

ACADEMIA DE ȘTIINȚE A MOLDOVEI
MINISTERUL EDUCAȚIEI, CULTURII ȘI CERCETĂRII
INSTITUTUL DE ECOLOGIE ȘI GEOGRAFIE

M.Nedealcov, V.Răileanu, R.Cojocari, Gh.Croitoru,
G.Mleavaia, O.Crivova

***FACTORII METEO-CLIMATICI DE RISC ASOCIAȚI
SCHIMBĂRILOR CLIMATICE PE TERITORIUL
REPUBLICII MOLDOVA***



Chișinău, 2018

ACADEMIA DE ȘTIINȚE A MOLDOVEI
MINISTERUL EDUCAȚIEI, CULTURII ȘI CERCETĂRII
INSTITUTUL DE ECOLOGIE ȘI GEOGRAFIE

**FACTORII METEO-CLIMATICI DE
RISC ASOCIAȚI SCHIMBĂRIILOR
CLIMATICE PE TERITORIUL
REPUBLICII MOLDOVA**

**M.Nedealcov, V.Răileanu, R.Cojocari, Gh.Croitoru,
G.Mleavaia, O.Crivova**

Chișinău, 2018

CZU 551.583 (478)

M.Nedealcov, V.Răileanu, R.Cojocari, Gh.Croitoru, G.Mleavaia, O.Crivova. Factorii meteo-climatici de risc asociați schimbărilor climatice pe teritoriul Republicii Moldova. Chișinău, 2018.

Aprobat de Consiliul Științific al Institutului de Ecologie și Geografie,
proces verbal Nr.5 din 22 iunie 2018.

Descrierea CIP a Camerei Naționale a Cărții

Factorii meteo-climatici de risc asociați schimbărilor climatice pe teritoriul Republicii Moldova/M.Nedealcov, V.Răileanu, R.Cojocari, Gh.Croitoru, G.Mleavaia, O.Crivova; Inst.de Ecologie și Geografie- Ch.:S.n., 2018 (Tipogr. "Alina Scorohodova"). 144 p.

Bibliogr: p. 135-144 (79 tit.).- 100 ex.

ISBN 978-9975-9611-6-5.

CZU 551.583 (478)

F12

© M.Nedealcov, V.Răileanu, R.Cojocari,
Gh.Croitoru, G.Mleavaia, O.Crivova, 2018

CUPRINS

INTRODUCERE.....	4
CAPITOLUL 1. SCHIMBĂRILE CLIMATICE REGIONALE ȘI IDENTIFICAREA FACTORILOR METEO-CLIMATICI DE RISC.....	25
1.1. Schimbări climatice regionale.....	25
1.2. Identificarea criteriilor de evaluare a riscurilor meteo-climatice regionale.....	35
CAPITOLUL 2. RISCURILE METEO-CLIMATICE DIN PERIOADA CALDĂ A ANULUI.....	54
2.1 Analiza spațio-temporală a secetelor prin intermediul indicilor SPI și SPEI.....	54
2.2. Pericolul declanșării exceselor pluviometrice în aspect regional.....	76
CAPITOLUL 3. RISCURILE METEO-CLIMATICE DIN PERIOADA RECE A ANULUI ȘI ZONAREA FACTORILOR DE RISC.....	84
3.1. Aspectul spațio-temporal a riscurilor meteo-climatice din perioada rece.....	84
3.2. Zonarea factorilor meteo-climatici de risc în vederea ajustării actelor normative în construcții.....	84
CAPITOLUL 4. EXPUNEREA TERITORIULUI REPUBLICII MOLDOVA CĂTRE RISCURILE METEO-CLIMATICE.....	127
BIBLIOGRAFIE.....	135

INTRODUCERE

În ultima perioadă de timp se fac tot mai mari eforturi, concretizate în numeroase publicații de specialitate, pentru studiul riscurilor de producere a unor evenimente extreme, în special a celor meteo- climatice [1, 6, 7, 8, 9, 10, 17, 18, 19, 25, 26, 32, 33, 39, 40, 49, 50, 51, 52, 56]. Noțiunea de risc nu poate fi tratată izolat de cea de frecvență și probabilitate, din care, în mod firesc, derivă. De asemenea, noțiunea de risc nu poate fi tratată izolat nici de cea de timp (sau perioadă) de retur a unui eveniment extrem, sursa lor comună și logică, fiind tot probabilitățile de producere a evenimentelor extreme. Și în sfârșit, noțiunea de risc nu poate fi tratată izolat fără o delimitare în spațiu a arealelor vulnerabile către manifestarea acestora. O abordare altfel decât cea cantitativă a riscurilor geografice dintr-un anumit teritoriu nu poate fi posibilă întrucât, risc înseamnă în primul rând cantitatea sau magnitudinea cu care se manifestă sau ar putea să se manifeste un fenomen concret, în speță climatic, pe o anumită scală temporală, dar și spațială [11,14]. Cunoașterea manifestării spațio-temporale a riscurilor climatice este extrem de importantă, deoarece de aceasta depinde în mare măsură posibilitățile de atenuare a consecințelor lor de manifestare în diferite domenii de activitate umană.

În același timp, trebuie subliniat faptul că, nu toate fenomenele climatice sunt purtătoare de risc și nici toate fenomenele climatice de risc nu prezintă aceeași intensitate. Ținând cont de caracteristicile fundamentale ale fenomenelor climatice extreme de a se dezvolta în cascadă, adică un risc (consecința unui hazard) poate deveni hazard pentru un alt risc și tot așa mai departe, în literatura de specialitate se utilizează, mai frecvent,

noțiunea de riscuri climatice sau meteo-climatice care include, atât cauza cât și efectul [14].

Consecințele dezastruase ale acestora sunt graduale, în funcție de tipul de hazard: seceta permanentă sau seceta episodică; precipitații abundente și de durată sau aversă însoțită de grindină, vijelie și oraje; taifunurile și tornadele din zonele tropicale sau ciclonii și tornadele din zonele extratropicale, etc.

Tocmai de aceea, în domeniul meteorologiei-climatologiei utilizarea noțiunilor de hazard și risc capătă, prin varietatea intensității lor, o nouă conotație. În general, hazardele meteo-climatice sunt mai puțin violente, decât hazardele geologice și ca atare, au consecințe nuanțate, ușor diminuate. În anumite situații, omul li se supune în totalitate, adesea conștient (nu are altă alternativă), cu toate că posibilitățile probabile actuale de prevedere și tehnicile moderne de investigare a spațiului aerian; de exemplu, un îngheț însoțit de brumă în afara sezonului specific, foarte timpuriu toamna sau foarte întârziat primăvara, este un fenomen climatic de risc pentru agricultură deoarece nu se știe dacă pentru anul agricol respectiv, aceasta va avea loc sau nu, iar omul riscă semănând uneori, culturi foarte sensibile la îngheț și brumă, deși poate, consecințele acestora sunt mai puțin grave.

Totuși dacă comparăm secetele episodice din regiunile temperate cu cele permanente din regiunile aride și respectiv cu ploile musonice din regiunile tropicale și subtropicale, consecințele acestora din urmă sunt mult mai mari, putînd fi asemănătoare chiar cu hazardele geologice [13,15].

Deducem de aici, că hazardele și riscurile meteo-climatice (respectiv, toate fenomenele climatice care indică riscuri), sunt purtătoare de pagube, dar nu în toate cazurile, acestea sunt la fel

de mari. Ele au consecințe durabile. Din acest punct de vedere, un rol important îl are și zona climatică în care se desfășoară fenomenul.

În unele situații, în loc de hazarde sau riscuri climatice se utilizează noțiunea de fenomene climatice extreme.

Utilizarea acestei noțiuni poate avea mai multe sensuri și anume [14]:

- a. fenomenul climatic extrem care îmbină riscul care descarcă mari energii provocând pierderi materiale și vieți omenești în diferite proporții, creînd mari dezastre. Un exemplu concludent îl constituie valurile de uragane sau taifunurile tropicale, unul mai devastator decât altul;
- b. fenomenul climatic extrem situat la limita extremă (maximă sau minimă posibilă) de variație, cu caracter singular de unicat, fără egal, cuantificabil, extras dintr-un șir lung de date statistice, deși pînă la ele mai pot fi altele care au provocat pagube în diferite grade, dar nu ca acesta. Ca exemplu cităm seceta din 1945-1946 care s-a situat la limita extremă minimă posibilă de variație a cantităților de apă căzute în republică, în condițiile unui regim termic ridicat, care a accentuat gradul de uscăciune, fiind considerată cea mai puternică secetă a secolului al XX-lea. Aceasta a distrus în totalitate recolta, a secăt apele râurilor, a pîrjolit pajiștile, a creat mari dificultăți în alimentație și a afectat profund mediul înconjurător;
- c. fenomenul climatic extrem cuantificabil extras dintr-un șir, relativ scurt, de date statistice, care reprezintă valoarea cea mai mare sau cea mai mică a aceluși șir. El apare, astfel, extrem, singular, în cadrul perioadei respective, care poate sau nu să se încadreze în categoria fenomenelor cu consecințe dezastruoase

deoarece, nu întotdeauna într-un interval scurt de timp, un fenomen climatic poate ajunge la paroxism, deși există și astfel de cazuri. Ca exemplu, sunt precipitațiile abundente (2010), care s-au produs la numai 2 ani după cele din 2008. Tot în categoria fenomenelor climatice extreme se încadrează și recordurile climatice. Acesta constituie o altă noțiune utilizată pentru aceste fenomene, care semnifică punctul culminant în evoluția lor. Un exemplu îl constituie stratul de zăpadă depus în urma ninsorilor deosebit de abundente din primăvara anului 2017, care a atins recordul secolului prin grosime, peste 57 cm, în data de 21 aprilie.

Alte noțiuni, precum cele de dezastru climatic sau catastrofă climatică, iar uneori cataclism, sunt mai puțin folosite în domeniul climatologiei. Mai frecvent se utilizează noțiunile precum consecințe dezastruoase sau consecințe catastrofale, efecte catastrofale.

Ca urmare, hazardurile meteo-climatice pot declanșa riscuri care, la rîndul lor, pot deveni alte hazarde: hidrologice, geomorfologice, pedologice, ecologice, un adevărat „lanț trofic” al acestora [13].

Consecința acestora o reprezintă riscurile economice care constau într-o varietate de forme: recolte slabe sau compromise; distrugerea căilor ferate și a drumurilor naționale; aprovizionarea deficitară cu materie primă și produse agroalimentare, iar de aici mai departe se succed în cascadă, seria riscurilor sociale, ceea ce are drept consecință finală, scăderea nivelului de trai și reducerea calității vieții.

Toate clasificările anterioare asupra hazardurilor/riscurilor climatice sunt în același timp și hazarde/riscuri meteo-climatice, deoarece hazardurile climatice nu pot fi despărțite de cele meteorologice care reprezintă principala cauză care le generează.

În acest caz, există mai multe criterii de clasificare și studiere a lor în raport cu factorii care le definesc dimensiunile. Unele dintre acestea iau în considerare un singur criteriu, altele mai multe.

Prezentăm în continuare câteva dintre acestea [14, 16]:

După modul de manifestare:

a. violent:

taifunuri, tornade.

b. progresiv:

vigeli însoțite de grindină;

cicloni mediteranieni cu evoluție retrogradată;

înghețul și bruma;

stratul de zăpadă etc.

c. lent:

ceața de radiație;

ceața de evaporație;

fenomene de uscăciune;

fenomene de secetă, etc.

După gradul de vulnerabilitate a teritoriului față de riscurile climatice care, conform Dicționarului IDNDR, reprezintă gradul de pierderi de la zero la 100%:

vulnerabilitate mică: ex. un îngheț pe litoral;

vulnerabilitate medie: ex. secetele episodice;

vulnerabilitate mare: ex. secetale permanente.

După viteza de declanșare și aria ocupată:

cu declanșare rapidă și extindere regională (ciclonele tropicale);

cu declanșare rapidă și extindere locală (tornade, trombe, oraje, vânturi violente și grindină, trăsnete, averse, grindina);

cu viteza de apariție lentă (secetele episodice, secetele cvasipermanente și permanente);

fenomenele de risc datorate combinării unor factori meteorologici și nemeteorologici (avalanșe);

fenomenele de risc cu caracter spectacular (vânturi neperiodice, calde – Foehn, reci – Bora, furtuni de nisip și praf, depuneri de zăpadă și gheață).

După elementul meteorologic sau climatic principal care generează riscul:

a. riscuri climatice generate de perturbații majore ale presiunii atmosferice:

cicloni tropicali;

cicloni extratropicali;

anticlони continentali și anticlони mobili la latitudini medii și superioare;

ciclонilor li se asociază alte riscuri ca:

furtuni;

precipitații abundente;

vînt foarte intens;

descărcări electrice;

căderi de grindină.

anticlонilor li se asociază:

seceta;

valuri de căldură sau de frig;

inversiuni de temperatură;

cețuri persistente.

b. riscuri climatice asociate vînturilor puternice:

tornado;

vijelii;

furtuni de praf și nisip;

furtuni de zăpadă;

vînturi catabatice calde (Foehn).

c. riscuri climatice asociate umezelii aerului:

- precipitații abundente;
- fenomene de uscăciune și secete;
- hidrometeori pe sol: brumă, chiciură, polei;
- hidrometeori în troposfera inferioară: ceața.

d. riscuri climatice asociate temperaturii aerului:

- valurile de căldură tropicală care pot induce incendii naturale de pădure;
- topirea bruscă a stratului de zăpadă;
- avalanșele de zăpadă;
- valurile de frig care pot induce îngheț, brumă, polei, viscol;
- încălzirea globală a climei.

După durata medie, criteriu ales pentru asocierea fenomenelor respective cu prognoza meteorologică, cu rol important în prevederea și preîntâmpinarea riscurilor climatice:

a. fenomene climatice de risc cu durată scurtă (de la câteva minute la 3 zile):

asociate norilor Cumulonimbus:

- tornado;
- vijelii;
- oraje;
- grindina;

depuneri solide:

- bruma;
- chiciura tare;
- poleiul;
- zăpada umedă înghețată;
- avalanșele de zăpadă.

b. fenomene climatice de risc cu durată medie (de la 3 la 10-15 zile):

- ciclonii tropicali;
- ciclonii extratropicali,
- precipitații lichide abundente;
- ninsori abundente;
- viscolul;
- vânturile neperiodice intense:
- furtuni de praf și de nisip;
- valurile de căldură;
- valurile de frig.

c. fenomene climatice de risc de lungă durată:

- perioadele excedentare pluviometric;
- perioadele deficitare pluviometric.

d. fenomene climatice de risc de foarte lungă durată:

- încălzirea globală a climei.

După numărul de elemente climatice care generează starea de risc:

a. riscuri climatice asociate unui singur element climatic:

- valuri de căldură sau frig asociate temperaturii;
- excesul sau deficitul de precipitații asociate precipitațiilor;

b. riscuri climatice caracterizate prin manifestări simultane ale mai multor fenomene meteorologice:

- ciclonii tropicali și extratropicali care generează vânt foarte intens;
- precipitații abundente;
- grindină, etc.

După modul de manifestare la debut și pe parcursul evoluției ca și după suprafața ocupată:

a. riscuri climatice cu declanșare rapidă, evoluție rapidă și extindere zonală:

- ciclonii tropicali;
uragane, taifunuri;
musonii: ecuatoriali, tropicali și extratropicali.
- b. riscuri climatice cu declanșare rapidă, evoluție rapidă și extindere regională:
 - tornade;
 - cicloni oceanici;
 - precipitații abundente (inundații);
 - oraje;
 - valuri de frig și de căldură;
 - vânturi violente (doborâturi de arbori);
 - viscole, înzăpeziri;
 - vânturi locale (de tip Foehn, Bora sau Suhovei), etc.
- c. riscuri climatice cu declanșare rapidă, evoluție progresivă (care determină o succesiune de fenomene) și extindere regională:
 - perturbațiile mediteraniene (ciclonii mediteranieni cu evoluție regională).
- d. riscuri climatice cu declanșare rapidă, evoluție rapidă și extindere locală:
 - averse (de ploaie, lapoviță, ninsoare);
 - furtuni cu grindină și oraje;
 - trăsnete;
 - trombe.
- e. riscuri climatice cu declanșare lentă, evoluție lentă și extindere zonală:
 - secetele permanente, tropicale;
 - ceața: de advecție (frontală), oceanică, arctică/antarctică.
- f. riscuri climatice cu declanșare lentă, evoluție lentă și extindere regională sau locală:

inversiunile de temperatură;
fenomenele de iarnă: bruma, poleiul, ninsoarea,
depunerile de gheață;
ceața: de radiație, de evaporație;
fenomenele de uscăciune;
secetele episodice.

După zonele climatice [13, 14, 15, 16], intensitatea cu care acționează factorii genetici a acestor fenomene depinde de zona climatică în care se produc ca atare și consecințele variază de la o zonă la alta, și de la un tip de hazard la altul. Astfel, se pot deosebi:

a. hazarde meteo-climatice din zona intertropicală:

ciclonii tropicali;
uragane;
taifunuri;
tornadoe;
musonii;
secetele permanente.

b. hazarde meteo-climatice din zonele subtropicale (circummediteraniene):

seceta mediteraneană;
ciclonii mediteranieni (violenți);
valuri de ger și îngheț;
căderi abundente de zăpadă;
viscole.

b. hazarde meteo-climatice din zona temperată:

ciclonii oceanici (precipitații bogate);
perturbații mediteraniene (ciclonii mediteranieni cu evoluție retrogradată);
furtuni cu grindină;
valuri de călduri caniculare;

secete episodice;
valuri de răciri masive;
înghețuri foarte timpurii și târzii;
vânturi violente (doborâturi de arbori);
ninsori abundente;
viscole (înzăpeziri);
avalanșe.

c. hazarde meteo-climatice din zona subpolară (subarctică) locuită:

valuri de căldură care determină topirea gheții;
avalanșe de zăpadă și blocuri de gheață;
ninsori foarte abundente;
viscole deosebit de violente;
inundații, etc.

Clasificările prezentate nu epuizează toate posibilitățile de grupare a hazardelor și a riscurilor meteo-climatice datorate intercondiționărilor dintre toate elementele meteorologice și climatice, ca și dintre aceasta și factorii genetici ai climei (circulația generală a atmosferei, radiația solară și suprafața activă) care oferă o mulțime de combinații.

Care ar fi impactul asupra populației? Fenomenele atmosferice de risc pot avea un impact catastrofal asupra populației atât în termen scurt, prin numărul mare de victime și daune materiale, cât și în timp mai îndelungat, prin efectul asupra degradării terenurilor și implicit asupra reducerii potențialului productiv al acestora.

Relația de interdependență, de *feed-back*, dintre rocă-relief-sol-aer-apă-vegetație presupune o gândire sistematică asupra fenomenelor de risc. De aceea se impun analiza modului de manifestare în timp și spațiu a fenomenelor atmosferice de risc,

precum și elaborarea de hărți ale expunerii teritoriului la anumite riscuri.

Hărțile de risc atmosferic pot fi clasificate conform criteriilor de clasificare a hărților [14]. Astfel, ele pot fi:

- *generale* (toate fenomenele de risc existente);
- *speciale* (un anumit fenomen de risc);

iar, după scară:

- *în scară mare;*
- *în scară medie,*
- *în scară mică.*

Cele mai multe hărți de risc au în vedere, de fapt, distribuția teritorială a vulnerabilității, mai puțin calitatea riscului bazat pe o analiză cantitativă.

Impactul indirect asupra populației se manifestă și în plan psihic, instruirea și educația populației având un rol semnificativ în diminuarea efectelor. Reacția populației la fenomenele atmosferice de risc se manifestă prin:

acceptarea pasivă; evitarea regiunilor și a măsurilor nefavorabile utilizării eficiente a resurselor;

acțiuni preventive și defensive fondate pe evaluarea datelor meteorologice;

modificarea și controlul direct al vremii și climei;

recursul la mijloace structurale și mecanice de protecție care fac apel la cunoștințele climatice.

În vederea diminuării efectelor acțiunii fenomenelor atmosferice de risc sunt necesare:

- cunoașterea prognozelor meteo;
- monitorizarea factorilor de risc atmosferic;
- evaluarea costurilor materiale pentru reducerea daunelor.

Majoritatea fenomenelor atmosferice de risc caracteristice anotimpului cald și rece pe teritoriul Republicii Moldova se înscriu în aceste categorii și se datorează în mare parte temperaturii aerului. Viteza lor de apariție fiind lentă, ele pot fi avertizate, astfel încât unele efecte pot fi diminuate. Desigur, că toate fenomenele atmosferice când au valori extreme pot fi considerate fenomene de risc, din acest motiv ele și sunt tratate ca atare. Totuși, unele dintre acestea, prin intensitate și durată pot provoca mai ales daune materiale. În plus acțiunea asupra populației este mai mult indirectă, dar cu efecte grave datorită scăderii potențialului productiv al terenurilor. Dintre fenomenele atmosferice de risc din perioada rece a anului menționăm: înghețul și gerul (temperaturile negative extrem de scăzute); bruma, chiciura și poleiul, ceața, viscolul.

Înghețul și gerul se constituie ca fenomene de risc în regiunile, în care valorile le depășesc pe cele medii. Răcirile excesive se datorează dinamicii centrilor barici și influenței suprafeței active, reliefului.

Răcirile excesive s-au produs în lunile ianuarie (de exemplu, în 1954, 1963, 1985) și februarie (în 1929, 1954), mai rar în decembrie, aceste luni au și cele mai frecvente perioade de răcirii masive.

Înghețul și gerul afectează culturile agricole, în special pomicultura și viticultura, dar au și efect asupra populației prin

starea de disconfort creată sau prin efectul negativ asupra cardiacilor.

Bruma, chiciura și poleiul sunt depuneri de gheață sub diferite forme. Bruma este depunerea de cristale de gheață sub formă de solzi sau ace pe suprafața solului și implicit a obiectelor din natură. Se produce în nopțile cu temperaturi scăzute de primăvară, toamnă și iarnă, prin sublimarea vaporilor de apă din aer, ca urmare a răcirii radiative nocturne.

Chiciura este o depunere formată din granule de gheață. Se formează prin sublimarea vaporilor de apă pe obiecte din natură (arbori, conductori, fire etc.), pe timp calm, cu ceață și temperaturi foarte scăzute.

Poleiul este o gheață omogenă transparentă rezultată din înghețarea picăturilor de ploaie și depusă pe suprafețe cu temperaturi de circa zero grade.

Aceste fenomene meteorice afectează în special activități economice, cum ar fi transporturile prin cablu, transporturile rutiere, pomicultura, viticultura, drumurile, construcțiile.

Ceața se datorează cristalelor fine de gheață care se găsesc însă în atmosferă (nu sunt depuse ca în cazul brumei, chiciurei sau poleiului) și care se caracterizează prin reducerea vizibilității la sub 1km în stratul de aer de la sub 2m înălțime. Ceața are frecvență mai mare în regiunile de țărm, iar în evoluția în timp este mai frecventă noaptea și dimineața, toamna și iarna pe continente și primăvara pe mări și oceane.

Toate fenomenele atmosferice de risc din anotimpul rece al anului au grave urmări, în primul rând, asupra agriculturii. Spre exemplu, în cazul înghețului, sunt cunoscute efectele grave asupra viticulturii și pomiculturii. Pagubele datorate înghețului pot fi diminuate prin: măsuri de prevenire anterioare plantării sau

însămînțării, măsuri destinate creșterii temperaturii solului și aerului; măsuri de atenuare a răcirilor radiative nocturne; măsuri pentru împiedicarea producerii inversiunilor termice.

Ceața, deși este previzibilă, creează mari dificultăți navigației aeriene, navale și fluviale, transporturilor terestre, prin reducerea excesivă a vizibilității. De asemenea, crește numărul accidentelor și respectiv a pierderilor de vieți omenești datorită vizibilității reduse. În multe situații fenomenul a avut caracter de catastrofă. Ceața combinată cu particulele solide și de gaze impurificatoare din arealele urbane, formează smog-ul, care favorizează concentrarea poluanților, cu urmări grave asupra populației.

În perioada caldă a anului, secetele, perioadele uscate și de uscăciune sunt cele prejudicioase riscuri meteo-climatice. Secetele sunt fenomene atmosferice de risc complexe, datorate reducerii sau chiar absenței precipitațiilor, caracterizate prin deficit de umezeală în aer și sol și prin creșteri ale evapotranspirației potențiale. Seceta atmosferică, caracterizată prin lipsa totală sau parțială a precipitațiilor pe timp mai îndelungat, conduce la apariția secetei pedologice, datorită deficitului de umezeală din ce în ce mai adânc în sol. Absența precipitațiilor se datorează staționării timp îndelungat a formațiunilor barice anticlonale.

Intensitatea fenomenelor de secetă depinde de intensitatea cauzelor. Pot dura de la câteva zile până la câteva luni, un an sau mai mulți ani consecutivi. De asemenea, secetele se diferențiază de la un loc la altul pe suprafața Pământului. În unele regiuni sunt mai puțin extinse în teritoriu și pot fi și mai puțin severe, în alte regiuni secetele sunt îndelungate, fiind astfel un fenomen extrem caracteristic acestor regiuni. Impactul asupra populației și mediului este devastator în ambele situații. În arealele cu apariție episodică datorită caracterului imprevizibil, daunele pot fi remarcabile.

Secetele influențează, în primul rînd, covorul vegetal natural și antropic, fiind unele dintre cele mai agresive fenomene de risc cu urmări asupra condițiilor de trai ale populației și mediului. Durata și intensitatea secetei, precum și unele fenomene care premereg seceta sau care o însoțesc îi determină caracterul de dezastru. Dintre aceste condiții, mai importante sunt:

- durata de la cîteva luni la cîteva ani consecutivi;
- deficit important de apă din perioada precedentă;
- asocierea mai multor factori meteorologici ca insolația, temperatura ridicată, umezeala aerului redusă, vînturi puternice, absența precipitațiilor;
- perioade de înheț precedent secetei sau alte fenomene meteorologice cu influențe negative asupra plantelor;
- declanșarea secetei în timpul celor mai importante faze de vegetație;
- apariția secetelor în regiuni cu precipitații reduse cantitativ;
- soluri uscate, lipsite de coeziune și fără apă;
- lipsa irigației.

Dintre procesele și fenomenele de risc cu expansiune mare în teritoriu, de importanță globală, deșertificarea este unul dintre cele mai complexe, datorîndu-se unor cauze naturale și antropice. În sens restrîns, deșertificarea este procesul de extindere a deșerturilor; ecosistemele din regiunile semiaride se sting, își pierd capacitatea de autoregenerare, iar terenurile sunt incluse celor aride, fără vegetație. Caracteristicile esențiale ale deșertificării sunt: diminuarea treptată a suprafețelor cu vegetație arborescentă; erodarea și sărăcirea solului prin caracterul torențial al precipitațiilor, salinizarea solurilor, etc.

Deșertificarea reduce suprafețele agricole de pe Terra și înăsprește condițiile de locuire. Asociată cu alte fenomene globale,

cum ar fi topirea ghețarilor și invadarea cu ape a litoralului, induce o perspectivă nu prea optimistă asupra condițiilor de locuire a Pământului.

Riscurile hidrice, care la fel, au o frecvență sporită pe teritoriul țării, reprezintă un ansamblu de amenințări asupra populației, bunurilor acesteia și mediului datorate proceselor hidrice, respectiv apei de la suprafața Pământului, procese exprimate calitativ și cantitativ. Cea mai mare parte a proceselor hidrice sunt legate și determinate de cele atmosferice sau chiar geomorfologice, de aceea ca fenomen hidric de risc, inundațiile sunt cele mai reprezentative. Acest lucru este clar exprimat de către O.Bogdan și în clasificarea genetică a fenomenelor hidrice:

- ~ fenomene hidrice extreme: inundațiile;
- ~ fenomene și procese hidrodinamice care pot avea impact negativ asupra populației și mediului: valurile, marea, curenții, oscilația nivelului Oceanului Planetar, aisbergurile, avalanșele;
- ~ fenomene și procese hidrice staționare: excesul de umiditate;
- ~ procese și fenomene legate de interferențe hidrice, respectiv de amestecul apelor continentale cu cele marine-oceanice, în regiuni litorale intens populate.

Unele dintre cele mai dezastruoase fenomene extreme datorate unor factori combinați atmosferici și hidrici le constituie inundațiile. Prin amploarea fenomenului, ele au repercursiuni nu numai prin pagubele mari materiale și pierderile de vieți omenești, ci și prin efectul asupra mediului, modificând atât albia minoră, cât și cea majoră. Datorită fertilității ridicate a solului și existenței apei, populația s-a așezat în lungul râurilor, asumându-și riscul distrugerilor provocate de inundații. De aceea despre inundațiile

catastrofale produse pe glob în decursul istoriei, cu foarte mari pagube materiale și victime omenești se spune că sunt "războaiele pierdute ale omenirii".

În procesele de evoluție și de dinamică ale albiei unui râu, asemenea fenomene sunt normale, societățile umane dobîndind experiență în cunoașterea și prevederea lor, cu toate tributurile enorme de vieți omenești pe care le-au datorat fluviilor.

Apariția inundațiilor se datorează, în primul rînd, unor factori naturali legați de condițiile climatice care generează cantități mari de precipitații, furtuni, ș.a.

Cauzele climatice presupun o creștere a nivelurilor sau a debitelor peste valorile normale și revărsarea apelor în areale limitrofe ca urmare a unor fenomene climatice deosebite.

Ploile și, în special, cele torențiale, constau în căderea unor cantități mari de precipitații într-un timp foarte scurt, astfel încît capacitatea de infiltrare a solului este repede depășită și aproape întreaga cantitate de apă căzută se scurge spre rețeaua de văi, generînd viituri, depășirea capacității de transport a albiilor minore și deversarea apelor în albiile majore, provocînd inundații.

În cazul rîurilor, viiturile cu amplitudini mari de nivel stau la baza producerii inundațiilor în albiile majore. Cea mai importantă caracteristică a unei viituri este înălțimea apei în albie, pentru că înainte de toate, ea este generată de o creștere a nivelului apelor. Pentru a se produce o inundație este însă necesar ca în lungul rîurilor să existe o luncă inundabilă. Excepție fac sectoarele de chei și defilee din lungul rîurilor unde nu se produc inundații chiar la creșteri spectaculoase ale nivelurilor. Pentru a caracteriza viitura sunt necesare o serie de valori cantitative asupra debitelor de apă scurse și a nivelurilor înregistrate.

Ritmul accelerat al schimbărilor climatice la nivel regional este asociat și de manifestarea fenomenelor extreme, care în ultimii ani, devin mai intensive și mai frecvente. Cu regret, constatăm, că pînă în prezent, nu există o concepție unanim acceptată despre caracteristicile factorilor de risc, nu există o bază informațional științifică, care ar permite organizarea și funcționarea optimă a sistemelor teritoriale. De aceea, elaborarea suportului informațional-științific privind factorii meteo- climatici cu influență directă asupra structurii organizării teritoriale, ca mediu de viață și ca zone cu potențial durabil de resurse naturale, prezintă o prioritate printre multiplele activități cotidiene.

Alternarea frecventă a factorilor meteo-climatici de risc "rece-cald și umed-uscat", afectează toate ramurile economiei naționale, în speță agricultura, sectorul forestier, sănătatea dar și eficiența energetică a clădirilor, stabilitatea, durabilitatea și durata de viață a construcțiilor și elementelor lor. Acești factori, la etapa actuală, trebuie luați în calcul nu numai la asigurarea unei agriculturi durabile spre exemplu, dar și la proiectarea construcțiilor. În legătură cu modificarea climei, condiționată de efectul încălzirii globale, care s-a intensificat în ultimii 25 ani, precum și în contextul elaborării și armonizării documentelor normative în corespundere cu standardele Uniunii Europene, în acest domeniu, se cere o nouă tratare a factorilor de mediu, cu precădere a celor meteo-climatici.

Menționăm, în acest context, că necesitatea dezvoltării cadrului normativ este stabilită în principalele documente de politici naționale:

- Programul de activitate al Guvernului Republicii Moldova
Integrarea Europeană: Libertate, Democrație, Bunăstare
2013-2014;

- Strategiei Republicii Moldova de adaptare la schimbarea climei pînă în anul 2020 și a Planului de acțiuni pentru implementarea acesteia.
- Strategia energetică a Republicii Moldova pînă în anul 2030, aprobată prin Hotărîrea Guvernului nr. 102 din 05.02.2013;

În contextul prevederilor Comisiei Interguvernamentale pentru Schimbări Climatice [43, 44, 45, 46, 47] se menționează, că schimbarea globală a climei va fi însoțită și în continuare de manifestarea riscurilor climatice, intensitatea și frecvența cărora va spori esențial. Ținînd cont de poziția geografică a țării în sud-estul Europei, unde ritmul schimbărilor climatice, conform estimărilor [65, 73] este cu mult mai accelerat decît cel mediu global, putem afirma, că manifestarea acestora, va purta un caracter mai pronunțat în viitorii ani apropiați, comparativ cu perioadele precedente. Unele dintre riscurile climatice, cum ar fi ploile abundente, pot servi ca factor declanșator în apariția altor riscuri naturale: cu caracter geomorfologic (alunecările de teren), pedologic (eroziunea solului) sau hidrologic (inundațiile). În același timp, secetele, au un impact negativ și distructiv asupra terenurilor agricole, solului, etc.

Necătînd la faptul, că se cunosc lucrări privind estimarea factorilor meteo-climatici, constatăm, că rolul acestor factori în organizarea sistemelor teritoriale pînă în prezent nu este suficient estimat atît în condițiile Republicii Moldova, cît și în plan regional. Dar, realizarea prevederilor la nivel național a Convenției ONU privind Combaterea Deșertificării, a Convenției ONU privind Schimbările Climatice, a Convenției Peisajelor, precum și Acordului de Asociere a Republicii Moldova cu Uniunea Europeană printr-o serie de Directive privind gestionarea Riscurilor Naturale,

condiționează necesitatea cunoașterii variabilității spațio-temporale a riscurilor meteo-climatice, în noile condiții climatice.

Investigațiile prezentate în această lucrare au la bază utilizarea unei informații complexe și actuale, stocate în baza unor tehnologii contemporane de cercetare (Sisteme Informaționale Geografice), asigurînd astfel, actualizarea și referențierea operativă a factorilor meteo-climatici de risc către coordonatele geografice reale. Estimările cu caracter temporal scot în evidență perioadele de revenire a unor factori meteo-climatici pe teritoriul Republicii Moldova.

În concluzie constatăm, că rezultatele științifice prezentate în această lucrare va putea asigura organele de stat și diferiți agenți economici cu informație climatică actualizată, în vederea atenuării influenței nefaste ai factorilor meteo-climatici de risc asupra diverselor activități practice.

CAPITOLUL 1. SCHIMBĂRILE CLIMATICE REGIONALE ȘI IDENTIFICAREA FACTORILOR METEO-CLIMATICI DE RISC

1.1. Schimbări climatice regionale

Marea variabilitate climatică din ultimele decenii, necesită cercetări detaliate și permanente, cu scopul luării în calcul a schimbărilor climatice atestate, atât la luarea diverselor decizii cu caracter aplicativ, cât și la adaptarea corectă către aceste schimbări. Rezultatele cercetărilor anterioare obținute la acest compartiment [62, 65] indică faptul, că ultimii ani pot fi caracterizați ca unii din cei mai calzi ani în seria observațiilor instrumentale.

De aceea, important este luarea în calcul a ultimilor ani, deoarece anume aceștea, își lasă amprenta asupra manifestării extremelor termice și pluviale semnificative. Astfel, în aspect regional, pentru o perioadă de 130 de ani (1887-2017), pe teritoriul Republicii Moldova temperatura medie anuală - indicator al procesului de încălzire (fig.1.1) constituie $0,0129^{\circ}\text{C}/\text{an}$.

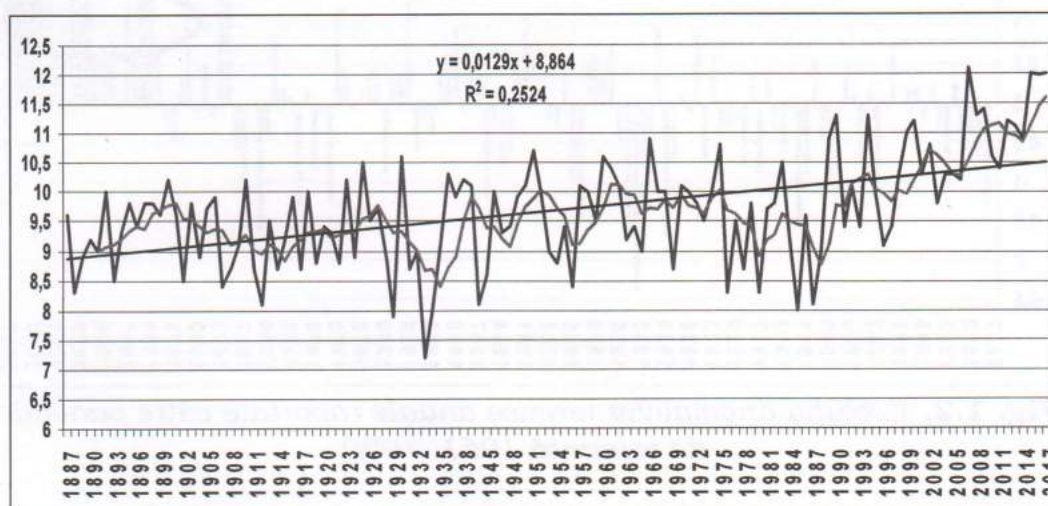


Fig.1.1. Tendința de modificare a temperaturii medii anuale
(1887-2017)

Deși, s-ar părea, că ne încadrăm în "culoarul schimbărilor climatice așteptate" [65], rezultatele științifice obținute demonstrează un ritm de "încălzire" cu mult mai pronunțat în ultimele decenii.

Anomaliile termice anuale relevă faptul, că acestea se caracterizează prin predominarea celor cu semn pozitiv (fig.1.2), intensitatea căroră crește semnificativ în ultimii ani (2000-2017). Devierile termice, practic anual, au fost cele mai esențiale în seria observațiilor instrumentale (1887-2017).

Această concluzie se confirmă și prin estimarea comparativă a valorilor ce caracterizează cei mai reci și cei mai calzi ani manifestați pe teritoriul Republicii Moldova, pentru două intervale de timp cercetate (1887-2010 și 1887-2016), care constată o "păstrare" în timp a valorilor ce caracterizează cei mai reci ani și o modificare esențială a celor mai calzi ani, înregistrați în seria observațiilor instrumentale.

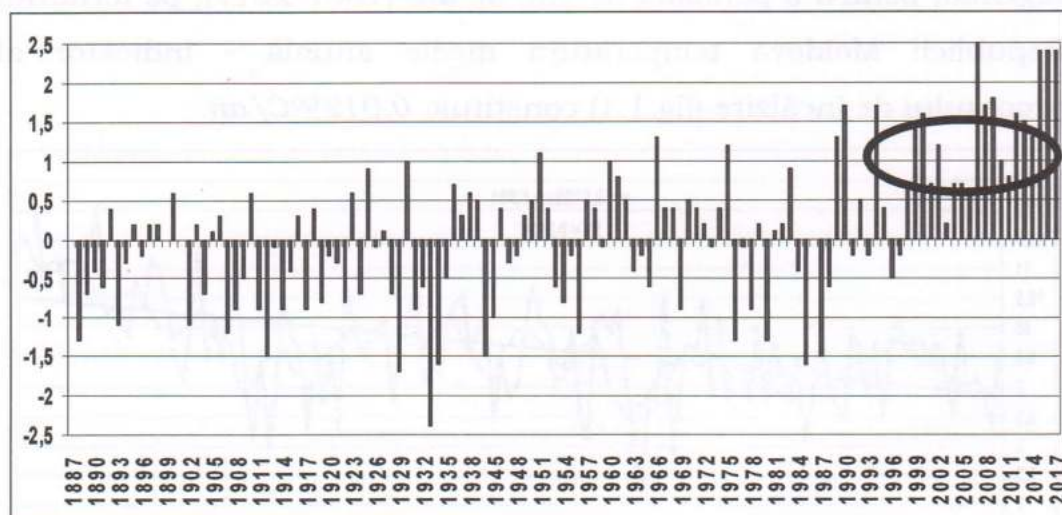


Fig. 1.2. *Evoluția anomaliilor termice anuale raportate către perioada de referință 1961- 1990*

Astfel, cele mai scăzute valori termice ale anului rămân neschimbate (tab.1.1), ca și în cazul rezultatelor cercetărilor incluse în Atlasul Resursele Climatice ale Republicii Moldova [62]. Anii

1933, 1929, 1934, 1985, 1912, 1940, 1987, 1888, 1976, 1980 au fost cei mai reci ani în seria observațiilor instrumentale când temperatura medie anuală a constituit 7.2 ...8.3°C.

Tabelul 1.1 Topul celor mai reci și a celor mai calzi ani înregistrați în perioada 1887-2017

1887-2010 [62]				1887-2017			
Cei mai reci ani		Cei mai calzi ani		Cei mai reci ani		Cei mai calzi ani	
1933	7,2	2007	12,1	1933	7,2	2007	12,1
1929	7,9	2009	11,4	1929	7,9	2015	12,0
1934	8,0	1990	11,3	1934	8,0	2016	12,0
1985	8,0	1994	11,3	1985	8,0	2017	12,0
1912	8,1	2008	11,3	1912	8,1	2009	11,4
1940	8,1	2000	11,2	1940	8,1	1990	11,3
1987	8,1	1999	11,0	1987	8,1	1994	11,3
1888	8,3	1966	10,9	1888	8,3	2008	11,3
1976	8,3	1989	10,9	1976	8,3	2000	11,2
1980	8,3	2002	10,8	1980	8,3	2012	11,2

În cazul celor mai calzi ani, anul 2007, rămîne a fi cel mai cald din seria observațiilor instrumentale (1887-2017), după care se poziționează anii 2015, 2016 și 2017 cu valori termice semnificative. Deci, ultimii trei ani, au înregistrat unele din cele mai înalte valori, ceea ce încă odată putem constata, că ne aflăm în pragul unor schimbări climatice substanțiale. Anul 2009 se plasează pe locul cinci, comparativ cu perioada precedentă studiată. Manifestarea trei ani de-a rîndul (2015, 2016, 2017) a valorilor termice înalte determină ca anul 2012, să reprezinte limita temporală a anilor

extremi de calzi, când temperatura medie anuală a constituit $11,2^{\circ}\text{C}$, față de media multianuală de $9,6^{\circ}\text{C}$. Remarcăm faptul, că anul 2013, care este plasat peste limita- top a anilor extremi de calzi, la fel, a înregistrat valori ridicate ($11,1^{\circ}\text{C}$).

Dacă, conform [62], în ultimele două decenii manifestarea anilor foarte calzi anii a avut o repetabilitate de odată în 2 ani (tab.1.1), cu includerea ultimilor 6 ani constatăm, că 8 ani din topul celor 10 foarte calzi (din seria de timp 1887-2017), aparțin perioadei anilor 2000-2017 (2007, 2015, 2016, 2017, 2009, 2008, 2000, 2012). Cel de-al 11 an este 2013, care în perioada anterior studiată (1887-2016) se poziționa pe locul 10 ani în topul anilor extremi de calzi. Remarcăm, la ponderea semnificativă pe care o au ultimii trei ani în estimarea tendinței de încălzire a climei la nivel regional. Astfel, doar cu includerea ultimului an 2017 valorile trendului cresc cu $0,0006^{\circ}\text{C}$, adică de la $0,0123^{\circ}\text{C}/\text{an}$ (1887-2016) la $0,0129^{\circ}\text{C}/\text{an}$ (1887-2017), pentru toată seria observațiilor instrumentale.

Cele remarcate, încă odată demonstrează faptul, că schimbările climatice persistă cu o tendință pronunțată de încălzire, fapt de care trebuie să se țină cont în cazul amenajării teritoriului.

De aceea, este necesară "regionalizarea" diverselor prospecțiuni climatice, cu precădere a celor, ce se conțin în primul Atlas a Comisiei Interguvernamentale privind Schimbările Climatice [47]. Aceste modele au cea mai "actualizată" perioadă de referință, 1986-2005 (fig.1.3).

Pe exemplul scenariului climatic RCP 4.5. au fost elaborate hărțile digitale ce reflectă temperatura medie anuală așteptată în viitorii ani apropiați, ținând cont de ponderea factorilor fizico-geografici locali în redistribuirea elementelor climatice.

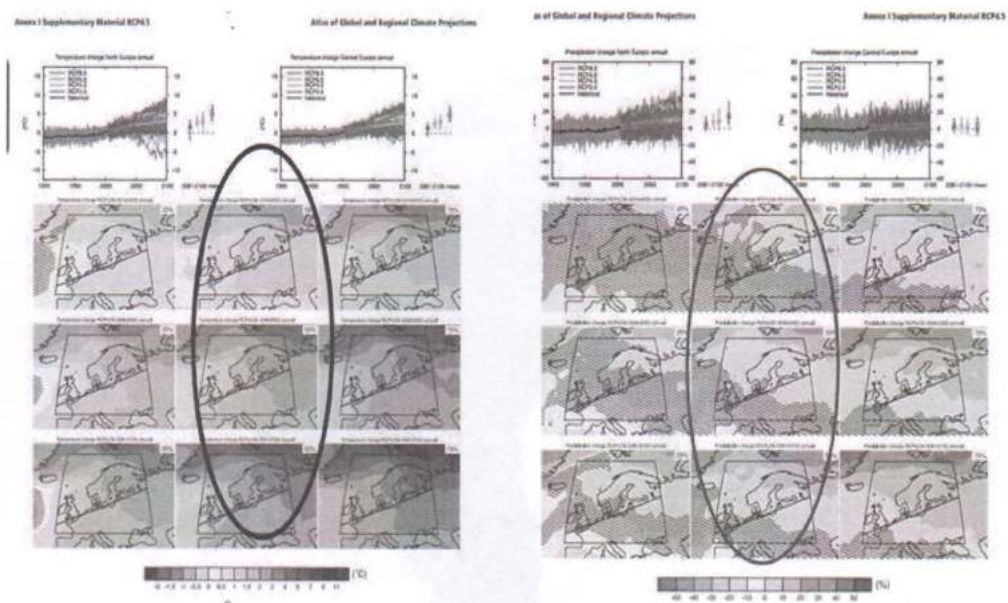


Fig.1. 3 Scenariul climatic regional RCP 4.5, privind temperatura medie anuală și cantitatea anuală de precipitații [47]

În limitele Republicii Moldova (fig.1.4a), pentru viitoarele decenii (2016-2035) se proiectează o majorare a temperaturii medii anuale cu aproximativ 1.5...2.0°C. Harta digitală (fig.1.4b) ce reflectă repartiția spațială a temperaturii medii anuale în viitorii ani apropiați (perioada anilor 2016-2035) demonstrează, că în extremitatea de sud și sud-est, aceasta, ar putea constitui peste 12.5°C. În partea de nord a țării, temperatura medie anuală ar putea atinge valori de 10.5-11.0°C. Constatăm faptul, că potrivit modelului cartografic elaborat pentru perioada de timp 1986-2005 (perioadă de referință inclusă în cercetările internaționale) în partea de sud și sud-est, temperatura medie anuală a constituit 10.5-11.0°C și numai în partea de nord și la altitudini- aceasta a variat în limitele 9.5-10.0°C, fiind aproape de norma climatică (9,6°C) a acestei valori.

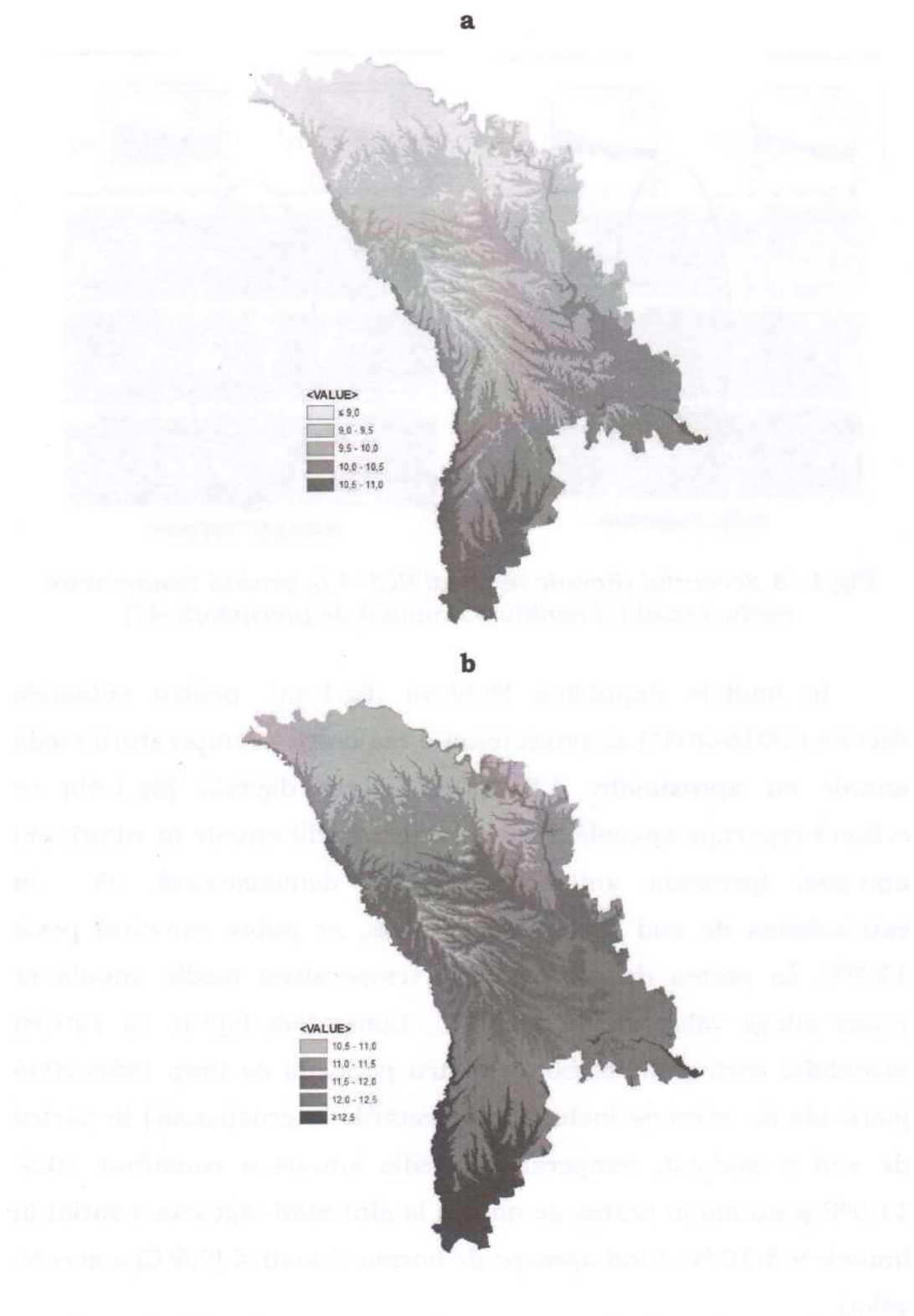


Fig.1.4. Modelarea cartografică a temperaturii medii anuale (a- 1986-2005; b- prognozată 2016-2035 cu RCP 4.5) pe teritoriul Republicii Moldova

Considerăm, că aceste studii, ce demonstrează un asemenea ritm accelerat de încălzire și diferențiat în spațiu, va putea contribui la selectarea cu atenție a măsurilor privind atenuarea consecințelor schimbărilor climatice.

În cazul precipitațiilor atmosferice, pentru perioada anilor 1891-2017 se atestă o majorare a cantității precipitațiilor anuale cu 0,6558 mm/an (fig.1.5), față de cercetările anterioare, când cantitatea de precipitații în aspect anual pe teritoriul Republicii Moldova înregistra o creștere cu 0,719 mm/an pe parcursul anilor 1891-2010.

Deci, necătînd la faptul, că se păstrează aceiași majorare a cantității anuale de precipitații, ultimii 5 ani au influențat semnificativ valoarea numerică a acestei majorări. Aceasta de fapt, constituie cu 0,0632 mm/an mai puțin față de perioada precedentă studiată (1891-2010).

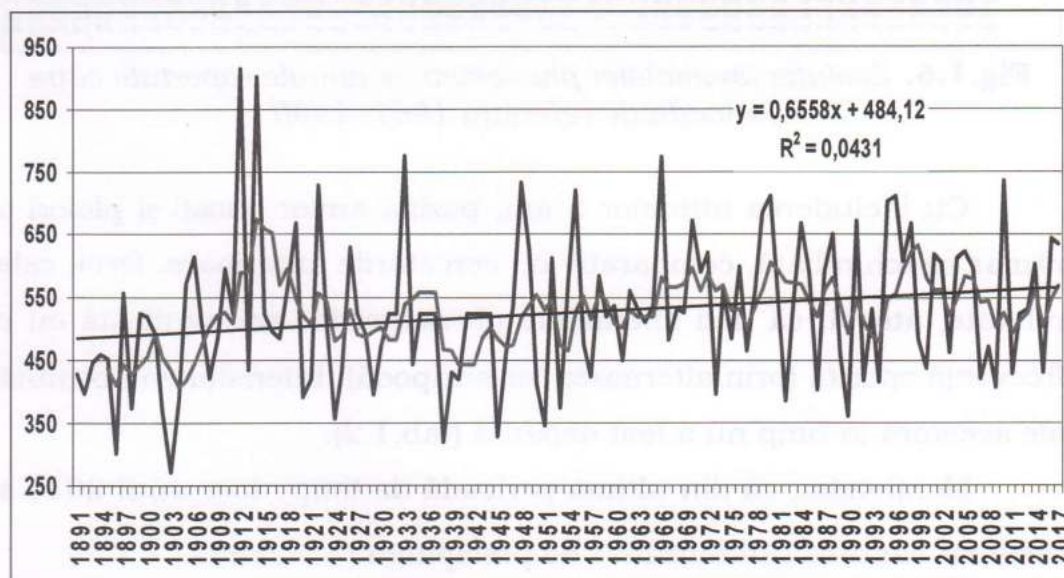


Fig.1.5. Tendința de modificare a cantității anuale a precipitațiilor atmosferice (1891-2017)

În ultimele decenii, se observă o alternare frecventă a anomaliilor pluviometrice pozitive cu cele negative, ceea ce demonstrează caracterul extrem de variabil a manifestării atât a anilor cu excese pluviometrice, cât și cu deficit pluviometric (fig. 1.6). În 1903, cantitatea anuală a precipitațiilor atmosferice a constituit doar 271,8 mm, iar în 1912 au fost înregistrate cele mai semnificative valori de 915 mm (tab. 1.2).

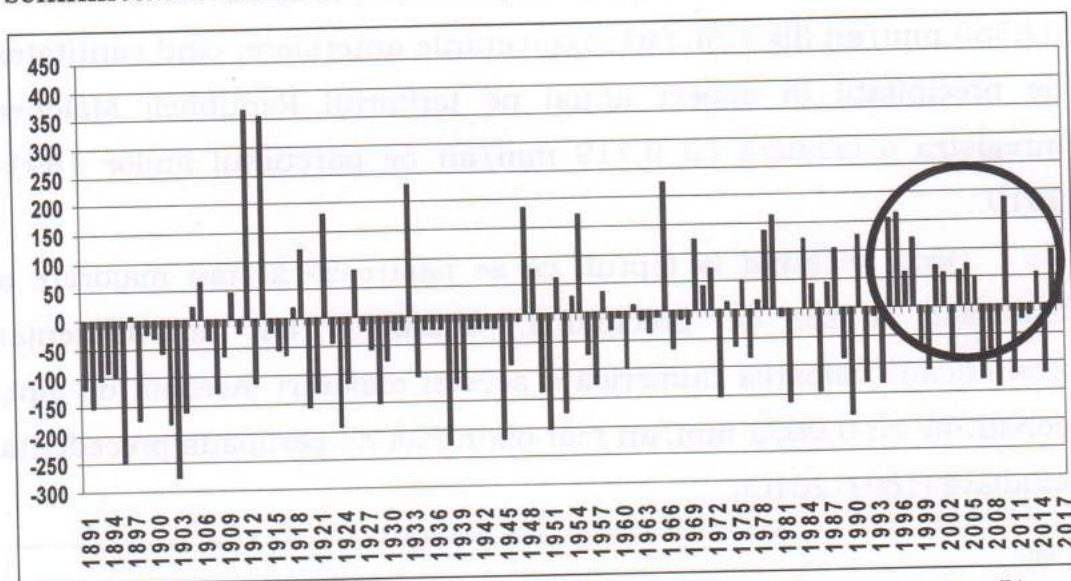


Fig.1.6. *Evoluția anomaliilor pluviometrice anuale raportate către perioada de referință 1961- 1990*

Cu includerea ultimilor 5 ani, poziția anilor uscați și ploioși a rămas neschimbată, comparativ cu cercetările anterioare. Deci, cele relatate, atestă, că deși anomaliile pluviometrice se manifestă cu o frecvență sporită (prin alternarea lor antipodă), intensitatea absolută ale acestora în timp nu a fost depășită (tab.1.2).

Menționăm, că din ultima perioadă de timp, doar anul 2010 a însumat cantități semnificative de precipitații (735 mm).

În același timp, alternările frecvente a deficitului și surplusului pluviometric, precum și diversele scenarii climatice elaborate la nivel global și regional relevă faptul, că în sud-estul

Europei va persista tendința de scădere a cantității anuale a precipitațiilor atmosferice în viitorii ani apropiați.

Tabelul 1.2 Topul celor mai reci și a celor mai calzi ani înregistrați în perioada 1891-2017

Ani uscați		Ani ploioși	
1903	271,8	1912	915
1896	301	1914	903
1938	320	1933	777
1945	329	1966	774
1951	345	2010	735
1924	357	1948	734
1990	361	1922	729
1902	368	1955	721
1953	373	1980	712
1898	374	1996	711

Conform prospecțiunilor climatice privind regimul pluviometric cu același sceanariu climatic RCP 4.5, constatăm, că în viitorii ani apropiați, pentru teritoriul Republicii Moldova se așteaptă o scădere cu 10% a sumelor acestora în partea de sud și centru (cu excepția altitudinilor) și, dimpotrivă, o majorare a lor (cu 10%) în partea de nord a țării. Rolul factorilor fizico-geografici își lasă amprenta asupra repartiției lor spațiale.

Elaborarea hărților digitale (fig.1.7b) ce relevă repartiția spațială a cantității anuale de precipitații în perioada anilor 2016-2035, demonstrează, că în extremitatea de sud și sud-est aceasta ar putea constitui 450-500 mm față de 450 mm -550 mm observată

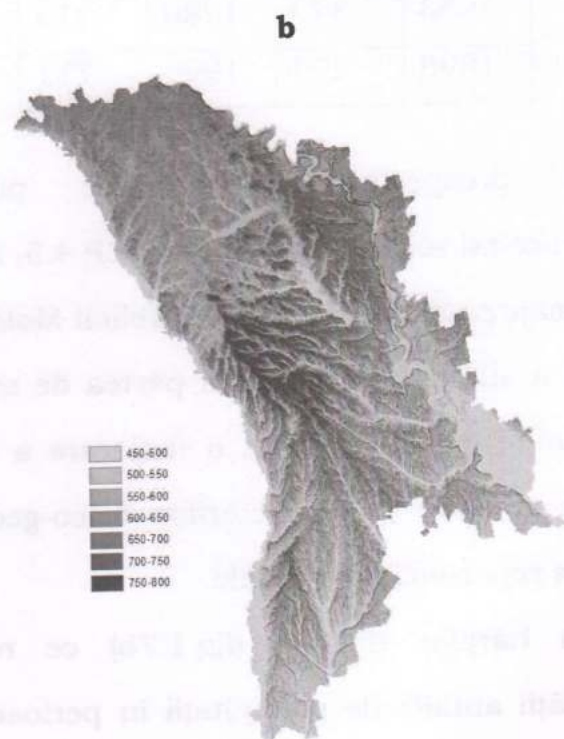
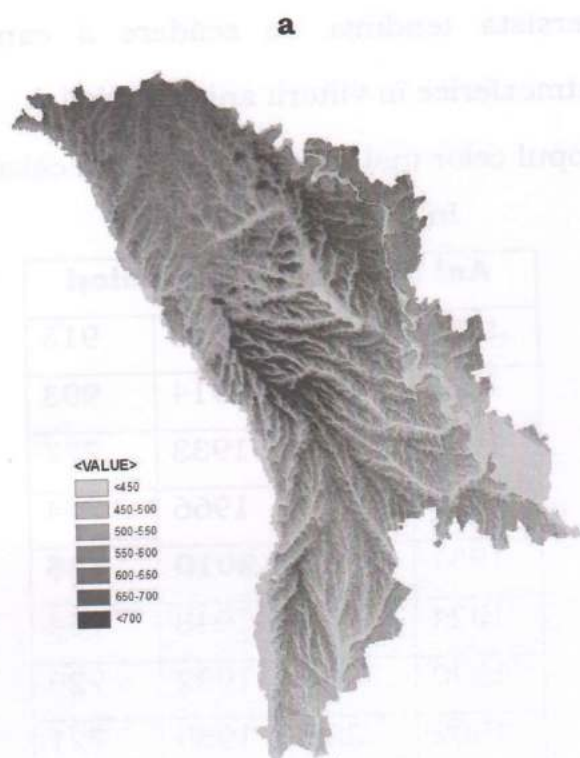


Fig.1.7. Modelarea cartografică a cantității anuale a precipitațiilor atmosferice (a- 1986-2005; b- prognozată 2016-2035 cu RCP 4.5) pe teritoriul Republicii Moldova

în anii 1986-2005 și 750-800 mm în partea de nord și centrală (la altitudini), față de 700 mm și mai puțin- valoare înregistrată în perioada de referință (fig.1.7a). Asemenea studii, ce demonstrează caracterul extrem de variabil în timp și spațiu a parametrilor climatici de bază, va putea contribui la selectarea cu atenție a măsurilor privind atenuarea consecințelor schimbărilor climatice asupra diverselor activități, inclusiv asupra sectorului agricol, forestier, proiectării drumurilor și a construcțiilor pe teritoriul Republicii Moldova, etc.

1.2. Identificarea criteriilor de evaluare a riscurilor meteo-climatice regionale

Către sfârșitul anilor '80, când problematica fenomenelor de risc s-a impus cu putere în lumea științifică, terminologia utilizată pornea, în principiu, de la definițiile existente în diferite surse de largă recunoaștere internațională [41, 42, 55, 59, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 74]. Dar, până în prezent, nici pe plan mondial și nici în Republica Moldova, nu există o terminologie unanim acceptată în ceea ce privește definirea fenomenelor naturale extreme. Dintre termenii utilizați, literatura de specialitate anglo-saxonă preferă termenul de "hazarde naturale", iar cea franceză utiliza mai mult noțiunile de "dezastre" și "catastrofe". Conform dicționarului IDNDR, *hazardul* reprezintă "un eveniment amenințător sau probabilitatea de apariție într-o regiune și într-o perioadă dată a unui fenomen natural cu potențial distructiv (pagube materiale, daune aduse mediului înconjurător, victime umane)". *Riscul* este definit ca "numărul posibil de pierderi umane, persoane rănite, pagube materiale de orice fel, produse în timpul unei perioade de

referință și într-o regiune dată, în cazul existenței unui fenomen natural particular”. *Dezastrul natural* reprezintă “o gravă întrerupere a funcționării unei societăți, care cauzează pierderi umane, materiale și de mediu, pe care societatea respectivă nu le poate depăși cu resurse proprii”. *Vulnerabilitatea* înseamnă “gradul de pierderi (0-100%), rezultate din potențialitatea unui fenomen de a produce victime și pagube materiale”, gradul de vulnerabilitate depinzând de nivelul de dezvoltare socio-economică al zonei în cauză. Pe lângă definițiile de mai sus, există încă multe abordări care urmăresc să completeze și să îmbunătățească semnificația termenilor menționați [2, 3, 4, 15, 20, 21, 22, 23, 24, 31, 34, 36, 37, 38, 48, 53, 54, 60, 61].

O abordare matematizată este cea a Oficiului Națiunilor Unite pentru Coordonarea Catastrofelor (UNDRO), potrivit căreia riscul reprezintă produsul dintre pericolozitate (exprimată în %), vulnerabilitate (exprimată prin valori între 1 și 10) și valoarea economică a pagubelor înregistrate.

Experții Programului de Dezvoltare a ONU (UNDP), au elaborat definirea unificată a riscului hazardurilor naturale (Disaster Risk Index, DRI) care constă în *probabilitatea consecințelor negative* și a *pierderilor prevăzute* ce rezultă din interacțiunea fenomenelor periculoase de proveniență naturală, antropică și a condițiilor de vulnerabilitate.

Vulnerabilitatea sunt *condițiile* determinate de factorii naturali, sociali, economici și ecologici sau *procesele*, care intensifică expunerea unei sau altei comunități influenței pericolului (Reducing Disaster Risk, global report, 2005).

Centrul de Cercetări Epidemiologice privind Hazardurile Naturale al Universității din Luviana, Belgia (CRED), care este cea mai autoritară organizație în statistica calamităților de diferită

proveniență, se bazează pe criteriile ce includ următoarele cerințe: *10 și mai multe jertfe umane; nu mai puțin de 100 sinistrați; solicitarea ajutorului internațional; declararea situației excepționale în țară* [61]. Pentru a diminua efectele riscurilor climatice legate de procesul de aridizare (în special a secetei), a devenit evidentă, încă de la finele secolului trecut, sarcina de a înființa un Centru de Management al Secetei pentru sud-estul Europei. Această idee a fost dezvoltată de către Comisia Internațională pentru Irigații și Drenaje (ICID) și Convenția Națiunilor Unite pentru Combaterea Deșertificării (UNCCD). Punctele focale naționale la UNCCD și reprezentanții naționali permanenți la Organizația Meteorologică Mondială (WMO) au convenit asupra responsabilităților principale ale Centrului de Management al Secetei pentru sud-estul Europei (DMCSEE) și a documentului privind propunerea de proiect. Misiunea DMCSEE, propusă prin acest document, este de a coordona și facilita dezvoltarea, evaluarea și aplicarea instrumentelor și politicilor de management a riscului la secetă în sud-estul Europei, având ca obiectiv îmbunătățirea capacității de prevenire și reducere a impactului acesteia. De aceea, DMCSEE își concentrează activitatea pe monitoringul și evaluarea secetei, precum și a riscului și vulnerabilității asociate cu aceasta [61].

La nivel național, conform Serviciului Protecției Civile și Situațiilor Excepționale, identificarea riscurilor din perioada caldă și rece a anului, are loc în baza înregistrării pagubelor materiale și a victimelor omenești. În cadrul acestei organizații există o bază informațională de date elaborată pentru ultimii ani care este dispusă și on line [61].

Reieșind din particularitățile regionale de manifestare a riscurilor meteo-climatice pe teritoriul Republicii Moldova, dar și a definirii acestora ca fenomen de risc, la fel, au fost identificate

riscurile meteo-climatice din perioada rece și caldă a anului, care au fost însoțite de mari pagube materiale, victime și sinistrați.

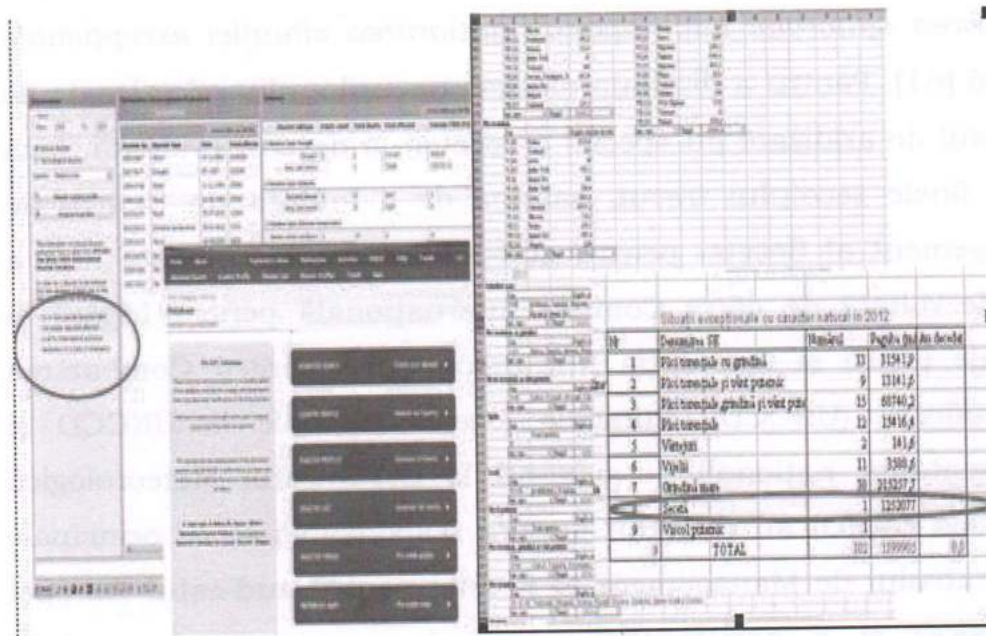


Fig.1.2.1. Crearea bazei informaționale de date în baza diverselor criterii de identificare

A fost creată baza informațională (fig.1.2.1) de date privind manifestarea riscurilor, conform criteriilor susmenționate, colectate din baza de date internațională și națională [66].

Estimarea ponderată (fig.1.2.2) a factorilor meteo-climatici de risc după pierderile materiale și a victimelor omenești, conform CRED și a datelor Serviciului Protecției Civile și Situații Excepționale, spre exemplu, demonstrează, că seceta anului 2007, a condus cu sine la cele mai semnificative pagube materiale, constituind circa 52% din totalul pierderilor, în timp ce inundațiile din luna august 1994 declanșate pe teritoriul Republicii Moldova au provocat circa 54% de decese din totalul acestora înregistrate în perioada anilor 1960-2017.

Astfel, putem constata, că secetele și inundațiile în condițiile republicii sunt factorii de risc cu cel mai mare impact asupra

multiplelor activități umane. În același timp, manifestarea altor factori meteo-climatici de risc, în anumiți ani concreți, pot esențial influența starea de sănătate a populației și activitatea economică pe domenii aparte.

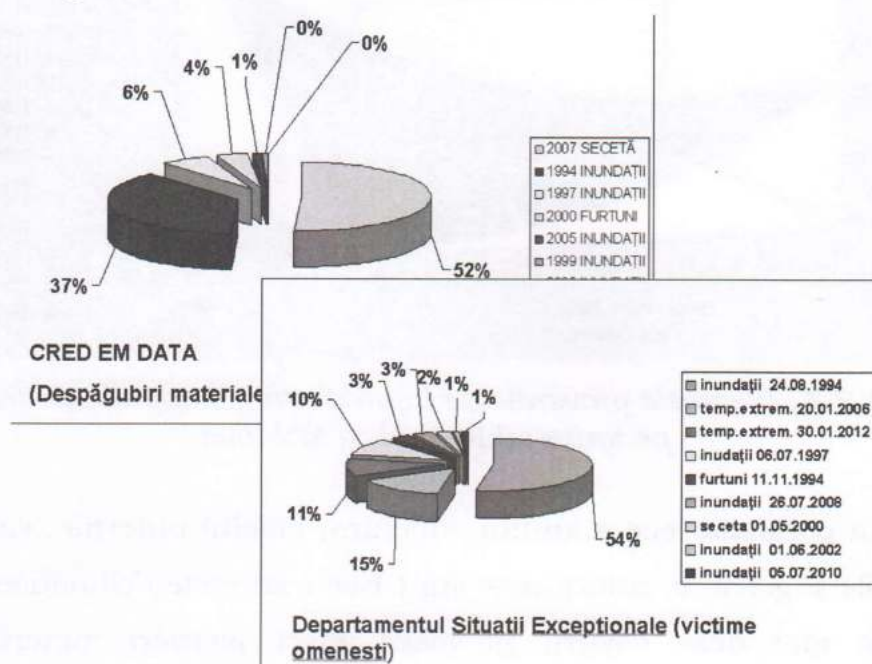


Fig.1.2.2. Estimarea ponderată a diferitor categorii de riscuri climatice (1960-2017)

Așadar, în perioada caldă a anului, seceta reprezintă cel mai important factor meteo-climatic de risc, care poate conduce cu sine la mari pierderi materiale, acestea fiind urmate de ploile torențiale însoțite cu vânt puternic sau grindină (fig.1.2.2).

Pe lângă pagubele provenite din manifestarea secetelor, ploile torențiale, spre exemplu cele înregistrate în luna iunie din ultimii ani (2000-2017), au constituit valori impunătoare, ceea ce se confirmă și cu estimarea graficului de suprafață (fig.1.2.3), care demonstrează o legătură strânsă între pagubele pricinuite de către regimul termic și specificul manifestării precipitațiilor maxim diurne din iunie înregistrate în ultimele decenii.

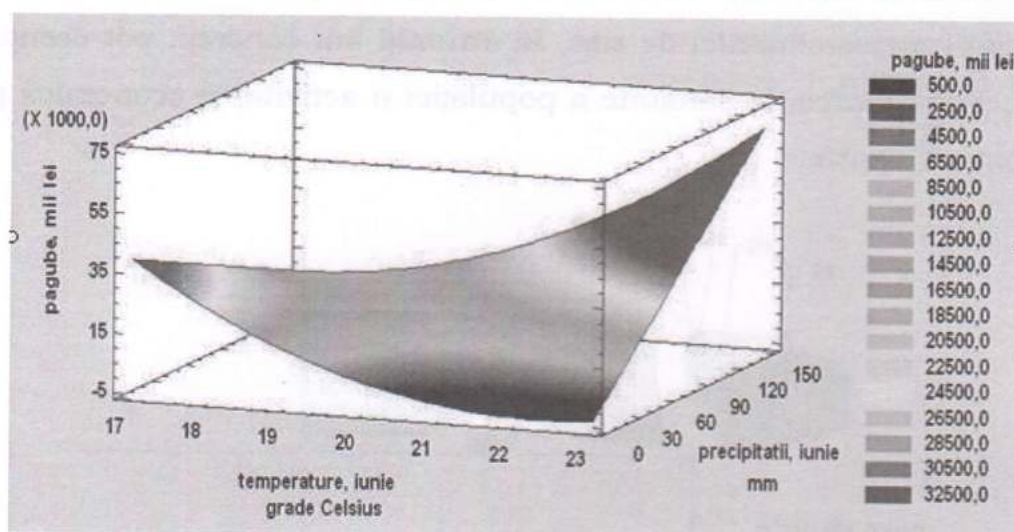


Fig.1.2.3. Pagubele provenite de la precipitațiile abundente (iunie) pe teritoriul Republicii Moldova

În perioada rece a anului, chiciura, poleiul puternic, viscolul, ninsorile și gerurile puternice – sunt riscurile meteo-climatice, care în cele mai dese cazuri, provoacă mari pierderi materiale și destabilizări esențiale în activitatea economică și în speță, în circulația transportului (fig.1.2.4).

polei puternic					Ninsori puternice				
Anul	Numărul	Paguba (mld)	Au deceda	Luni	Anul	Numărul	Paguba (mld)	Au deceda	Luni
1998	1			XI	1999	1			I
2000	1	3361,24		II, IV, VII	2009	1	1323,6		XII
2002	1	12,8		I	Total	2	1323,6		
2008	1	1261,9			Depuneri puternice de lapoviță				
2010	1	51			Anul	Numărul	Paguba (mld)	Au deceda	Luni
2014	1	973,3		I	1999	2	23		II
Total	6	3384,23			2007	1	3856,9		I
viscol puternic (într-o zi)					Total	3	3879,9		
Anul	Numărul	Paguba (mld)	Au deceda	Luni	Geruri puternice				
2000	1			I	Anul	Numărul	Paguba (mld)	Au deceda	Luni
2001	1	181		XI	2006	1		37	I
2002	1			I	Total	1	0	37	
2004	1		4	I					
2005	1			II					
2006	1			I					
2012	1			XII					
2013	1			I					
2014	1			I					
Total	9	181	4						

Fig.1.2.4. Identificarea riscurilor meteo-climatice din perioada rece a anului

Reieșind din multiplele metode de estimare a factorilor meteo-climatici de risc din perioada caldă și rece a anului, dar și din necesitatea cunoașterii acestei informații în diversele activități cotidiene, în lucrarea dată, s-au utilizat o gamă diversificată de procedee și metode de cercetare cunoscute în climatologia contemporană.

În ultimii ani, monitorizarea secetelor, dar și a perioadelor umede, are la bază Indicele Standardizat al Precipitațiilor (SPI) și Indicele Standardizat al Precipitațiilor și Evapotranspirației (SPEI). SPI a fost propus de McKee et al. în 1993 și este recomandat de către Organizația Meteorologică Mondială. SPEI a fost elaborat de către Serrano, Begueria și Moreno în anul 2010 [57, 58].

După cum s-a menționat anterior [58], Indicele Standardizat al Precipitațiilor (SPI) este un indice simplu, bazat pe probabilitatea precipitațiilor. Pentru calcul sunt necesare doar precipitațiile lunare pentru o perioadă de cel puțin 30 ani. Precipitațiile se normalizează, folosind o distribuție a probabilității, astfel, încât valorile SPI sunt de fapt văzute ca deviații standard de la mediană. SPI poate fi calculat pentru diferite scări de timp. Valorile SPI pozitive caracterizează perioadele umede, iar cele negative – perioadele uscate. Distribuția SPI pentru toată perioada este normală, media este egală cu zero, iar deviația standard – cu unitatea. Neajunsul acestui indice este că utilizează doar precipitațiile atmosferice, fără a ține cont de regimul termic și evapotranspirație.

Indicele SPEI este calculat în baza datelor ce caracterizează cantitatea precipitațiilor atmosferice, regimul termic și latitudinea locului, ceea ce permite de a ține cont și de evapotranspirația potențială. SPEI este bazat pe procedura originală de calcul a indicelui SPI și utilizează aceleași scări de timp disponibile. Calculul

SPEI are la bază diferența lunară dintre precipitații și evapotranspirația potențială, care este o metodologie simplă a bilanțului de apă și se poate calcula, la fel, la diferite scări de timp. Așadar, în calculul indicelui SPEI se utilizează un set complet de date seriale ce caracterizează regimul precipitațiilor atmosferice, termic și cel al evapotranspirației potențiale. În acest context, a fost creat un soft special pentru a calcula automat SPEI pentru o gamă largă de scări de timp. Softul este disponibil gratuit pe web de către Consiliul Național Spaniol de Cercetare [66].

Dat fiind faptul, că necesitatea evaluării riscurilor naturale, inclusiv și a celor climatice la nivel regional, reiese din creșterea semnificativă a numărului, deci și a frecvenței de manifestare a acestora, menționăm, că utilizarea mijloacelor matematice de cercetare a unor sau altor fenomene și procese naturale necesită o modelare preventivă, evidențierea unor caracteristici particulare, care ar descrie mai departe integral un fenomen sau altul aleator.

În Dicționarul Explicativ al limbii române întâlnim următoarea definiție a cuvântului *aleator*, "care depinde de un eveniment nesigur, supus întâmplării". Caracteristica distinctivă a unor astfel de *evenimente* (în sensul de manifestări fizice purtătoare de informație) constă în faptul că acestea nu pot fi descrise prin relații matematice explicite, care să permită precizarea cu exactitate a valorii lor la un moment dat. În fapt, evoluția acestora este ghidată de *legi probabilistice*, care presupun un anumit grad de șansă, de întâmplare pentru ca manifestarea respectivă să conducă la un rezultat predefinit. Din acest punct de vedere, evenimentele sau semnalele aleatoare se deosebesc de cele *deterministe*, ale căror valori pot fi precizate cu acuratețe în orice moment. Suportul teoretic care permite analiza semnalelor cu caracter aleator este oferit de *teoria probabilităților* care, în principiu, analizează valorile

medii ale unor manifestări fizice care se produc pe scară largă. Puntea de legătură dintre multitudinea de manifestări fizice concrete și formalismul matematic unificator îl joacă noțiunea de *variabilă aleatoare*, exprimată prin funcția ce asociază câte un număr fiecărui rezultat posibil al unui experiment dat. Un ansamblu de variabile aleatoare definește un *proces aleator*.

Un rol central în teoria probabilităților îl joacă operatorul denumit “speranță matematică” (*expectation*) care atașează unei variabile aleatoare valoarea rezultată prin medierea aritmetică a unui număr teoretic infinit de realizări individuale ale manifestării fizice considerate. În funcție de natura discretă sau analogică a experimentului, definițiile sunt :

$$E\{X\} = \sum_{i=1}^n p_i x_i$$

$$E\{X\} = \int_{-\infty}^{\infty} x f_X(x) dx$$
1.1

în care X desemnează variabila aleatoare presupusă a avea n realizări posibile cu probabilitățile p_i în cazul discret, respectiv *densitatea de probabilitate* $x f_X$ în cazul analogic. În lucrarea dată, după cum s-a demonstrat și anterior ne-am referit doar la procesele aleatoare discrete în timp, ale căror realizări individuale sunt denumite *serii de timp*. Cuvântul care ilustrează intuitiv noțiunea de semnal aleator după cum am menționat și în cercetările anterioare este *zgomotul*. De regulă, acest cuvânt este asociat cu senzația de disconfort, care trebuie înlăturată sau măcar atenuată. Deseori, zgomotul se suprapune peste ceea ce denumim de regulă “informație utilă”, iar efortul de a le separa poate fi uneori extrem de anevoios.

Deci, modelul stocastic prevede evaluarea variabilității extremelor ca un torent aleator a evenimentelor omogene, parametru principal al căruia este mărimea densității torentului (λ $1/an$) pe axa timpului, mărime care se caracterizează prin anumite particularități. Reieșind din cele relatate noțiunea de risc climatic va include în sine *probabilitatea manifestării unui anumit extrem climatic în limitele intervalului de prevenire*. În acest caz sub noțiunea de extrem în sens statistic se va subînțelege cea mai mică probabilitate de manifestare a fenomenului pe axa timpului [61].

În baza afirmațiilor înaintate, identificarea extremelor ca succesiuni aleatorii iau aspectul a trei stări codificate, conform metodei trihotomice -1, 0 și +1,0, în cazul când :

$$\left\{ \begin{array}{l} -1 \text{ când } W_{(t)} \leq a' \\ 0 \text{ când } a' \leq W_{(t)} \leq a'' \\ +1 \text{ când } W_{(t)} \geq a'' \end{array} \right\} \quad (1.2)$$

unde a' și a'' - criteriile (valorile) corespunzătoare de nivel pentru determinarea extremului.

Diferențierea condițiilor ce țin de intensitatea extremului depinde de lățimea „culuarului” diferențial, determinat de valorile de nivel (a' și a'') a indicilor utilizați pentru identificarea unui sau altui fenomen (fig.1.2.5.a).

În așa mod, șirurile climatice a indicilor, care se prezintă sub forma funcției $W_0(t)$, care-și schimbă semnul în punctele $t_0, t_1 \dots, t_n$ și care iau valori permanente în conformitate cu condițiile menționate mai sus, la momentul dat se cercetează ca un proces aleator $W(t)$. Punctele de intersecție sunt privite ca un flux, torent a evenimentelor aleatorii cu densitatea λ .

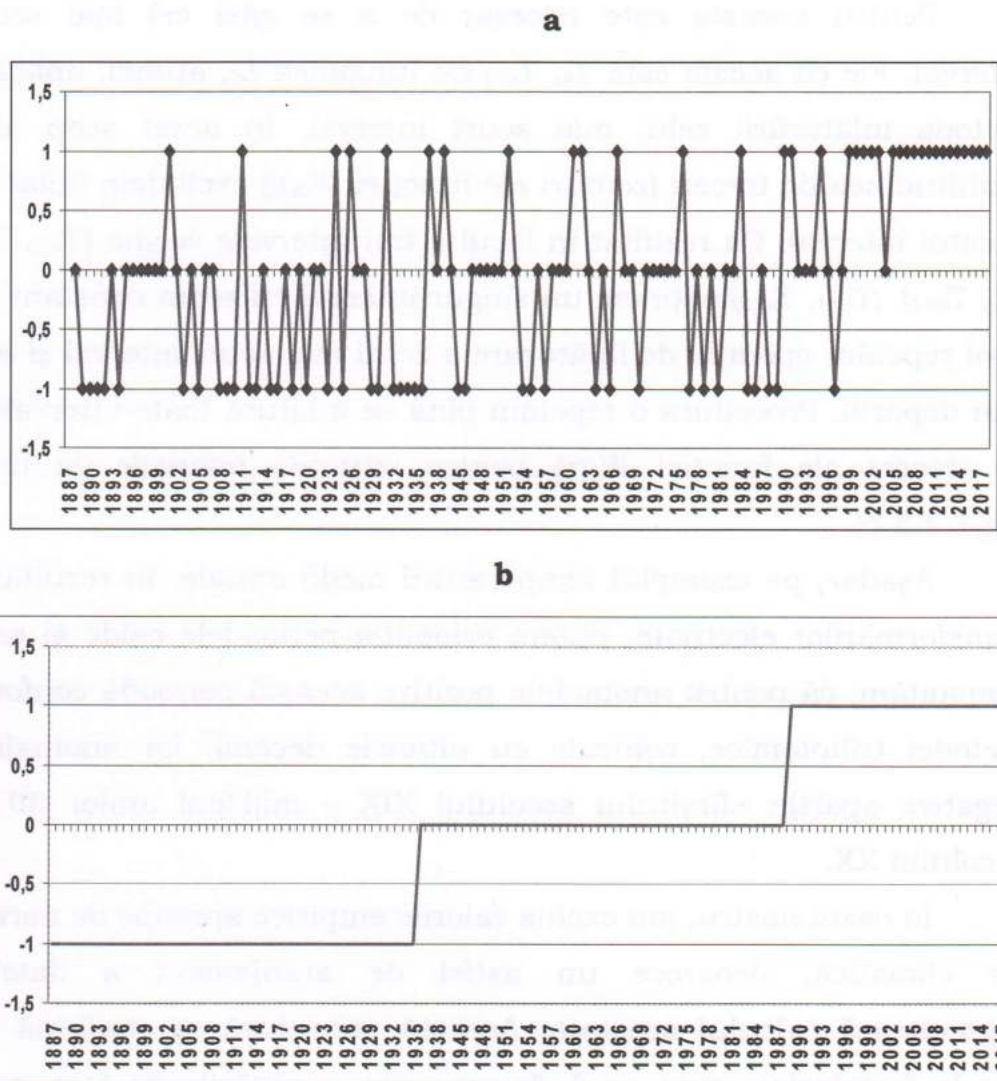


Fig.1.2.5. Metoda trihotomică în transformarea șirurilor temporale ($T_{medie\ anuală}$) în scopul identificării dinamicii extremelor

Conform fig. 1.2.5 a, chiar și în șirul transformat funcția $W_0(t)$, prezintă în sine o succesiune dificilă a anomaliilor de semn diferit. Anomaliile pozitive conțin anomalii negative. Anomaliile negative la rândul lor sunt „complicate” de anomaliile pozitive. De aceea, procedura transformării sau generalizării procesului climatic poate fi continuat pînă la așa o stare, pînă cînd, este posibilă generalizarea și evidențierea anumitor tendințe fie pozitive sau negative în dinamica manifestării acestora.

Pentru aceasta este necesar de a se găsi cel mai scurt interval. Fie că acesta este T_k, T_{k+1} cu lungimea L_0 , atunci, aplicăm metoda înlăturării celui mai scurt interval. În acest scop, din multitudinea de treceri (zerouri ale funcției $W_0(t)$) excludem hotarele acestui interval. Ca rezultat în locul a trei intervale vecine (T_{k-1}, T_k) , (T_k, T_{k+1}) , (T_{k+1}, T_{k+2}) obținem un singur interval cu semn constant L_1 , apoi repetăm operația de înlăturare a celui mai scurt interval și așa mai departe. Procedura o repetăm pînă se înlătură toate intervalele de trecere ale funcției $W_0(t)$ pentru anumite intervale de timp (fig.1.2.5.b).

Așadar, pe exemplul temperaturii medii anuale, în rezultatul transformărilor efectuate, putem evidenția perioadele calde și reci. Constatăm, că pentru anomaliile pozitive această perioadă conform metodei trihotomice, coincide cu ultimele decenii, iar anomaliile negative aparțin sfîrșitului secolului XIX – mijlocul anilor 30 ai secolului XX.

În cazul nostru, am exclus valorile empirice aproape de norma lor climatică, deoarece un astfel de aranjament a datelor îngreunează calculul acestora. Această procedură se confirmă cu datele factologice, cum ar fi de exemplu, evaluările de test, care demonstrează natura aleatoare în dinamica regimului termic (fig. 1.2.6), cu excepția amplitudinilor de frecvență 0.1- 0.3, cînd limitele hotarelor credibilității sunt întrecute, ceea ce denotă, că în acest interval de timp, valorile au o periodicitate de manifestare.

În interpretarea propusă a naturii stocastice a extremelor climatice și anume de pe cea a poziției teoriei informaționale, divizarea procesului climatic în trei stări caracteristice, includ în sine cele mai mici revoltări, deoarece în acest caz, se respectă condiția entropiei maxime. La probabilitatea P , a fiecărei din stările

posibile, egală cu 0.33, entropia - unitatea nedeterminării, conform Sazonov, atinge valorile maxime ale ei.

P ...	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
H ...	0.3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1

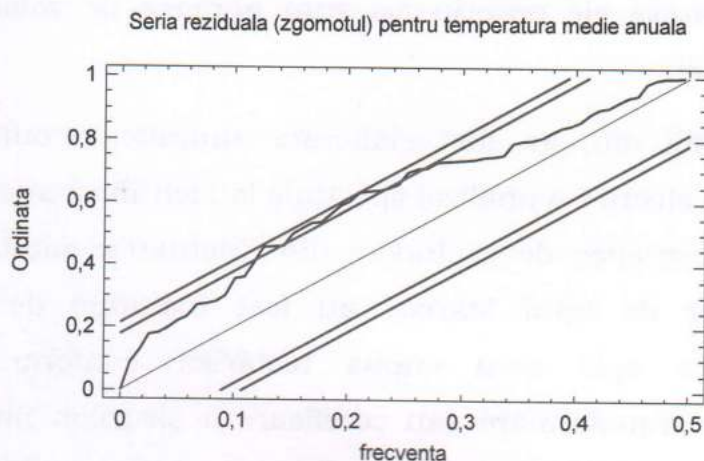


Fig.1.2.6. Funcția spectrală integră a temperaturii medii anuale și nivelele de încredere de 75% și 95% ale "zgomotului alb"

Transformarea șirurilor inițiale a parametrilor climatici are ca scop evidențierea caracteristicilor mai bine exprimate în dinamica extremelor și reflectarea fluctuațiilor de lungă durată, caracteristice proceselor climatice, care sunt determinate de factorii inerți, adică de lungă durată (fig.1.2.5.b).

Caracterul variabil al climei, actualmente nu se pune la îndoială. Analizând peridiogramele diferitor elemente hidrometeorologice, pentru diferite puncte de observații, confirmă aceasta, deoarece pentru fiecare din ele există anumite salturi înregistrate în diferite perioade de timp. În același timp, pronosticul elementelor climatice poate fi „descriș” statistic doar pînă atunci, pînă cînd eroarea acestuia ($\sigma^2_1(\tau)$) nu va întrece variațiile mediilor climatice ale valorilor ce sunt pronosticate (σ^2_1). Mai departe urmează limita pronosticului. Reieșind din faptul, că autocorelarea

șirurilor temporale ale valorilor meteorologice constituie 0.3 și corespunde cu întârziere de un interval de timp (zi, săptămână, an, etc.), înseamnă că pronosticul acestor șiruri poate fi efectuat cu un pas înainte. Dar în acest caz se exclude însemnătatea acestor evaluări, deoarece ele propriu zis sunt aproape de valorile medii supuse analizei.

În ultimii ani, au fost elaborate anumite recomandări în utilizarea mai efectivă a analizei spectrale la identificarea ciclurilor.

Unele procedee de excludere din fluctuațiile multianuale a componentelor de tipul Marcov au fost înaintate de Drozdov, Sazonov, care apoi s-au supus testărilor conform ciclității. Procedura de transformare sau codificare a șirurilor climatice (în speță - generalizarea procesului climatic) a fost utilizată și la realizarea acestor cercetări (fig.1.2.5.a, b).

Codificările propuse sunt destul de utile în scopul cercetării continuității fenomenelor meteorologice, avînd ciclitate sau caracter aleator de manifestare, ceea ce prezintă un interes deosebit atît din punct de vedere practic, cît și științific.

Șirurile codificate a unui complex de metode de generalizare a analizei armonioase, permite de a evidenția trăsături mai pronunțate în dinamica extremelor. Standardizarea prevede și ea transformarea datelor inițiale cu scopul ca acestea să poată exprima gradul fie de ariditate (în cazul precipitațiilor atmosferice) sau de severitate (în cazul regimului termic) a teritoriului.

Utilizarea concomitentă a metodei trihotomice și a metodei selectării consecutive permite formarea unui suport informațional necesar în efectuarea estimărilor cu caracter de pronostic.

În evaluarea temporală a riscului probabilitatea reprezintă caracteristica importantă a fenomenelor aleatorii și este definită

drept o dimensiune cantitativă ale acestora. Matematic, probabilitatea (P) sumară poate fi calculată conform:

$$P = [(m_i - 0.3 / n + 0.4)] 100\%, \quad (1.3)$$

unde P - asigurarea în procente, m_i - numărul de rând în șirul statistic aranjat; n - perioada de observații.

Cu toate că probabilitatea este o caracteristica obiectivă a evenimentelor individuale, ea devine evidentă și capătă o valoare pentru cunoaștere numai atunci, când este supus observării un număr mare de evenimente aleatorii de același fel, care se manifestă independent unul de altul. Independența reciprocă și dezordinea evenimentelor individuale dintr-un ansamblu fac ca o anumită proporție de evenimente din acest ansamblu să se afle în aceeași situație sau în situații asemănătoare, care conduc la același rezultat (se realizează în același mod). Acest fenomen poartă denumirea de frecvență și se exprimă prin raportul între numărul cazurilor care se realizează și numărul total de cazuri posibile. Frecvența se realizează la nivelul ansamblului, ca medie statistică a componentelor individuale și are valoare de necesitate pentru ansamblu; ea este cu atât mai stabilă, cu cât numărul de componente ale ansamblului este mai mare. Deseori, probabilitatea este definită prin frecvență. Probabilitatea și frecvența sunt egale ca valori numerice (cantitativ), dar se deosebesc între ele sub aspect calitativ și ca nivel al existenței, la care se referă și pe care îl descriu: probabilitatea caracterizează nivelul individual și evaluează întâmplarea, iar frecvența caracterizează nivelul ansamblului și pune în valoare necesitatea.

Estimarea spațială a factorilor meteo-climatici de risc și deci, și elaborarea hărților digitale au la bază obținerea ecuațiilor de

regresie, bazate pe evidențierea legăturilor corelative dintre variabila dependentă, indicele climatic luat în studiu, și variabilele independente: poziția stațiilor meteorologice (latitudinea și longitudinea geografică, grade decimale, sau coordonatele planimetrice X și Y, metri, în proiecția Mercator Transvers cu meridianul principal 27° Est, coeficientul de scară 0,9996 și deplasare falsă spre Est 500000) și elementele reliefului în aceste poziții (altitudinea absolută și relativă, metri, unghiul de înclinație și expoziția versanților, grade, coeficientul fragmentării orizontale a terenului, km/km²). Informația despre variabila dependentă se conține în baza de date, creată prin prelucrarea înregistrărilor de la stațiunile meteorologice din Republica Moldova, iar cea despre variabilele independente – în pașapoartele acestor stațiuni, care includ parametrii sus numiți.

Analiza statistică a datelor climatice este efectuată în mediul programului statistic Statgraphics Centurion XVI. Ecuația generală de regresie multiplă este exprimată de formula:

$$Y = \sum A_i X_i \pm \varepsilon, \quad (1.4)$$

unde Y este variabila dependentă, X_i – variabilele independente, A_i – coeficienții de regresie parțială, ε – eroarea absolută a ecuației de regresie, $i = 1, 2, 3, \dots, n$, n – numărul variabilelor independente. Procedura este efectuată pas cu pas prin includerea sau excluderea variabilelor independente pentru a obține un model cât mai realist.

Veridicitatea modelului este reflectată prin anumiți coeficienți. Valorile coeficientului de determinare R^2 indică, că variabilele independente incluse în model explică un anumit procent din variabilitatea variabilei dependente. DS – reprezintă deviația standard reziduală, această valoare poate fi utilizată în evaluările cu caracter de pronostic. MAE este eroarea medie absolută care denotă la semnificația medie a seriei reziduale. DW reprezintă statistica

Durbin-Watson privind corelarea, în cazul când DW este mai mic de 1.4, se poate vorbi despre o corelare nesemnificativă a variabilelor. Concomitent cu valorile coeficientului de determinare, valoarea P explică nivelul semnificației modelului în întregime. Se urmărește și nivelul semnificației fiecărei variabile independente incluse în model. Dacă nivelul semnificației acestor valori întrece nivelul de credibilitate, atunci variabila dată se exclude din model. În acest context, se utilizează analiza regresiei multiple cu excluderea și includerea treptată a variabilelor. Valorilor P egale cu 0.1, 0.05 și 0.01 le corespund nivelele de confidență (de încredere) de 90, 95 și 99%. Valoarea F (coeficientul Fisher) reprezintă raportul dintre varianța modelului către varianța reziduurilor.

Elaborarea hărților digitale a fost efectuată utilizând Sistemul Informațional Geografic ArcGIS 10 cu modulul Spatial Analyst, care include Raster Calculator. În calitate de variabile independente sunt utilizate hărțile digitale ale acestor variabile.

Metoda ecuațiilor de regresie poate fi utilizată cu succes în cazul când coeficientul de determinare R^2 este mai mare 50-60%. Ca metodă complementară poate fi utilizată analiza reziduurilor, care reprezintă diferențele dintre valorile înregistrate ale variabilei dependente și cele obținute din ecuația de regresie. În cazul când reziduurile sunt distribuite normal și media este egală cu 0, reziduurile pot fi reprezentate prin harta digitală a reziduurilor, utilizând un interpolator spațial (Kriging, IDW, Spline, Minimum Curvature, etc.). Harta digitală finală (modelul final) reprezintă suma hărții, obținută din ecuația de regresie, și a hărții reziduurilor.

În cazul când valoarea R^2 este mică, în dependență de caracterul fizico-geografic al indicelui climatic cartografiat, este

utilizat unul dintre interpolatorii spațiali sus numiți, în special Kriging.

În dependență de natura fenomenului în studiu este posibil ca metoda ecuațiilor de regresie să fie inutilă pentru elaborarea hărților digitale, deoarece intensitatea și durata fenomenului mai mult depinde de situația sinoptică și mai puțin de orografia terenului. În acest caz, este oportun, de a utiliza interpolatori spațiale specifici. De aceea, pentru unele riscuri meteo-climatice au fost utilizate și alte metode de interpolare cum ar fi: Spline, Minimum Curvature, Radial Basic.

Dat fiind faptul, că valorile factorilor meteo-climatici de risc de obicei au o manifestare rară pe axa timpului, în cercetările actuale tot mai mult se încearcă ca acestea să fie explicate prin Teoria Valorilor Extreme estimate cu Distribuția Generalizată a Valorilor Extreme cu parametrii μ (locatie), σ (scara) și ξ (forma). Deoarece aceste fenomene sunt rare, este clar că cu cât valoarea (nivelul) este mai mare, cu atât perioada de revenire a fenomenului cu un asemenea nivel este mai mare. Teoria Valorilor Extreme permite de a evalua nivelul de revenire pentru anumite perioade concrete de timp (10, 50, 100, etc. ani), utilizând parametrii distribuției μ , σ , ξ . Însă fenomenele climatice nefavorabile extreme în diferite zone fizico-geografice se manifestă diferit. Prin urmare, este necesar de a determina parametrii distribuției, nivelurile și perioadele de revenire pentru fiecare stație meteorologică aparte. Astfel au fost elaborate hărți digitale ale valorilor extreme a unui factor meteo-climatic într-o anumită perioadă de revenire (de exemplu, 50 ani). Evident că în diferite locații geografice, valorile extreme (nivelele de revenire în N ani) vor fi diferite. Un caz aparte în cercetările propuse o are repartiția Gumbol.

În pofida faptului că fenomenul de risc are o intensitate mai mare, apare mai rar, totuși, probabilitatea de apariție este mai mare decât cea prezisă de distribuția normală.

Distribuția valorilor climatice maxime, în special a celor anuale poate fi exprimată de Distribuția Generalizată a Valorilor Extreme (GEVD):

$$G(x; \mu, \sigma, \xi) = \exp \{-[1 + \xi(x - \mu)/\sigma]\}^{-1/\xi} \quad (1.5)$$

unde $-\infty < \mu < \infty$, $\sigma > 0$ și $-\infty < \xi < \infty$ sunt parametrii de locație, scară și formă corespunzător. În dependență de valoarea ξ , expresia (1) definește trei tipuri de distribuții: Weibull ($\xi < 0$), Gumbel ($\xi = 0$) și Frechet ($\xi > 0$).

În cazul nostru a fost utilizată distribuția Gumbel cu funcția de densitate a probabilității și funcția distribuției cumulative:

$$f(x) = (1/\sigma) \exp(-z - \exp(-z)) \quad (1.6)$$

$$F(x) = \exp(-\exp(-z)) \quad (1.7)$$

unde $z = (x - \mu)/\sigma$, μ , și σ – locația și scara (parametrii distribuției), $f(x) = dF(x)/dx$.

În concluzie constatăm, că ținând cont de tendința de încălzire a climei, în viitorii ani apropiați, putem afirma că riscurile asociate schimbărilor climatice vor persista și în viitor. Cunoașterea arealelor vulnerabile către noile condiții climatice, ar putea minimiza impactul manifestării posibilelor riscuri cu caracter meteo-climatic. Deoarece intensitatea și frecvența cu care se manifestă extremele climatice în ultima perioadă de timp își lasă amprenta asupra particularităților specifice regionale de manifestare a climei la etapa actuală, este necesar un studiu detaliat pentru fiecare factor meteo-climatic care poate influența diversele activități economice, inclusiv eficiența energetică și proiectarea construcțiilor în limitele Republicii Moldova.

CAPITOLUL 2. RISCURILE METEO-CLIMATICE DIN PERIOADA CALDĂ A ANULUI

2.1 Analiza spațio-temporală a secetelor prin intermediul indicilor SPI și SPEI

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), în Articolul 1, definește “schimbările climatice” ca “schimbări ale climei ce sînt atribuite direct sau indirect activității umane și care determină modificarea compoziției atmosferei globale, suprapunându-se variabilității climatice naturale observate în aceeași perioadă de timp”.

Schimbările climatice din Republica Moldova, după cum demonstrează și rezultatele cercetărilor din cadrul Capitolului 1, se încadrează în tendința globală de încălzire, avînd însă, particularități regionale, specifice, condiționate de poziția geografică pe glob (în partea sud-estică a Europei) și de caracterul reliefului accidentat. Aceste schimbări includ evoluția principalilor parametri climatici (temperatură, precipitații, regimul vînturilor etc.), existența unor fenomene extreme și a tendințelor de aridizare [62, 63, 64].

Unul din indicele des utilizat în evaluarea gradului de ariditate a componentei climatice a landșafturilor se enumără Indicele Standardizat al Precipitațiilor Atmosferice (SPI) propus de Maki și al. [57, 58]. Din punct de vedere conceptual, acesta reprezintă echivalentul anomaliei standardizate a valorii întîmplătoare de la normă:

$$SPI = (x_i - x) / \sigma, \quad (2.1)$$

unde: x_i - reprezintă valorile meteorologice concrete, x - este norma climatică, iar σ devierea standard.

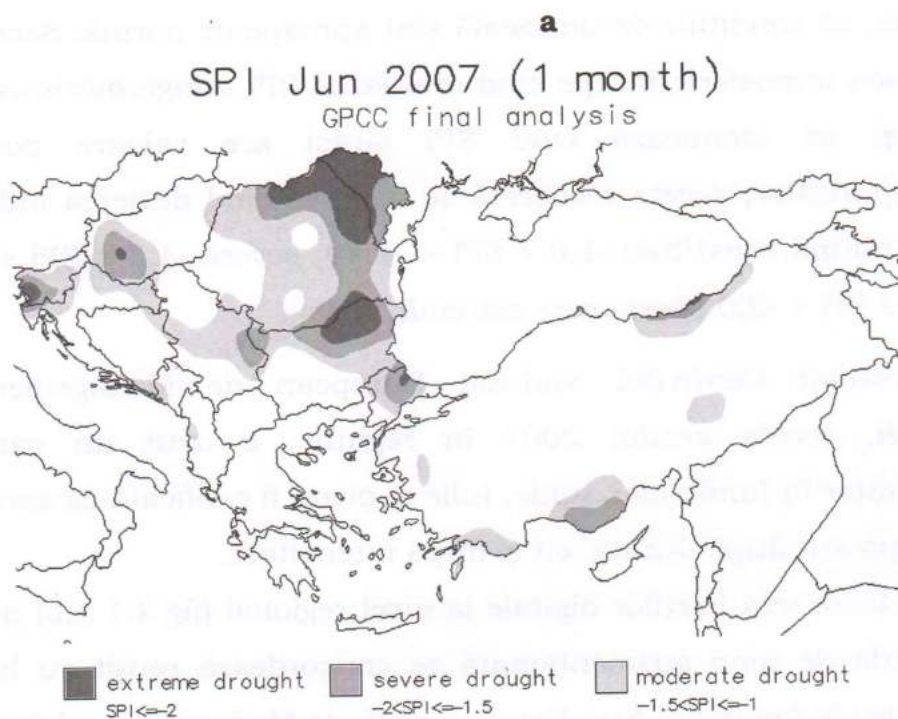
Valorile indicelui cuprinse în limitele $0,99 < SPI < -0,99$ denotă, că condițiile de umezeală sînt aproape de normă. Seceta ca fenomen atmosferic începe cînd evaluarea SPI atinge mărimea de $-1,0$ și se atenuează cînd SPI iarăși are valoare pozitivă. Corespunzător, seceta moderată se observă cînd devierea indicelui de la normă constituie $-1,0 < SPI < -1,49$, severă $-1,5 < SPI < -1,99$ și cînd $SPI < -2,0$ seceta este extremă.

Potrivit Centrului Sud-Est European de Management al Secetei, seceta anului 2007 în regiune, a avut un caracter devastator în lunile mai, iunie, iulie și poate fi calificată ca severă și extremă atît după durată, cît și după intensitate.

Elaborarea hărților digitale la nivel regional (fig.2.1 a,b) pentru perioada de timp susmenționată se concordează reușit cu hărțile scheme ale Centrului Sud-Est European de Management al Secetei.

În același timp, analiza comparativă ale acestora scoate în evidență caracterul „inversat” al principiului zonalității în luna iunie, cînd specificul manifestării circulației sinoptice din 4 iunie 2007, generat de regimul hidrodinamic al bazinului Mării Negre, a cauzat precipitații atmosferice abundente la (fig.2.1 c) în sud-estul țării.

Așadar, conchidem, că modelările cartografice regionale obținute explică manifestarea secetei în dependență de caracterul orografic al teritoriului, dar și de specificul local al circulației atmosferice. Cu atît mai mult, că influența bazinului Mării Negre, după instalarea unei perioade secetoase îndelungate, poate provoca deseori, averse ce pot depăși cu mult norma climatică lunară în sud-estul republicii.



Sursa: Centrul Sud-Est European de Management al Secetei

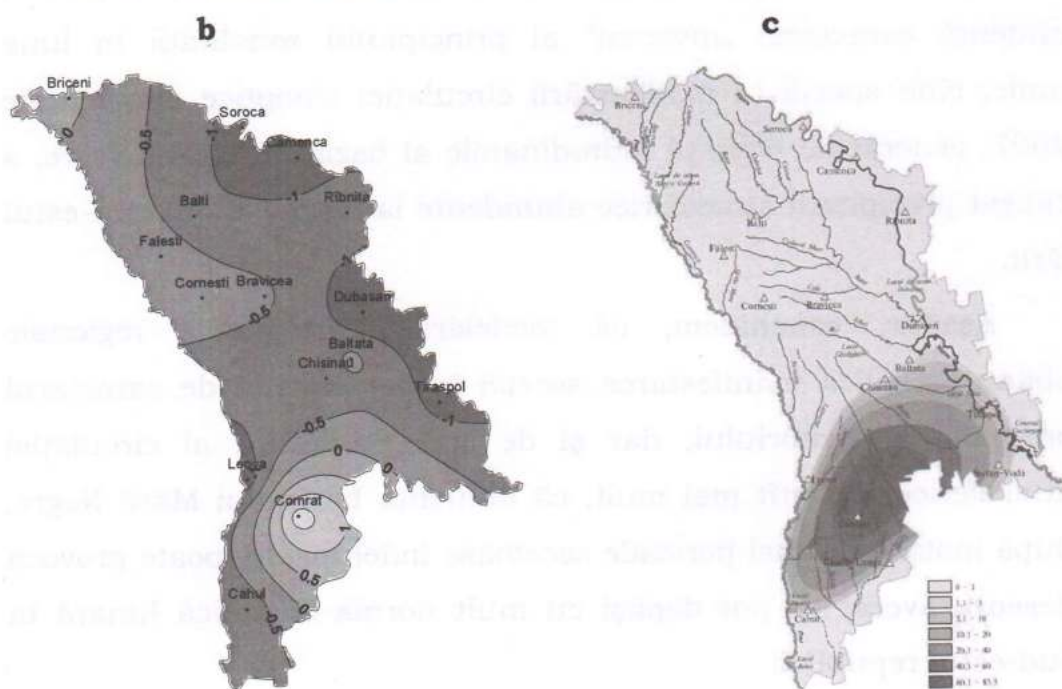


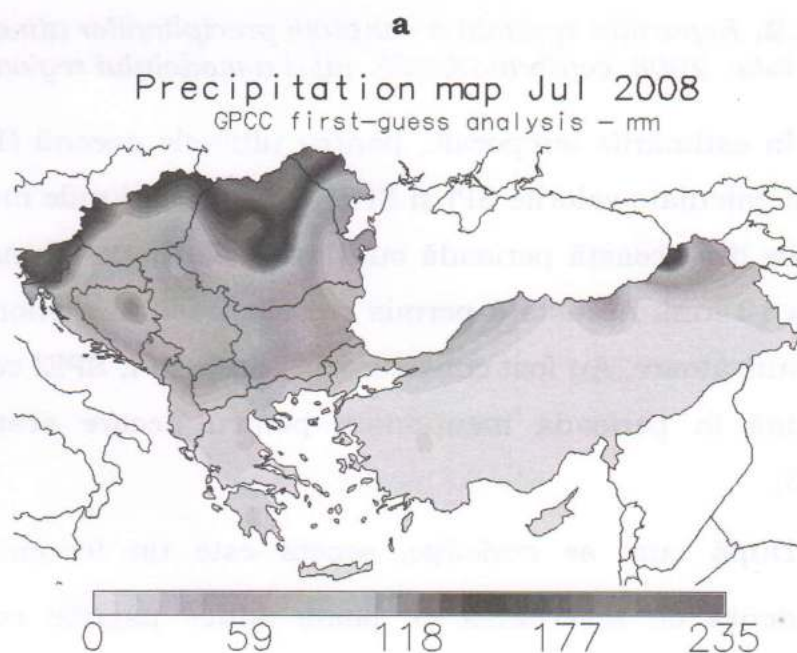
Fig.2.1. Repartiția spațială a secetei (iunie, 2007) în sud-estul Europei (a) și pe teritoriul republicii (b, c)

Trăsătura specifică în caracterul regimului de umiditate din ultimii ani constă în alternarea perioadelor antipode secetoase-umede atât pe parcursul anului, cât și manifestarea acestora de la an la an.

Astfel, dacă anul 2007 a fost foarte secetos, anul 2008 s-a caracterizat prin înregistrarea averselor de ploi abundente. Conform Centrului Sud-Est European de Management al Secetei (fig.2.2 a) se observă “deplasarea” în timp a precipitațiilor abundente, caracteristice lunii iunie în luna iulie. Acestea s-au manifestat ca extreme pluviometrice în nordul României, partea de vest a Ucrainei și în nordul și nord-vestul Republicii Moldova.

Modelările (fig.2.2 a, b) prezentate în această lucrare denotă, că în unele localități din raioanele de nord, ploile torențiale au constituit suma a peste trei norme climatice.

Așadar, seceta anului 2007 și ploile abundente din 2008 demonstrează încă odată, că teritoriul țării este în pragul unor schimbări climatice substanțiale.



Sursa: Centrul Sud-Est European de Management al Secetei

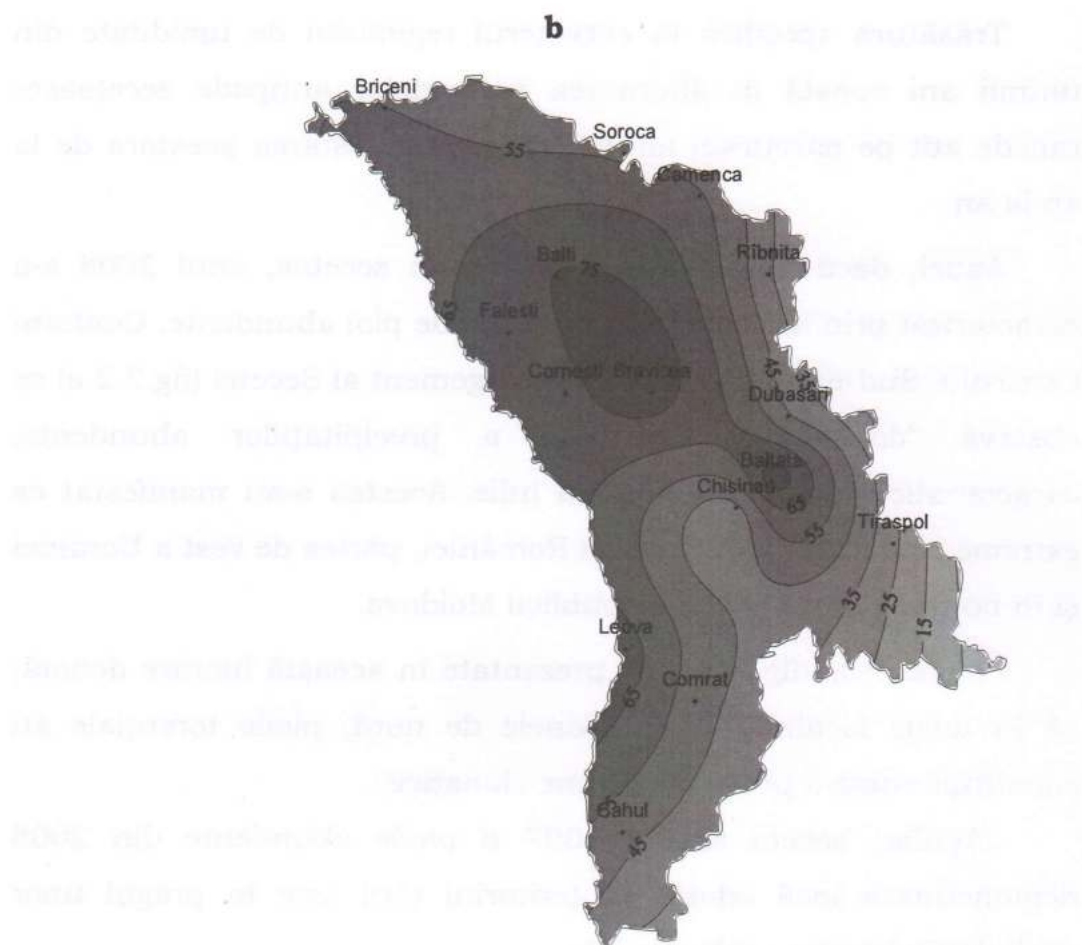


Fig.2.2. Repartiția spațială a cantității precipitațiilor atmosferice din iulie 2008, conform DCSSE (a) și a modelului regional (b)

În estimările temporale, pentru ultimele decenii (1981-2014), au fost calculate valorile SPI și SPEI la toate stațiunile meteorologice și lunile din această perioadă cu 4 scări de timp: 1 lună, 3 luni, 6 luni și 12 luni. Aceasta a permis crearea unei baze enorme de date corespunzătoare. Au fost construite graficele SPI, SPEI ca funcție de an, lună în perioada menționată pentru fiecare scară de timp (fig.2.3).

După cum se cunoaște, seceta este un fenomen, care în dependență de severitatea ei, poate aduce pagube considerabile economiei și mediului ambiant.

Extras din baza de date SPI-SPEI

Chisinau	Lunile	SPI1	SPI3	SPI6	SPI12	Chisinau	Lunile	SPEI1	SPEI3	SPEI6	SPEI12
1980	1	-0.37	0.00	0.00	0.00	1980	1	-0.482790	0.000000	0.000000	0.000000
1980	2	-1.18	0.00	0.00	0.00	1980	2	-0.939881	0.000000	0.000000	0.000000
1980	3	1.38	0.12	0.00	0.00	1980	3	1.641024	0.380001	0.000000	0.000000
1980	4	0.43	0.54	0.00	0.00	1980	4	0.724580	1.002163	0.000000	0.000000
1980	5	0.44	0.93	0.00	0.00	1980	5	0.895449	1.406195	0.000000	0.000000
1980	6	1.16	1.00	0.85	0.00	1980	6	1.332228	1.414747	1.312316	0.000000
1980	7	0.46	1.00	1.07	0.00	1980	7	0.678167	1.550829	1.519169	0.000000
1980	8	1.23	1.37	1.60	0.00	1980	8	1.451966	1.693138	1.877064	0.000000
1980	9	-0.45	0.55	1.03	0.00	1980	9	-0.157496	1.037675	1.646909	0.000000
1980	10	-0.03	0.35	0.95	0.00	1980	10	0.025932	0.797051	1.541211	0.000000
1980	11	1.49	0.43	1.38	0.00	1980	11	1.542668	0.594185	1.759502	0.000000
1980	12	0.86	1.15	1.09	1.46	1980	12	0.905076	1.237105	1.479506	1.866097
1981	1	0.87	1.81	1.25	1.74	1981	1	0.927408	2.078962	1.485585	2.006424
1981	2	0.32	0.99	0.85	1.86	1981	2	0.271548	1.054042	1.008158	2.063262
1981	3	0.18	0.56	1.23	1.58	1981	3	0.152829	0.509968	1.294565	1.780427
1981	4	-0.13	-0.01	1.31	1.45	1981	4	0.496153	0.435632	1.517028	1.721786
1981	5	-0.34	-0.38	0.33	1.33	1981	5	-0.016634	0.256178	0.701574	1.677041
1981	6	-1.33	-1.16	-0.62	0.49	1981	6	-1.356810	-0.646946	-0.248452	0.983676
1981	7	-0.83	-1.75	-1.49	0.04	1981	7	-0.739960	-1.143456	-0.749743	0.503706
1981	8	-0.38	-1.71	-1.66	-0.63	1981	8	0.054561	-1.151775	-0.783300	-0.136535
1981	9	0.65	-0.49	-1.29	-0.14	1981	9	0.666592	-0.284737	-0.655951	0.062352
1981	10	0.30	0.13	-1.23	-0.07	1981	10	0.088873	0.267413	-0.825413	0.105985
1981	11	1.83	1.28	-0.11	0.10	1981	11	1.850246	1.237840	-0.077699	0.304501
1981	12	0.53	1.34	0.52	-0.07	1981	12	0.506868	1.368237	0.740946	0.290346

Fig.2.3. Extras din baza de date SPI și SPEI

Există o legătură clară între deficitul de precipitații și conceptul de secetă, însă între cele două noțiuni nu se poate pune semnul egalității. Seceta poate fi caracterizată prin intensitate și durată. În funcție de severitate, există mai multe tipuri de clasificare a secetelor, printre care cel mai des sunt următoarele:

- meteorologică;
- pedologică;

- mixtă sau agricolă;
- hidrologică.

În plan internațional, monitorizarea secetelor tot mai des este efectuată prin intermediul Indicelui Standardizat al Precipitațiilor (SPI) și a Indicelui Standardizat al Precipitațiilor și Evapotranspirației (SPEI), primul fiind propus de McKee et al. în 1993, iar cel de-al doilea de către Serrano, Begueria și Moreno în anul 2010, tot mai mult aliniază cercetările regionale către cele internaționale [63].

Astfel, pentru teritoriul republicii, Indicele Standardizat al Precipitațiilor (SPI) fiind bazat pe probabilitatea precipitațiilor, ia în calcul doar precipitațiile lunare pentru o perioadă de timp actuală, de cel puțin 30 ani (1981-2014). Acestea au fost normalizate, folosind o distribuție a probabilității astfel, încât valorile SPI, au fost privite ca deviații standard de la mediană, deci SPI nu reprezintă doar "diferența de precipitații și media împărțită la deviația standard". Acest indice pentru teritoriul țării a fost calculat pentru diferite scări de timp: 1 lună, 3 luni, 6 luni, 12 luni. Valorile SPI pozitive caracterizează perioadele umede, iar cele negative - perioadele uscate. Distribuția SPI pentru toată perioada este normală, media este egală cu zero, iar deviația standard - cu unitatea.

Condițiile de umiditate a solului răspund la anomaliile precipitațiilor pe o scară de timp relativ scurtă. Apele subterane, debitul fluvial și acumularea în rezervoare, reflectă anomaliile

precipitațiilor pe termen mai lung. Din aceste motive, McKee și colab. (1993) au calculat inițial SPI pentru intervalele de timp de 1, 3, 6, 12, 24 și de 48 luni. Neajunsul SPI: utilizează numai precipitațiile, fără a ține cont de temperatură și evapotranspirație.

Indicele Standardizat de Precipitații și Evapotranspirație (SPEI) în condițiile Republicii Moldova a fost calculat în baza datelor de precipitații, temperatură și latitudinea locului, cea ce permite de a ține cont și de evapotranspirația potențială (ETP). SPEI se bazează pe bilanțul de apă, care poate fi comparat cu indicele auto calibrat Palmer de severitate a secetei (sc-PDSI). Deci, SPEI este bazat pe procedura originală de calcul SPI și utilizează aceleași scări de timp disponibile ca și SPI. SPEI utilizează diferența lunară (sau săptămânală) între precipitații și ETP (evapotranspirația potențială), care este o metodologie simplă a bilanțului de apă care se calculează la diferite scări de timp pentru a obține SPEI. Pentru a calcula SPEI este nevoie de un set complet de date seriale, atât de temperatură cât și de precipitații (săptămânal sau lunar). În cazul acestor indicatori au fost elaborate softuri disponibile în calculul automatizat a unei game largi de scări de timp.

Așadar, pentru teritoriul țării, au fost utilizate seriile de date lunare ale precipitațiilor și temperaturii aerului, înregistrate la 16 stațiuni și 11 posturi agrometeorologice ale Serviciului Hidrometeorologic de Stat în perioada 1980-2014 (35 ani). Au fost calculate valorile SPI și SPEI în toate locațiile pentru 4 scări

SPI Briceni

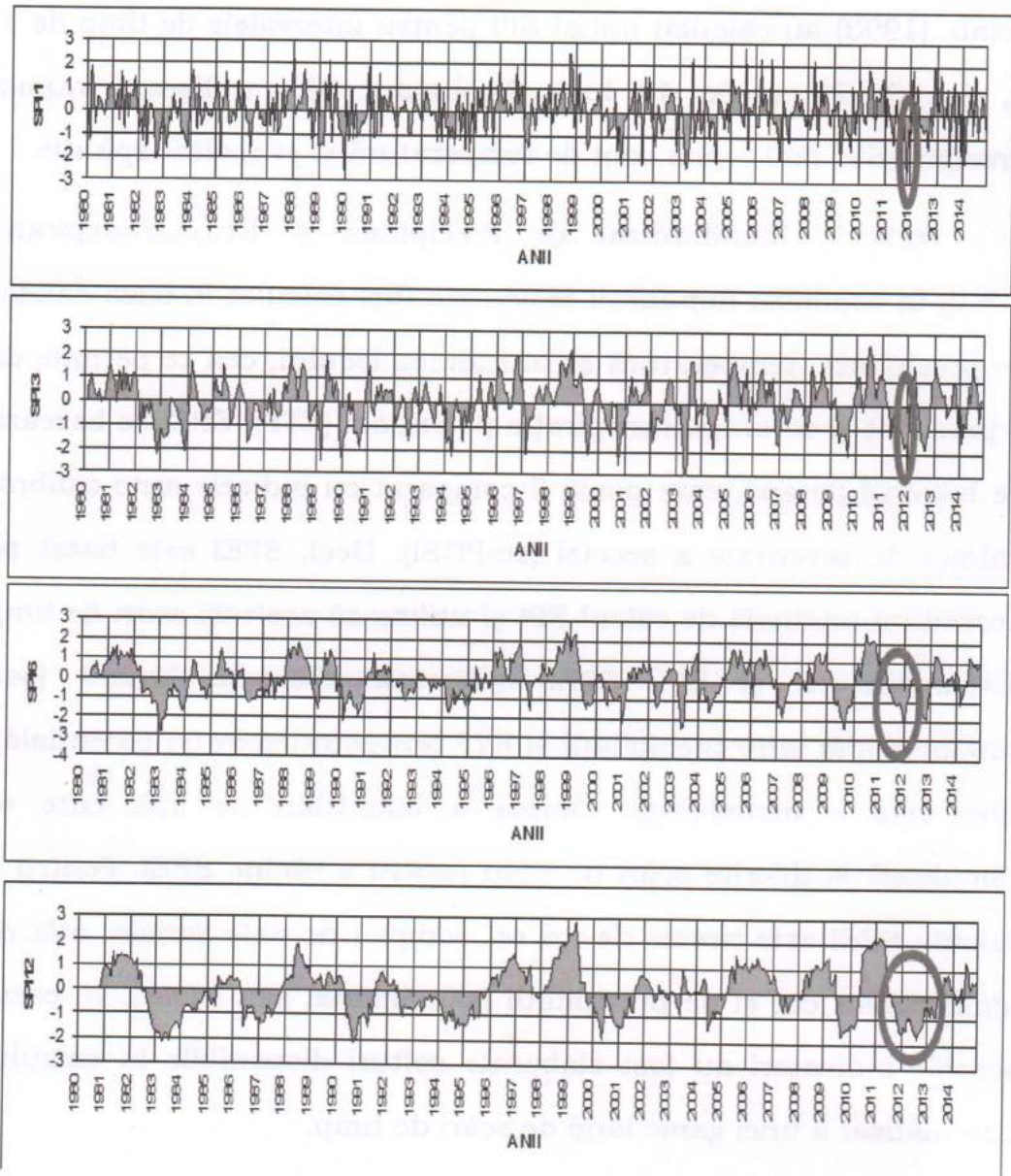


Fig.2.4. Estimarea temporală a SPI în nordul țării (st.Briceni) pentru diferite scări de timp (o lună; 3 luni; 6 luni; 12 luni)

de timp: 1 lună, 3 luni, 6 luni și 12 luni și creată o bază de date corespunzătoare. Au fost construite graficele SPI, SPEI, ca funcție de an, lună în perioada menționată pentru fiecare scară de timp.

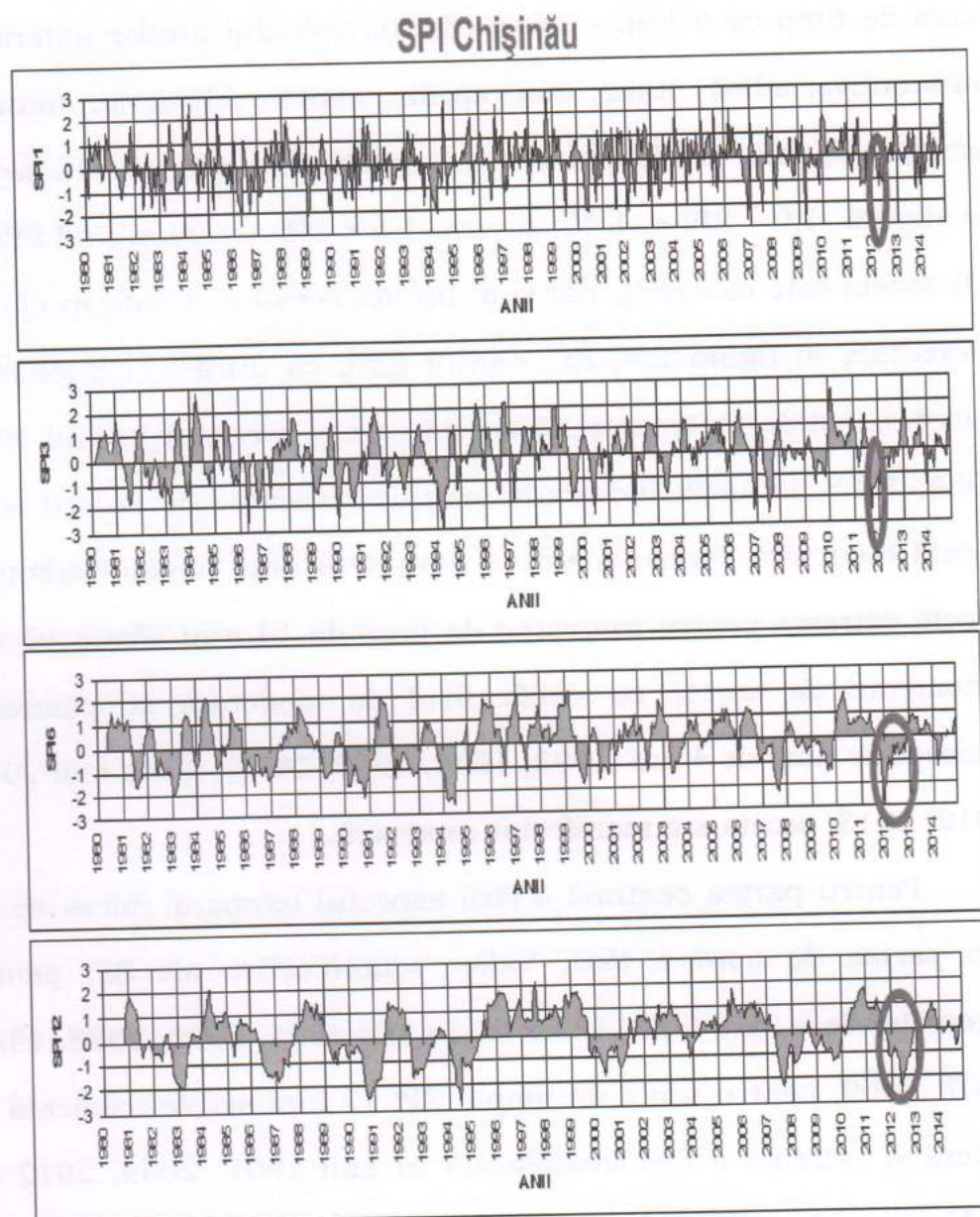


Fig.2.5. Estimarea temporală a SPI în centrul țării (st. Chișinău) pentru diferite scări de timp (o lună; 3 luni; 6 luni; 12 luni)

Menționăm, că "punctul de pornire" în caracterizarea secetei servește o anumită lună în calculul anumitor scări de timp. Astfel, pentru luna iulie, cea mai caldă lună a anului, valoarea indicelui SPI pentru intervalul de timp de 3 luni – va reprezenta calculul valorilor lunilor anterioare consecutive, adică iunie, mai, aprilie, la

scara de timp de 6 luni – se va efectua calculul lunilor anterioare consecutive, adică iunie, mai, aprilie, martie, februarie, ianuarie. Astfel, obținem evidențierea nu numai a intensității secetei (moderată $-1,0 < \text{SPI} < -1,49$; severă $-1,5 < \text{SPI} < -1,99$ și când $\text{SPI} < -2,0$ seceta este extremă), dar și a duratei acesteia. Conform datelor prezentate în figura 2.4, în nordul țării, ca durată și intensitate putem constata fenomenul de secetă care a persistat în anii 1983, 1984, 1985, intensificînd gradul său de severitate de la $-1,0$ adică secetă moderată pentru scara de timp de o lună la calificativul de secetă extremă pentru intervalul de timp de 12 luni. Peste 10 ani, fenomenul de secetă cu calificativul de moderată se păstrează consecutiv timp de 4 ani (1993, 1994, 1995, 1996), iar în anii 2011, 2012, 2013, seceta s-a manifestat ca severă.

Pentru partea centrală a țării aspectul temporal diferă de cel din partea de nord a țării. Valori semnificative ale SPI pentru intervalul de o lună (iulie) se atestă în anii 1991, 1993, 1983, 1987, 2007, 2009. pentru scara de timp a SPI 12 luni seceta calificată ca severă și extremă a fost înregistrată în anii 1991, 2009, 2012 cu prelungire și în anii următori (fig.2.5).

În sudul țării (fig.2.6), valorile SPI peste limita valorilor ce caracterizează secetele ca extreme pentru o lună, este un fenomen des întîlnit în această regiune, cu precădere în ultimii ani. Cu mărirea intervalului de timp pînă la 12 luni, frecvența secetelor extreme crește în ultimii ani.

SPI Cahul

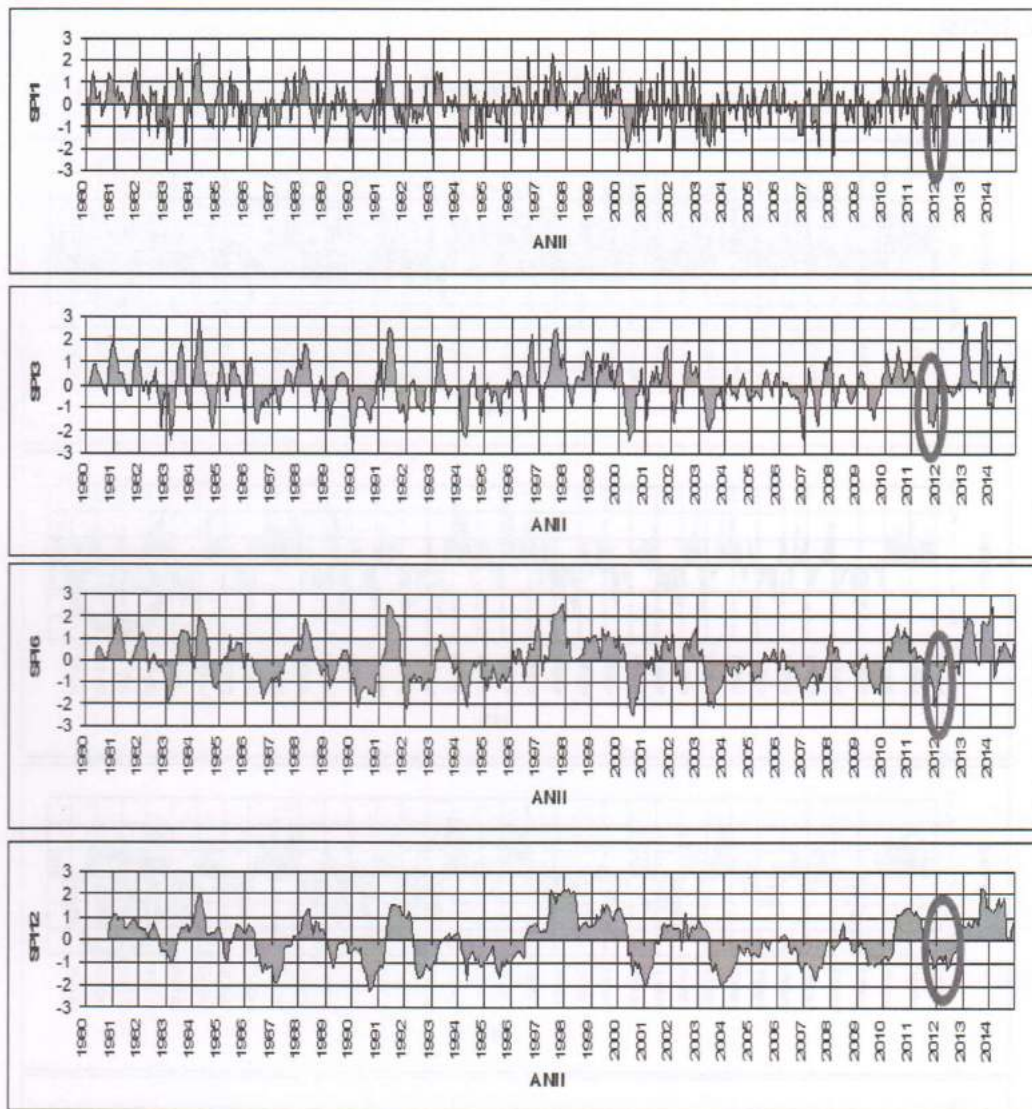


Fig.2.6. Estimarea temporală a SPI în sudul țării (st.Cahul) pentru diferite scări de timp (o lună; 3 luni; 6 luni; 12 luni)

După cum s-a menționat anterior, Indicele Standardizat de Precipitații și Evapotranspirație (SPEI) ia în calcul valorile multianuale privind regimul pluviometric, termic și latitudinea geografică, astfel, fiind posibilă cunoașterea evapotranspirației potențiale (ETP). Se utilizează aceleași scări de timp ca și în cazul SPI, de aceea aceste rezultate vin să se completeze reciproc. Menționăm, că la fel ca și în cazul SPI există soft disponibil în

calculul automatizat al acestuia, conform unei game largi de scări de timp.

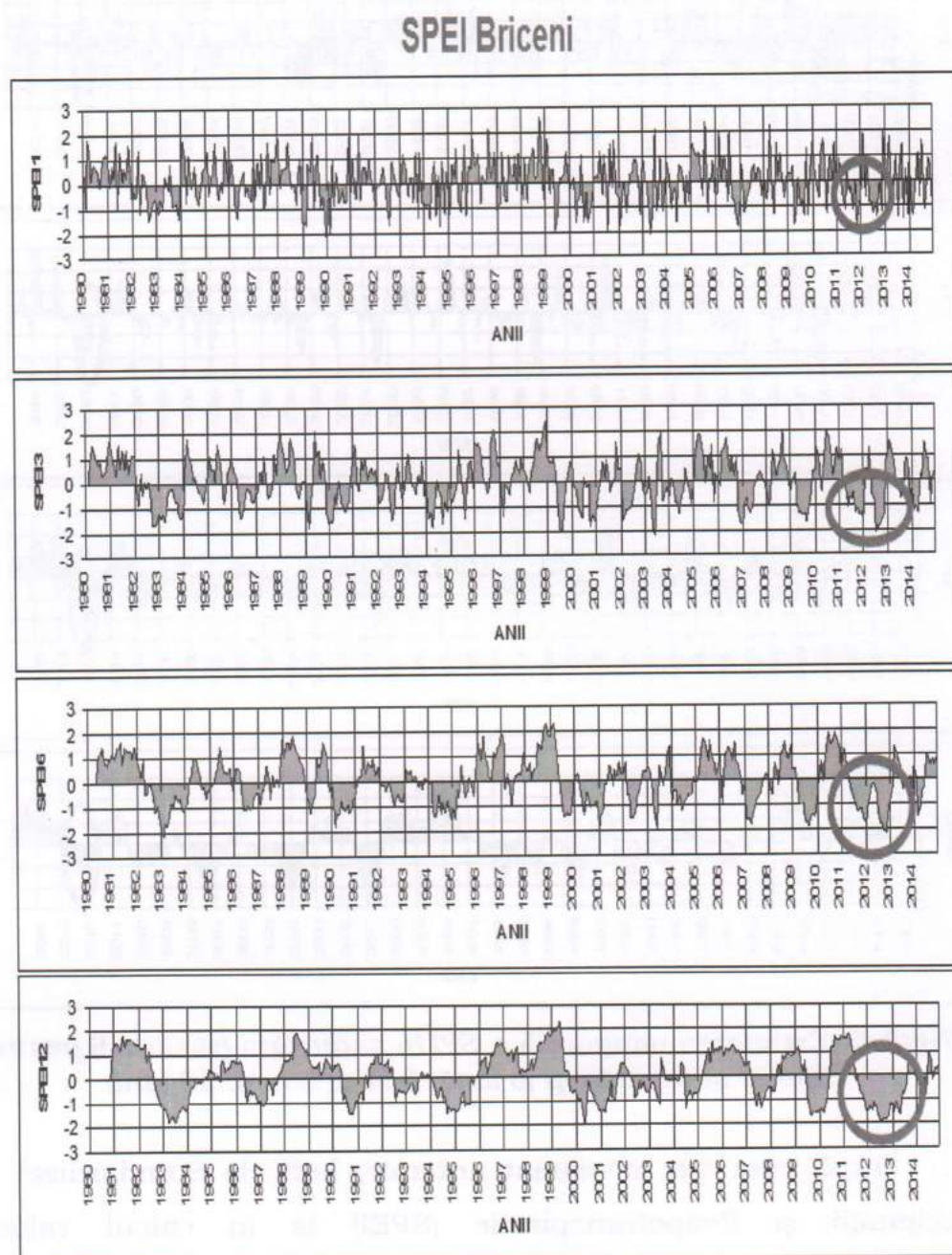


Fig.2.7. Estimarea temporală a SPEI în nordul țării (st.Briceni) pentru diferite scări de timp (o lună; 3 luni; 6 luni; 12 luni)

Graficele ce prezintă dinamica perioadelor uscate în partea de nord a țării (fig.2.7), demonstrează faptul, că are loc păstrarea anilor

secetoși evidențiați anterior prin intermediul SPI, doar că, intensitatea și durata cu care se manifestă acest fenomen pe măsura lărgirii scării de timp (6 luni, 12 luni) este cu mult mai concretă.

SPEI Chișinău

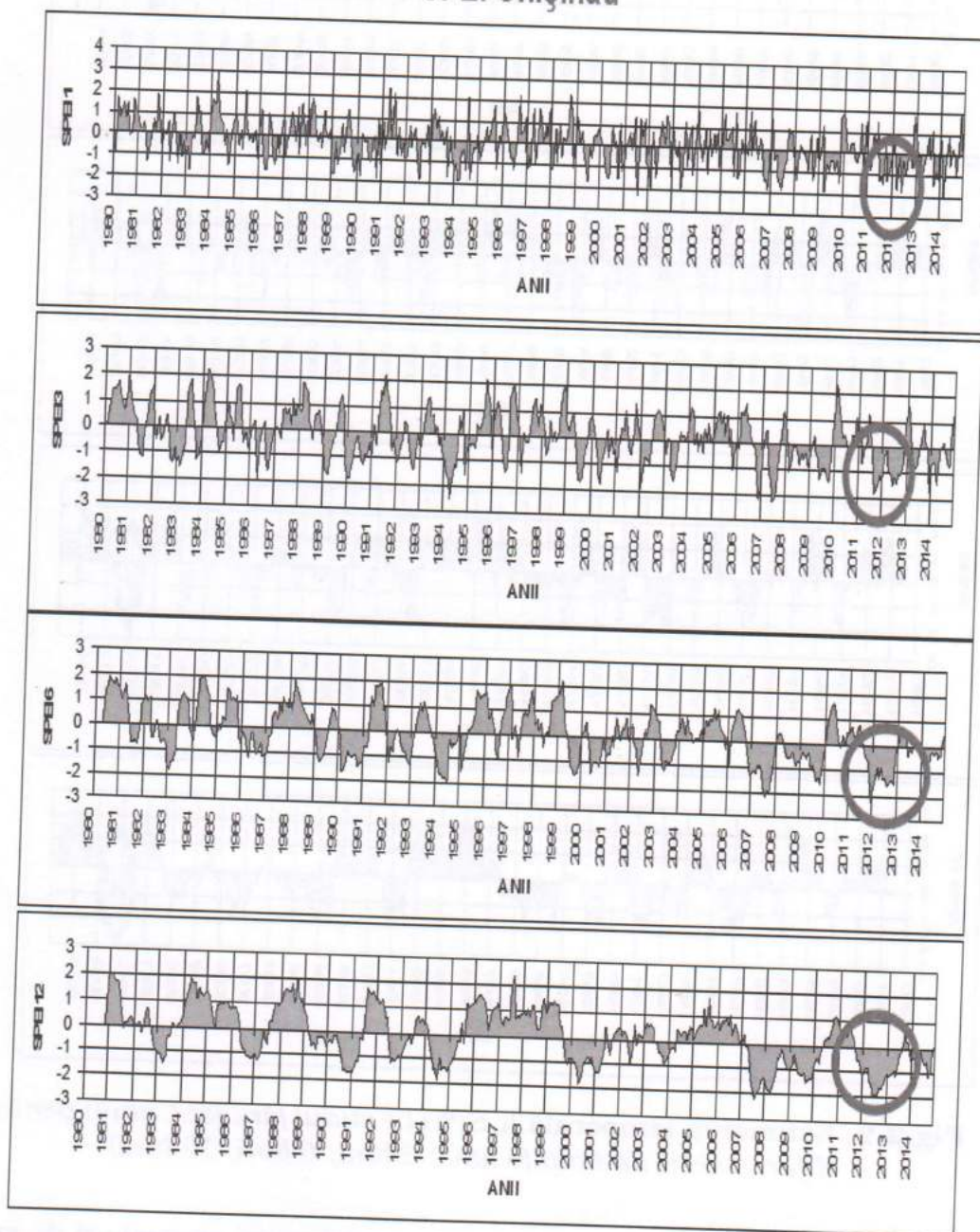


Fig.2.8. Estimarea temporală a SPEI în centrul țării (st. Chișinău) pentru diferite scări de timp (o lună; 3 luni; 6 luni; 12 luni)

SPEI Cahul

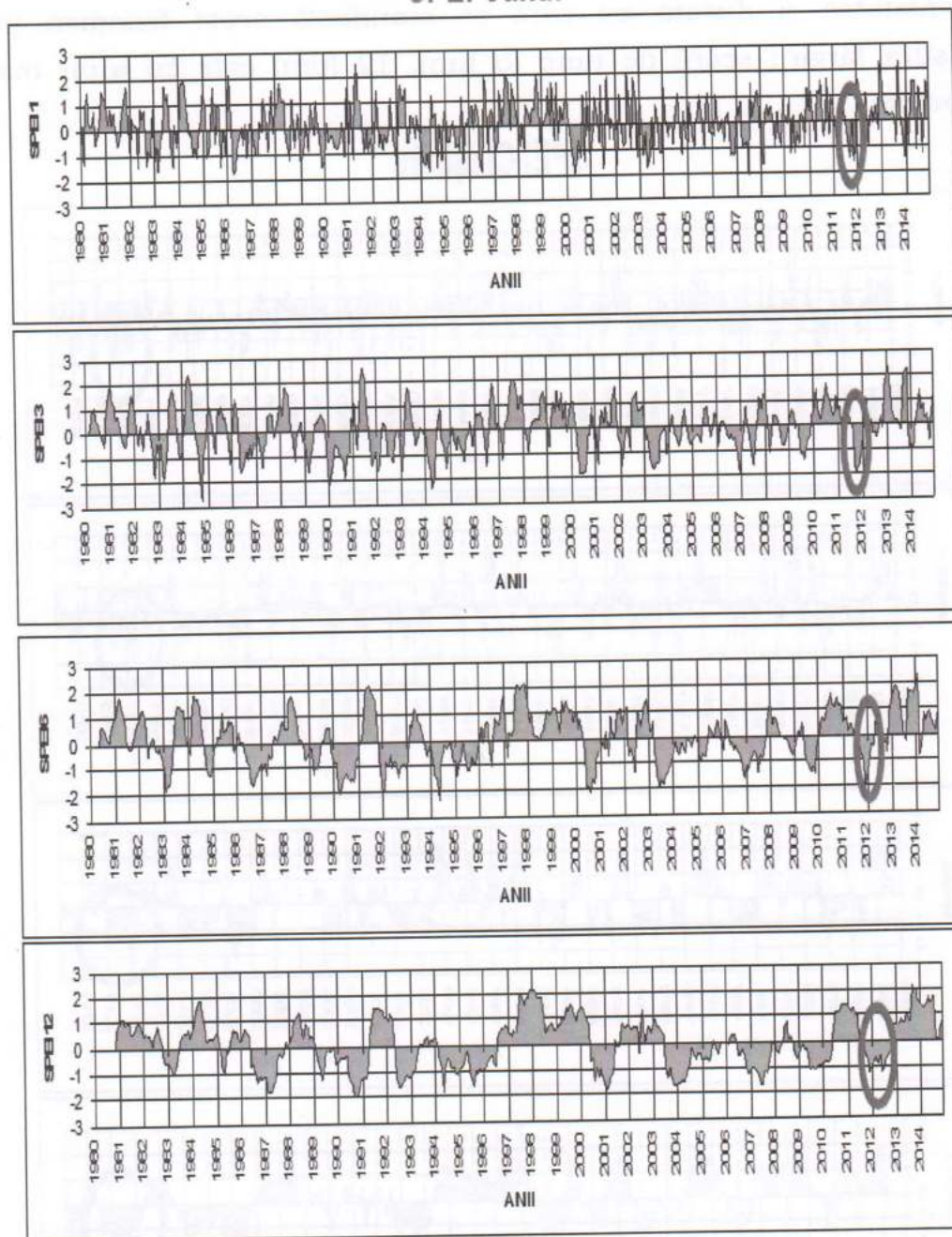


Fig.2.9. Estimarea temporală a SPEI în sudul țării (st.Cahul) pentru diferite scări de timp (o lună; 3 luni; 6 luni; 12 luni)

Aceiași legitate se păstrează și în cazul părții centrale și de sud (fig.2.8, fig.2.9), iar continuitatea manifestării perioadelor secetoase

de la 3 la 6 luni, de la 6 la 12 luni, sau înregistrarea acestui fenomen câțiva ani de-a rândul, permite efectuarea evaluărilor probalistice pentru viitorii ani apropiați.

Cercetările actuale, după cum s-a menționat și în capitolul precedent demonstrează, că ultimii trei ani (2015, 2016, 2017), au fost înregistrați ca unii din cei mai calzi din seria observațiilor instrumentale. Pe parcursul anilor sus nominalizați, în perioada caldă a anului, au predominat zilele în care temperatura diurnă a constituit peste 25°C, iar umiditatea relativă a aerului a fost sub 30%, acestea fiind considerate din punct de vedere meteorologic ca zile uscate.

Modelarea cartografică a numărului total al zilelor uscate (fig.2.10) pe teritoriul Republicii Moldova poate ajunge în anumiți ani concreți (2015) pînă la 76 de zile, nerespectînd uneori principiul zonalității.

O distribuție în timp aparte o are manifestarea Indicelui perioadelor uscate I_{zu} elaborat la nivel național [61], care se calculează pentru perioada lunilor mai-august, în care are loc dezvoltarea principalelor faze ontologice ale culturilor agricole. Acesta reprezintă coraportul dintre suma acestora înregistrată în ani concreți către media lor multianuală cu următoarea expresie:

$$I_{zu} = \frac{\sum z_{u(V-VIII)}}{\bar{X} z_{u(V-VIII)}}, \quad (2.2)$$

unde $\Sigma zu_{(V-VIII)}$ – suma zilelor uscate înregistrate în perioada (mai-august), iar $\overline{X} zu_{(V-VIII)}$ – reprezintă media multianuală ale acestora.

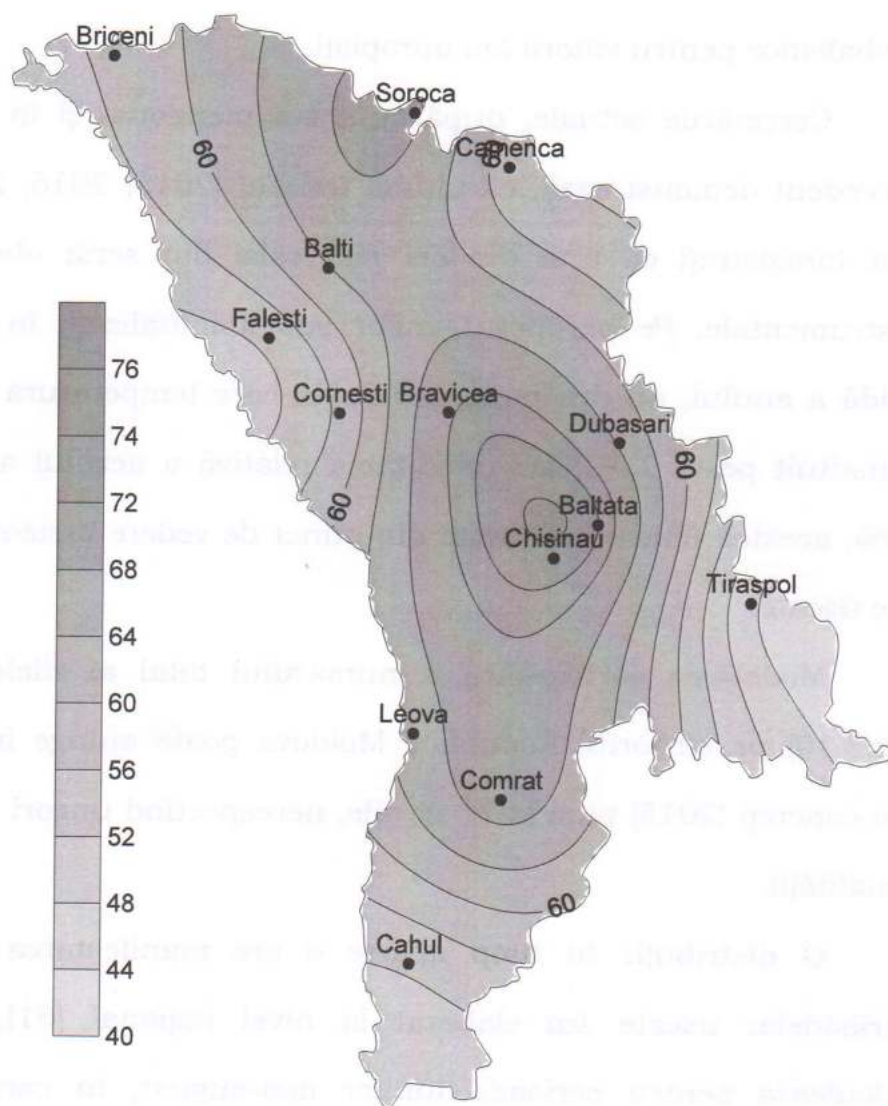


Fig.2.10. Numărul total al zilelor uscate (2015)

Calificativele Izu permit evidențierea gradului de ariditate în această perioadă. Menționăm, că în cazul valorilor $Izu = 2,1$ suma zilelor uscate întrece dublu media multianuală ale acestora, instalându-se o perioadă uscată semnificativă (tab.2.1).

Tabelul 2.1 Calificativele Indicelui perioadelor uscate (*Izu*) după M.Nedealcov

Valorile <i>Izu</i>	Calificativele <i>Izu</i>
0,1-1,0	perioadă normală
1,1-2,0	perioadă uscată moderată
2,1-3,0	Perioadă uscată semnificativă
3,1-4,0	Perioadă uscată periculoasă
>4,1	Perioadă uscată excepțională

Analiza graficului quantilei (fig.2.11) indică faptul, că în nordul țării, anii cu cele mai extreme valori ale *Izu* sunt: 2015, 2012, 2009, 2007. În sudul țării, se remarcă aceiași ani, doar că după intensitatea valorilor, poziționarea acestora este inversă și anume: 2007, 2009, 2012, 2015.

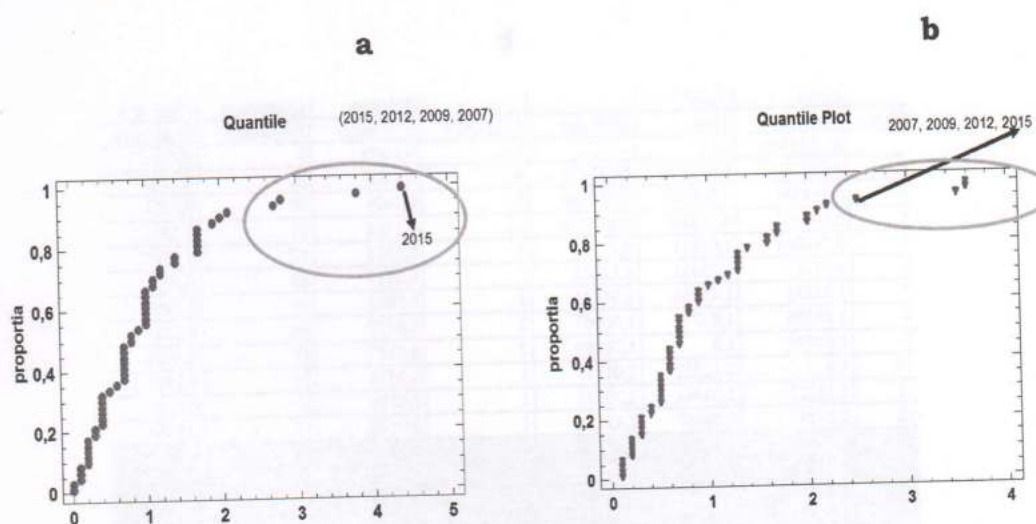


Fig. 2.11. Graficul quantile privind Indicele perioadelor uscate (*Izu*) a- Briceni, b-Cahul, 1960-2015

Intervalul de revenire a perioadelor uscate periculoase poate constitui, spre exemplu, în partea de nord o frecvență de 0.0182, iar în partea sudică- 0.0536, ceea ce înseamnă că pe parcursul unei perioade de 56 de ani acestea au avut o manifestare de două și trei ori corespunzător (fig.2.12).

a

Class	Lower Limit	Upper Limit	Midpoint	Frequency	Relative Frequency	Cumulative Frequency	Cum. Rel. Frequency
at or below	-0,3			0	0,0000	0	0,0000
2	-0,022222	0,255556	0,116667	10	0,1818	10	0,1818
3	0,255556	0,533333	0,394444	9	0,1636	19	0,3455
4	0,533333	0,811111	0,672222	10	0,1818	29	0,5273
5	0,811111	1,08889	0,95	8	0,1455	37	0,6727
6	1,08889	1,36667	1,22778	4	0,0727	41	0,7455
7	1,36667	1,64444	1,50556	2	0,0364	43	0,7818
8	1,64444	1,92222	1,78333	6	0,1091	49	0,8909
9	1,92222	2,2	2,06111	2	0,0364	51	0,9273
10	2,2	2,47778	2,33889	0	0,0000	51	0,9273
11	2,47778	2,75556	2,61667	1	0,0182	52	0,9455
12	2,75556	3,03333	2,89444	1	0,0182	53	0,9636
13	3,03333	3,31111	3,17222	0	0,0000	53	0,9636
14	3,31111	3,58889	3,45	0	0,0000	53	0,9636
15	3,58889	3,86667	3,72778	1	0,0182	54	0,9818
16	3,86667	4,14444	4,00556	0	0,0000	54	0,9818
17	4,14444	4,42222	4,28333	1	0,0182	55	1,0000
18	4,42222	4,7	4,56111	0	0,0000	55	1,0000
above	4,7			0	0,0000	55	1,0000

b

Class	Lower Limit	Upper Limit	Midpoint	Frequency	Relative Frequency	Cumulative Frequency	Cum. Rel. Frequency
at or below	-0,1			0	0,0000	0	0,0000
2	0,122222	0,344444	0,233333	8	0,1429	12	0,2143
3	0,344444	0,566667	0,455556	8	0,1429	20	0,3571
4	0,566667	0,788889	0,677778	11	0,1964	31	0,5536
5	0,788889	1,01111	0,9	6	0,1071	37	0,6607
6	1,01111	1,23333	1,12222	2	0,0357	39	0,6964
7	1,23333	1,45556	1,34444	5	0,0893	44	0,7857
8	1,45556	1,67778	1,56667	2	0,0357	46	0,8214
9	1,67778	1,9	1,78889	2	0,0357	48	0,8571
10	1,9	2,12222	2,01111	3	0,0536	51	0,9107
11	2,12222	2,34444	2,23333	1	0,0179	52	0,9286
12	2,34444	2,56667	2,45556	1	0,0179	53	0,9464
13	2,56667	2,78889	2,67778	0	0,0000	53	0,9464
14	2,78889	3,01111	2,9	0	0,0000	53	0,9464
15	3,01111	3,23333	3,12222	0	0,0000	53	0,9464
16	3,23333	3,45556	3,34444	0	0,0000	53	0,9464
17	3,45556	3,67778	3,56667	3	0,0536	56	1,0000
18	3,67778	3,9	3,78889	0	0,0000	56	1,0000
above	3,9			0	0,0000	56	1,0000

Fig. 2.12. Intensitatea, frecvența și intervalul de retur a perioadelor uscate (Izu) a- Briceni, b-Cahul, 1960-2015

Menționăm, că în ultimii ani, se observă și cele mai înalte valori ale Indicelui perioadelor uscate (*Izu*). În partea de nord limita perioadelor uscate semnificative a fost întrecută de 4 ori pe axa timpului (fig.2.13a), iar în partea de sud a țării, în aceeași perioadă de referință (1960-2015), au fost înregistrate 7 cazuri (fig.2.13b). Cele mai semnificative valori ale *Izu*, atât în partea de nord, cât și de sud a țării, au fost înregistrate în anii 2007, 2009, 2012, 2015. Doar, că în dependență de poziția fizico-geografică, valorile extreme au variat de la an la an, ceea ce se confirmă și prin analiza quantilelor din figurile anterioare.

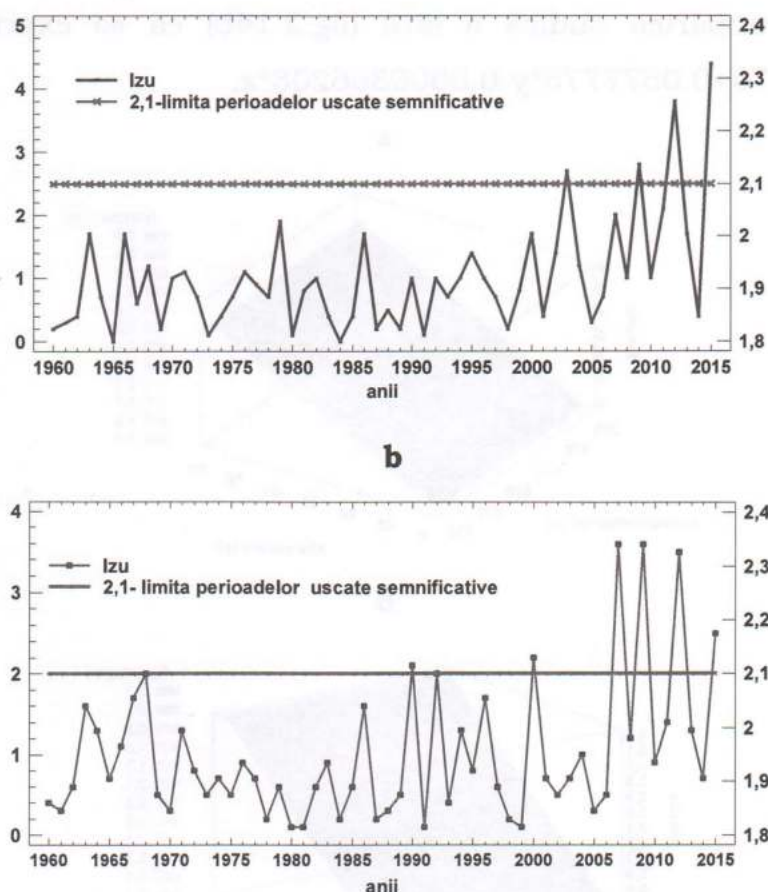


Fig.2.13. Evoluția Indicelui perioadelor uscate, *Izu* (1960-2015) (a-Briceni; b-Cahul) pe teritoriul Republicii Moldova

Estimarea Indicelui perioadelor uscate, I_{zu} ca funcție a evaporabilității și a zilelor uscate relevă faptul, că I_{zu} corelează destul de semnificativ cu acești factori atât în partea de nord cât și de sud a țării ($R^2=99,9$). Evaluarea graficului de suprafață a acestor trei variabile tridimensional interpretate, indică relația tridimensională dintre doi parametri independenți (x- evaporabilitatea și y – zilele uscate), aceștea servind totodată și ca doi factori predictorii în formarea valorilor ce caracterizează Indicele perioadelor uscate, I_{zu} . Pentru partea de nord această funcție (fig.2.14a) are aspectul $0.00186288+0.0854525*y+0.000044727*x$, iar pentru partea sudică a țării (fig.2.14b) ea se exprimă prin: $0.00906879+0.0577775*y-0.0000366208*x$.

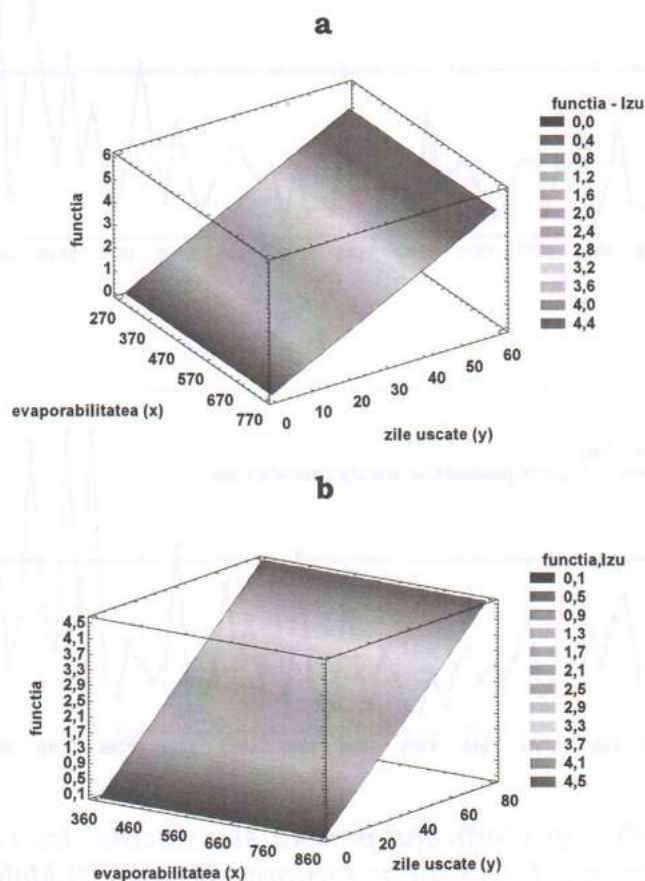


Fig.2.14. Funcția I_{zu} (z) față de evaporabilitate (x) și de zilele uscate (y) (a-Briceni; b-Cahul) pe teritoriul Republicii Moldova (1960-2015)

Așadar, conform evaluărilor seriilor în timp a Izu (fig.2.11 a, b, c), pe teritoriul republicii, perioadele uscate excepționale sunt caracteristice mai mult zonei de centru și sud, iar în cazul părții de nord, în anumiți ani secetoși, s-au instalat doar perioade uscate semnificative și periculoase. Rezultatele obținute confirmă intensificarea procesului de aridizare, în deosebi, în partea centrală și de sud a republicii [62].

Teoria proceselor stocastice joacă un rol esențial în analiza, modelarea și predicția seriilor de timp privind și fenomenul manifestării zilelor uscate. Din acest punct de vedere o serie de timp ce caracterizează perioadele uscate poate fi tratată ca o realizare a unui proces stocastic. În ipoteza, că procesul stocastic este staționar, conceptual, seria de timp, poate fi tratată ca o realizare a răspunsului procesului stocastic la o intrare necorelată de tip "zgomot alb".

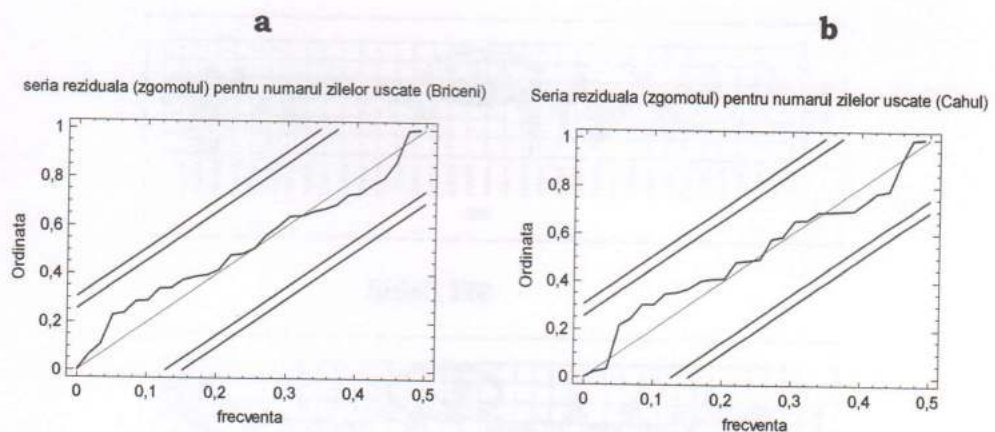


Fig.2.15. Analiza seriilor reziduale pentru zilele uscate pe teritoriul Republicii Moldova (a-Briceni, c-Cahul)

Calculul seriei reziduale a seriilor de timp și prezentarea nivelului de credibilitate denotă, că acesta reprezintă în sine „zgomotul alb” a procesului aleator privind manifestarea zilelor uscate pe teritoriul Republicii Moldova (fig.2.15 a, b).

2.2. Pericolul declanșării exceselor pluviometrice în aspect regional

O trăsătură specifică a climei regionale din perioada caldă a anului este alternarea frecvență a perioadelor uscate cu cele ploioase, cele din urmă, la fel, pot fi însoțite de pagube materiale, decese și sinistrai.

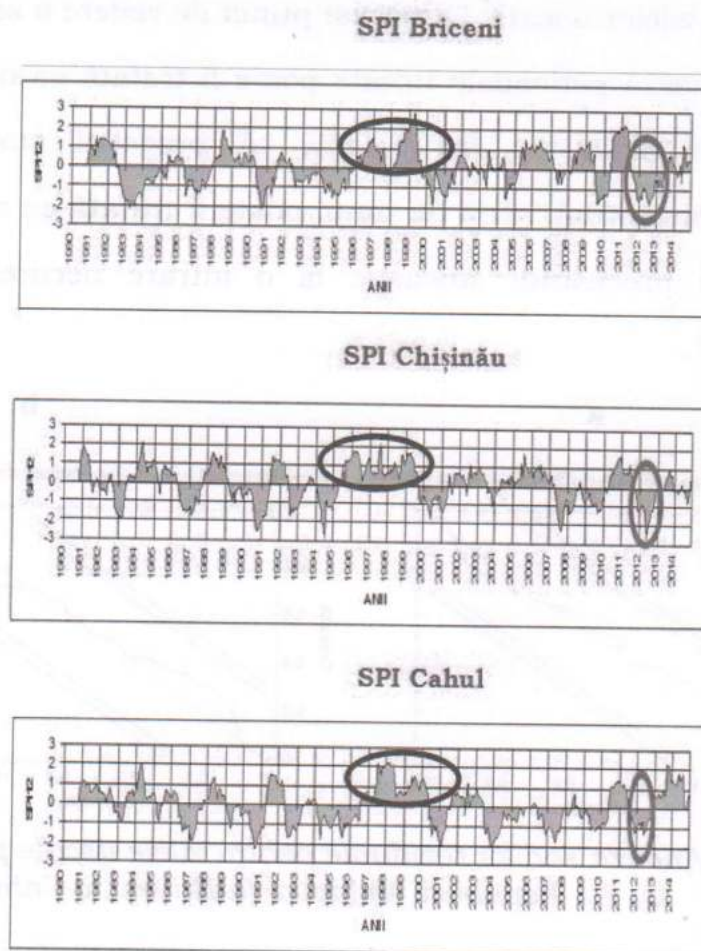


Fig.2.2.1. Identificarea perioadelor umede conform SPI

La baza estimării perioadelor ploioase un rol aparte îl joacă indicii standardizați (SPI și SPEI), utilizați în identificarea perioadelor secetoase (fig.2.2.1, fig.2.2.2).

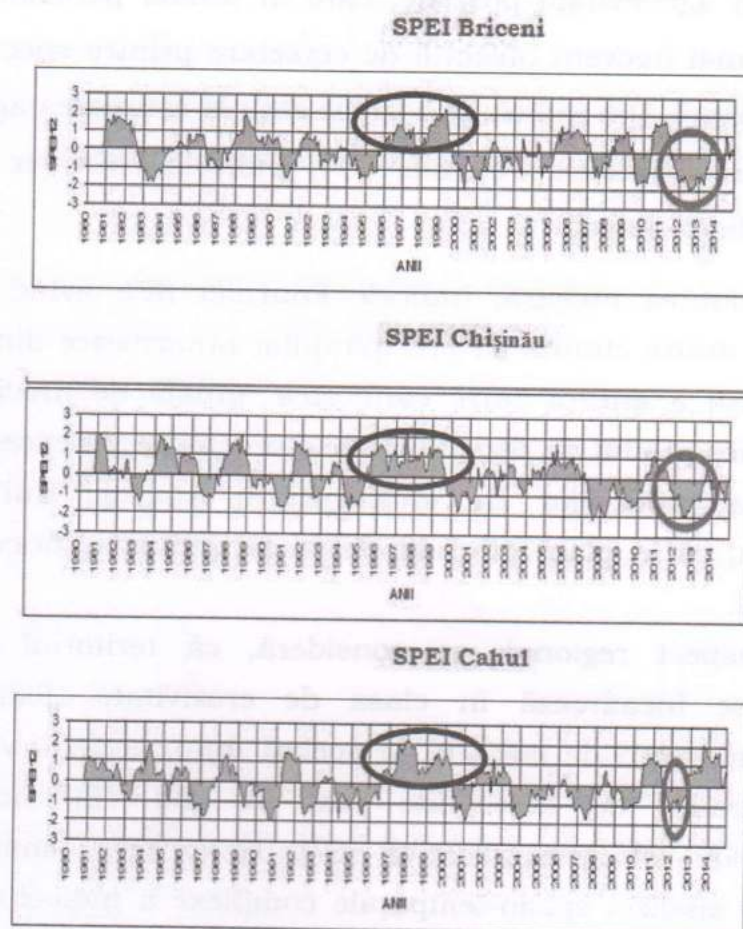


Fig.2.2.2. Identificarea perioadelor umede conform SPEI

Astfel, perioada semnificativ de umedă a fost a anilor consecutivi 1997-1999. Ultimii ani se caracterizează prin majorarea gradului de severitate a perioadelor semnificativ umede-semnificativ uscate, ceea ce încă odată demonstrează variabilitatea pronunțată a sistemului climatic regional.

Deci, o durată îndelungată de cădere a precipitațiilor, sau căderea acestora cu o intensitate mare, pot conduce la acumularea unui volum mare de apă, care se scurge pe versanți, sub formă de

șiroaie, favorizând producerea proceselor de șiroire și torențialitate, adică pot declanșa procese geomorfologice de eroziune. Pentru teritoriul țării, un rol important în estimarea acestor procese îl are cunoașterea agresivității pluviale, care în ultima perioadă de timp devine tot mai frecvent obiectul de cercetare printre specialiștii din diferite domenii. Din indicii de bază ce stau la estimarea agresivității pluviale sunt: Indicele Fournier (IF), Indicele Fournier Modificat (IFM) și Indicele Angot.

La părerea noastră, Indicele Fournier (IF), avînd în calcul coraportul dintre cantitatea precipitațiilor atmosferice din luna cea mai ploioasă a anului către cantitatea anuală de precipitații, ar putea explica gradul de periculozitate a precipitațiilor excedentare în declanșarea proceselor de eroziune, în anumiți ani concreți. Menționăm, că în plan internațional acest indice se bucură de un succes real.

În aspect regional, se consideră, că teritoriul Republicii Moldova se încadrează în clasa de erozivitate „foarte mică”, înregistrînd valori de sub 20. În același timp, această valoare, nu reflectă gradul de erozivitate real în anii cînd intensitatea precipitațiilor este semnificativă [67]. De aceea, considerăm că rezultatele analizei spațio-temporale complexe a Indicelui Fournier ar putea contribui la estimări cu caracter de pronostic, privind manifestarea erozivității climatice în viitorii ani apropiați.

Formula de calcul al Indicelui Fournier (IF) este:

$$IF = P_{max} \cdot P_{max} / P, \quad (2.3)$$

unde, P_{max} - cantitatea de precipitații din luna cea mai ploioasă lună a anului, iar P - este cantitatea anuală de precipitații.

Estimarea gradului de agresivitate pluvială a fost efectuată conform claselor incluse în tabelul 2.2, care reflectă propriu zis gradul de erozivitate climatică a terenurilor.

Tabelul 2.2 Clasele de agresivitate pluvială determinate după indicele Fournier

Clasa de erozivitate	IF
Foarte mică	0-20
Mică	20-40
Moderată	40-60
Severă	60-80
Foarte severă	80-100
Extrem de severă	>100

Analiza seriilor de timp de peste mai mult de un secol (1891-2016) demonstrează, că pe teritoriul Republicii Moldova, în anumiți ani concreți, Indicele Fournier (IF) înregistrează salturi semnificative în valori. Conform analizei temporale din figura 2.2.3 remarcăm, că în anul 1952 agresivitatea pluviailă a constituit 86,6 unități, ceea ce se include în *clasa de erozivitate foarte severă*, apoi urmează anul 1985 cu clasa de erozivitate și deci, și a *agresivității pluviiale severe* (67,7).

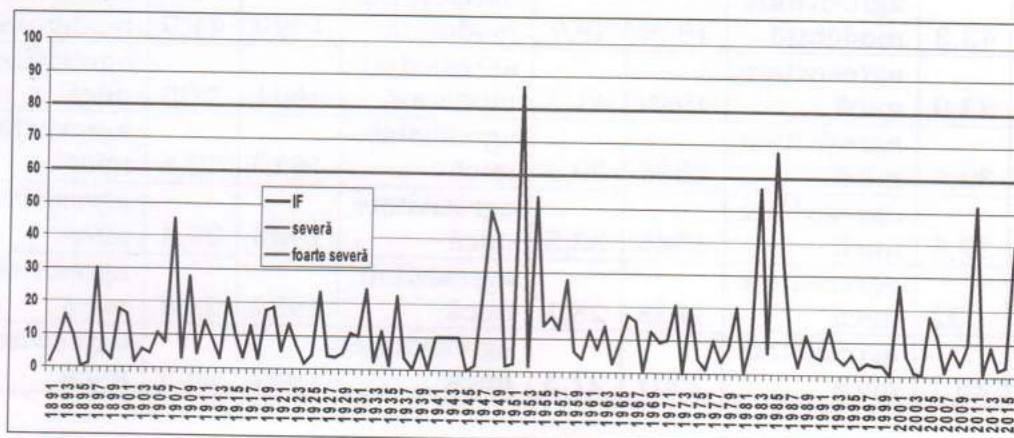


Fig.2.2.3. Dinamica Indicelui Fournier și agresivitatea pluvială (st. Chișinău, 1891-2016)

Dat fiind faptul, că în seriile de timp de mai mult de un secol cele mai semnificative valori ale agresivității pluviiale se atestă către

finele anilor 40- începutul anilor 50 ai secolului XX, în vederea respectării omogenității în seriile de timp pentru toate stațiunile meteorologice privind estimările temporale, a fost elaborată baza informațională de date pentru perioada anilor 1948-2016.

Potrivit datelor incluse în tabelul 2.3, în aspect regional, constatăm, că deși unii ani se regăsesc ca ani cu agresivitate pluvială sporită, pragul de agresivitate diferă esențial, în dependență de poziționarea geografică a stațiunii meteorologice.

Tabelul 2.3 Topul anilor cu agresivitate pluvială sporită (1948-2016)

Briceni			Chisinău			Cahul		
		agresivitate severă			agresivitate foarte severă			agresivitate moderată
1989	74,8		1952	86,6		1983	54,1	
1948	51,3	agresivitate moderată	1985	67,7	agresivitate severă	1958	51,2	agresivitate moderată
1988	49,7	agresivitate moderată	1983	56,4	agresivitate moderată	1949	47,6	agresivitate moderată
1985	48,1	agresivitate moderată	1954	53,1	agresivitate moderată	1985	45,5	agresivitate moderată
1949	47,3	agresivitate moderată	2011	51,9	agresivitate moderată	1994	43,4	agresivitate moderată
2010	43,3	agresivitate moderată	1948	48,7	agresivitate moderată	1999	41,9	agresivitate moderată
1972	33,9	agresivitate mică	1949	41,5	agresivitate moderată	2001	37,5	agresivitate mică
1994	32,6	agresivitate mică	2016	39,3	agresivitate mică	1972	32,5	agresivitate mică
2011	32,5	agresivitate mică	1986	33,5	agresivitate mică	1989	29,4	agresivitate mică
2013	32	agresivitate mică	1958	28,1	agresivitate mică	1952	28,8	agresivitate mică
1969	25,1	agresivitate mică	2001	27,3	agresivitate mică	1982	25,9	agresivitate mică

În același timp, în unii ani luați aparte, gradul de agresivitate pluvială poate esențial să difere și în dependență de formele de relief (fig.2.2.4).

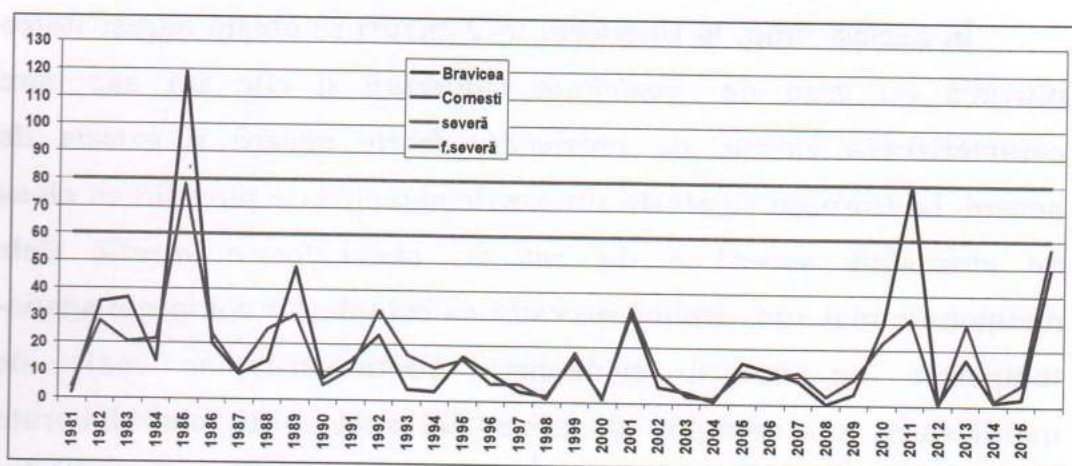


Fig.2.2.4. *Dinamica Indicelui Fournier și agresivitatea pluvială la Bravicea și Cornești (1981-2016)*

Analiza datelor (tab.2.4) ce reflectă limitele variabilității și frecvența de manifestare a Indicelui Fournier (IF) la Bravicea și Cornești (1981-2016), demonstrează faptul, că în 32 de cazuri IF la Bravicea, însumează valori de la 4 la 36,8, ceea ce corespunde *claselor de erozivitate foarte mică și mică*. La Cornești IF în 34 de cazuri înregistrează valori de la 0,0 la 36,8 reflectând, la fel, *clasele de erozivitate foarte mică și mică*.

Tabelul 2.4. *Limitele variabilității și frecvența de manifestare a Indicelui Fournier la Bravicea și Cornești (1981-2016)*

Bravicea			Cornești		
Limitele variabilității		Frecvența	Limitele variabilității		Frecvența
4	8,7	16	0	8,75	12
8,7	18,1	10	8,75	18,125	11
18,1	27,5	2	18,125	27,5	5
27,5	36,8	4	27,5	36,8	6
36,8	46,2	0	36,875	46,25	0
46,2	55,6	2	46,25	55,625	0
55,625	65,0	0	55,625	65,0	1
65,0	74,375	0	65,0	74,375	0
74,375	83,75	1	74,375	83,75	1
83,75	93,125	0			
93,125	102,5	0			
102,5	111,875	0			
111,87	121,25	1			

În același timp, la Bravicea, în 2 cazuri se atestă agresivitatea pluvială cu grad de *erozivitate moderată* și câte un caz care caracterizează clasele de *erozivitate foarte severă* și *extrem de severă*. La Cornești se atestă un caz de agresivitate pluvială cu clasa de *erozivitate severă* și un caz cu *clasa foarte severă*. Cele menționate mai sus, explică necesitatea estimărilor complexe spațio-temporale cu scopul evidențierii particularităților reale de manifestare a erozivității climatice. De aceea, au fost elaborate modele cartografice care reflectă repartitia spațială a Indicelui Fournier, în anumiți ani concreți, cel din urmă, fiind caracterizat prin valori destul de semnificative (fig.2.2.5).

Utilizând metoda de interpolare Minimum Curvature, au fost elaborate modelele cartografice ce relevă repartitia Indicelui Fournier în aspect multianual (fig.2.2.5a), dar și în anumiți ani concreți (fig.2.2.5b).

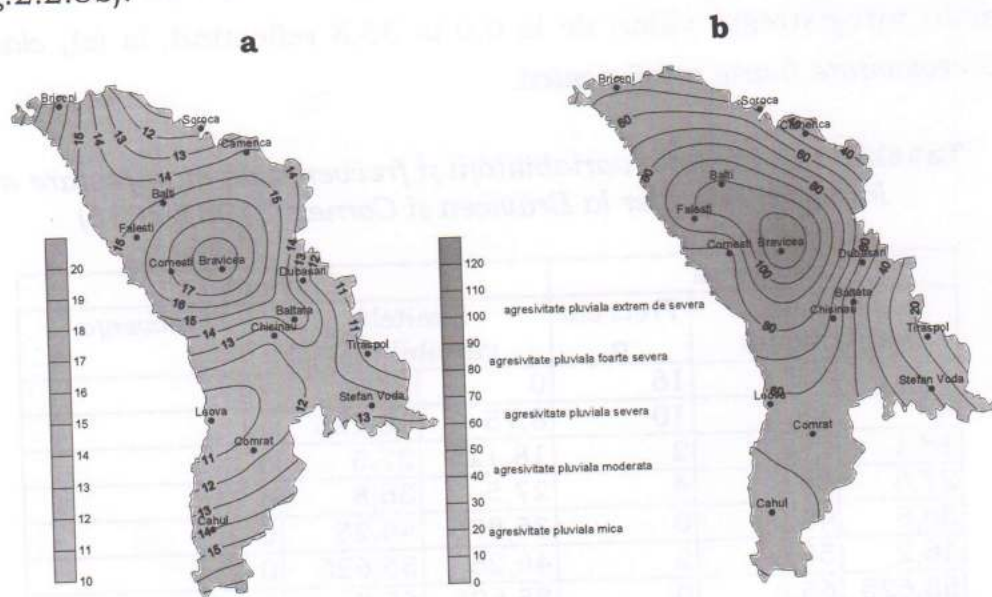


Fig. 2.2.5. Repartitia spațială a agresivității pluviale multianuale (a- 1981-2016) și în anumiți ani concreți (b- 1985) pe teritoriul Republicii Moldova

Harta digitală ce reflectă repartitia multianuală (fig.2.2.5a) a acestui indice indică, că în aspect multianual, conform valorilor IF

distribuite în spațiu, agresivitatea pluvială *este foarte mică* pe tot teritoriul Republicii Moldova. Dacă valorile Indicelui Fournier în aspect multianual se estimează sub 20 unități, în anumiți ani concreți, IF pe arii extinse însumează valori ale *agresivității pluviale severe, foarte severe și chiar extrem de severe* (fig.2.2.5b.). Menționăm, că în cazul, când agresivitatea pluvială este esențială pe teritoriile accidentate, cum a fost în anul 1985, situația se poate complica și mai mult, datorită înclinației mai pronunțate a versanților din regiune.

Așadar, cunoașterea aspectului temporal de manifestare a agresivității pluviale, dar și evidențierea arealelor vulnerabile, ar putea contribui la estimările adecvate privind rolul eroziivității climatice în declanșarea proceselor geomorfologice nefavorabile.

Deci, nu există nici o îndoială, că extremele pluviometrice deși au o înregistrare rară în timp, efectul manifestării acestora în unii ani concreți poate fi dezastruos.

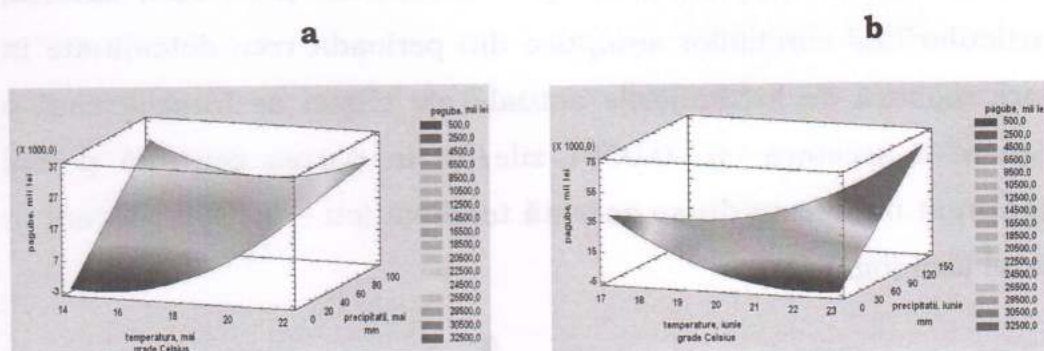


Fig.2.2.6. Pagubele materiale (a-mai; b-iunie) provocate de excesele pluviometrice (2000-2014) pe teritoriul Republicii Moldova

Analiza datelor privind pagubele materiale provenite în urma manifestării ploilor torențiale din lunile mai (fig.2.2.6a) și iunie (fig.2.2.6b) constată faptul, că în anii 2000-2014 acestea au variat în limitele 500-32500 mii lei. Ținând cont de alternările frecvente ale perioadelor uscate cu cele umede concluzionăm, că tendința de înregistrare a pagubelor materiale se va păstra și în viitor.

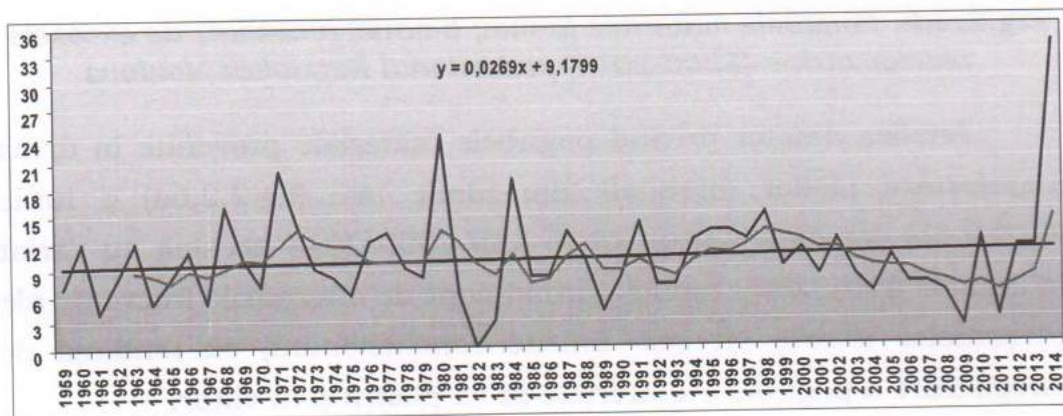
CAPITOLUL 3. RISCURILE METEO-CLIMATICE DIN PERIOADA RECE A ANULUI ȘI ZONAREA FACTORILOR DE RISC

3.1. Aspectul spațio-temporal a riscurilor meteo-climatice din perioada rece

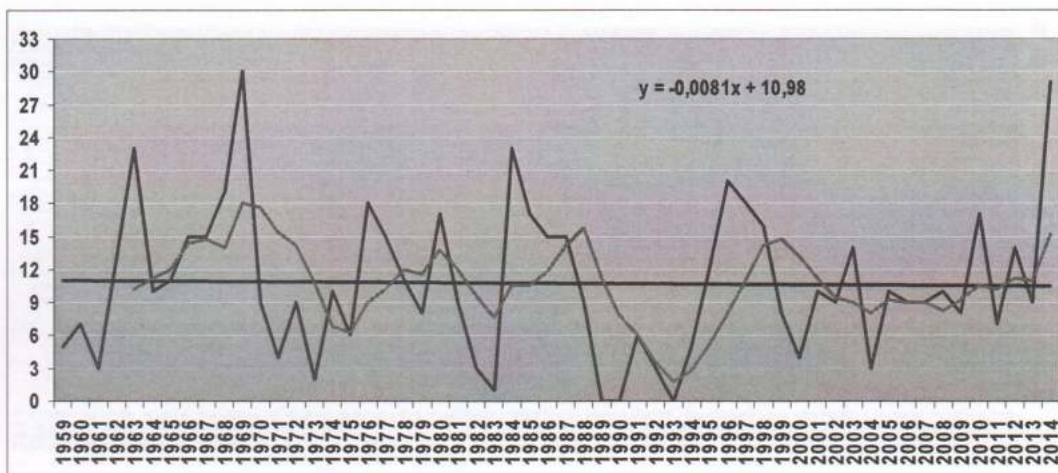
Din multitudinea riscurilor climatice cu manifestare în perioada rece a anului, în ultima perioadă de timp se atestă poleiul puternic, chiciura, ninsorile puternice și întroienirile, depunerile puternice de lapoviță și gerurile puternice, ducând cu sine la pagube materiale substanțiale. Pentru teritoriul Republicii Moldova a sporit semnificativ magnitudinea manifestării poleiului și a chiciurii, cu înregistrarea celor mai esențiale pagube materiale.

Așadar, în partea de nord se atestă o majorare a zilelor cu polei cu 0,0269 zile/an, iar în partea centrală și de sud, datorită particularității condițiilor sinoptice din perioada rece determinate în mare măsură de schimbările actuale ale climei se înregistrează o scădere a acestora cu -0.0081 zile/an în partea centrală și mai pronunțat manifestându-se această tendință (cu - 0.1288 zile/an) în sudul țării (fig.3.1).

a



b



c

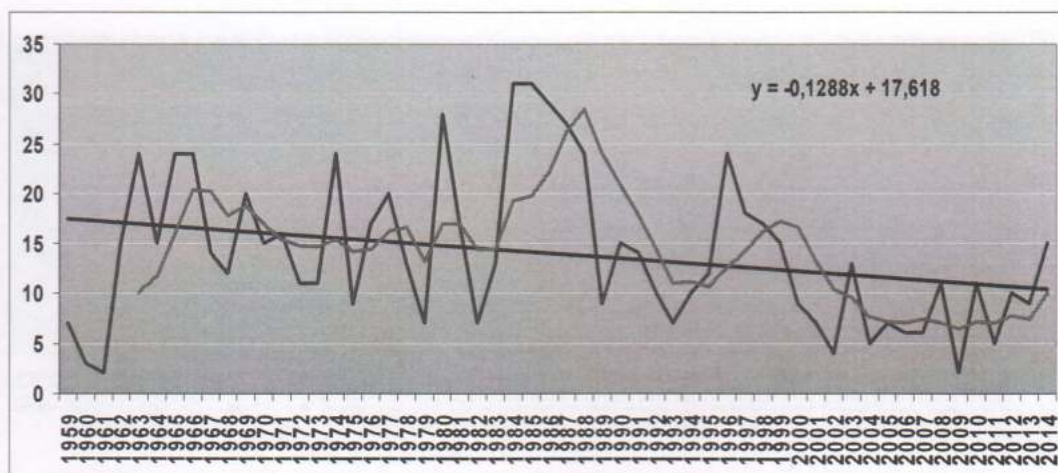
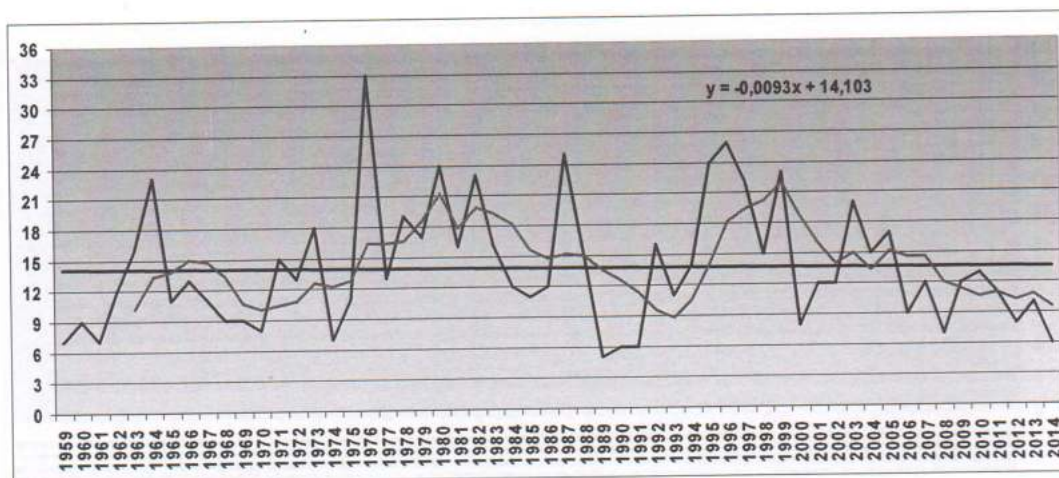


Fig.3.1. Tendința de modificare a numărului zilelor cu polei
(1959-2014)

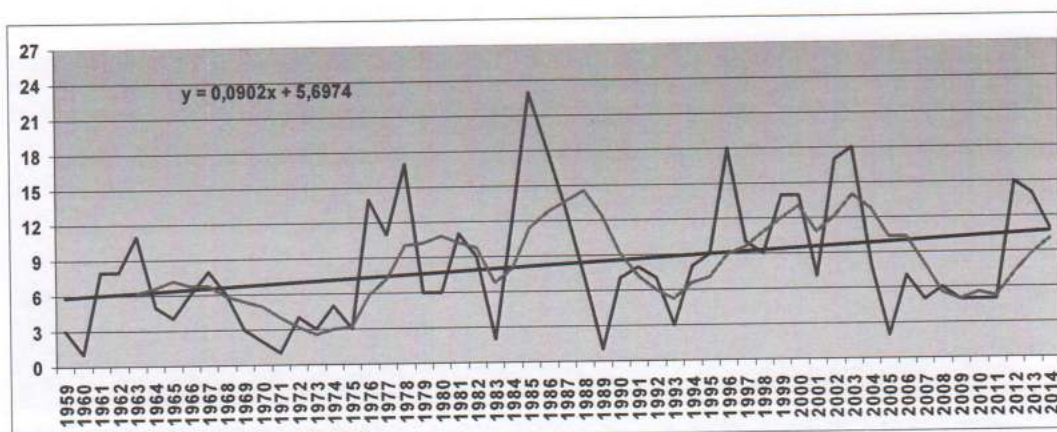
Frecvența chiciurii pe teritoriul Republicii Moldova, datorită alternărilor frecvente ale perioadelor reci cu cele calde are o repartiție inversă în aspect regional, comparativ cu numărul zilelor cu polei.

În nordul țării, în ultimii ani, se observă o tendință de descreștere cu $-0,0093$ zile/an (fig.3.2.a) și o creștere cu $0,0902$ zile/an în partea centrală și cu $0,0143$ zile/an (fig.3.2b, fig.3.2c) în partea de sud a țării.

a



b



c

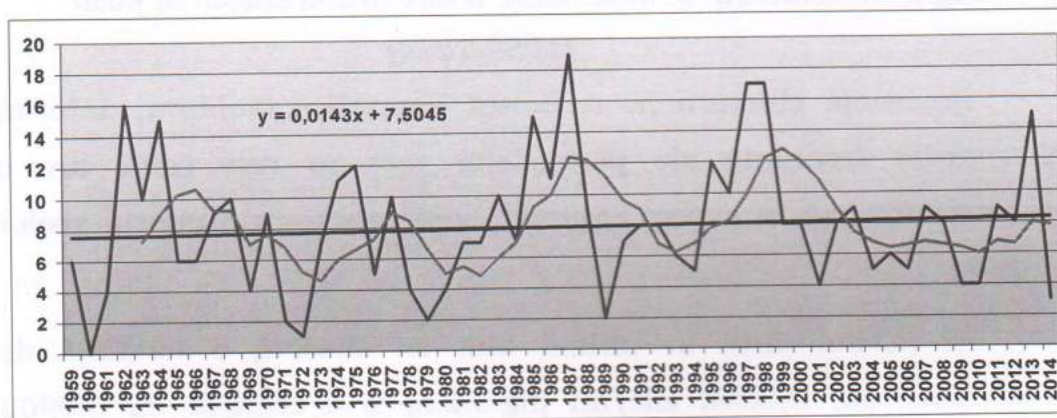


Fig.3.2. Tendința de modificare a numărului zilelor cu chiciură
(1959-2014)

În același timp, menționăm că în primul deceniu al secolului XXI (2000-2010), pretutindeni a fost înregistrată un număr de zile cu chiciură sub linia trendului, perioadă de timp în care s-au atestat mai puține condiții sinoptice de formare, însă, după anul 2010, în partea centrală și de sud, fluctuațiile antipode frecvente de scurtă durată a perioadelor reci cu cele calde, contribuie la apariția mai frecventă în timp a acestui fenomen nefavorabil.

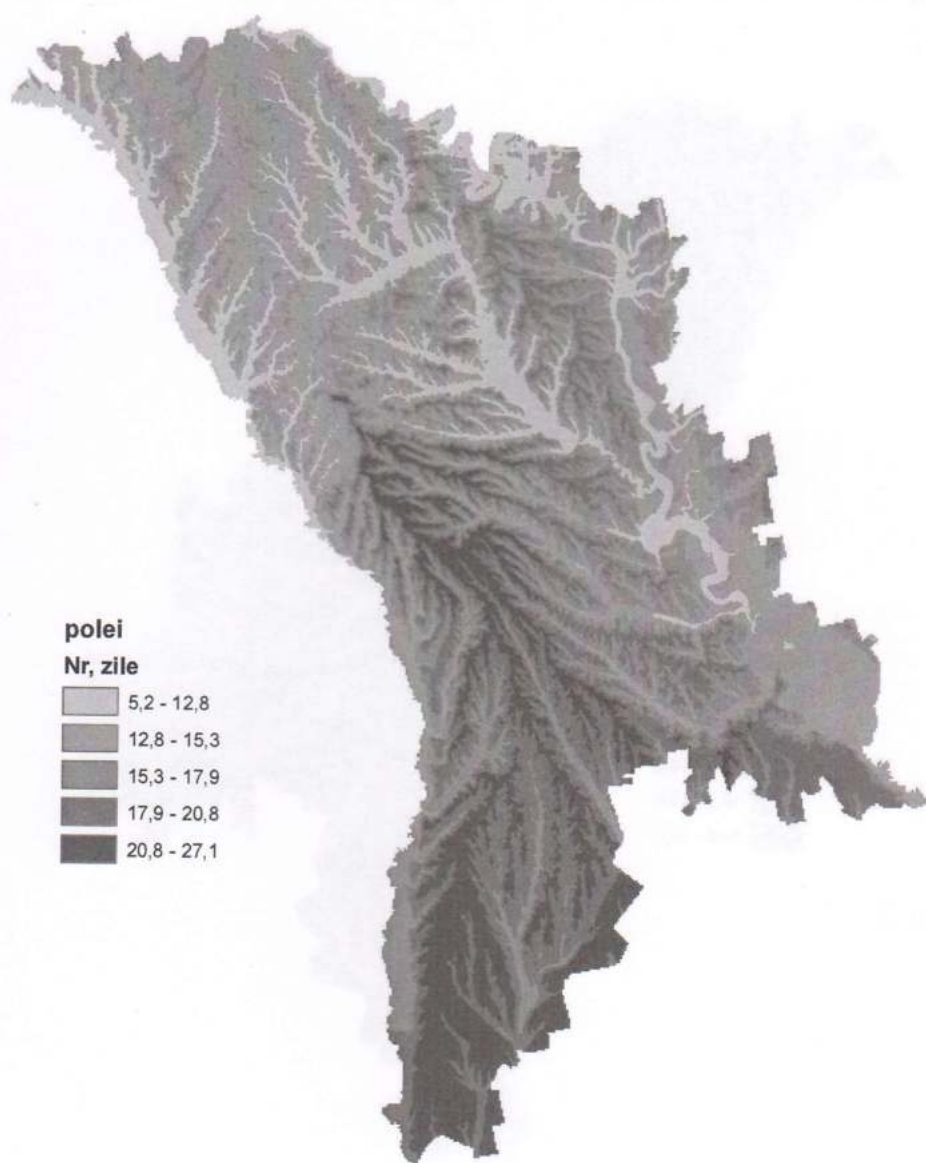


Fig.3.3. Manifestarea odată în 10 ani a numărului zilelor cu poei

În cadrul cercetărilor propuse au fost obținute modelele cartografice privind manifestarea zilelor cu polei și chiciură odată în 10 ani, în dependență de factorii fizico-geografici locali (fig.3.3, fig.3.4). S-a constatat, că în perioadele mai reci, numărul zilelor cu polei poate varia în spațiu de la 5-12,8 zile la nord pînă la 20,8-27,1 zile în partea centrală și de sud, față de mediile multianuale corespunzătoare de 9,9 zile (nord), 10,7 zile (centru) și 13,9 zile (sud).

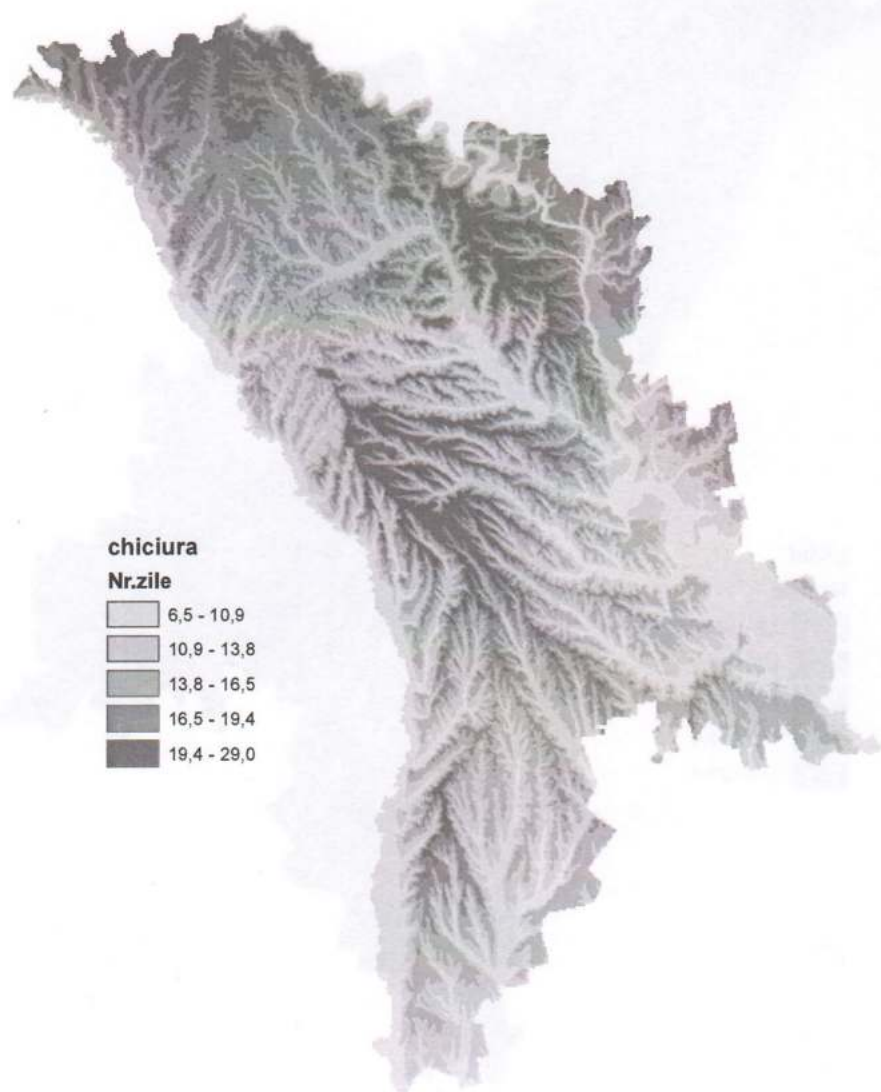


Fig.3.4 Manifestarea odată în 10 ani a numărului zilelor cu chiciură

Estimarea zilelor cu chiciură, care se pot manifesta odată în 10 ani în iernile mai reci relevă faptul, că cele mai multe zile se înregistrează în partea de nord, nord-est și la altitudinile din partea centrală și de sud (fig.3.4). Astfel, văile râurilor mari și mici din sudul și sud-estul țării înregistrează cite 6,5-10,9 zile, iar pe formele altitudinale, acestea ating valori de 19,4-29,0 zile. Valorile multianuale ale zilelor cu chiciură pe teritoriul Republicii Moldova, înregistrează o scădere de la nord spre sud și anume: de la 13,8 zile la nord la 8,2 zile în centru și 7,9 zile la sud. Modelele cartografice scot în evidență redistribuirea în spațiu a acestui fenomen, iar probabilitatea de manifestare odată în 10 ani indică la valorile posibile pe care le poate însuma acest fenomen nefavorabil.

3.2. Zonarea factorilor meteo-climatici de risc în vederea ajustării actelor normative în construcții

Calculul perioadelor de revenire în baza Teoriei Valorilor Extreme (EVT), pentru fenomenele nefavorabile ce iau aspectul de risc în limitele țării, este extrem de necesar în vederea ajustării actelor normative în construcții către standardele europene. Menționăm, în acest context, că:

- Teoria Valorilor Extreme (EVT) este utilizată pentru evaluarea riscului fenomenelor extreme.
- Domeniile de utilizare sunt: hidrologie, climatologie, finanțe, riscuri naturale (seisme), etc.
- Distribuția Generalizată a Valorilor Extreme (GEV) este reprezentată de Funcția de distribuție cumulativă.
- GEV include distribuțiile Gumbel, Frechet și Weibull ca cazuri particulare.
- Analiza Valorilor Extreme (EVA) include 2 metode – *Block Maxima* pentru valori maxime (sau minime) anuale, extrase din

blocuri de date lunare sau diurne și *POT* pentru valori care întrec un anumit prag. Pe exemplul extremelor negative s-a utilizat prima metodă, înlocuind z cu $(-z)$.

- EVA permite de a calcula parametrii GEV, nivelurile și perioadele de revenire ale valorilor extreme, precum și intervalele lor de confidență (de încredere).

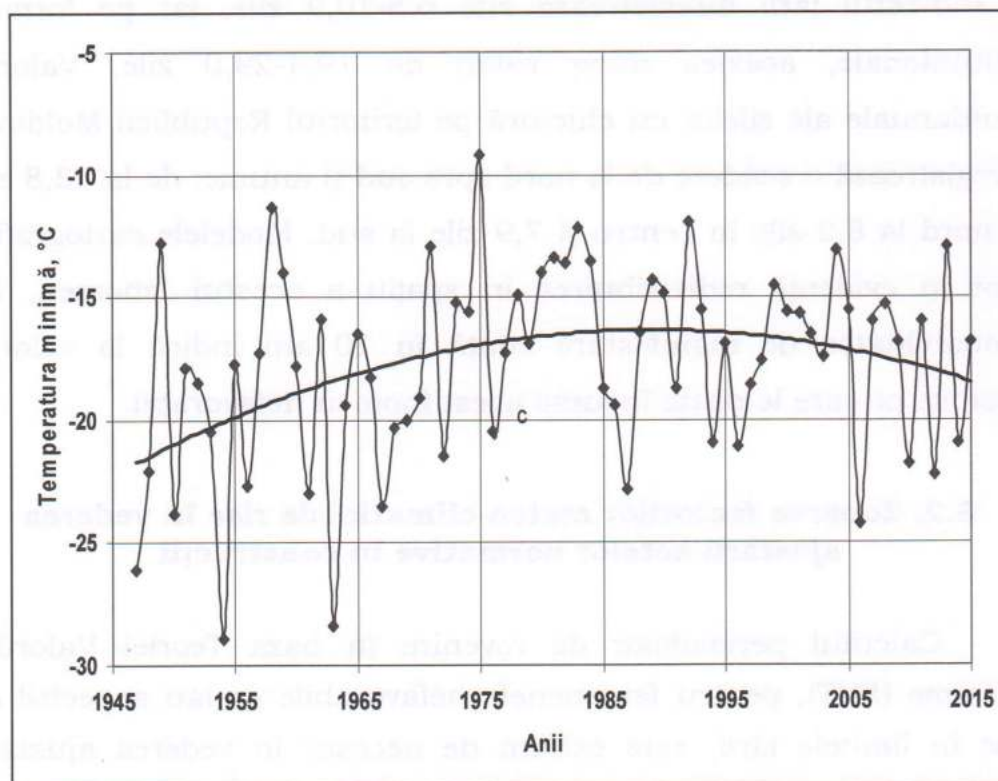


Fig.3.2.1. Temperaturile minime anuale (1946-2015),
st.Chişinău

Așadar, trendul temperaturilor minime anuale demonstrează, că începând cu anii 80 al secolului XX temperaturile minime extreme anuale descresc (fig.3.2.1), ceea ce nu înseamnă că iernile devin mai reci (cresc amplitudinile).

Calculul perioadei de revenire a temperaturilor minime pentru partea centrală a țării (fig.3.2.2, tab.3.1) în baza a două metode de estimare și anume cu Aproximație normală și Bootstrap parametric relevă faptul că peste 10 ani nivelul de revenire a temperaturilor minime va fi de $-23,0...-22,9^{\circ}\text{C}$ (conform ambelor metode), intervalul

de încredere de 95% variind în limitele $-21,5...-21,6^{\circ}\text{C}$ în cazul primei metode și $-21,3...-24,6^{\circ}\text{C}$, în cazul celei de-a doua metode.

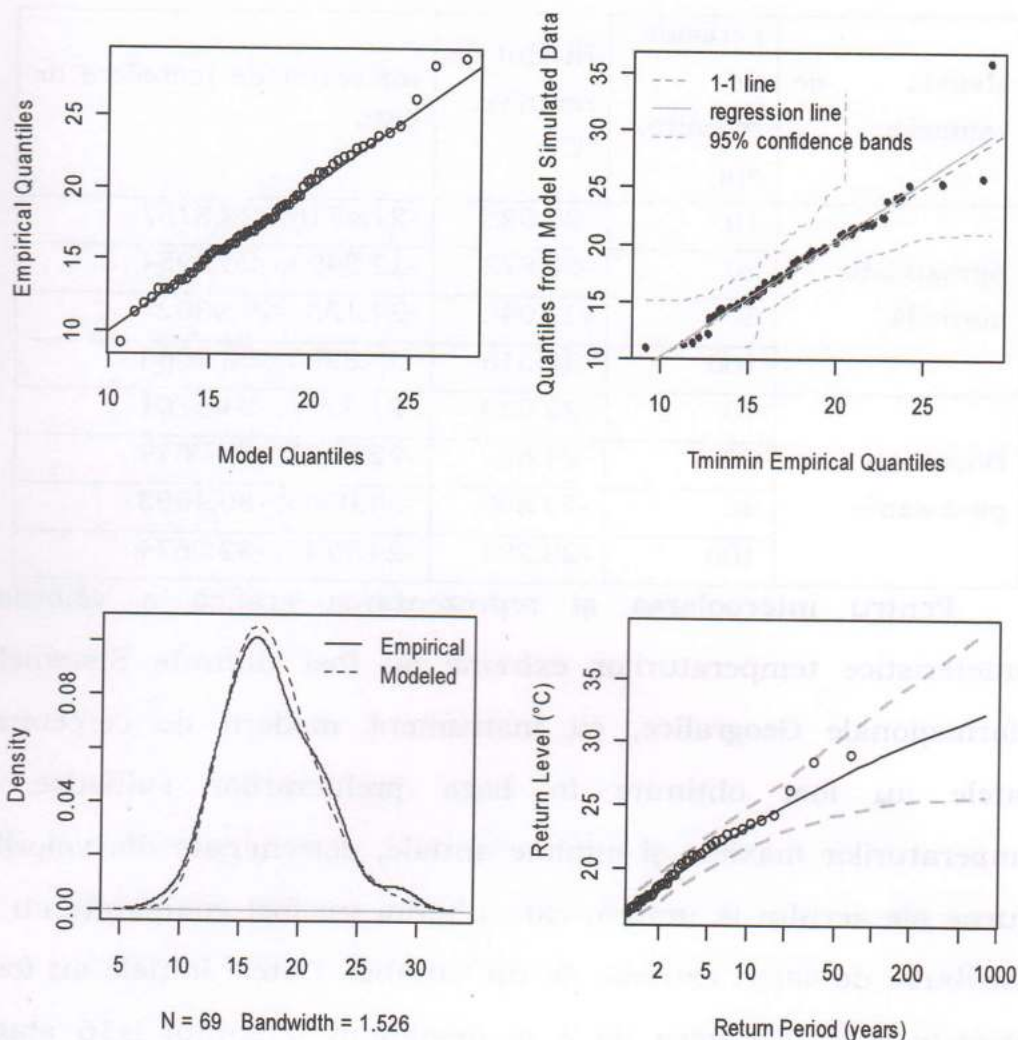


Fig.3.2.2. Perioada de revenire a temperaturilor minime (1946-2015), st.Chîșinău

Conform standardului european EN 1991-1-5 și altor documente normative [34, 35, 49, 73], valorile caracteristice ale temperaturilor maxime și minime a aerului la umbră, sunt valori probalistice cu o probabilitate anuală de depășire de 0,02 (echivalent cu intervalul mediu de recurență IMR = 50 ani).

Tabelul 3.1. Perioada de revenire a temperaturilor minime în partea centrală a țării (st. Chișinău)

Metoda de estimare	Perioada de revenire, ani	Nivelul de revenire, °C	Intervalul de încredere de 95%
Aproximație normală	10	-23.024	-21.4716, -24.5757
	20	-24.873	-22.8499, -26.8954
	50	-27.042	-24.153, -29.9302
	100	-28.516	-24.8253, -32.2063
Bootstrap parametric	10	-22.932	-21.3141, -24.6701
	20	-24.692	-22.8321, -26.7619
	50	-26.890	-24.0506, -30.4603
	100	-28.291	-24.7740, -32.3674

Pentru interpolarea și reprezentarea grafică a valorilor caracteristice temperaturilor extreme au fost utilizate Sistemele Informaționale Geografice, ca instrument modern de cercetare. Datele au fost obținute în baza prelucrărilor statistice a temperaturilor maxime și minime anuale, determinate din valorile diurne ale aerului la umbră, care ulterior au fost comparate cu o distribuție de valori extreme de tip Gumbel. Datele inițiale au fost înregistrate la înălțimea de 2 m de-asupra terenului la 16 stații meteorologice cu șiruri uniforme și complete ale Serviciului Hidrometeorologic de Stat în perioada 1961-2015, adică o perioadă de 55 ani.

Deci, distribuția Gumbel [75, 76, 77, 78] este o distribuție asimetrică cu probabilități mai mari pentru valori minime sau maxime extreme (corespunzător, partea stângă sau dreaptă a graficului), în comparație cu distribuția normală și este determinată de 2 parametri – locația și scara. Cuantilele distribuției ca funcție

de probabilitatea p reprezintă nivelurile de revenire a valorilor corespunzătoare egală cu $1/p$. Distribuția de probabilitate a valorilor maxime sau minime anuale pentru fiecare stație meteorologică a fost comparată cu distribuția teoretică Gumbel, astfel ca distribuția Gumbel să fie la maximum apropiată de cea experimentală, din care pot fi determinați parametrii distribuției, care sunt utilizați pentru calculul valorii caracteristice pentru stația meteorologică dată. Setul de valori caracteristice maximelor sau minimelor a fost utilizat pentru interpolarea spațială și obținerii hărții digitale a repartiției spațiale a acestor valori. Ca metodă de interpolare a fost utilizată metoda Spline (Radial Basic Functions, Minimum Curvature). Hărțile finale conțin izotermele valorilor caracteristice, rețeaua de coordonate (latitudinea și longitudinea geografică în grade, minute), centrele raionale, municipiile, stațiile meteorologice, limitele raioanelor, municipiilor, și relieful (altitudinea), ca imagine de fond.

Distribuția Gumbel pentru maxime este definită de Funcția de Densitate a Probabilității (PDF) [50]:

$$f(x) = (1/\sigma) \cdot \exp(-z - \exp(-z)) \quad (3.1),$$

și Funcția Distribuției Cumulative (CDF)

$$F(x) = \exp(-\exp(-z)) \quad (3.2),$$

unde $z = (x - \mu)/\sigma$, μ , și σ – locația și scara (parametrii distribuției), $f(x) = dF(x)/dx$.

Funcțiile (1) și (2) pentru valori minime pot fi utilizate înlocuind z cu $-z$. În cazul valorilor negative, μ este mai mic ca zero.

Parametrii distribuției pot fi exprimați prin media x_{med} și deviația standard σ_1 a eșantionului - pentru valori maxime:

$\mu = x_{med} - \gamma \sigma$, unde $\gamma \approx 0,5772$ – constanta Euler-Mascheroni, $\sigma = (\sqrt{6}/\pi) * \sigma_1$. Prin urmare,

$$\mu = x_{med} - 0,45 \quad (3.3)$$

σ_1 și $\sigma = 0,7797 \sigma_1$.

Funcția Cuantila $x(p)$ specifică, pentru o probabilitate dată în distribuția probabilității a unei variabile aleatoare, valoarea la care probabilitatea variabilei aleatoare este mai mică sau egală cu probabilitatea dată. Cuantila este funcție inversă funcției de distribuție cumulativă $F(x)$. Pentru distribuția Gumbel pentru maxime :

$$x(p) = \mu - \sigma \ln(-\ln(p)) \quad (3.4)$$

prin urmare,

$$x(p) = x_{med} - \{0,45 + 0,7797 * \ln[\ln(1/p)]\} * \sigma_1 \quad (3.5)$$

Valoarea caracteristica a temperaturii maxime anuale de a fi depășită într-un an cu probabilitatea p este egală cu

$$x(1-p) = x_{med} - \{0,45 + 0,7797 * \ln[\ln(1/1-p)]\} * \sigma_1 \quad (3.6)$$

Valoarea caracteristica a temperaturii maxime anuale de a fi depășită într-un an cu probabilitatea $p=0,02$ (interval mediu de recurența IMR=50 ani) este egală cu

$$x(0,98) = x_{med} + 2.5923 * \sigma_1 \quad (3.7)$$

Valoarea caracteristica a temperaturii minime anuale de a fi depășită (ca valoare absolută) într-un an cu probabilitatea $p=0,02$ (IMR=50 ani) este egală cu

$$x(0,02) = x_{med} - 2.5923 * \sigma_1 \quad (3.8)$$

Pentru alte intervale de recurență (perioade de siguranță a construcției), probabilitățile de depășire sunt expuse în tabelul 3.2.

Tabelul 3.2. Probabilitatea de depășire ale intervalelor de recurență

Intervalul mediu de recurență, ani (<i>IMR</i>)	Probabilitatea de depășire într-un an, <i>p</i>
50	0,02
75	0,01333
100	0,01

Zonarea perioadei de revenire ($IMR=50$ ani) a temperaturilor maxime pe teritoriul Republicii Moldova, scoate în evidență ariile cu cel mai înalt fond termic (cu valori de $41...42^{\circ}C$) în partea nord-vestică (rle Glodeni, Fălești) și central-estică (rle Orhei, Dubăsari, Grigoriopol) a țării. Teritoriile mai puțin vulnerabile către manifestarea temperaturilor de risc ($38...39^{\circ}C$), sunt altitudinile din extremitatea de nord (rle Briceni, Ocnița, Dondușeni) și partea centrală a țării (rle Ungheni, Nisporeni, Hîncești), unde extremele termice vor însuma valori sub $40^{\circ}C$. În restul teritoriului temperatura maximă absolută va constitui $40...41^{\circ}C$. Eroarea dintre valorile observate și interpolate constituie în mediu $0.1^{\circ}C$, ceea ce demonstrează veridicitatea interpolărilor obținute (fig.3.2.3, fig.3.2.4).

În cazul elaborării modelelor cartografice și a zonării perioadei de revenire ($IMR=50$ ani) a temperaturilor minime absolute pe teritoriul Republicii Moldova (fig.3.2.5 și fig.3.2.6), teritoriile cu cel mai scăzut fond termic (cu valori de $-36^{\circ}C$) le vor revine raioanelor Telenеști, Sîngerei și Florești. Pe teritoriul raionului Anenii Noi temperatura minimă extremă poate atinge valori similare ($-30...-32-$

Harta de izoterme a Republicii Moldova pentru valori caracteristice ale temperaturii maxime anuale a aerului la umbră cu IMR = 50ani (°C)

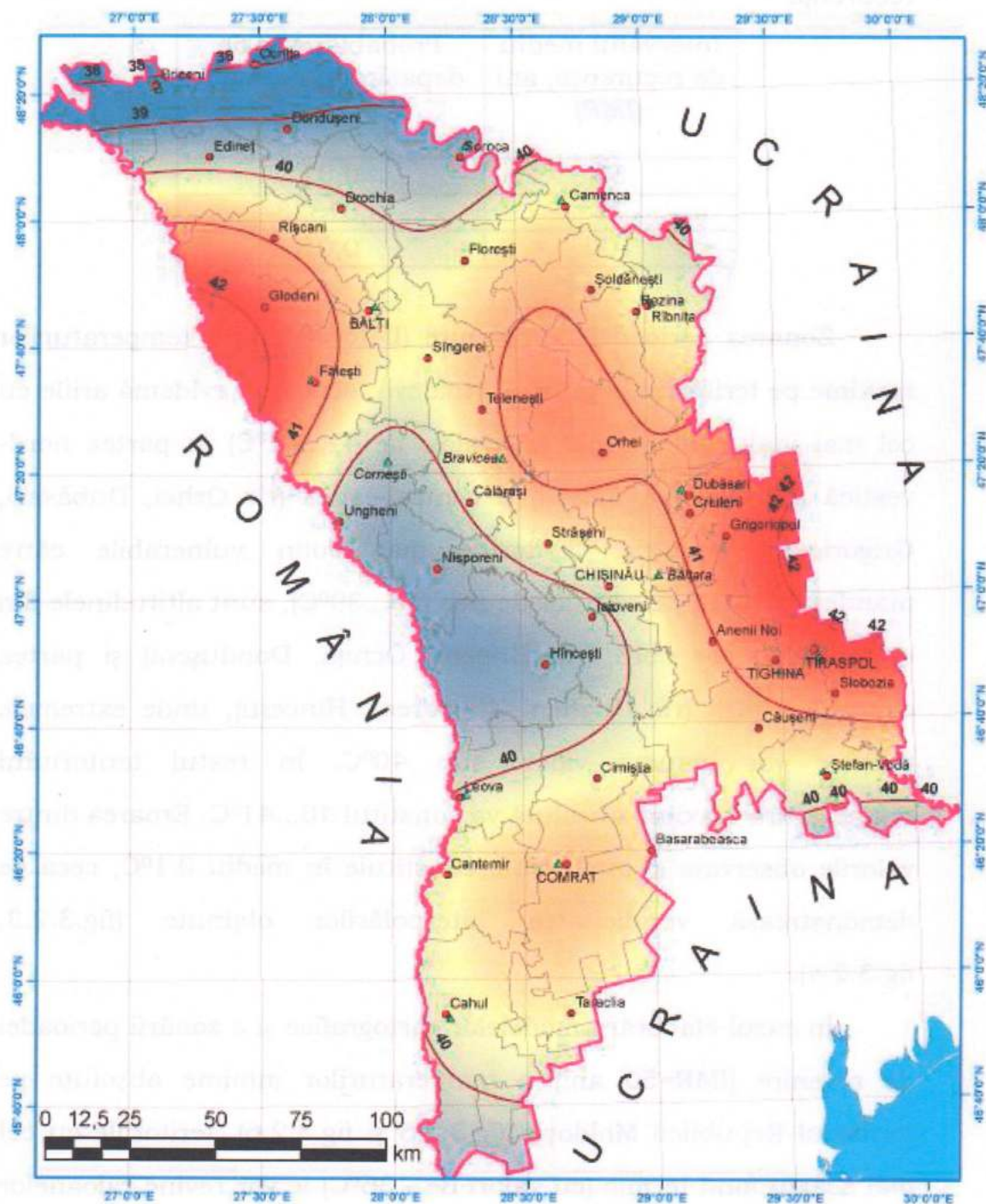


Fig.3.2.3. Modelul cartografic a perioadei de revenire (IMR=50 ani) a temperaturilor maxime pe teritoriul Republicii Moldova

Harta de izoterme a Republicii Moldova pentru valori caracteristice ale temperaturii maxime anuale a aerului la umbră cu IMR = 50ani (°C)

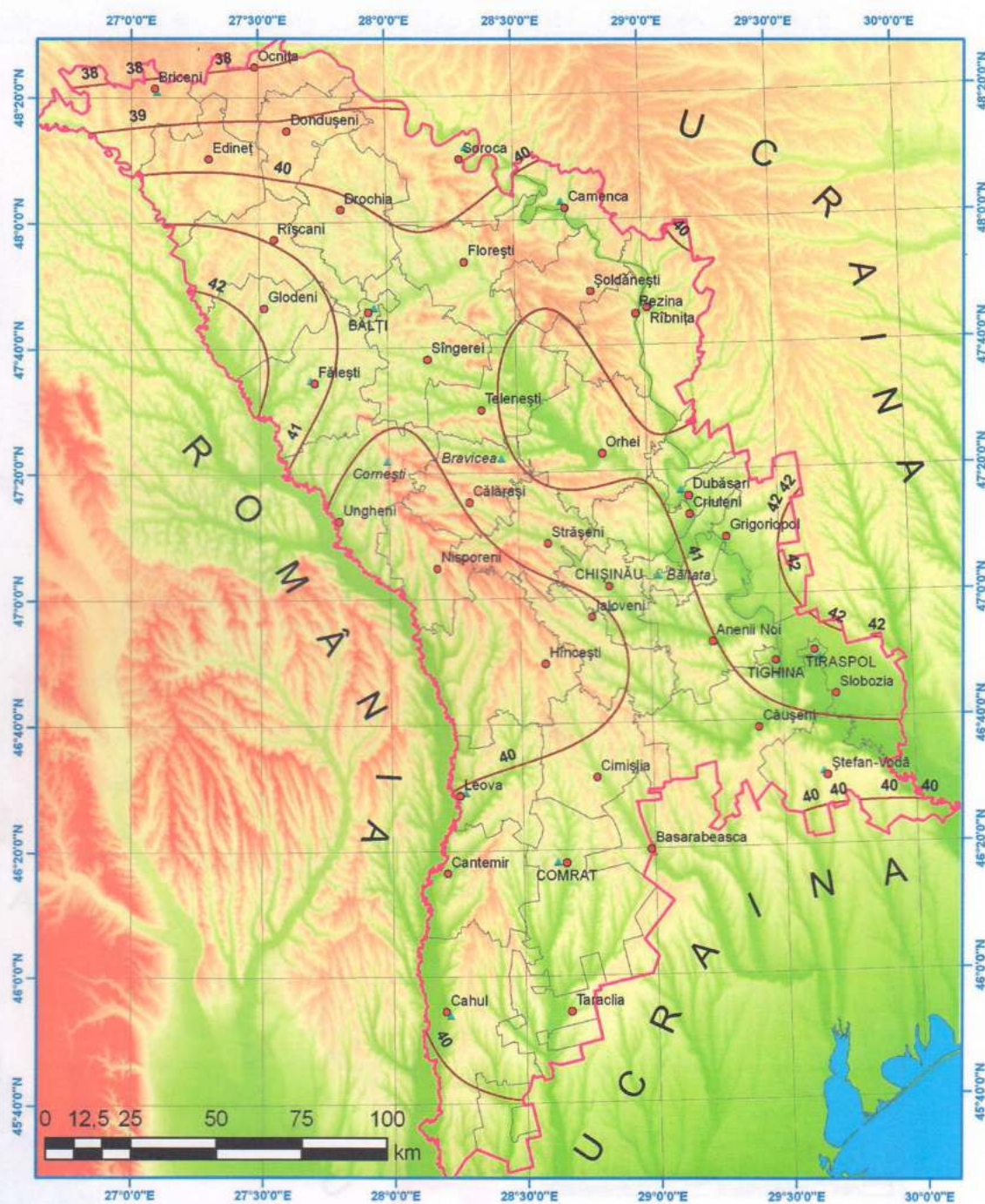


Fig.3.2.4. Zonarea perioadei de revenire (IMR=50 ani) a temperaturilor maxime pe teritoriul Republicii Moldova

Harta de izoterme a Republicii Moldova pentru valori caracteristice ale temperaturii minime anuale a aerului la umbră cu IMR = 50ani (°C)

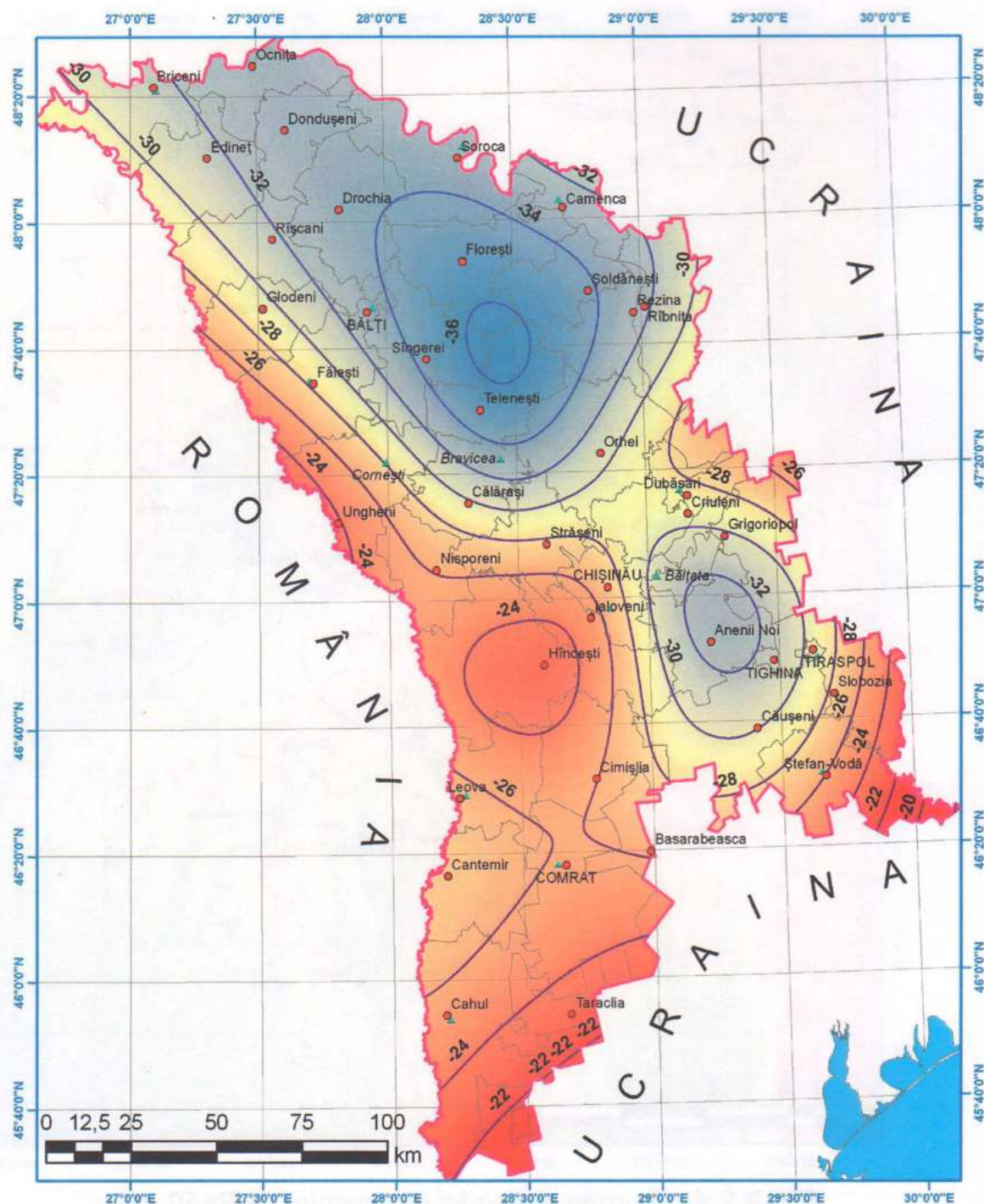


Fig.3.2.5. Modelul cartografic a perioadei de revenire (IMR=50 ani) a temperaturilor minime pe teritoriul Republicii Moldova

Harta de izoterme a Republicii Moldova pentru valori caracteristice ale temperaturii minime anuale a aerului la umbră cu IMR = 50ani ($^{\circ}\text{C}$)

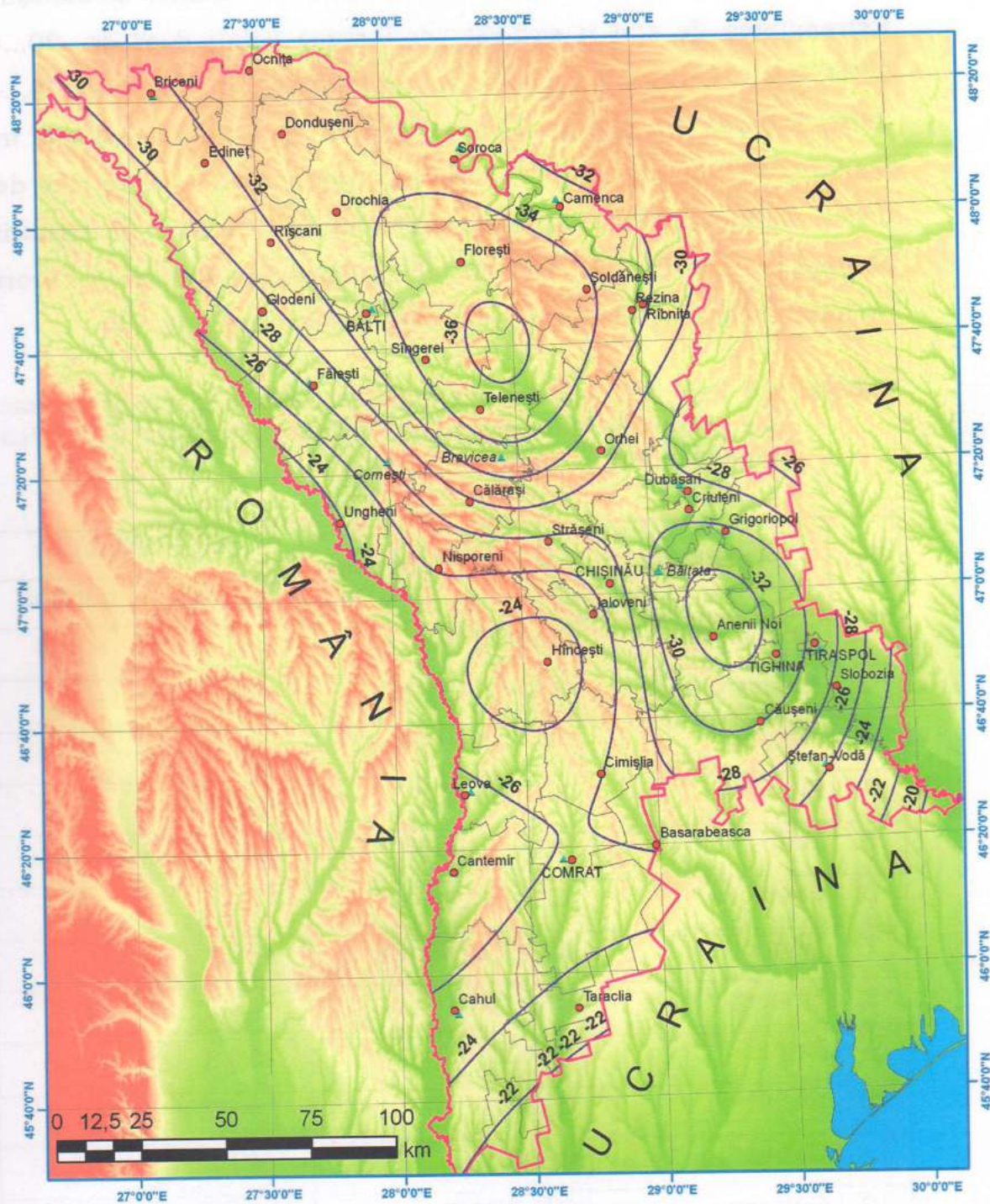


Fig.3.2.6. Zonarea perioadei de revenire (IMR=50 ani) a temperaturilor minime pe teritoriul Republicii Moldova

36°C) teritoriilor aderente raioanelor Călărași, Rezina, Șoldănești. Extremitatea de sud și sud-est vor însuma valori doar de -20...-22°C. Restul teritoriului țării se va caracteriza prin valori de -24...-28°C. Eroarea dintre valorile observate și interpolate constituie în mediu 0.1°C, cu excepția st. Chișinău, unde această eroare este de 0.4°C. Ținând cont de faptul, că diferențierile termice pe teritorii limitate pot constitui 10-12°C în "acumularea frigului", aceste erori nu subminează veridicitatea interpolărilor efectuate (tab.3.3).

Tabelul 3.3 Valorile caracteristice temperaturilor maxime și minime ale aerului la umbră pentru 57 de localități din Republica Moldova (IMR = 50 ani)

Nr.	Localitate	Raion/Municipiu	Temperatura (°C)	
			maximă	minimă
1	Anenii Noi	ANENII NOI	41,0	-32,4
2	Basarabeasca	BASARABEASCA	40,6	-26,1
3	Bălțata *	MUN. CHIȘINĂU	40,7	-30,5
4	Bălți	MUN. BĂLȚI	40,6	-33,1
5	Bălți *	MUN. BĂLȚI	40,5	-33,3
6	Bravicea *	CĂLĂRAȘI	40,9	-33,1
7	Bender	MUN: BENDER	41,4	-31,2
8	Briceni	BRICENI	38,2	-31,5
9	Briceni *	BRICENI	38,3	-31,5
10	Cahul	CAHUL	40,2	-25,2
11	Cahul *	CAHUL	40,2	-25,1
12	Călărași	CĂLĂRAȘI	40,1	-29,7
13	Camenca	CAMENCA	40,5	-32,8
14	Camenca *	CAMENCA	40,4	-32,7

42	Rîbnița	RÎBNIȚA	40,4	-32,2
43	Rîbnița *	RÎBNIȚA	40,4	-32,1
44	Rîșcani	RÎȘCANI	40,9	-31,6
45	Sîngerei	SÎNGEREI	40,4	-34,5
46	Slobozia	SLOBOZIA	40,3	-27,5
47	Șoldănești	ȘOLDĂNEȘTI	40,8	-34,2
48	Soroca	SOROCA	39,5	-33,2
49	Soroca *	SOROCA	39,4	-32,9
50	Ștefan-Vodă	ȘTEFAN-VODĂ	40,3	-25,9
51	Ștefan-Vodă *	ȘTEFAN-VODĂ	40,4	-26,2
52	Strășeni	STRĂȘENI	40,4	-27,6
53	Taraclia	TARACLIA	40,5	-22,9
54	Telenești	TELENEȘTI	40,8	-35,0
55	Tiraspol	MUN. TIRASPOL	41,7	-29,4
56	Tiraspol *	MUN. TIRASPOL	41,7	-29,0
57	Ungheni	UNGHENI	39,8	-23,8

Notă: * – Stație meteorologică.

Cunoașterea uneia dintre trăsăturile specifice a stratului maxim de zăpadă, îndeosebi a zăpezii umede, este extrem de importantă în climatologia construcțiilor, prin evidențierea presiunii sau încărcării acesteia pe sol (s_k).

Valoarea caracteristică încărcării din zăpadă pe sol s_k este definită cu 2% probabilitate de depășire într-un an (interval mediu de recurență IMR=50 ani) și se calculează în repartiția Gumbel pentru maxime.

Trecerea de la înălțimea stratului de zăpadă la încărcarea din zăpadă se face prin înmulțire cu o valoare medie a greutății specifice

42	Rîbnița	RÎBNIȚA	40,4	-32,2
43	Rîbnița *	RÎBNIȚA	40,4	-32,1
44	Rîșcani	RÎȘCANI	40,9	-31,6
45	Sîngerei	SÎNGEREI	40,4	-34,5
46	Slobozia	SLOBOZIA	40,3	-27,5
47	Șoldănești	ȘOLDĂNEȘTI	40,8	-34,2
48	Soroca	SOROCA	39,5	-33,2
49	Soroca *	SOROCA	39,4	-32,9
50	Ștefan-Vodă	ȘTEFAN-VODĂ	40,3	-25,9
51	Ștefan-Vodă *	ȘTEFAN-VODĂ	40,4	-26,2
52	Strășeni	STRĂȘENI	40,4	-27,6
53	Taraclia	TARACLIA	40,5	-22,9
54	Telenești	TELENEȘTI	40,8	-35,0
55	Tiraspol	MUN. TIRASPOL	41,7	-29,4
56	Tiraspol *	MUN. TIRASPOL	41,7	-29,0
57	Ungheni	UNGHENI	39,8	-23,8

Notă: * – Stație meteorologică.

Cunoașterea uneia dintre trăsăturile specifice a stratului maxim de zăpadă, îndeosebi a zăpezii umede, este extrem de importantă în climatologia construcțiilor, prin evidențierea presiunii sau încărcării acesteia pe sol (s_k).

Valoarea caracteristică încărcării din zăpadă pe sol s_k este definită cu 2% probabilitate de depășire într-un an (interval mediu de recurență $IMR=50$ ani) și se calculează în repartiția Gumbel pentru maxime.

Trecerea de la înălțimea stratului de zăpadă la încărcarea din zăpadă se face prin înmulțire cu o valoare medie a greutății specifice

a zăpezii, fără a lua în considerație variabilitatea greutății specifice [34, 35, 50]. Greutatea specifică a zăpezii este influențată de: grosimea stratului de zăpadă, temperatură, acțiunea vântului, umiditatea aerului, acțiunea ploii asupra zăpezii, activitatea solară, timpul de la așternerea stratului de zăpadă, etc. În prezent nu există un model de calcul al încărcării din zăpadă care să țină cont direct și explicit de contribuția și influența tuturor acestor factori.

În 2001 Joint Committee on Structural Safety (JCSS) a propus o formulă în care a introdus o limită superioară a greutății specifice a zăpezii de $\gamma(\infty)=5 \text{ kN/m}^3$ și o limită inferioară de $\gamma(0)=1.7 \text{ kN/m}^3$ [50]:

$$\gamma = \frac{\lambda \gamma(\infty)}{h} \ln \left[1 + \frac{\gamma(0)}{\gamma(\infty)} (e^{h/\lambda} - 1) \right] \quad (3.9)$$

unde γ este greutatea specifică a zăpezii [kN/m^3], h este înălțimea stratului de zăpadă (m), iar parametrul $\lambda=0.85 \text{ m}$ (varianta 1). Conform [50], greutatea specifică a zăpezii, așezată după câteva ore sau zile de la ninsoare, este egală cu $2,0 \text{ kN/m}^3$ (varianta 2).

Hărțile de zonare a încărcării din zăpadă pe sol s_{k1} și s_{k2} au fost elaborate pe baza analizei statistice a valorilor (extreme) maxime anuale ale încărcării din zăpadă pe sol, utilizând ambele valori ale greutății specifice a zăpezii. Deoarece, valorile s_k din cele două hărți diferă foarte puțin, se recomandă de a utiliza s_{k1} .

Valorile caracteristice ale încărcării de zăpadă pe sol au fost obținute din analiza valorilor maxime anuale a înălțimii stratului de zăpadă, multiplicat cu densitatea zăpezii, în distribuția Gumbel (distribuție a valorilor extreme), utilizată de majoritatea țărilor europene la elaborarea anexelor naționale la Eurocod1 1[34, 35].

Distribuția Gumbel pentru maxime este definită de Funcția de Densitate a Probabilității (PDF) [75-78]]:

$$f(x) = (1/\sigma) * \exp(-z - \exp(-z)) \quad (3.10),$$

și Funcția Distribuției Cumulative (CDF)

$$F(x) = \exp(-\exp(-z)) \quad (3.11)$$

unde $z = (x - \mu)/\sigma$, μ , și σ – locația și scara (parametrii distribuției),

$$f(x) = dF(x)/dx.$$

Parametrii distribuției pot fi exprimați prin media x_{med} și deviația standard σ_1 ai eșantionului:

$$\mu = x_{med} - \gamma \sigma, \text{ unde } \gamma \approx 0,5772 - \text{constanta Euler-Mascheroni}, \sigma = (\sqrt{6}/\pi) \sigma_1.$$

prin urmare,

$$\mu = x_{med} - 0,45 \sigma_1 \text{ și } \sigma = 0,7797 \sigma_1. \quad (3.12)$$

Funcția Cuantila $x(p)$ specifică, pentru o probabilitate dată în distribuția probabilității a unei variabile aleatoare, valoarea la care probabilitatea variabilei aleatoare este mai mică sau egală cu probabilitatea dată. Cuantila este funcție inversă funcției de distribuție cumulativă $F(x)$. Distribuția Gumbel pentru maxime este:

$$x(p) = \mu - \sigma \ln(-\ln(p)) \quad (3.13)$$

prin urmare,

$$x(p) = x_{med} - \{0,45 + 0,7797 * \ln[\ln(1/p)]\} * \sigma_1 \quad (3.14)$$

Valoarea caracteristica a încărcării din zăpadă pe sol s_k de a fi depășită într-un an cu probabilitatea p este egală cu:

$$x(1-p) = x_{med} - \{0,45 + 0,7797 * \ln[\ln(1/1-p)]\} * \sigma_1 \quad (3.15)$$

Valoarea caracteristica a încărcării de zăpadă pe sol s_k de a fi depășită într-un an cu probabilitatea $p = 0,02$ (interval mediu de recurență IMR=50 ani) este egală cu:

$$x(0,98) = x_{med} + 2.5923 \cdot \sigma_1 \quad (3.16)$$

Pentru alte intervale de recurență (perioade de siguranță a construcției) probabilitățile de depășire sunt expuse în tabelul 3.3.

Tabelul 3.3. Probabilitatea de depășire ale intervalelor de recurență

Intervalul mediu de recurență, ani (IMR)	Probabilitatea de depășire într-un an, <i>p</i>
50	0,02
75	0,01333
100	0,01

Interpolarea spațială a valorilor caracteristice au fost efectuate prin 2 metode: metoda spine regularizat și metoda ecuațiilor de regresie plus reziduurile, interpolate prin spline. În ecuația de regresie ca variabilă independentă statistic semnificativă a intrat numai longitudinea. Rezultatele sunt absolut identice: raportul valorilor caracteristice din același amplasamente ale celor două hărți este identic egal cu unitatea.

Astfel, potrivit modelelor cartografice elaborate în baza metodelor susmenționate și a zonării încărcării de zăpadă pe sol cu

Republica Moldova. Zonarea valorilor caracteristice
ale încărcării de zăpadă pe sol s_k , kN/m², cu IMR = 50ani

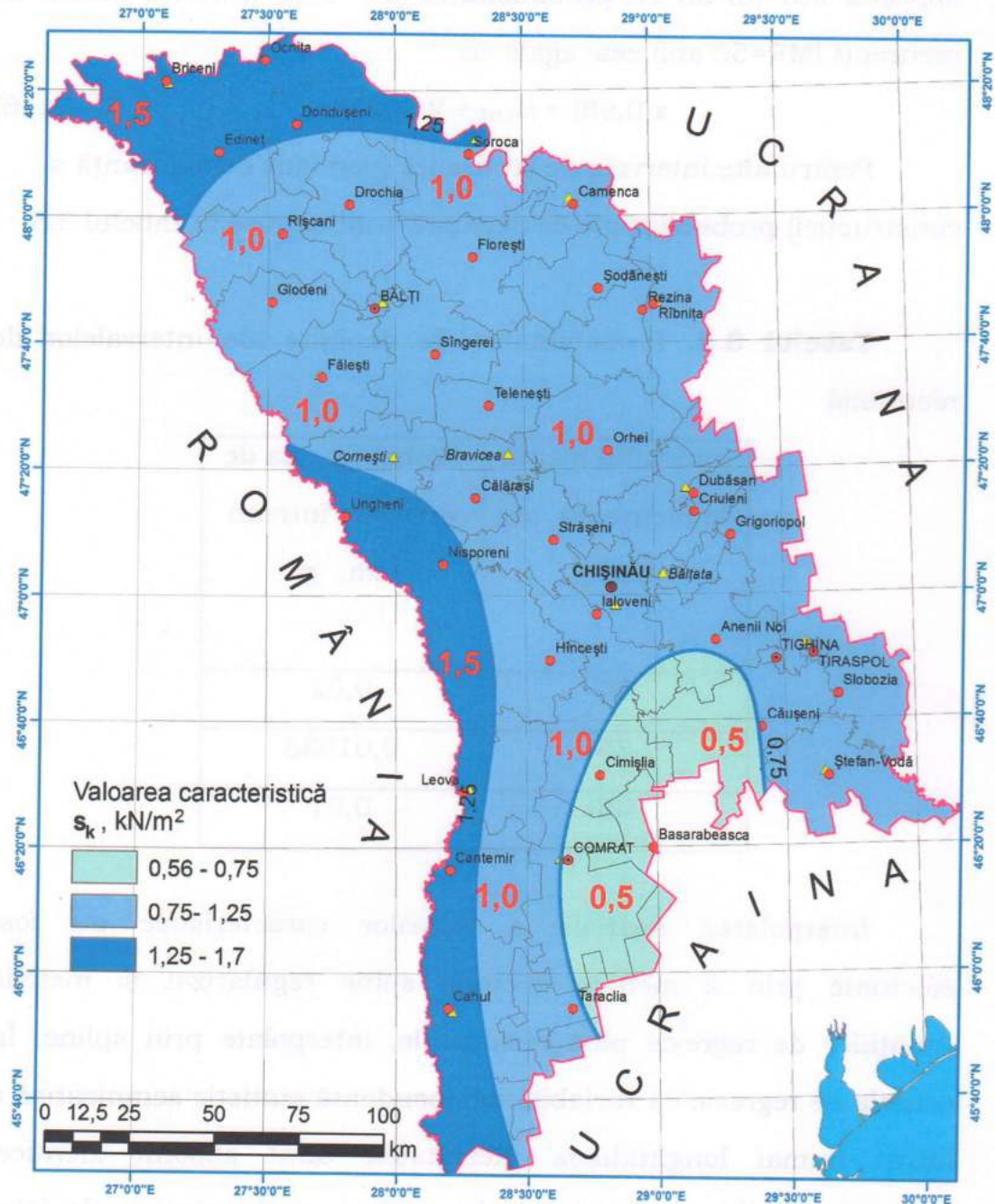


Fig.3.2.7. Modelul cartografic a perioadei de revenire (IMR=50 ani)
ale încărcării de zăpadă pe sol (s_k)

Republica Moldova. Zonarea valorilor caracteristice
ale încărcării de zăpadă pe sol s_{k1} , kN/m², cu IMR = 50ani

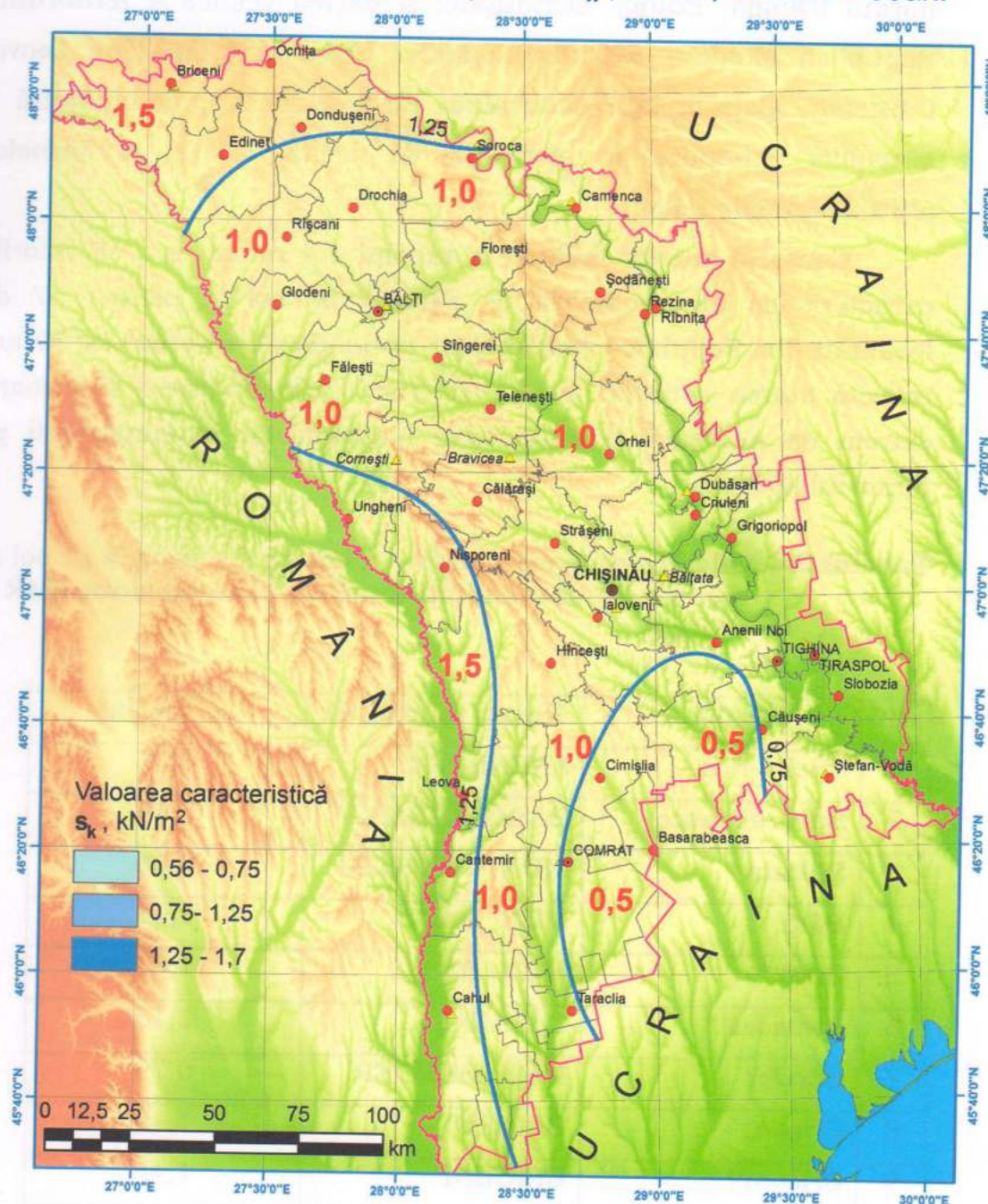


Fig.3.2.8. Zonarea perioadei de revenire (IMR=50 ani) ale
încărcării de zăpadă pe sol (s_{k1})

perioada de revenire în 50 ani (fig.3.2.7, fig.3.2.8) constataăm, că cea mai mare încărcare de zăpadă pe sol o vor avea raioanele din nordul (Ocnița, Edineț, Dondușeni) și partea vestică a teritoriului Republicii Moldova (vestul raioanelor Ungheni, Nisporeni, Leova, Cantemir, Cahul), fapt determinat de traiectoria predominantă a situațiilor sinoptice în perioada de iarnă, cât și a formelor altitudinale de relief.

Conform datelor incluse în tabelul 3.4 remarcăm, că valorile caracteristice ale încărcării de zăpadă pe sol s_k pentru 57 de localități din Republica Moldova cu perioada de revenire în 50 ani reflectă starea actuală la nivel de raion administrativ- informație extrem de necesară la elaborarea normativelor în construcții pe teritoriul țării.

Tabelul 3.4 Valorile caracteristice ale încărcării din zăpadă pe sol s_k pentru 57 de localități din Republica Moldova (IMR = 50 ani)

Nr.	Localitate	Raion/Municipiu	s_k , kN/m ²
1	Anenii Noi	ANENII NOI	0,76
2	Basarabeasca	BASARABEASCA	0,56
3	Bălțata *	MUN. CHIȘINĂU	0,86
4	Bălți	MUN. BĂLȚI	1,01
5	Bălți *	MUN. BĂLȚI	1,01
6	Bravicea *	CĂLĂRAȘI	1,13
7	Bender	MUN: BENDER	0,79
8	Briceni	BRICENI	1,49
9	Briceni *	BRICENI	1,48
10	Cahul	CAHUL	1,45
11	Cahul *	CAHUL	1,43
12	Călărași	CĂLĂRAȘI	1,19

13	Camenca	CAMENCA	1,08
14	Camenca *	CAMENCA	1,09
15	Cantemir	CANTEMIR	1,44
16	Căușeni	CĂUȘENI	0,76
17	Chișinău	MUN. CHIȘINĂU	0,92
18	Chișinău *	MUN. CHIȘINĂU	0,89
19	Cimișlia	CIMIȘLIA	0,69
20	Comrat	MUN.COMRAT	0,72
21	Comrat *	MUN.COMRAT	0,75
22	Cornești *	UNGHENI	1,21
23	Criuleni	CRIULENI	0,90
24	Dondușeni	DONDUȘENI	1,27
25	Drochia	DROCHIA	1,09
26	Dubăsari	DUBĂSARI	0,92
27	Dubăsari *	DUBĂSARI	0,93
28	Edineț	EDINEȚ	1.29
29	Fălești	FĂLEȘTI	1,11
30	Fălești *	FĂLEȘTI	1,10
31	Florești	FLOREȘTI	1,06
32	Glodeni	GLODENI	1,09
33	Grigoriopol	GRIGORIOPOL	0,87
34	Hîncești	HÎNCEȘTI	1,02
35	Ialoveni	IALOVENI	0,92
36	Leova	LEOVA	1,39
37	Leova *	LEOVA	1,35
38	Nisporeni	NISPORENI	1,30
39	Ocnîța	OCNÎȚA	1,44
40	Orhei	ORHEI	1,01
41	Rezina	REZINA	0,93

42	Rîbnița	RÎBNIȚA	0,92
43	Rîbnița *	RÎBNIȚA	0,92
44	Rîșcani	RÎȘCANI	1,10
45	Sîngerei	SÎNGEREI	1,06
46	Slobozia	SLOBOZIA	0,89
47	Șoldănești	ȘOLDĂNEȘTI	0,99
48	Soroca	SOROCA	1,23
49	Soroca *	SOROCA	1,25
50	Ștefan-Vodă	ȘTEFAN-VODĂ	0,91
51	Ștefan-Vodă *	ȘTEFAN-VODĂ	0,89
52	Strășeni	STRĂȘENI	1,07
53	Taraclia	TARACLIA	0,79
54	Telenești	TELENEȘTI	1,11
55	Tiraspol	MUN. TIRASPOL	0,72
56	Tiraspol *	MUN. TIRASPOL	0,82
57	Ungheni	UNGHENI	1,35

Notă: * – Stație meteorologică.

Un rol important în construcția drumurilor, dar și a edificiilor, îl are cunoașterea adâncimii maxime a solului înghețat. Menționăm, că valorile maxime anuale sunt obținute din valorile extreme observate în decursul a cinci zile sau decade în perioada noiembrie-aprilie.

Valoarea de referință a adâncimii de îngheț a solului este definită cu 2% probabilitate de depășire într-un an (interval mediu de recurență IMR=50 ani) și se calculează în repartiția Gumbel pentru maxime.

Valorile de referință a adâncimii de îngheț a solului au fost obținute din analiza valorilor maxime anuale ale adâncimii de îngheț

a solului în distribuția Gumbel (distribuție a valorilor extreme), utilizată de majoritatea țărilor europene la elaborarea anexelor naționale la Eurocod1 [34, 35]. Descrierea distribuției Gumbel este expusă în multe articole și monografii, inclusiv în referințele bibliografice [75-78].

Distribuția Gumbel pentru maxime este definită de Funcția de Densitate a Probabilității (PDF) [75-78]:

$$f(x) = (1/\sigma) \cdot \exp(-z - \exp(-z)) \quad (3.17)$$

și Funcția Distribuției Cumulative (CDF)

$$F(x) = \exp(-\exp(-z)) \quad (3.18)$$

unde $z = (x - \mu)/\sigma$, μ , și σ – Locația și scara (parametrii distribuției), $f(x) = dF(x)/dx$.

Parametrii distribuției pot fi exprimați prin media x_{med} și deviația standard σ_1 ai eșantionului:

$\mu = x_{med} - \gamma \sigma$, unde $\gamma \approx 0,5772$ – constanta Euler-Mascheroni, $\sigma = (\sqrt{6}/\pi) \cdot \sigma_1$

prin urmare,

$$\mu = x_{med} - 0,45 \sigma_1 \text{ și } \sigma = 0,7797 \sigma_1 \quad (3.19)$$

Funcția Cuantila $x(p)$ specifică, pentru o probabilitate dată în distribuția probabilității a unei variabile aleatoare, valoarea la care probabilitatea variabilei aleatoare este mai mică sau egală cu probabilitatea dată. Cuantila este funcția inversă funcției de distribuție cumulativă $F(x)$. Distribuția Gumbel pentru maxime este:

$$x(p) = \mu - \ln(-\ln(p)) \quad (3.20)$$

prin urmare,

$$x(p) = x_{med} - \{0,45 + 0,7797 \cdot \ln[\ln(1/p)]\} \cdot \sigma_1 \quad (3.21)$$

Valoarea de referință a adâncimii de îngheț a solului de a fi depășită într-un an cu probabilitatea p este egală cu:

$$x(1-p) = x_{med} - \{0,45 + 0,7797 \cdot \ln[\ln(1/1-p)]\} \cdot \sigma_1 \quad (3.22)$$

Valoarea de referință a adâncimii de îngheț a solului de a fi depășită într-un an cu probabilitatea $p = 0,02$ (interval mediu de recurență IMR=50 ani) este egală cu:

$$x(0,98) = x_{med} + 2.5923 \cdot \sigma_1 \quad (3.23)$$

Pentru alte intervale de recurență (perioade de siguranță a construcției), probabilitățile de depășire sunt expuse în tabelul 3.5.

Tabelul 3.5 Probabilitatea de depășire a intervalelor de recurență a adâncimii de îngheț a solului

Intervalul mediu de recurență, ani <i>(IMR)</i>	Probabilitatea de depășire într-un an, <i>p</i>
50	0,02
75	0,01333
100	0,01

Interpolarea spațială a valorilor caracteristice au fost efectuate prin metoda spline regularizat.

Astfel, conform fig.3.2.9 și fig.3.2.10, adâncimea de îngheț a solului cu revenire în 50 ani poate constitui 90-100cm în partea de nord a țării, în raioanele Edineț, Dondușeni, Rîșcani, Ocnița, Glodeni, Soroca și în partea de est a țării, care coincide cu estul raioanelor Rezina, Dubăsari, Grigoriopol. Cele mai mici valori ce caracterizează adâncimea de îngheț a solului cu perioada de revenire în 50 ani sunt caracteristice arealelor din sudul raionului Cahul (sub 60 cm). Pe o bună parte din raioanele centrale și de nord

Republica Moldova. Zonarea valorilor de referință ale
adâncimii de îngheț a solului, cm, cu IMR = 50ani

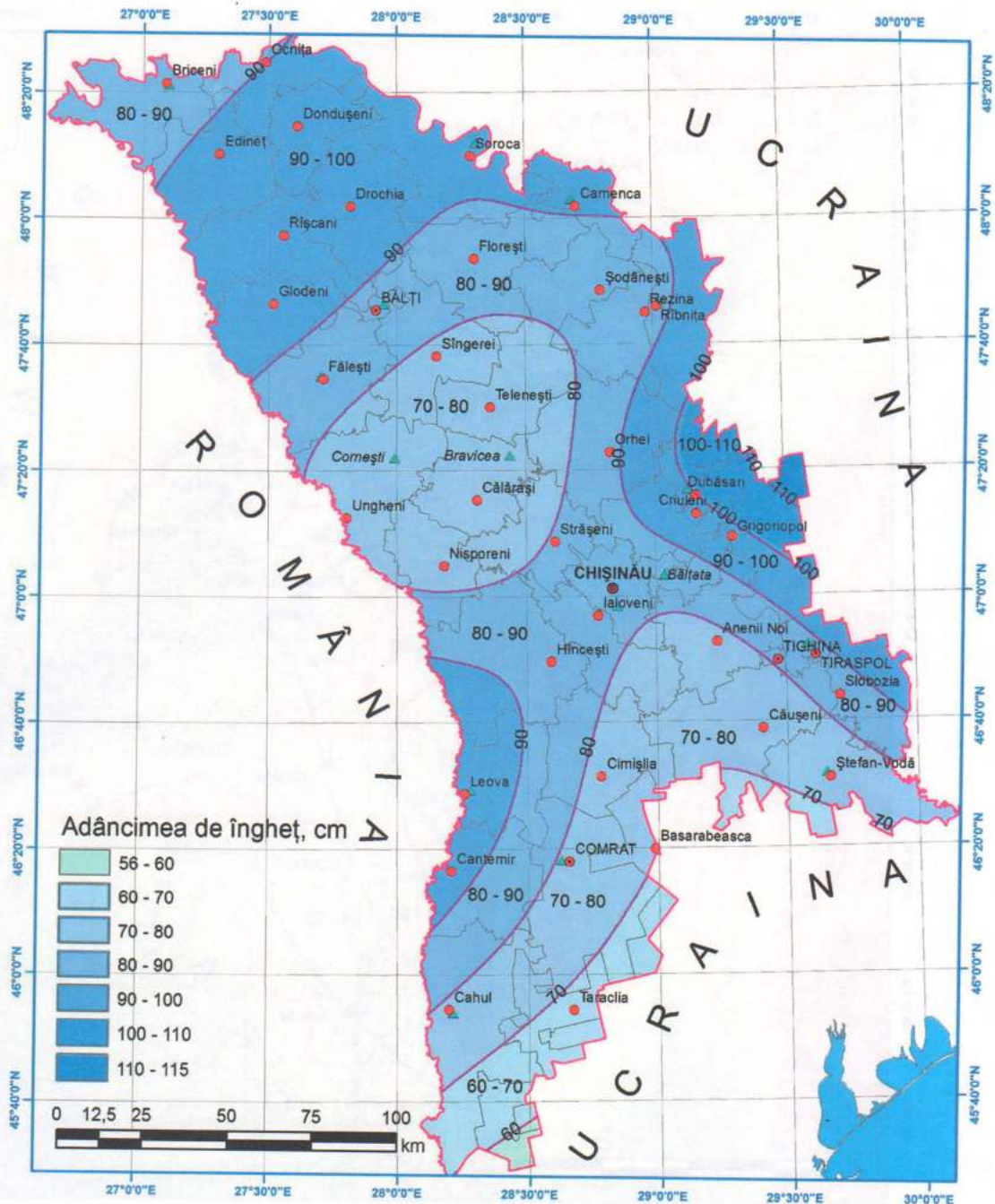


Fig.3.2.9. Modelul cartografic a perioadei de revenire (IMR=50 ani) a
adâncimii de îngheț a solului (cm)

Republica Moldova. Zonarea valorilor de referință ale
adâncimii de îngheț a solului, cm, cu IMR = 50ani

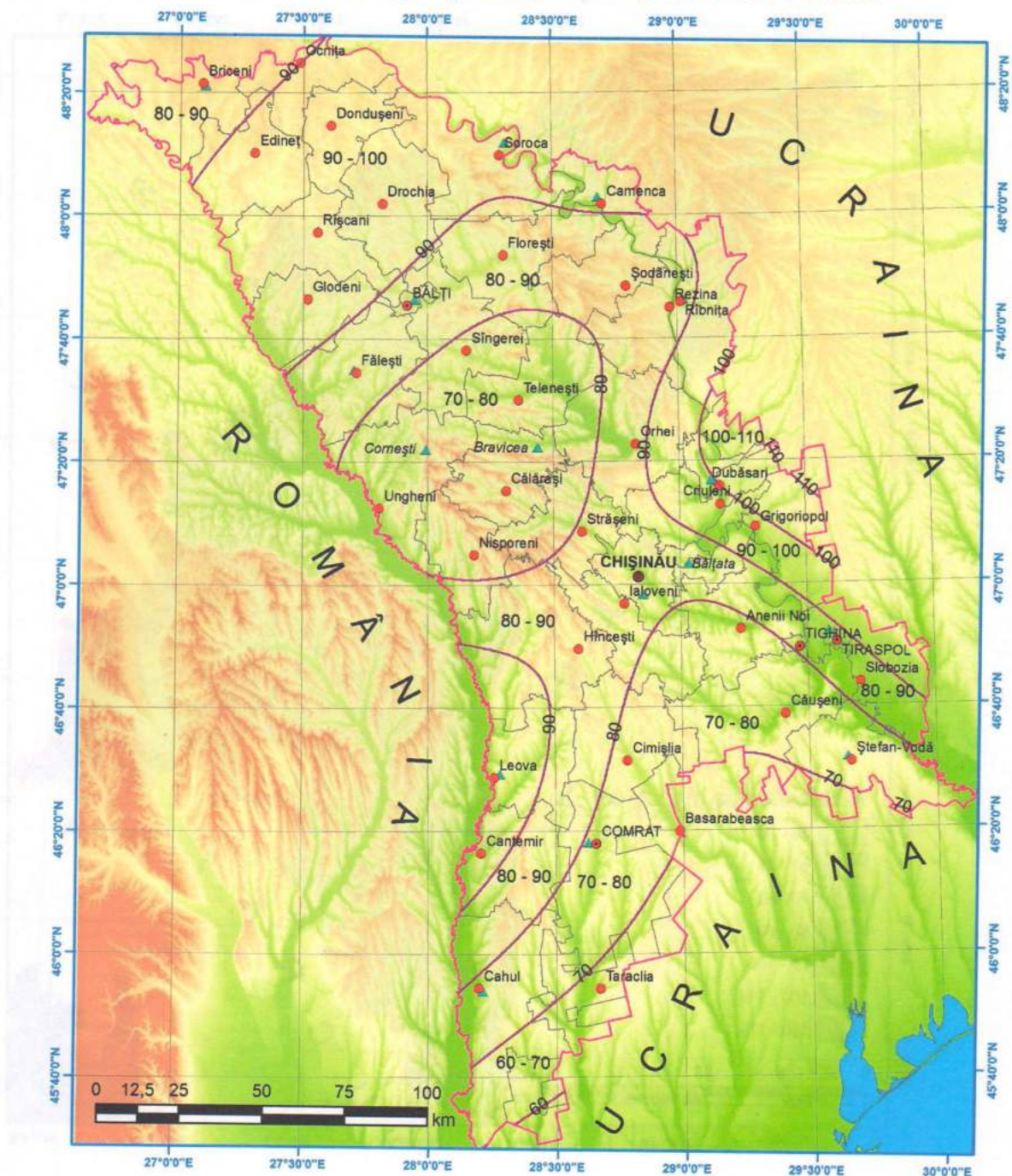


Fig.3.2.10. Zonarea perioadei de revenire (IMR=50 ani) a valorilor ce caracterizează adâncimea solului înghețat

(Fălești, Florești, Șoldănești, Bălți, Hîncești, Ialoveni, etc.), izoterma de zero grade în sol va ajunge la adâncimea de 80-90 cm. Diferența dintre datele interpolate și datele observate incluse în tabelul 3.6, confirmă calitatea hărților digitale obținute.

Tabel.3.6 Valorile de referință ale adâncimii de îngheț a solului (cm) pentru 58 localități din Republica Moldova (IMR = 50)

Nr.	Localitate	Raion/municipiu	cm
1	Anenii Noi	Anenii Noi	79
2	Bălțata*	Mun. Chișinău	85
3	Bălți	Mun. Bălți	87
4	Bălți*	Mun. Bălți	87
5	Basarabeasca	Basarabeasca	71
6	Bravicea*	Călărași	73
7	Briceni	Briceni	86
8	Briceni*	Briceni	87
9	Cahul	Cahul	79
10	Cahul*	Cahul	79
11	Călărași	Călărași	72
12	Camenca	Camenca	90
13	Camenca*	Camenca	91
14	Cantemir	Cantemir	93
15	Căușeni	Căușeni	74
16	Ceadîr-Lunga*	Ceadîr-Lunga	68
17	Chișinău	Mun. Chișinău	84
18	Chișinău*	Mun. Chișinău	84
19	Cimișlia	Cimișlia	78
20	Comrat	Mun. Comrat	79
21	Comrat*	Mun. Comrat	80

22	Cornești*	Ungheni	73
23	Criuleni	Criuleni	97
24	Dondușeni	Dondușeni	92
25	Drochia	Drochia	93
26	Dubăsari	Dubăsari	99
27	Dubăsari*	Dubăsari	100
28	Edineț	Edineț	91
29	Fălești	Fălești	85
30	Fălești*	Fălești	86
31	Florești	Florești	86
32	Glodeni	Glodeni	92

Notă: * – Stație meteorologică.

Nu mai puțin necesară este și zonarea vitezei vântului și a presiunii dinamice, determinat de specificul manifestării actuale a vânturilor puternice, exprimat prin intensificarea acestora la nivel regional.

Ca date inițiale au servit valorile maxime anuale ale vitezei vântului, acestea fiind obținute din valorile maxime diurne și lunare.

Valoarea de referință a vitezei vântului, v_b este cea mediată pe o durată de 10 minute, înregistrată la o înălțime de 10 m, independent de direcția vântului, în câmp deschis, care se cuantifică ca teren de categoria a II-a cu lungimea de rugozitate convențională și având o probabilitate de depășire într-un an de 0,02, ceea ce corespunde unei valori având intervalul mediu de recurență $IMR = 50$ ani.

Valoarea de referință a presiunii dinamice a vântului (presiunea de referință a vântului), q_b este valoarea caracteristică a presiunii dinamice a vântului, calculată cu valoarea de referință a vitezei vântului: $q_b = 0,5\rho (v_b)^2$, în care ρ este densitatea aerului ce

variază în funcție de altitudine, temperatură, latitudine și anotimp. Pentru aerul standard ($\rho=1,25 \text{ kg/m}^3$), presiunea de referință (exprimată în Pascali sau kN/m^2) este determinată de relația: $q_b = 0,625 (v_b)^2$.

Valorile de referință au fost obținute din analiza valorilor maxime anuale a vitezei vântului în distribuția Gumbel (distribuție a valorilor extreme), utilizată de majoritatea țărilor europene la elaborarea anexelor naționale la Eurocod1 [34, 35, 49, 73].

Distribuția Gumbel pentru maxime este definită de Funcția de Densitate a Probabilității (PDF) [75-78]]:

$$f(x) = (1/\sigma) \cdot \exp(-z - \exp(-z)) \quad (3.24)$$

și Funcția Distribuției Cumulative (CDF)

$$F(x) = \exp(-\exp(-z)) \quad (3.25)$$

unde $z = (x - \mu)/\sigma$, μ , și σ – locația și scara (parametrii distribuției), $f(x) = dF(x)/dx$.

Parametrii distribuției pot fi exprimați prin media x_{med} și deviația standard σ_1 ai eșantionului:

$\mu = x_{med} - \gamma \sigma$, unde $\gamma \approx 0,5772$ – constanta Euler-Mascheroni, $\sigma = (\sqrt{6/\pi})\sigma_1$.

prin urmare:

$$\mu = x_{med} - 0,45 \sigma_1 \text{ și } \sigma = 0,7797 \sigma_1 \quad (3.26)$$

Funcția Cuantila $x(p)$ specifică, pentru o probabilitate dată în distribuția probabilității a unei variabile aleatorii, valoarea la care probabilitatea variabilei aleatorii este mai mică sau egală cu probabilitatea dată. Cuantila este funcție inversă funcției de distribuție cumulativă $F(x)$. Pentru distribuția Gumbel, în cazul valorilor maxime :

$$x(p) = \mu - \sigma \ln(-\ln(p)) \quad (3.27)$$

prin urmare:

$$x(p) = x_{med} - \{0,45 + 0,7797 \cdot \ln[\ln(1/p)]\} \cdot \sigma_1 \quad (3.28)$$

Valoarea de referință v_b a vitezei vântului de a fi depășită într-un an cu probabilitatea $p=0,02$ este egală cu $x(1-p) = x_{med} - \{0,45 + 0,7797 \cdot \ln[\ln(1/1-p)]\} \cdot \sigma_1$.

$$v_b(0,98) = x(0,98) = x_{med} + 2.5923 \cdot \sigma_1 \quad (3.29)$$

Așadar, valorile caracteristice vitezei vântului definite cu un interval mediu de recurență (IMR) de 100 ani și 10 ani se pot calcula simplificat în funcție de valoarea caracteristică a vitezei vântului pentru un interval mediu de recurență de 50 ani, cu următoarele relații:

$$\frac{v_{b, IMR=100 \text{ ani}}}{v_{b, IMR=50 \text{ ani}}} \cong 1,10$$

$$\frac{v_{b, IMR=10 \text{ ani}}}{v_{b, IMR=50 \text{ ani}}} \cong 0,75$$

Valorile caracteristice ale presiunilor dinamice ale vântului definite cu interval mediu de recurență de 100 ani și 10 ani se pot calcula simplificat în funcție de valoarea caracteristică a presiunii dinamice a vântului cu un interval mediu de recurență de 50 ani, cu următoarele relații:

$$\frac{q_{b, IMR=100 \text{ ani}}}{q_{b, IMR=50 \text{ ani}}} \cong 1,15$$

$$\frac{q_{b, IMR=10 \text{ ani}}}{q_{b, IMR=50 \text{ ani}}} \cong 0,65$$

Hărțile sunt proiectate în sistemul de coordonate WGS84 în proiecția UTM zona 35N cu meridianul central 27°E, deplasare falsă spre Est cu 500000 m și coeficientul de scară 0,9996. Pe hărți sunt indicate limitele raioanelor, rețeaua de coordonate geografice, poziția centrelor raionale, municipiilor (puasoane roșii) și a stațiilor meteorologice (triunghi galben) cu denumirile corespunzătoare (fig.3.2.11, fig.3.2.12).

**Republica Moldova. Clasificarea valorilor de referință
ale vitezei vântului, v_b în m/s, având IMR = 50 ani**

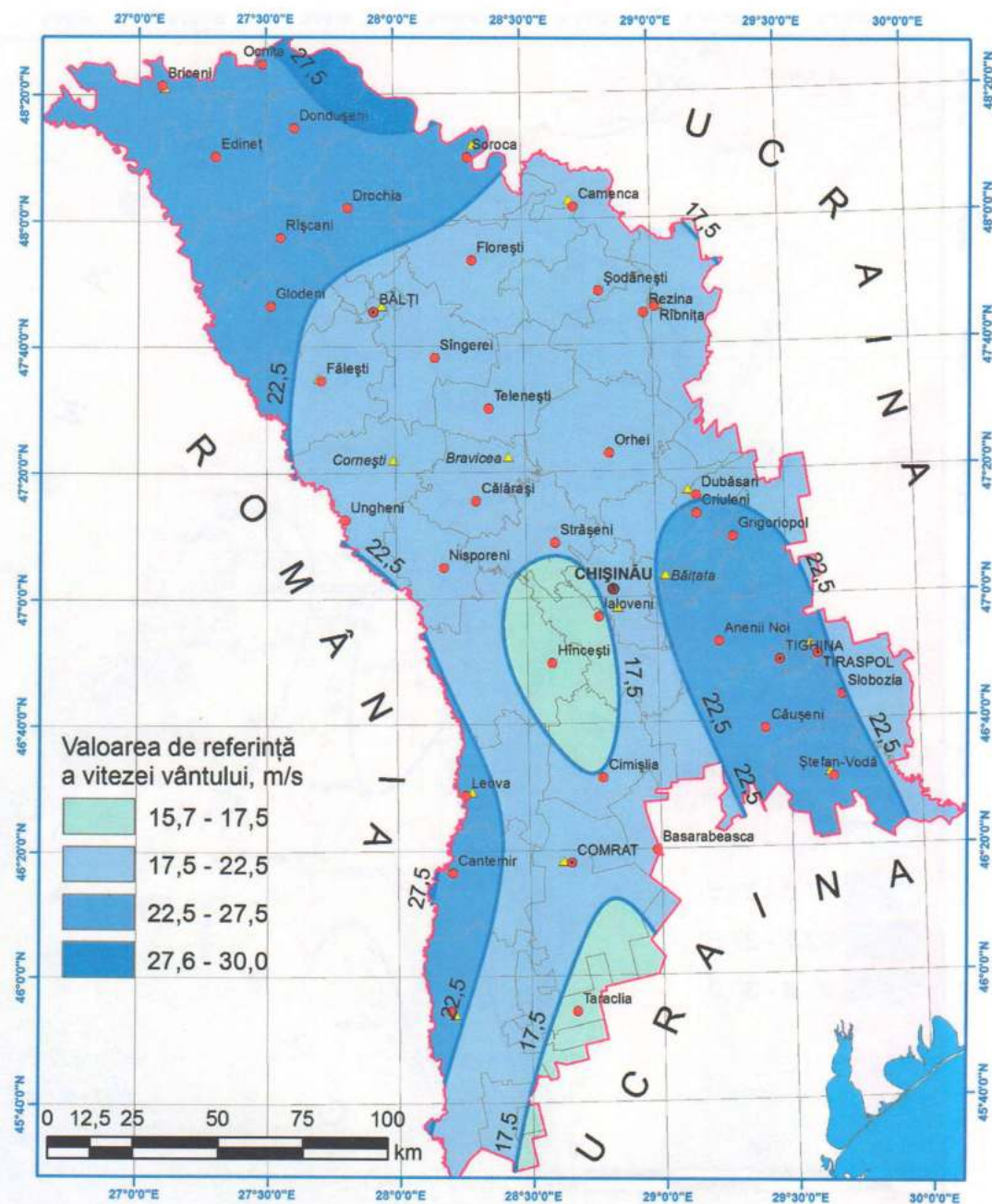


Fig.3.2.11. Modelul cartografic a perioadei de revenire (IMR=50 ani)
a vitezei vântului (m/s)

**Republica Moldova. Clasificarea valorilor de referință
ale vitezei vântului, v_b în m/s, având IMR = 50 ani**

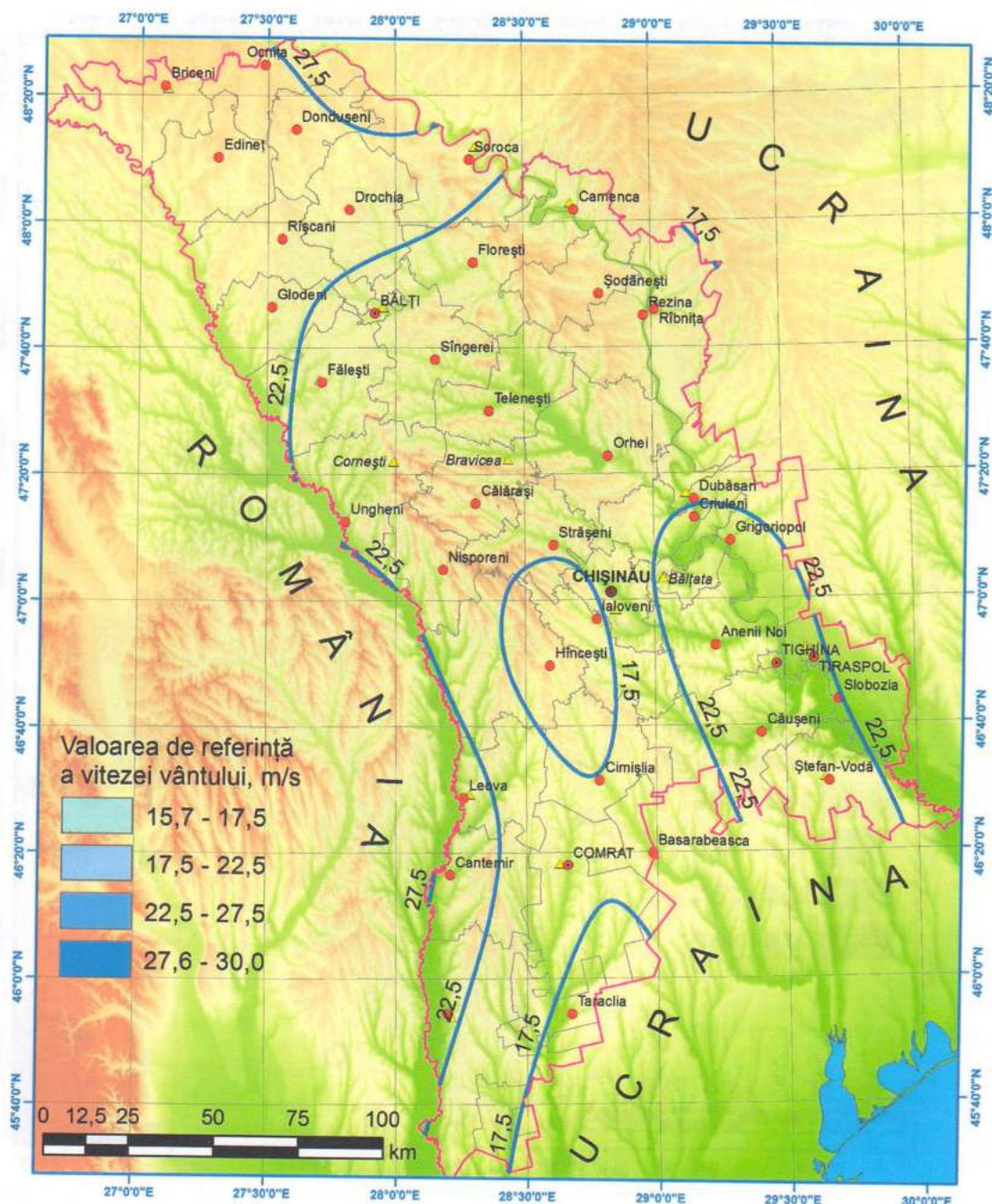


Fig.3.2.12. Zonarea perioadei de revenire (IMR=50 ani) a valorilor ce caracterizează viteza vântului (m/s)

Republica Moldova. Zonarea valorilor de referință ale presiunii dinamice a vântului, q_b în kN/m^2 , având IMR = 50 ani

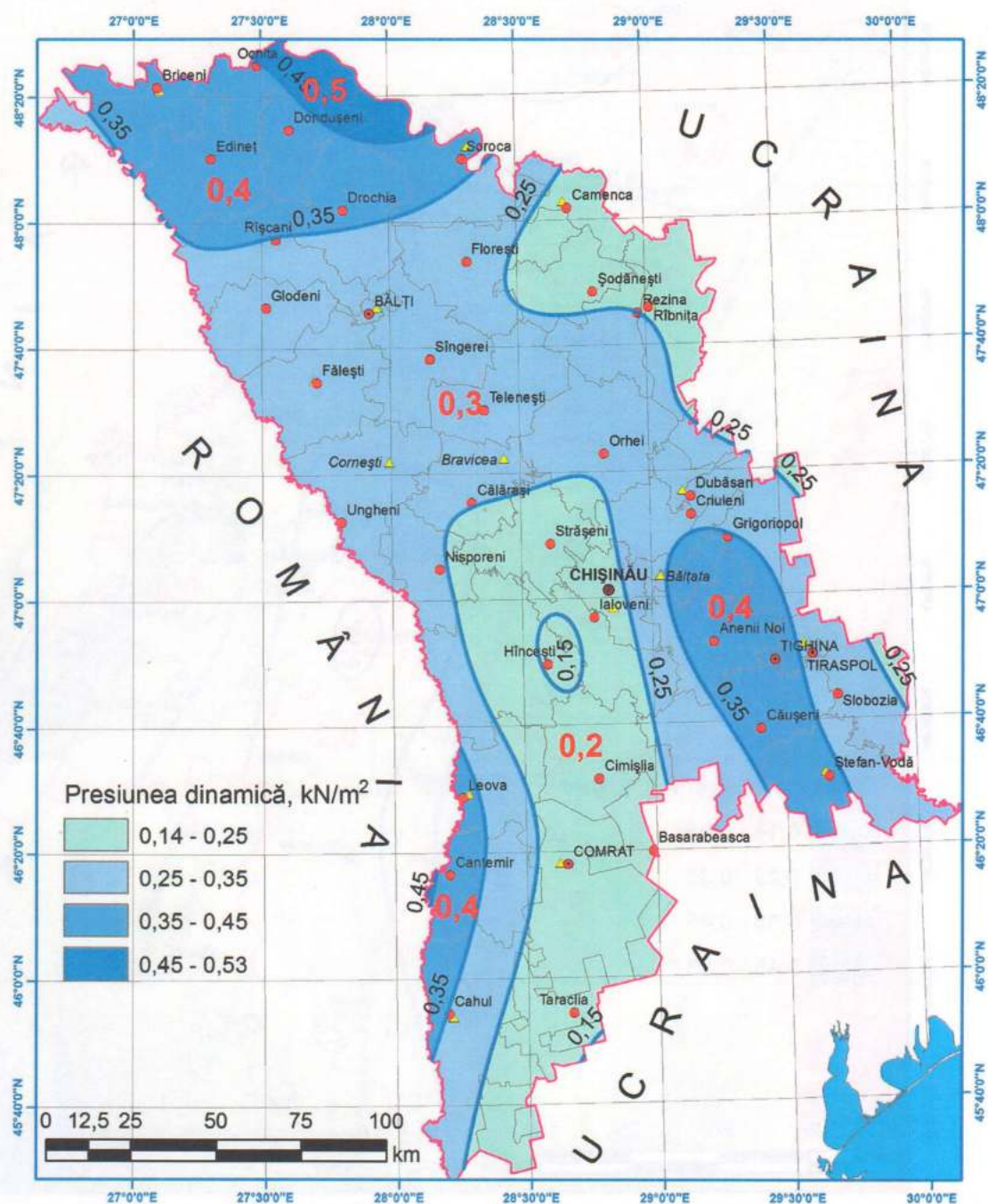


Fig.3.2.13. Modelul cartografic a perioadei de revenire (IMR=50 ani) a presiunii dinamice a vântului (kN/m^2)

Republica Moldova. Zonarea valorilor de referință ale presiunii dinamice a vântului, q_b în kN/m^2 , având IMR = 50 ani

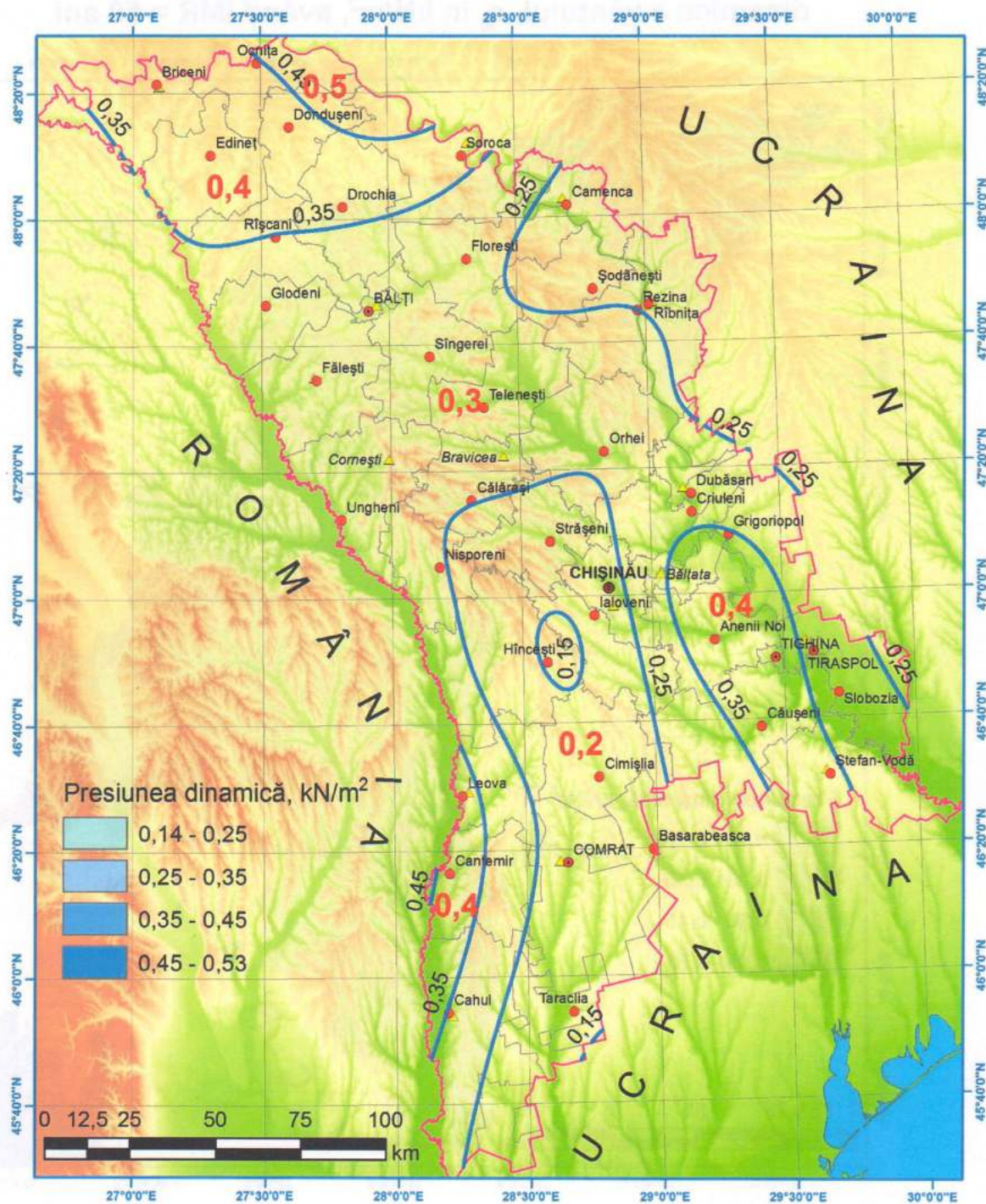


Fig.3.2.14. Zonarea perioadei de revenire (IMR=50 ani) a valorilor ce caracterizează presiunea dinamică (kN/m^2)

Prelucrarea statistică a datelor inițiale a fost efectuată în MS Excel, iar hărțile au fost elaborate în mediul Sistemului Geografic Informațional ArcGIS 10 (fig.3.2.13, fig.3.2.14).

Ca metodă de interpolate spațială a fost utilizată metoda spline regularizat. Valorile de referință ale presiunii dinamice a vântului, indicate în harta de zonare, variază în zona respectivă conform legendei hărții.

Valorile de referință ale vitezei și presiunii dinamice a vântului pentru 57 localități din Republica Moldova sunt prezentate în tabelul 3.7.

Tabelul 3.7 Valorile de referință ale vitezei v_b și presiunii dinamice q_b a vântului cu IMR = 50 ani pentru 57 de localități din Republica Moldova

Nr.	Localitatea	Raion/Municipiu	v_b , m/s	q_b kN/m ² (kPa)
1	Anenii Noi	ANENII NOI	25,1	0,386
2	Basarabeasca	BASARABEASCA	18,7	0,218
3	Bălțata *	MUN. CHIȘINĂU	23,3	0,339
4	Bălți	MUN. BĂLȚI	21,3	0,285
5	Bălți *	MUN. BĂLȚI	21,3	0,284
6	Bravicea *	CĂLĂRAȘI	21,0	0,277
7	Bender	MUN: BENDER	24,6	0,373
8	Briceni	BRICENI	24,7	0,382
9	Briceni *	BRICENI	24,7	0,382
10	Cahul	CAHUL	23,5	0,344
11	Cahul *	CAHUL	23,1	0,334
12	Călărași	CĂLĂRAȘI	20,1	0,252
13	Camenca	CAMENCA	19,1	0,228
14	Camenca *	CAMENCA	19,3	0,232

15	Cantemir	CANTEMIR	26,2	0,420
16	Căușeni	CĂUȘENI	24,2	0,365
17	Chișinău	MUN. CHIȘINĂU	18,6	0,216
18	Chișinău *	MUN. CHIȘINĂU	18,5	0,215
19	Cimișlia	CIMIȘLIA	17,6	0,191
20	Comrat	MUN.COMRAT	18,4	0,212
21	Comrat *	MUN.COMRAT	18,7	0,219
22	Cornești *	UNGHENI	20,8	0,271
23	Criuleni	CRIULENI	23,1	0,331
24	Dondușeni	DONDUȘENI	26,1	0,419
25	Drochia	DROCHIA	24,3	0,368
26	Dubăsari	DUBĂSARI	22,3	0,309
27	Dubăsari *	DUBĂSARI	21,9	0,300
28	Edineț	EDINEȚ	24,5	0,375
29	Fălești	FĂLEȘTI	21,9	0,300
30	Fălești *	FĂLEȘTI	22,0	0,302
31	Florești	FLOREȘTI	20,9	0,273
32	Glodeni	GLODENI	23,1	0,331
33	Grigoriopol	GRIGORIOPOL	24,0	0,354
34	Hîncești	HÎNCEȘTI	15,9	0,146
35	Ialoveni	IALOVENI	17,0	0,175
36	Leova	LEOVA	24,9	0,387
37	Leova *	LEOVA	24,3	0,371
38	Nisporeni	NISPORENI	20,2	0,258
39	Ocnîța	OCNIȚA	27,0	0,445
40	Orhei	ORHEI	20,3	0,258
41	Rezina	REZINA	20,0	0,250

42	Rîbnița	RÎBNIȚA	19,8	0,246
43	Rîbnița *	RÎBNIȚA	19,8	0,244
44	Rîșcani	RÎȘCANI	23,6	0,348
45	Sîngerei	SÎNGEREI	20,9	0,272
46	Slobozia	SLOBOZIA	22,7	0,322
47	Șoldănești	ȘOLDĂNEȘTI	19,7	0,242
48	Soroca	SOROCA	24,6	0,381
49	Soroca *	SOROCA	25,1	0,393
50	Ștefan-Vodă	ȘTEFAN-VODĂ	23,9	0,357
51	Ștefan-Vodă *	ȘTEFAN-VODĂ	23,9	0,357
52	Strășeni	STRĂȘENI	17,9	0,197
53	Taraclia	TARACLIA	16,8	0,167
54	Telenești	TELENEȘTI	21,5	0,289
55	Tiraspol	MUN. TIRASPOL	23,1	0,333
56	Tiraspol *	MUN. TIRASPOL	22,8	0,324
57	Ungheni	UNGHENI	22,0	0,289

Notă: * – Stație meteorologică.

În concluzie constatăm, că doar luarea în calcul a estimărilor cu caracter de pronostic, în speță, a manifestării riscurilor meteo-climatice cu anumite perioade de revenire, ar putea contribui la atenuarea acestora în diverse activități cotidiene. Cunoașterea perioadelor de revenire ale acestora la nivel de raion administrativ, permite luarea măsurilor concrete cu caracter aplicativ, inclusiv și la elaborarea normativelor în construcții. În acest context, menționăm, că asemenea realizări științifice cu referire la teritoriul Republicii Moldova se efectuează pentru prima dată.

Ținând cont de spectrul larg a riscurilor cu caracter meteo-climatic, unele din ele favorizînd apariției altor tipuri de riscuri naturale (ploile abundente declanșatoare de inundații și alunecări de teren), este extrem de importantă cunoașterea expunerii generalizată a unui teritoriu către manifestarea unui sau altui tip de risc natural.

17	Șelaruș	Șelaruș	0,040
18	Șelaruș	Șelaruș	0,031
19	Șelaruș	Șelaruș	0,002
20	Șelaruș-Voda	Șelaruș-Voda	0,137
21	Șelaruș-Voda	Șelaruș-Voda	0,337
22	Șelaruș	Șelaruș	0,140
23	Șelaruș	Șelaruș	0,103
24	Șelaruș	Șelaruș	0,002
25	Șelaruș	Șelaruș	0,333
26	Șelaruș	Șelaruș	0,334
27	Șelaruș	Șelaruș	0,338

Notă: - Șelaruș este o localitate.

În concluzie, se poate afirma că, în general, riscurile naturale sunt mai mari în zonele de joasă altitudine, în special în zonele de joasă altitudine, unde se găsesc cele mai mari concentrații de populație și activități economice. De asemenea, riscurile naturale sunt mai mari în zonele de joasă altitudine, unde se găsesc cele mai mari concentrații de populație și activități economice. De asemenea, riscurile naturale sunt mai mari în zonele de joasă altitudine, unde se găsesc cele mai mari concentrații de populație și activități economice.

CAPITOLUL 4 EXPUNEREA TERITORIULUI REPUBLICII MOLDOVA CĂTRE RISCURILE METEO-CLIMATICE

Expunerea poate fi definită ca totalitatea elementelor (oameni, proprietati, sisteme de infrastructură) prezente în regiunile, în care acționează hazardul analizat, care pot suferi consecințe ale acestuia (pierderi).

Ritmul evoluției schimbărilor climatice este foarte rapid și, pe lângă eforturile de diminuare ale emisiilor gazelor cu efect de seră care încearcă să îl țină sub control, sunt necesare și eforturi de adaptare la schimbările deja produse și cele anticipabile pentru deceniile viitoare.

Conform Raportului de Evaluare, elaborat de IPCC pentru anul 2014, evoluția rapidă a schimbărilor climatice din ultimele decenii a cauzat un impact major asupra sistemelor naturale și antropizate din întreaga lume. Distribuția impactului cauzat de schimbările climatice evidențiază riscuri diferite, determinate de vulnerabilitate și expunere, de factorii non-climatici (caracteristicile geologice ale regiunilor, distribuția neuniformă a căldurii solare, interacțiunile dintre atmosferă, oceane și suprafața uscatului) și diferențele economico-sociale. Unele regiuni se încălzesc mai mult decât altele, iar unele au parte de mai multe precipitații, în timp ce, altele sunt expuse unor secete mai frecvente.

Din cauza acestor variații regionale, este necesar să se implementeze o abordare orientată a impactului climei asupra lucrărilor proiectate, pentru a evalua expunerea și vulnerabilitatea și a stabili, măsurile corecte de adaptare și atenuare.

În ultimii ani, Uniunea Europeană a dezvoltat mecanisme de prevenire și combatere a dezastrelor naturale și a celor antropice, evaluând, astfel, riscurile asociate acestora și urmărind reducerea, pe cât posibil, a impactului negativ produs asupra societății. Acțiunile de prevenire trebuie să fie corelate cu acțiunile de pregătire și răspuns la dezastre, prin încurajarea unui schimb de informații între nivelurile administrative din interiorul unui stat, dar și între statele membre, pentru a folosi eficient resursele și a evita dublarea eforturilor.

Tabelul 4.1 Scara de evaluare a expunerii la schimbările climatice și riscurilor asociate acestora

Expunere ridicată	Expunere medie	Expunere scăzută	Expunere 0
Probabilitatea de apariție a inundațiilor cu frecvență ridicată (mai mult de 1 la 75 ani), temperaturi ridicate (mai mari de 30°C) înregistrate mai mult de 10 zile/an, creșterea nivelului mării mai mult de 50 cm, peste 10 furtuni/an	Probabilitatea de apariție a inundațiilor între 1 la 75 ani și 1 la 100 ani, temperaturi ridicate înregistrate mai mult de 5 zile/an, creșterea nivelului mării cu 20 - 50 cm, 5 - 10 furtuni/an	Probabilitatea de apariție a inundațiilor mai mică de 1 la 100 ani, temperaturi ridicate înregistrate mai puțin de 5 zile/an, creșterea nivelului mării cu 20 cm, mai puțin de 5 furtuni/an	Nu există hazarde în zona de amplasare, atât în prezent cât și pe viitor (2030)

Se cunosc diferite metode privind estimarea și gradarea (tab.4.1, tab.4.2) expunerii unui teritoriu către anumite hazarduri naturale, utilizate în diverse studii de fezabilitate [79].

Tabelul 4.2 Scara de evaluare a probabilității de expunere la risc

	1	2	3	4	5
	Rar	Putin probabil	Posibil	Probabil	Aproape sigur
Semnificație	Foarte puțin probabil ca riscul să apară sau 5% /an probabilitate de apariție	Luând în considerare practicile și procedurile actuale, acest incident este puțin probabil să apară sau 20%/an probabilitate de	Incidentul a apărut într-o localitate similară sau 50%/an probabilitate de apariție	Incidentul este probabil să apară sau 80%/an probabilitate de apariție	Incidentul este foarte probabil să apară sau 95%/an probabilitate de apariție

		aparitie			
		Sau			
Semnifica ție	5% șanse de aparitie/an	20% șanse de aparitie/an	50% șanse de aparitie/an	80% șanse de aparitie/an	95% șanse de aparitie/a n

Expunerea unui teritoriu către riscurile climatice potrivit lui Hahn [54] poate fi exprimată și matematic. Bazată pe particularitățile regionale specifice privind manifestarea frecvenței și intensității anomaliilor climatice, în opinia noastră, este importantă stabilirea limitelor variabilității climei, prin variabilele menționate în calculul acesteia.

Conform rezultatelor obținute în cercetările anterioare la nivel regional [27, 28, 29, 30, 65, 66], au fost indentificate limitele perioadelor extreme de manifestare. Reîșind din particularitățile regionale drept perioade foarte calde sunt considerate lunile incluse cu temperaturi medii peste 22^oC, iar în calculul frecvenței extremelor reci s-a constituit limita termică sub -5^oC. În cazul perioadelor uscate s-a luat în calcul asigurarea cu 10% a cantității de precipitații sezoniere în perioada de primăvară – vară (fig.4.1).

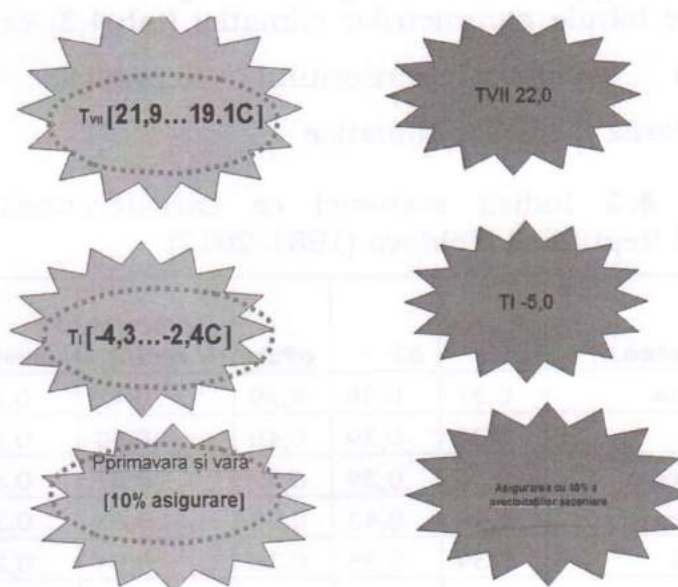


Fig.4.1. Identificarea indicatorilor regionali privind estimarea expunerii teritoriului către manifestarea riscurilor climatice

Așadar, potrivit formulei lui Hahn expunerea teritoriului către manifestarea riscurilor climatice are următorul aspect:

$$E = ((\sigma T1 + \dots + \sigma T12) / 12 + (\sigma P1 + \dots + \sigma P12) / 12 + (\Delta T1 + \dots + \Delta T12) / 12 + (N \text{ fierbinți} + N \text{ reci}) / 2 + (N \text{ uscat}) + (N \text{ dezastre}) / 6,$$

σT - abaterea standard a temperaturii medii lunare.

σP - abaterea standard a cantității precipitațiilor medii lunare

ΔT - amplitudinea termică lunară.

$N \text{ fierbinți}$ - frecvență lunilor extrem de calde, când temperatura medie a fost mai mare de 30°C (în cazul nostru 22°C)

$N \text{ reci}$ - frecvența lunilor extrem de reci, când temperatura medie a fost mai mică decât - 10°C (în cazul nostru -5°C)

$N \text{ uscat}$ - frecvența lunilor extrem de uscate în primăvara (mai puțin de 5 mm precipitare totală ml) și vara (0 mm totală de precipitații) – în cazul nostru asigurarea cu 10%

$N \text{ dezastre}$ - frecvența dezastrelor meteorologice manifestate între 1998- 2017.

Astfel, pentru toate stațiunile meteorologice au fost calculați și elaborate hărțile parametrilor climatici (tab.4.3) ce au stat la baza estimării expunerii teritoriului Republicii Moldova către manifestarea riscurilor climatice.

Tabelul 4.3 Indicii statistici ce caracterizează expunerea pe teritoriul Republicii Moldova (1981-2017)

St.meteo.	σT	ΔT	σP	$N \text{ fierbinți} + N \text{ reci} / 2$	$N \text{ uscat}$	$N \text{ Dezastre}$
Bălța	0,37	0,38	0,39	0,47	0,29	0,20
Bălți	0,38	0,39	0,40	0,59	0,34	0,47
Bravicea	0,36	0,39	0,32	0,57	0,33	0,23
Briceni	0,40	0,43	0,28	0,63	0,32	0,31
Cahul	0,39	0,35	0,38	0,54	0,29	0,33
Camenca	0,41	0,38	0,37	0,59	0,35	0,24
Chișinău	0,41	0,39	0,47	0,55	0,35	0,27

Comrat	0,38	0,35	0,34	0,62	0,30	0,43
Cornești	0,42	0,44	0,39	0,55	0,27	0,27
Dubasari	0,40	0,38	0,44	0,56	0,34	0,39
Fălești	0,43	0,49	0,38	0,56	0,24	0,19
Leova	0,37	0,35	0,47	0,58	0,33	0,27
Ribnita	0,37	0,37	0,40	0,56	0,34	0,40
Soroca	0,35	0,36	0,35	0,50	0,42	0,29
Ștefan-Vodă	0,36	0,36	0,36	0,49	0,32	0,27
Tiraspol	0,37	0,35	0,46	0,71	0,32	0,20

Modelarea cartografică a deviației standard ce caracterizează temperatura medie anuală la nivel de țară și raion administrativ (fig.4.2a, b), demonstrează că arealele cele mai vulnerabile față de variabilitatea temperaturii medii anuale sunt caracteristice raioanelor Fălești (0.43) și Camenca (0.41) din partea nord-vest și nord-est a țării, Ialoveni (0.42) din partea centrală.

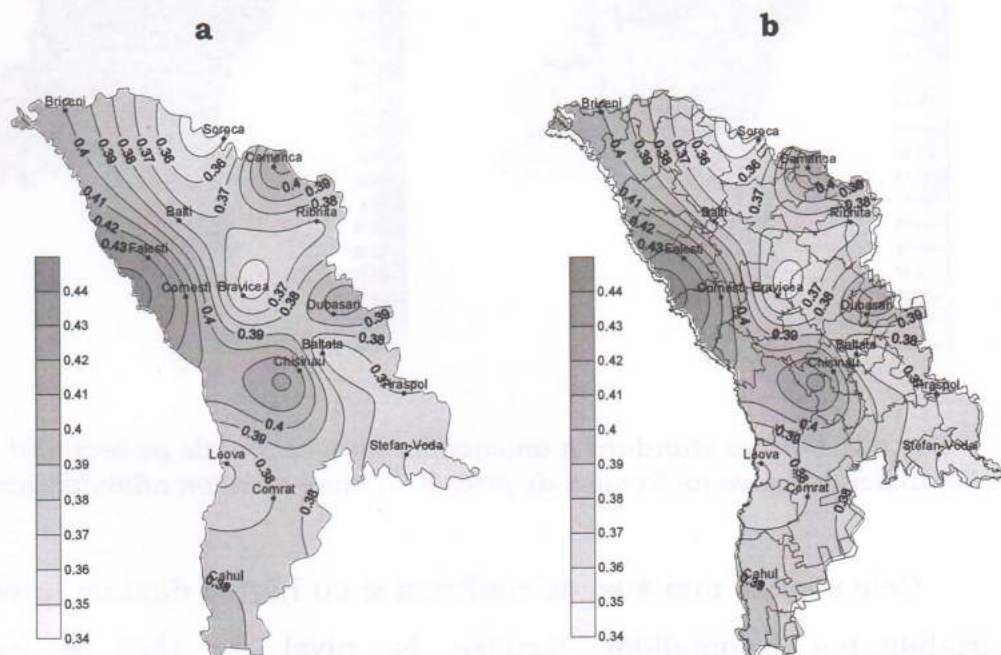


Fig.4.2. Deviația standard a temperaturii medii anuale pe teritoriul Republicii Moldova (a- la nivel de țară; b- la nivel de raion administrativ)

Variabilitatea semnificativă a regimului termic din ultimii ani (2000-2017) din cadrul acestor areale a fost determinată de specificul manifestării situațiilor sinoptice, și deci, și a valurilor de căldură (în cea mai mare parte) manifestate. Partea de sud și sud-est a țării unde se atestă o tendință stabilă de încălzire a climei, valorile sigmei sunt mai mici, ceea ce demonstrează la manifestarea stabilă a fondului termic majorat.

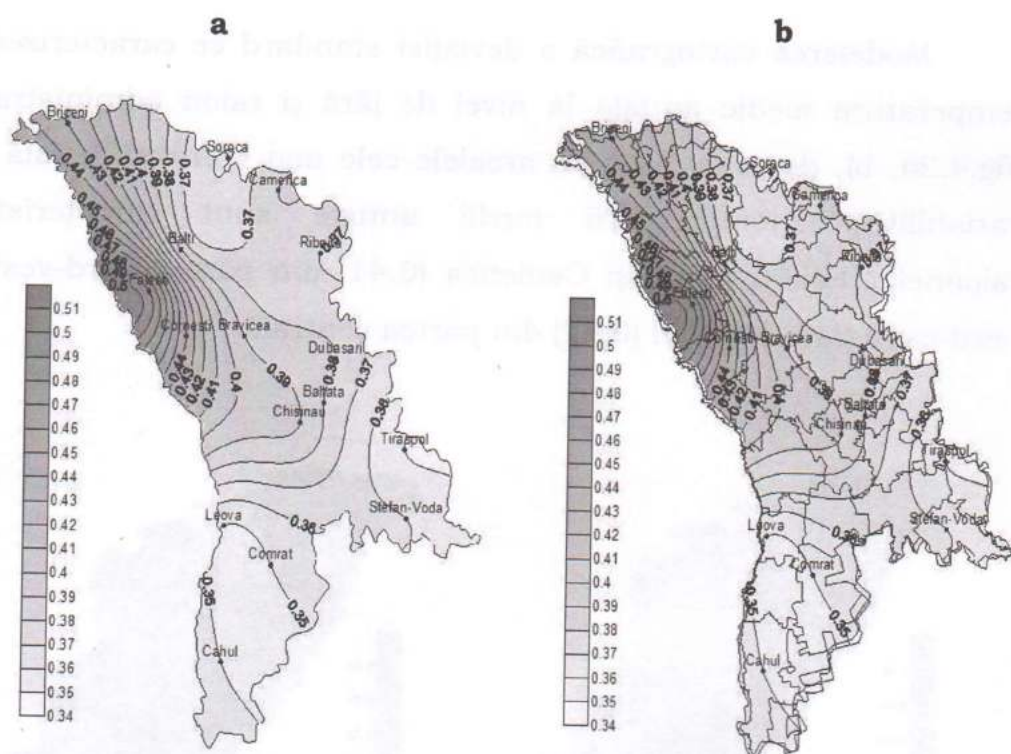


Fig.4.3. Deviața standard a anomaliilor termice anuale pe teritoriul Republicii Moldova (a- la nivel de țară; b- la nivel de raion administrativ)

Cele expuse mai sus, se confirmă și cu hărțile digitale, privind variabilitatea anomaliilor termice la nivel de țară și raion administrativ (fig.4.3a, b), care relevă faptul, că teritoriile cele mai vulnerabile față de variabilitatea anomaliilor termice sunt caracteristice raioanului Fălești (0.50), unde în ultimii au fost înregistrate cele mai înalte valori termice, inclusiv și maximumul

absolut din țară (42.4°C). În sudul și sud-estul țării datorită faptului că anomaliile termice se manifestă cu regularitate valorile sigmei sunt mai scăzute, decât în restul teritoriului.

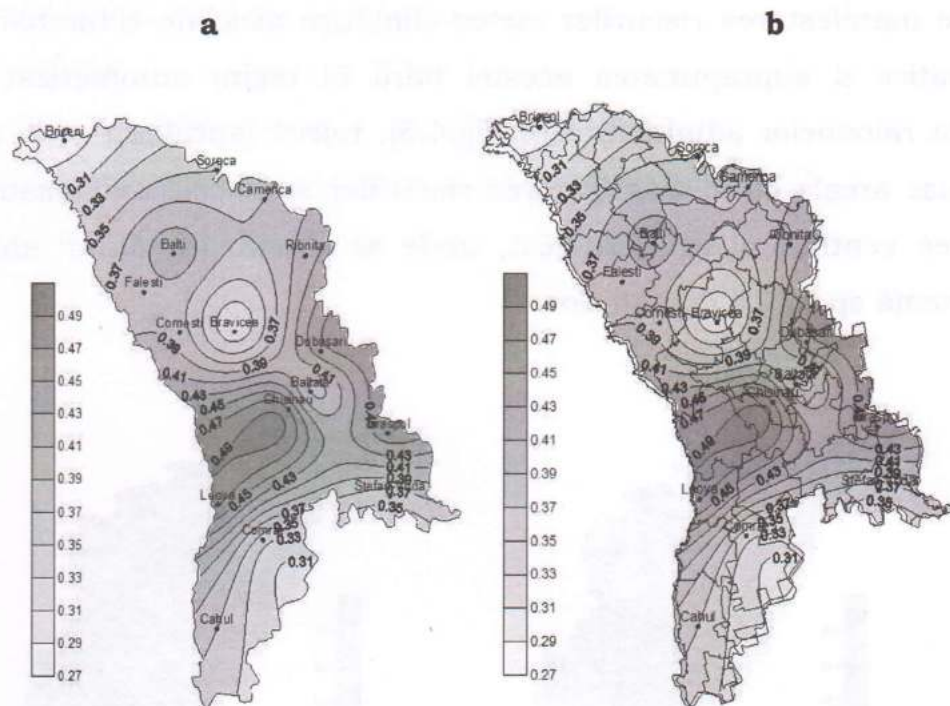


Fig.4.4. Deviața standard a cantității anuale a precipitațiilor atmosferice pe teritoriul Republicii Moldova
(a- la nivel de țară; b- la nivel de raion administrativ)

În cazul cantităților anuale ale precipitațiilor atmosferice, cea mai mare variabilitate în teritoriu, o au părțile central-vestice și estice, determinate în mare măsură, de particularitățile orografice a teritoriului, influența regimului hidrodinamic al Mării Negre și particularitățile specifice ale circulației generale a atmosferei, condiționate de schimbările climei actuale.

Cele relatate, exprimă în mod indirect intensitatea și frecvența riscurilor meteo-climatice, care se manifestă în ultima perioadă de

timp (2000-2017), cu regularitate, respectând aceleași particularități regionale de manifestare.

Elaborarea hărții expunerii teritoriului Republicii Moldova, către manifestarea riscurilor meteo-climatice asociate schimbărilor climatice și suprapunerea acestei hărți în regim automatizat cu harta raioanelor administrative (fig.4.5), relevă faptul, că cele mai expuse areale către manifestarea riscurilor sunt cele amplasate în partea centrală și de nord-vest, unde se atestă, în ultimii ani, o frecvență sporită a dezastrelor.

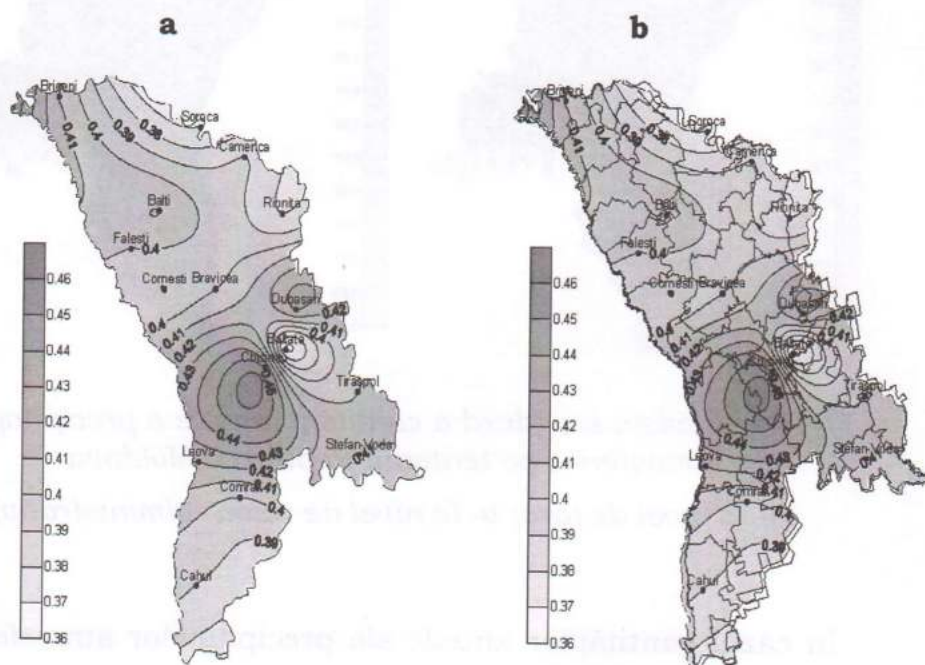


Fig.4.5. Expunerea teritoriului țării către riscurile climatice, în aspect zonal (a) și la nivel de raion administrativ (b)

Luând în considerație, că în partea centrală este amplasată o bună parte din activitatea economică a societății, aceste rezultate sunt extrem de importante la luarea diverselor decizii cu caracter aplicativ, inclusiv și la amenajarea teritoriului.

BIBLIOGRAFIE

1. Abel, N., D. Cumming, and J. Anderies, 2006: Collapse and reorganization in social-ecological systems: Questions, some ideas, and policy implications. *Ecology and Society*, 11(1), 17-42.
2. Adam, B. and J. van Loon, 2000: Repositioning risk; the challenge for social theory. In: *The Risk Society and Beyond* [Adam, B., U. Beck, and J. van Loon (eds.)]. SAGE Publications, London, UK, pp. 1-31.
3. Adelekan, I.O., 2010: Vulnerability of poor urban coastal communities to flooding in Lagos, Nigeria. *Environment and Urbanization*, 22, 433, doi:10.1177/0956247810380141.
4. Adger, W.N., N. Brooks, M. Kelly, S. Bentham, and S. Eriksen, 2004: New Indicators of Vulnerability and Adaptive Capacity. Tyndall Centre for Climate Change Research, Technical Report 7, University of East Anglia, Norwich, UK.
5. Apetrei M., Groza O., Grasland C., Elemente de statistică cu aplicații în geografie. Editura Universității „Al.I.Cuza” Iași, 1996.
6. Apostol L. Precipitațiile atmosferice în Subcarpații Moldovei Edit. Univ. “Ștefan cel Mare” Suceava, 2000.
7. Apostol L. Trăsături specifice ale circulației generale a atmosferei în Subcarpații Moldovei, *Analele Univ. “Ștefan cel Mare”, s. Geografie*, t. VI, Suceava , 1997.
8. Apostol L., Amăriucăi M., The exceptional torrential rains in the summer of 2004, in the counties of Neamț and Bacău, as a special situation in the period 1991-2004 // *Romanian journal of climatology*, vol.1, Editura Universității „Al.I.Cuza”, Iași, 2005, p.57-71.
9. Balbus, J.M. and C. Malina, 2009: Identifying vulnerable subpopulations for climate change health effects in the United States. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*,

51 , 33-37.

10. Birkmann, J., 2006b: Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies: conceptual frameworks and definitions. In: Measuring Vulnerability to Natural Hazards: Towards Disaster Resilient Societies [Birkmann, J. (ed.)]. United Nations University Press, Tokyo, Japan, pp. 9-54.
11. Bogdan O. Alexandrescu M. Phénomènes de dessèchement et de sécheresse dans la Dobrogea, RRGGG – Géogr., 1989, 33, p. 53-58.
12. Bogdan O. Caracteristici ale hazardurilor /riscurilor climatice de pe teritoriul României. În: Mediul Ambient. Revista științifică de informație și cultură ecologică, Nr.5 (23) 2005, Chișinău, p.26-36.
13. Bogdan O. Mărculeț C. Regional particularities and genetic causes of strong wind occurrence on Romanian territory, Anal. Șt. Univ. Al. I. Cuza, Iași, XLVI, Serie nouă Geogr. 2000, p. 44-59.
14. Bogdan O. Niculescu E., Riscurile climatice din România, Academia Română, Inst. Geogr., 1999, Compania Sega International, p. 280.
15. Bogdan O. Riscul de mediu și metodologia lui. Puncte de vedere, Riscuri și catastrofe, III, (editor Sorocovschi), 2003, Cluj Napoca, pp. 27-38.
16. Bogdan O. Riscuri climatice. Implicații pentru mediu și societate, Rev. Geogr., X/2003, Serie nouă, 2004, p. 73-81.
17. Bordei E.I. Rolul lanțului Alpino-Carpatic în evoluția ciclonilor mediteraneeni. Ediția a II-a, Editura PRINTECH, 2009, 137p.
18. Bordei N.I. Fenomene meteoclimatice induse de configurația Carpaților în Cîmpia Română, Ediția a II-a , Editura Academiei Române. București, 2008, 223p.
19. Budui V. Utilizarea unui SIG în studierea unor proprietăți ale solului din bazinul superior al Bârladului, Comunic.

- Simpoz. internaț. „Sisteme Informaționale Geografice”, Chișinău, 16 octombrie, 2004.
20. Bogdan O. Alexandrescu M. Phénomènes de dessèchement et de sécheresse dans la Dobrogea, RRGGG – Géogr., 1989, 33, p. 53-58.
21. Bogdan O. Caracteristici ale hazardurilor /riscurilor climatice de pe teritoriul Romaniei. În: Mediul Ambient. Revista științifică de informație și cultură ecologică, Nr.5 (23) 2005, Chișinău, p.26-36.
22. Bogdan O. Mărculeț C. Regional particularities and genetic causes of strong wind occurrence on Romanian territory, Anal. Șt. Univ. Al. I. Cuza, Iași, XLVI, Serie nouă Geogr. 2000, p. 44-59.
23. Birkmann, J. and K. von Teichman, 2010: Integrating disaster risk reduction and climate change adaptation: key challenges - scales, knowledge, and norms. Sustainability Science, 5(2), 171-184.
24. Brenkert, A.L. and E.L. Malone, 2005: Modeling vulnerability and resilience to climate change: A case study of India and Indian States. Climatic Change, 72(1-2), 57-102.
25. Cardona, O.D., 2006: A system of indicators for disaster risk management in the Americas. In: Measuring Vulnerability to Hazards of Natural Origin: Towards Disaster Resilient Societies [Birkmann, J. (ed.)]. UNU Press, Tokyo, Japan, pp. 189-209.
26. Cardona, O.D., 2011: Disaster risk and vulnerability: Notions and measurement of human and environmental insecurity. In: Coping with Global Environmental Change, Disasters and Security - Threats, Challenges, Vulnerabilities and Risks [Springer Verlag, Berlin, Germany, pp. 107-122.
27. Constantinov T., Nedelcov M., Răileanu V. Hazardurile

- naturale regionale. Chișinău, 2009, Cap.3, Diferențierea teritoriului după gradul de risc climatic . CZU 551.4. /.5 (478) R 46; Tipografia „Elena – V.I.”SRL. ISBN 978-9975-106-15-3, P.70-98.
- 28.Constantinov T., Nedelcov M. Estimarea rolului stratului de zăpadă și a adâncimii maxime a solului înghețat în iernarea culturilor multianuale. În: Analele Științifice ale Universității de Stat din Moldova, Seria “Științe chim.-biol.”. Chișinău: CEP USM, 2005, p. 454-457.
- 29.Constantinov T., Nedelcov M. Hazardurile naturale regionale. Chișinău, 2009, Cap.2, Evaluarea fenomenelor climatice nefavorabile. CZU 551.4. /.5 (478) R 46; Tipografia „Elena – V.I.”SRL. ISBN 978-9975-106-15-3, P.58-66.
- 30.Constantinov T., Nedelcov M., Boboc N. Riscul climatic. În: Starea Mediului în Republica Moldova în anul 2006 (raport național). Chișinău, 2007, p. 82. <http://www.mediu.gov.md/file/rapoarte/Raport%202006%20rom%20.pdf>
- 31.Constantinov T., Nedelcov M., Boboc N. Riscul climatic. Starea Mediului în Republica Moldova în anul 2005 (raport național). Chișinău, 2006, p. 91. <http://www.mediu.gov.md/md/rap2005/>
- 32.Constantinov T., Nedelcov M., Boboc N., Buză V., Boian I. Calamitățile naturale. Starea Mediului în Republica Moldova în anul 2005 (raport național). Chișinău, 2006, p. 93. <http://www.mediu.gov.md/md/rap2005/>
- 33.Constantinov T., Nedelcov M., Boboc N., Melniciuc O., Răileanu V. Diminuarea impactului factorilor pedoclimatici extremali asupra plantelor de cultură. Chișinău, 2008, Cap.1, Evaluarea spațio-temporală a factorilor climatici de risc. CZU 631.43.633 /635 D43; Tipografia AȘM. ISBN

978-9975-62-231-8,. P.14-41.

34.CR 1-1-3_2012.doc

35. CR-1-1-3-2012-ordin-cod-notificare.pdf.

36.Constantinov T., Nedelcov M. Hazardurile naturale regionale. Chișinău, 2009, Cap.2, Evaluarea fenomenelor climatice nefavorabile. CZU 551.4. /5 (478) R 46; Tipografia „Elena – V.I.” SRL. ISBN 978-9975-106-15-3, P.58-66.

37.Constantinov T., Nedelcov M., Boboc N. Riscul climatic. În: Starea Mediului în Republica Moldova în anul 2006 (raport național). Chișinău, 2007, p. 82.
<http://www.mediu.gov.md/file/rapoarte/Raport%202006%20rom%20.pdf>

38.Constantinov T., Nedelcov M., Boboc N. Riscul climatic. Starea Mediului în Republica Moldova în anul 2005 (raport național). Chișinău, 2006, p. 91.
<http://www.mediu.gov.md/md/rap2005/>

39.Constantinov T., Nedelcov M., Răileanu V. SIG în evaluarea resurselor climatice ale bazinului râului Bîc. GIS in Evaluation of River Bic Basin's Climatic Resources. În: Geographia tehnica. Cluj-Napoca: Cluj, University Press, 2006, nr. 1, p. 55-60.

40.Constantinov T., Nedelcov M., Răileanu V. Utilizarea SIG în studiul riscurilor climatice. În: Buletinul Institutului politehnic. Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” Secția Hidrotehnică. Iași, 2009, t. LV (LIX), p. 9-19.

41.Constantinov T., Nedelcov M., Răileanu V. Utilizarea tehnologiilor SIG în evaluarea înghețurilor periculoase de primăvară și de toamnă pe teritoriul R. Moldova. În: Analele științifice ale universității “Al. I. Cuza” (serie nouă). Geografie (supliment). Lucrările simpozionului “Sisteme Informaționale Geografice”. Iași: Universitatea “Al. I. Cuza”,

2006, nr.12, p. 1-7.

42. Constantinov T., Nedelcov M., Răileanu V. SIG în evaluarea resurselor climatice ale bazinului râului Bîc. GIS in Evaluation of River Bic Basin's Climatic Resources. În: Geographia tehnica. Cluj-Napoca: Cluj, University Press, 2006, nr. 1, p. 55-60.
43. Climate Change 1992. The supplementary report to the IPCC Scientific Assessment. WMO and UNEP, Cambridge University Press, Cambridge, 1993, 571 pp.
44. Climate Change 1995. The Science of Climate Change. Contribution of WGI to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Edited by J. T. Houghton et al., Cambridge University Press, Cambridge, 1996, 218 pp.
45. Climate Change 2001. The Scientific Basis, Third Assessment Report. Cambridge University Press, Cambridge U. K., 881 pp.
46. Climate Change 2007. The Scientific Basis, Fourth Assessment Report. Cambridge University Press, Cambridge U. K., 940 pp.
47. Climate Change 2013. Fifth Assessment Report - The Physical Science Basis includes assessment of *climate change* observations throughout the *climate* system; sea level *change* // *Annexes* Atlas of Global and Regional Climate Projections.
48. Constantinov T., Daradur M., Nedelcov M., Răileanu V., Mleavaia G., Ignat M. Change of climate and risk of climatic disasters (Example for republic of Moldova). Conference of water observation and information system for decision support, Ohrid, Republic of Macedonia, A-126, 23-26 May, 2006 www.balwois.net.
49. EN 1991-1-3 (2003) (English): Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-3: General actions - Snow loads

- [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC]
50. JCSS, 2001. Probabilistic Model Code, Part 2: Load Models, 2.12 Snow Load, 6p.
 51. Füssel, H.-M., 2007: Vulnerability: A generally applicable conceptual framework for climate change research. *Global Environmental Change*, 17, 1 55-167.
 52. Füssel, H.-M. and R.J.T. Klein, 2006: Climate change vulnerability assessments: an evolution of conceptual thinking. *Climatic Change*, 75, 301-329.
 53. Haidu I. *Extremes climatiques: genese, modelisation et impacts*, Cluj Editor University Press, 2009, 500 p.
 54. Hahn M, A. Reiderer and S. Foster *The Livelihood Vulnerability Index: A pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change—A case study in Mozambique*, *Global Environmental Change* 19 (2009), 74–88.
 55. Kantor, P. and P. Nair, 2005: Vulnerability among slum dwellers in Lucknow, India -Implications for urban livelihood security. *International Development Planning Review*, 27(3), 333-358.
 56. Marulanda, M.C., O.D. Cardona, and A.H. Barbat, 2010: Revealing the socioeconomic impact of small disasters in Colombia using the DesInventar database. *Disasters*, 34(2), 552-570.
 57. McKee, T.B., N.J. Doesken, and J. Kleist, 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Preprints, 8th Conference on Applied Climatology*, 17-22 January, Anaheim, CA, 179-184.
 58. McKee, T.B., N.J. Doesken, and J. Kleist, 1995. Drought monitoring with multiple time scales. *Preprints, 9th Conference on Applied Climatology*, 15-20 January, Dallas, TX, 233-236.

59. Nelson, D.R. and T.J. Finan, 2009: Praying for drought: Persistent vulnerability and the politics of patronage in Ceara, Northeast Brazil. *American Anthropologist*, 111, 302-316.
60. Nedelcov M. Climate Risks and Informational database : 2010- 033 Conference on Water Observation and information sistem for decision support, Ohrid, Republic of Macedonia www.balwois.com/2010.
61. Nedelcov M. Resursele agroclimatice în contextul schimbărilor de climă. Tipografia "Alina Scorohodova" 2012, Chișinău, 306 p. ISBN 978-9975-4284-8-4.
62. Nedelcov M. ș.a. Atlasul „Resursele climatice ale Republicii Moldova” Editura „Știința”, Chișinău, 2013. 76 p. ISBN 978-9975-67-894-0.
63. Nedelcov M. ș.a. The Use Of Standardized Indicators (SPI And SPEI) In Predicting Droughts Over The Republic Of Moldova Territory. Present Environment and Sustainable Development.Vol. 9 (nr. 2). Iași: Universitatea “Al. I. Cuza”, 2015. p. 149-157. ISSN 1223-5534.
64. Nedelcov M. The Republic of Moldova territory's vulnerability (exposure) to the manifestation of some climate risks. Volume 7, no.2/ 2013, p.13
65. Nedelcov M. Climate change and anomalies asociated in the Republic of Moldova. Volume 8, nr.1/ 2014, p.59
66. Nedelcov M. Criteria for climate and weater related risks identification over the Republic of Moldova territory. Present Environment and Sustainable Development V. 10, no. 2-2016 Editura Universității „Alexandru Ioan Cuza” Iași. p. 133-140. ISSN 1843-5971.
67. NEDEALCOV, M. Indicele Fournier în estimarea spațio-temporală a agresivității pluviale pe teritoriul Republicii Moldova. Cercetarea și gestionarea resurselor de sol Materialele conferinței științifice cu participare

- internațională a Societății Naționale a Moldovei de Știința Solului. 8-9 septembrie 2017, Chișinău, 2017. p. 354-361. ISBN 978-9975-71-931-5.
68. Peduzzi, P., 2006: The Disaster Risk Index: Overview of a quantitative approach. In: *Measuring Vulnerability to Natural Hazards - Towards Disaster Resilient Societies* [Birkmann, J. (ed.)]. United Nations University Press, Tokyo, Japan, pp.171-181.
 69. Peduzzi, P., H. Dao, C. Herold, and F. Mouton, 2009: Assessing global exposure and vulnerability towards natural hazards: the Disaster Risk Index. *Natural Hazards and the Earth System Science*, 9, 1149-1159.
 70. Renaud, F.G., 2006: Environmental components of vulnerability. In: *Measuring Vulnerability to Natural Hazards. Towards Disaster Resilient societies* [Birkmann, J. (ed.)]. United Nations University Press, Tokyo, Japan, pp. 117-127.
 71. Schipper, L. and M. Pelling, 2006: Disaster risk, climate change and international development: Scope for, and challenges to, integration. *Disasters*, 30(1), 19-38.
 72. Schneider, S.H., S. Semenov, A. Patwardhan, I. Burton, C.H.D. Magadza, M. Oppenheimer, A.B. Pittock, A. Rahman, J.B. Smith, A. Suarez, and F. Yamin, 2007: Assessing key vulnerabilities and the risk from climate change. In: *Climate Change 2007. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Parry, M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. Van Der Linde, and C.E. Hanson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 779-810.
 73. SR_EN_19911-1-2005_NA-2006.pdf.
 74. Willows, R.I. and R.K. Connell (eds.), 2003: *Climate Adaptation: Risk, Uncertainty and Decision-Making*. UKCIP Technical Report. UKCIP, Oxford, UK.

75. <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/eda366g.htm> Engineering Statistics Handbook
1.3.6.6.16. Extreme Value Type I Distribution.
76. https://en.wikipedia.org/wiki/Gumbel_distribution
77. Gumbel (Extreme Value Type I) Distribution - Fitting to Data, Graphs.
78. <http://www.statisticshowto.com/gumbel-distribution>.
79. http://pr.clineni.ro/content/uploads/2017/11/12.2.SF-V1_Cap-12.2_Rev-06.pdf.

