

EVALUAREA RESURSELOR CLIMATICE SOLARE PE TERITORIUL REPUBLICII MOLDOVA PRIN PRISMA SCHIMBĂRILOR CLIMATICE

Serviciul Hidrometeorologic de Stat, Direcția Meteorologie și Climatologie

INTRODUCERE

Sursele regenerabile de energie (energia eoliană, energia solară, energia hidroelectrică, energia oceanelor, energia geotermală, biomasa și biocombustibilii) constituie alternative la combustibilii fosili care contribuie la reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră, la diversificarea ofertei de energie și la reducerea dependenței de piețele volatile și incerte ale combustibililor fosili, în special de petrol și gaze [4]. Resursele helioenergetice reprezintă resurse ale energiei solare, care pot fi folosite în producerea energiei electrice.

Radiația solară este una din principalele surse de energie regenerabile, folosirea căreia nu este asociată cu impact negativ asupra mediului. Din aceste considerente energetica solară satisface totalmente dezvoltarea durabilă a societății asigurând o utilizare rațională a resurselor naturale și dezvoltarea tehnologiilor energetice eficiente în condițiile schimbărilor climatice, iar evaluarea resurselor climatice a radiației solare are nu doar un caracter fundamental dar și aplicativ.

MATERIALE ȘI METODE

Observații asupra radiației solare se efectuează doar la stația meteorologică Chișinău, datele căreia sunt reprezentative pentru toată țara. La analiza duratei strălucirii soarelui s-au utilizat informații de la stațiile meteorologice distribuite astfel încât datele colectate să fie reprezentative (tab. 1).

Tabelul 1

Stații meteorologice, datele cărora au fost folosite în studiu

Stația	Perioada de observații, ani	Stația	Perioada de observații, ani
Briceni	1951-2007; 2010-2020	Chișinău	1951-2020
Bălți	1958-2007; 2010-2020	Tiraspol	1951-1987; 1989-2020
Râbnita	1964-1986; 1990-2020	Cahul	1956-2007; 201-2013; 2015-2020
Dubăsari	1958-1991		

Conform recomandărilor OMM (Organizația Meteorologică Mondială), analiza și sinteza datelor s-a realizat pentru intervale de timp de 30 ani, începând cu anul 1961 [6]. În cazul lipsei datelor pentru unii ani sau unele luni dintr-un an, s-a aplicat metoda de restabilire a datelor prin folosirea mediei aritmetice pentru perioada analizată a șirului.

Prelucrarea statistică și verificările omogenității șirurilor, calculul parametrilor statistici de bază s-a realizat folosind pachetul de formule din Excel. În cazul modelării spațiale s-a utilizat metoda de interpolare spline din ArcMap. Aplicarea metodei regresiei nu a oferit rezultate satisfăcătoare.

Pentru exemplificare, principalii indicatorii specializați a resurselor climatice pentru funcționarea stațiilor helioenergetice și diapazonul lor de aplicare în Rusia [8, p. 63] sunt prezentate în tab 2.

Tabelul 2

Diapazonul principalilor indicatori specializați a resurselor climatice helioenergetice

Indicator	Unitatea de măsură	Minima	Maxima
1. Suma anuală a radiației globale pe o suprafață orizontală	MJ/m ²	2659	5019
2. Suma anuală a radiației directe pe o suprafață orizontală	MJ/m ²	768	2859
3. Durata anuală de strălucire a Soarelui	ore	1040	2397
4. Cantitatea medie anuală a nebulozității totale	grade	5,3	7,4
5. Cantitatea medie anuală a nebulozității inferioare	grade	2,3	5,5
6. Numărul de zile fără Soare	zile	37	137

Creșterea indicatorilor din punctele 1-3 (tab. 2) contribuie la sporirea resurselor helio-energetice, iar indicatorilor 4-6 – scăderea acestora [8, p. 63]. Atunci când se analizează efectul combinat al tuturor acestor indicatori asupra valorii resurselor helioenergetice, cea mai mare importanță este acordată indicatorilor 1-3, restul fiind considerați complementari [8, p. 63].

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Radiația solară globală, măsurată la stația meteorologică Chișinău, în intervalele de timp analizat a evaluat după cum este prezentat în tab. 3, fig. 1.

Tabelul 3

Radiația solară globală înregistrată la stația meteorologică Chișinău, MJ/m²

Perioada de observații	Media multianuală	Media în perioada caldă a anului (mai-septembrie)	Media în perioada rece a anului (octombrie-aprilie)
1961-1990	4318	2877	1441
1971-2000	4285	2848	1437
1981-2010	4342	2876	1466
1991-2020	4416	2943	1473

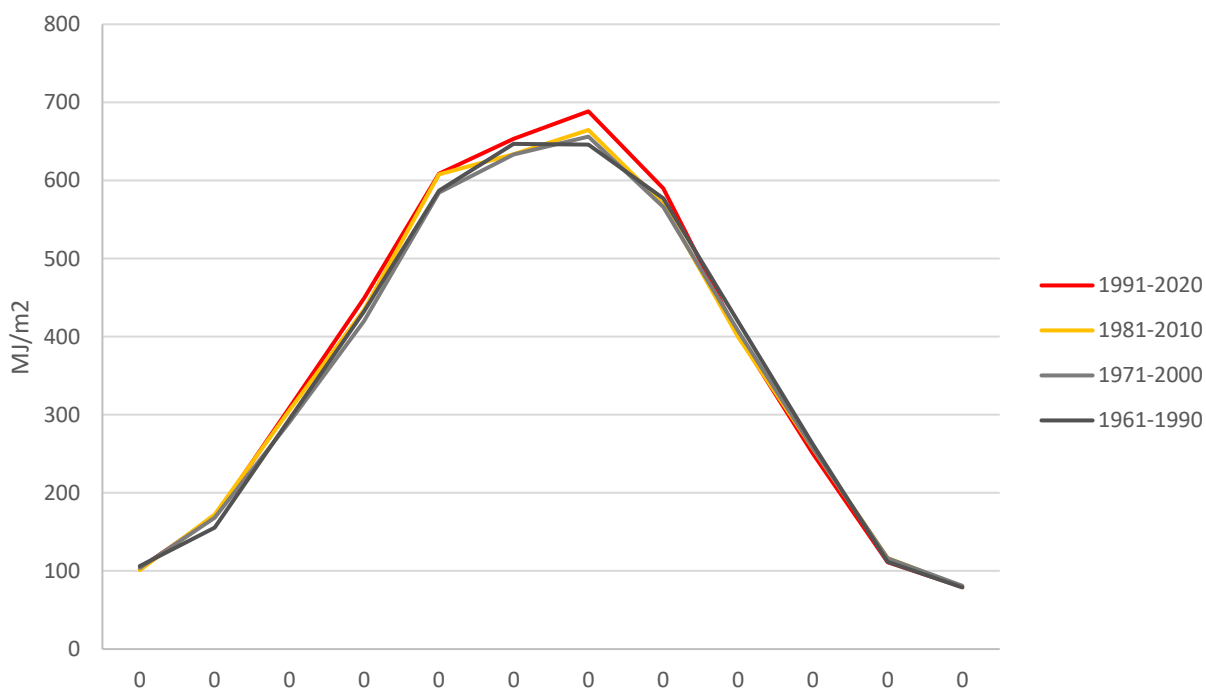


Figura 1. Variația medie lunară a radiației solare globale pentru diferite perioade

De menționat că din anii 80 ai sec. XX până în prezent valorile medii multianuale a radiației solare globale sunt în creștere, diferența dintre valorile medii ale perioadei 1991-2020 cu cele din 1971-2000 a crescut cu 131 MJ/m² (3,1%), iar pentru perioada caldă și rece a anului – respectiv cu 95 (3,3%) și 36 (2,5%) MJ/m².

Perioada 1961-1990 se descrie printr-o radiație globală mai mică, însă din lipsa datelor de observații precedente nu putem evidenția un oarecare ciclu finit, ceea ce se confirmă și prin graficul general al evoluției în timp a parametrului pentru toată perioada de date disponibile 1954-2021 (fig. 2).

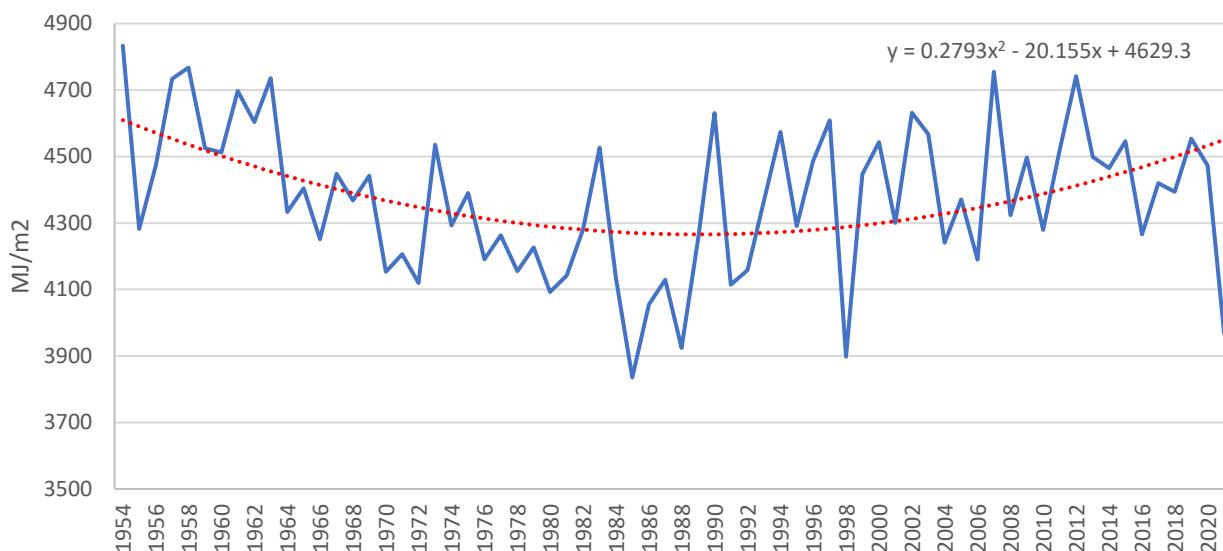


Fig. 2. Dinamica radiației solare globale medii anuale la stația meteorologică Chișinău (1954-2021)

Astfel valoarea medie multianuală, pentru perioada de observații 1961-2020 constituie 4355 MJ/m², iar din ultimul interval de referință analizat 1991-2020 – 4416 MJ/m². Aceleași tendințe se observă și în distribuirea în timp a valorilor radiației solare directe, tab. 4, fig. 3.

Tabelul 4

Radiația solară directă înregistrată la stația meteorologică Chișinău, MJ/m²

Perioada de observații	Media multianuală	Media în perioada caldă a anului (mai-septembrie)	Media în perioada rece a anului (octombrie-aprilie)
1961-1990	2204	1583	621
1971-2000	2169	1557	612
1981-2010	2281	1639	642
1991-2020	2501	1806	696

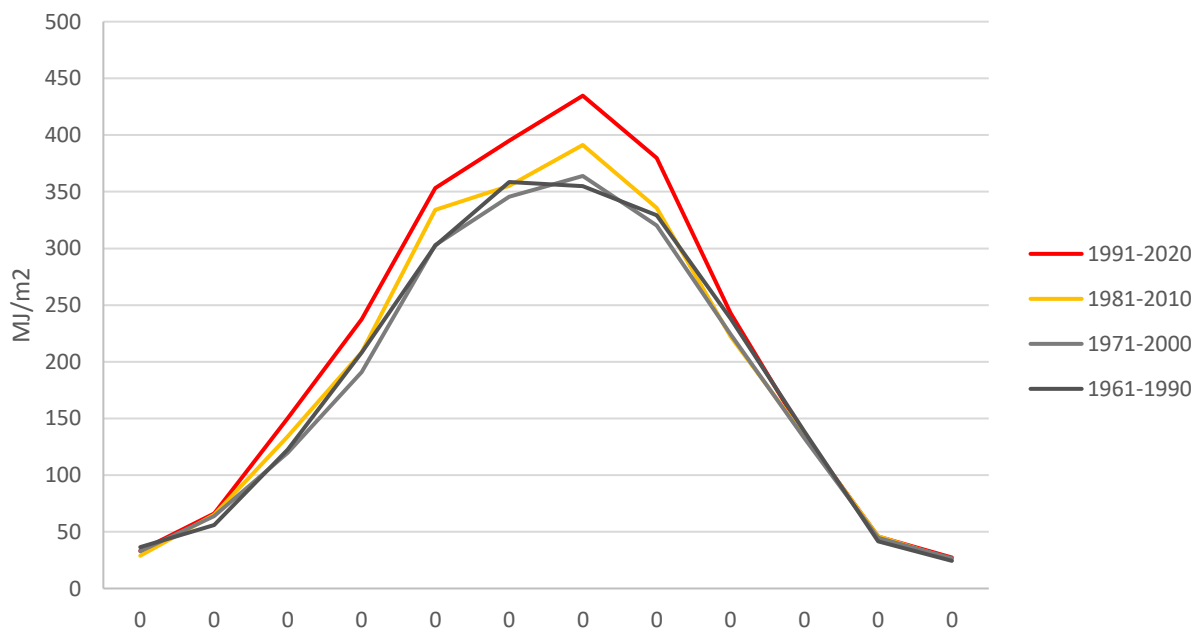


Figura 3. Variația medie lunară a radiației solare directe pentru diferite perioade

Similar radiației solare globale, radiația directă este în creștere începând cu anii 80 ai secolului trecut – diferența dintre valorile perioadei 1991-2020 față de cele din 1971-2000 constituie 333 (15,3%) MJ/m², iar în perioadele caldă și rece, respectiv, 249 (16,0%) și 84 (13,7%) MJ/m².

În cazul radiației solare directe, faza de creștere a valorilor începând cu anii 90 ai sec. XX este și mai bine exprimată, însă din lipsa datelor de observații precedente anilor 60, nu putem evidenția un oarecare ciclu finit (fig. 4).

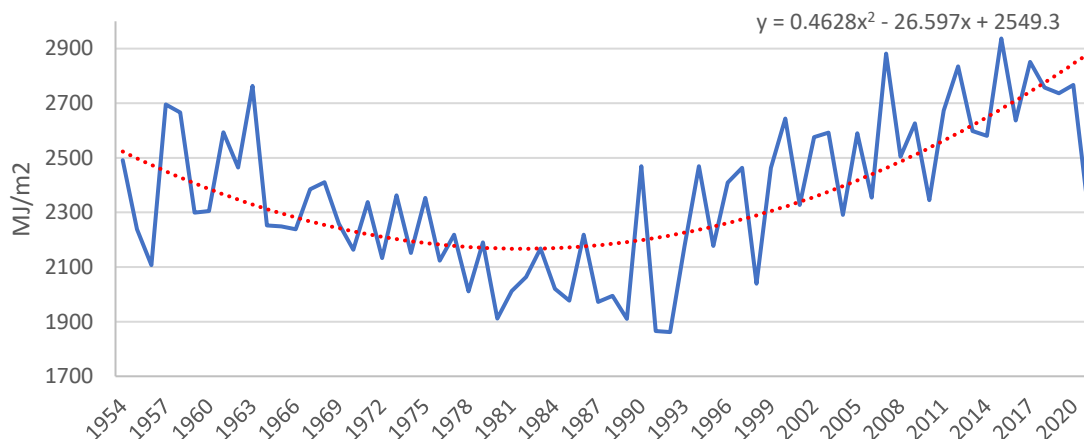


Fig. 4. Dinamica radiației solare directe medii anuale la stația meteorologică Chișinău (1954-2021)

Deosebit de mult a crescut și radiația globală, și radiația directă în perioada caldă a anului. Valoarea minimă medie anuală a radiației solare globale a revenit anului 1985 – 3855 MJ/m² (cu 12,6% sub media din perioada respectivă, valoare discutabilă, deoarece câteva luni din acest an nu au avut date și valorile lor au fost restabilite). Valoarea maximă medie anuală s-a înregistrat în 2007 – 4755 MJ/m² (cu 7,1% peste media din perioada respectivă și de menționat seceta severă din vara anului dat).

Valoarea minimă medie multianuală a radiației solare directe a revenit anului 1992 – 1862 MJ/m² (cu 25,6% sub media din perioada respectivă). Valoarea maximă medie multianuală s-a înregistrat în 2015 – 2937 MJ/m² (cu 17,4% peste media din perioada respectivă și de menționat seceta și canicula severă din vara anului dat).

De menționat că, radiația solară, atât directă cât și indirectă înregistrată la stațiile meteorologice din țările vecine (România și Ucraina) corelează cu datele de la stația meteorologică Chișinău și se înscriu în trend-urile mondiale reflectate în literatura de specialitate [1, 2, 7, 8].

Radiația solară directă (media anuală, MJ/m²) poate fi evaluată și prin durata strălucirii soarelui (fig. 5), care se exprimă prin funcția $R_d = f(1,3269 \cdot n - 546,77)$, unde n – durata medie anuală a strălucirii soarelui, ore. Funcția liniară obținută corelează cu datele publicate în studiile regionale [3, 5].

Variația duratei medii de strălucire a soarelui pentru intervalele de timp analizate este prezentată în tab. 5, fig. 6.

Tabelul 5

Durata medie de strălucire a soarelui la stațiile meteorologice reprezentative

Perioada de referință	Briceni			Chișinău			Cahul		
	Anual	Perioada caldă	Perioada rece	Anual	Perioada caldă	Perioada rece	Anual	Perioada caldă	Perioada rece
1961-1990	1912	1222	690	2122	1354	769	2177	1347	830
1971-2000	1931	1236	695	2134	1349	786	2188	1346	841
1981-2010	1993	1273	721	2194	1388	806	2272	1390	881
1991-2020	2107	1345	762	2271	1439	832	2328	1430	898

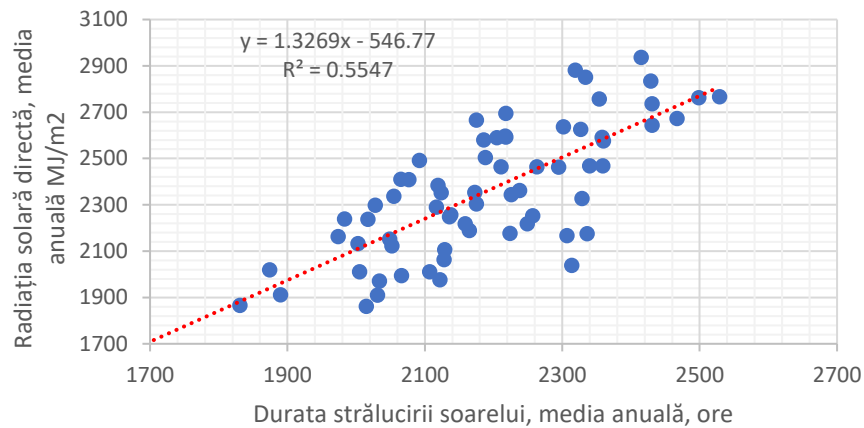


Figura 5. Corelarea radiației solare directe cu durata strălucirii soarelui la st. meteorologică Chișinău (valori medii anuale)

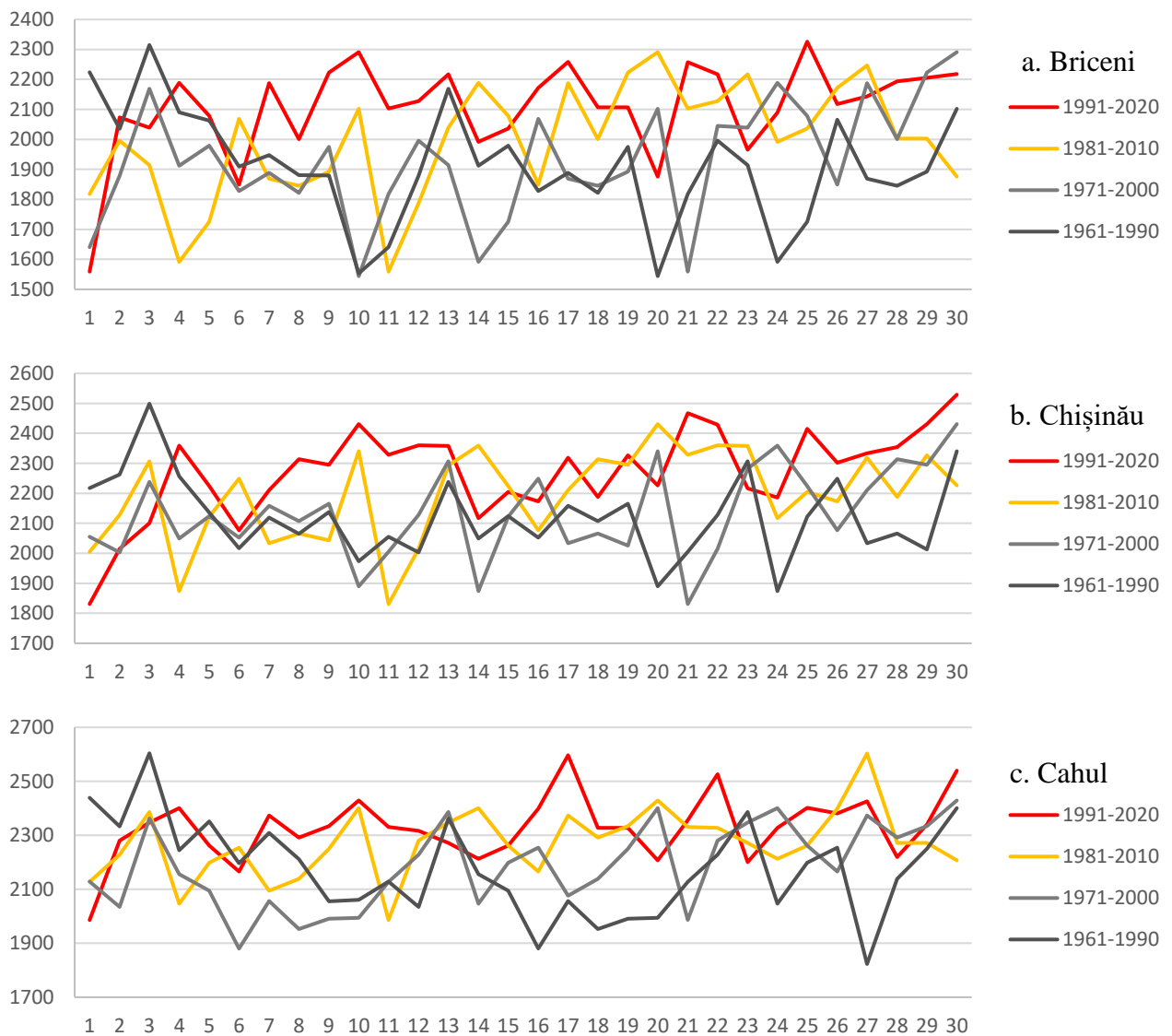


Figura 6. Variația duratei medii anuale a strălucirii soarelui (ore) pentru diferite intervale de timp la stațiile meteorologice: a – Briceni; b – Chișinău; c - Cahul

Durata strălucirii soarelui, conform datelor din tab. 5 și fig. 6, 7, 8, este în creștere pentru toate perioadele analizate. Îndeosebi crește durata strălucirii soarelui în nordul țării, unde diferența dintre anii 1961-1990 și 1991-2020 constituie 195 ore (10,2%), pe când la Chișinău aceeași diferență este de 149 ore (7,0%). Perioada caldă a anului se evidențiază printr-o creștere mai pronunțată a duratei medii anuale de strălucire a soarelui – de la 123 ore (10,1%) în nordul țării (Briceni), până la 83 ore (6,2%) la sud (Cahul). În perioada rece a anului aceste diferențe sunt mai mici – 72 ore (10,4%) la Briceni și 68 ore (8,2) la Cahul, dar tendința de creștere a lor este evidentă.

Analiza spațială a duratei strălucirii soarelui pentru intervalele de timp propuse este prezentată în fig. 7. Evident lipsa punctelor de reper pentru interpolare din afara teritoriului analizat își lasă amprenta în calitatea modelelor realizate, îndeosebi la periferia ariei analizate, dar scopul propus este evidențierea spațială generală a evoluției strălucirii soarelui în diferite intervalele de timp pe teritoriul Republicii Moldova.

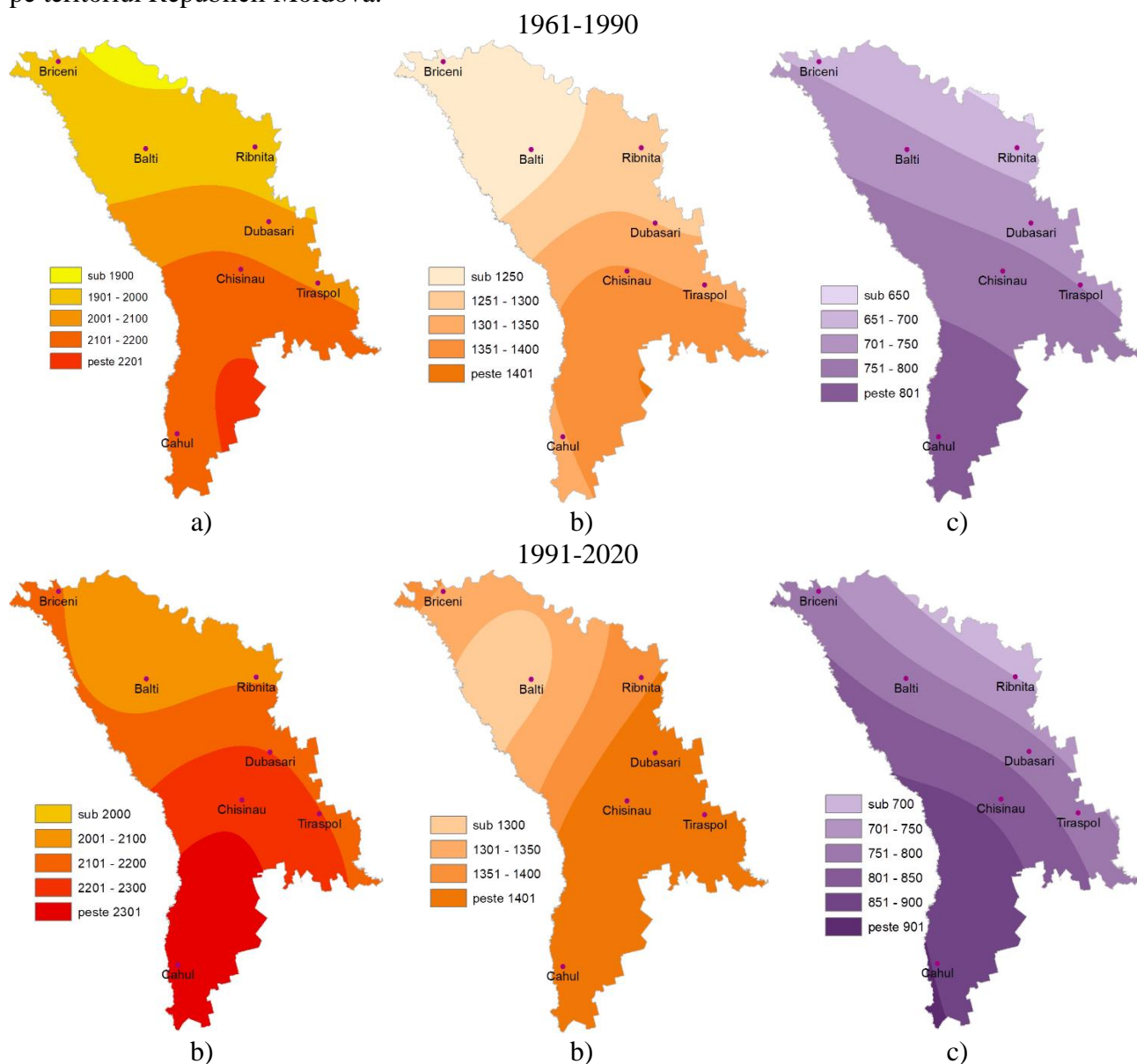


Figura 7. Evaluarea spațială a duratei de strălucire a soarelui (ore): a) medie anuală, b) în perioada caldă și c) în perioada rece a anului, pentru anii: 1961-1990 și 1991-2020

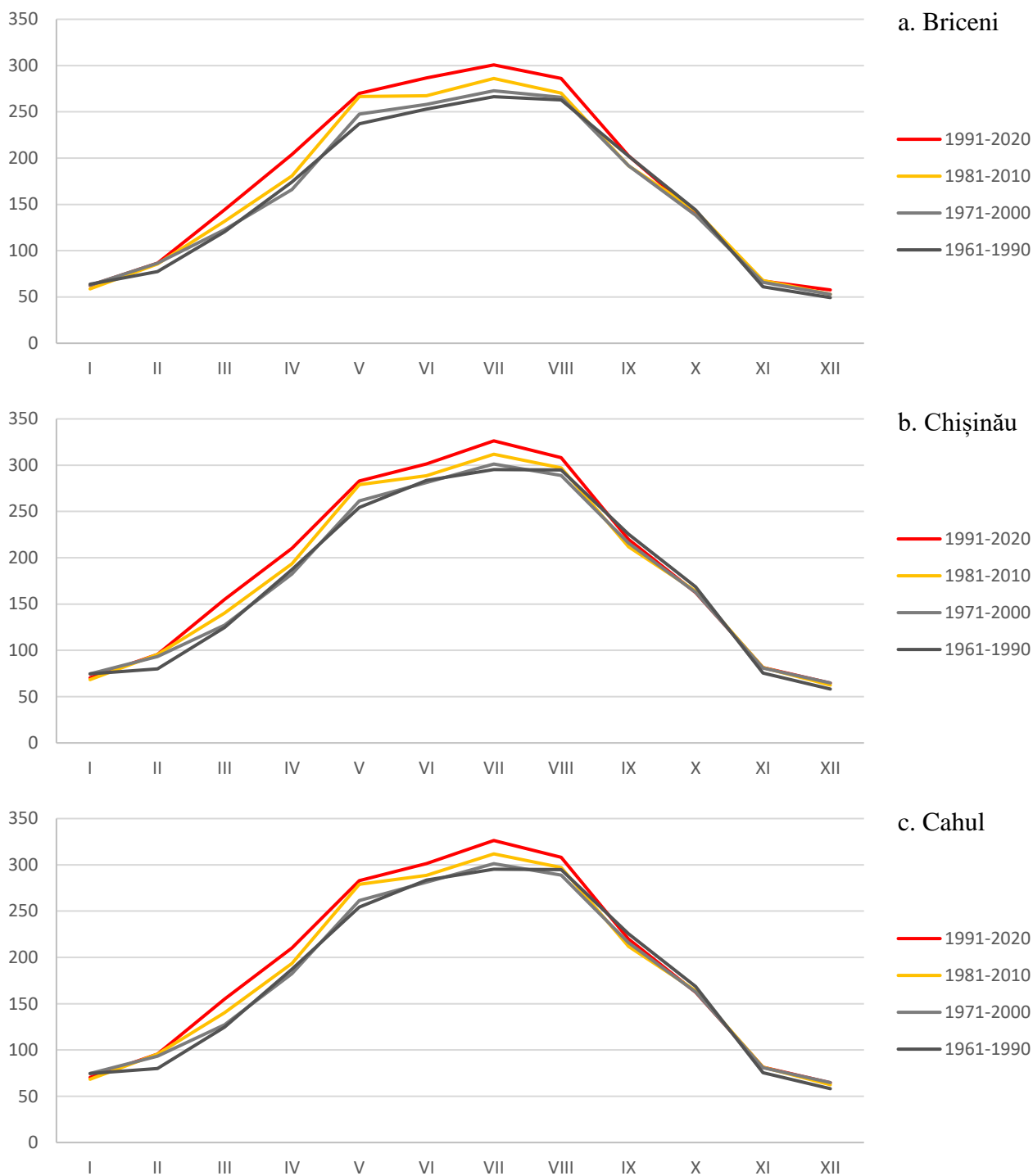


Figura 8. Variația medie lunară a duratei strălucirii soarelui (ore) pentru diferite perioade de timp la stațiile meteorologice: a – Briceni; b – Chișinău; c - Cahul

În cazul evaluării duratei medii lunare a strălucirii soarelui se păstrează aceleași tendințe de creștere a numărului de ore cu soare pentru toate lunile (fig. 8), însă ce-a mai pronunțată creștere este în lunile de primăvară și vară (tab. 6). De menționat că, în nordul țării durata medie lunară a strălucirii soarelui a crescut mai mult decât la sud. Astfel, la stația meteorologică Briceni s-a atestat o creștere maximă în iunie și iulie, cu 34 de ore în anii 1991-2020 față de 1961-1990, pe când la stația meteorologică Cahul – decalajul maxim este de 27 ore în luna august.

Iarna, în ianuarie, mari variații nu se atestă, în nord și centru este chiar o mică scădere a duratei medii de strălucire a soarelui. Decembrie și februarie se remarcă prin creșteri a duratei medii de strălucire a soarelui, însă invers – la sud mai bine pronunțată. Astfel, în decembrie și februarie la Cahul durata medie de strălucire a soarelui a crescut cu 12 și 24 ore, pe când la Briceni doar cu 8 și 9 ore (tab. 6).

Tabelul 6

Diferența dintre durata medie lunară a strălucirii soarelui (ore) în anii 1991-2020 și 1961-1990

Stația	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Briceni	-1	9	24	30	33	34	34	23	0	-4	6	8
Chișinău	-4	16	30	23	28	18	31	13	-6	-6	6	6
Cahul	4	24	21	17	20	17	27	15	-5	-16	6	12

Variația duratei medii lunare de strălucire a soarelui pentru o zi cu soare calculată pentru diferite intervale de timp este prezentată în fig. 9, iar diferențele între anii 1991-2020 și 1961-1990 – în tab. 7.

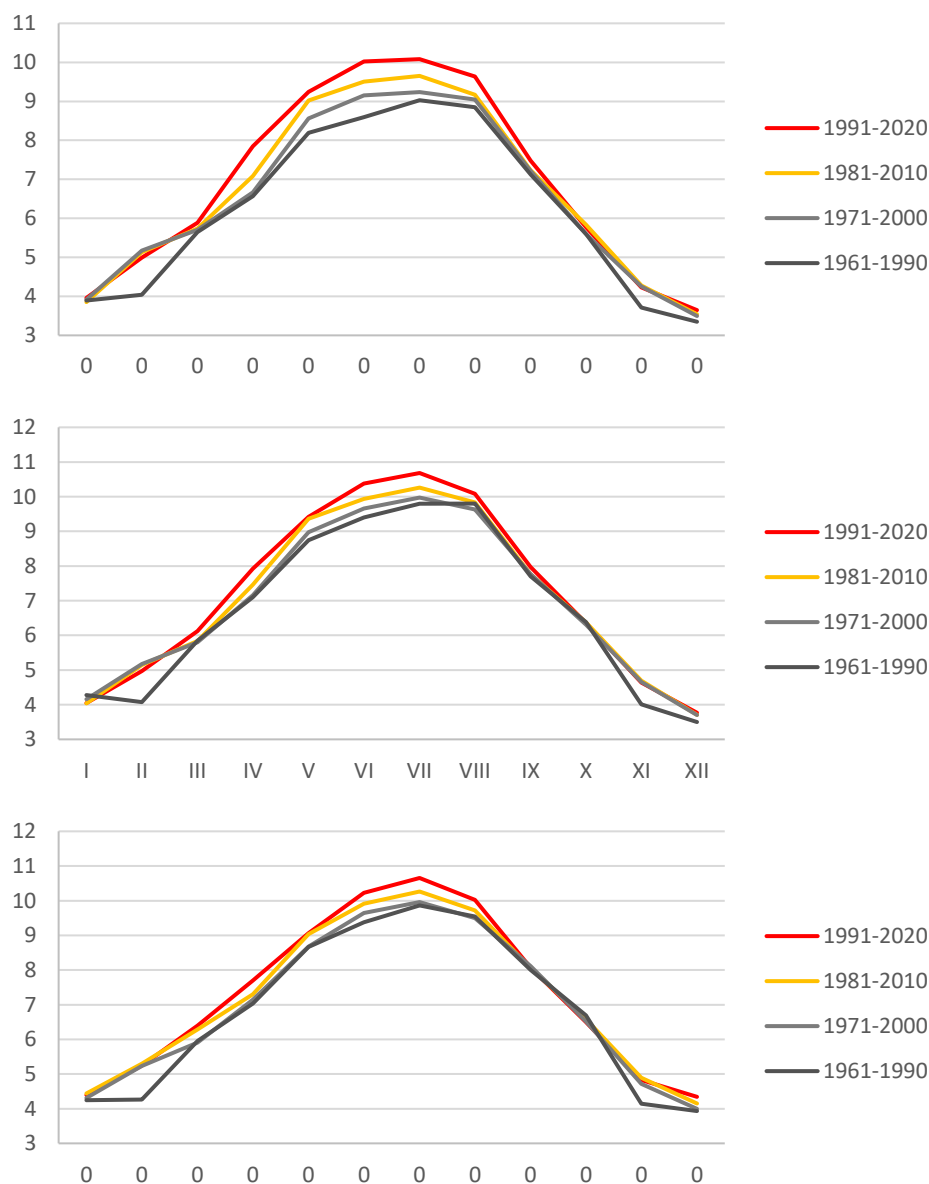


Figura 9. Durata medie lunară de strălucire a soarelui (ore) pentru o zi cu soare calculată pentru diferite intervale de timp

Tabelul 7

Diferența dintre durata medie lunară a strălucirii soarelui (ore) pentru o zi cu soare în anii 1991-2020 și 1961-1991

Stația	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	An
Briceni	0,06	0,95	0,24	1,28	1,05	1,43	1,05	0,79	0,35	0,18	0,52	0,30	8,20
Chișinău	-0,23	0,90	0,28	0,82	0,67	0,98	0,88	0,29	0,27	-0,03	0,63	0,27	5,72
Cahul	0,15	0,98	0,44	0,67	0,40	0,85	0,79	0,49	0,07	-0,19	0,68	0,41	5,74

Ca și în cazul duratei medii lunare de strălucire a soarelui, durata medie lunară de strălucire a soarelui într-o zi cu soare este în creștere. Evaluarea spațială generală a evoluției duratei strălucirii soarelui într-o zi cu soare în diferite intervalele de timp pe teritoriul Republicii Moldova este prezentată în fig. 10.

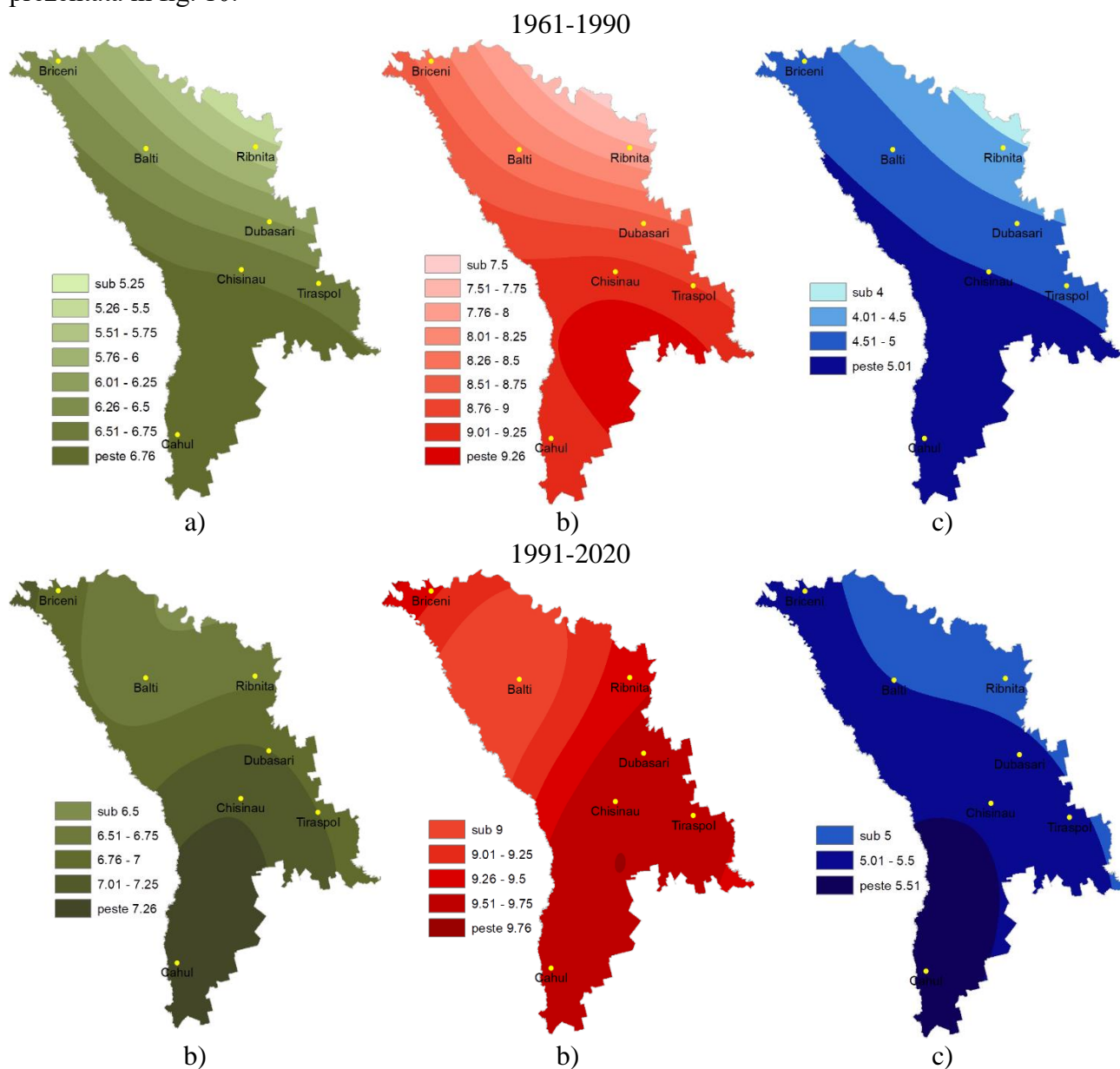


Figura 10. Evaluarea spațială a duratei medii de strălucire a soarelui (ore) într-o zi cu soare: a) medie anuală, b) în perioada caldă și c) în perioada rece a anului, pentru anii: 1961-1990 și 1991-2020

Creșterea duratei strălucirii soarelui într-o zi cu soare este mai bine pronunțată în nordul țării, unde vara valorile anilor 1991-2020 sunt cu 1,43 ore (iunie, Briceni) față de 0,85 la sud (iunie, Cahul) mai mari, decât în 1961-1990. Iarna, tendința de creștere este mai puțin exprimată, însă aici invers – la sud valorile sunt puțin mai mult în creștere decât la nord: Briceni – în ianuarie diferența constituie 0,06 ore iar la Cahul – 0,15.

Alt indicator important, care caracterizează regimul radiativ și completează prezenta analiză este numărul de zile fără soare pentru un interval de timp, tab. 8.

Tabelul 8

Numărului mediu de zile fără soare la stațiile meteorologice reprezentative

Perioada de referință	Briceni			Chișinău			Cahul		
	Anual	Perioada caldă	Perioada rece	Anual	Perioada caldă	Perioada rece	Anual	Perioada caldă	Perioada rece
1961-1990	87	9	78	78	7	71	71	6	64
1971-2000	88	11	78	75	7	68	69	7	62
1981-2010	87	10	76	73	7	67	65	6	59
1991-2020	82	9	73	70	6	64	63	5	58

Astfel, numărul de zile mediu fără soare este în scădere în aspect anual și în perioada rece a anului, în funcție de intervalul de timp analizat. De asemenea acest indicator este în scădere și în plan latitudinal – de la nord spre sud. La stația meteorologică Briceni în prezent anual sunt în mediu cu 5 zile fără soare mai puțin decât în perioada 1961-1990; la Cahul – cu 8 zile. În perioada rece a anului această deosebire este de 5 la Briceni și 6 zile la Cahul. Perioada caldă a anului nu suferă mari schimbări.

CONCLUZII

1. Tendința de creștere a radiației solare (directe și globale), care se manifestă începând cu anii 80 din sec. XX și până în prezent, amplifică schimbările climatice din aria studiată. Astfel, diferența dintre valorile medii anuale a radiației globale din perioada 1991-2020 cu cele din 1971-2000 a crescut cu 131 MJ/m² (3,1%), iar pentru perioada caldă și rece a anului – respectiv cu 95 (3,3%) și 36 (2,5%) MJ/m²;

2. Durata medie anuală a strălucirii soarelui, este în creștere pentru toate perioadele analizate. Îndeosebi crește durata strălucirii soarelui în nordul țării, unde diferența dintre anii 1961-1990 și 1991-2020 constituie 196 ore. Perioada caldă a anului se evidențiază printr-o creștere mai pronunțată a duratei medii anuale de strălucire a soarelui – de la 124 ore în nordul țării (Briceni), până la 83 ore la sud (Cahul). În perioada rece a anului aceste diferențe sunt mai mici – 72 ore la Briceni și 68 ore la Cahul;

3. Durata strălucirii soarelui într-o zi cu soare este în creștere și este mai bine pronunțată în nordul țării, unde vara valorile anilor 1991-2020 sunt cu 1,43 ore (iunie, Briceni) față de 0,85 la sud (iunie, Cahul) mai mari, decât în 1961-1990. Iarna, tendința de creștere este mai puțin exprimată, însă aici invers – la sud valorile sunt puțin mai mult în creștere decât la nord: Briceni – în ianuarie diferența constituie 0,06 ore iar la Cahul – 0,15.

4. Numărul de zile mediu fără soare este în scădere în aspect anual și în perioada rece a anului. La stația meteorologică Briceni în prezent anual sunt în mediu cu 5 zile fără soare mai puțin decât în perioada 1961-1990; la Cahul – cu 8 zile. În perioada rece a anului această deosebire este de 5 la Briceni și 6 zile la Cahul. Perioada caldă a anului nu suferă mari schimbări.

5. Amplificarea schimbărilor climatice începând cu anii 80 ai secolului trecut se exprimă prin creșterea cantității radiației solare directe și globale, însoțită de creșterea duratei strălucirii soarelui, creșterea duratei strălucirii soarelui într-o zi cu soare și micșorarea numărului de zile fără soare. Aceste tendințe favorizează potențialul helioenergetic contemporan al Republicii Moldova.

BIBLIOGRAFIE

1. Atsumu Ohmura. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 114, D00D05, doi:10.1029/2008JD011290, 2009.
2. Clima României, București, Editura Academiei Române, 2008, 365 p.
3. Cr. Paltineanu, I.F. Mihailescu, V. Torica, A.N. Albu. Correlation between sunshine duration and global solar radiation in south-eastern Romania, Int. Agrophysics, 2002, 16, p. 139-145.
4. Fișe descriptive despre Uniunea Europeană. Parlamentul European. Energia din surse regenerabile. <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/ro/sheet/70/energia-din-surse-regenerabile>
5. Harry Suehrcke, Ross S. Bowden , K.G.T. Hollands. Relationship between sunshine duration and solar radiation, Solar Energy 92 (2013) p. 160–171.
6. WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals, 2017 edition, 29 p., https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4166
7. Климат України. Київ, Видавництво Раєвського, 2003, 343 стр.
8. Энциклопедия климатических ресурсов Российской Федерации. Санкт-Петербург, Гидрометеиздат, 2008, 320 ст.