

# EXPRIMAREA VULNERABILITĂȚII PĂDURILOR FAȚĂ DE ARIDIZAREA CLIMEI PRIN INDICI ECOCLIMATICI (STUDIU DE CAZ)

DOI: 10.5281/zenodo.3631317

CZU: 630\*111:551.5

Membru corespondent **Maria NEDEALCOV**

E-mail: marianedealcov@yahoo.com

Doctor în biologie **Ala DONICA**

E-mail: alacretu@mail.ru

Doctorand **Nicolae GRIGORAȘ**

E-mail: colitagrigoras@yahoo.com

Institutul de Ecologie și Geografie

## EXPRESSING THE VULNERABILITY OF FORESTS TO CLIMATE ARIDIZATION BY ECOCLIMATIC INDICES (CASE STUDY)

**Summary.** Climate change is associated with numerous and complex adverse effects on environmental components, including on forest ecosystems (especially for those within the natural distribution area). Expression of the forest ecosystems vulnerability to climate aridization, takes into account various ecoclimatic indices such as: Forest Aridity Index, De Martonne Index and Ellenberg Quotient, developed on the climatic parameters values specific for the tree active vegetation period. The results of the research indicated the fact that the Hârbovăț forest ecosystem is subjected to a high level of forest vulnerability to droughts (IM values between 25.0-28.8) with tendencies towards a very high level of vulnerability, with a long-term deficit in humidity, disturbances that can lead to adverse effects on the growth and development of mesophilic forests in the region, until the marked decrease of their area; EQ values identify specific climatic conditions for the development of the mesophilic deciduous forests from the temperate zone, but which, in the near future, under the influence of climate aridization, will change to specific climatic conditions for the growth and development of arid oak forests; and the FAI values – that during the growth period and the „critical” period of the forest species (July, August), the climatic parameters indicate drier and more arid conditions for the development of the oaks stands, therefore, more favorable to the development of the *Quercus pubescens* species, than the *Quercus robur* and *Q. petraea* species. Concerns about the impact of climate change on native tree species, must be a constant in the country's sectoral priorities. The results of the study, in addition to the de-facto assessment of the situation in the research area, also indicate particular climatic trends for the growth and development of trees in the future, in the context of environmental changes.

**Keywords:** forest ecosystems, climate change, ecoclimatic values, assessment.

**Rezumat.** Schimbările climatice sunt asociate cu numeroase și complexe efecte adverse asupra componentelor de mediu, inclusiv asupra ecosistemelor forestiere (îndeosebi, pentru cele aflate la limita arealului natural de distribuție). Exprimarea vulnerabilității ecosistemelor silvice față de aridizarea climei ia în calcul diverși indici ecoclimatici precum: Indicele de Ariditate Forestier, Indicele De Martonne și Coeficientul Ellenberg, dezvoltăți în baza valorilor parametrilor climatici specifici perioadei active de vegetație. Rezultatele cercetării arată că ecosistemul silvic Hârbovăț este supus unui nivel înalt de vulnerabilitate a pădurilor față de secete (valori ale IM cuprinse între 25,0-28,8) cu tendințe spre nivel foarte înalt de vulnerabilitate, cu deficit de durată în umiditate, perturbațe care pot duce la efecte adverse asupra creșterii și dezvoltării pădurilor mezofile în regiune, până la diminuarea accentuată a arealului lor; valorile EQ identifică condiții climatice specifice dezvoltării pădurilor mezofile de foioase din zona temperată, dar care, în viitorul apropiat, sub influența aridizării climei vor trece la condiții climatice specifice creșterii și dezvoltării pădurilor aride de cvercinee, cu specii termofile; iar valorile FAI – că în perioada de creștere și în perioada „critică” a speciilor forestiere (lunile iulie, august), parametrii climatici indică condiții mai uscate și mai aride de dezvoltare a cvercineelor, mai prielnice dezvoltării speciei *Quercus pubescens*, decât speciilor *Quercus robur* și *Q. petraea*. Preocupările privind impactul schimbărilor climatice asupra speciilor edificatoare și native de arbori trebuie să reprezinte o constantă în prioritățile sectoriale ale țării. Rezultatele studiului, pe lângă evaluarea *de facto* a situației în aria de cercetare, indică și tendințe/particularități climatice deosebite pentru creșterea și dezvoltarea arborilor în viitor, în contextul modificărilor de mediu.

**Cuvinte-cheie:** ecosisteme silvice, schimbarea climei, indici ecoclimatici, evaluare.

## INTRODUCERE

Potrivit Comunicărilor Naționale, ce au în vizor schimbările climatice, Republica Moldova este susceptibilă la trei tipuri de impacturi climatice: creșteri ale temperaturilor; modificări ale regimurilor de precipitații și creșterea aridității climei. Acestea sunt asociate cu amplificarea frecvenței și intensității evenimentelor meteorologice extreme, cum ar fi valurile de căldură și de îngheț, inundațiile, furtunile cu ploi puternice și grindină, secetele severe. Pentru viitor, modelele climatice prognozează o sporire continuă a temperaturilor medii și variațiilor de precipitații, de la o creștere ușoară până la o scădere semnificativă în volumul total al precipitațiilor. Totuși, chiar și în scenariile care prognozează creșterea volumului mediu de precipitații, disponibilitatea apei va scădea din cauza temperaturilor și ratelor de evapotranspirație mai mari. Totodată, variațiile în frecvența, distribuția și intensitatea precipitațiilor vor spori în urma evenimentelor extreme mai frecvente [4].

Gestionarea durabilă a pădurilor este, tot mai des, asociată evaluării factorilor de mediu/de habitat din diferite ecosisteme forestiere. În acest șir al factorilor un rol deosebit îl joacă clima, care are tendințe de a se schimba. Conform evaluării vulnerabilității sub aspectul mărimii impactului cu probabilitate de risc din cauza schimbării posibile a climei în sectorul forestier, cele mai vulnerabile zone din Republica Moldova ar fi cea de sud (unde deja este cel mai scăzut nivel de împădurire, 7,7 %) și, parțial, de centru (unde în prezent se află cea mai mare suprafață acoperită de păduri, și anume 209,4 mii ha, sau circa 14,5 % din teritoriul total al zonei geografice), pentru care s-a determinat și cea mai mare probabilitate de risc asociat cu schimbarea climei [3].

În aceste condiții pot să apară grave și imprevizibile (ca evoluție) consecințe ecologice, economice și sociale în domeniul forestier, or ritmul alert al schimbărilor climatice actuale depășește capacitatea naturală a ecosistemelor, inclusiv a celor forestiere, de a se adapta rapid acestora [5]. Se preconizează că, prin impactul schimbărilor climatice, regiuni întregi nu vor mai fi favorabile dezvoltării anumitor tipuri de păduri (îndeosebi, a celor aflate la limita arealelor lor naturale de distribuție sau în zone de tranziție), ceea ce va provoca schimbări ale distribuției naturale a speciilor forestiere și modificări ale creșterii arboretelor existente, precum și o vulnerabilitate sporită față de dăunătorii și bolile cu impact negativ asupra ecosistemelor forestiere. Cu atât mai mult, cercetările științifice din domeniu au demonstrat că între procesele fiziologice ale arborilor și parametrii meteorologici ai vremii există

o dependență directă, mai cu seamă în cazul aprovizionării arborilor cu apă în perioada de vegetație a lor, cu influențe majore pentru lunile critice de vară (iulie și august), care au impact decisiv asupra creșterii, vitalității și producției de materie organică în păduri [6; 2].

Exprimarea vulnerabilității ecosistemelor silvice față de aridizarea climei ia în calcul diverși indici eco-climatici, printre care Indicele de Ariditate Forestier, Indicele De Martonne și Coeficientul Ellenberg, dezvoltati în baza valorilor parametrilor climatici specifici perioadei active de vegetație [12; 8; 11].

## MATERIALE ȘI METODE

Cele mai valoroase arborete ale fondului forestier național sunt considerate a fi cvercineele. Datele rapoartelor naționale arată că schimbările climatice, cu intensitate evidentă în ultimele decenii, vor tinde să reducă din arealul natural al pădurilor mezofile central-europene din nordul și centrul țării (aflate la limita sud-estică a arealului său natural) și prin anii secetoși, vor duce la diminuarea ariei pădurilor mezofile de gorunete și stejărete, creând condiții mai prielnice de dezvoltare pentru pădurile termofile cu stejar pufos din sudul țării [3]. În acest context, studiul de caz s-a axat pe exprimarea vulnerabilității pădurilor mezofile din partea de sud-est a țării (aflate în zone de limită/tranziție) către viitoarea aridizare a climei, prin calcularea și cartarea valorilor indicilor ecometrici utilizați în domeniu. În studiul dat sunt expuse doar o mică parte din datele obținute (studiu de caz – Rezervația peisagistică „Pădurea Hârbovăț”, Ocolul Silvic Hârbovăț, Întreprinderea de Stat pentru Silvicultură „Tighina”).

În studiu sunt analizate datele obținute prin calcularea și cartarea următorilor indicii ecoclimatici:

1. **Indicele de Ariditate De Martonne (Im)**, calculat după formula

$$Im = P/(T+10)$$

unde:

P – media anuală a precipitațiilor atmosferice, mm; T – media anuală a temperaturii aerului, °C (Em de Martonne, 1926) [8].

Valorile acestui indice corespund unui calificativ redat zonelor, astfel că valorile  $Im > 30$  indică prezența condițiilor climatice specifice zonei de silvostepă;  $Im > 10-30$  – zonei de stepă;  $Im > 5-10$  – zonei de semideșert; în cazul când  $Im \leq 5$  – condițiile climatice corespund zonei de deșert.

Indicele De Martonne, pe lângă faptul că este utilizat în regiunile climatice și caracterizează condițiile climatice ale anumitor zone naturale, mai are și rolul de a scoate în evidență gradul de ariditate al teritoriului

Tabelul 1

## Indicele de Ariditate De Martonne și zonele de vulnerabilitate ale pădurilor [1]

| IDM    | Clasificarea climei | Zone de vulnerabilitate a pădurilor |                             |
|--------|---------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
|        |                     | Indicator                           | Nivel de vulnerabilitate    |
| 10-25  | Semi-arid           | A                                   | Foarte înalt                |
| 25-30  | Moderat arid        | B                                   | Înalt                       |
| 30-35  | Puțin humid         | C                                   | Mediu                       |
| 35-40  | Moderat humid       | D                                   |                             |
| 40-50  | Humid               | E                                   | Scăzut                      |
| 50-60  | Foarte humid        | F                                   |                             |
| 60-180 | Excesiv de humid    | G                                   | De la mediu la foarte înalt |

**Zona A:** deficit de durată în umiditate care duce la distrugerea pădurilor; **Zona B:** tulburări de durată ale umidității; **Zona C:** tulburări de umiditate în unii ani; **Zona D:** mici perturbări ale umidității în unii ani; **Zona E:** condiții optime de umiditate; **Zona F:** condiții optime de umiditate; **Zona G:** deteriorarea treptată a condițiilor de mediu din cauza excesului de umiditate.

lui. Conform valorii acestui indice, se pot identifica zonele de vulnerabilitate ale pădurilor (tabelul 1), cu particularități distincte ale fiecăreia în parte.

2. Gradul de corespundere a compoziției speciilor edificatoare de arbori pentru o anumită stațiune este exprimat prin **Coefficientul Ellenberg (EQ)**, calculat după formula:

$$EQ = Tw/P * 1000$$

unde: Tw reprezintă temperatura celei mai calde luni din an;

P – precipitațiile anuale [11].

Datele din literatura de specialitate arată că diverse valori ale EQ indică condiții climatice specifice creșterii și dezvoltării unui anumit tip de pădure. Astfel, zona pură de creștere a fagului coincide cu valorile  $EQ \leq 20$ , zona pădurilor de stejar-carpen – cu valorile  $EQ = 20-30$ , pentru zona pădurilor mezofile de stejar  $EQ = 30-40$ , iar pentru zona pădurilor uscate/aride de stejar  $EQ > 40$ .

3. **Indicele de Ariditate Forestier (FAI – Forestry Aridity Index)**, este calculat după formula:

$$FAI = 100 * ((T_{VII} + T_{VIII})/2) / (P_V + P_{VI} + 2 * (P_{VII} + P_{VIII}))$$

unde:  $T_{VII-VIII}$  – temperatura medie a aerului pentru lunile iulie și august (°C),

$P_{V-VIII}$  – suma precipitațiilor (mm) căzute din luna mai până în august [12].

Prin intermediul acestui indice poate fi descrisă media condițiilor meteorologice pentru diferite categorii de climă și aplicată în practica silviculturii. Cu cât valorile FAI sunt mai mari, cu atât, în perioada de creștere și perioada critică a speciilor forestiere, parametrii meteorologici vor prezenta condiții mai uscate și mai aride de dezvoltare, iar cu cât valorile FAI sunt mai mici – condiții mai umede și mai calde [12].

Ca soft de prelucrare a datelor inițiale a servit Programul Statgraphics Centurion XVI în estimarea

temporală a indicilor respectivi, iar modelarea cartografică a fost efectuată prin intermediul Programului ArcGis cu extensiunea Spatial Analyst. Materialele inițiale de studiu au constituit datele multianuale privind regimul termic și cantitatea lunară de precipitații, acumulate de Serviciul Hidrometeorologic de Stat, pentru perioada anilor 1961–2018.

## REZULTATE ȘI DISCUȚII

Relațiile dintre condițiile climatice și vegetație au fost abordate în numeroase studii globale și regionale, în special în contextul schimbărilor climatice actuale, ceea ce impune cu siguranță anumite modificări în distribuția zonală și altitudinală a diferitelor specii.

Accentul în proiecțiile de viitor privind impactul schimbărilor climatice asupra domeniului forestier este pus pe seceta meteorologică. Seceta meteorologică este specifică diferitelor regiuni, fiind în plină desfășurare și în Moldova, efectele acesteia resimțindu-se prin creșterea temperaturii aerului și reducerea precipitațiilor. Cercetările desfășurate la acest compartiment [17] relevă faptul că, în aspect anual, Indicele De Martonne caracterizează în mod real condițiile climatice caracteristice zonei de silvostepă și stepă de pe teritoriul Republicii Moldova. În aspect sezonier, valorile Im scad simțitor, atribuindu-se calificativele mai aride, adică, pentru zona de silvostepă – condiții similare stepei, iar pentru stepa din sudul republicii – caracteristici similare regiunilor de semideșert (tabelul 2).

Prin Indicele de Ariditate De Martonne sunt identificate și zonele de vulnerabilitate ale ecosistemelor forestiere față de secetă. Calculând indicele dat pentru suprafața de pădure cercetată, s-a constatat că acesta variază, ca valoare, în tot cuprinsul pădurii, fapt expli-

Tabelul 2

Topul anilor cu cele mai scăzute valori ale Indicelui De Martonne în aspect anual, sezonier, lunar, pentru perioada 1891–2016 (st. Chișinău)

| Anii/IM anual |      | Anii/ IM sezonier (vara) |      | Anii/ IM lunar (iulie) |      |
|---------------|------|--------------------------|------|------------------------|------|
| 1903          | 37,8 | 1951                     | 11,9 | 1939                   | 10,1 |
| 1938          | 41,4 | 1895                     | 12,5 | 1999                   | 10,2 |
| 1990          | 41,9 | 2007                     | 12,7 | 2007                   | 10,2 |
| 1896          | 42   | 1902                     | 13   | 1928                   | 10,3 |
| 1951          | 42,2 | 1903                     | 13,3 | 1931                   | 10,3 |
| 2015          | 45,8 | 1939                     | 13,3 | 2016                   | 10,3 |
| 1994          | 46,7 | 1953                     | 13,6 | 1951                   | 10,4 |
| 1935          | 47,7 | 1999                     | 13,7 | 1996                   | 10,5 |
| 1898          | 48,2 | 2015                     | 13,7 | 1904                   | 10,6 |
| 1945          | 48,3 | 1946                     | 13,8 | 1917                   | 10,6 |
| 2000          | 49   | 1929                     | 13,9 | 1953                   | 10,6 |

cat prin parametrii adiacenți cu influențe asupra climei (formă de relief, pantă, expoziție etc.). Pentru aria respectivă, valorile Im constituie 24,4-28,8, fapt ce arată, per general, că ecosistemul forestier cercetat dispune de un nivel de vulnerabilitate înalt la fenomenul de aridizare a climei – Zona B: cu tulburări de durată ale umidității (figura 1). Dar, reieșind din aspectele temporale ale Im, în care sunt evidente descreșterile valorilor acestui indice începând cu anii 1980 (în mare măsură, determinată de creșterea fondului termic), deducem că în viitor există riscul ca ecosistemul forestier să treacă din zona de vulnerabilitate înaltă în zona cu nivel de vulnerabilitate foarte înaltă – zona A: cu deficit de durată în umiditate, disturbante care pot duce la efecte adverse asupra creșterii și dezvoltării pădurilor mezofile în regiune, până la diminuarea accentuată a arealului lor.

Gradul de corespundere a compoziției speciilor edificatoare de arbori pentru o anumită stațiune poate fi redat prin calculul coeficientului Ellenberg. În linii

Tabelul 3

Aspecte termperale ale coeficientului EQ pentru teritoriul Republicii Moldova

| EQ                   | Briceni | Chișinău | Cahul |
|----------------------|---------|----------|-------|
| Perioada (1961–2016) | 56      | 56       | 56    |
| X                    | 33,2    | 41,0     | 43,0  |
| $\sigma$             | 8,1     | 8,4      | 11,1  |
| Cv                   | 24,5%   | 20,6%    | 26,1% |
| Minimum              | 21,86   | 27,49    | 25,09 |
| Maximum              | 58,0    | 60,1     | 71,7  |

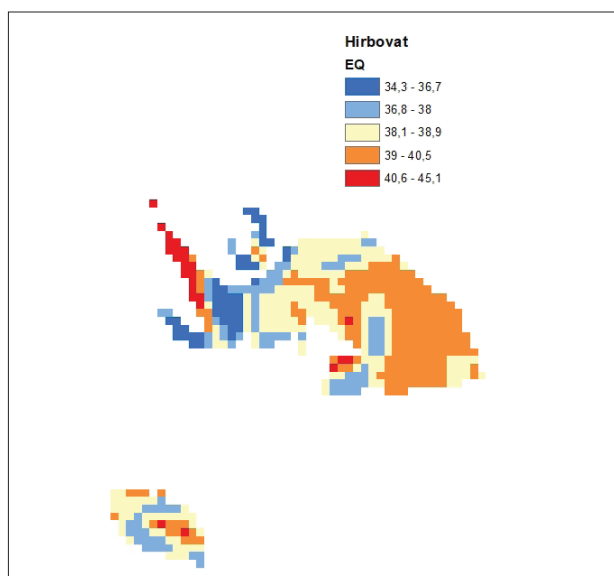


Figura 1. Repartiția spațială a valorilor Indicelui De Martonne, calculat pentru Rezervația peisagistică „Pădurea Hârbovăț”.

generale, calculul statistic privind media multianuală și indicii variabilității oferă o prezentare amplă privind respectarea principiului zonalității. Astfel, în partea de sud a țării acest indice este aproximativ cu 20 de unități mai mare decât în nordul țării (tabelul 3). Tot în sudul țării se atestă și valori esențiale maxime (71,7) comparativ cu restul teritoriului (centru – 60,1; nordul – 58,0). Analiza temporală a datelor acestui indice demonstrează că în viitorul apropiat, sub acțiunea schimbărilor climatice, valorile EQ se vor mări, iar regiunea de Sud a țării va resimți cel mai intens impactul aridizării, ceea ce va influența și supraviețuirea speciilor de cvercinee din aceste arii [16].

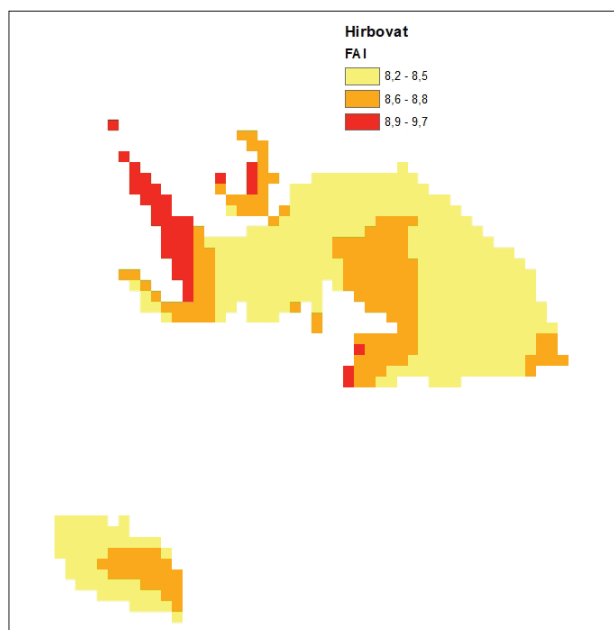


Figura 2. Aspecte spațiale ale Coeficientului Ellenberg în Rezervația peisagistică „Pădurea Hârbovăț”.

Elaborarea modelelor cartografice, nemijlocit pentru suprafața de pădure supusă studiului (Hârbovăț), oferă distribuția diferențiată a EQ ținând cont de poziția geografică, precum și de altitudinea locului. În limitele Rezervației Peisagistică „Pădurea Hârbovăț” valorile acestui coeficient variază între 34,3-45,1 (figura 2).

Datele din literatura de specialitate arată că diverse valori ale EQ prezintă o gamă largă de caracterizare a tipului de pădure. În cercetările noastre, prin interpretarea valorilor EQ s-a dedus faptul că partea de nord-est și centrală a ariei de studiu prezintă condiții climatice specifice dezvoltării pădurilor mezofile de foioase din zona temperată (care încă mai sunt specifice regiunii de studiu), dar care, în viitorul apropiat, sub influența aridizării climei vor trece la condiții climatice specifice creșterii și dezvoltării pădurilor aride de cvercinee, cu specii termofile (cum este deja în partea de nord-vest a rezervației). Repartiția lor va depinde de distribuția la anumite nivele hipsometrice, pante, expoziții și de capacitatea de adaptare la noile condiții de mediu.

Rapoartele naționale din domeniu relevă că, în viitor, stejarul pufos va dovedi o capacitate ridicată de adaptare la schimbările climei, menținându-și creșterile și mai ales vitalitatea [3]. Schimbările climatice atestate în ultimii ani tind să inducă modificări variate și în spectrul grupelor ecologice. E posibilă o creștere a procentului speciilor xerofite și mezo-xerofite din contul scăderii mezo-higrofitelor și higrofitelor. De asemenea, este posibilă lărgirea ariei de răspândire a elementelor sudice și sud-estice (*Quercus pubescens*) din contul scăderii elementelor nordice și vestice (*Quercus petraea*, *Q. robur*) și continuarea procesului de ruderalizare a învelișului ierbos din păduri [18]. Prin urmare, speciile mezofile de stejari, adaptate condițiilor climatice de silvostepă, vor fi vulnerabile/susceptibile viitoarelor aridizări ale climei, vulnerabilitatea fiind în funcție de caracterul, amploarea și rata variației climatice la care vor fi expuse ecosistemele, sensibilitatea acestora și capacitatea lor adaptivă.

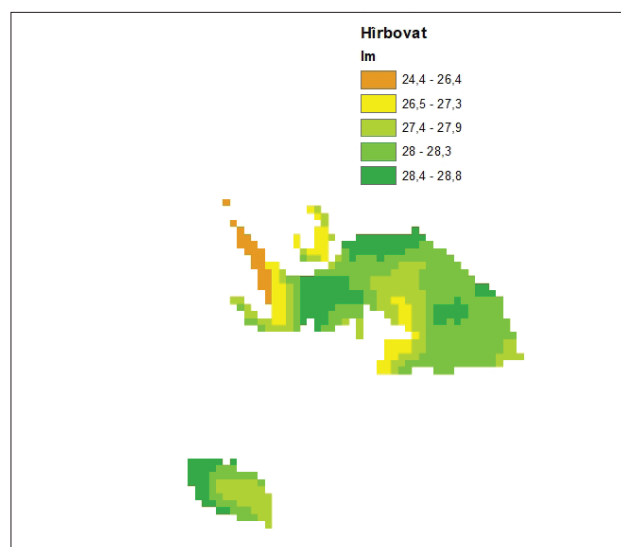
Raportul dintre parametrii meteorologici și creșterea arborilor poate fi caracterizat prin Indicele de

Ariditate Forestier (FAI – Forestry Aridity Index), calculat pentru pădurile din zona temperată [12]. S-a constatat că latitudinea geografică și altitudinea absolută sunt principalii factori fizico-geografici care influențează repartiția acestui indice. Pentru teritoriul Republicii Moldova acest indice constituie 5,70 pentru regiunea de nord; 8,35 pentru regiunea centrală și 10,75 pentru regiunea de sud a țării, astfel că ecosistemele forestiere din sudul și centul țării sunt cele mai afectate de fenomenul aridizării climei (tabelul 4). Studiile de acest gen sunt necesare în prognozarea (conform valorilor FAI) posibilului impact al condițiilor aride climatice asupra ecosistemelor silvice de pe teritoriul țării, ceea ce ar facilita selectarea speciilor de arbori, proveniențe și genotipuri tolerante la condițiile climatice existente [15].

Calculând acest indice pentru Rezervația Peisagistică „Pădurea Hârbovăț”, s-a constatat că FAI variază, ca valoare, în tot cuprinsul pădurii între 8,2-9,7 unități, fapt explicat și prin parametrii adiacenți cu influențe asupra climei (forme de relief, pante de înclinare, expoziție etc.) (figura 3).

Distribuția diverselor specii forestiere depinde de valorile FAI, conform datelor din literatura de specialitate [12; 19; 9], astfel că în aria Hârbovăț, în perioada de creștere și în perioada „critică” a speciilor forestiere (lunile iulie, august), valorile FAI indică condiții mai uscate și mai aride de dezvoltare a cvercineelor, deci, mai prielnice dezvoltării speciei *Quercus pubescens*, decât speciilor *Quercus robur* și *Q. petraea*.

Totuși, studiile din domeniu prezintă capacități adaptive înalte ale speciilor de stejar față de viitoarele schimbări de mediu (caracteristică specifică stejarilor și în ultima perioadă postglacială). Restrângeri evolu-



**Figura 3.** Repartiția spațială a valorilor Indicelui de Ariditate Forestier, calculat pentru Rezervația peisagistică „Pădurea Hârbovăț”.

*Tabelul 4*

**Indicii statistici ce caracterizează Indicele de Ariditate Forestier (FAI) pe teritoriul Republicii Moldova (1960–2015)**

| FAI     | Briceni | Chișinău | Cahul |
|---------|---------|----------|-------|
| X       | 5,70    | 8,35     | 10,75 |
| Σ       | 2,3     | 4,3      | 5,5   |
| Minimum | 2,71    | 3,61     | 4,17  |
| Maximum | 14,94   | 29,12    | 35,26 |



tive, pe areale mici, sunt posibile într-un număr limitat de generații datorită nivelului ridicat al diversității genetice a stejarilor și fluxului de gene care vor juca un rol important în adaptările evolutive [13].

Modul prin care speciile de stejar se vor adapta la schimbările de mediu recente și viitoare sunt abordate în mai multe studii. Dacă e să comparăm tendințele în adaptările trecute și cele viitoare, se sugerează ideea că între migrație, adaptare locală și procesele evolutive se vor stabili relații diverse. Pe de o parte, migrația prin dispersia semințelor va fi limitată dacă schimbările climatice se vor produce în ritmuri rapide, așa cum se prezice. Pe de altă parte, adaptarea la nivel local, prin selecție naturală, poate fi reținută considerabil de către variabilitatea genetică semnificativă și dimensiunile mari ale populației. Totodată, aportul/ fluxul de gene prin polen e capabil să impulsioneze migrația speciilor și adaptarea locală și poate juca un rol central în răspunsul speciilor la schimbările de climă. Prin urmare, se pot anticipa diferite răspunsuri, pentru diferite specii, în funcție de aspectele relaționate distribuției lor geografice. Speciile care au o distribuție continuă vor beneficia mai mult de interacțiunile pozitive dintre selecția naturală și fluxul de gene, decât speciile care au o distribuție difuză. De asemenea, răspunsurile evolutive ale populațiilor situate la limita ariilor de distribuție pot fi diferite. Populațiile situate la limita Nordică și Estică a arealelor de răspândire, prin amplasarea lor la frontiera avanpost, de schimbări, vor beneficia de aportul/emigrarea genelor prin fluxul de polen de la populațiile situate la latitudini mai sudice; în contrast, adaptarea poate fi mai restricționată la marginea sudică a arealului de răspândire a speciei, unde populațiile vor fi lipsite de fluxul de gene provenit de la populațiile „pre-adaptate” [14; 10].

## CONCLUZII

Exprimarea vulnerabilității speciilor mezofile de arbori față de viitoarele aridizări ale climei, redată prin indicii Im (Indicele de Ariditate De Martonne), QE (coeficientul Ellenberg), FAI (Indicele de Ariditate al Pădurii/Forestier) atestă faptul că Rezervația peisagistică „Pădurea Hârbovăț” este supusă unui nivel înalt de vulnerabilitate a pădurilor față de secete (valori ale IM cuprinse între 25,0-28,8), cu tendințe spre nivel foarte înalt de vulnerabilitate, cu deficit de durată în umiditate, disturbanțe care pot duce la efecte adverse asupra creșterii și dezvoltării pădurilor mezofile în regiune, până la diminuarea accentuată a arealului lor; valorile EQ identifică condiții climatice specifice dezvoltării pădurilor mezofile de foioase din zona temperată, dar care, în viitorul apropiat, sub influența

aridizării climei vor trece la condiții climatice specifice creșterii și dezvoltării pădurilor aride de cvercinee, cu specii termofile; iar valorile FAI arată că în perioada de creștere și în perioada „critică” a speciilor forestiere (lunile iulie, august), parametrii climatici vor indica condiții mai uscate și mai aride de dezvoltare a cvercineelor, deci, mai prielnice dezvoltării speciei *Quercus pubescens*, decât speciilor *Quercus robur* și *Q. petraea*.

Aspectele corologice relaționate arboretelor autohtone, edificatoare de ecosisteme silvice – cvercineele – sunt și vor fi influențate de acțiunea conjugată a factorilor abiotici, biotici și naturali. Prin aridizarea climei și a proceselor asociate acesteia (schimbarea compoziției arboretelor, modificări în comportamentul concurențial al speciilor, schimbarea ratei de regenerare a pădurii, creșterea sensibilității la atacurile dăunătorilor, schimbarea condițiilor fitosanitare) presupunem că se va ajunge la restrângerea arealelor gorunului și stejarului pedunculat la hotarul de Nord, Sud, Sud-Est și Est al speciilor pe teritoriul țării, dar cu expansiunea Nord-Estică a habitatelor actuale ale stejarului pufos.

Preocupările privind extinderea suprafețelor forestiere cu specii de arbori ce vor rezista și se vor dezvolta în noile condiții de mediu trebuie să reprezinte o constantă în prioritățile sectoriale ale țării.

## BIBLIOGRAFIE

1. \*\*\* 2014. Integrated Drought Management Programme in Central and Eastern Europe. Assessment of drought impact on forests. Milestone no.3. Elaboration of maps for current climate, 2050 and 2070 in Bulgaria, Lithuania, Slovenia and Ukraine (pilot area) and determination of forest vulnerability zones. Global Water Partnership. Central and Eastern Europe (GWP CEE). Regional Secretariat. Slovak Hydrometeorological Institute. Bratislava, Slovakia. [on-line] [www.gwpceeforum.org](http://www.gwpceeforum.org) (vizitat la 27.11.2019)
2. \*\*\* 2014. Republica Moldova – Notă de politici forestiere. Banca Internațională pentru Reconstrucție și Dezvoltare. Chișinău.
3. \*\*\* 2014. Strategia Republicii Moldova de adaptare la schimbarea climei până în anul 2020 și Planul de acțiuni pentru implementarea acesteia nr. 1009 din 10.12.2014. În: Monitorul Oficial nr. 372-384/1089 din 19.12.2014.
4. \*\*\* 2018. Comunicarea Națională Patru a Republicii Moldova către Convenția-cadru a Organizației Națiunilor Unite cu privire la schimbarea climei. Ministerul Agriculturii, Dezvoltării Regionale și Mediului al Republicii Moldova / Programul Națiunilor Unite pentru Mediu; Coord.: Apostol I., Lekoyiet S. Chișinău: SRL „Bons Offices”. 478 p.
5. \*\*\* Hotărârea Guvernului Nr. 350 din 12.07.2001 pentru aprobarea Strategiei dezvoltării durabile a sectorului forestier din Republica Moldova. [on-line] <http://lex.justice.md> (vizitat la 20.11.2019).
6. \*\*\* Green paper On Forest Protection and Information in the EU: Preparing forests for climate change.

7. Shvidenko A., Buksha I., Krakovska Svitlana, Lakyda P. Vulnerability of Ukrainian Forests to Climate Change. *Sustainability* 2017, 9(7), 1152; [on-line] <https://doi.org/10.3390/su9071152> (vizitat la 26.11.2019)

8. De Martonne E. Une nouvelle fonction climatologique. L'indice d'aridité. *La Meteorologie*. 1926, p. 449-458.

9. Donica A., Grigoraș N. Indici cantitativi ai vulnerabilității ecosistemelor forestiere față de schimbările climatice. În: Conf. șt. inter. „Biodiversitatea în contextul schimbărilor climatice”, ediția a II-a. Ch., 23 noiembrie 2018, p. 239-243.

10. Donica A., Jechiu I. Aspecte corologice ale speciilor de stejari (*Quercus robur*, *Q. petraea*, *Q. pubescens*) pe teritoriul Republicii Moldova. Culegerea de articole dedicată dlui Andrei Ursu, academician AȘM, la 90 de ani de la naștere și 70 de ani de activitate științifică: Starea actuală a componentelor de mediu. 2019, p. 244-253.

11. Ellenberg H. *Vegetation Ecology of Central Europe*. Cambridge: Fourth ed. Cambridge University Press, 1988.

12. Fuhrer E., Horvath L., Jagodics A., Machon A., Szabados I. Application of new aridity index in Hungarian forestry practice. In: Idojaras, *Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*. 2011. 115(3), p. 205-216. [on-line] [http://ec.europa.eu/environment/forests/pdf/green\\_paper.pdf](http://ec.europa.eu/environment/forests/pdf/green_paper.pdf) (vizitat la 18.11.2019)

13. Kremer A. Evolutionary Responses of European Oaks to Climate Change. *Irish Forestry*, 67. 2010. p. 53-66.

14. Kremer A., Ronce O., Robledo-Arnuncio J. J., Guillaume F., Bohrer G., Nathan R., Bridle J.R., Gomulkiewicz

R., Klein E.K., Ritland K., Kuparinen A., Gerber G., Schueler S. Long-distance gene flow and adaptation of forest trees to rapid climate change. *Ecology Letters* 15: 378392. 2012.

15. Nedeașcov M., Dediu I., Donica A., Grigoraș N. Utilizarea Indicelui de Ariditate Forestier (FAI) pe teritoriul Republicii Moldova. În: Conf. șt. inter. „Biodiversitatea în contextul schimbărilor climatice”. AȘM, Universitatea Academiei de Științe a Moldovei, Chișinău, 2016, p. 230-233.

16. Nedeașcov M., Donica A., Grigoraș N. Influența condițiilor climatice în distribuția ecosistemelor silvice (studiu de caz). În: Conf. șt. internaț. „Biodiversitatea în contextul schimbărilor climatice”, ediția a II-a, Chișinău, 23 noiembrie 2018, p. 280-283.

17. Nedeașcov M., Grigoraș N. Analiza temporală a Indicelui Martonne pe teritoriul Republicii Moldova. În: Materialele conferinței cu participare internațională a Societății Naționale a Moldovei de Știința Solului „Cercetarea și gestionarea resurselor de sol”. Chișinău, 8-9 septembrie 2017, p. 346-353.

18. Postolache G. Ecosistemele naturale. Vulnerabilitatea și adaptarea la schimbarea climei. În: *Schimbarea climei, cercetări, studii, soluții* Culegere de lucrări. Chișinău: Bons Offices SRL, 2000, p. 42-48.

19. Stojanović D.B., Matović B., Orlović S., Kržić A., Trudić B., Galić Z., Stojnić S., Pekeć S. Future of the Main Important Forest Tree Species in Serbia from the Climate Change Perspective. In: *South-East European Journal in field of Forestry*, 2014. 5(2), p. 117-124.



Eudochia Robu. *Dor*, 2015, u. p., 780 × 580 mm