EVALUAREA CANTITĂȚILOR DE PRECIPITAȚII ÎN BAZINUL RÂULUI IALPUG ÎN SECOLUL XXI

ASSESSMENT OF PRECIPITATION QUANTITIES IN THE IALPUG RIVER BASIN IN THE 21st CENTURY

CZU: 556.12:574.5(478:282)"20" **https://doi.org/10.59295/spd2025e.64**

Valentin RĂILEANU
ORCID: 0000-0002-2000-8216
E-mail: valentin.raileanu@sti.usm.md
Universitatea de Stat din Moldova, Chișinău, Republica Moldova

Rodica COJOCARI
ORCID: 0000-0002-4560-7709
E-mail: rodica.cogocari@sti.usm.md
Universitatea de Stat din Moldova, Chișinău, Republica Moldova

Galina MÎNDRU
ORCID: 0009-0009-6679-6113
E-mail: galina.mindru@sti.usm.md
Universitatea de Stat din Moldova, Chișinău, Republica Moldova

Viorica ȚURCAN
ORCID: 0009-0007-8888-0952
E-mail: viorica.turcanu@sti.usm.md
Universitatea de Stat din Moldova, Chișinău, Republica Moldova

Summary. *The purpose of this research is to assess the average precipitation amounts in the Ialpug River Basin in the southern part of the Republic of Moldova in the years 2021-2040, 2041-2060 and 2081-2100 by developing high spatial resolution cartographic models. Annual and warm season precipitation, based on observations, with a resolution of 200 m in the reference period 1986-2005, were modeled using the regression equation method. Precipitation change factors (%) in future periods were extracted from the IPCC Interactive Atlas, RCM Cordex Europe, interpolated at a resolution of 200 m and multiplied by the precipitation in the reference periods for different time intervals, RCPs, seasonal intervals (Statistical Downscaling method). Future warm season precipitation differs little from those in the reference period*, on the other hand, annual precipitation increases by 10-30 mm.

Keywords*: climate cange, downscaling, future projections, RCP.*

INTRODUCERE

Încălzirea globală, depistată deja în anii 80 ai secolului trecut, prezintă un risc deosebit pentru economie, mediu și societate. În parte de sud a Republicii Moldova tot mai des sunt observate fenomene de deșertificare și secetă, generate, în particular, de deficitul precipitațiilor atmosferice [1, 2, 3]. În prezent evoluția climei este descrisă de modelele climatice globale (GCM) cu rezoluție orizontală 200-300 km. Modelele GCM au servit pentru elaborarea modelelor climatice regionale (RCM), care au redus rezoluția orizontală la zeci de kilometri prin metode de reducere a scalării dinamice sau statistice. Cu toate acestea GCM și RCM nu permit evidențierea detaliată a climei la nivel local. Reducerea dinamică a scalării necesită resurse enorme de calcul. Modelele GCM și RCM recente sunt expuse în rapoartele AR5 și AR6 ale Comisiei Interguvernamentale pentru Schimbări Climatice (IPCC), descriu clima actuală, cea din trecut și simulări ale climei viitoare. Observațiile la stațiile meteorologice permit elaborarea modelelor cartografice cu o descriere mai amplă a climei actuale la nivel local. Pentru a utiliza simulările climei viitoare este necesar de a reduce prin scalare statistică a modelelor RCM la cea a rezoluției spațiale a modelelor locale. Scopul lucrării este evaluarea cantităților de precipitații anuale și în sezonul cald în bazinul râului Ialpug în anii 2021-2040, 2041-2060, 2081-2100. Evidențierea tendințelor de modificare a precipitațiilor ar putea contribui la luarea măsurilor corecte de adaptare pentru sporirea securității ecologice și rezilienței geo-ecosistemelor la modificările actuale de mediu.

MATERIALE ȘI METODE

Modificările valorilor medii ale cantității de precipitații pe teritoriul Republicii Moldova în anii 2021-2040, 2041-2060 și 2081-2100 au fost evaluate utilizând atât valorile medii lunare observate la stațiile meteorologice ale SHS în perioada de referință 1986-2005, cât și datele generate de Modelul Climatic Regional CORDEX Europe, inclus în Atlasul Interactiv din raportul de evaluare al Comisiei Interguvernamentale pe Schimbările Climatice [4].

Modelele cartografice ale precipitațiilor anuale și în sezonul cald în perioada de referință 1986-2005 au fost obținute prin metoda ecuațiilor de regresie, utilizând ca predictori statistici semnificativi latitudinea geografică și altitudinea absolută a terenului a 17 stații meteorologice ale SHS. Fiindcă ecuațiile de regresie explică doar 70-90 % din variabilitatea precipitațiilor, restul este explicat de reziduurile regresiei, condiționate de factori necunoscuți. Reziduurile au fost interpolate prin metoda Spline, care este un interpolator exact, și adăugate la hărțile generate de modelele ecuațiilor de regresie. În consecință, valorile modelelor în pozițiile stațiilor corespund cu cele observate. Rezoluția spațială a modelelor în perioada de referință este egală cu 200 m.

RCM CORDEX Europe cu rezoluție spațială 0,25 x 0,25 grade include date istorice din perioada de referință, anomaliile (factorii de schimbare) din perioadele viitoare față de perioada 1986-2005, și 3 scenarii climatice: RCP 2,6, RCP 4,5, RCP 8,5, care repre-

zintă forțarea radiativă în W/m^2, echivalentă cu efectele gazelor de seră și ale aerosolilor de proveniență umană și naturală. Reducerea scării a fost efectuată prin metoda Statistical Downscaling. Metoda este bazată pe următoarele presupuneri generale [5 - 9]:

1. Schimbările climatice variază doar pe distanțe mari (adică la fel de mari ca dimensiunea celulei GCM (RCM Cordex Europe în cazul nostru);

2. Relațiile dintre variabilele din perioada de referință (clima actuală) sunt susceptibile de a se menține în viitor. Procesul de reducere a scării consistă în următorii pași:

- elaborarea modelelor cartografice în perioada de referință (precipitații anuale și din sezonul cald);
- colectarea anomaliilor (în %) ale precipitațiilor viitoare față de perioada de referință din RCM Cordex Europe (3 intervale temporale, 3 valori RCP și 2 intervale sezoniere, fig. 1 – exemplu);
- extragerea anomaliilor în proximitatea teritoriului Republicii Moldova (fig. 2.);
- interpolare anomaliilor (factorilor de schimbare) prin metoda Spline la rezoluție 200m;
- multiplicarea vaporilor hărților modelelor cartografice din perioada de referință cu factorii de schimbare pentru toate variantele și extragerea distribuțiilor spațiale ale precipitațiilor din bazinul râului Ialpug.

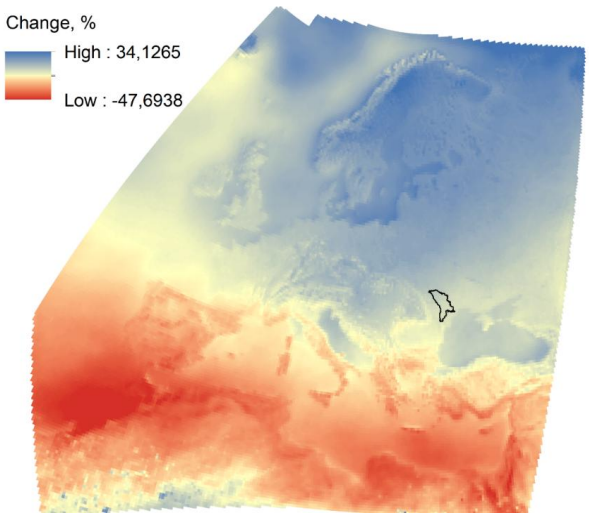
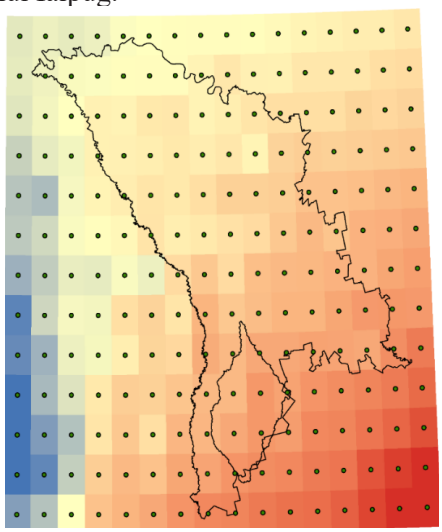


Figura 1. CORDEX Europe - Total precipitation (PR) Change % - Long Term (2081-2100) RCP8.5 (rel. to 1986-2005) -Annual (50 models)



Figigura 2. Centrele celulelor rasterelor Cordex Europe relativ cu frontiera Republicii Moldova și bazinul râului Ialpug

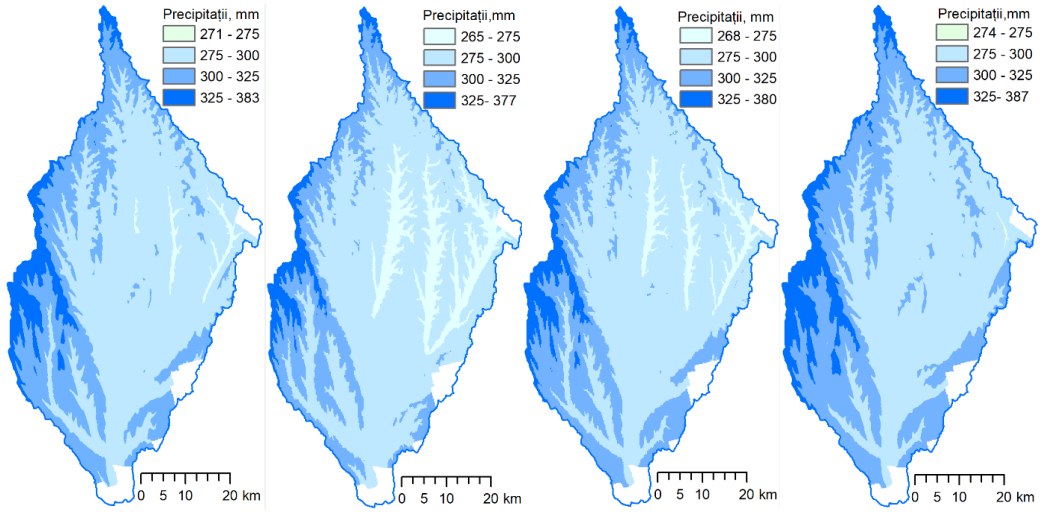
Din RCM Cordex Europe au fost extrase 18 seturi de date (rastere în format GeoTiff Robinson, reproiectate ulterior în UTM WGS84 zona 35N) cu valorile anomaliilor față de perioada de referință (de exemplu, fig. 1). Din fiecare set a fost extras un subset co-

respunzător unui areal mai mare decât teritoriul Republicii Moldova (fig. 2) și interpolat cu Spline cu reducerea scalării la rezoluția spațială ale modelele perioadei de referință. Toate procedurile au fost efectuate în SIG ArcGIS 10.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Ca rezultat, au fost elaborate câte 9 hărți ale distribuțiilor spațiale ale precipitațiilor medii și o hartă de referință pentru sezonul cald și corespunzător, pentru sezonul anual (fig. 3, fig. 4). Legendele sunt aceleași pentru fiecare interval sezonier cu excepția claselor cu valori minime și maxime. În sezonul cald, față de perioada de referință, arealele cu valori minime cresc pe termen scurt, scad pe termen mediu și dispar pe termen lung (RCP 2,6). În cazul RCP 4,5 arealele menționate cresc pe termen scurt, apoi scad pe termen mediu și lung, fiind aproximativ egale cu cele din perioada de referință. În cazul RCP 8,5 pe termen scurt și mediu arealele cu valori mai mici de 275 mm dispar, dar cresc brusc pe termen lung.

În cazul precipitațiilor anuale arealele valori mai mici de 460 mm și RCP 2,6 scad treptat pe termen scurt și mediu și dispar pe termen lung. Practic aceeași tendință se observă și în cazul RCP 4,5. Arealele menționate cresc treptat către termenul lung, dar sub cele ale perioadei de referință.



Perioada 1986-2005 RCP 2,6 2021-2040 RCP 2,6 2041-2060 RCP 2,6 2081-2100

Perioada 1986-2005 RCP 2,6 2021-2040 RCP 2,6 2041-2060 RCP 2,6 2081-2100

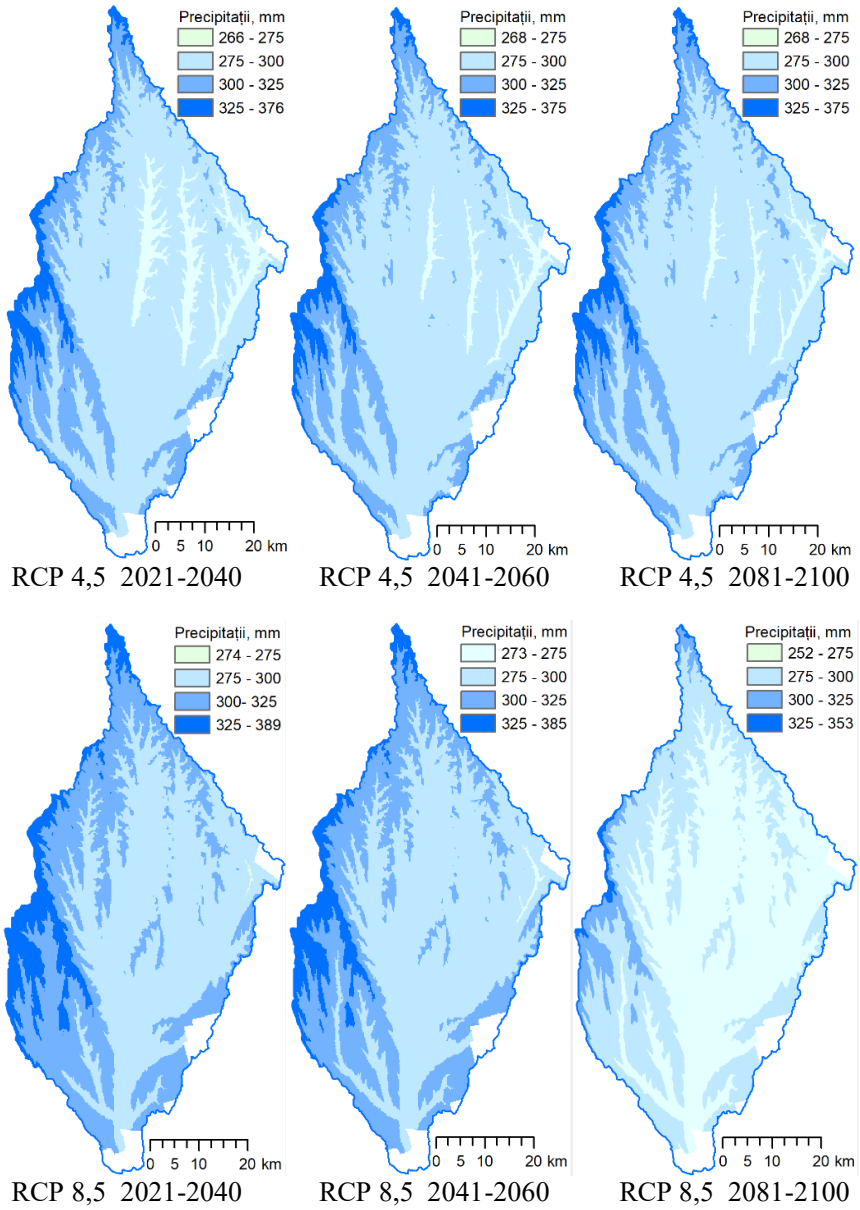


Figura 3. Cantitatea medie de precipitații (mm) în sezonul cald al anului (aprilie -septembrie) în perioada de referință 1986-2005 și proiecțiile în viitor pe termen scurt (2021-2040), mediu (2041-2060) și lung (2081-2100) cu trei valori de forțare radiativă RCP 2,6, 4,5, și 8,5 (W/m^2)

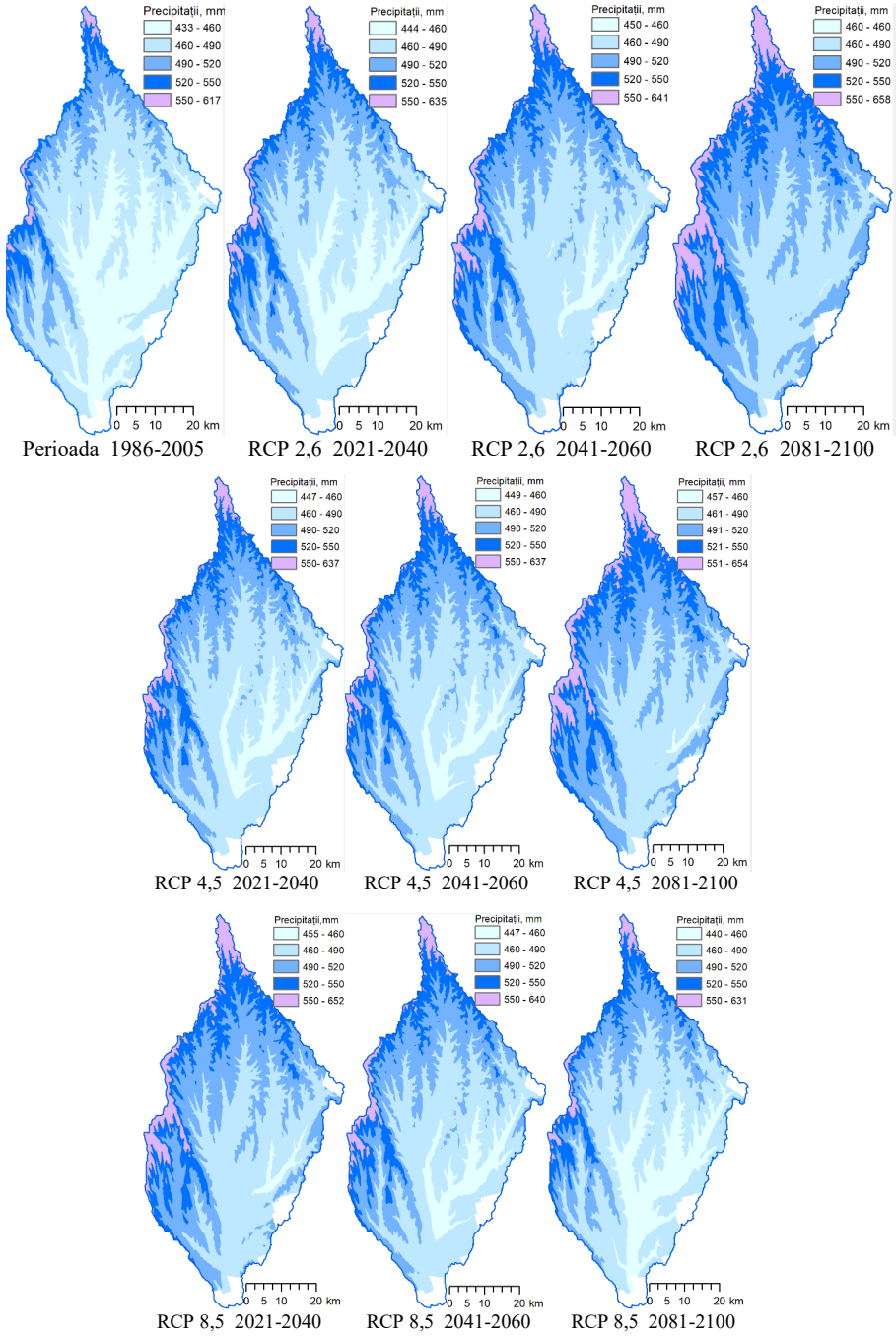


Figura 4. Cantitatea medie anuală de precipitații (mm) în perioada de referință 1986-2005 și proiecțiile în viitor pe termin scurt (2021-2040), mediu (2041-2060) și lung (2081-2100) cu trei valori de forțare radiativă RCP 2,6, 4,5, și 8,5 (W/m^2)

În Tabelul 1 sunt indicate valorile minime, medii și maxime ale precipitațiilor anuale și în sezonul cald. Deoarece în ambele cazuri valorile medii sunt mai apropiate de minime, distribuția spațială este asimetrică cu valori nu prea mari, în timp ce precipitații mai mari în partea de vest și nord a bazinului cad pe suprafețe mici și sunt influențate de Colinele Tigeciului.

Tabelul 1. Statistica spațială a precipitațiilor (mm) în bazinul râului Ialpug

Anii	Model	Minimum	Maximum	Media	Dev. Std	Model	Minimum	Maximum	Media	Dev. Std
	Precipitații în sezonul cald					Precipitații anuale				
1986-2005	prefc	271,2	382,8	297,7	16,40	prefan	433,3	617,4	476,2	26,71
2021-2040	p26cp1	265,0	376,7	291,8	16,08	p26anp1	443,7	635,2	487,3	27,62
2041-2060	p26cp2	268,4	379,9	295,8	16,32	p26anp2	450,4	641,0	494,4	27,47
2081-2100	p26cp3	274,1	386,5	300,5	16,77	p26anp3	459,7	658,3	506,1	28,86
2021-2040	p45cp1	266,0	376,2	293,0	15,90	p45anp1	447,3	637,3	491,2	27,48
2041-2060	p45cp2	268,1	375,4	294,1	14,90	p45anp2	448,6	637,5	492,3	27,09
2081-2100	p43cp3	272,8	381,6	299,2	15,28	p45anp3	457,1	654,1	503,9	28,51
2021-2040	p85cp1	274,3	388,7	302,0	16,50	p85anp1	454,7	652,5	501,5	28,57
2041-2060	p85cp2	272,9	385,3	300,1	16,01	p85anp2	446,7	639,8	492,1	27,88
2081-2100	p85cp3	252,4	352,9	275,9	14,14	p85anp3	439,6	630,6	484,5	27,47

Notă: Denumirile modelelor include: p - precipitații, ref - perioada de referință, c și an – sezonul cald și anual, 26, 45, 85 – valorile RCP, p1, p2, p3 – termen scurt, mediu și lung

Schimbările precipitațiilor medii viitoare în bazin față de perioada de referință sunt prezentate în figura 5 și figura 6.

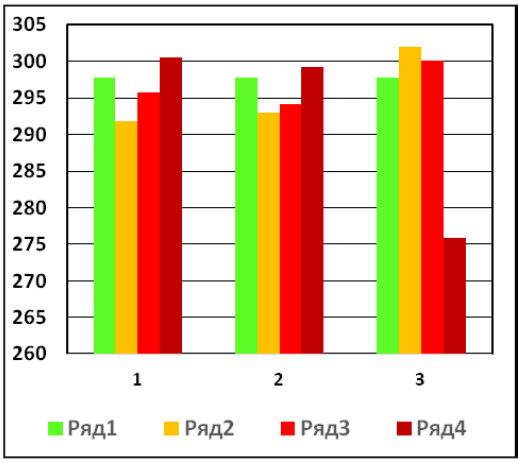


Figura 5. Valorile medii ale precipitațiilor în sezonul cald în bazinul r. Ialpug comparativ cu perioada de referință. 1- perioada 2021-2040, 2- perioada 2041-2060, 3- perioada 2081-2100. Verde- perioada de referință 1986-2005, Portocaliu- RCP2,6, Roșu-RCP4,5, Brun-RCP8,5

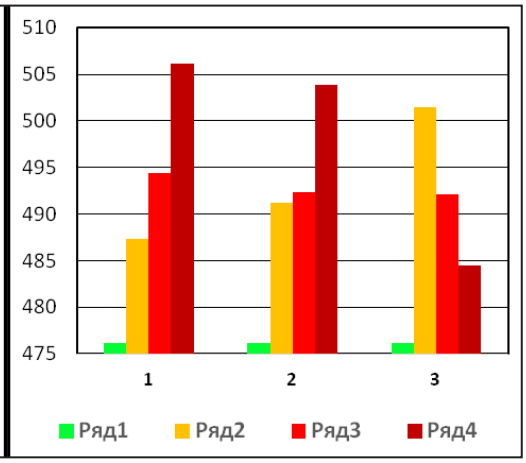


Figura 6. Valorile medii ale precipitațiilor anuale în bazinul r. Ialpug comparativ cu perioada de referință. 1- perioada 2021-2040, 2- perioada 2041-2060, 3- perioada 2081-2100. Verde- perioada de referință 1986-2005, Portocaliu- RCP2,6, Roșu-RCP4,5, Brun-RCP8,5

Precipitații în sezonul cald (fig. 5) - RCP 2,6: Cantitatea precipitațiilor medii în bazin Pmb crește treptat, dar neesențial, către sfârșitul centenarului față de perioada referință Pref (292, 296, 300 vs 298 mm). RCP 4,5: Pmb este mai mică pe termin scurt și mediu, dar mai mare pe termin lung decât Pref, dar neesențial (293, 294, 299 vs 298 mm). RCP 8,5: Pmb este mai mare decât Pref, dar neesențial, pe termin scut și mediu, însă scade brusc pe termin lung (302, 301, 276 vs 298 mm).

Precipitații anuale (fig. 6) - RCP 2,6: Pmb este mai mare decât Pref și crește către sfârșitul centenarului (487, 494, 506 vs 476 mm); RCP 4,5: Pmb este mai mare decât Pref, dar scade neesențial către sfârșitul centenarului (491, 492, 492 vs 476 mm); RCP 8,5: Pmb este mai mare decât Pref, dar scade esențial pe termen lung (506, 504, 487 mm).

CONCLUZII

1. Cantitățile medii de precipitații în sezonul cald în anii 1921-2040, 2041-2060, 2081-2100 se deosebesc de cele din perioada de referință 1986-2005 doar cu câțiva milimetri, spre deosebire de varianta RCP 8,5 W/m^2 – anii 2081-2100, când valorile descresc cu 22 mm.

2. Cantitățile medii de precipitații anuale pe termen scurt, mediu și lung sunt mai mari decât cele din perioada de referință. În cazul RCP 2,6 W/m^2 cantitățile de precipitații cresc treptat către sfârșitul centenarului cu 11, 16, 26 mm, în cazul RCP 4,5 W/m^2 cresc

cu 17 mm, iar în cazul RCP 8,5 W/m^2 scad treptat, însă cu valori mai mari decât în perioada de referință.

3. Ca urmare, cantitățile de precipitații în sezonul rece a anului vor fi mai mare decât cele din sezonul cald.

REFERINȚE

1. RĂILEANU, V., COJOCARI, R., CRIVOVA, O. Duration and magnitude of droughts in Republic of Moldova. In: P*resent Environment and Sustainable Development*, 17 Edition, 3 iunie 2022, Iași, România. Disponibil în IBN: 8 iunie 2025. https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/158336
2. NEDEALCOV, M., RĂILEANU, V., COJOCARI, R., MÎNDRU, G., CRIVOVA, O. Modificările posibile ale temperaturii și precipitațiilor în secolul XXI în Republica Moldova. In: *Present Environment and Sustainable Development*, Ed. 16, 18 iunie 2021, Iași, România. Disponibil în IBN: 8 iunie 2025 https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/141823
3. HG Nr. 1009 din 10-12-2014 cu privire la aprobarea Strategiei Republicii Moldova de adaptare la schimbarea climei până în anul 2020 și a Planului de acțiuni pentru implementarea acesteia. Publicat: 19-12-2014 în Monitorul Oficial, nr. 372-384, art. 1089.
4. IPCC WGI Interactive Atlas. https://interactive-atlas.ipcc.ch
5. Statistical Downscaling (Delta Method) CMIP3 Data. Statistical Downscaling (Delta Method) - CCAFS Climate
6. GCM Downscaling Portal. Statistical Downscaling https://ccafs-climate.org/statistical_downscaling_delta_cmip5/
7. RAMIREZ VILLEJAS, J., JARVIS, A. 2010. Downscaling Global Circulation Model Outputs: The Delta Method Decision and Policy Analysis Working Paper No. 1. International Center for Tropical Agriculture (CIAT) Cali.CO. 18p. https://hdl.handle.net/10568/90731
8. TANG, J., X. NIU, S. WANG, H. GAO, X. WANG, J. WU (2016), Statistical downscaling and dynamical downscaling of regional climate in China: Present climate evaluations and future climate projections, J. Geophys. Res. Atmos., 121,2110–2129, ISSN2169-897, eISSN2169-8996.
9. GUDMUNDSSON, L., BREMNES, J. B., HAUGEN, J. E., ENGEN-SKAUGEN, T.: Technical Note: Downscaling RCM precipitation to the station scale using statistical transformations – a comparison of methods. In: *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 2012. 16, p.3383–3390. eISSN: HESS 1607-7938, HESSD 1812-2116.

N.B. *Cercetările au fost efectuate în cadrul subprogramului 01.08.01. „Sporirea securității ecologice și rezilienței geo-ecosistemelor la modificările actuale de mediu”.*