de ger, chiar și după anul 2050. Umezeala solului prezintă un semnal mixt, fiind așteptate creșteri în jumătatea de vest și local în sud-est, și diminuări în cele de est și nord.

Tendințele climatice observate au relevanță pentru sectorul **Biodiversitate** îndeosebi prin intermediul stresului termic asociat, susținut de creșterea semnificativă a frecvenței, duratei și intensității extremelor termice pozitive în toate regiunile țării, concomitant unei tendințe de diminuare a extremelor termice negative. Chiar dacă regimul pluviometric anual este în general stabil, tendințele de creștere a frecvenței zilelor cu precipitații abundente pot aduce un plus de semnificație pentru acest sector din perspectiva expunerii ecosistemelor naturale terestre la un risc potențial crescut de producere a inundațiilor și viiturilor rapide. În viitor, se așteaptă o continuare a amplificării stresului termic în majoritatea regiunilor țării, prin creșterea frecvenței zilelor de vară, precum și a frecvenței, duratei și intensității valurilor de căldură, concomitent unei creșteri a sezonului de vegetație în special în regiunile Sud și Sud-Vest. Cu toate acestea, în viitor se așteaptă o scădere a expunerii ecosistemelor la stres termic prin răcire excesivă până la sfârșitul secolului 21 în toate regiunile țării, prin scăderea duratei valurilor de frig și a frecvenței zilelor cu îngheț și a zilelor de iarnă. Sub aspect pluviometric, semnalul de schimbare în precipitațiile anuale nu este neapărat concludent pentru acest sector, fiind așteptate atât scăderi, cât și creșteri slabe față de condițiile climatice actuale. Cu toate acestea, se preconizează o creștere a frecvenței de producere a zilelor cu precipitații abundente (de peste 20 mm/zi) pe arii extinse la nivel național, care este de așteptat să producă o serie de pierderi în biodiversitate în cadrul ecosistemelor vegetale și animale, din perspectiva creșterii expunerii la excedent pluviometric, incluzând o posibilă creștere a frecvenței de producere a inundațiilor și viiturilor rapide. Temperatura apei mării va crește, mai accelerat în sectorul românesc comparativ cu restul bazinului Mării Negre. Chiar dacă nu toate efectele creșterilor preconizate în temperatura apei mării vor fi negative, totuși acest semnal climatic poate conduce la destabilizarea ecosistemelor marine, afectând condițiile optime de viață ale comunităților de specii și interacțiunile dintre acestea, fapt ce ar putea afecta mai departe structura și biodiversitatea unora dintre cele mai importante ecosisteme existente în Marea Neagră.

În ceea ce privește sectorul **Energie**, mai mulți indicatori climatici relevanți analizați prezintă tendințe de creștere constantă din 1961 până în prezent, sugerând o creștere a cantității de energie pentru a contracara efectele procesului actual de încălzire a climei. Pentru sezonul cald, simulările climatice arată un consum energetic tot mai ridicat până la finalul acestui secol ca urmare a funcționării tot mai îndelungi a sistemelor de răcire. Pe de altă parte, tendința de creștere a temperaturii în sezonul rece ar echivala cu o cantitate de energie mai redusă în vederea încălzirii clădirilor. Frecvența unor fenomene climatice cu impact în domeniul energetic a crescut în mai multe regiuni din 1961 până în prezent. Frecvența zilelor cu chiciură arată o valoare mai ridicată în ultimele două decenii în sudul și vestul țării, ceea ce are efecte nefaste asupra instalațiilor de furnizare a energiei electrice, a suprafețelor de carosabil sau asupra căilor ferate ca urmare a depunerii tot mai frecvente de gheață. De asemenea, frecvența zilelor cu grindină a crescut în unele în ultimele două decenii în special, ceea ce poate avea repercursiuni asupra unor componente specifice industrieie energetice. Scenariile climatice pentru perioada 2021-2100 arată de asemenea câteva modificări în cazul indicatorilor climatici relevanți. Estimările arată un consum mult mai ridicat de energie electrică în vederea funcționării instalațiilor de climatizare în timpul sezonului cald, care va fi necesară tot mai îndelungat în timpul anului. Pentru mai multe regiuni, se observă o diminuare în ecartul valoric al unor indicatori climatici care sunt utilizați în funcționarea instalațiilor de termoficare în timpul sezonului rece ca urmare a creșterii temperaturii aerului.

Mai mulți indicatori derivați din parametrii climatici relevanți pentru sectorul **Transport** arată o creștere constantă din 1961 până în prezent, ceea ce necesită în prezent o cantitate mai mare de energie pentru a contracara aceste evoluții. Pentru sezonul cald, simulările climatice arată un consum energetic tot mai ridicat până la finalul acestui secol ca urmare a funcționării tot mai îndelungi a sistemelor de răcire. Pe de altă parte, tendința de creștere a temperaturii în sezonul rece ar echivala cu o cantitate de energie mai redusă în vederea încălzirii clădirilor. Frecvența unor fenomene climatice cu impact în domeniul energetic a crescut în mai multe regiuni din 1961 până în prezent. Frecvența zilelor cu chiciură arată o valoare mai ridicată în ultimele două decenii în sudul și vestul țării, ceea ce are efecte nefaste asupra instalațiilor de furnizare a energiei electrice, a suprafețelor de carosabil sau asupra căilor ferate ca urmare a depunerii tot mai frecvente de gheață. De asemenea, frecvența zilelor cu grindină a crescut în unele în ultimele două decenii în special, ceea ce poate avea repercursiuni asupra unor componente specifice industriei energetice. Scenariile climatice pentru perioada 2021-2100 arată de asemenea câteva modificări în cazul indicatorilor climatici relevanți. Estimările arată un consum mult mai ridicat de energie electrică în vederea funcționării instalațiilor de climatizare în timpul sezonului cald, care va fi necesară tot mai îndelungat în timpul anului. Pentru mai multe regiuni, se observă o diminuare în ecartul valoric al unor indicatori climatici care sunt utilizați în funcționarea instalațiilor de termoficare în timpul sezonului rece ca urmare a creșterii temperaturii aerului.

În ceea ce privește sectorul **Managementul resurselor de apă**, scenariile climatice RCP 4.5 și RCP 8.5 indică în general creșteri ale cantităților de precipitații în orizonturile de timp mai îndepărtate (2031-2050 și 2071-2100), mai însemnate în regiunea Centru. Cu toate acestea, rezultă o agravare a secetei meteorologice în zona extracarpatică, în special în jumătatea de sud a României (regiunile Sud-Vest, Sud și Sud-Est), ceea ce sugerează o diminuare a resurselor de apă disponibile în aceste regiuni.

Pentru sectorul **Silvicultură**, tendința actuală de încălzire și incidența în creștere a episoadelor de căldură excesivă și persistentă (valuri de căldură), în relație cu modificările observate în regimul anual al precipitațiilor (creșteri sau scăderi cantitative) au semnificație din perspectiva efectelor adverse potențiale asupra vegetației forestiere existente în unele regiuni ale țării, prin creșterea expunerii acesteia la uscare (în special în regiunile afectate concomitent de stress termic și deficit pluviometric) și la boli/dăunători, contribuind totodată și la scăderea productivității. O altă consecință directă a tendinței actuale de creștere a temperaturii aerului este și prelungirea sezonului de vegetație în majoritatea regiunilor țării. Totodată, diminuarea vitezei vântului și în special a vitezei maxime a vântului contribuie la reducerea riscului de producere a

doborâturilor de vânt asociate. Frecvența anuală a unor fenomene periculoase cu potențial de a vătăma vegetația forestieră (ex. polei, grindină, averse de ninsoare) rămâne în majoritatea regiunilor țării neschimbată. În viitor, se așteaptăo amplificare continuă a stresului termic bioclimatic în cadrul ecosistemelor forestiere, în special în unele regiuni montane precum Munții Maramureșului, Rodnei, Carpații Curburii, Carpații Meridionali, Munții Banatului și Apuseni, precum și cele din unele areale naturale protejate (ex. rezervațiile biosferei). Concomitent, expunerea viitoare a ecosistemelor la stres termic prin răcire excesivă va scădea treptat odată cu intensificarea procesului de încălzire până la sfârșitul secolului 21 în toate regiunile țării. Ca efect direct al continuării procesului de încălzire, durata sezonului de vegetația va crește, iar incidența incendiilor de vegetație va fi tot mai mare în toate regiunile țări, îndeosebi în sud și sud-vest. În timp ce pentru fenomenul de secetă nu se evidențiază schimbări notabile pentru acest sector, creșterea frecvenței de producere a zilelor cu precipitații abundente (de peste 20 mm/zi) poate afecta arealele cu vegetație forestieră, prin creșterea expunerii acestora la riscul de producere al inundațiilor și viiturilor rapide. Aversele extreme de ninsoare care pot afecta vegetația forestieră prin supraîncărcare și rupturi de arbori vor scădea în frecvență pe arii extinse în cele două orizonturi viitoare de timp, în ambele scenarii, rămânând mai frecvente îndeosebi în regiunea carpatică (Carpații Meridionali, Munții Banatului și Carpații Curburii) dar numai până în 2050 (RCP4.5), în timp ce spre finalul secolului și în RCP8.5 condițiile pentru producerea unor astfel de fenomene se vor diminua tot mai mult. În viitor se așteaptă și o reducere slabă a expunerii la riscul de doborâturi de vânt datorită reducerii vitezei extreme a vântului (maximă și la rafală), exceptând unele areale montane din Carpații Orientali și Meridionali în RCP4.5. Conform RCP8.5 însă, acest risc va crește în toate ramurilor Carpaților Românești, îndeosebi după 2071.

În cazul sectorului **Sănătate Publică**, este relevant stresul termic evidențiat de tendințele observate de creștere ale temperaturii maxime și minime și ale unor indicatori referitori la durata, frecvența și amplitudinea valurilor de căldură, tendințe ce se vor amplifica în viitor în condițiile schimbării climatice, magnitudinea lor depinzând de scenariu și orizontul de timp analizat. Aceste tendințe de creștere caracterizează majoritatea regiunilor de dezvoltare, putând afecta sănătatea publică prin impactul asupra morbidității și mortalității legate de boli cronice cardio-vasculare și de vârstă. Creșterea mortalității din sezonul cald, atribuibilă stresului termic, este mai mare decât diminuarea mortalității datorate tendinței de creștere a temperaturii din sezonul rece. Există o creștere netă a ratei de mortalitate, mai accentuată, spre sfârșitul secolului al XXI-lea, în condițiile scenariului cu concentrația cea mai mare de gaze cu efect de seră (RCP 8.5), în mediul urban.

În privința sectorului **Turism și activități recreative**, proiecțiile modelelor climatice sugerează o creștere a temperaturii apei mării, această evoluție ducând la creșterea favorabilității pentru activitățile turistice de vară în zona litoralului Mării Negre. În viitorul îndepărtat – când sunt proiectate cele mai importante schimbări în acumularea și topirea stratului de zăpadă – activitățile sportive specifice iernii, în mod special schiul, vor fi afectate negativ, întrucât scăderea duratei sezonului cu strat de zăpadă naturală cu grosimi de cel puțin 30 cm va determina reducerea drastică a sezonului de schi în cea mai mare parte a țării.

Indicatorii relevanți pentru sectorul **Urbanism și sisteme urbane** a căror evoluție robustă continuă și se amplifică, în viitor, comparativ cu clima prezentă, pentru toate regiunile de dezvoltare ale României, sunt mai ales cei legați de temperatură: cei pentru infrastructura de răcire (încălzire), cu tendințe de creștere (reducere); indicatorii referitori la durata și frecvența valurilor de căldură, cu tendințe de creștere; numărul de zile cu temperaturi de peste 30℃, cu tendință de creștere; numărul de nopți tropicale, cu tendință de creștere; ponderea zilelor cu temperaturi minime ce depășesc valoarea percentilei de 90, cu tendințe de creștere. Semnalele indicatorilor legați de episoadele cu precipitații extreme (număr de zile cu cantitatea de precipitații mai mare de 20 mm, suma anuală a precipitațiilor cu valori mai mari de percentila 99% și cantitatea maximă de precipitații în 24 de ore), ale căror tendințe crescătoare nu trec, de obicei pragurile de semnificație statistică în clima prezentă, devin mult mai robuste în proiecțiile viitoare, fapt deosebit de important pentru urbanism și sisteme urbane, unde impermeabilizarea solului amplifică impactul inundațiilor.

În viitor, încălzirea continuă și generalizată la nivelul tuturor aglomerărilor urbane analizate, în special în ultima parte a secolului 21 (orizontul de timp 2071-2100) și în scenariul RCP8.5 va determina intensificarea și extinderea insulei de căldură urbană, peste limitele din timpul climatului actual.

Disponibilitatea resurselor solare și eoliene exploatabile în scop energetic va înregistra unele modificări, atât în condițiile climatului actual, cât și în viitor.

În ceea ce privește **resursa solară**, în prezent se observă o îmbogățire a resurselor regenerabile solare care pot fi exploatate în scop energetic în majoritatea regiunilor țării. Creșterile medii regionale observate în evoluția duratei anuale de strălucire a Soarelui clasează regiunea de Nord-Est pe primul loc în ceea ce privește rata medie decenală de creștere a numărului anual de ore cu însorire, iar regiunea București-Ilfov, pe ultimul. În viitor, proiecțiile climatice estimează evoluții diferite ale radiației solare globale, cu un semnal dominant de creștere până în anul 2100 în majoritatea regiunilor în toate orizonturile de timp conform scenariului RCP 4.5 și până în 2070 după RCP 8.5, exceptând regiunile Nord-Est și Centru în ambele situații. Printre regiunile care vor beneficia de o îmbunătățire a resursei solare în viitor se numără: regiunile Vest și Nord-Vest în viitorul apropiat (până în anul 2050) precum și între 2041 și 2070 și București-Ilfov în viitorul îndepărtat în RCP 4.5 și regiunile Sud-Est (în viitorul apropiat) și Sud-Vest în perioadele 2041-2070 și 2071-2100, conform RCP 8.5.

Referitor la **resursa eoliană**, în perioada actuală, tendințele observate în viteza anuală a vântului la înălțimea de 10 m deasupra solului în perioada 1961-2020 relevă un semnal climatic de scădere semnificativ statistic pentru nivelul de 95%, și implicit de diminuare a resursei eoliene, în unele regiuni ale țării precum sudul Podișului Moldovei, în cea mai mare parte a Carpaților Românești, în unele areale joase de câmpie din vestul și sudul țării, în sudul Podișului Dobrogei și în Delta Dunării. Regiunea intracarpatică este printre regiunile cele mai puțin afectate de scădere. La nivelul regiunilor de dezvoltare, cele mai evidente diminuări ale resursei eoliene sunt observate în regiunile în care în prezent sunt exploatate cel mai mult aceste resurse și anume regiunile Nord-Est și Sud-Est, în timp ce regiunile Centru, Sud și Nord-Vest sunt în prezent mai puțin afectate de diminuarea resursei eoliene. În viitor, conform proiecțiilor scenariului RCP4.5, până în anul 2050, regiunile Sud-Est și Nord-Est vor beneficia de o creștere ușoară a resursei eoliene, în timp ce pentru restul regiunilor aceasta va rămâne la nivelul celei din climatul actual. După anul 2071, se așteaptă o diminuare în majoritatea regiunilor, singurele creșteri (slabe) fiind așteptate numai în regiunea de Sud-Est. Scenariul RCP 8.5, relevă unele creșteri în special în regiunile Nord-Est (până în anul 2050), Sud-Vest și Nord-Est (2041-2070) și Sud-Est și Nord-Est (2071-2100), resursa eoliană diminuându-se în majoritatea regiunilor sau rămânând neschimbată față de nivelul existent în perioada de referință.

Referințe

Bâlteanu, G. (2001):*Fitotehnie*, vol. 1, Editura Ceres, Bucureşti.

Berbecel, O., Socor, E. (1982):*Îndrumar agrometeorologic*, Editura Institutului de Meteorologie şi Hidrologie, București.

Berbecel, O., Stancu, M., Ciovică, N., Jianu, V., Apetroaei, Ş., Socor, E., Rogodjan, I., Eftimescu, M. (1970):*Agrometeorologie*, Editura Ceres, Bucureşti.

Berbecel, O., Stancu, M. (1970):*Agrometeorologie*, Editura Ceres, București.

Berca, M., (2011): Agrotehnică. Transformarea modernă a agriculturii. Editura Ceres, București.

Birsan, M.V. (2015): Trends in Monthly Natural Streamflow in Romania and Linkages to Atmospheric Circulation in the North Atlantic. *Water Resources Management,*29(9): 3305–3313. DOI: 10.1007/s11269-015-0999-6

Birsan, M.V., Zaharia, L., Chendes, V., Branescu, E., (2012): Recent trends in streamflow in Romania (1976–2005). *Romanian Reports in Physics*,64(1): 275–280.

Birsan, M.V., Zaharia, L., Chendes, V., Branescu, E. (2014): Seasonal trends in Romanian streamflow. *Hydrological Processes*,28(15): 4496–4505. DOI: 10.1002/hyp.9961

Budoi, G., Penescu, A. (1996):*Agrotehnica*, Editura Ceres, Bucureşti.

Bojariu, R., Bîrsan, M.V., Cică, R., Velea, L., Burcea, S., Dumitrescu, A., Dascălu, S.I., Gothard, M., Dobrinescu, A., Cărbunaru, F., Marin, L. (2015): Schimbările climatice – de la bazele fizice la impact și adaptare Editura Printech, București, 200 p, ISBN: 978606-23-0363-1, DOI: 10.13140/RG.2.1.1341.0729

Bojariu, R., Chițu, Z., Dascălu, S.I., Gothard, M., Velea, L., Burcea, R., Dumitrescu, A., Burcea, S., Apostol, L., Amihăesei, V., Marin, L., Crăciunescu, V.S., Irimescu, A., Mătreață, M., Niță, A., Bîrsan, M.V. (2021):*Schimbările climatice – de la bazele fizice la impact și adaptare*, ediție revăzută și adăugită, Editura Printech, București, 222 p, ISBN: 978-606-23-1275-6.

Cheval, S., Dumitrescu, A. (2009):The July urban heat island of Bucharest as derived from modis images. Theoretical and Applied Climatology, Volume 96, Issue 1–2, pp 145–153.

Cheval, S., Dumitrescu, A. (2015): The summer surface urban heat island of Bucharest (Romania) retrieved from MODIS images, Theoretical and Applied Climatology, 121, 3-4, pp. 631-640.

Ciulache, S., Ionac, N. (2008):*Topoclimatic and Microclimatic Differences in the Piteşti Town-Area,* „Present Environment and Sustainable Environment", 2, Editura Universităţii „Al. I. Cuza" din Iaşi, pp. 117-124.

Cîrstea, Ş., Martiş, C.S., Cîrstea, A., Fülöp, M.T. (2018):*Current situation and future perspectives of the Romanian renewable energy*, Energies, 11, 3289.

Dumitrescu, A., Cheval, S., (2014): Urban Heat Island Monitoring under Present and Future Climate. EUMETSAT Meteorological Satellite Conference, 22–26 septembrie 2014. Geneva, Elveția.

Gasparrini, A., Leone, M., (2014):*Attributable risk from distributed lag models*. BMC Med Res Methodol. Apr 23; 14:55. PMID: 24758509; PMCID: PMC4021419. DOI: 10.1186/1471-2288-14-55

Herbel, I., Croitoru, A. E., Rus, I., Harpa, G. V., Ciupertea, A. F. (2016): Detection of atmospheric urban heat island through direct measurements in Cluj-Napoca city, Romania. Hungarian Geographical Bulletin, 65(2), 117-128.

Ionac, N., Grigore, E. (2013): Thermal Differences within Bucharest Town Area. Case Study: 01.07.2006/31.03.,2007, *Present Environment and Sustainable Development*, 7, 2, pp. 21-36.

Ionita, M. (2015): Interannual summer streamflow variability over Romania and its connection to large-scale atmospheric circulation. Int. J. Climatol. 2015, 35, 4186–4196.

Ionita, M., Chelcea, S., Rimbu, N., Adler, M.-J., (2014): Spatial and temporal variability of winter streamflow over Romania and its relationship to large-scale atmospheric circulation. *Journal of Hydrology*, *519*, 1339–1349.

Iordache, I., Apostol, L., & Ichim, P. (2017): The land surface temperature distribution during 7th-august-2012 using MODIS imagery in Iasi metropolitan area. Aerul si Apa. Componente ale Mediului, 11-17, DOI: 10.24193/AWC2017_02.

Ivan, K., Benedek, J. (2017): The assessment relationship between land surface temperature (lst) and built-up area in urban agglomeration. Case study: Cluj-Napoca, Romania. Geographia Technica, 12(1), 64-74.

Lateş, M.-T. (2012):*Sisteme eoliene. Teorie şi practică*, Edit. Universităţii Transilvania, 156 p.

Mateescu, E., Alexandru, D., Oprea, O.A., Trif, A., Simota, C., Dumitru, M., Calciu, I., Dumitru, S., Vizitiu, O.P. (2014): *Cod de bune practici agricole, în contextul schimbărilor climatice actuale şi previzibile*. Administrația Națională de Meteorologie. București, România.

Năstase, G., Şerban, A., Dragomir, G., Brezeanu, A.I., Bucur, I. (2018):*Photovoltaic development in Romania. Reviewing what was done*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 94, pp. 523-535.

Neacşa, O., Popovici, C. (1969): Influence of the urban landscape on some parameters of the air temperature in the city of Bucharest, Institute of Meteorology, Bucharest, pp. 293–304.

Oke, T.R. (1981): Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. Journal of Climatology. DOI: 10.1002/joc.3370010304.

Papathoma-Koehle, M., Promper, C., Bojariu, R., Cica, R., Sik, A., Perge, K., Laszlo, P., Czikora, E.B., Dumitrescu, A., Turcus, C., Birsan, M.V., Velea, L., Glade, T. (2016): A common methodology for risk assessment and mapping for south-east Europe: an application for heat wave risk in Romania, Nat Hazards, 82, pp. 89-109, doi 10.1007/s11069-016-2291-3.

Pons, X., Ninyerola, M. (2008): Mapping a topographic global solar radiation model implemented in a GIS and refined with ground data. *International Journal of Climatology*, 28, 1821–1834.

Sîrodoev, I., Cheval, S., Dumitrescu, A., Merciu, C., Vaidianu, N., Paraschiv, M., ... & Prefac, Z. (2015): Contribution of the built-up space to the creation of urban heat island in Bucharest municipality. Journal of Environmental Protection & Ecology, 16(4), 1337-1343.

Sfîcă, L., Ichim, P., Apostol, L., Ursu, A. (2017): The extent and intensity of the urban heat island in Iaşi city, Romania. Theoretical and Applied Climatology, 1-15.

Udristioiu, M. T., Velea, L., Bojariu, R., & Sararu, S. C. (2017): Assessment of urban heat Island for Craiova from satellite-based LST. In *AIP Conference Proceedings*, vol. 1916, no. 1, p. 040004-1 – 040004-6, AIP Publishing,https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.5017443.

Uriţescu, B., Ionac, N., Grigoraş, G. (2017): The influences of land use on the urban heat island in Bucharest. Aerul si Apa. Componente ale Mediului, 259-265, DOI: 10.24193/AWC2017_32.

Wild, M., Gilgen, H., Roesch, A., Ohmura, A., Long, C.N., Dutton, E.G., Forgan, B., Kallis, A., Russak, V., Tsvetkov A. (2005):From dimming to brightening: Decadal changes in surface solar radiation, Science, 308, 847– 850.

Van der Besselaar, E.J.M., Sanchez-Lorenzo, A. Wild, M., Klein Tank A.M.G., de Laat A.T.J (2015): Relationship between sunshine duration and temperature trends across Europe since the second half of the twentieth century. JGR Atmospheres, 120 (20), p. 10823-10836.

Vânău, G., O., Iojă, I., C., Onose Diana Andreea, Șandric, I., Grădinaru Simona, Uţă Mihaela (2015):*Air temperature regulation by urban trees and green infrastructure,* Proceedings of the International Conference Environment at a CrossrOads: SMART approaches for a sustainable future, Bucharest, 157 p.

Vlăducu, M., Tâştea, D., Dragotă, C.S., Grigorescu I., Kucsicsa G. (2008):*Urban influences on air temperature and relative humidity of moist air distribution in Bucharest MunicipalityHeat Island*, Annals of the University of Craiova, nr. 10, Series: Geography, New Series, pp. 13-20.

Zamfirescu, N., Velican, V., Săulescu, N., Safta, I., Canţăr, F. (1965):*Fitotehnie*, Vol. II, Ediția a II-a, Editura Agro-Silvică, Bucureşti.

Zoran, M. A., Savastru, R. S., Savastru, D. M., Tautan, M. N., & Baschir, L. V. (2013): Urban thermal environment and its biophysical parameters derived from satellite remote sensing imagery. In Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology XV (Vol. 8887, p. 888721). International Society for Optics and Photonics.

*** Arhiva de Buletine Agrometeorologice 2001-2020, Laboratorul de Agrometeorologie, Administraţia Naţională de Meteorologie Bucureşti.

*** Baza de date agrometeorologice a Administrației Naționale de Meteorologie.

*** (2008), *Clima României*, Edit. Academiei, Bucureşti.