

Universitatea „Ștefan cel Mare” din Suceava

Domeniul de doctorat: Geografie

Teză de abilitare

Implicațiile practic - aplicative și științifice ale studiilor climatice sau
interdisciplinare realizate

Conf. univ. dr. Dumitru MIHĂILĂ

Suceava, 2017

CUPRINS:

Capitolul	Titlatura capitolului	Pagina
I	Evoluția activității științifice în intervalul februarie 2003 – mai 2017	3
II	Evoluția activității didactice și a carierei academice în intervalul februarie 2003 – mai 2017	25
III	Implicarea în coordonarea unor echipe de cercetare, de explicare și facilitare a cercetării.....	27
IV	Implicarea în organizarea și gestionarea activităților didactice, de explicare și facilitare a învățării.....	28
V	Perspective ale evoluției activității științifice în orizontul următorilor ani.....	31

Capitolul I Evoluția activității științifice în intervalul februarie 2003 – mai 2017

În acest interval activitatea mea științifică s-a desfășurat în legătură strânsă cu activitatea didactică desfășurată în cadrul Catedrei de Geografie – până în 2011/ Departamentul de Geografie – din 2011 din cadrul Univ. „Ștefan cel Mare” din Suceava.

Această perioadă a fost una de căutări și provocări continui. Căutările au încercat să încadreze tematica cercetărilor pe anumite direcții, iar provocările au fost legate de ritmul alert în care se dezvoltă climatologia românească și mondială.

Activitatea științifică a depins direct de resursele informaționale, materiale și de timp avute la dispoziție și de contextul evolutiv al activităților de cercetare desfășurate în cadrul Departamentului de Geografie, în Universitatea „Ștefan cel Mare” din Suceava și în România.

În ceea ce privește resursele informaționale pot preciza că ele au avut tot timpul statutul de greu accesibile. Aici fac referire în primul rând la datele meteorologice (diversificate ca format și conținut) care reprezintă baza studiilor climatologice. Se cunoaște fără îndoială că studiile climatice trebuie să se axeze pe date din observații meteorologice detaliate (de multe ori orare sau suborare) și de lungă durată (adeseori pe zeci de ani). De multe ori ele cuprind teritorii vaste. Studiile climatice realizate au avut la bază seturi de date meteorologice detaliate, consistente și pe durate suficient de lungi, care au permis în urma prelucrării și analizei critice emiterea unor concluzii solid argumentate. Ele s-au bazat și pe un fond bibliografic vast pus la dispoziție de USV prin intermediul bibliotecii sau a accesului la bazele de date internaționale. Resursele materiale au fost de două categorii: instituționale (susținere financiară din partea Departamentului și a universității, acces neîngrădit la dotările laboratoarelor) dar și proprii. Timpul nu a fost întotdeauna generos cu activitățile de cercetare deoarece el a trebuit să fie împărțit cu activitatea didactică dar și cu alte activități cu caracter personal. În cadrul Departamentului de Geografie de la Suceava activitatea de cercetare este una de substanță și de anvergură națională și internațională. Atmosfera de cercetare efervescentă dă imbold cercetătorilor, să dezvolte teme de cercetare, provocatoare chiar și pentru o serie de entități științifice potente financiar. USV-ul a făcut eforturi deosebite în susținerea cercetării existând în cadrul instituției o emulație științifică care transpare din toate activitățile desfășurate. Instituțiile abilitate cu coordonarea și sprijinirea activității de cercetare la nivel național (UEFISCDI, CNATDCU) au ridicat continuu ștacheta cerințelor mai ales pe partea de calitate a producțiilor științifice

Activitatea mea de cercetare s-a axat încă de la început pe câteva coordonate.

Una din coordonate a fost *originalitatea* lucrărilor realizate. Fără a fi lipsite de o bază bibliografică suport, studiile au abordat subiecte climatologice sau interdisciplinare pentru entități geografice puțin cercetate sau necercetate. Originalitatea a venit și din faptul că toate lucrările se bazează pe date reale, consistente, prelucrate și interpretate în manieră proprie. Abia apoi rezultatele obținute au fost comparate cu rezultatele altor studii.

Apoi, o altă caracteristică a lucrărilor este *atenția pentru detaliu* sau *gradul ridicat de detaliere al analizelor*. Lucrările realizate au un profund caracter analitic. Din toate lucrările transpar seturi de concluzii care sintetizează rezultatele obținute.

Studiile realizate au încercat pe cât posibil să răspundă imperativului *utilității*. Am încercat să scoatem în evidență pentru fiecare studiu modul în care acesta răspunde unor probleme reale sau unor necesități practice ale unor comunități și cred că am reușit.

Toate cercetările întreprinse au avut *părți integrate în activitatea didactică* de la catedră pentru desăvârșirea pregătirii științifice a viitorilor specialiști geografi și climatologi.

Nu în ultimul rând am urmărit ca activitatea de cercetare să se integreze prin subiectele abordate *cerințelor imperative și tendințelor din cercetarea de profil* din ultimul timp anticipând ceea ce ar putea aduce viitorul.

După susținerea în februarie 2003 a tezei de doctorat au urmat o serie de lucrări științifice prezentate în ceea ce urmează rezumativ și în ordine cronologică.

Un subiect greu de realizat l-a constituit analiza duratei și a intensității precipitațiilor atmosferice în Câmpia Moldovei. Greutatea a constat în primul rând, în introducerea în format electronic a întregii baze de date de pe tabelele meteorologice zilnice TM3 de la stațiile meteorologice din Câmpia Moldovei din intervalul 1961 – 1998. Au fost trecute prin filtrul analizei toate ploile din sezonul cald al anului aprilie-octombrie din această subunitate naturală, obținându-se rezultate valoroase pentru hidrologi, geomorfologi, pedologi, agronomi, silvicultori, constructori, amenajști etc. În Câmpia Moldovei în timpul semestrului cald, căderile de precipitații au un caracter torențial fiind legate de trecerea fronturilor atmosferice reci sau de procesele termo-convective sau convectiv – orografice locale. Intensitatea maximă a precipitației s-a apropiat de maximumul posibil, iar cantitățile de precipitații generate în timpul unor ploi a urcat la peste 190 mm. Astfel de episoade pluviometrice succed de regulă intervalelor cu deficit pluviometric. Informații detaliate despre acest subiect apar în lucrarea „*Durata și intensitatea precipitațiilor în Câmpia Moldovei*”, **Mihăilă D.** (2003) din Analele Univ. „Ștefan cel Mare” Suceava, Sect. G., T.XII. la pag. 39 – 47.

Un an mai târziu apare o lucrare cu tematică geomorfologică și climatică ce abordează dinamica proceselor geomorfologice actuale, pe versantul drept al văii Prutului între Oroftiana și Rădăuți-Prut, o arie geografică bine cunoscută prin prisma apartenenței la acele locuri. Sectorul subsecvent al văii Prutului între Oroftiana și Rădăuți-Prut se întinde pe cca. 40 km și a fost modelat în forma actuală pe parcursul a aproximativ 10 mil. ani. Versantul drept al văii Prutului în acest sector este un adevărat „laborator geomorfologic în aer liber” cu procese geomorfologice de o mare diversitate, cu o dinamică aflată într-o strânsă dependență de factorul meteo-climatic și de modul de utilizare al terenurilor. Detalii despre această temă pot fi citite în lucrarea „*Câteva considerații asupra dinamicii proceselor geomorfologice actuale pe versantul drept al văii Prutului între Oroftiana și Rădăuți Prut*”, autori **Mihăilă D.**, Prisacariu A. (2004), publicată în Analele Univ. „Ștefan cel Mare” Suceava, Sect. G., T. XIII., pag. 33-38.

Interes deosebit a suscitat analiza evoluției în timp a elementelor și a fenomenelor climatice din Câmpia Moldovei. Sub impulsul acțiunii cumulate a factorilor climatogeni, teritoriul Câmpiei Moldovei, chiar dacă este limitat la aproape 8000 km², este locul manifestării unor mari variații calitative și cantitative ale elementelor și fenomenelor climatice care diferențiază, prin regimul lor contrastant, caracterul temperat - continental, cu nuanțe excesive ale climatului acestei subunități geografice. Poziția matematică și geografică a Câmpiei Moldovei, într-o zonă de intersecție climato-dinamică, într-un spațiu continental de platformă, cu relief dezvoltat pe un ecart altitudinal de maxim 200m, la distanță mare de mări și oceane, a impus în acest teritoriu o variabilitate foarte mare în timp a stărilor de vreme. Din aceste cauze derivă și marea probabilitate de a se produce extreme climatice, care reconfirmă ceea ce este cunoscut: continentalismul climatic, relativ pronunțat, al acestei subunități geografice. Argumentele în favoarea variabilității climatice a Câmpiei Moldovei pot fi consultate pe larg în studiul „*Câteva aspecte legate de variabilitatea evoluției în timp a elementelor și fenomenelor climatice din Campia Moldovei*”, autor **Mihaila D.** (2004), publicat în Analele Univ. „Ștefan cel Mare”, Suceava, Sect. G., T. XIII., pag. 89-98.

Un interes aparte a prezentat și tema legată de evoluția temperaturii aerului în Podișul Sucevei. În cazul majorității analizelor parametrilor termici (medii și extreme, numărul zilelor cu caracteristici termice diferite), tendința evoluției temperaturii aerului a fost una pozitivă pe întreg intervalul analizat. În general, creșterea temperaturii nu a fost una spectaculoasă, menținându-se, în perioada 1947-2004 sub 1°C (0,2°C la Roman, 0,8°C la Suceava). Această creștere a temperaturii pe parcursul celor 57 de ani a fost una normală care s-ae încadrat în tendința generală a încălzirii regionale care afectează majoritatea teritoriului țării noastre și în special teritoriile din exteriorul arcului carpatic. În același timp, încălzirea unei subunități naturale care are un climat răcoros, așa cum se consideră a fi climatul Podișului Sucevei, concomitent cu scăderea cantității de precipitații are un impact deosebit asupra economiei agricole și forestiere. Detalii privind această temă pot fi urmărite în studiul „*Tendențele evoluției temperaturii aerului în Podișul Sucevei*”, autori **Mihăilă D.**, Tanasă I. (2005), publicat în Analele Univ. „Ștefan cel Mare” din Suceava, Sect. G., T. XIV., pag. 57-68.

În atenția noastră a intrat și evoluția temporală a precipitațiilor atmosferice la Suceava în intervalul 1922-2004 cu evidențierea extremelor pluviometrice, a cauzalității lor și a efectelor generate. Prin acest studiu factorilor administrativi de decizie, populației dar și comunității științifice i se pun la dispoziție informații valoroase cu privire la evoluția unui component de bază al mediului: precipitațiile, element de bază în calculul bilanțului climatic al apei la nivelul suprafeței terestre.

Informații mai amănunțite legate de acest subiect pot fi consultate în studiul „*Variabilitatea cantitatilor de precipitații lunare la statia meteorologica Suceava*” autori Tanasă I., **Mihăilă D.** (2005), publicat în Culegerea de lucrări „*Vremea, clima și dezvoltarea durabilă*”, I.S.B.N. 973-0-04131-8, A.N.M. Bucuresti.

Pentru a acoperi problematica meteo-climatică a ariei municipiului Suceava autorii Tanasă I., **Mihăilă D.** (2005), au publicat lucrarea „*Câteva aspecte asupra unor fenomene de risc climatic din perioada rece a anului la Suceava*”, în Culegerea de lucrări „*Vremea, clima și dezvoltarea durabilă*”, I.S.B.N. 973-0-04131-8, A.N.M. Bucuresti. Pe baza datelor din observațiile meteorologice de la Suceava din intervalul 1961 – 2004 au intrat într-o analiză detaliată fenomene meteo-climatice și de risc de mare interes pentru cunoașterea științifică dar și din rațiuni practice cum ar fi bruma și înghețul, ninsoarea abundentă și stratul de zăpadă, viscolul, ceața și depunerile solide, fenomene care afectează activitățile socio-economice din aria urbană a Sucevei și împrejurimi în fiecare sezon rece.

O temă cuprinzătoare prin volumul mare de date utilizate și sintetizate a fost cea prezentată în 2004 la centenarul geografiei ieșene intitulată „*Câteva particularități ale regimului precipitațiilor atmosferice la Iași în ultimul secol*” având ca autori pe **Mihăilă D.** și Prisacariu A. și care a fost publicată în 2005 în revista pe atunci la început de drum Romanian Journal of Climatology, Univ. „Al. I. Cuza” din Iași, Vol. I. la pag. 211- 220. Articolul pune accent pe identificarea trăsăturilor pluviometriei sud-estului Câmpiei Moldovei pe baza unui set lung și reprezentativ de date (de peste 100 de ani) putând fi luat ca un reper în orice viitoare analiză pluviometrică care ar viza diverse obiective.

Pe linia cercetării geografice interdisciplinare (climatice și limnologice) a intrat în atenție și calitatea apei din lacul glaciar Lala. Acesta este situat la altitudinea de 1800 m în Masivul Rodnei în circular glaciar omonim. Din punct de vedere hidrochimic, toți parametrii apei lacului s-au situat sub limitele apelor de calitate I, corpul de apă Lala fiind considerat un volum de referință din punct de vedere al calității pentru întreg bazinul hidrografic Siret. Acest lucru se datorează în special unui ritm de primenire accentuat și impactului antropic foarte scăzut. Din punct de vedere biologic, acesta este considerat un lac ultra-oligotrof, cu ape aproape ecologice. Încărcarea apei în elemente nutritive este slabă, iar speciile identificate sunt reprezentative pentru etajul montan și rare din punct de vedere cantitativ. Caracteristicile bio-chimice și fizice ale lacului demonstrează că acesta este unul dintre cele mai reprezentative lacuri alpine din Carpații Orientali. Toate aceste informații într-o formă mult mai amănunțită se regăsesc în studiul „*Lacul Lala Mare. Studiu biochimic*”, având ca autori pe Mîndrescu M., **Mihăilă D.** și Țolca Doinița, publicat în 2005 în Lucrările Seminarului Geografic „Dimitrie Cantemir”, Univ. „Al. I. Cuza”, Iasi și accesibil la adresa <http://www.seminarcantemir.uaic.ro/index.php/cantemir/article/view/671/653>.

Fenomenele climatice de risc de pe teritoriul județului Suceava au fost abordate de **Mihăilă D.**, Budui V., Cristea I. A., Tanasă I. în 2006 în studiul „*Considerații asupra riscurilor climatice în județul Suceava*”, publicat în Analele Univ. „Stefan cel Mare” din Suceava, Sect. G., T. XV., pag. 73-90. Între fenomenele climatice identificate ca având un potențial de risc ridicat, s-au detașat: inversiunile termice, valurile de frig în timpul cărora se produc de regulă singularitățile termice negative, valurile de căldură pe fondul cărora se produc de regulă singularitățile termice pozitive, înghețurile și brumele timpurii de toamnă sau târzii de primăvară, cantitățile foarte mari de precipitații căzute în timp foarte scurt, seceta și uscăciunea, furtunile asociate cu căderi de grindină și oraje, ceața, depunerile solide sub formă de chiciură sau polei, căderile masive de precipitații sub formă de ninsoare care generează straturi groase de zăpadă, viscoalele, vânturile violente și vijeliile, poluarea atmosferică (chimică și fonică). Perioada luată în analiză a fost 1961-2004.

În 2006 **Mihăilă D.** și Tanasă I. au publicat studiul „*Particularități climatice ale semestrului rece la Suceava*” în culegerea de lucrări Analele Univ. „Stefan cel Mare” din Suceava, Sect. G., T. XV., pag. 61-72. Semestrul rece este intervalul din an în care manifestările vremii pot atinge sau depăși uneori anumite praguri de adaptabilitate a sistemului social-economic sau natural geografic. În condițiile actualelor tendințe de evoluție climatice, frecvența episoadelor de vreme cu manifestări extreme, de risc este din ce în ce mai ridicată pe parcursul sezonului rece. De aceea, cunoașterea condițiilor medii și extreme (particulare) a evoluției stărilor de vreme din acest sezon prezintă o dublă importanță teoretică-științifică și practic-aplicabilă.

Anul 2006 este unul important în evoluția carierei mele de geograf și climatolog. A fost publicată lucrarea „*Câmpia Moldovei. Studiu climatic*” la Editura Universitatii Suceava. Lucrarea reprezintă teza de doctorat susținută în 2003

la Univ. „Al. I. Cuza” din Iași. În cele 465 pagini ale sale este tratată într-o manieră detaliată clima Câmpiei Moldovei. Profesorul Sterie Ciulache aprecia în 2003 că „o abordare climatologică la un astfel de nivel (de complexitate și detalieri) nu există în literatura geografică din România” și considera lucrarea „o reușită certă sub toate aspectele” recomandând tipărirea ei. Cei care au consultat lucrarea s-au convins de acest lucru, mai ales că realizarea ei s-a făcut într-o perioadă în care calculatorul electronic se utiliza la o scară încă redusă.

În 2006 apar în *Lucrările Seminarului Geografic Dimitrie Cantemir* Nr. 26 de la Univ. „Al. I. Cuza”, Iași o serie de trei lucrări științifice având același colectiv de autori (**Mihăilă D.**, Budui V. și Tanasă I.) care tratează ninsoarea, stratul de zăpadă, fenomenul de viscol, fenomenele de îngheț, brumă și manifestările variabile ale pluviometriei (cu privire specială asupra verii anului 2005) [(Budui V., **Mihăilă D.**, Tanasă I. (2006), „*The Snow Fall, the Snow Cover and the Blizzard Phenomenon at Suceava*”, <http://www.seminarcantemir.uaic.ro/index.php/cantemir/article/view/710/692>); (Tanasă I., **Mihăilă D.**, Budui V. (2006), „*Considerations about the White Frost and Freezing Phenomena in Suceava*”, <http://www.seminarcantemir.uaic.ro/index.php/cantemir/article/view/709/691>); (**Mihăilă D.**, Budui V., Tanasă I. (2006), „*The Variable Manifestations of the Pluviometry at the Meteorologic Station, with a Special Reference to the Summer of the Year 2005*”, <http://www.seminarcantemir.uaic.ro/index.php/cantemir/article/view/707/689>) la Suceava. Motivația apariției acestui set de trei lucrări este în primul rând una științifică – aceste fenomene sau manifestări nefiind tratate detaliat la acea dată în literatura de specialitate (ultimul studiu climatic mai cuprinzător și detaliat pentru Podișul Sucevei fiind realizat de Slavic Gh., 1973), apoi de ordin practic, economic, de rezultatele obținute putând ține cont sau beneficia, o serie de sectoare economice precum agricultura, construcțiile, transporturile, activitățile comerciale și turistice etc., dar în același timp ele folosesc populației de rând prin faptul că deschid fereastra cunoașterii către unele fenomene care în anumite circumstanțe pot prezenta un ridicat potențial de risc.

O atenție aparte a fost acordată și unor intervale de timp cu stări de vreme care se abat de la situația medie cunoscută. Așa a fost sezonul rece 2006 – 2007 care la multe stații de la exteriorul Carpaților a fost până la acea dată cel mai cald din istoria observațiilor meteorologice de pe acest teritoriu (din ultimii 120 de ani). Studiul „*Particularitățile meteo-climatice ale semestrului rece 2006-2007 la Suceava*” realizat de **Mihăilă D.**, Tanasă I. în 2007 și publicat în *Analele Univ. „Stefan cel Mare” din Suceava*, Sect. G., T. XVI., surprinde foarte detaliat toate anomaliile prezente în mersul valoric al elementelor și fenomenelor meteo-climatice de la această stație pe parcursul aceluia sezon explicând cauzalitatea și urmările lor.

Pentru a întregi cunoașterea climatologică a unui an mediu pentru Suceava a fost necesară analiza meteo-climatică de detaliu și a perioadei calde a anului realizată de **Mihăilă D.** și Tanasă I. în 2007 în lucrarea „*Particularitățile climatice ale semestrului cald la Suceava*” apărută în *Analele Univ. „Stefan cel Mare” din Suceava*, Sect. G., T. XVI., Suceava. La Suceava, în urma analizei informațiilor statistico-climatice din perioada 1971-2005 am putut constata pe termen mediu o tendință de încălzire climatică, dar de creștere a deficitului de umiditate din atmosferă, a duratei de strălucire a Soarelui, de diminuare a umidității, nebulozității și precipitațiilor atmosferice. Aceste tendințe se răsfrâng și într-o mai accentuată variabilitate interdiurnă și intersemestrială a elementelor și fenomenelor climatice. Manifestările climatice din semestrul cald al anului se înscriu pe o tendință generală de încălzire și accentuare a gradului de uscăciune al climatului. Pe fondul general al acestei tendințe evolutive mersul intrasezonier al principalelor elemente climatice nu este una lipsită de contraste care însă nu sunt atât de pronunțate ca în alte unități (Câmpia Română, Podișul Dobrogei, Delta Dunării) sau subunități geografice (Câmpia Moldovei) de la noi din țară. Contrastele evolutive interdiurne și intersezoniere pot prezenta în anumite circumstanțe un ridicat potențial de risc, toate acestea în condițiile în care potențialul climatic general al Sucevei este unul favorabil tuturor activităților economico-sociale, cu unele restricții temporare (tranzițiile între sezoane sau manifestări extreme ale vremii în cadrul sezonului în cauză). Se desprinde necesitatea acută de a ține cont de către factorii de decizie în activitatea socio – economică de rezultatele studiilor climatologice și de asemenea necesitatea aplecării mai atente asupra tendințelor de evoluție a vremii și climei care pe anumite componente (manifestări extreme ale unor elemente) pot prezenta valențe negative.

Secvențele de vreme severă care s-au petrecut în aria Moldovei nu au scăpat atenției noastre. Evenimentele meteorologice din data de 30 iunie 2006 de la Arbore - Suceava s-au distins prin cantitățile mari de precipitații generate care

au indus creșteri semnificative ale nivelurilor pâraielor Saca și Clit, soldate cu inundații catastrofale. Aversele s-au datorat circulației ultrapolare, iar în potențarea efectului distructiv al inundațiilor omul a jucat un rol semnificativ. În practica meteorologică există tendința de a atribui episoadele de vreme severă, mai ales celor generatoare de cantități însemnate de precipitații, cu precădere activității ciclonice bine organizate pe întreaga coloană troposferică având origine mediteraneană. În ultimii ani însă, predominanța circulațiilor ultrapolare sau polare întoarse, tinde să devină determinantă în generarea fenomenelor de vreme severă. În activitatea de prognoză trebuie să se țină cont și de influențele cadrului geografic local. În acest context, influența factorului antropic nu este deloc neglijabilă. Despăduririle masive, efectuate fără discernământ în zone rămase astfel neprotejate („cazul Arbore”), devierea cursurilor de apă fără un prealabil studiu de impact asupra ecosistemului existent, poluarea menajeră etc., sunt doar câteva din aspectele ce ar trebui corectate, înainte de a incrimina calitatea și precizia prognozei meteorologice. Acolo unde omul nu-și adaptează acțiunile și modul de viață legiților naturii, astfel de evenimente generatoare de dezastre nu trebuie să mai surprindă pe nimeni. Cazul Arbore este detaliat de **Mihăilă D.**, Tanasă I., Bostan Diana în 2008 în lucrarea „*Precipitațiile din seara de 30 iunie 2006 de la Arbore; cauze și consecințe*” publicată în *Lucrările Seminarului Geografic Dimitrie Cantemir*, Univ. „Al. I. Cuza”, Iasi, și poate fi consultată la adresa <http://www.seminarcantemir.uaic.ro/index.php/cantemir/issue/view/30>.

În atenția noastră (**Mihăilă D.**, Tanasă I., Prisacariu A.) au intrat și „*Particularități meteorologice ale anului agricol 2006-2007 în jumătatea nordică a Podisului Moldovei*” / „*Meteorological particularities of the agricultural year 2006-2007 in the northern half of the Plateau of Moldavia*” care au fost detaliate în studiul publicat în *Analele Univ. „Stefan cel Mare” din Suceava*, Sect. G., T. XVII., DOI:10.4316/GEOREVIEW.2008.17.1.147 vizibil la adresa <http://georeview.ro/ojs/index.php/revista/article/view/147/166>. Intervalul 1.IX. 2006 - 31.VIII. 2007 a fost caracterizat prin stări de vreme care au adus serioase prejudicii sectorului agricol în toată țara și cu precădere la exteriorul arcului carpatic. Și în jumătatea nordică a Podisului Moldovei datorită temperaturilor ridicate și precipitațiilor deficitare atât cultura plantelor cât și zootehnia au înregistrat rezultate cu mult sub cele normale. Spațial, estul și sud-estul jumătății nordice a Podisului Moldovei au fost afectate cel mai mult de secetă, acest fenomen pârjolind mii de hectare de teren agricol. Anul agricol 2006 – 2007 a fost unul *normal* în nord – vestul ariei studiate (Depresiunea Rădăuți și împrejurimi - Dealul Ciungi, Podișul Dragomirei). *Uscăciunea atmosferică și pedologică* a fost o realitate în aria Coastei Îbăneștilor, a dealurilor marginale de pe stânga Siretului (Dealul Bour, Dealul Mare) și a Podișului Fălțicenilor. *Seceta dură* s-a manifestat în două episoade: *septembrie – decembrie 2006* cu impact mai redus în sectorul agricol; *iunie – august 2007*, ariile afectate fiind extremitățile estică și sud-estică a Câmpiei Moldovei și extremitatea sudică a Podișului Sucevei la contactul cu Culoarul Siretului și al Moldovei.

În cadrul proiectul 747 contractat de C.J. Suceava în 2008 colectivul de autori Brânduș C., **Mihăilă D.**, Cristea I.A., Budui V. și Oprea-Gancevici D. am realizat „*Harta riscurilor și hazardelor de pe teritoriul județului Suceava*”. Responsabilul acestui proiect a fost Prof. univ. dr. Costica Brândus. Harta a fost însoțită de un text cuprinzător în care s-a explicat metodologia întocmirii ei și în care s-au dat explicații despre fiecare hazard climatic cu privire la geneza, frecvența, magnitudinea, ariile cu o vulnerabilitate mai mare raportate la acel hazard și nu în ultimul rând s-au emis seturi de măsuri realizabile pe termen scurt, mediu și lung pentru controlul consecințelor acestora.

O altă temă de anvergură a constituit-o analiza *regimului climatic și a hazardelor meteo-climatice ce se manifestă în aria bazinului hidrografic al râului Prut* realizată împreună cu Roșca B. această analiză de detaliu a genezei, manifestării temporale, spațiale și a consecințelor hazardelor climatice între limitele amintite constituind Cap. 2 (pag. 15 – 79) a lucrării „*Bazinul hidrografic Prut. Diagnosticul stării ecologice a resursei naturale de apă*” coordonate de Maria Bucureșeanu, Maria Rădoane, Gabriela Popescu Teodosiu și apărute la Editura Universității „Ștefan cel Mare” din Suceava în 2008. Tema de cercetare s-a desfășurat în cadrul proiectului de cercetare 609 de Tip P-CD CEEEX desfășurat între 2005 și 2008 având ca temă „*Managementul și securitatea ecologică a resurselor naturale din bazinul hidrografic de granita al Prutului*” – acronim – MARESEP coordonat de director proiect dr. Maria Bucureșeanu și având ca responsabil de proiect din partea USV pe d-na Prof. univ. dr. Maria Rădoane.

Riscurile de natură meteo-climatică induc în cascadă riscuri hidrologice și geomorfologice pe râuri putând afecta locurile și infrastructura de exploatare a resurselor de minerale utile din lungul acestora. Cercetările din proiectul 754, de tip P-CD CEEEX desfășurat între 2006 și 2008 având ca temă „*Tehnologii avansate pentru monitorizarea și*

managementul exploatarilor de resurse naturale cu grad ridicat de vulnerabilitate la dezastre naturale” – acronim –TAMMER condus de directorul de proiect Prof.dr. ing. Popescu Șt. – Univ. Tehnică „Gh. Asachi” din Iași și având ca responsabil de proiect din partea USV pe d-na Prof. univ. dr. Maria Radoane a emis o serie de măsuri tehnice adaptate pe cazuri concrete, prin care să fie controlată/diminuată vulnerabilitatea balastierelor în calea ploilor torențiale, a revărsărilor și inundațiilor.

Pe linia cercetărilor practic – aplicative s-a înscris și analiza rolului agresivității climatice în influențarea instabilității terenurilor în pantă din regiunea Moldovei dintre Siret și Prut. Tema a fost parte a proiectului cu nr. 743 de tip P-CD CEEX desfășurat între 2006 și 2008 sub titulatura „*Reabilitarea ecologică și managementul durabil al zonelor cu terenuri degradate prin eroziune în adâncime și/sau alunecări de teren din Moldova*” (MARAVAl) având ca director de proiect pe d-nul dr. ing. Hurjui Cosmin, iar ca responsabil de proiect din partea USV pe d-na Prof. univ. dr. Maria Rădoane.

În responsabilitatea mea a intrat și realizarea unor studii topoclimatice pentru valea Bistriței care să argumenteze condițiile geocologice specifice în care își au mediul de viață valoroase specii de plante medicinale, studii susținute cu finanțare din proiectul de tip PC „*Strategii agro-silvice pentru valorificarea și conservarea biodiversității plantelor medicinale în contextual dezvoltării rurale durabile pe Valea Montană a Bistriței*” (MED-AGROSILV), contractor Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Științe Biologice București /CCB „Stejarul” Piatra Neamț, Partener 3 USV prin responsabil proiect Prof. univ. dr. Maria Radoane.

Ultimii ani ai primului deceniu din secolul XXI au fost capricioși din punct de vedere pluviometric incluzând episoade pluviometrice care nu au putut fi trecute cu vederea de către specialiști și de către populație sau autorități. Un astfel de episod l-a constituit și *Precipitațiile abundente din perioada 23-27 iulie 2008 din județul Suceava și ariile înconjurătoare* ale căror cauze și consecințe au fost prezentate de colectivul Bostan Diana, **Mihăilă D.**, Tanasă I. în 2009 la Conferința „*Aerul și apa. Componente ale Mediului*”, desfășurată la Cluj Napoca în intervalul 20-21 mai 2009 și apoi publicate în revista „*Riscuri și catastrofe*”, nr. 6/2009, Editura Casa Cărții de Știință, Cluj Napoca. Între 23-27.07.2008, pe teritoriul județului Suceava și a ariilor învecinate s-au înregistrat cantități importante de precipitații care au generat inundații excepționale în intervalul 24.07 - 05.08.2008. Contextul sinoptic care a determinat precipitațiile abundente a constatat în prezența unei legături între un nucleu care provenea din Depresiunea Arabică și un nucleu rece de altitudine care a persistat câteva zile și a avut o evoluție retrogradă, de la nordul Mării Negre la nord de Moldova și Bucovina. Condițiile sinoptice și orografice din teritoriile specificate au condus la cantități mari de precipitații care au căzut într-un timp scurt în diferite etape. Într-o primă etapă, în partea de vest a județului Suceava (în bazinul hidrografic al râului Moldova) s-au produs precipitații abundente. După aproximativ 24 de ore, de data aceasta în estul județului, un alt val de precipitații, chiar mai abundent cantitativ, a afectat în special bazinele hidrografice ale Sucevei și Siretului superior. Cantitățile foarte mari ale precipitațiilor din intervalul analizat (care au culminat cu valoarea de 431,9 l / m² în Vicovu de Jos), au declanșat apariția în teritoriu a cel puțin două inundații excepționale, cu caracter istoric. Evoluția evenimentelor hidrometeorologice din aceste teritorii, producerea în numai 2-3 zile a două inundații succesive extrem de violente, au determinat pierderi materiale greu de suportat.

Pe Prut episodul pluviometric iulie – august 2008 a fost analizat în detaliu de **Mihăilă D.**, Bostan Diana, Tanasă I. și Prisacariu A. în 2009 în lucrarea „*The precipitations of the superior basin of the Prut and the floods of July - August 2008 in the Oroftiana - Stâncă sector. Causes, peculiarities and impact on the environment*” apărută în revista Present Environment and Sustainable Development, NR. 3 din 2009 și este postat pe <http://www.pesd.ro/Pesd%20vol%203%20-%202009.html>. În intervalul 22-27.VII.2008 în nord-estul României și sud-vestul Ucrainei au căzut cantități apreciabile de precipitații în urma trecerii prin aceste zone a unei formațiuni ciclonice cu caracter retrograd bine conturată și care, la contactul cu versanții mai înalți ai Carpaților Păduroși a permis precipitarea unor mari cantități de apă, preluate de Prut și afluenții săi sau de alte artere hidrografice. La intrare în România, la Oroftiana, câteva zile mai târziu, Prutul avea un debit de viitură impresionant (peste 4000 m³/s) generat în cea mai mare măsură de precipitațiile căzute pe teritoriul ucrainean. Precipitațiile căzute în partea românească a bazinului (județul Botoșani) sau în cea moldovenească (raionul Edineț) nu au mai adus decât un aport nesemnificativ acestui debit. Între Oroftiana și Stâncă Costești Prutul este un râu care încă creează probleme, uneori majore, după intervalele cu pluviometrie excedentară. Amenajarea complexă a Prutului în sectorul ucrainean ar limita impactul negativ al manifestărilor hidrologice extreme ale

acestui râu. Dar și amenajarea părții românești a bazinului (îndiguiri, decolmatări, plantarea de perdele forestiere) sau exploatarea ei (balastiere, defrișări, utilizarea terenurilor) ar trebui pusă în acord cu realitatea meteorologică și hidrologică. Atâta timp cât protecția malurilor lipsește și digurile sunt construite din fascină (snopi de nuială), care este apoi întărită cu pământ și aluviuni, acestea nu vor rezista cu bine valurilor de viitură. Mai este și problema construcțiilor amplasate în albia majoră sau pe terasele inundabile. Atât autoritățile cât și populația trebuie să înțeleagă că este îndeajuns ca odată la 50 de ani să se producă o viitură de o asemenea proporție, pentru ca munca lor de o viață să fie luată de ape așa cum s-a întâmplat în iulie 2008 la Rădăuți-Prut.

Evenimentul meteorologic din iulie-august 2008 a fost analizat într-un context teritorial mai amplu (bazinele hidrografice Siret și Prut) de colectivul **Mihăilă D.**, Bostan Diana-Corina, Tanasă I. în 2009, în lucrare cu tema „*Les précipitations abondantes de l'ouest d'Ukraine et du nord de Moldavie enregistrées dans la période 23-28 juillet 2008. Causes et Conséquences*” apărută în Geographia Technica, pag. 317 – 322 ca număr special al celui de-al XXII-lea Colocviu al Asociației Internaționale de Climatologie număr intitulat „*Extremes Climatiques: genese, modelisation et impact*”, și care poate fi accesată prin intermediul http://technicalgeography.org/pdf/sp_i_2009/gt_sp_2009.pdf. În intervalul 23-28. 07. 2008 în raioanele din extremitatea vestică a Ucrainei (Ivano-Frankivsk și Cernăuți) și în jumătatea nordică a Moldovei au căzut cantități mari de precipitații (în multe cazuri acestea luând locul maximelor istorice absolute), care au produs evenimente hidrologice de excepție în intervalul 24.07 – 5. 08. 2008, respectiv viituri deosebit de violente și ample, îndeosebi pe râurile din nord-estul României (Bistrița, Moldova, Suceava, Siret, Prut) dar și pe alte artere hidrografice de mai mici dimensiuni. Condițiile sinoptice și orografice din ariile menționate au condus la cantități mari de precipitații care au căzut în timp scurt, în cicluri succesive și pe areale extinse, de o parte și de alta a frontierei de stat cu Ucraina. Gestionarea acestor episoade de vreme severă este o problemă transfrontalieră în care ambele state ar trebui să se implice mai activ.

O temă interesantă și provocantă a constituit-o cea legată de variabilitatea spațială a debitelor râului Prut și de identificare a cauzalității acesteia. Tema a fost abordată de colectivul Briciu, A.-E., **Mihaila D.**, Lazurca L. G., Costan L.-A., Nagavciuc V., Bădăluță C. A. în 2011 și dezvoltată în studiul „*Observations on the spatial variability of the Prut River discharges*” apărut în Annals of „Stefan cel Mare” University, Suceava, Year XX, Geography, „Stefan cel Mare” University Press, Suceava care poate fi consultat la adresa http://georeview.ro/ojs/index.php/revista/article/view/21/pdf_1. Debitelile lichid și solid ale râului Prut au fost analizate pe baza măsurărilor efectuate în șapte puncte din rețeaua națională românească de monitorizare a apelor pe o perioadă de 30 ani. Analizele au fost efectuate pe debite din perioada de după construirea barajului de la Stâncă-Costești, deci prezintă influența barajului pentru toată perioada analizată. Analiza variabilității spațiale, din amonte spre aval, a debitelor anuale ale râului Prut a indicat o creștere constantă a acestora spre aval și apoi o scădere în sectorul din dreptul stației Oancea. O minoritate statistică a debitelor anuale a prezentat o continuare a creșterii debitelor până la vărsarea Prutului în Dunăre. Cunoscând că bazinul inferior al Prutului este caracterizat printr-o cantitate mai redusă de precipitații și o evapo(transpi)ratie mai ridicată decât restul bazinului, scăderea debitelor spre vărsare este explicabilă; însă creșterea debitelor spre vărsare nu poate fi justificată, în condițiile arătate de bilanț al apei, decât prin anumiți parametri climatogeni de natură termo-dinamică care generează, cu o frecvență sporită, ploi mai intense și bogate, cu caracter torențial. Analizele pe cupluri de câte trei luni au aratat că debitele la Oancea sunt mai mari decât la stațiile din amonte (invers decât de obicei) în anii în care debitele posturilor hidrometrice din amonte sunt mai mici decât media multianuală, ceea ce susține caracterul menționat al pluviometriei. O cauză plauzibilă pentru „fenomenul Oancea” este creșterea și descreșterea numărului de pete solare, ale căror cicluri se pliază relativ bine pe creșterea și descreșterea debitelor medii anuale la postul hidrometric Oancea. Cele mai puternice creșteri ale debitelor râului Prut la Oancea față de restul stațiilor din amonte au loc în intervalul cel mai ploios din an: mai-iulie (MII). Analiza sezonieră pe MII și pe alte cupluri de trei luni au aratat că și la stația Prisăcani are loc o creștere a debitelor față de stațiile învecinate, însă doar în MII. Această creștere la Prisăcani este datorată afluxului local de ape, nu scăderii debitelor în stațiile din amonte și aval. Afluxul de la Prisăcani se datorează volumului mare al apelor căzut la începutul verii pe Coasta Iașilor datorită convecțiilor orografice mai numeroase, volum regăsit apoi în scurgerea lichidă permanentă. Variabilitate contrastantă prezintă și secțiunea Stâncă, dar aici cauza este una explicit antropică și anume barajul din amonte. Concluzionăm că analiza de detaliu a variabilității spațiale a scurgerii pe râul Prut arată că acesta nu prezintă un model liniar, ci unul cu abateri locale a

căror manifestare poate fi pusă pe seama specificității climatice, geomorfologice cu reflex climatic și antropice a sectorului considerat.

Ca membru în Proiectul BECO-2011-69-U-56115FT106 (2011-2013) „*L'émigration féminine hautement qualifiée dans le secteur de santé roumain et bulgare vers la France: enjeux, défis et perspectives futures*” coordonat de d-na Lector univ. dr. Despina Vasilcu am susținut aplicarea unor chestionare de profil în cadrul unor anchete sociale, pe informațiile cărora s-au bazat studiile ulterioare ce au analizat migrarea forței de muncă înalt calificate din România către Franța.

Un alt studiu cu tematică climatologică a avut ca temă *caracteristicile temperaturii suprafeței solului în nord-estul României*. Studiul a vizat temperatura suprafeței solului de la 16 stații meteorologice din nord-estul României (județele Suceava, Botoșani, Neamț și Iași) pentru o perioadă de până la 50 de ani (1961-2010). Scopul acestui studiu a constat în caracterizarea regimului termic al solului la suprafață, subliniind amploarea acestora pe parcursul anilor și a făcut comparații între temperatura solului la suprafață și temperatura aerului (la înălțimea adăpostului meteorologic). S-a constatat că în partea de nord-est a României, lunile cu temperaturi medii cele mai ridicate respectiv cele mai joase sunt iulie și ianuarie. Variațiile interanuale ale minimelor termice ale solului la suprafață au fost/sunt mai mari decât cele ale maximelor, datorită circulației atmosferice contrastante din timpul ierilor. Toți parametrii termici analizați au prezentat/prezintă o distribuție teritorială influențată de relief (în special de altitudine) și latitudine. Studiul semnat de Piticar Adrian, Ristoiu Dumitru, **Mihăilă Dumitru** în 2012 și intitulat „*Characteristics of the soil surface temperature in Northeastern Romania*”, a fost publicat în revista ECOTERRA, Journal of Environmental Research and Protection, Research and Protection din 2012, în nr. 31 și poate fi accesat la adresa <http://www.ecoterra-online.ro/files/1355165553.pdf>.

Subiectele cu tematică bioclimatică au intrat în atenția mea începând cu anul 2012. În acel an am finalizat împreună cu d-na Profesor Teodoreanu Elena două articole științifice. Un prim articol intitulat *Is the bioclimate of Suceava Plateau comfortable or uncomfortable? Analysis based on TEE and THI*” a fost publicat în Present Environment and Sustainable Development, VOL. 6, no. 1, 2012. Studiul a abordat confortul sau disconfortul bioclimatic din Podișul Sucevei pentru perioada sezonului cald pe baza a doi indici bioclimatici mai reprezentativi (temperatura efectiv-echivalentă - TEE și indicele de temperatură-umezeală - ITU). El a fost completat, de un alt articol („*Is the bioclimate of the Suceava Plateau comfortable or uncomfortable? Analysis based on Wind Cooling Power index and Skin and Lung Stress index*”) conceput de aceeași autori și care a fost publicat în Vol. 6 al aceleiași reviste. Al doilea articol s-a bazat pe o analiză axată pe sezonul rece al anului, perioadă pentru care s-a apelat la alți doi indici bioclimatici principali (puterea de răcire a vântului – P și temperatura echivalentă puterii de răcire a vântului - Tpr), la care s-a adăugat un indice derivat din precedenții (indicele de stres cutanat). Pentru a vedea în ce măsură bioclimatul Podișului Sucevei este stresant pentru organismul uman am utilizat un al cincilea indice (de stres pulmonar). Completarea cercetării a fost realizată prin calculul indicelui de stres total și al gradului de stimulare al bioclimatului Podișului Sucevei.

Problemele de mediu (poluarea chimică și termică a apei râului Suceava) aflate în interdependență cu particularitățile termice și pluviometrice ale ariei în care este amplasat municipiul Suceava au intrat în contextul actualelor evoluții climatice în atenția colectivului format din Briciu, A.-E., **Mihăilă D.**, Mihăilă Doina care în 2012 a publicat lucrarea *Analiza stohastică pe termen scurt, mediu și lung a evoluției poluării fluviului Suceava în orașul omonim* („*Short, medium and long term stochastic analysis of the Suceava River pollution evolution in the homonymous city*” prezentată la Geoconferința de la Albena – Bulgaria în iunie 2012 și publicată în lucrările conferinței (12th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, SGEM2012 Conference Proceedings/ ISSN 1314-2704, June 17-23, 2012, Vol. 3, 809 - 816 pp). Evoluția viitoare a climei și a caracteristicilor sale, în special exacerbarea evenimentelor extreme, va avea un rol important în evoluția dinamică a regimului fluvial, în creșterea frecvenței perioadelor de inundații și de scurgere a apei. Regimul fluxului fluvial influențează concentrația de poluanți în apă și poate genera situații de mediu critice. În cadrul acestui studiu a fost efectuată o analiză statistică a datelor de mediu existente pentru orașul Suceava. Este un oraș reprezentativ pentru evoluția economică postcomunistă în Europa Centrală și de Est. Economia sa continuă să aibă un impact puternic asupra calității mediului, în general, și asupra apelor, în special. Evoluția recentă a poluării râului Suceava în orașul Suceava este un fenomen complex determinat de caracteristicile hidrologice, climatul, evoluția economică (înainte și după criza financiară

globală), efectul măsurilor europene de reducere a poluării, măsurile legislative și, ultima dar nu în ultimul rând, construirea unei noi stații de epurare. Pentru realizarea studiului au fost folosite datele cu privire la apele de suprafață și la apele subterane, referitoare la debite (1950-2012), compoziție chimică (2005-2012) temperatură (2006-2012) și seturi de date meteorologice (precipitații și temperatură pentru intervalul 1961-2012) - dintr-un total de 12 puncte reprezentative. Aceste date au fost utilizate pentru analiza valorilor zilnice, lunare, sezoniere, anuale și multianuale ale diferiților poluanți din apa râului Suceava, în amonte, în aval și în orașul omonim. Caracteristicile actuale ale poluării și curbele tendințelor au permis estimarea evoluției probabile a concentrațiilor de poluanți în viitor (cu accent pe timpul cel mai probabil pentru atingerea concentrațiilor maxime). Cantitatea precipitațiilor și caracteristicile precipitației sunt factorii de control cei mai importanți folosiți în previziunile noastre. Estimarea probabilistică a scenariilor se bazează pe coeficienții de corelație dintre condițiile naturale și diverși poluanți. Am identificat diferite scenarii în funcție de tipologia termo-pluviometrică a anilor, în funcție de timpul viitor ales și în funcție de variantele dezvoltării economice viitoare. Caracteristicile chimice analizate pentru râul Suceava au fost pH-ul, suspensiile solide, oxigenul dizolvat, CBO_5 , indicii permanganat, CCO-Cr , amoniul, nitriții, nitrații, azotul total, ortofosfatul total, fenolii iar în prognoza evoluției viitoare a concentrațiilor parametrilor menționați anterior, s-au monitorizat și concentrațiile acestor parametri în apele reziduale evacuate din stația de epurare. Am realizat, de asemenea, un studiu termic de teren cu o rezoluție temporală înaltă pe râul Suceava. Rezultatele analizelor de teren arată o poluare termică clară a râului în aval de oraș. Efectele oscilațiilor prognozate ale concentrațiilor de poluanți au fost analizate atât în ceea ce privește clasele de calitate a apei, cât și în ceea ce privește viitoarele ecosisteme acvatice. Efectele biologice ale poluării mediului sunt evaluate utilizând fitoplanctonul, microfitobentosul și zoobentosul. Schimbările recente din infrastructura urbană, evoluția economică recentă tipică pentru această regiune a Europei și schimbările/evoluțiile climatice au impus efectuarea analizelor descrise pentru a evidenția evoluția viitoare a calității mediului acvatic.

Tendențele de evoluție a climatului la scară regională și locală au constituit una din preocupările mele științifice. Astfel, în 2012, împreună cu Briciu A.E. am publicat studiul „*Actual climate evolution in the NE Romania. Manifestations and consequences*” în lucrările Geoconferinței de la Albena (Bulgaria) (12th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, SGEM2012 Conference Proceedings/ ISSN 1314-2704, June 17-23, 2012, Vol. 4, 241 - 252 pp). Studiul a vizat nord-estul României care ocupă o suprafață de 24 911 km² și pe care trăiesc peste 2,5 mil. locuitori. Localizarea matematică și geografică a ariei cercetate impune trăsăturile climatice majore. Climatul este temperat de tranziție (de la climatul temperat oceanic - specific vestului Europei la cel temperat continental - specific estului Europei). Influențele climatului continental sunt semnificative. Ele dau nota dominantă a climatului și generează o serie de manifestări meteo-climatice cu caracter de risc specifice climatelor continentale de la latitudini temperate (frecvente valuri de frig și căldură, căderi torențiale de precipitații succedate de perioade de secetă cu durate apreciable, manifestări dinamice violente etc.). Peste aceste influențe se suprapun cele scandinavo-baltice. Din punct de vedere altimetric terenul geografic studiat se dispune pe trei trepte: montană - în vest, de deal și podiș - în centru și de câmpie deluroasă - în est, orientate pe direcția generală NV-SE. Etajarea geomorfologică generează o etajare climatică evidentă. Dacă pentru temperatura aerului rezultatele cercetărilor noastre au arătat tendințe evolutive clare, pentru precipitațiile atmosferice au apărut o serie de mici inconcordanțe între datele CRU și cele de la stațiile meteorologice. Acestea au provenit mai ales din modalitățile de reprezentare grafică abordate, dar și din amprenta pluviometrică locală pe care o au datele pluviometrice de la stații. Din punct de vedere termic, pentru secolul XX, operând pe valori medii și extreme, trendul a fost în general unul ascendent, înscriindu-se la stațiile analizate în limitele a 0,8 - 1°C. Cantitățile de precipitații analizate pe intervale de 10 ani au urmat o evoluție sinusoidală cu abateri pozitive și negative față de media perioadei 1901-2009, prezentând o creștere a abaterilor peste valorile normale mai ales în ultimii ani ai perioadei analizate. Statisticile climatice arată o creștere a cantității de apă primită din precipitații în arealul de studiu cu 20 mm între 1901 și 2009. Cu toate acestea, această apă precipită din atmosferă mult mai violent, rezultând creșteri semnificative, dar pentru perioade scurte de timp, ale precipitațiilor și debitelor râurilor. Aceste creșteri sunt urmate de intervale lungi cu deficit de precipitații, care au un puternic impact negativ asupra agriculturii și, în cele din urmă, asupra mediului. Clima și evoluția sa actuală prezintă un reflex imediat pentru toate componentele mediului natural și socio-economic. Cele mai evidente sunt efectele asupra hidrografiei (rezervele, debitele,

parametrii debitelor, calitatea apei etc.) și vegetația teritoriului studiat (specii în extincție sau expansiune, bioacumularea masei vegetale sau scăderea volumului creșterii anuale).

O preocupare științifică permanentă a fost și aceea a stabilirii coordonatelor (climatice și de risc climatic) ale Sucevei și împrejurimilor. În această direcție colectivul de autori **Mihăilă D.**, Tanasă I., Bistricean I. P. a studiat și publicat în 2013 lucrarea „*Extreme weather interval types in Suceava: frosty and tropical intervals*” în revista Present Environment and Sustainable Development în VOL. 7, no. 1 (<http://www.pesd.ro/articole/nr.7/PESDVOL7NR12013/03EWITISFAT1270520131734.pdf>). În această lucrare se arată că amplitudinea și variabilitatea temperaturii aerului la Suceava generează multe tipuri de intervale de vreme în decursul evoluției termice anuale și multianuale. Cele mai frecvente sunt specifice extremelor termice negative ale sezonului rece. Astfel, frecvența și durata intervalelor de vreme înghețată, polară sau subpolară sunt mai mari (8 % din durata unui an mediu) decât cele ale intervalelor tropicale (care sunt semnificativ mai reduse - 2 % din durata unui an mediu), date fiind localizarea geografică într-o poziție mai nordică a Sucevei și a Bucovinei. Semestrul rece este intervalul anual caracterizat de evenimente meteorologice extreme care se pot apropia și uneori ajung la praguri de disconfort biologic, punând în pericol sistemele geografice social-economice sau naturale. Pe fondul tendințelor actuale de excesivitate climatică, cu creșterea frecvenței episoadelor meteorologice cu evenimente de risc, cunoașterea condițiilor de evoluție a intervalelor medii și extreme de vreme în acest sezon este importantă atât din perspectivă teoretico-științifică, cât și din punct de vedere practic aplicabilă. În semestrul cald, din mai până în septembrie, tipul de timp tropical se înregistrează pe intervale de ordinul orelor atât ziua cât și noaptea, dar proporția deținută din totalul unui an mediu de acest tip de timp este cum am precizat destul de redusă.

O altă preocupare a fost cea legată de stabilirea coordonatelor precipitației, a formării și manifestării precipitațiilor atmosferice din Podișul Sucevei. **Mihăilă D.** și Tanasă I. în 2013 am întocmit studiul „*The characteristics of the atmospheric precipitating during the hot season of the year in the Plateau of Suceava*”/ *Caracteristicile precipitației atmosferice în sezonul cald al anului în Podișul Sucevei*, publicat în Present Environment and Sustainable Development, VOL. 7, no. 2, 2013 (<http://www.pesd.ro/articole/nr.7/PESDVOL7NR22013/08TCOTAPDTHSOTYITPOS1710201387110.pdf>). Precipitațiile atmosferice constituie cel mai veritabil element climatic (Donisă I., 2000), iar studiul lor de detaliu poate dezvălui și clarifica multe aspecte legate de geneza, manifestarea temporală și spațială, impactul asupra mediului etc. Un studiu pluviometric de detaliu asupra temperaturii aerului și precipitațiilor atmosferice din Podișul Sucevei a fost realizat în 2009 de către Nistor B. Însă acesta nu cuprinde decât parțial problematica abordată în prezentul demers. Pentru subunitățile geografice din jurul Podișului Sucevei (Subcarpații Moldovei, Sectorul montan cu lacuri de acumulare al văii Bistriței, Câmpia Moldovei) studiul detaliat al ploilor a fost realizat de către Apostol L., 2000, Mihăilescu I.F., 2001, Mihăilă D., 2006. De aici a rezultat necesitatea de a răspunde unor lipsuri existente în cercetarea climatologică a Podișului Sucevei. Ignoranța ne-ar fi îndemnat să renunțăm la anumite detalii care aparent sunt știute (exemplu: intensitatea precipitației este mai mare la și după amiază). Spiritul analitic ne-a îndemnat să și argumentăm științific, printre altele, ceea ce se pare că știm de multă vreme și să identificăm anumite diferențieri spațiale ale acestui proces. Pomind de la cele trei remarci, dispunând de o bază de date consistentă (perioada 1968-2000) de la trei stații meteorologice din Podișul Sucevei (Rădăuți, Suceava și Roman – situată de fapt în extremitatea sud-estică a podișului, în Culoarul Siretului) și de la Tg. Neamț, din vecinătatea sud-vestică a subunității studiate, am procedat la o amănunțită analiză a tuturor parametrilor ploilor din intervalul din an (aprilie-octombrie) în care pe platformele stațiilor respective erau în funcțiune pluviografele clasice. Au intrat în sfera atenției noastre parametri ca: numărul cumulat și mediu de ploi și intervale cu intensitate maximă, durata cumulată și medie a ploilor și intervalelor cu intensitate maximă, duratele maxime și minime ale acestor entități pluviometrice, cantitățile cumulate și medii, maxime și minime de precipitații care cad în timpul ploilor sau a intervalelor cu intensitatea cea mai mare din cadrul lor, intensitățile medii și maxime din timpul ploilor sau din timpul „vârfurilor” de precipitare etc. Rezultatele obținute și care se regăsesc sintetizate în tabele și reprezentări numeroase, aprecierile asupra acestora, pot constitui repere pentru mulți specialiști climatologi, hidrologi, agronomi, silvicultori etc.

Preocupările sau responsabilitățile de la de la catedră și anumite probleme de mediu cu care se confruntă județul Suceava au determinat colectivul de autori compus din **Mihăilă D.**, Dițoiu Valeria, Bistricean P. I. ca în 2013 să evalueze *Starea actuală a depozitelor de deșeuri municipale solide din județul Suceava și impactul produs de către acestea*

asupra apei și solului, „The current state of municipal solid waste landfills in Suceava county and their impact on water and soil” studiul apărând în paginile revistei Georeview, Vol. 22 din 2013 (DOI: 10.4316/Georeview. 2013.22.1.113, pag. 106 - 128 - http://georeview.ro/ojs/index.php/revista/article/view/113/pdf_24). Amplasarea depozitelor de deșeurii municipale solide (DMS) în locuri necorespunzătoare reprezintă un risc major asupra calității tuturor factorilor de mediu. Aceste depozite pot deveni surse majore de poluare chimică și contaminare biologică pentru sol, pânza freatică și apele de suprafață datorită conținutului mare de metale grele și substanțe organice greu biodegradabile pe care le încorporează. În lucrare sunt abordate detaliat problemele legate de repartitia teritorială a locațiilor de depozitare a deșeurilor din județul Suceava (depozitul Mirăuți amplasat în aria limitrofă a municipiului Suceava și depozitele orășenești Gura Humorului, Rădăuți, Siret, Câmpulung Moldovenesc, Fălticeni și Vatra Dornei), datele tehnice ale depozitelor, fiind prezentate sub aspect calitativ și cantitativ efectele produse de către acestea asupra peisajului, calității solului și pânzei freatice. Autorii au ajuns la concluzii interesante. La nivelul anului 2013, activitatea de gestionare a deșeurilor pe teritoriul județului Suceava se confrunta cu o serie de probleme:

- colectarea deșeurilor menajere de la populație se efectua neselectiv, cea mai mare parte dintre acestea ajungând pe depozite ca atare, amestecate, astfel pierzându-se o mare parte a potențialului lor util (hârtie, sticlă, metale, materiale plastice, textile etc.);
- depozitele existente erau amplasate în locuri sensibile (în apropierea locuințelor, a apelor de suprafață, terenurilor agricole etc.);
- depozitarea deșeurilor urbane se desfășura pe terenuri descoperite;
- majoritatea depozitelor de deșeurii urbane, nu erau operate corespunzător: nu se compactau și nu se acopereau periodic cu materiale inerte în vederea prevenirii incendiilor, a răspândirii mirosurilor neplăcute și a fumului de la autoaprinderea gunoaielor;
- nu exista un control strict al calității și cantității de deșeurii care intrau pe depozite;
- multe depozite nu erau prevăzute cu împrejmuire, cu intrări corespunzătoare și panouri de avertizare;
- depozitele de deșeurii nu erau amenajate corespunzător pe linie de protecție a mediului, conducând la poluarea aerului, apelor și solului din perimetrele respective;
- nu existau facilități pentru recuperarea biogazului produs;
- terenurile ocupate de depozitele de deșeurii au devenit terenuri degradate, care nu mai puteau să fie utilizate în scopuri agricole;
- indicii de poluare pentru majoritatea depozitelor de deșeurii urbane din județul Suceava, la anumiți parametri pentru sol și apă freatică, se încadrau în domeniile „rău” și „foarte rău”, fiind necesare măsuri de implementare a reconstrucției ecologice în perimetrelor respective. Problema gestiunii deșeurilor în județul Suceava se spera că va fi rezolvată prin finalizarea implementării proiectului „Sistem integrat de gestionare a deșeurilor municipale în județul Suceava” prin amenajarea depozitelor conforme Moara și Pojorâta, care urmau a fi puse în funcțiune în anul 2014. S-a dovedit că acest termen a fost nerealist, managementul integrat al deșeurilor în județul Suceava rămânând o problemă nerezolvată nici în prezent.

Legat de tematica amintită, colectivul format din **Mihăilă D.**, Dițoiu Valeria, Bistricean P.I. a continuat în 2014 studiul problemelor de mediu din județul Suceava publicând lucrarea *Impactul produs de depozitele de deșeurii municipale solide din județul Suceava asupra calității aerului*, „The impact of municipal solid waste landfills in Suceava County on air quality”, în revista Georeview, Vol. No 1 (2014), la pag. 1 – 20 (http://georeview.ro/ojs/index.php/revista/article/view/125/pdf_101). În acest studiu se arată că amplasarea depozitelor de deșeurii solide municipale (DMS) în locuri necorespunzătoare reprezenta un risc major asupra calității tuturor factorilor de mediu. Aceste depozite erau surse majore de deteriorare a calității aerului prin emisiile de gaze toxice, provenite din descompunerea anaerobă a deșeurilor organice. În lucrare sunt abordate detaliat, sub aspect calitativ și cantitativ, efectele produse asupra calității aerului de către depozitele de deșeurii menajere ale principalelor localități urbane din județul Suceava (depozitul municipiului Suceava și depozitele orășenești Gura Humorului, Rădăuți, Siret, Câmpulung Moldovenesc, Fălticeni și Vatra Dornei). De asemenea este prezentată dispersia metanului emis de la cel mai mare depozit de DMS din județ, depozitul municipiului Suceava,

ținându-se seama de parametrii meteorologici pe anotimpuri, pentru perioadele de zi și de noapte. Concluziile desprinse la nivelul anului 2014 erau fără echivoc. Activitatea de gestionare a depozitelor de DMS pe teritoriul județului Suceava se confrunta cu o serie de probleme privind protecția calității aerului:

- depozitarea deșeurilor urbane se desfășura pe terenuri descoperite;
- majoritatea depozitelor de deșeuri municipale solide nu erau operate corespunzător în vederea prevenirii emisiilor de gaze cu efect de seră, a incendiilor, a răspândirii mirosurilor neplăcute și a fumului de la autoaprinderea gunoaielor;
- nu existau facilități pentru recuperarea biogazului format pe depozite;
- emisiile de metan de pe depozitele Rădăuți, Fălticeni, Gura Humorului, Câmpulung Moldovenesc depășeau de 2 - 5 ori valoarea de prag impusă de Regulamentul 166/2006 al Comisiei Europene;
- emisiile de metan de pe platforma depozitului de DMS al municipiului Suceava depășeau de peste 16 ori valoarea de prag impusă de Regulamentul 166/2006 al Comisiei Europene;
- pentru majoritatea depozitelor de DMS din județul Suceava, la indicatorul metan emis în aer, indicii de poluare se încadrau în domeniile „rău” și „foarte rău”. De aceea erau necesare măsuri de implementare a reconstrucției ecologice în perimetrelor respective, a captării biogazului și utilizării acestuia ca agent termic (în special de pe depozitul municipiului Suceava).

Prin implementarea modelării matematice a dispersiei metanului în zona depozitului de DMS se constată următoarele:

- datorită frecvențelor mari ale calmului atmosferic (ex. cu frecvența medie de 58,0 % toamna pe timp de noapte), concentrațiile maxime de metan depășesc pragul de 5000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ la 500 m de sursă și 1200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ la 5000 m de aceasta;
- metanului emis de pe depozitul de DMS Suceava înregistra valori mediate maxime de 3543 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ la 500 m de sursă și de 736 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ la 5000 m de aceasta în timpul nopților de toamnă;
- pe direcția predominantă a vântului de NV (cu frecvențe cuprinse între 25,3 și 37,3 %), datorită vitezelor mari (cuprinse între 4,1 - 5,5 m/s) și a înălțimilor mari de amestec (cuprinse între 1312 m și 1760 m), era favorizată dispersia pe orizontală (spre SE în zilele de iarnă, primăvară și de vară; spre SV și mai puțin spre S și SE în nopțile tuturor anotimpurilor) și pe verticală a noxelor;
- vânturile dinspre SV și cele din SE jucau în alternanță sau la paritate locul secund în dispersia noxelor spre N și NV;
- de multe ori, ca și în cazul Sucevei, factorul geomorfologic local perturba mult dispersia poluanților, iar la amplasarea viitoarelor depozite de deșeuri, studiile și simulările aerodinamice ar fi trebuit să joace un rol mult mai important;

În timpul nopților de iarnă, vară și toamnă, poluarea cu metan se propaga dinspre depozitul DMS Suceava către cartierele locuite din centrul orașului, George Enescu și o bună parte a cartierelor Obcini și Zamca. În timpul nopților de primăvară, vară și toamnă, poluarea se propaga și spre nord peste o bună parte a cartierului Burdujeni. În timpul nopților de primăvară poluarea cu metan afecta foarte puternic localitatea Lisaura.

În timpul zilelor de iarnă, primăvară și toamnă dispersia poluării se făcea spre nord-vest și sud-est (în lungul axului văii râului Suceava) și nu afecta decât în mică măsură spațiile de locuit din municipiul Suceava, dar afecta parțial spațiul aerian al localității Lisaura. În zilele de toamnă aria poluată cu metan capăta un contur aproape circular (având în centru depozitul DMS al municipiului), cu afectarea periferiilor nord-vestice ale Sucevei și nord-estice ale localității Lisaura.

De un interes major pentru presa suceveană și opinia publică din acest municipiu a fost și este activitatea incineratorului de deșeuri periculoase Mondeco și poluarea atmosferică datorată acestuia. Colectivul de autori compus din **MIHĂILĂ D.**, DIȚOIU Valeria, BISTRICEAN P.I. și HUMENIUC Ana a publicat în 2015 studiul „*Dangerous waste incineration and its impact on air quality. Case study: the incinerator SC Mondeco SRL Suceava*”, Vol 25, No 1 (2015), al revistei GEOREVIEW. (doi: 0.4316/GEOREVIEW.2015.25.1.197, <http://georeview.ro/ojs/index.php/revista/article/view/197/pdf008>). Deșeurile periculoase, cum ar fi reziduurile de petrol, pesticidul, lacurile, petele, adezivii, solvenții organici, reziduurile din

spitale și industria alimentară reprezintă un risc major pentru toate componentele mediului (apă, aer, sol, floră, fauna etc.). În consecință, incinerarea acestora cu instalații de ardere de înaltă performanță micșorează impactul asupra mediului, în special asupra calității aerului, și oferă posibilitatea de a recupera căldura incinerării. Această cercetare prezintă o tehnică reprezentativă de incinerare a deșeurilor periculoase la S.C. Mondeco S.R.L. Suceava, care se desfășoară în conformitate cu standardele europene. Incineratorul este situat lângă platforma industrială a municipiului Suceava, pe valea Sucevei. De asemenea, în studiu este analizat și impactul acestei unități asupra calității aerului din apropiere. Sunt analizate nu numai concentrațiile de gaze și pulberi în timpul acțiunii procesului de incinerare (parametrii care sunt monitorizați continuu prin metode validate), dar și dispersiile acestor poluanți în aer, ținând cont de caracteristicile sursei și parametrii meteorologici specifici albiei râului. Măsura de incinerare a deșeurilor periculoase vizează protejarea mediului și conservarea resurselor naturale prin recuperarea căldurii din ardere.

Avantajele arderii deșeurilor periculoase sunt:

- arderea deșeurilor prin incinerare reduce volumul acestora cu peste 95 până la 98 %;
- incinerarea distruge poluanții biologici care pot răspândi epidemii;
- permite tratarea poluanților chimici din deșeuri, utilizând un sistem de înaltă performanță de curățare a noxelor gazoase și solide;
- energia eliberată prin incinerarea deșeurilor este transformată în căldură, reducând astfel utilizarea resurselor neregenerabile, în special a combustibililor fosili;
- o parte a deșeurilor solide netoxice rezultate din incinerare poate fi refolosită.

Dezavantajele incinerării deșeurilor periculoase: în procesul de incinerare, datorită compoziției lor chimice, se pot genera toxine gazoase și pulberi extrem de toxice, cum ar fi hidrură de clor și hidrură de fluorină, oxizi de azot și sulf, dioxine, furani, metale) și din acest motiv este necesar să se introducă o serie de măsuri costisitoare pentru protecția mediului.

Monitorizarea emisiilor, realizată prin sistemul SCADA automatizat are următoarele scopuri:

- oferă informații despre proces;
- lucrări de reducere a vârfurilor emisiilor de poluanți prin creșterea cantității de materiale adsorbante din sistem;
- generează emisii de protocoale ale poluanților care conțin valori cantitative ca media ponderată, la fiecare jumătate de oră și media zilnică.

Comparând cantitatea anuală totală a fiecărei noxe emise la coșul de fum: HF, HCl, SO₂, NO_x, carbonul organic total (TOC) și pulberile, cu valori prag (PV) cerute de Regulamentul CE 166/2006 am constatat că pentru 2013, acestea au fost între 85-1302 ori mai mici decât VP.

După medierea pe anotimpuri, concentrațiile zilnice medii măsurate automat în cele patru anotimpuri din 2013, în comparație cu valorile limită de emisie (VLM) în conformitate cu Directiva 2010/75 / UE privind emisiile industriale, transpuse în legislația națională 278/2013 am constatat că cele mai ridicate valori au fost înregistrate în situațiile atmosferice de calm, dar toate s-au încadrat sub limita de emisie (ELV).

După modelarea dispersiei în atmosferă a poluanților gazoși emiți la coșul de fum de către SC Mondeco SRL Suceava, cu o capacitate maximă de operare de 10.500 tone / an (în anul 2013 a fost incinerată o cantitate de 6.386 tone), remarcăm că acestea s-a situat sub limita (VL) impusă prin Legea 104/2011 privind calitatea atmosferei, pentru NO₂, SO₂ și CO și la limita STAS 12574/1987 pentru HCl.

Cele mai mari valori s-au înregistrat în situații de calm atmosferic: în timpul iernii pentru oxizii de azot (măsurați ca NO₂), vara pentru dioxid de sulf (SO₂), în primăvara pentru monoxid de carbon (CO) și, în scădere pentru acid clorhidric (HCl). Cauza indicatorilor pe anotimpuri este varietatea mare de compoziție a diferitelor tipuri de deșeuri periculoase care sunt incinerate în fiecare zi.

Datorită celor mai înalte standarde de securitate și protecție a mediului pe care trebuie să le îndeplinească și datorită recuperării energiei, incineratoarele au devenit o soluție viabilă de viitor și pentru gestionarea deșeurilor periculoase.

În anii 2011-2012 în fața colectivului de cercetători format din Radoane Maria, Obreja Florin, Cristea Ionuț și **Mihăilă Dumitru** a apărut necesitatea de a da un răspuns la întrebarea cu privire la ponderea jucată de factorul climatic sau antropogenic în ceea ce privește evoluția albiilor de râu. Pentru a găsi un răspuns a fost ales un bazin hidrografic test - cel al Siretului, reprezentativ din toate punctele de vedere relevante (suprafață, mulțimea afluenților, gradul amenajărilor etc.) în a da răspunsuri la întrebările noastre. În 2013 a fost publicat studiul *Modificări ale nivelului patului albiei râurilor din estul Carpaților: Climatic vs. uman*, „Changes in the channel-bed level of the eastern Carpathian rivers: Climatic vs. Human”, în Volumul 193 al revistei Geomorphology (Pag. 91-111, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X1300202X>). Lucrarea se concentrează asupra schimbărilor din ultimii 50 de ani ale paturilor albiilor pentru șapte râuri mari care fac parte din bazinul de drenaj Siret din estul României. Fiecare râu a fost supus la diferite grade de intervenție umană, evaluate pe baza indicelui calitativ morfologic (MQI): două râuri (Siret și Bistrița) au suferit intervenții umane complexe pe 40 și respectiv 60 % din lungimea canalului de scurgere, două râuri (Suceava și Moldova) sunt artificializate în proporție de 30 %, iar celelalte trei râuri (Trotus, Putna și Buzău) au un MQI bun sau moderat.

Modificările care au apărut în patul canalului, datele privind evacuarea apei (Qw) și încărcarea sedimentelor (Qs) au fost evaluate simultan pentru ultimii 50 de ani. Cantitatea de reziduuri a fost evaluată indirect ca fiind cuprinsă între 5 și 15 % din sarcina totală a sedimentelor. S-a constatat că incizia a fost predominantă între procesele care acționează pe secțiunile patului de canal investigat (reprezentând 62 % din suprafața modificată, nivelul patului schimbându-se cu -0,25 până la -2,70 m), iar agardare reprezintă restul de 38 % (provocând modificări, variind de la +0,15 până la +1,25 m). Mărimea proceselor (incizie sau agregare) pentru secțiunile cu un MQI b 0,3 a fost de patru ori mai mare decât pentru secțiunile cu un MQI moderat sau bun (> 0,3).

Modelul de schimbare în procesele de canal între 1960 și 2010 pentru toate categoriile de râuri a fost următorul: o rată scăzută de incizie între 1960 și 1979, urmată de o rată mai mare de incizie din 1980 până în 1989 și, în final, o tendință de redresare spre starea inițială a râului, caracterizată printr-o scădere a ratei inciziei sau o ușoară agardare după 1990. Variabila care a avut cel mai puternic răspuns la condițiile climatice a fost debitul (Qw), în timp ce cantitatea de sedimente (Qs) a fost extrem de receptivă la ambele semnale climatice și antropice. Sarcina sedimentelor a contribuit la ajustarea paturilor canalului prin menținerea unui echilibru între cei doi factori de control, natura și omul.

Pentru analiza variabilității climatului în aria de studiu am utilizat un set cuprinzător de date privind precipitațiile atmosferice. Studiile privind tendințele precipitațiilor anuale din ultimii 100 de ani efectuate pe regiuni mai largi (Dragotă, 2006; Busuioc et al., 2010; Mihăilă și Briciu, 2012) au arătat că tendințele negative au predominat în acest interval. Rata de scădere este însă mică, iar în unele cazuri (de exemplu Iași și stațiile meteorologice din București) s-a remarcat o creștere cantitativă a precipitațiilor.

Având în vedere aceste observații generale, a fost esențială determinarea variabilității acestui parametru morfogenetic în întregul bazin de drenaj Siret pentru o perioadă cât mai mare de timp posibil. În aria de studiu am identificat 29 de stații meteorologice cu înregistrări de precipitații pentru perioada 1950-2010. Pentru cinci stații, seria de date privind precipitațiile a acoperit peste 100 de ani. Au fost aplicate diferite metode de procesare în seriile de date (cantitatea anuală de precipitații) pentru a evidenția tendințele generale ale seriei (medii mobile, regresie liniară). Perioadele cu cele mai mari cantități de precipitații au fost 1969-1975 și 2006-2008, iar cele mai uscate au fost 1961-1966, 1983-1986 și 1994-1998. Aceste faze se suprapun pe toată suprafața studiului cu mici diferențe de amplitudine.

Tendința seriei anuale de precipitații a fost calculată prin corelarea valorilor anuale ale precipitațiilor și a timpului (în ani) între 1950 și 2010. Ecuațiile de regresie liniară obținute nu au avut coeficienți de corelație (r) sau coeficienți de determinare (r²) cu valori semnificative (cel mai mare coeficient de corelație, $r = 0,4632$, a fost calculat pentru seriile de date privind precipitațiile de la stația Roman). Totuși, aceasta este mai degrabă o caracteristică pentru serii temporale de natură fizico-geografică, cauzate de faptul că ele cuprind un număr mare de semnale stochastice (Rao, 1980). În acest caz, semnificația regresiei liniare este relevantă deoarece acestea au fost aplicate aceluiași serii de timp pentru toate cele 29 de stații și aceeași perioadă (respectiv, 1950 - 2010), astfel încât coeficientul de pantă poate fi considerat un indice al tendinței de precipitare pentru aria de studiu. Metodele standard de calcul a limitelor de semnificație ale testelor au fost aplicate pentru regresii liniare, în special pentru coeficientul de pantă (Wallford, 2011). Prin urmare, am testat fiecare coeficient de

pantă (sau coeficient de tendință, așa cum se face referire și în această lucrare) în intervalul de încredere de 95 %. Această metodă a fost aplicată și în alte studii climatologice (Apostol, 2000; Dragota, 2006; Busuioc et al., 2010).

Coeficientul de pantă (b) din regresia liniară a fost utilizat pentru a delimita categoriile de tendințe: pozitivă ($b > 0,5$), relativ staționară (b între $0,5$ și $-0,5$) și negativă (b sub $-0,5$). Datele au fost interpolate folosind metoda Kriging-ului rezidual, utilizată pe scară largă în analizele climatologice (Tveito et al., 2006). Pentru panta precipitațiilor anuale am realizat o regresie multiplă între trendul valorilor și altitudine, longitudine respectiv latitudinea stațiilor pluviometrice. Formula obținută a fost utilizată pentru a genera o hartă a distribuției valorilor pantelor. Reziduurile obținute pentru fiecare stație au fost apoi interpolate prin kriging obișnuit și utilizate pentru corecțiile regionale pe harta inițială.

În partea de nord-est a ariei cercetate, seria de precipitații prezintă cele mai pronunțate tendințe de creștere ($b = 3,539$) datorită ploilor abundente din 2005, 2006 și 2008, care au depășit precipitațiile record înregistrate între anii 1970 și 1975. În general, la nord de râul Trotus, tendința seriei de precipitații este pozitivă. În partea de sud-est a ariei de studiu, tendința pe parcursul celor 60 de ani de înregistrare a precipitațiilor a fost negativă. Situația distributivă conturată este confirmată de alte studii pentru teritoriul României (Ștefan et al., 2004; Ioniță et al., 2012) și a fost legată de modelele de circulație atmosferică la scară largă. În particular, s-a demonstrat că Oscilația Nord-Atlantică este fenomenul dominant al atmosferei care controlează o mare parte a variabilității interanuale până la decdale ale precipitațiilor și debitelor râurilor din Europa și din Orientul Mijlociu (Hurrell, 1995).

Clasificarea coeficienților de tendință din aria de studiu indică faptul că bazinul de drenaj Siret este împărțit în două părți distincte, adică sectorul nordic, care prezintă o tendință generală de creștere a cantității de apă și sedimente și sectorul sudic, unde debitele și încărcarea cu sedimente a volumelor scurse prezintă o tendință de scădere.

În general, coeficienții de creștere ai debitelor solide în suspensie au fost în mod constant mai mari decât coeficienții de creștere ai debitelor lichide. Legând aceste date cu tendințele precipitațiilor anuale determinate anterior, putem concluziona că semnalul climatic este puternic în scurgerea lichidă și solidă în cele șapte râuri. În jumătatea de nord a bazinului Siret, unde precipitațiile anuale cresc, am stabilit că valorile medii ale debitelor lichide și ale debitelor solide în suspensie sunt de asemenea în creștere. Cu toate acestea, în jumătatea sudică, unde datele indică o ușoară scădere a precipitațiilor anuale, răspunsurile debitelor lichide și solide în suspensie la evoluția pluviometriei sunt mai puternice în ceea ce privește scăderea ratelor înregistrate.

Răspunsul debitelor solide în suspensie a fost considerabil mai sensibil la semnalul climatic comparativ cu răspunsul în debitul de apă pentru toate secțiunile râului analizate. Acest răspuns diferențial este menținut atât în cazul creșterilor, cât și al scăderii precipitațiilor anuale. Clima din ce în ce mai extremă și numărul insuficient de lucrări antierozive construite pe pante și văi elementare în ultimele două decenii au condus la această creștere a cantității de sedimente care ajung în râurile principale din bazinul Siret. Valoarea medie multianuală a randamentului sedimentelor în bazinul hidrografic este de $275\text{--}300 \text{ t km}^{-2} \text{ y}^{-1}$, mai mare decât media de $206 \text{ t km}^{-2} \text{ y}^{-1}$ calculată pentru teritoriul României.

Cauzele antropice au fost invocate pe scară largă într-un număr mare de lucrări care au analizat tendințele de evoluție a debitelor lichide/solide pe arterele hidrografice. Printre aceste cauze, barajele sunt considerate dominante în ierarhia factorilor de control din cauza intervenției lor directe în retenția sedimentelor și a scăderii încărcării cu sedimente a râurilor în aval de baraje (Walling, 2009). Cu toate acestea, în ciuda cantității de sedimente reținute în rezervoare, cercetările efectuate de Syvitski et al. (2005) a arătat că activitatea umană a mărit fluxul global al sedimentelor în suspensie pe filiera uscat-ocean cu aproximativ 16 %, de la o valoare pre-umană de 14 Gt / an până la $16,2 \text{ Gt / an}$, deși sedimentul prins de baraje a redus această cantitate cu cca. 22 % (Walling, 2006).

La scara bazinului Siret, putem ilustra acest efect asupra fluxului de sedimente prin compararea a două situații contrastante în ceea ce privește gradul de intervenție umană și mărimea bazinului hidrografic: un bazin de dimensiuni mici cu o acoperire de pădure de 33 % (râul Suceava, în amonte de secțiunea Brodina) și bazinul Siret din Lungoci, care cuprinde întreaga gamă de intervenții antropice, inclusiv 46 de rezervoare, dintre care șase sunt situate pe râul Siret.

Astfel, am stabilit că 1991 a fost un punct de cotitură pentru râul Siret în ceea ce privește dinamica încărcării sedimentelor, după ce toate cele șase baraje în amonte au devenit funcționale (deși unele dintre ele fuseseră operaționale începând din 1977). În schimb, datele privind un râu liber de aproape orice intervenție antropică (râul Suceava, secțiunea

Brodina) ilustrează creșterea debitelor solide în suspensie după 1991 (marcată de ape mari succesive în 1995, 2002, 2008 și 2010). Cele două tipuri de evoluții antitetice a debitelor solide (Brodina pe Suceava – creștere după 1991; Lungoci pe Siret – scădere după 1991) ilustrează clar modul în care încărcătura în sedimente este sensibilă la cele două clase de factori de control: climatul și intervenția antropică.

În concluzie, râurile bazinului hidrografic Siret, care au suferit o gamă variată de intervenții antropice de intensități diferite, prezintă o anumită sensibilitate în ceea ce privește debitele lichide și încărcarea cu sedimente la semnale climatice (în special variațiile precipitațiilor anuale), deși cu semnificație statistică scăzută. Singura intervenție umană semnificativă în ceea ce privește schimbarea cantității de sedimente transportate de un râu constă în construirea de baraje în cascadă pe două din cele șapte râuri, în timp ce alte tipuri de intervenții (de exemplu, utilizarea terenurilor și modificarea particularităților suprafeței active, digurile și pragurile, extracția pietriș din balastiere etc.) sunt estompate de influența puternică a semnalului climatic asupra variabilității Qw și Qs.

Ca membru al proiectului de cercetare internațional cu număr de cod EEA-JRP-RO-NO – 2013-1-0204 „*Forest response to climate change predicted from multicentury climate proxy-records in the Carpathian region*” coordonat de Șef lucrări dr. Cătălin Roibu, finanțat prin mecanismul financiar SEE, cercetare în sectoare prioritare, am avut responsabilitatea de a analiza tendința evolutivă a climatului din aria carpatică din intervalul cu observații meteorologice, de a identifica anii critici/intervalele critice din punct de vedere al impactului asupra pădurii (anii secetoși/ploioși/foarte reci sau foarte calzi), de a explica contextul sinoptic care a favorizat astfel de entități meteo-climatice și de a găsi corespondența dintre acestea și evenimente similare petrecute în alte teritorii în afară de cel carpatic.

Pe linia cercetărilor științifice cu implicații practice de o reală importanță a fost și studiul realizat de colectivul format din **Mihăilă D.**, Bistricean P. I. și Lazurcă Liliana Gina având ca subiect *Bilanțul apei la nivelul suprafeței terestre la est de Carpați I*, „*Land surface water balance east of the Romanian Carpathians*”, publicat în 2014 într-un număr special destinat work-shopului Late Pleistocene and Holocene climatic variability in the Carpathian-Balkan region apărut în revista Georeview și vizibil la adresa <http://georeview.ro/ojs/index.php/revista/issue/view/CBW-2014>. Articolul atrage atenția asupra accentuării deficitului de apă pe măsură ce ne depărtăm de culmile Carpaților Orientali spre est spre Nistru, accentuare care este analizată pe coordonate temporale și spațiale.

Tendențele de evoluție liniară sau evoluția oscilatorie a variabilelor climatului și hidrografiei de pe teritoriul Moldovei a constituit tot timpul un subiect de cercetare cu o atractivitate aparte datorită provocărilor ridicate dar și de așteptările legate de valoarea teoretică și practică a rezultatelor obținute. Împreună cu Briciu A.E am definitivat în 2014 *Analiza Wavelet a unor râuri din Europa de Sud-Est și indicii climatici selectați I* „*Wavelet analysis of some rivers in SE Europe and selected climate indices*” iar rezultatele au fost publicate în revista Environ Monit Assess (DOI 10.1007/s10661-014-3853-z <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10661-014-3853-z>). Influența unor oscilații climatice și a numărului de pete solare asupra debitelor râurilor din România, Ucraina și Moldova a fost verificată prin utilizarea analizelor wavelet standard. Oscilațiile climatice selectate au fost Oscilația Arctică (AO), Oscilația Antarctică (AAO), Oscilația Atlanticului de Est (EAO), Oscilația Atlanticului de Est / Vestul Rusiei (EAWRO), NINO3.4, Oscilația Atlanticului de Nord (NAO), Oscilația Pacific/America de Nord (PNAO), Oscilația Decadală Pacifică (PDO), oscilația Polar / Eurasia (PEO), Oscilația Scandinavă (ScandO), Oscilația Sudică (SO) și Oscilația Pacificului de Vest (WPO). Patruzeci și cinci de stații hidrologice de pe o suprafață de 45.000 km² au fost utilizate pentru a descoperi evoluția spațială a periodicităților manifeste în râuri.

Analiza wavelet a fost una nouă pentru râurile din aria de studiu. S-a remarcat existența unei diferențe importante între periodicitățile întâlnite în etajul montan și de deal/podiu și cele din etajul de câmpie. S-a evidențiat existența unei creșteri generale în aval a nivelului de încredere al perioadelor identificate, chiar dacă precipitațiile atmosferice au periodicități mai relevante în etajul montan. Periodicitățile au putut fi grupate în două grupe compacte: 1 - 16,5 și 27,8 - 55,6 ani.

Matricea de corelație a valorilor spectrului global wavelet (GWS) indică faptul că NAO, EAWRO, PDO și numărul de pete solare sunt principalii factori care generează periodicitățile în râurile cercetate. Este prima dată când se dovedește influența PDO asupra râurilor locale. Toate periodicitățile fluviale mai mici de 16 ani au un nivel de încredere de 0,95 sau mai mare, după cum sa dovedit prin analiza GWS a debitelor zilnice și sunt cauzate de mai mulți factori externi.

Râurile au în general perioade cu o frecvență de 2,9 - 3,5, 8,3, 11,7 și 27,8 - 33,1 ani. Aceste perioade corespund, în general, cu cele ale precipitațiilor atmosferice, oscilațiilor climatice și numărului de pete solare. Acest lucru implică faptul că numărul de pete solare și oscilațiile climatice acționează parțial asupra scurgerii râurilor prin precipitații.

Frecvențele mai joase (perioade mai lungi) tind să fie modificate de efectul de margine al scalogramelor CWT (din care este extras GWS) și de a avea putere amplificată. Pe râuri periodicitățile mai mici decât lungimi de undă de 16 ani sunt dovedite a avea un nivel de încredere de 0,95 sau mai mare (așa cum rezultă din analiza GWS a datelor de zi cu zi ale debitelor).

Analiza CWT a arătat că activitatea solară are perioade de 11 și 33 de ani, care se regăsesc și în debitele râurilor. Oscilația de 11 ani influențează nu numai precipitațiile și râurile, ci și oscilațiile climatice, așa cum arată scalogramele WTC.

Există o creștere generală a relevanței statistice a perioadelor râului din amonte până în aval. Acest fenomen poate fi observat mai bine atunci când se analizează datele scurgerii zilnice ale râurilor. Explicația este că râurile mai lungi și mai mari din Europa de Sud-Est mediază și atenuează influența factorilor locali care modifică semnalele climatice. Fiind un fluviu mult mai lung, Dunărea are semnale climatice mai puternice decât celelalte râuri. Etajul de câmpie are un regim hidrologic diferit pe termen lung, cu influențe mai puternice ale Oscilației Decadale Pacifice (PDO) și a numărului de pete solare. Studiile ulterioare pot prezice viitorul comportament fluvial în aria studiată prin utilizarea metodei WTC inversă, cu evoluția prognozată a indicilor climatici care acționează ca variabile cunoscute.

Evoluția climatului sau bioclimatului din Republica Moldova a fost abordată de către colectivul format din **Mihăilă D.**, Briciu, A.-E., Bistricean P., Lazurca Liliana-Gina în 2015 în lucrarea *Analiza distribuției spațiale și tendințele temporale ale indicelui THI în Republica Moldova*, „The analysis of the spatial distribution and temporal trends THI index in the Republic of Moldova”, prezentată la Albena și publicată în lucrările acestei conferințe (15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, SGEM 2015 Energy and Clean Technologies, Conference Proceedings/ Section Air Pollution and Climate Change, June 18-24, 2015, 1105 - 1112 pp). În studiu se arată că în ultimii 53 de ani valorile indicelui bioclimatic THI au indicat o încălzire semnificativă a lunilor martie, iulie, august și iunie. Vara și apoi primăvara sunt anotimpurile cu încălzirea cea mai accentuată. Dacă încălzirea primăverilor prezintă conotații bioclimatice pozitive, cea a verilor nu. Chiar dacă în medie vara valoarea indicelui THI depășește cu puțin doar în jumătatea sudică a Moldovei pragul de 20°C (peste care se manifestă disconfortul prin căldură), în realitate, pe intervale scurte de timp (de ordinul grupărilor de zile, sau în orele de amiază și după amiază), valorile indicelui THI pot depăși chiar și pragul de 30°C, ajungându-se la intervale care din punct de vedere bioclimatic se caracterizează prin disconfort extrem de accentuat datorită caniculei. Rezultatele diferitelor teste de omogenitate aplicate pe seriile de timp ale THI arată că din anii 1988-1989 și mai ales după 2000, încălzirea atmosferei s-a accentuat. Salturile termice pozitive la nivelul acestor ani a oscilat în jurul a 1,0°C (între 0,80°C testul BHR – pe valori anuale și 1,27°C - testul SNH / aplicat pe seriile de timp THI ale verii).

O problemă de mare interes și impact științific (cea a teleconexiunilor climatice) ne-a atras atenția (**Mihăilă D.** și Briciu A. E.) de mai multă vreme, iar în 2015 am reușit să definitivăm studiul *Telecomunicații climatice cu influență asupra unor râuri din sud-estul Europei* / „Climatic teleconnections with influence on some rivers from South-Eastern Europe”, publicată în Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles (ISSN 0212-9426, Volume Nr. 69, 2015, I.S.S.N.: 0212-9426, 37 – 62 pp, <http://www.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/viewFile/1906/1822>). Influența Oscilației Arctice, Oscilației nord-atlantice, Oscilației sudice și a numărului de pete solare asupra debitelor fluviale din lume, din Europa și din unele regiuni ale României a fost deja demonstrată. Studiul nostru a extins cercetarea de acest tip în nord-estul României (bazinele hidrografice Siret și Prut). Oscilația Arctică și Oscilația Atlanticului de Nord sunt mai puternice în timpul iernii (mai atenuate în timpul toamnelor), acționând prin complexul pluvio-termic asupra debitelor râurilor. Oscilația Arctică și Oscilația Atlanticului de Nord au corelații negative puternice cu cantitățile de precipitații și fluxurile fluviale. Influențele solare asupra climei și a râurilor din aria de studiu au o semnificație statistică slabă și apar indirect. Datorită distanțelor considerabile dintre bazinele hidrografice studiate și rezervoarele de energie ale anumitor oscilații climatice, influența acestora asupra valorilor lunare standardizate ale debitelor se diminuează aproximativ direct proporțional cu creșterea distanței. Astfel, influența

Oscilației Sudice este mai mică decât influența Oscilației Atlanticului de Nord, care la rândul ei este mai slabă decât influența Oscilației Arctice.

Spre exemplu în faza pozitivă a Oscilației Nord-Atlantice (când Depresiunea Islandei se adâncește iar Anticicloul Azorelor devine mai puternic bazinele hidrografice Siret și Prut intră în sfera de influență a unor câmpuri anticiclone extinse de la Atlantic până în Siberia, care dirijează pe la periferia nordică a acestora depresiunile mobile islandeze și obstrucționează advecțiile ciclonice mediteraneano-pontice. Aerul uscat subtropical și polar continental ajuns în dorsalele anticiclone de deasupra teritoriilor est-carpătice diminuează mult procesele convective și activitatea frontală favorizând stările de vreme răcoroase și uscate cu debite reduse pe râuri. Datele lunare modelate sub forma mediilor mobile arată că în timpul fazelor pozitive/puternic pozitive precipitațiile atmosferice și debitele pe râurile din bazinele Siret și Prut sunt reduse sau foarte reduse. În timpul fazelor negative ale Oscilației Nord Atlantice (când ambele centre de presiune sunt slăbite și își restrâng foarte mult acțiunea) retragerea câmpului de mare presiune atmosferică (a dorsalelor anticicloului Azorelor) spre Europa sud-vestică permite instalarea în Europa Central-Estică, mai ales în perioada sezonului rece, a dorsalelor anticicloului euroasiatic care trimit în spațiul din fața Carpaților (Podișul Moldovei, Câmpia Română) lentile de aer foarte dens și rece care favorizează inversiuni termice de amplasare și durată, caracterizate prin îngheț prelungit, precipitații puține și nebulozitate stratiformă. În perioadele din timpul sezonului rece fără dorsale euroasiatice instalate, dar și în cele ale sezonului cald când câmpurile anticiclone se retrag de deasupra Europei centrale, pe parcursul fazelor Oscilației Nord-Atlantice negative și puternic negative la nivelul bazinelor hidrografice Siret-Prut cantitățile de precipitații și debitele sunt peste medie.

Deoarece fondul natural al valorilor lunare standardizate ale precipitațiilor/debitelor acționează ca sursă de zgomot în semnalul influenței factorilor externi asupra precipitațiilor și a debitelor, studiarea entităților teritoriale de dimensiuni mai mici (subbazine hidrografice), unitare din punct de vedere al elementelor climatice și hidrologice este recomandată și utilă pentru obținerea unor corelații mai puternice între comportamentul pluvio-hidrologic al acestora și semnalul regional al oscilațiilor climatice.

Literatura de specialitate cu tematică bioclimatică abundă în diverși indici bioclimatici. Nu toți indicii bioclimatici sunt cu adevărat relevanți pentru studiile de bioclimat de pe teritoriul României. Colectivul de cercetători format din **Mihăilă D.**, Bistricean P. I. și Lazurca Liliana Gina a încercat să identifice indicii bioclimatici care se pretează cel mai bine unor analize de profil pentru teritoriul Moldovei. În 2016 a fost publicat articolul cu tema *Relevanța temporală și spațială a unor indici bioclimatici pentru studiul bioclimatului Moldovei de la vest de Prut I „Spatial and temporal relevance of some bioclimatic indexes for the study of the bioclimate of Moldova (west of the Prut river)”* publicat în revista Georeview, Vol 26, No 1 din 2016 accesibil la adresa http://georeview.ro/ojs/index.php/revista/article/view/365/pdf_bistricean. Studiul a pornit de la necesitatea de a vedea care sunt indicii bioclimatici utilizabili cu bune rezultate în analizele bioclimatice de ansamblu pentru Moldova situată la vest de râul Prut (numită în continuare Moldova). Din rațiuni legate de spațiu limitat al unui astfel de studiu am luat în analiză doar o parte din indicii bioclimatici cunoscuți în literatura de specialitate (TEE, THI, DI THOM, RSI, HI, HUMIDEX, SSI, ISE, ISH și Pr). Având de a face cu un număr mare de indici (variați în structura lor internă, în limitările lor de aplicare), cu un număr reprezentativ de stații (14 stații), am pornit în demersul analitic luând ca bază de raportare un interval de timp standard de o lună. În felul acesta am identificat un nivel suficient al rezoluției temporale de la care să putem identifica reprezentativitatea sau nereprezentativitatea acestor indici pentru Moldova și, de asemenea, relevanța/utilitatea lor în a creiona trăsăturile definitorii sau de detaliu ale bioclimatului Moldovei. Dintre toți cei 10 indici bioclimatici pe care i-am supus analizei, doar doi (THI și Pr) au dat rezultate concludente la nivelul unei rezoluții temporale a unei luni medii, pentru toate lunile din an și pentru toate stațiile din Moldova. ISH poate fi utilizat cu rezultate bune pentru intervalul septembrie-mai. Ceilalți indici utilizați (TEE, DI THOM, RSI, HI, HUMIDEX, SSI, ISE) nu au dat în Moldova rezultate concludente pentru nivelul de analiză temporal al unei luni. De aceea recomandăm a nu fi utilizați pentru analize bioclimatice ample, generale ale Moldovei, ci doar în analize limitate în timp (zile sau ore) și spațiu (grupări de stații din anumite arii sau etaje climatice din Moldova).

O altă temă de interes s-a legat de intercondiționările dintre precipitații, evapotranspirație și debite cu reflex asupra scurgerii generate de izvoarele carstice oligominerale termale dintr-o serie de locații din România. Colectivul de

autori **Mihăilă D.**, Bistricean P.I., Lazurca L. G. a prezentat în 2016 un studiu cu tema *Unele considerații privind evapotranspirația și influența sa asupra scurgerii în arealele carstice cu ape termale (România)*, „Some considerations regarding evapotranspiration and its influence on runoff in karst areas with thermal waters (Romania)” la conferințe de la Albena (16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, SGEM 2016), publicat în lucrările acestei manifestări (Book 4, Energy and Clean Tehnologies, Conference Proceedings, Volume II, Recycling & Air Pollution and Climate Change 563-570 pp). Studiul analizează potențialul pluvial și de evapotranspirație în patru stațiuni cu ape termale din zona Carpaților din România și apropierea acestora (Băile Felix-1 Mai, Moneasa, Geoagiu-Băi și Băile Herculane) prin utilizarea precipitațiilor lunare și anuale (P) și evapotranspirației potențiale (PET) extrase din baza de date CARPATCLIM pentru intervalul 1961-2010. Diferența P-PET este utilizată pentru a estima scurgerea potențială (PR) într-o zonă de 10 x 10 km². PR este utilă pentru analizarea reîncărcării apei subterane termice. P variază de la 561,3 mm la Băile Felix-1 Mai și 788 mm la Moneasa (valorile anuale P variază foarte mult, de la 191,1 mm la Băile Felix-1 Mai (2000) la 1224,5 mm la Moneasa (2001). Valorile anuale ale PET sunt mai mari la Băile Felix-1 Mai și Geoagiu-Băi (684,1 mm - datorită zonei de câmpie deluroasă) și 683,3 mm (datorită vântului cu caracter de foehn pe versantul sud-estic al Munților Metaliferi) și mai mici în celelalte două locuri (591,5 mm - Moneasa, 587,8 mm - Băile Herculane), situate de-a lungul unor văi montane umbroase. PR la suprafața activă este negativă la Băile Felix-1 Mai și Geoagiu-Băi (-122,9 mm și respectiv -109,6 mm) și pozitive la Moneasa și Băile Herculane (196,4 mm și respectiv 150,7 mm). Aceste valori indică faptul că evapotranspirația reală este mai utilă decât PET pentru calcularea scurgerilor. Fluxul de apă din perimetrele carstice studiate modifică valorile evapotranspirației, deoarece cantitățile importante de apă se scurg rapid în acviferele carstice după precipitații. De asemenea, evaporarea puternică a apelor termale din sistemul carstic subteran se soldează cu pierderi de apă (prin peșterile/avenurile cu aburi și alte deschideri) care sunt greu de calculat ca și emergențele difuze ale apelor termale subterane. Exploatarea umană a apelor termale din aria de studiu a reprezentat un alt factor care complică balanța locală a apei. Evidențierea influenței fenomenelor mareice asupra nivelului apelor subterane termale depozitate în carst este greu de realizat. Influența aceasta poate fi cuantificată în condițiile în care acviferul din subteran este interceptat în foraje destinate cercetării sau când aceste rezerve ajung la zi printr-o serie de izvoare. Pentru a avea succes în acest demers trebuie să cunoaștem foarte exact intrările și ieșirile hidrice care afectează rezervele în cauză. Intrările sunt date de precipitații și/sau topirea zăpezilor la suprafața unui bazin receptor care trebuie cartat cu cât mai mare precizie. La nivelul aceluiași bazin receptor, la care se pot adăuga suprafețe suplimentare, se vor înregistra pierderi de apă prin evapotranspirație. Lor li se vor adăuga pierderi prin izvoare, infiltrații sau exploatare antropică. Fluctuațiile de nivel ale izvoarelor termale vor reflecta aceste aporturi și pierderi. Metodologia de calcul în două etape a evapotranspirației reale va permite calculul orar de precizie al acestui parametru. Variațiile diurne ale nivelurilor izvoarelor datorate evapotranspirației sau alternanțelor îngheț nocturn/dezgheț diurn pot fi eliminate din determinările de niveluri ale izvoarelor sau pâraielor alimentate și se poate evidenția magnitudinea orară a influenței fenomenelor mareice.

În cadrul cercetărilor de început în proiectul „*Studii de teren în potamologia ortotidala*”, finanțat de UEFISCDI în atenția colectivului de cercetare format din Briciu, A.E, **Mihăilă D.**, Oprea-Gancevici D.I., Bistricean P.I. în 2016 au fost publicate primele rezultate privind *Analiza apelor termale de suprafață în zona Baile Herculane I*, „*Analysis of surface thermal waters in Baile Herculane area*” (16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, SGEM 2016, Book 3, Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems, Conference Proceedings, Volume 1, Hydrology & Water Resources, 63-69 pp). Rezultatele s-au bazat pe campanii susținute de măsurători de temperatură a apei și de topoclimat. O campanie de monitorizare continuă a temperaturii apei termale a fost întreprinsă din decembrie 2015 până în februarie 2016. Fluxul de apă termală monitorizat a provenit dintr-un fost tunel minier forat în calcar, lângă râul Cerna, la limita din amonte a perimetrului construit al stațiunii Băile Herculane. Măsurătorile de temperatură a apei au fost obținute în interiorul tunelului, în apropierea capătului său exterior. În paralel, măsurătorile temperaturii aerului au fost efectuate în aerul exterior, în apropierea tunelului. Temperatura medie a apei (măsurată la fiecare 30 de minute pe întreaga campanie) a fost de 41,73 ° C, în timp ce temperatura medie a aerului (înregistrată în fiecare oră) a fost de 3,17 ° C. Abaterea standard a fost de 1,8 ° C pentru temperatura apei și de 4,67 ° C pentru temperatura aerului. Temperatura maximă a fost 43,795 ° C pentru apă și 18,5 ° C pentru aer, în timp ce temperatura minimă a fost 35,511 ° C pentru apă și -9 ° C pentru aer. Temperatura apei

urmărește uneori temperatura aerului și înregistrează cicluri diurne. În lungul văii râului Cerna există un topoclimat de vale montană, dar cel care influențează efectiv temperatura apei este microclimatul de mină. Izvoarele termale de-a lungul râului Cerna au un impact important (prin numărul și descărcarea lor) asupra temperaturii apei din acest râu. Temperatura apei ce se scurge prin galeria minieră a variat semnificativ cu $\sim 8^{\circ}\text{C}$ datorită procentului ridicat de apă rece din perimetrul izvorului Hercules. Datorită aportului important de apă rece, poate fi observat un ciclu termic diurn în seriile de timp măsurate. Cu toate acestea, acest ciclu este foarte discontinuu și nu a fost găsit ca fiind semnificativ din punct de vedere statistic în analiza wavelet. Este nevoie de mai multe serii de timp pentru a stabili dacă ciclul diurn este semnificativ din punct de vedere statistic și dacă semnalele mareice pot fi găsite în variațiile de temperatură ale acestor ape termale de suprafață. Emergența apelor termale din galeria minieră Hercules are un efect măsurabil asupra temperaturii apei din râul Cerna cel puțin pe distanțe scurte (mai mult de 30 m în aval). Sunt necesare cel puțin un an de măsurători continui a temperaturii apei de scurgere pentru analize suplimentare ale influenței climatice asupra apelor termale.

Campania de măsurători a temperaturii apelor termale și a parametrilor topoclimatului pentru identificarea fenomenelor mareice diurne pe râurile/pâraiele ortotidale s-a desfășurat/și se desfășoară și în prezent și în perimetrul stațiunii Moneasa. În perioada noiembrie 2015 - februarie 2016, a fost monitorizată temperatura apei din patru surse de apă subterană din Valea Băilor (Moneasa). Debitul de apă subterană trece prin calcar și dolomite înainte de a ajunge la suprafața topografică. Apele subterane termale sunt utilizate în scopuri economice locale. Temperatura medie a fluxului în perioada noiembrie-februarie a fost de $23,88^{\circ}\text{C}$. Deviația standard a temperaturii apei înregistrate a fost de numai $0,15^{\circ}\text{C}$, în timp ce diferența dintre valorile maxime și minime a fost de $0,75^{\circ}\text{C}$. Temperatura apei din fluxul termic, măsurată la o distanță de 1 m de izvoarele termale (care sunt amestecate printr-o amenajare antropică) nu prezintă un ciclu termic diurn înregistrat în temperatura aerului. Temperatura medie a aerului înregistrată în Valea Băilor, în apropierea punctului de monitorizare a apei, din noiembrie 2015 până în ianuarie 2016 a fost de $1,47^{\circ}\text{C}$. Deviația standard a temperaturii aerului a fost de $4,16^{\circ}\text{C}$, în timp ce diferența dintre valorile maxime și minime de temperatură a fost de 28°C . Se vor utiliza serii de timp mai lungi pentru temperatura aerului și a apei pentru a decide dacă există o corelație între climatul local și izvoarele termale studiate. Geologia locală, clima și natura suprafeței active sunt principalii factori care influențează fluctuațiile observate în temperatura apei și ar trebui investigate în continuare. Un model detaliat al circuitului apelor subterane care se termină în zona de monitorizare ar fi foarte util. Este nevoie de o serie mai lungă de temperatură a apei pentru a stabili dacă semnalele mareice sunt prezente sau nu în oscilațiile acestui parametru. Pentru a distinge dacă există schimbări sezoniere în apele termale de suprafață ale perimetrului studiat, este necesară o serie de timp de cel puțin un an (la rate ridicate de eșantionare). Rezultatele de început ale cercetărilor din aria Moneasa realizate de colectivul format din Briciu, A.E., Oprea-Gancevici D.I., **Mihăilă D.**, Bistricean P.I. s-au concretizat prin publicarea în 2016 a studiului *Analiza apelor termale de suprafață în zona Moneasa*, „Analysis of surface thermal waters in Moneasa area”, în culegerea de lucrări ale conferinței de la Albena (16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, SGEM 2016, Book 3, Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems, Conference Proceedings, Volume 1, Hydrology & Water Resources, 71-78 pp).

De o mare utilitate teoretică și cu o aplicabilitate practică de necontestat s-a remarcat a fi studiul intitulat *Distribuția spatiotemporală a evapotranspirației de referință în Republica Moldova I* „Spatiotemporal distribution of reference evapotranspiration in the Republic of Moldova” realizat în 2016 de colectivul format din Piticar A., **Mihăilă D.**, Lazurca Liliana Gina, Bistricean P. I., Puțuntică A. și Briciu A. E. și publicat în revista *Theoretical and Applied Climatology*, Vol. 124, Issue 3, pp 1133–1144 (<https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-015-1490-2>). Principalele obiective ale acestui studiu au fost legate de investigarea distribuției spațiale și a schimbărilor în evapotranspirația de referință (ET0) în Republica Moldova. Au fost utilizate date lunare ale temperaturii maxime și minime a aerului, duratei strălucirii Soarelui, umidității relative și vitezei vântului înregistrate la 14 stații meteorologice pe o perioadă de 52 de ani (1961 - 2012). ET0 a fost calculat pe baza formulei FAO Penman-Monteith. Seriile ET0 anuale și pe sezoanele de vegetație corespunzătoare grăului de toamnă și porumbului au fost analizate pentru perioadele 1981-2012 respectiv 1961-1980. Tendințele și semnificația lor statistică în seriile ET0 au fost detectate utilizând testul Mann-Kendall și testul T, în timp ce mărimea tendințelor a fost estimată utilizând panta Sen și regresia liniară. Pentru perioada 1981-2012, rezultatele au arătat că valorile anuale ale ET0 au avut o tendință pozitivă în mai mult de 90 % din seriile de timp, conform atât metodelor parametrice, cât și neparametrice. Amplearea

tendențelor pozitive din seria anuală ET0 a variat între 13,80 și 72,07 mm / deceniu. În perioada de vegetație a grâului de toamnă și a porumbului, rezultatele sunt similare cu cele din seria anuală. Tendențe descendente importante au dominat perioada 1961-1980 (în aproximativ 70 % din seriile de timp analizate, au dominat tendințele descrescătoare, de asemenea, semnificative statistic în cea mai mare parte a seriilor). Analizând tendințele variabilelor climatice contribuabile în calculul ET0, rezultatele au sugerat că creșterea ET0 a fost în mare măsură influențată de pantele pozitive ale temperaturii aerului și ale duratei de strălucire a Soarelui și de tendințele negative ale umidității. Analiza distribuției spațiale a tendințelor ET0 a aratat o creștere generală din nordul spre sudul țării. Ratele ET0 depășesc cantitatea de precipitații din Republica Moldova în toate unitățile temporale analizate și arată că această țară se confruntă cu deficit de apă. Teritoriile cu rate mai mari de creștere a ET0 au crescut în suprafață și s-au mutat mai spre nord în perioada 1981-2012 în comparație cu perioada 1961-1980. Pe măsură ce cerințele de apă din Republica Moldova vor crește, rezultatele oferite de acest studiu vor fi din ce în ce mai utile pentru gestionarea resurselor agricole și a resurselor de apă și pentru o strategie de adaptare mai bună privind efectele negative care ar putea apărea asupra producției vegetale a principalelor culturi cerealiere.

Între preocupările de dată recentă a intrat și aceea de oferire de analize climatice de detaliu pe anumite componente (precipitații, temperatură, fenomene de risc) ca suport al unor studii de paleomediu. În lucrarea *'Last 1000 years of environmental history in Southern Bucovina, Romania: A high resolution multi-proxy lacustrine archive'* (Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 473 (2017): 26-40 autori (Florescu G., Hutchinson S.M., Kern Z., Mîndrescu M., Cristea I.A., **Mihăilă D.**, Łokas E., Feurdean A.) au realizat o reconstituire pe baza analizei sedimentelor lacustre a condițiilor de paleomediu de pe parcursul ultimului mileniu în Obcinile Bucovinei, cu scopul de a identifica factorii destabilizatori și răspunsul diferitelor componente ale mediului local și regional în fața acestora. Arealul cercetat se caracterizează litologic prin predominarea flișului, caracteristică care îl face extrem de sensibil în fața factorilor destabilizatori climatici și antropici, care însă au acționat diferențiat pe parcursul ultimului mileniu.

A fost identificat răspunsul diferitelor componente ale mediului local (dinamica proceselor de versant, dinamica rețelei hidrografice și a suprafeței lacustre, variația ratei de sedimentare, succesiunea vegetației și a activității incendiilor de vegetație la nivel de bazin hidrografic etc.) și regional (dinamica suprafeței împădurite și a incendiilor de vegetație regionale) pe baza proprietăților sedimentelor lacustre, pentru un interval de timp pentru care nu există date climatice instrumentale. Din acest motiv, pentru a interpreta cât mai corect variația proprietăților sedimentelor, a fost necesară o cunoaștere detaliată a condițiilor climatice prezente din perimetrul de studiu (regimul precipitațiilor și al temperaturii aerului - cu accentuarea valorilor maxime și minime absolute), durata stratului de zăpadă, durata sezonului rece etc. Oferirea contextului climatic, pe baza căruia a fost interpretat contextul paleoclimatic, a reprezentat contribuția esențială adusă de mine (**Mihăilă D.**) în cadrul acestui studiu. Spre exemplu, analiza regimului precipitațiilor și al temperaturii a aratat că în aria de studiu aceste condiții accelerează dinamica versanților și a pantelor, și explică producerea alunecărilor de teren de mari dimensiuni independent de impactul uman. Exemplul cel mai elocvent în a argumenta afirmația precedentă este chiar alunecarea de teren care a dus la formarea lacului lezerul Sadovei din cadrul prezentului studiu.

Activitatea de cercetare s-a concretizat până acum în publicarea în calitate de autor sau coautor a cinci articole științifice în reviste ISI cotate cu factor de impact, a șase articole în reviste ISI indexate, a 19 articole indexate în baze de date internaționale și a 17 articole în reviste științifice neindexate BDI la data publicării. La acestea se adaugă teza de doctorat „*Câmpia Moldovei. Studiu climatic*”, capitolul II („*Regimul climatic și hazardele meteo-climatice ce se manifesta în aria bazinului hidrografic Prut*” - coautor) integrat în lucrarea „*Bazinul hidrografic Prut. Diagnosticul stării ecologice a resursei naturale de apă*” plus o serie de alte lucrări comunicate la diverse manifestări dar nepublicate. O bună parte din lucrările prezentate au constituit comunicări științifice la diferite simpozioane, conferințe sau workshop-uri, o altă parte au constituit teme de cercetare în diferite contracte și proiecte.

Ariile predilecte de cercetare au fost: municipiul Suceava și împrejurimile, Podișul Sucevei, județul Suceava, Câmpia Moldovei, Regiunea de dezvoltare Nord-Est, Moldova ca regiune istorică, județele regiunii istorice Moldova, bazinele hidrografice Siret și Prut, entități lacustre din Carpați, stațiuni balneoclimatice din Moldova, depozitele de deșeuri din județul Suceava, incineratorul de deșeuri periculoase Mondeco, teritoriul dintre Carpați și Nistru sau teritoriul Republicii Moldova.

Lucrările publicate pot fi împărțite în mai multe categorii: cu tematică climatologică și climatologic-aplicativă, legate de o serie de fenomene climatice, hidrologice și geomorfologice de risc, cu tematică bioclimatică și balneoclimatică, al teleconexiunilor climatice, al tendințelor de evoluție climatică, al analizei topoclimatului și bilanțului apei în areale carstice cu urgențe temale, al chimismului aerului, al poluării factorilor naturali de mediu (apă, sol) în punctele de depozitare neconformă a deșeurilor, al evoluției rețelei hidrografice sub influența climatului sau în configurarea condițiilor climatice actuale din perimetrul unor bazine lacustre ca bază de comparație pentru reconstituirile de paleomediu, al impactului climatului asupra pădurii și altele conexe. Toate temele abordate au pe lângă partea științifică și o componentă practică, aplicativă sau utilitară.

Capitolul II Evoluția activității didactice și a carierei academice în intervalul februarie 2003 – mai 2017

În acest interval am activat pe un post de lector (februarie 2003 – septembrie 2014) și apoi de conferențiar (octombrie – 2014 – mai 2017) în cadrul Departamentului de Geografie, Facultatea de Istorie și Geografie din cadrul Universității „Ștefan cel Mare” din Suceava.

Principalele activități și responsabilități aflate în sarcina mea în această perioadă

Activități didactice: predarea disciplinelor Meteorologiei și Climatologiei, Atmosfera terestră și calitatea aerului, Poluarea mediului și gestiunea deșeurilor, Poluarea și protecția mediului, Topoclimatologie și microclimatologie, Potențialul climatului și valorificarea lui în turism, Climatologie și hidrologie urbană, Climatologie și hidrologie, Balneoclimatologie și turism balnear, Monitoringul atmosferei și hidrosferei, Riscuri climatice, a Potențial balneoclimatologic al stațiunilor turistice românești, Evaluarea riscului Climatic și a potențialului climatoterapeutic, Poluarea atmosferică și schimbările climatice. Aceste discipline au fost susținute în cadrul Departamentului de Geografie sau a altor structuri din învățământul superior sucevean sau ieșean.

Activități metodico – didactice: coordonarea lucrărilor de licență (peste 100 de lucrări coordonate) și disertație (peste 15 lucrări coordonate), a celor pentru obținerea gradului didactic I (cca. 15 lucrări coordonate), membru în comisiile de susținere a examenului de definitivat și a gradului didactic II, membru în comisiile de examen pentru admitere la doctorat, membru în comisiile de îndrumare ale tinerilor doctoranzi, președinte în nouă comisi de bacalaureat, membru în fiecare an al comisiilor de licență sau de disertație din USV.

Activități organizatorice și de coordonare administrativă: organizarea unor manifestări științifice, cercuri, practici și aplicații de teren (inclusiv implicarea studenților în proiecte de practică – proiectul POSDRU DECARDS), activităților care au preces admiterea – promovarea departamentului, de admitere și a bunului mers al activităților la Departamentul de Geografie USV în calitate de Director de Departament din anul univ. 2011-2012 până în data de 05. XI.2015, participarea la evaluarea programelor de studii sau a personalului didactic din USV (în calitate de membru CEAC-din octombrie 2016), participarea la activități de training sau evaluare (în calitate de evaluator ARACIS – din august 2016).

Domenii de competență

Meteorologie și risc meteorologic (evaluarea parametrilor fizici ai atmosferei dintr-un anumit loc, a contextului sinoptic și geografic care favorizează producerea unor evenimente meteorologice periculoase pentru om și activitățile sale),

Climatologie și risc climatic (analiza detaliată evolutiv-distributivă a particularităților climatice ale unor entități geografice, regionarea acestora, emiterea de planuri pentru valorificarea practică judicioasă a potențialului climatic al unor arii în activitățile socio-economice, analiza statistică a elementelor, fenomenelor și a episoadelor climatice de risc cu cartarea și regionarea acestora),

Topoclimatologie și microclimatologie, Climatologie urbană (determinarea particularităților meteo-climatice de detaliu ale unor arii geografice de întindere medie, redusă și foarte redusă clar individualizate spațial),

Balneoclimatologie (evaluarea potențialului factorilor, elementelor și fenomenelor climatice în vederea valorificării lor judicioase pentru refacearea stării de sănătate a persoanelor ce suferă de anumite afecțiuni, identificarea valențelor bioclimatice ale unor stațiuni sau regiuni turistice),

Poluare atmosferică (stabilirea rolului factorilor antropici, meteo-climatici și al celor geografici în procesul de poluare atmosferică și identificarea în context regional/local a consecințelor acestora).

Evaluarea riscului climatic și a potențialului climatoterapeutic al diverselor entități geografice.

Variabilitatea și tendințele de evoluție a sistemului climatic.

Expertiza mea s-a concretizat prin: studii climatice și topoclimatice, studii de risc natural, studii de mediu și de chimism a atmosferei, studii pe tematică bioclimatică și pe linia turismului de sănătate (balneoclimatic), studii interdisciplinare (climatice și hidrologice, climatice și geomorfologice, climatice și silvice, climatice și agricole) etc. Activitatea didactică și cea de cercetare a impus participarea la mai multe manifestări științifice naționale și internaționale dar și organizarea unor activități științifice (conferințe, simpozioane, mese rotunde).

Capitolul III Implicarea în coordonarea unor echipe de cercetare, de explicare și facilitare a cercetării

Una din contribuțiile mele în această direcție este legată de participarea în cadrul comisiilor de îndrumare a doctoranzilor aflați în stagiul de pregătire a tezei de doctorat. La Departamentul de Geografie de la Suceava sunt în prezent implicat în patru astfel de comisii. Implicare în astfel de comisii am avut și la Departamentul de Geografie de la Univ. „Al.I.Cuza” din Iași. Discuțiile din aceste comisii sunt extrem de productive și utile tuturor, contribuind la stimularea cercetării și la consolidarea conceptului de școală doctorală.

O altă modalitate de a contribui la dezvoltarea personalității tinerilor cercetători este îndrumarea lucrărilor de disertație, multe din astfel de lucrări fiind axate pe teme de cercetare de actualitate și de un real interes.

Am încurajat studenții interesați să participe la simpozioanele studențești organizate în USV sau în alte instituții de învățământ din țară.

Nu în ultimul rând, implicarea mea în coordonarea / sprijinirea unor echipe de cercetare s-a concretizat prin publicarea a numeroase articole/studii (26 la număr) în care se regăsesc drept coautori doctoranzii. În cadrul realizării comunicărilor și a articolelor doctoranzii își însușesc și perfecționează metodologia și metodele de lucru, împrumutând din experiența cercetătorilor consacrați, iar aceștia din urmă se încarcă cu energie, potențialul de a munci și dorința de afirmare a mai tinerilor colaboratori.

În *activitatea de cercetare științifică* îmi propun ca obiective în care să fie implicate și colegii cercetători mai tineri:

- publicarea în fiecare an a unui articol științific în reviste ISI cotate cu factor de impact și a minim două articole în reviste incluse în BDI împreună cu cercetătorii geografi mai tineri,
- adăugarea în portofoliul de lucrări de doctorat coordonate în următorii ani a minim o lucrare de doctorat/an în domeniul Geografiei în cadrul Scolii doctorale geografice de la Suceava,
- atragerea la studii doctorale a unor specialiști din alte domenii pentru realizarea unor teme interdisciplinare de mare interes din sfera geografiei medicale, balneoclimatologiei, chimism atmosferic, agronomiei, silviculturii, amenajării teritoriului, gospodăririi apelor, analizei matematice,
- cooperarea în plan științific la nivel național și internațional cu cât mai mulți cercetători tineri și de perspectivă, dar și cu cei deja consacrați,
- câștigarea în următorii ani (unu - trei ani) a unui proiect de grant cu o finanțare consistentă care să permită achiziționarea de aparate, instrumente, mijloace de transport și softuri care prin utilizare să mențină geografia suceveană în elita școlilor geografice românești și din Europa centrală și care să permită realizarea de studii de substanță și participarea la cele mai prestigioase manifestări științifice naționale și internaționale.

Capitolul IV. Implicarea în organizarea și gestionarea activităților didactice, de explicare și facilitare a învățării

Între atribuțiunile mele didactice au intrat cursurile și lucrările practice la discipline Meteorologie și Climatologie, Topoclimatologie și Microclimatologie, Atmosfera și calitatea aerului, Poluarea mediului și gestiunea deșeurilor, Climatologie și hidrologie urbană, Balneoclimatologie și turism balnear, Potențialul climatului și valorificarea lui în turism desfășurate cu studenții de la ciclul de licență zi și ID de la specializările Geografie, Geografia turismului, Geografia mediului sau Geografie engleză, Geografie-franceză și Istorie-Geografie, ultimele trei specializări desființate odată cu trecerea la etapa Bologna. De asemenea, am susținut cursuri și activități practice la ciclul de învățământ masterat. Disciplinele predate au fost Riscuri climatice și Evaluarea riscului climatic și a potențialului climatoterapeutic. Activitatea didactică a presupus și predarea cursurilor/laboratoarelor de Climatologie și hidrologie la specializarea Ingineria mediului în industrie de la Facultatea de Inginerie Mecanică, Mecatronică și Management (timp de trei ani), predarea cursurilor/laboratoarelor la disciplina Monitoringul aerului și apei – specializarea Meteorologie – Hidrologie, Facultatea de Geografie și Geologie, Univ. „Al.I.Cuza” din Iași și predarea orelor de seminar la disciplinele Riscuri climatice și Poluarea atmosferei și schimbări climatice la ciclul de învățământ masterat la Facultatea de Geografie și Geologie, Univ. „Al.I.Cuza” din Iași (intervalul 2008-2010).

Pe lângă activitatea didactică propriu zisă din sălile de curs și laboratoare, toate disciplinele predate sunt prevăzute cu ore de aplicații practice în teren.

Activitatea de evaluare a studenților este pregătită îndelung și cu atenție desfășurându-se atât în cursul anului cât și în sesiuni pe baza unor cerințe clar formulate și bine cunoscute de actorii implicați.

În anii petrecuți la catedră m-am implicat în organizarea a numeroase practici studențești.

Am coordonat de asemenea cca. 15 lucrări metodico-științifice pentru obținerea de către profesorii de geografie din diferite școli și licee a gradului didactic I.

Activitatea didactică s-a bazat pe o serie de cursuri în format ID accesibile electronic studenților. Este vorba de cursurile de Meteorologie și Climatologie, Climatologie și hidrologie urbană (coautor), Balneoclimatologie și turism balnear (coautor). De asemenea pentru pregătirea științifică a tuturor studenților sunt accesibile în biblioteci lucrările Introducere în climatologia practică (coautor), Atmosfera terestră – Elemente de favorabilitate și nefavorabilitate pentru organismul uman și activitățile turistice și Atmosfera terestră. Laboratorul de Climatologie și Hidrologie este unul bine dotat (cu instrumente, aparate, calculatoare, videoproiector, softuri, hărți și alte mijloace) satisfăcând necesitățile și exigențele unui învățământ modern.

Despre lucrarea realizată de **Mihăilă D.** și Tanasă I. în 2010 și intitulată „*Introducere în meteorologia practică*”, publicată la Editura Univ. „Stefan cel Mare” din Suceava, Prof. univ. dr. Maria Rădoane afirmă în prefața acesteia: „Până acum s-au elaborat câteva lucrări de meteorologie practică, dar nici una de anvergura celei de față. Modest intitulată „*Introducere în meteorologia practică*”, lucrarea se prezintă ca o abordare comprehensivă asupra metodelor și mijloacelor de cercetare în meteorologie într-un tom ce însumează 414 de pagini. Întregul material este structurat în 19 capitole și trece în revistă cu mare rigoare fiecare element și fenomen meteorologic și modul cum acestea sunt observate, ce aparatură se utilizează în prezent, cum au evoluat instrumentele, ce randament au fiecare s.a.” iar Prof. univ. dr. em. Elena Erhan afirmă că: „Prin problematica pe care o abordează, conținutul lucrării se adresează, deopotrivă, studenților de la toate facultățile care audiază cursuri din domeniul Meteorologiei și efectuează lucrări practice de laborator și teren la aceste discipline, profesorilor de geografie, care găsesc aici toate normele de efectuare a observațiilor meteorologice cu elevii, folosite ulterior pentru cunoașterea caracteristicilor locale ale climei și a impactului acestora asupra mediului, iar în ultimă instanță, tuturor celor care trudesă pentru dezvoltarea teoretică și practică a meteorologiei în țara noastră.”

Și lucrarea „*Atmosfera terestră – Elemente de favorabilitate și nefavorabilitate pentru organismul uman și activitățile turistice*” publicată în 2004 a întrunit aprecieri din partea specialiștilor. Prof. univ. dr. Liviu Apostol aprecia următoarele: „Lucrarea are un volum adecvat pentru obiectivele propuse, care să constituie un strict necesar pentru studenți și să abordeze tot ceea ce este important în domeniu. Cele cinci capitole tratează: influența compoziției și circulației atmosferei pentru turism; rolul elementelor, fenomenelor și proceselor climatice în activitățile turistice; indicii climatici, bioclimatici și climato-turistici; bioclimatul stațiunilor balneoclimaterice din România; procedee terapeutice specifice mediului atmosferic. Lucrarea de față a analizat interrelațiile complexe și foarte puternice care există între elementele, fenomenele și procesele meteo-climatice și organismul uman, iar pe de altă parte între manifestările meteo-climatice și activitățile din domeniul turistic (cu accent special asupra procedurilor climatoterapeutice care pot să fie practicate/aplicate în stațiunile balneoclimaterice). Este o lucrare originală de climatologie, respectiv bioclimatologie cu aplicații în domeniul turismului. Sunt convins că lucrarea va captiva studenții și îi va îndemna la un drum în specializarea geografia turismului. La nivelul la care se află, sunt sigur că lucrarea va constitui un îndrumar și un imbold și pentru cadrele universitare mai tinere din acest domeniu. Este un manual care poate asigura o cultură generală în domeniu, chiar și pentru cei din profesie”.

O ultimă apariție editorială destinată printre altele și pregătirii temeinice a tinerilor geografi intitulată *Atmosfera terestră* a fost publicată în mai 2017 la Editura Univ. „Ștefan cel Mare” din Suceava. Prof. univ. dr. em. Liviu Apostol în analiza critică a lucrării preciza următoarele: „Lucrarea este originală prin concepție și viziunea asupra sitezei propuse. O monografie de acest tip și cu acest scop sintetizează, conform concepției autorului, patrimoniul de cunoștințe existente pe plan mondial la un moment dat. Întrucât în ultimele decenii meteorologia a devenit un domeniu principal al științelor pământului (Științele atmosferei și ale pământului). Abordarea de față este oportună, ea putând constitui un manual ideal la nivel de master, dar și o fundamentare a cunoștințelor în domeniu a diferiți specialiști...”.

Pe linia organizării și gestionării activităților didactice, de explicare și facilitare a învățării m-am implicat ori de câte ori postura în care m-am aflat mi-a impus-o în întocmirea unor planuri de învățământ în conformitate cu cerințele ARACIS impuse la rândul lor de necesitățile timpului. Ca membru în proiectul POSDRU /156/1.2/G/133630 „Dezvoltarea programelor de studii universitare și extinderea oportunităților de învățare pentru studenți și piața muncii” condus de Conf. univ. dr. Georgel Neamțu m-am implicat în promovarea programelor de studiu de la Departamentul de Geografie în rândul liceenilor din Moldova. Ca membru al Proiectului “DEZvoltarea CARIerei Durabile prin Stagii de practică și consiliere pentru studenți – DECARDS”, condus de Conf. univ. dr. Alunica MORARIU am coordonat în practică echipe de studenți geografi care au implementat cunoștințele teoretice și practice obținute în facultate în diferite locuri de muncă oferite temporar de diferiți angajatori.

În *activitatea didactică de viitor*, îmi propun următoarele obiective:

- întărirea legăturilor interuniversitare cu departamentele de profil în care se predau discipline legate de atmosfera terestră,
- susținerea în fața studenților și masteranzilor a unor cursuri, seminarii și laboratoare de o înaltă ținută științifică, cu un mare grad de interactivitate și aplicativitate practică,
- publicarea tuturor cursurilor, seminariilor și aplicațiilor practice pe care le susțin cu studenții și masteranzii în edituri recunoscute pe plan național și internațional și facilitarea accesului la formatul electronic al acestora,
- încurajarea studenților și masteranzilor să-și aleagă într-un număr reprezentativ lucrări de licență și disertație pe tematică meteorologică și climatologică,
- completarea bazei materiale a Laboratorului de Climatologie și Hidrologie, astfel încât acesta să răspundă noutăților și exigențelor din ce mai ridicate din meteorologia și climatologia contemporană,
- perfecționarea studenților și masteranzilor în alcătuirea, prelucrarea și interpretarea bazelor de date meteorologice și climatologice, în realizarea de studii meteo-climatice aplicate,
- realizarea de aplicații și practici de teren în orizontul local, în țară și în străinătate,

- întărirea colaborării cu instituțiile de profil (A.N.M., C.M.R. Moldova, S.R.P.V. Bacău, A.P.M. – uri, S.G.A. – uri etc.) în vederea efectuării unor vizite de lucru și aplicații practice care să consolideze pregătirea practică a studenților și masteranzilor geografi,
- implicarea din ce în ce mai activă în programul ERASMUS + prin implementarea unor noi acorduri de colaborare cu universități care să acopere geografic toată Europa,
- câștigarea în viitorii trei-patru ani a unui proiect POSDRU de formare profesională în care să fie angrenați cât mai mulți geografi și specialiști de mediu.

Capitolul V. Perspective ale evoluției activității științifice în orizontul următorilor ani

În ceea ce privește perspectivele cercetării științifice pot porni de la o realitate concretă: ceea ce deja am reușit să realizăm. În cele ce urmează sunt prezentate o serie de comunicări pe care împreună cu diverse colective de autori le-am realizat și care sunt aflate în diverse stadii de evaluare la diferite reviste științifice: în press, în diferite stadii de evaluare sau care urmează a fi trimise spre evaluare. În momentul în care vor fi acceptate spre publicare asupra lor va acționa drepturile de autor ale acestor publicații. Studiile vor fi prezentate în continuare cu conținutul aproximativ care urmează a fi publicat și de aceea asupra lor am intervenit doar prin unele elemente de formatare. În fiecare studiu se păstrează formatul articolului, numerotarea tabelor, figurilor și bibliografia.

Un prim studiu cu tematică bioclimatică aflat în stadiul de acceptare spre publicare este prezentat în cele ce urmează.

Titlul: REGIONAREA BIOCLIMATICĂ A MOLDOVEI DE LA VEST DE PRUT

Autorii: Ionel Bistricean, **Dumitru Mihăilă**, Gina Lazurca

Cuvintele cheie: bioclimat, confort sau disconfort bioclimatic

Rezumat: Cercetările de regionare bioclimatică din Moldova de la vest de Prut (numită în continuare Moldova) axate pe utilizarea unor indici climatici variați sunt puține. Utilizând nouă indici bioclimatici (THI, Pr, Tpr, ISH, TEE, DI THOM, HUMIDEX, SSI și ISE) am reușit pe baze statistice și cartografice să identificăm, delimităm și să trasăm caracteristicile majore ale celor trei bioclimatice de pe teritoriul Moldovei. Au fost identificate prin acest demers trei entități bioclimatice: bioclimatul rece, umed și vântos, bioclimatul confortabil și bioclimatul cald uscat și contrastant. Ele se încadrează în linii mari în regiunile bioclimatice realizate până în prezent completându-le sub aspect cantitativ și calitativ.

Introducere. Cunoașterea condiționărilor pe care bioclimatul le impune organismului uman reprezintă o necesitate atât de ordin practic cât și teoretic. Analiza evoluției și distribuției parametrilor atmosferici cu impact asupra omului pentru teritoriul cuprins între râul Prut și culmile Carpaților Orientali a intrat și în atenția noastră de mai multă vreme. Pe acest teritoriu variat din punct de vedere geografic și complex în ceea ce privește particularitățile climatice, trăiesc aproximativ 3,8 milioane de locuitori. Cunoașterea particularităților bioclimatice ale Moldovei, este pe deplin argumentată, dacă ne raportăm fie și la numărul semnificativ de oameni care trăiesc în această regiune, în condițiile bioclimatice specifice ei.

Aria de studiu. Aceasta are o suprafață de 46260 km² și se suprapune peste teritoriul provinciei Moldova, în cadrul ei intrând județele Suceava, Botosani, Neamț, Iași, Bacău, Vaslui, Vrancea și Galați.

Date utilizate. Pentru realizarea acestei regiunări am utilizat datele medii lunare ale următoarelor elemente climatice: temperatura aerului, umiditatea relativă a aerului, tensiunea vaporilor de apă și viteza vântului din perioada 1961 – 2013, de la 14 stații meteorologice, care sunt nominalizate în Tab. 1. Datele meteorologice au provenit din rețeaua de stații aparținând Administrației Naționale de Meteorologie.

Metode și mijloace. În prezenta regionare bioclimatică a Moldovei ne-am bazat în special pe rezultatele date de trei indici bioclimatici: indicele termo-higrometric – THI, cel al puterii de răcire a vântului – Pr și cel al temperaturii echivalente puterii de răcire a vântului - Tpr. Acești indici au aplicabilitate fără restricții pentru toate lunile din an și pentru toate stațiile din teritoriu și au conturat „osatura” acestei regiunări. Indicele Tpr dă rezultate mai puțin convingătoare pentru lunile verii, dar de acest aspect s-a ținut cont în regionarea bioclimatică. Regionarea este apoi completată și cu rezultatele oferite de alți indici bioclimatici a căror importanță și pondere pe linia acestui demers este mai redusă.

Tab. 1. Stațiile meteorologice din Moldova ordonate de la nord la sud conform latitudinii

Nr.	Stația meteorologică	Altitudinea (m)	Latitudinea	Longitudinea
1	Rădăuți	383	47° 50' 16.222" N	25° 53' 25.562" E
2	Botoșani	121	47° 44' 08.274" N	26° 38' 43.907" E
3	Suceava	356	47° 37' 58.368" N	26° 14' 25.924" E
4	Cotnari	275	47° 21' 29.882" N	26° 55' 32.206" E
5	Poiana Stampei	917	47° 19' 28.730" N	25° 08' 03.977" E
6	Iași	99	47° 10' 15.416" N	27° 37' 41.819" E
7	Roman	221	46° 58' 08.707" N	26° 54' 42.515" E
8	Ceahlău Toaca	1805	46° 58' 38.978" N	25° 56' 59.718" E
9	Vaslui	101	46° 38' 45.966" N	27° 42' 51.898" E
10	Bacău	182	46° 31' 54.803" N	26° 54' 44.984" E
11	Târgu Ocna	239	46° 16' 21.702" N	26° 38' 27.673" E
12	Bârlad	173	46° 13' 58.931" N	27° 38' 39.909" E
13	Focșani	49	45° 41' 15.047" N	27° 11' 59.134" E
14	Galați	67	45° 28' 22.469" N	28° 01' 56.159" E

Pe lângă THI, Pr și Tpr un alt indice bioclimatic utilizat cu bune rezultate, dar doar pentru nouă luni din an (septembrie - mai), a fost indicele SCHARLAU hibernal – ISH. De asemenea, pentru regionare am utilizat cu o pondere mai redusă (datorată limitelor de aplicabilitate restrictive sau a rezultatelor deficitare generate) o serie de alți indici pe care îi amintim:

- temperatura efectivă echivalentă – TEE pentru intervalul iunie – august;
- indicele de disconfort DI THOM – de care s-a ținut cont pentru lunile iulie – august;
- indicele HUMIDEX -pentru intervalul iunie - august
- indicele SIMMER de vară – SSI pentru lunile iulie - august,
- indicele SCHARLAU estival – ISE pentru intervalul mai - septembrie.

Toți cei 9 indici utilizați în regionare (4 principali: THI, Pr, Tpr, ISH și 5 secundari: TEE, DI THOM, HI, SSI și ISE) au fost calculați cu ajutorul formulelor [1-9] redate în Tab. 2.

Calcularea acestor indici s-a bazat pe mediile lunare ale elementelor meteorologice care intră în formulele lor și a fost realizată cu ajutorul softului de statistică Microsoft Excel. Analiza și distribuția spațială a valorilor indicilor s-a realizat cu ajutorul platformei Arc Gis v 9.3.1 folosind mai multe metode de analiză precum cea a regresiei liniare, Krigingul ordinar și metoda combinată a regresiei cu krigingul ordinar.

Tab. 2 Formulele de calcul ale indicilor bioclimatici utilizați, după diferiți autori

$THI\ ^\circ C = T_{usc} - (0.55 - 0.0055 \cdot UR) \cdot (T_{usc} - 14.5)$ [1], după Kyle, 1994
$Pr = (10\sqrt{V} + 10,45) \cdot (33 - t)$ [2], după Siple și Passel în 1945, modificată în 1974 de către Beçancenot
$Tpr = (33 + (T_{usc} - 33) \cdot (0.474 + 0.454\sqrt{v_1} - 0.0454v_1))$ [3], după Ionac, Ciulache, 2008
$ISH = T_{usc} - T_c$ [4a]; $T_c = (-0.0003 \cdot UR^2) + (0.1497 \cdot UR) - 7.7133$ [4b] după Scharlau, 1950
$TEE = 37 - \frac{37-t}{0.68+0.00014f+\frac{1}{1.76+1.4v^{0.75}}} - 0,29 \left(1 - \frac{f}{100}\right)$ [5], după Missenard (1937)
$DI\ Thom\ (^{\circ}C) = (0.8 \cdot T_{usc}) + [0.08 \cdot (U_r - 3.2)]$ [6], după Thom și Bosen în 1959
$HUMIDEX = T_{usc} + (0.555 \cdot (e - 10))$ [7], după Masterton și Richardson (1979)
$SSI = 1.98 \cdot (T_{usc} - (0.55 - 0.0055 \cdot (UR)) \cdot (T_{usc} - 58)) - 56.83$ [8], după Pepi, 2000
$ISE = T_c - T_{usc}$ [8] iar $T_c = (-17.089 \cdot \ln(UR)) + 94.979$ [9], după Scharlau, 1950

în care T_{usc} și t reprezintă temperatura măsurată la termometrul uscat în adăpostul meteorologic ($^{\circ}C$), T_c temperatura critică ($^{\circ}C$), V , v și v_1 viteza vântului (m/s), f și UR umiditatea relativă a aerului (%) iar e tensiunea reală a vaporilor de apă (hPa).

Pentru a realiza această regionare bioclimatică a Moldovei am centralizat toți indicii analizați anterior în trei mari componente:

- componenta de timp caracterizată prin disconfort bioclimatic datorat răcirii, care include patru tipuri majore de timp: frig excesiv, foarte frig, frig și răcoare cărora le-am atribuit note de la -4 în cazul tipului de timp foarte frig la -1 în cazul

tipului de timp rece – Tab. 3; această componentă a conturat sezonul rece al anului (lunile octombrie-martie) care este marcat în cea mai mare parte a lui de disconfort bioclimatic prin răcire,

- componenta de timp caracterizată prin disconfort climatic datorat încălzirii care cuprinde trei tipuri majore de timp: cald, foarte cald și canicular cărora le-am atribuit note de la 1 – cald la 3 – canicular; aceasta a conturat sezonul cald al anului (lunile aprilie-septembrie) marcat în bună parte de disconfort bioclimatic prin încălzire,

Tab. 3. Notele acordate tipurilor de timp și care au fost asociate fiecărui indice climatic pe baza valorilor lunare calculate ale acestora

Notă de analiză cartografică	Tip de timp	Tip de confort/disconfort bioclimatic
-4	Frig excesiv	Disconfort bioclimatic prin răcire
-3	Foarte rece	
-2	Frig	
-1	Rece	
0	Confort	Confort bioclimatic
1	Cald	Disconfort bioclimatic prin încălzire
2	Foarte cald	
3	Canicular	

- componenta de timp caracterizată prin confort bioclimatic căreia i-am atribuit nota 0, a glisat către cele două sezoane ale anului în funcție de luna în care un anumit indice a căpătat nota de analiză cartografică 0.

Folosindu-ne de metodele moderne de reclasificare și interogare GIS, am centralizat acești indici la nivel lunar pe sezoanele menționate, apoi i-am centralizat prin algebră cartografică. Fiecărei părți a teritoriului cercetat i-a corespuns o notă cartografică (care indică un tip de timp și în consecință de bioclimat) pentru sezonul rece și o altă notă pentru sezonul cald.

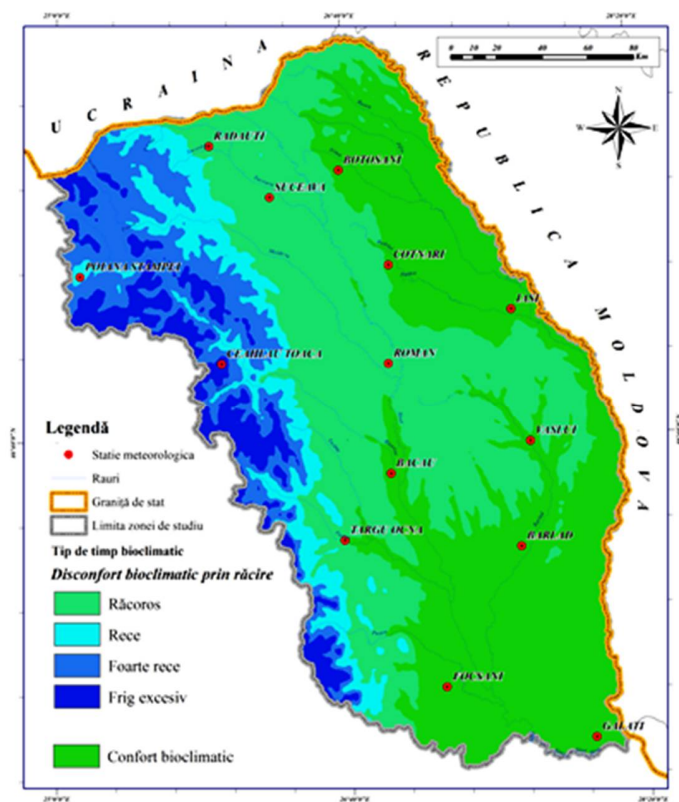


Fig. 1. Centralizarea indicilor bioclimatici și determinarea tipurilor de timp pentru sezonul rece al anului în Moldova

Rezultate și discuții.

Pentru sezonul rece s-au conturat teritorial cinci tipuri de timp (Fig. 1), care datorită faptului că reflectă o situație bioclimatică pe termen lung (1960 - 2013) pot fi considerate fără a greși cinci tipuri secvențiale semianuale de bioclimat (patru caracterizate prin disconfort bioclimatic prin răcire și confort, unul prin confort) și în care componenta termică este cea care se impune.

Identificăm astfel:

- teritorii deasupra cărora se resimte la nivel mediu multianual confortul bioclimatic (mare parte a Câmpiei Moldovei, jumătatea sudică a Culoarului Siretului, jumătatea sudică a Podișului Bârladului); în cadrul sezonului rece, în situații concrete, stările de timp pot căpăta caracteristici glaciale în timpul Crivățului sau a instalării câmpurilor barice anticiclone favorizante pentru inversiunile termice,

- un tip de bioclimat răcoros ce cuprinde regiunea subcarpatică, partea nordică a Câmpiei Moldovei, întregul podiș al Sucevei și Podișul Central Moldovenesc,

- un tip de bioclimat rece ce ocupă baza culmilor Carpaților Orientali cu depresiunile intramontane,
- un bioclimat foarte rece situat în etajul altitudinal de la 1000 m până la 1300 m;
- bioclimatul caracterizat prin frig excesiv situat la altitudini de peste 1200 m.

Tipurile de timp în care se manifestă disconfortul prin răcire sunt caracterizate printr-un climat rece, nebulozitate mare, durată de strălucire a Soarelui redusă, aer relativ umed, precipitații moderat-abundente, strat de zăpadă gros și persistent, ceață frecventă. Stresul bioclimatic este mare, atât cel cutanat datorită temperaturilor scăzute și mai ales a vântului puternic cât și cel pulmonar ca urmare a tensiunii mici a vaporilor de apă în cea mai mare parte a teritoriului. Aerul este curat, lipsit de poluanți datorită dinamicii active, a acțiunii bactericide și chimice a razelor solare ultraviolete.

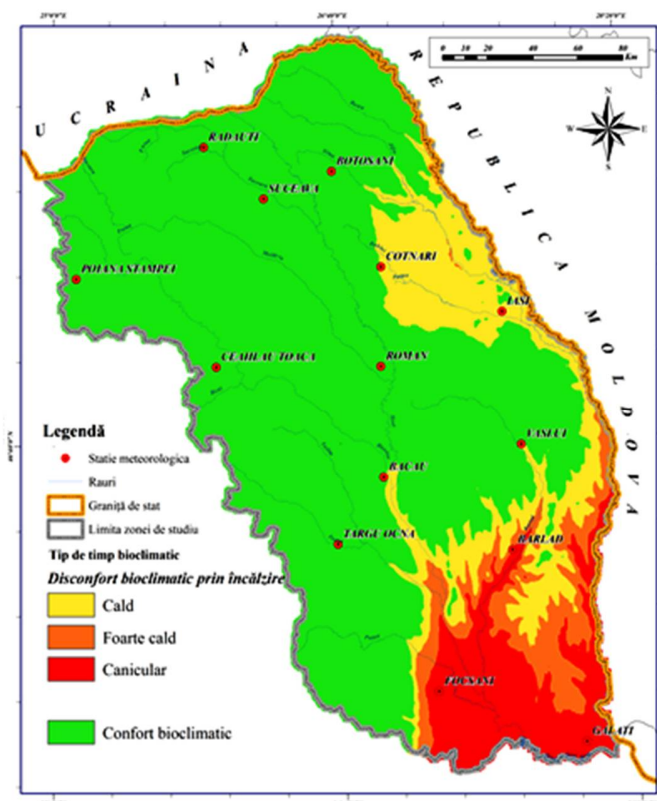


Fig. 2. Centralizarea indicilor bioclimatici și determinarea tipurilor de timp pentru sezonul cald al anului în Moldova

este specifică teritoriilor montane/subcarpatice (peste 600 – 700 m), dar și unor areale deluroase mai înalte (450 – 600 m) din Podișul Sucevei, Coasta Moldavă și Podișul Bârladului (poziționate nordic sau expuse din plin ventilației atmosferice). Ocupă cca. 1/3 din teritoriul Moldovei de la vest de Prut.

Al doilea tip de bioclimat este confortabil din punct de vedere termic, higric și dinamic și ocupă ariile nord – nord-vestică și centrală a Podișului Moldovei și marginile estice ale Subcarpaților Moldovei. *Confortul bioclimatic* este specific ariilor de podiș și dealuri (între 200 – 250 m și 600 – 700 m) – Podișul Sucevei, Culoarul Siretului, jumătatea nordică a Câmpiei Moldovei, coastelor deluroase marginale ale Câmpiei Moldovei, Podișul Bârladului. Și acest tip de bioclimat ocupă $\approx$ 1/3 din teritoriul Moldovei de la vest de Prut. Confortul termic este maxim, iar stresul cutanat, pulmonar și cardiovascular este minim.

Cel de al treilea tip de bioclimat este caracterizat ca fiind cald, uscat și cu o dinamică sezonieră contrastantă și ocupă partea estică și sud – estică a Moldovei. *Aria cu disconfort bioclimatic prin încălzire* se suprapune climatului de câmpie (sub 250/200 m) și ocupă cca. 1/3 din teritoriul cercetat. Se caracterizează prin ierni aspre, geroase și veri foarte calde, uscăciune accentuată a aerului, durată mare a strălucii Soarelui, dinamică destul de activă.

Centralizând prin calcul notele de analiză cartografică acordate indicilor bioclimatici din sezonul cald al anului, au rezultat (Fig. 2) patru areale cu trăsături bioclimatice diferențiate după cum urmează:

- un areal în care este specific tipul de timp canicular, conturat în Câmpia Siretului Inferior cu temperaturi medii zilnice ce depășesc frecvent 30°C;
- un teritoriu foarte cald extins în sudul regiunii între altitudini de 100 – 200 m caracterizat prin temperaturi ridicate cu valori medii diurne ce depășesc 26°C;
- un teritoriu cu un tip de timp cald răspândit pe areale cu altitudini cuprinse între 200 și 300 m în partea sudică a Câmpiei Moldovei, a Văii Prutului și a Podișului Bârladului;

Restul teritoriului studiat (peste 2/3) se încadrează în tipul de timp confortabil din punct de vedere termic, higric și dinamic.

Pentru a întocmi o harta bioclimatică generală am conectat cele două sezoane menționate anterior, rezultând în final trei bioclimatice clar conturate (Fig. 3).

Primul bioclimat este caracterizat la modul general prin răceală cu umiditate excesivă și dinamică accentuată fiind situat în etajul montan, subcarpatic și deluros înalt. Aria cu disconfort bioclimatic prin răcire

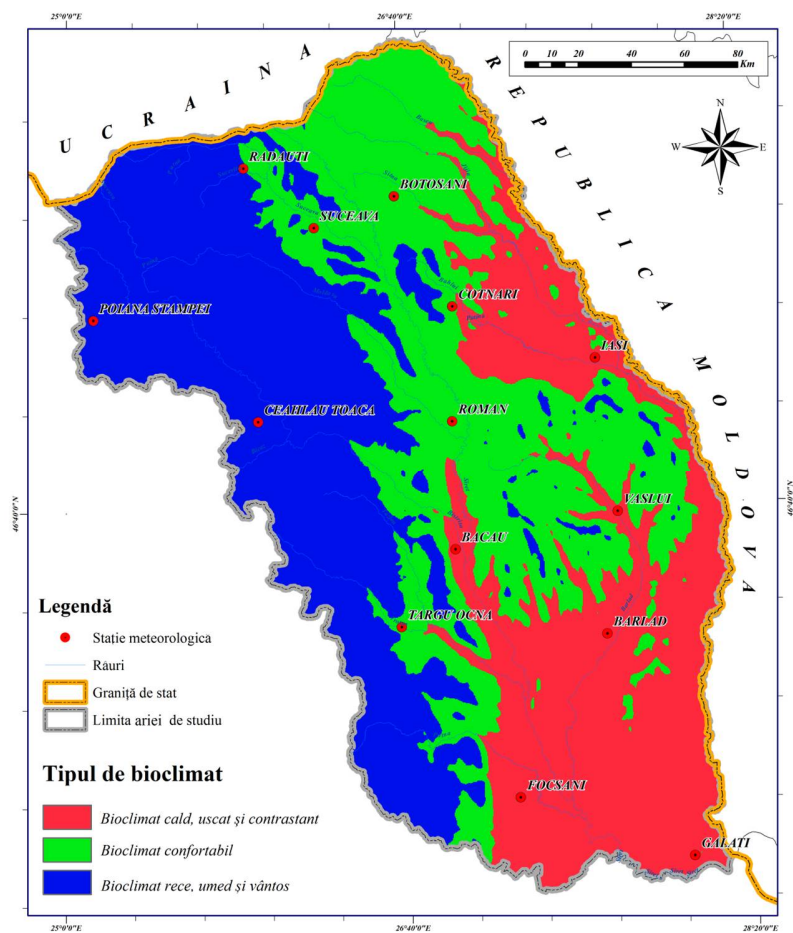


Fig.3. Harta bioclimatică generală a Moldovei cu tipurile de bioclimat conturate

Aceste trei bioclimat identificate, prezintă o suprapunere teritorială evidentă peste cea a etajelor bioclimatelor tonic-stimulant, de cruțare și excitant-solicitant care au fost departajate în regiunile bioclimatelor României propuse de Teodoreanu și colab., 1984 sau Bogdan, 1983 (în Geografia României, vol. 1).

Concluzii

În urma prelucrării celor 9 indici bioclimatici, am argumentat existența în limitele Moldovei a trei bioclimat distincte: rece, umed și vântos, confortabil și cald, uscat și contrastant. Pe teritoriul Moldovei putem identifica multe similitudini între *bioclimatul rece, umed și vântos* (așa cum a fost de noi denumit) și *bioclimatul tonic-stimulent* specific etajului de munte (peste 700 - 800m)

Al doilea tip de bioclimat identificat, cel *confortabil* poate fi asociat cu *bioclimatul sedativ-relaxant* (de cruțare) ce se suprapune peste etajul de podiș și dealuri (între 200 - 300 m și 700 - 800 m).

Cel de al treilea tip de bioclimat identificat, *bioclimatul cald, uscat și contrastant* este similar *bioclimatului excitant-solicitant* și se suprapune climatului de câmpie (sub 200 m).

Numărul mare de stații și indici bioclimatici analizați, perioada lungă de timp pentru care s-au făcut determinările, algoritmul cartografic complex de interpolare în ArcGis pe care l-am parcurs conferă rezultatelor obținute o validitate solidă.

“Mulțumiri

This paper has been financially supported within the project entitled „SOCERT. Knowledge society, dynamism through research”, contract number POSDRU/159/1.5/S/132406. This project is co-financed by European Social Fund through Sectoral Operational Programme for Human Resources Development 2007-2013. Investing in people!"

BIBLIOGRAFIE

- Grigore, Elena, (2012) „Potențialul bioclimatic al Podișului Dobrogei de sud”, Editura Universității București;
- Ionac, Nicoleta, Ciulache, S. (2008), „Atlasul bioclimatic al României”, Editura Ars Docendi, București.
- Kyle, W.J., (1992) - *Summer and winter patterns of human thermal stress in Hong Kong*, Kyle W.J. and Chang C.P. (eds.). Proc. Of the 2nd Int. Conference on East Asia and Western Pacific Meteorology and Climate, Hong Kong. World Scientific, Hong Kong, 557-583.
- Masterton, J.M, Richardson F.A. (1979) – „*Humidex, a method of quantifying human discomfort due to excessive heat and humidity*” CLI 1-79. Environment Canada, Atmospheric Environment Service, Downsview, Ontario.
- Munteanu L., Stoicescu C., Grigore L. (1978), „*Ghidul stațiunilor balneoclimaterice din România*”, „Editura Sport-Turism, București
- Pepi W.J. (1987) - *The Summer Simmer Index*, Weatherwise, Vol 40, No. 3, June
- Pepi W.J. (2000) - *The New Summer Simmer Index*. International audience at the 80th annual meeting of the AMS at Long Beach, California, on January 11
- Scharlau K. (1950) – *Einführung eines Schwülemasstabes und Abgrenzung von Schwülezeiten durch Isohygrothermen*, Erdkunde, v.4, pp.188-201
- Steadman R.G. (1979) - *The assessment of sultriness. Part I: A temperature-humidity index based on human physiology and clothing science*. J. Applied Meteorol., Vol 18: 861 - 873. Seria collana Meteo, Milano
- Teodoreanu Elena, Gaceu O. (2013), *Turismul balneo-climatic în România*, Editura Universității din Oradea
- Teodoreanu Elena; Dacos-Swoboda Mariana; Voiculescu Camelia; Enache L.(1984) - *Bioclima stațiunilor balneoclimaterice din România*, Editura Sport-Turism, București
- Thom E.C., and Bosen J.F. (1959) - *The discomfort index*, Weatherwise, 12: 57 – 60
- *** *Geografia României, I*, Geografia Fizică, cap. Clima, Editura Academiei, București, pp. 195 - 292

Un al doilea studiu cu tematică în sfera chimismului atmosferei și a dependenței acestuia de factorii atmosferei se află de asemenea în procedură de evaluare la o revistă cotate ISI.

Titlul: *Evaluarea variabilității troposferice a ozonului într-un oraș central est-european*

Autorii: **Mihăilă D.**, Briciu A.E., Ursul Gina

Cuvinte cheie: parametri meteorologici, coeficienți de corelație Pearson, analiză wavelet, efect de weekend.

Rezumat. Variațiile zilnice, lunare și anuale ale ozonului troposferic în atmosfera municipiului Suceava, România, sunt descrise și explicate prin utilizarea corelațiilor dintre concentrația de ozon și parametrii meteorologici locali. Parametrii meteorologici sunt: temperatura aerului, umiditatea aerului, durata de strălucire a Soarelui, viteza și direcția vântului. Toți parametrii reprezintă seturi de date orare înregistrate în intervalul de timp 2004-2007. Coeficienții de corelație Pearson și regresiile liniare au fost obținuți pentru scări de timp zilnice, lunare și anuale. Au fost găsite corelații pozitive semnificative între O_3 și temperatura aerului și corelații negative puternice între O_3 și umiditatea aerului, în special între orele 11:00 și 20:00, în timpul sezonului cald. Durata de strălucire a Soarelui și viteza și direcția vântului au avut o corelație mai slabă, dar bună pozitivă cu O_3 în același interval orar. Efectul de sfârșit de săptămână al ozonului se regăsește în orașul Suceava, deoarece traficul rutier redus în timpul weekendului determină concentrații mai mari de ozon. Analizele wavelet au fost efectuate pentru a explica în continuare variabilitatea ozonului.

1. Introducere. Ozonul (O_3) joacă un rol important în troposferă datorită impactului său asupra capacității de oxidare a atmosferei și asupra calității aerului în general, dar și prin contribuția sa la efectul de seră (Matthes et al., 2007). În

timp ce stratul O₃ stratosferic protejează Pământul de radiațiile UV, ozonul troposferic este al treilea gaz important cu efect de seră, după CO₂ și CH₄. Este, de asemenea, unul dintre poluanții cei mai fitotoxici, care afectează nu numai sănătatea umană, ci și vegetația și materialele (Vandermeiren et al., 2009). Comparând concentrațiile medii globale ale ozonului troposferic cu cele măsurate cu peste un secol în urmă, sa observat o creștere de aproape două ori, ca o consecință a emisiilor antropice crescute din secolul trecut (Vandermeiren et al., 2009). Emisiile crescute de metan, monoxid de carbon, compuși organici volatili (COV), produși în cea mai mare parte de combustia biomasei și combustibililor fosili, au determinat creșterea semnificativă a concentrației de ozon în epoca industrială (Voltz și Kley, 1988; Thompson, 1992; Marenco și colab., 1994). Prin evaluarea celor 30 de ani de măsurări efectuate în Europa, Seinfeld și Pandis (1998) au indicat o creștere a concentrațiilor de ozon de fond de 1 – 2 % pe an, ceea ce demonstrează faptul că poluarea aerului nu se limitează la o scară regională (Bauer și Langmann , 2002). Unele scenarii indică posibilitatea creșterii suplimentare a concentrațiilor de ozon în cursul acestui secol. Simulările pentru perioada 2015 - 2050 indică o creștere de 20 – 25 % a ozonului troposferic (Vandermeiren et al., 2009). NO_x, CO și COV prezente în atmosferă acționează ca precursori ai ozonului troposferic prin formarea de radicali liberi care contribuie în final la producția netă de ozon (Matthes et al., 2007). Complexitatea proceselor chimice din troposferă, precum și variația parametrilor meteorologici și a emisiilor de poluanți implicați în anumite reacții chimice pot determina schimbări de la un sistem la altul în perioade scurte de timp (Finlayson-Pitts și Pitts, 1997).

Temperatura aerului, vântul, radiația solară și umiditatea atmosferică afectează atât emisiile de precursori ai ozonului, cât și producția netă de ozon (Parry et al., 2007). Două studii recente despre ozonul troposferic în Europa (Ordonez et al., 2005) și SUA (Camalier et al., 2007) arată corelații sistematice între variabila ozon și cele meteorologice la scară regională. Primul studiu, realizat în 12 zone din Elveția, a identificat temperatura, radiația solară în timpul dimineții și numărul de zile de la ultimul pasaj frontal care a generat furtuni ca variabile predictive dominante pentru formarea ozonului în timpul verii. Cel de-al doilea studiu a subliniat faptul că până la 80 % din variația valorilor zilnice maxime ale mediilor de 8 ore din estul SUA poate fi explicată printr-un model generalizat liniar, cu temperatura (corelație pozitivă) și umiditatea relativă (corelație negativă) ca două dintre cele mai importante variabile predictive. Viteza și direcția vântului sunt importante numai pentru un număr mic de puncte de monitorizare a ozonului, potrivit unui alt studiu (Jacob și Winner, 2009).

Lucrarea de față investighează intensitatea corelațiilor existente între elementele meteorologice și concentrațiile de ozon, pentru fiecare lună calendaristică și pentru fiecare zi, pe baza valorilor orare măsurate în perioada 2004-2007 la Suceava. Obiectivul acestui studiu este de a analiza în ce măsură variabilitatea parametrilor meteorologici selectați explică variabilitatea concentrațiilor de ozon în timpul unui an mediu și, de asemenea, în timpul unei zile medii.

2. Zona de studiu

Orașul Suceava este situat în nord-estul României. Este considerat un oraș mediu-mare în cadrul rețelei urbane românești, având o populație totală de 114000 locuitori în 2011. Orașul Suceava a avut emisii moderate de precursori de ozon în perioada 2004-2007, iar concentrațiile orare nu au depășit pragul de informare (tabelul I, Figura 1), însă au fost înregistrate/calculate valori maxime zilnice ale mediilor de 8 ore care au fost aproape sau chiar au depășit obiectivul pe termen lung la acest poluant (în 2006).

Tabelul I. Concentrațiile medii și maxime anuale (calculate pe baza concentrațiilor orare) de ozon (μg / m³) în orașul Suceava în perioada 2004-2007.

	2004	2005	2006	2007	2004-2007
Concentrația medie orară	47	43.9	49.3	45.7	46.5
Concentrația maximă orară	122	122	146	118	146
Valoarea maximă a celor mai ridicate medii zilnice de 8 ore	111.8	112.8	139.5	106.3	139.5

Aceasta reprezintă un semnal de avertizare și pare să se înregistreze în tendința actuală a concentrațiilor crescânde de fond de O₃. În țările membre ale Uniunii Europene (inclusiv România), obiectivul pe termen lung (2020) este

stabilit la o concentrație de $120 \mu\text{g} / \text{m}^3 \text{O}_3$ ca valoare maximă zilnică a mediei de 8 ore (Agenția Europeană de Mediu, 2009).

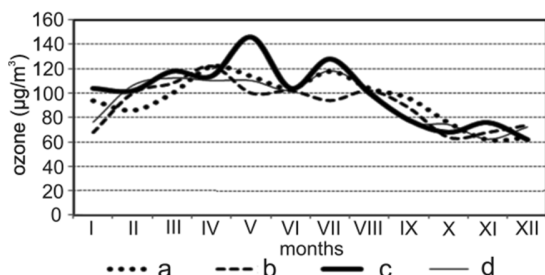


Fig. 1. Evoluția anuală a maximelor orare ale ozonului pentru fiecare lună în orașul Suceava în perioada 2004-2007: a-2004, b-2005, c-2006, d-2007.

folosit de APM Suceava este un model GUX-113, realizat de DKK TOA Japan, având ca principiu de măsurare fotometria UV (metoda de referință a Uniunii Europene, SR EN 14625: 2005 - "Calitatea aerului înconjurător" Metoda standard pentru măsurarea concentrației de Ozon prin fotometrie ultravioletă "). Intervalul de măsurare este de la 0 la 1 ppm (cu auto-scalare). Limita de detecție a metodei este de 0,5 ppb (Ursul și Nicu, 2008).

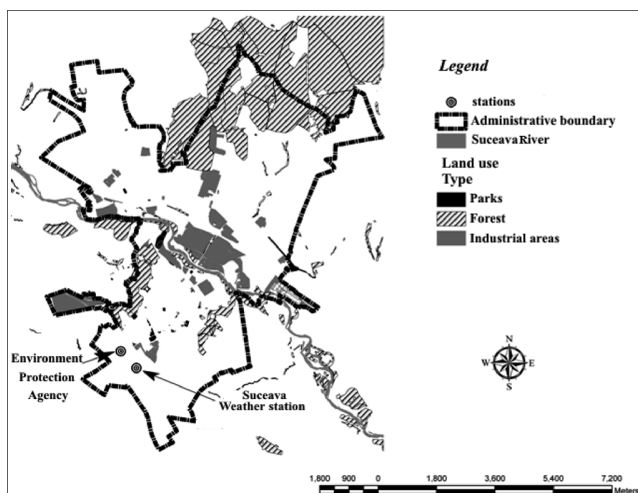


Fig. 2. Harta zonei de studiu.

utilizați în acest studiu pentru perioada 2004-2007 (temperatura aerului - T , umiditatea relativă a aerului - R_h , durata strălucirii Soarelui - S , viteza vântului - W și direcția vântului - W_d) au fost obținute de la Stația meteorologică Suceava ($47^\circ 37'N$, $26^\circ 14'E$, 359 m deasupra nivelului mării), care este situată aproape (0,7 km) de stația de monitorizare a ozonului (figura 2). Datele privind direcția orară a vântului sunt continui iar 0 a fost utilizat pentru a indica faptul că vântul nu bate din nici o direcție, în timp ce valorile de la 1 la 37 au fost folosite pentru a înlocui direcțiile cardinale cu echivalentul lor în grade împărțit la 10. Atunci când se calculează corelațiile și regresile liniare incluzând W_d , din direcțiile vântului au fost excluse situațiile cu calm. Valorile corelațiilor dintre ozon și ceilalți parametri sunt semnificative statistic, pentru nivelul de semnificativitate dat de $p < 0,01$ dacă corelațiile sunt mai mari de 0,1 sau mai mici de -0,1.

Transformarea wavelet continuă (CWT) a fost aplicată parametrilor analizați folosind metodologia descrisă de Labat (2010) pentru a obține scalograme. Pe scalograme, conturul negru gros indică nivelul de încredere de 0,95 față de zgomotul roșu al tipului AR1 (specific datelor climatice). Nivelul de încredere s-a calculat utilizând testul Monte Carlo, în conformitate cu metodologia descrisă de Grinsted și colab. (2004). Un con de influență apare ca urmare a seriei temporale

Nivelul de informare a fost stabilit la o concentrație orară de $180 \mu\text{g} / \text{m}^3 \text{O}_3$, în timp ce nivelul de alertă a fost stabilit la o valoare orară de $240 \mu\text{g} / \text{m}^3 \text{O}_3$ (Agenția Europeană de Mediu, 2009). În zonele urbane ale statelor membre ale UE, aproape 45 % din stațiile de monitorizare nu respectă valorile țintă ale O_3 pentru protecția sănătății umane (Mol et al., 2008).

3. Date și metode

Datele orare privind ozonul au fost furnizate de Agenția de Protecție a Mediului (APM) din Suceava. Acest parametru a fost monitorizat continuu pe parcursul întregii perioade incluse în acest studiu (2004-2007). Analizorul de ozon ambiant

La APM punctul de măsurare este situat în suburbiile Sucevei ($47^\circ 38'N$, $26^\circ 13'E$, 366 m deasupra nivelului mării, Fig. 2) și satisface cerințele directivelor Uniunii Europene de a fi plasat mai departe de sursele locale semnificative de precursori ai ozonului. Sursele industriale de precursori ai ozonului se află în următoarele perimetre: valea Sucevei (care împarte orașul în două părți) și platformele industriale Șcheia-Burdujeni (Figura 2). Sursele mobile constau în vehiculele care tranzitează ruta europeană E85 (care traversează orașul) și traficul rutier urban și rural. Datele din măsurători respectă cerințele de calitate privind captarea datelor din măsurătorile continue ale O_3 în puncte fixe, stabilite prin Directiva UE nr. 2002/3 / CE.

Date orare ale parametrilor meteorologici

finite, care este afectată de efectele de margine atunci când se efectuează o analiză wavelet (Torrence și Compo, 1998). Efectele de margine scad relevanța statistică a perioadelor identificate în scalograme, însă influența lor este marcată în mod clar de umbra mai ușoară aplicată culorilor spectrului de putere. Tehnica wavelet este o metodă bună de descoperire a oscilațiilor (Briciu, 2014) și o metodă relativ recentă utilizată în analiza poluanților atmosferici (Mokhtar et al., 2006; Furon et al., 2008) și ozon (Rigozo și colab. 2012).

Analiza coerenței wavelet (WTC) a fost aplicată parametrilor analizați folosind metodologia lui Grinsted și colab. (2004). Săgețile de fază de pe scalogramele WTC sugerează relația dintre perioadele identificate între seriile de timp comparate (săgețile îndreptate spre dreapta indică o relație în fază; stânga: antifază; în jos: seria 1 conduce seria 2 cu 90 °), dar interpretarea lor este dificilă (Grinsted et al., 2004). Coerența wavelet este o tehnică nouă utilizată în analiza poluanților atmosferici (Qian și colab., 2014).

Ambele analize wavelet (CWT și WTC) au utilizat wavelet Morlet ca wavelet-mamă. Wavelet Morlet este un sinusoid cu lungimea de undă modulate de o funcție Gaussiană (Morlet et al., 1982).

4. Rezultate și discuții

Între 2004 și 2007, profilul anual al ozonului a avut cele mai ridicate concentrații orare în intervalul primăvară-vară, în special în lunile aprilie-mai. În timpul zilei, intervalul orar critic în care ozonul are cele mai mari valori este 11 a.m. - 8 p.m. în sezonul primăvară-vară și între orele 11 a.m. - 6 p.m. în restul anului (Figura 3). Am luat în considerare atât ciclul complet diurn, cât și principalul interval de zi critic (11 a.m. - 6 p.m.), când valorile O_3 sunt cele mai ridicate pe tot parcursul anului. Pentru comparabilitatea rezultatelor tuturor parametrilor, folosim aceleași intervale orare, indiferent de luna din an.

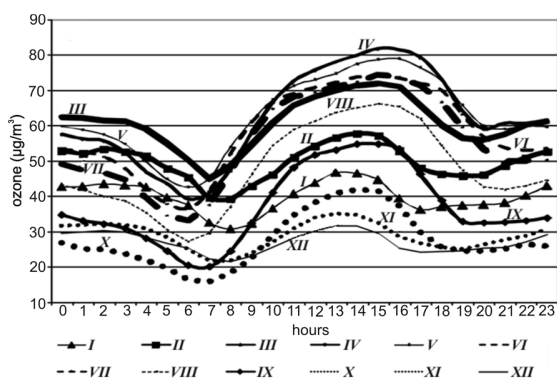


Fig. 3. Variația diurnă pe luni a concentrațiilor medii orare ale O_3 la Suceava în perioada 2004-2007.

anuală maximă de ozon.

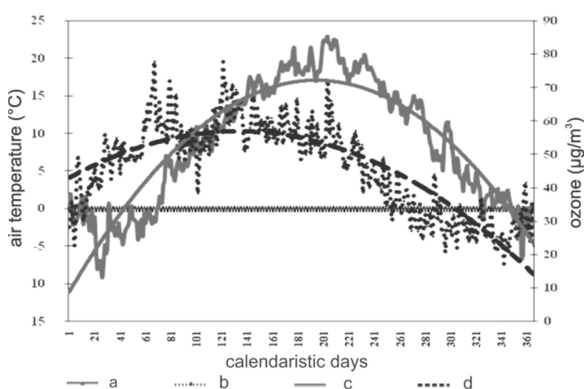


Fig. 4. Evoluția anuală a valorilor diurne ale T și O_3 în perioada 2004-2007: a - media T , b - media zilnică O_3 , c - funcția polinomială de gradul șase pentru valorile medii zilnice ale T , d - funcția polinomială de gradul șase pentru mediile zilnice ale O_3 .

În timpul unui an mediu, între evoluția temperaturii aerului și a concentrației de ozon (Figura 4), se pot observa multe asemănări. Valorile maxime ale temperaturii diurne din decurs de un an sunt atinse în lunile iulie-august și se situează într-un decalaj de timp de peste două luni, comparativ cu concentrația

Producerea minimei anuale de temperatură la sfârșitul lunii ianuarie, are loc cu aproape o lună și jumătate mai târziu decât concentrația anuală minimă de ozon. Reprezentările izopletare ale O_3 și T arată o suprapunere relativ bună a celor doi parametri (Figurile 5a, b) de la 10 - 11 a.m. până la 7 - 8 p.m., aproximativ pentru fiecare lună a anului, dar mai ales în perioada martie-septembrie. În aceste intervale de asemănări, domeniul cu concentrații de O_3 mai mari decât media anuală (aproximativ $> 50 \mu g / m^3$) corespunde în mare măsură domeniului cu temperatură $> 15 - 20 ^\circ C$.

În timpul unui an mediu, valorile medii ale

coeficienților de corelație Pearson ale O_3 și temperaturii orare a aerului arată corelații pozitive foarte bune (0,65 - 0,86) în perioada martie - octombrie și corelații mai scăzute (0,38 - 0,46) pentru perioada rece a anului (noiembrie - februarie) (Figura 6a). Luând în considerare evoluția interlunară a coeficienților de corelație Pearson calculată pentru intervale orare diferite ale zilei (Figura 7a), cele mai puternice corelații pentru întregul an sunt cele dintre măsurarea ozonului în intervalul 11 a.m. – 8 p.m. și temperatura înregistrată cu o oră înainte, și anume cele din intervalul 10 a.m. - 7 p.m.

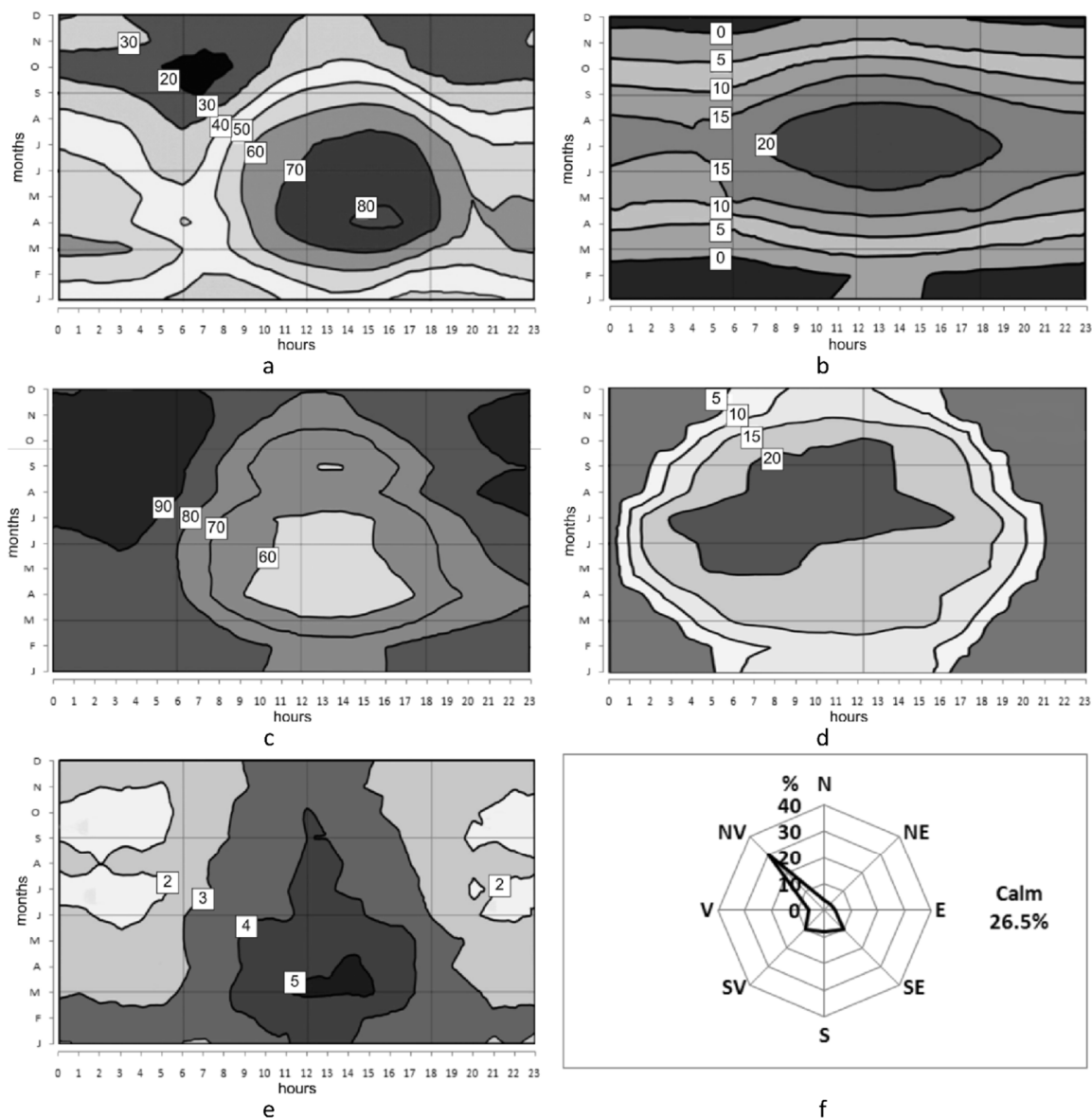


Fig. 5. Izopletele parametrilor analizați (2004-2007, orașul Suceava): a - O_3 ($\mu g/m^3$), b - T, c - Rh, d - S, e - Ws; f - frecvența anuală a vântului pe direcții și a calmului.

Corelații pozitive puternice și chiar foarte puternice pentru perioada rece (noiembrie-februarie) sunt de asemenea obținute atunci când se iau în considerare numai seturile de valori ale temperaturii și ozonului de la 11 a.m. - 8 p.m., în timp ce intervale orare mai mici, între orele 11 a.m. – 17 p.m. și respectiv 10 a.m. – 16 p.m., au prezentat corelații mult mai slabe decât pentru lunile calde. Există, de asemenea, corelații bune între concentrațiile orare de ozon și

temperatura înregistrată cu două ore înainte (Figura 7a), dar numai pentru perioada martie - octombrie; aceste corelații sunt mai slabe în lunile reci.

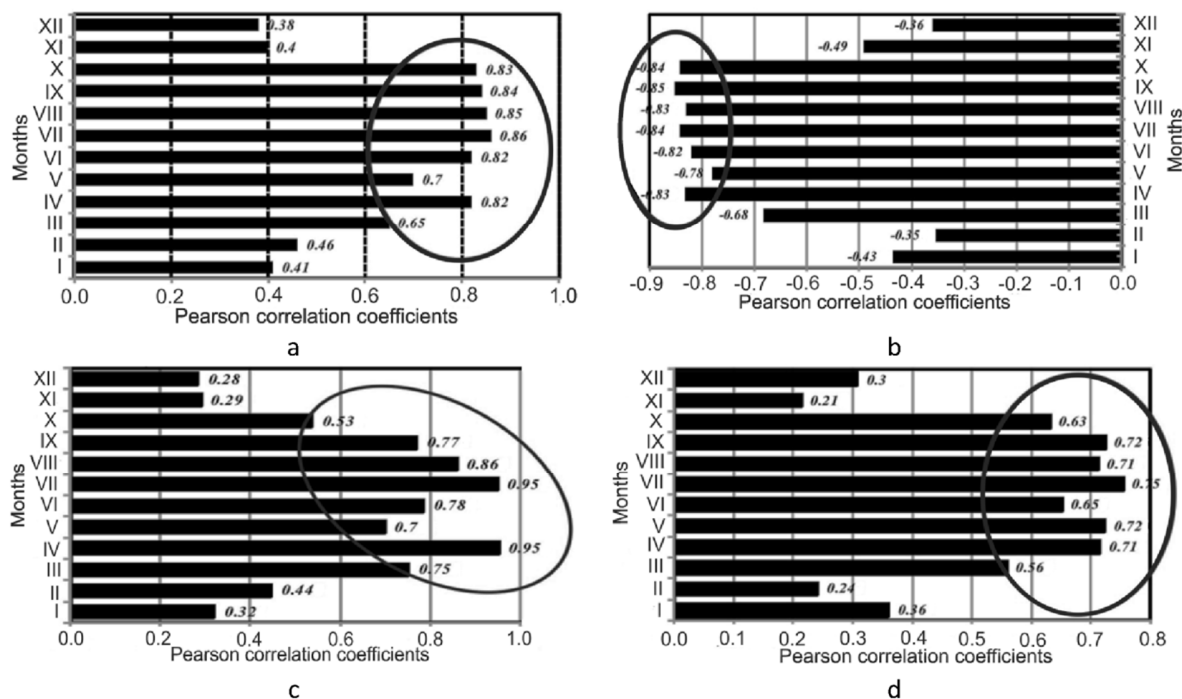


Fig. 6. Evoluția medie anuală a valorilor lunare (calculată prin media valorilor orare din fiecare zi) a coeficienților de corelație Pearson pentru: a - O₃ și T, b - O₃ și Rh, c - O₃ și S (O₃ - 11 a.m. - 8 p.m., S - 8 a.m. - 5 p.m.), d - O₃ și Ws.

Temperatura aerului este implicată în emisiile de COV naturale (emisii foliare). Principala sursă de COV naturală este vegetația din pădurile înconjurătoare ale orașului (o importanță majoră reprezentând pădurile Adâncata și Dragomira din dealurile nordice și respectiv din nord-vest).

Există o relație anuală puternică de proporționalitate inversă între umiditatea aerului și concentrațiile de ozon. În perioada în care Rh atinge cele mai scăzute valori (aprilie-mai), concentrațiile de O₃ ating maximum. În lunile cu cea mai mare umiditate relativă (noiembrie-ianuarie), concentrațiile de O₃ ating cel mai scăzut nivel. Din reprezentările izopletare ale ozonului (Figura 5a) și umidității relative (Figura 5c) se poate observa o suprapunere relativ bună a a celor doi parametri pe intervalele orare de la 10 - 11 a. m. la 7 - 8 p.m. Intervalului anual și diurn cu concentrații de O₃ mai mari decât media multianuală (aproximativ > 50 μg / m³) îi corespund în mare măsură intervalele anuale și diurne cu o umiditate relativă < 70 %. Umiditatea crescută are un efect puternic asupra concentrației de O₃ deoarece corelația O₃-Rh este negativă. Analizând regimul anual al coeficienților de corelație Pearson (Figura 6b) am observat că legătura negativă dintre O₃ și umiditate este puternică în perioada aprilie - octombrie (între -0,78 și -0,853), moderată în martie (-0,682) și slabă în noiembrie (-0,492) și în timpul lunilor iernii (între -0,355 și -0,436). Analiza evoluției interlunare a coeficienților de corelație Pearson dintre O₃ - Rh, calculată pentru diferite momente ale zilei (Figura 7b), arată că intervalul orar 11 a.m. - 18 p.m. prezintă cele mai puternice corelații negative (mai puternice decât -0,8). Prima explicație care vizează relațiile stabilite între umiditatea aerului și O₃ este că O₃ este îndepărtat din aer prin prezența picăturilor de apă (aerosoli) prin absorbția pe picăturile de apă.

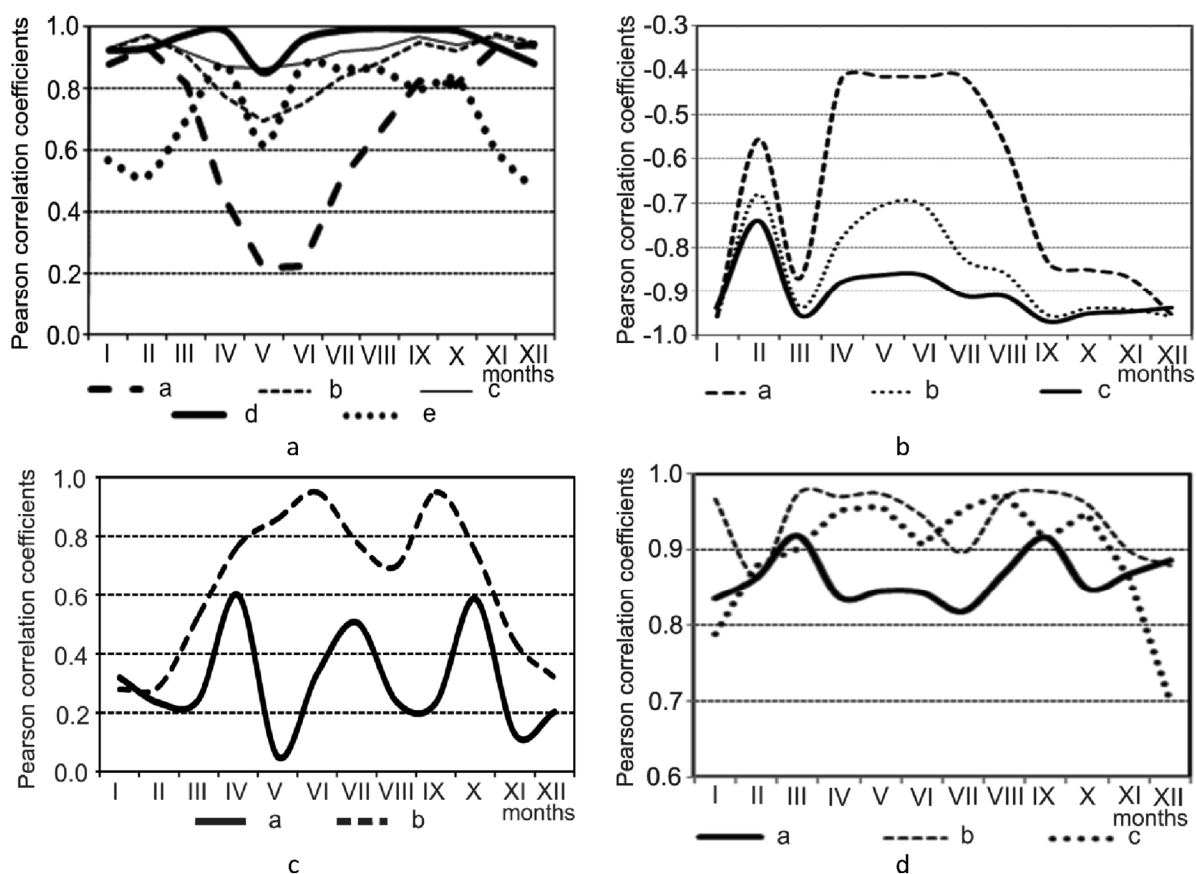


Fig. 7. Evoluția medie anuală a valorilor lunare ale coeficienților de corelație Pearson între diferite ore:
a - O_3 și T (a. 10 a.m. - 6 p.m., b. 11 a.m. - 7 p.m., c. 11 a.m. - 8 p.m., d. , 11 - 8 p.m. cu un interval de decalaj de o oră, e., 11 - 8 p.m. cu un interval de interval de două ore),
b - O_3 și Rh (a. 10 a.m. - 6 p.m., b. 11 a.m. - 7 p. m., c - 11 a. m. - 8 p.m.),
c - O_3 și S (a. 11a. m. - 18 p. m., b - O_3 - 11 a.m. - 8 p.m. și S - 8 a.m. - 5 p.m.),
d - O_3 și Ws (a. 11 a.m. - 8 p.m., b. 11 a.m. - 8 p.m. cu un interval de decalaj de o oră, c. 11 a.m. - 8 p.m. cu un interval de decalaj de două ore).

În plus, în perioadele cu umiditate ridicată (seara, noaptea și dimineața, mai ales în sezonul rece) sau cu precipitații, intensitatea luminii solare (în special UV) scade, reducând procesele fotochimice de producție și descompunere a O_3 . Umiditatea în sine are, în aceste perioade, un impact relevant asupra nivelului de O_3 , rezultând corelații puternic negative O_3 -RH.

În decurs de un an, evoluțiile interdiurne ale duratei de strălucire a Soarelui și a ozonului sunt corelate pozitiv și puternic. Prin compararea reprezentărilor izopletare ale duratei strălucirii Soarelui (Figura 5d) și ale ozonului, se observă doar o suprapunere slabă a parametrilor analizați, deși se aștepta o corelație evidentă. Durata maximă diurnă a strălucirii Soarelui apare cel mai frecvent atunci când Soarele trece prin meridianul local sau imediat post-meridian (12 p.m. - 1 p.m.), cu aproximativ 3 - 4 ore înainte de maximumul concentrației atmosferice de ozon, care este de obicei înregistrat în timpul după-amiezii (4 - 5 p. m). Durata strălucirii Soarelui în timpul orelor 8:00 - 15:00 se corelează cel mai bine cu O_3 înregistrat în perioada 11:00 - 20:00. Coeficienții lunari de corelare Pearson (între durata strălucirii Soarelui în intervalul 8:00 - 17:00 și

concentrația de ozon în intervalul 11:00 - 20:00) sunt puternic pozitivi (0,955 - 0,860) în lunile aprilie și iulie-august (când viteza vântului, temperatura aerului și umiditatea relativă acționează în aceeași direcție). Corelațiile sunt relativ bune în lunile martie, mai, septembrie și octombrie (0,786 - 0,539), dar sunt slabe în perioada noiembrie-februarie (luni reci, cu nebulozitate mare, umede - 0,285 - 0,448). Evoluția interlunară a coeficienților de corelație O_3 -S arată o relație bună pentru intervalul orar comun: 11 a.m. - 8 p.m. (Figura 7c).

Corelațiile stabilite între O_3 și durata strălucirii Soarelui sunt semnificative în sezonul cald al anului și în după-amiezile acestui sezon. Corelațiile mai slabe ar putea fi explicate de o anumită inerție a reacțiilor de formare a O_3 sub impulsul razelor UV și de alți factori (temperatura aerului, viteza vântului și variația orară a direcției sale).

Analiza evoluției anuale a O_3 și Ws a arătat că cele mai mari viteze diurne ale vântului (din aprilie - mai) corespund concentrației maxime diurne a ozonului troposferic. În perioadele cu cele mai mici viteze ale vântului (de exemplu, septembrie), concentrațiile de ozon scad semnificativ. Există o corelație evidentă pozitivă între Ws și O_3 la scara anuală. Analiza concentrațiilor de ozon și a reprezentărilor izopletere ale vitezei vântului (Figura 5e) ne-a permis să constatăm o suprapunere mai slabă a acestora (comparativ cu cea a temperaturii și umidității aerului, dar mai relevantă decât în cazul concentrației de O_3 față de durata de strălucire a Soarelui), în special la valorile scăzute ale celor două variabile, rezultând în final corelații mai slabe între cei doi parametri. Cu toate acestea, intervalele diurne și anuale cu valori medii mai mari ale vitezei vântului ($> 4 \text{ m/s}$) corespund, cu anumite precizii, intervale cu concentrații mai mari de O_3 ($> 60 \mu\text{g/m}^3$), rezultând în acest caz și corelații pozitive relevante. Viteza medie a vântului se corelează pozitiv cu O_3 pe întregul ciclu diurn în martie-octombrie. Valorile medii lunare ale coeficienților de corelație Pearson variază între 0,560 și 0,755 (Figura 6d). Există corelații slabe în intervalul de timp noiembrie-februarie (0,215 - 0,361), caracterizat prin concentrații scăzute de O_3 . Analizând evoluția interlunară a coeficienților de corelație Pearson, calculată pentru diferite intervale temporale din zi (Figura 7d), se observă că în perioada 11:00 - 20:00 există corelații pozitive puternice între O_3 și viteza medie a vântului înregistrată cu o oră înainte ($\geq 0,9$ în 10 luni ale anului).

Cea mai probabilă cauză a corelației pozitive dintre cei doi parametri este transportul precursorilor de ozon (NO_x și COV) din sursele industriale locale (de pe platforma industrială Burdujeni) și din sursele naturale de COV - pădurile Adâncata și Dragomirna. Sursele naturale sunt amplasate la doar $\sim 7 \text{ km}$ și, respectiv, la aproximativ 10 km de stația de măsurare a O_3 . În general, deplasarea orizontală a aerului poate crea schimbări semnificative ale concentrației de ozon în perimetrele urbane și neurbane (Kim et al., 2006). Paralelismul dintre Valea Sucevei și Wd favorizează transportul precursorilor de ozon pe direcția dominantă, de la NV la SE sau din direcția secundară inversă (Figura. 5f). Ambele direcții ale vânt aduc mase de aer din sursele locale de COV menționate anterior. Vântul puternic generează de obicei o intensitate ridicată a transportului orizontal al masei de aer, determinând dispersarea unor precursori de ozon din sursele lor.

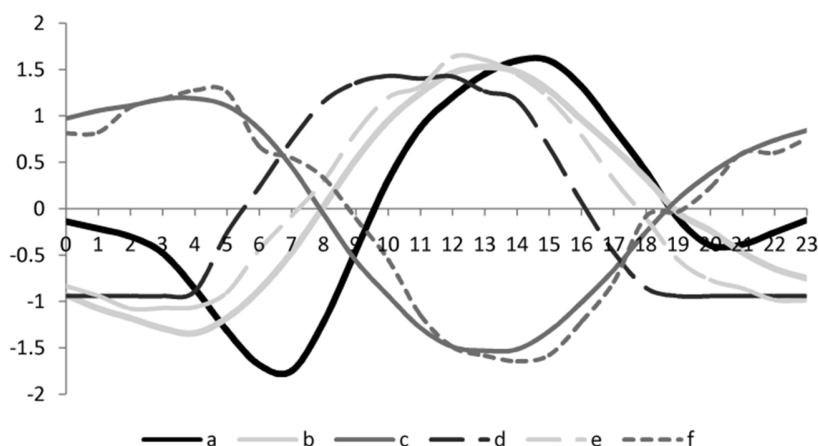


Fig. 8. Evoluția medie zilnică normalizată a parametrilor analizați: a - O_3 , b - T, c - Rh, d - S, e - Ws, f - Wd (axa verticală reprezintă deviațiile standard).

Evoluția zilnică medie a tuturor parametrilor indică faptul că există un decalaj temporal între ozon și ceilalți parametri, maximum de ozon apărând mai târziu sau în antifază (Figura 8). Decalajul temporal susține ideea că poziția temporală a maximumului de ozon este un efect al factorilor meteorologici. În ceea ce privește parametrii generați de vânt, viteza mai mare a vântului în timpul zilei influențează maximumul de ozon prin aducerea maselor de aer din pădurile din apropiere (sărace în NO_x și bogate în COV). Cotidianul O_3 - Wd este o relație aparent anti-fază. De fapt, valorile medii

zilnice maxime ale lui Wd corespund direcțiilor vântului cuprinse între WSW (26) și NW (32-33) diminuate de direcțiile aleatorii ale vântului.

Tabelul II. Valorile orare ale unei evoluții zilnice medii a parametrilor analizați.

	O ₃ μg/m ³	T °C	Rh %	S ore	Ws m/s	Wd °/10
0	45,43	6,84	88,56	0,00	2,39	25,62
1	44,82	6,51	89,34	0,00	2,31	25,64
2	44,14	6,28	89,84	0,00	2,21	26,04
3	42,77	6,03	90,52	0,00	2,21	26,17
4	39,74	5,91	90,57	0,01	2,22	26,31
5	36,18	6,29	89,81	0,16	2,34	26,28
6	33,29	6,97	87,46	0,28	2,69	25,41
7	32,80	7,87	83,66	0,40	2,96	25,23
8	36,98	9,00	78,83	0,50	3,24	24,91
9	43,02	10,13	74,10	0,55	3,63	24,26
10	48,94	11,08	70,62	0,57	3,92	23,6
11	53,35	11,74	67,35	0,56	4,00	22,72
12	55,96	12,23	65,41	0,57	4,24	22,21
13	57,90	12,37	65,02	0,53	4,22	22,07
14	59,03	12,26	65,16	0,51	4,10	21,98
15	59,03	11,80	67,01	0,38	3,91	22,08
16	56,85	11,10	69,92	0,24	3,61	22,61
17	53,31	10,42	73,19	0,11	3,25	23,25
18	49,69	9,67	77,05	0,02	2,94	24,29
19	45,67	8,84	80,41	0,00	2,60	24,37
20	43,42	8,40	82,97	0,00	2,44	24,76
21	43,50	7,88	85,00	0,00	2,37	25,31
22	44,52	7,48	86,37	0,00	2,28	25,31
23	45,55	7,25	87,36	0,00	2,27	25,54

În timpul zilei, turbulența aerului este mai mare, mai ales deasupra perimetrului construit, datorită încălzirii crescute a suprafețelor urbane, direcția dominantă (și medie) a vântului fiind mai mult modificată decât în timpul nopții. Durata strălucirii Soarelui are o corelație mai mare decât cea dovedită cu ozonul la scara zilnică, lunară sau anuală (tabelele II și III), dar analiza este limitată deoarece limita inferioară a duratei de strălucire a Soarelui nu poate plasa sub valoarea 0.

Tabelul III. Relațiile zilnice și anuale stabilite între parametri analizați.

Zilnic – media celor 24 ore			Anual – media celor 365 zile	
	R	Regresie liniară	R	Regresie liniară
T	0,80	O ₃ = 2,775T + 21,70	0,34	O ₃ = 0,609T + 41,07
Rh	-0,80	O ₃ = -0,663Rh + 99,16	-0,71	O ₃ = -1,316Rh + 151,0
S	0,31	O ₃ = 10,14S + 44,20	0,48	O ₃ = 59,07S + 33,18
Ws	0,68	O ₃ = 7,168Ws + 24,87	0,39	O ₃ = 6,007Ws + 28,39
Wd	-0,86	O ₃ = -4,519Wd + 156,8	-0,02	O ₃ = -0,066Wd + 48,07

În condițiile aerului poluat, vaporii de apă pot acționa, pe de o parte, prin formarea radicalilor OH în termenii regenerării O₃ descompus anterior fotochimic și, pe de altă parte, prin reducerea lui O₃ prin consumarea OH radicali în

reacția concurentă a formării HNO_3 (dacă concentrațiile de NO_2 sunt ridicate). În acest caz, radicalii OH nu vor mai reacționa cu COV pentru a relua ciclul O_3 (Lelieveld et al., 2004). Emisiile antropice, cum ar fi traficul rutier (Matthes et al., 2007), determină, de asemenea, ciclicitatea concentrațiilor de ozon.

Există o periodicitate săptămânală a concentrației de O_3 în aria urbană, în care O_3 se află în corelație negativă cu gazele NO_x antropice, care sunt puternic măturătoare/distrugătoare de ozon în ariile urbane; concentrația mare a ozonului în timpul zilelor de sâmbătă-duminică este așteptată ca rezultat al traficului rutier redus (Obloane și Balling, 2006). Concentrațiile de ozon arată același comportament în Suceava, unde doar sâmbăta și duminica au valori mai mari decât media zilnică ($45,892 \mu\text{g} / \text{m}^3$) și media orară ($46,495 \mu\text{g} / \text{m}^3$). Duminicile au valori maxime, în timp ce sâmbătă, luni și marți se realizează tranziția la concentrațiile medii săptămânale (figura 9).

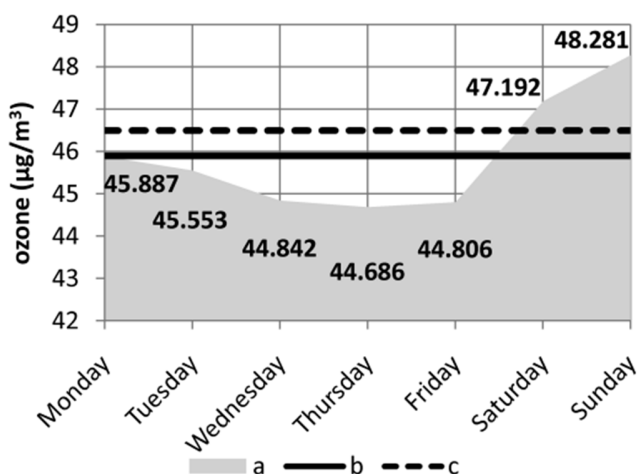


Fig. 9. Profilul săptămânal al concentrației de ozon: a - medii zilnice, b - valoarea medie a mediilor zilnice, c - valoarea medie a mediilor orare.

descompuneri reduse a grupării O_3 datorită scăderii emisiilor de NO_x . Cu toate acestea, valorile nete ale lui O_3 sunt rezultatul unui complex de factori și procese care se desfășoară în același timp în atmosferă: creșterea nivelului de fond în emisfera nordică, cu cât depunerea uscată a O_3 este mai redusă datorită perioadelor prelungite de secetă în lunile de vară și de creșterea producției de O_3 din cauza temperaturilor mai ridicate.

Analiza wavelet continuă a concentrațiilor zilnice de ozon prezintă grupuri săptămânale de zone de înaltă confidențialitate aproximativ la 24 de ore de periodicitate (figura 10a). Aceste grupuri mici sunt mult mai frecvente în sezonul cald decât în cel rece, ca rezultat al contrastului zi-noapte mai mare. Abaterea standard a intervalului octombrie-martie este cu 5,14 % mai mare decât abaterea standard a lunilor aprilie-septembrie (diferența se calculează pe baza abaterii medii standard a anotimpurilor în fiecare an, deoarece există o mare variație de la un an la altul: sezonul rece - $19,94 \mu\text{g} / \text{m}^3$, $20,83 \mu\text{g} / \text{m}^3$, $24,99 \mu\text{g} / \text{m}^3$ și $18,07 \mu\text{g} / \text{m}^3$; sezonul cald - $22,82 \mu\text{g} / \text{m}^3$, $21,61 \mu\text{g} / \text{m}^3$, $20,85 \mu\text{g} / \text{m}^3$, pentru 2014, 2005, 2006 și 2007).

Zonele cu valori ridicate de încredere în grupurile relativ compacte de periodicitate de 24 de ore există, de asemenea, în toți parametrii incluși în WTC inclusiv pentru ozon (Figura 10 b-i). Grupurile de semnal de 24 de ore sunt foarte puternice în timpul sezonului cald, dar aproape absente în timpul sezonului rece. Suprafața roșie și înaltă de încredere continuă de la baza tuturor scalogramelor din Figura 10 reprezintă periodicitatea anuală a tuturor parametrilor și săgețile de fază din cadrul acestuia confirmă că cel mai mare decalaj temporal dintre minime și maximele parametrilor comparați este cel pentru relația O_3 -Rh.

Strategiile de control ale calității aerului bazate pe controlul emisiilor poluante sunt, de obicei, direcționate spre reglementarea emisiilor de oxizi de azot (NO_x) și de compuși organici volatili (COV) proveniți din diferite surse staționare de emisii. În multe arii urbane, sursele mobile sunt încă responsabile pentru majoritatea emisiilor de NO_x și COV. Prin urmare, politicile care determină reducerea emisiilor provenite din surse mobile pot conduce la beneficii substanțiale pentru sănătatea umană, ecosisteme și climă (Zavala et al., 2009). Deși, în urma acestor strategii de control, emisiile de precursori ai O_3 au scăzut cu aproape 40 % în statele membre ale Uniunii Europene în perioada 1990 - 2005 (Leeuw 2002), concentrațiile de O_3 nu prezintă aceeași tendință, dimpotrivă, există chiar o tendință crescătoare de O_3 în aerul urban.

Acest lucru se datorează unei

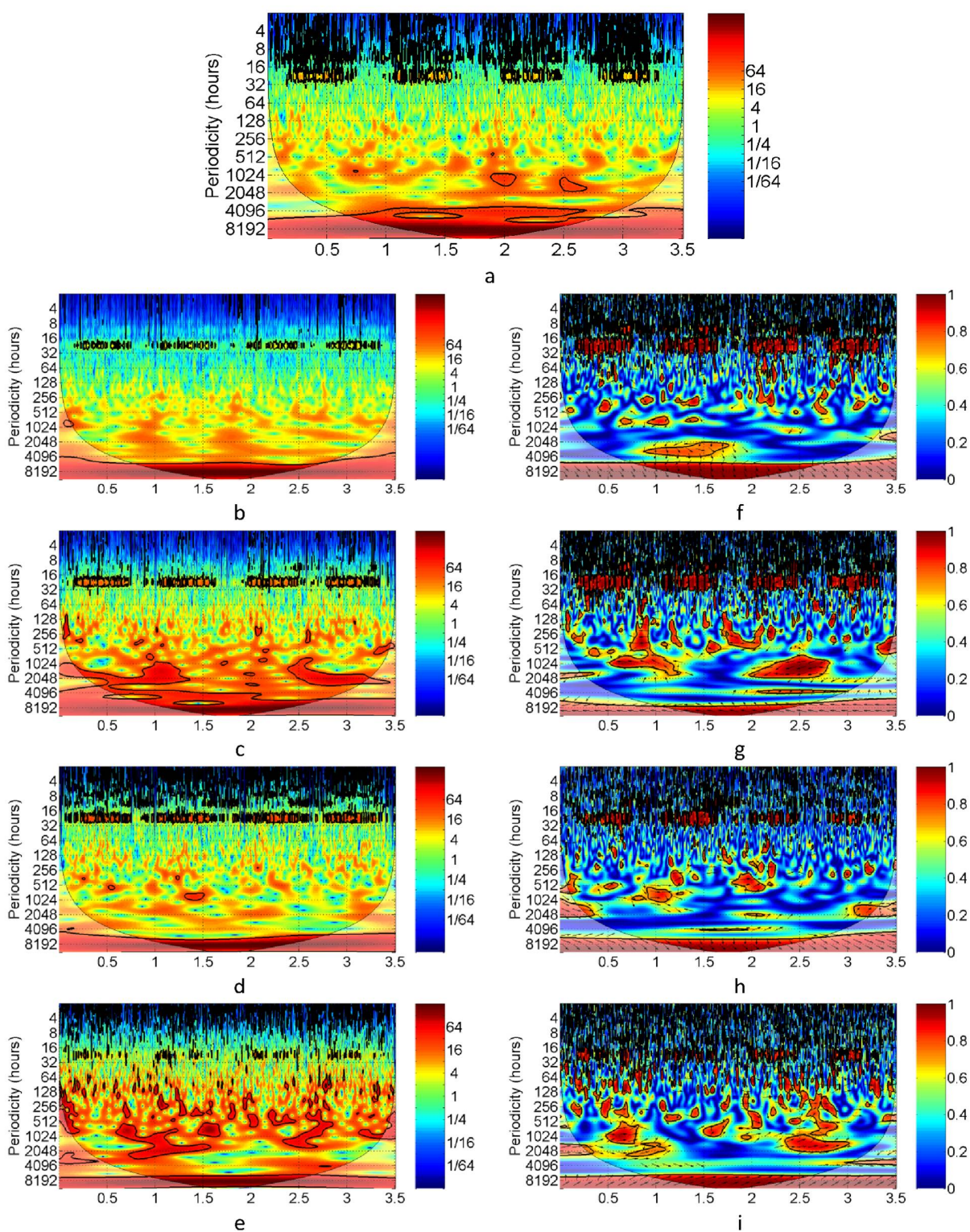


Fig. 10. Analiza wavelet a parametrilor analizați: a - e CWT: a O_3 cu T , Rh , S , Ws ; f - i WTC: a O_3 cu T , Rh , S și respectiv Wd (axele orizontale reprezintă numărul de măsurători consecutive / ore $\times 10^4$).

5. Concluzii

Calitatea aerului în Suceava este adecvată în cazul concentrării ozonului, fără a depăși pragurile de informare sau de alertă a publicului în cei patru ani de monitorizare. Obiectivul pe termen lung a fost depășit o singură dată, dar valorile zilnice maxime ale mediei de 8 ore au atins obiectivul pe termen lung al Uniunii Europene de producție maximă a O₃. În timpul unei zile, coeficienții de corelare dintre variabilele analizate sunt mai semnificativi decât în decursul unui an. Există multe asemănări cu alte situri urbane (cum ar fi cele citate în studiile realizate de Pehnec et al., 2005, Shan și colab., 2009, Hosseinibalam și colab., 2010), dar se pot identifica și o serie de particularități evolutiv-distributive locale. Nivelurile ridicate ale O₃ din Suceava pot fi corelate cu scăderea concentrațiilor de NO_x (efectul de sfârșit de săptămână), respectiv cu valori ridicate ale radiației solare, temperaturii, vitezei vântului, dar cu umiditate scăzută a aerului.

Mulțumiri

Software-ul de coerență wavelet a fost furnizat de A. Grinsted.

Bibliografie

- Bauer S. E. and B. Langmann, 2002. Analysis of a summer smog episode in the Berlin-Brandenburg region with a nested atmosphere – chemistry model. *Atmos. Chem. Phys.* **2**, 259-270. <http://www.atmos-chem-phys.net/2/259/2002/acp-2-259-2002.pdf>
- Briciu A.-E., 2014. Wavelet analysis of lunar semidiurnal tidal influence on selected inland rivers across the globe. *Sci. Rep.* **4**, 4193, doi: 10.1038/srep04193. <http://www.nature.com/srep/2014/140226/srep04193/full/srep04193.html>
- Camalier L., Cox W. and P. Dolwick, 2007. The effects of meteorology on ozone in urban areas and their use in assessing ozone trends. *Atmos. Environ.* **41**, 7127e7137. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.04.061>.
- de Leeuw F., 2002. A set of emission indicators for long-range transboundary air pollution. *Environ. Sci. Policy* **5**, 2, 135-145. http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6VP6-44HYMJ7-1&_user=1577609&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000053846&_version=1&_urlVersion=0
- European Environmental Agency, 2009. Assessment of ground-level ozone in EEA member countries, with a focus on long-term trends. In: *EEA Technical report No 7/2009*. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. <http://www.eea.europa.eu/publications/assessment-of-ground-level-ozone-in-eea-member-countries-with-a-focus-on-long-term-trends/download>
- Finlayson-Pitts B. J. and J. N. Pitts Jr., 1997. Tropospheric Air Pollution: Ozone, Airborne Toxics, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, and Particles. *Science* **276(5315)**, 1045-1051. <https://www.sciencemag.org/content/276/5315/1045.short?related-urls=yes&legid=sci.276/5315/1045>
- Furon A. C., Wagner-Riddle C., Smith C. R. and J. S. Warland, 2008. Wavelet analysis of wintertime and spring thaw CO₂ and N₂O fluxes from agricultural fields. *Agr. Forest Meteorol.* **1317**, 148-1305. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168192308000968>
- Grinsted A., Moore J. C. and S. Jevrejeva, 2004. Application of the cross wavelet transform and wavelet coherence to geophysical time series. *Nonlinear Proc. Geoph.* **11**, 561-566. <http://www.nonlin-processes-geophys.net/11/561/2004/npg-11-561-2004.pdf>
- Hosseinibalam F., Hassanzadeh S. and R. Alizadeh, 2010. Analysis and assessment of ground-level ozone measured at two stations in Tehran. *Environ. Monit. Assess* **165(1-4)**, 275-281. <http://link.springer.com/article/10.1007/s10661-009-0944-3>
- Jacob D. J. and D. A. Winner, 2009. Effect of climate change on air quality. *Atmos. Environ.* **43**, 51-63. http://dash.harvard.edu/bitstream/handle/1/3553961/Jacob_EffectClimate.pdf?sequence=2
- Kim J. H., Lee H. J. and S. H. Lee, 2006. The characteristics of tropospheric ozone seasonality observed from ozone soundings at Pohang, Korea. *Environ. Monit. Assess.* **118(1-3)**, 1-12. <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10661-006-0772-7>
- Labat D. 2010. Cross wavelet analyses of annual continental freshwater discharge and selected climate indices. *J. Hydrol.* **385**, 269-278. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169410001071>
- Lelieveld J., Dentener F. J., Peters W. and M. C. Krol, 2004. On the role of hydroxyl radicals in the self-cleansing capacity of the troposphere. *Atmos. Chem. Phys.* **4**, 2337-2344. <http://www.atmos-chem-phys.net/4/2337/2004/acp-4-2337-2004.pdf>
- Li L., Qian J., Ou C.Q., Zhou Y.X., Guo C. and Y. Guo, 2014. Spatial and temporal analysis of Air Pollution Index and its timescale-dependent relationship with meteorological factors in Guangzhou, China, 2001-2011. *Environ. Pollut.* **190**, 75-81. http://www.researchgate.net/profile/Chun-Quan_Ou2/publication/261635036_Spatial_and_temporal_analysis_of_Air_Pollution_Index_and_its_timescale-

- dependent_relationship_with_meteorological_factors_in_Guangzhou_China_2001-2011/links/546c547c0cf20dedafd546c9.pdf
- Marenco A., Gouget H., Nédélec P., Pagés J. and F. Karcher, 1994. Evidence of a long-term increase in tropospheric ozone from Pic du Midi data series: Consequences: Positive radiative forcing. *J. Geophys. Res.* **99**, D8, doi: 10.1029/94JD00021. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/94JD00021/abstract>
- Matthes S., Grewe V., Sausen R., and G. J. Roelofs, 2007. Global impact of road traffic emissions on tropospheric ozone. *Atmos. Chem. Phys.* **7**, 1707-1718. <http://www.atmos-chem-phys.net/7/1707/2007/acp-7-1707-2007.pdf>
- Mol W. J. A., van Hooydonk P. R. and F. A. A. M. de Leeuw, 2008. *European Topic Centre on Air and Climate Change Technical paper 2008/1*. <http://air-climate.eionet.europa.eu/>.
- Morlet J., Arehs G., Fourgeau I. and D. Giard, 1982. Wave propagation and sampling theory. *Geophys.* **47**, 203–221. http://ham.space.umn.edu/~lbwilson/www/Morlet_etal_1982_Part1.pdf
- Ordonez C., Mathis H., Furger M., Henne1 S., Huglin C., Staehelin J. and A. S. H. Prevot, 2005. Changes of daily surface ozone maxima in Switzerland in all seasons from 1992 to 2002 and discussion of summer 2003. *Atmos. Chem. Phys.* **5**, 1187–1203. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00301489/document>
- Parry M. L., Canziani O. F., Palutikof J. P., van der Linden P. J. and C. E. Hanson, 2007. *Climate change 2007 – Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on climate change*. Cambridge University Press, Cambridge, 976 pp. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4_wg2_full_report.pdf
- Pehnec G., Vadjic V. and J. Hršak, 2005. Measurements of Ozone Concentrations in Zagreb. *Environ. Monit. Assess.* **105(1-3)**, 165-174. <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10661-005-3496-1>
- Rigozo N. R., da Rosa M. B., Rampelotto P. H., de Souza Echer M. P., Echer E., Nordemann D. J. R., Pinheiro D. K. and N. J. Schuch, 2012. Reconstruction and searching ozone data periodicities in southern Brazil (29°S, 53°W). *Rev. Bras. Meteorol.* **27**, 2. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862012000200010>
- Seinfeld J. H. and S. N. Pandis, 1998. *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*. John Wiley and Sons, New York, 1232 pp. http://books.google.ro/books/about/Atmospheric_chemistry_and_physics.html?id=8aHuAAAAAMAAJ&redir_esc=y
- Shaharuddin M., Zaharim A., Nor M. J. M. and O. A. Karim, 2006. Using Wavelet Transform on Suspended Particulate Matter Time Series. Proceedings of the 5th WSEAS Int. Conf. on System Science and Simulation in Engineering, Tenerife, Spain, December 2006. <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2006tenerife/papers/541-529.pdf>
- Shan W., Yin Y., Zhang J., Ji X. and X. Deng, 2009. Surface ozone and meteorological condition in a single year at an urban site in central-eastern China. *Environ. Monit. Assess.* **151(1-4)**, 127-141. <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10661-008-0255-0>
- Shutters S. T. and R. C. Balling Jr., 2006. Weekly periodicity of environmental variables in Phoenix. *Arizona Atmos. Environ.* **40**, 304–310. http://www.public.asu.edu/~sshutte/documents/Shutters_Balling_Atm_Env06.pdf
- Torrence C. and G. P. Compo, 1998. A practical guide to wavelet analysis. *Bull. Am. Meteor. Soc.* **79**, 61-78. <https://web.cs.dal.ca/~tt/CSCI690611/papers/torrencewavelet.pdf>
- Thompson A. M., 1992. The oxidizing capacity of the earth's atmosphere: Probable past and future changes. *Science* **256**, 1157-1165. <http://www.sciencemag.org/content/256/5060/1157.full>
- Ursul L. G. and M. Nicu, 2008. Aspects on the monitoring of tropospheric ozone in Suceava city. Proceedings of the National Conference Days of the Faculty of Chemical Engineering and Environmental Protection, Iasi, Romania, November 2008. http://www.ch.tuiasi.ro/CNIC2008/Program_ZFICPM5.pdf
- Vandermeiren K., Harmens H., Mills G. and L. De Temmerman, 2009. Climate Change and Crops. In: *Impacts of Ground-Level Ozone on Crop Production in a Changing Climate* (S. N. Singh, Ed.) Springer-Verlag, Berlin, 213-243. <http://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-540-88246-6>
- Voltz A. and D. Kley, 1988. Evaluation of the Montsouris series of ozone measurements made in the nineteenth century. *Nature* **332**, 240e242. <http://www.nature.com/nature/journal/v332/n6161/pdf/332240a0.pdf>
- Zavala M., Lei W., Molina M. J. and L. T. Molina, 2009. Modeled and observed ozone sensitivity to mobile-source emissions in Mexico City. *Atmos. Chem. Phys.* **9**, 39-55. <http://www.atmos-chem-phys.net/9/39/2009/acp-9-39-2009.pdf>

Un alt studiu aflat în stadiu de evaluare la o revistă cotate ISI are o tematică destul de complexă abordând atât tendințele de evoluție a bioclimatului în ultimii 50 de ani dar și reflexul acestora în sfera activităților turistice petrecute în aer liber sau din sfera turismului de sănătate.

Titlul studiului: Schimbări în indicii bioclimatici în Republica Moldova (1960-2012) - consecințe pentru turism

Autorii: Mihăilă Dumitru, Piticar Adrian, Briciu Andrei Emil, Puțuntică Anatolie, Bistriceanu Petruț Ionel, Lazurca Liliana Gina

Cuvinte cheie: tendințe semnificative statistic, hărți climatice, indicatori complementari, previziuni.

Rezumat. O analiză a bioclimatului actual al Republicii Moldova a fost efectuată utilizând indicii puterii de răcire a vântului (Wind Chill Index - WCI) și indicii puterii de răcire a mediului (Cooling Power - CP). Clima sezonului rece din Moldova (octombrie-martie) în perioada 1960-2012 indică o tendință de încălzire, evidențiată prin scăderea valorică a indicelui WCI. În timpul semestrului cald, climatul Republicii Moldova a înregistrat o încălzire graduală, evidențiată de scăderea valorilor indicelui CP. Valorile indicelui CP au fost analizate în raport cu cele ale indicelui climate-turistic (TCI), util pentru planificarea turistică și indicând pentru zona de studiu o favorabilitate bioclimatică mai mare pentru turism în viitorul apropiat.

I. Introducere

Mai mult de 100 de indici au fost folosiți pentru a evalua condițiile bioclimatice în ultimul secol (Blazejczyk et al., 2012). Importanța abordării mixte a parametrilor meteorologici în evaluarea impactului climatic asupra oamenilor a fost sugerată cu aproape un secol în urmă (Buttner, 1938). Indicii bioclimatici se referă la situațiile de confort / disconfort, condițiile de stres și patologia expunerii organismului la excesul sau deficitul caloric. Deoarece majoritatea oamenilor din lume trăiesc în mediul urban, cele mai multe studii bioclimatice analizează zonele construite (Nastos și Matzarakis, 2013; Huang et al., 2015). Studiile științifice care au analizat tendințele climatice prin utilizarea indicilor bioclimatici nu sunt numeroase și nu acoperă toate zonele climatice sau teritoriile mari. În Europa, schimbările climatice implică un disconfort termic crescut (Robine et al., 2008, Schär et al., 2004). Indicii puterii de răcire a vântului/mediului au fost uneori utilizați în studii bioclimatice (Siple și Passel, 1945; Tzenkova et al., 2008).

Există puține studii bioclimatice care descriu mediul bioclimatic în teritorii apropiate ariei noastre de studiu. De exemplu, Merciu (2010) a analizat variabilitatea SSI pentru a determina gradul de disconfort resimțit de turiștii din regiunea înaltă a Munților Parâng, România. Teodoreanu și Mihăilă (2012 a, b) au studiat confortul și disconfortul bioclimatic din Podișul Sucevei, bazându-se pe datele lunare, zilnice și orare prin utilizarea WCI și a altor indici. Ei au făcut aprecieri/analize privind caracteristicile bioclimatice și vremea aspră, dar nu au determinat tendințele acestor indici. Pentru cealaltă țară vecină cu Moldova (Ucraina), Katerusha și Matzarakis (2015) au analizat PET-ul și relația dintre indicii bioclimatici și turism.

Indicele CP a fost utilizat în numeroase studii, cum ar fi cele ale lui Ramezani și Palic (2012) și ale lui Farajzadeh și Matzarakis (2012) (cel din urmă indicând, de asemenea, cea mai favorabilă perioadă pentru turism în zona Lacului Orumieh, Iran).

TCI a fost propus de Mieczkowski (1985) și combină cinci elemente / sau șapte parametri climatici. Acest indice a fost utilizat de mulți cercetători (Ramezani și Palic, 2012; Scott et al., 2004) pentru a realiza studii privind implicațiile climei în turism. Unele studii analizează TCI pentru zonele din Europa Centrală și de Sud (Amelung și Viner, 2006; Kovacs și Unger, 2014).

Schimbările climatice afectează potențialul turistic al tuturor locurilor din lume. Scott și colab. (2004) a realizat un studiu pentru prognoza turismului climei prin utilizarea TCI pentru provinciile canadiene, până în 2050 și 2080, când valorile TCI indică valori mai bune decât cele actuale. De asemenea, Scott și McBoyle (2001) au explorat impactul schimbărilor climatice proiectate asupra resurselor climatice-turistice din America de Nord prin utilizarea TCI.

Amelung și Viner (2006) au studiat impactul schimbărilor climatice asupra valorilor TCI ale Mediteranei și ale altor regiuni europene. Hamilton și Tol (2007) au descoperit că, în funcție de evoluția valorilor TCI, în Marea Britanie și Irlanda zonele turistice atractive se vor muta treptat spre nord în viitorul apropiat; de asemenea, condițiile meteorologice vor

fi mai favorabile pentru turismul de vară din zonele de coastă nordice ale Germaniei. În ansamblu, TCI este analizat pentru continentul european de Amelung și Moreno (2009) prin utilizarea datelor din anii 1960-1990 și pentru toate anotimpurile; autorii fac, de asemenea, proiecții ale resurselor turistice climatice pentru 2020 și 2080, luând anul 1970 ca an de referință.

Câteva studii bioclimatice despre bioclimatul Republicii Moldova reprezintă literatură non-peer review, care nu este publicată în limba engleză. Pentru Republica Moldova nu există nici un studiu despre indicii bioclimatici selectați și despre tendințele acestora. Din cunoștințele noastre, până în prezent nu s-a realizat o evaluare a favorabilității climatice pentru turismul din Republica Moldova bazată pe TCI.

Scopul principal al acestui demers este realizarea celui de-al doilea studiu bioclimatic al teritoriului Republicii Moldova, cu analiza caracteristicilor bioclimatice dintr-un an mediu, cu prezentarea evoluției lor interlunare pe baza indicilor bioclimatici WCI - analizați din octombrie până în martie și CP - analizat din aprilie până în septembrie, prin prezentarea tendințelor indicilor bioclimatici selectați pentru perioada 1960-2012 și prin estimarea previziunilor bioclimatice pentru orizonturile de timp 2020 și 2030; se analizează relațiile WCI-CP iar CP (un indice bioclimatic disponibil pentru întregul an) este corelat cu TCI pentru a indica gradul de favorabilitate / restrictivitate a climatului pentru turism în Republica Moldova.

Obiectivele acestui studiu sunt (1) analiza distribuției spațiale și temporale a indicilor WCI și CP în lunile unui an mediu pe baza datelor lunare din perioada 1960-2012, (2) identificarea tendințelor parametrilor de intrare (3) pentru a analiza starea actuală a turismului balneoclimatic în Republica Moldova prin utilizarea indicilor evoluției interlunare CP și TCI pentru identificarea celor mai favorabile sau restrictive perioade din an pentru turism.

II. Material și metode

II. 1. Aria de studiu

Republica Moldova face parte din SE Europei, fiind localizată în NE-ul Peninsulei Balcanice, având o suprafață de 33843,5 km² (Figura 1).

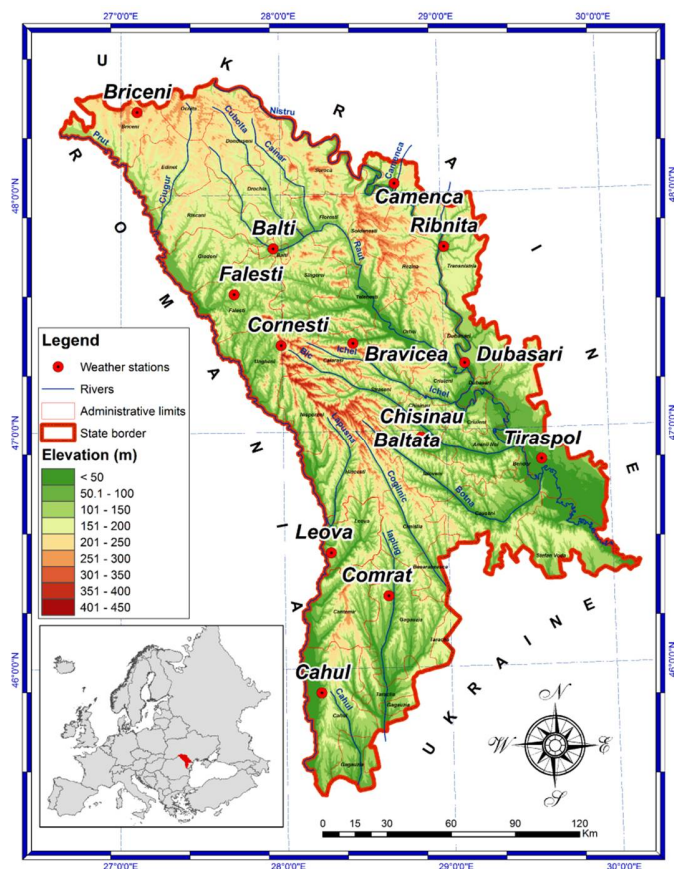


Figura 1. Republica Moldova – localizare, vecini, stațiile meteorologice, altimetria și rețeaua hidrografică

Moldova este un platou și o câmpie deluroasă având o înălțime medie de 147 m deasupra nivelului mării. În partea centrală a Moldovei se află Platoul Codru - cea mai înaltă regiune (Dealul Bălănești, 429,5 m, principala arie împădurită a Moldovei). Partea de sud a țării și câmpia inferioară a râului Nistru au cea mai joasă altitudine (valea Nistrului, 2 m, în partea de sud-est a Moldovei). Clima Moldovei este temperat continentală și se caracterizează prin temperatură medie anuală a aerului cuprinsă între 8-9 ° C în N până la 10-11 ° C în S. Valorile anuale ale precipitațiilor variază între 600 și 650 mm în partea nordică și centrală și între 500 și 550 mm în partea de sud și de sud-est.

Caracterul zonal al distribuției precipitațiilor este modificat substanțial prin creșterea, expunerea și panta terenului. Cantitățile mai mari sunt determinate atât de altitudinile mari, cât și de prezența masivelor păduroase. Există variații mari ale temperaturii aerului, cu ierni geroase (când temperaturile aerului scad sub -30 ° C, minima absolută a fost de -35,5 ° C la Brătușeni la 20/01/1963) și veri caniculare (când maximele absolute depășesc 40 ° C în aer, maxima absolută fiind de 42,4 ° C la Fălești pe 07/08/2012) și peste 70 ° C pe suprafața solului (74 ° C la Leova, 19/07/2007).

De asemenea, precipitațiile sunt foarte variabile. În decursul câtorva ani, precipitațiile au oscilat între sub 300 mm / an până la peste 900 mm / an. Cea mai mare cantitate (952 mm) a fost atinsă în 2010 la Briceni, în timp ce cea mai mică valoare (208 mm) a fost înregistrată în 1928 în Comrat. Toate datele climatice au fost furnizate de Serviciul Hidrometeorologic de Stat (SHS) al Republicii Moldova.

Potrivit Biroului Național de Statistică al Republicii Moldova (2015), această țară avea o populație de 3,55 milioane de locuitori în 2014. Din totalul populației, 723500 (20,4 %) erau angajați. În turism, între 2002 și 2012, au existat un număr mediu anual de numai 1684 de angajați. În Republica Moldova, procentul deținut de turism în PIB nu este inclus în statistica oficială, însă este estimat în diverse surse jurnalistice ca reprezentând doar 0,9 % din PIB în 2015. Capacitatea de primire turistică a ajuns la 28548 de locuri în 2014, din care doar 2084 de posturi aparțineau structurilor turismului de sănătate. Numărul turiștilor care au rămas în toate structurile turistice a urcat în 2014 la 283001, iar 93897 dintre ei au fost turiști străini. În structurile de sănătate au fost cazați 32920 de turiști în 2014, dintre care doar 665 erau străini.

Numărul de înnoptări în același an a ajuns la 1514273 (217930 înnoptări de turiști străini). În structurile de sănătate, numărul de nopți de cazare a fost de 477477, din care 8329 au fost nopți în care s-au cazat turiști străini. Principalele țări de proveniență a turiștilor în Republica Moldova în 2014 au fost România (22624 turiști), Ucraina (10951), Federația Rusă (8368), SUA (6064), Italia (5143) și Germania (4642). Capacitatea de cazare a structurilor de primire în perioada 2007-2014 a fost utilizată în medie în proporție de 36,6 % (între 17,7 % în hoteluri și moteluri și 68,6 % în structuri de sănătate). Balanța turistică a Republicii Moldova este asimetrică; De exemplu, numai prin agențiile de turism și operatorii de turism, în 2014, din Republica Moldova au plecat 180646 de turiști și au sosit 14362 de turiști. Această țară este în primul rând una emitentă de turiști și nu una din destinațiile lor.

Cadrul legislativ al Republicii Moldova (Legea nr. 352 / 24.11.2006) identifică turismul ca fiind unul dintre domeniile prioritare ale economiei. În Republica Moldova există peste 15 000 de atracții turistice antropice și peste 300 de zone naturale importante. Eforturile întreprinse de autoritățile moldovenești, potrivit strategiei de dezvoltare a turismului "Turism 2020", pot plasa turismul în viitor într-un domeniu care contribuie la creșterea economică în această țară (strategia anticipează o creștere anuală de 3 % a numărului turiștilor locali, o creștere anuală de 4 % a numărului de turiști străini și o creștere cu 0,3 % a contribuției turismului la PIB-ul Moldovei în perioada 2014-2020) (GRM, 2014).

Turismul bioclimatic și alte forme de turism (turismul vinicol, turismul rural, turismul sportiv, turismul de sfârșit de săptămână etc.) pot fi vectori ai dezvoltării turismului în viitor, după expansiunea și dotarea la noi standarde a stațiunilor turistice existente și a finalizării facilităților pentru activitățile de recreere (Stațiunea balneară "Nufărul Alb" din Cahul, stațiunea balneară Codru din orașul Hârjauca, sanatoriu "Bucuria-Sind" din orașul Vadul lui Vodă, sanatoriu Constructorul din Chișinău, centrul republican "Speranța" din orașul Vadul lui Vodă, Struguraș în așezarea Cocieri (Transnistria)).

II. 2. Date

În cadrul studiului de față am utilizat datele privind temperatura aerului, umiditatea relativă și viteza vântului din intervalul de timp 1960-2012 și de la 13 stații meteorologice în Republica Moldova (figura 1, tabelul 1). Datele au fost

furnizate de SHS. Prin utilizarea parametrilor menționați anterior, s-au calculat WCI și CP. Indicii WCI și CP permit analiza bioclimatică a anumitor intervale ale anului. WCI este relevant pentru dezvoltarea disconfortului, condițiilor de stres și a patologiei expunerii corpului uman la condițiile meteorologice dure (temperaturi scăzute ale aerului și vânturi puternice) în timpul semestrului rece (1 octombrie-31 martie) și mai ales în lunile de iarnă (DJF).

Puterea de răcire a mediului (CP) este un indice care poate fi utilizat fără restricții în orice zonă a globului și pentru întregul an. Acest indice este măsurat ca $\text{Mcal} / \text{cm}^2 / \text{sec}$, reprezintă pierderile de energie de pe suprafața pielii corpului uman și ne permite să îl comparăm ușor (în acest caz pentru perioada octombrie-martie) cu pierderile cuantificabile de energie ale WCI. Valorile celor doi indici sunt maxime în lunile de iarnă, indicând cele mai mari pierderi calorice ale corpului sub o atmosferă rece și vântoasă.

Tabelul 1. Coordonatele geografice ale stațiilor de viteză utilizate în acest studiu

Nr.	Denumirea stației ^a	Latitudinea (N)	Longitudinea (E)	Altitudinea (m)
1	Briceni	48°21'00"	27°06'00"	258
2	Camenca	48°02'24"	28°42'36"	39
3	Bălți	47°46'12"	27°56'59"	103
4	Rîbnița	47°46'12"	29°00'36"	97
5	Fălești	47°34'48"	27°42'00"	160
6	Comești	47°22'12"	27°59'24"	234
7	Bravicea	47°22'12"	28°26'24"	81
8	Bălța	47°03'36"	29°02'23"	79
9	Chișinău	46°58'12"	28°51'00"	172
10	Tiraspol	46°52'12"	29°34'48"	38
11	Leova	46°29'24"	28°16'48"	158
12	Comrat	46°18'00"	28°37'12"	136
13	Cahul	45°54'00"	28°12'36"	14

Stațiile sunt ordonate de la N la S

II.3. Metode

WCI a fost calculată în studiul de față conform formulei Beçancenot (1), creată în 1974 de Beçancenot (1974), care a actualizat și simplificat formula lui Siple și Passel, WCI din 1945:

$$\text{WCI} = (10 * w + 10,45 - w) * (33 - t), (1)$$

unde WCI este măsurat în $\text{W} / \text{m}^2 / \text{h}$, w este viteza vântului în m / s și t este temperatura aerului în $^{\circ} \text{C}$.

WCI reflectă în mod cantitativ efectul combinat al temperaturii aerului și vitezei vântului asupra echilibrului caloric al corpului uman și reprezintă intensitatea pierderilor calorice (prin radiație, conducție, convecție, evaporare) în W (wați) pe suprafața corpului (m^2) și pe timp unitatea de timp (h). Ionac și Ciulache (2008) au descoperit efectul diferitelor valori ale WCI asupra corpului uman (dependente de intensitatea pierderilor calorice).

Becker (1972) a propus CP ca model matematic pentru a identifica confortul bioclimatic uman:

$$\text{CP} = (0,26 + 0,34 * w^{0,662}) * (36,5 - t), (2)$$

unde w = viteza vântului (m / s), t = temperatura medie zilnică ($^{\circ}$ C), CP = puterea de răcire a mediului (Mcal / cm^2 / sec; Mcal = microcalorii).

În ecuația (2), se poate observa că puterea de răcire a mediului depinde de diferența dintre temperatura corpului uman și temperatura aerului și de viteza vântului. Relația dintre valorile puterii de răcire și pragurile de stimulare bioclimatică pentru oameni a fost descrisă de Becker și utilizată cu modificări de către alți autori (Jahanbakhsh, 1998).

Între WCI și CP există corelații foarte puternice pentru semestrul rece al anului care confirmă valabilitatea indicatorilor utilizați (figura 2). În abordarea noastră, după ce CP este validată de relația directă cu WCI pentru perioada octombrie-martie, folosim acest indice pentru a analiza condițiile bioclimatice pentru semestrul cald al anului (între aprilie și septembrie). În cele din urmă, valorile CP sunt comparate pentru fiecare lună a anului cu TCI. Deoarece în Moldova se înregistrează în fiecare an două perioade cu caracteristici bioclimatice distincte - cea caldă (aprilie-septembrie), cu disconfort, stres și patologie cauzate de excesul caloric din intervalele de timp fierbinți și cel rece (octombrie-martie), atunci când fenomenele medicale și bioclimatice sunt rezultatul deficitului caloric, am ales să folosim indicii selectați. Și anumite constrângeri legate de limitele unei lucrări științifice au cântărit în acest sens.

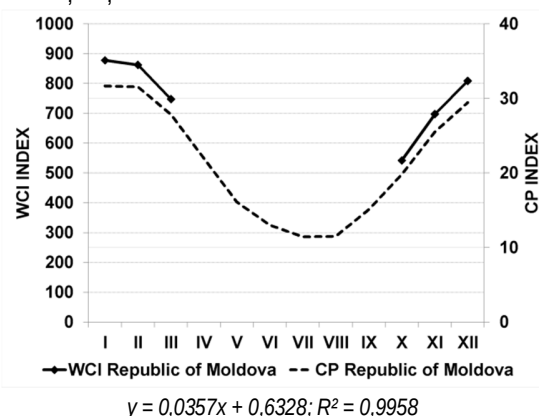


Figura 2 Corelații dintre WCI - CP pentru teritoriul Republicii Moldova (1960 - 2012)

Pentru a conecta evoluția bioclimatului pe parcursul unui an la activitățile turistice ale Republicii Moldova, am folosit TCI, propus de Mieczkowski (1985). TCI se calculează prin utilizarea a doi indicatori climatici complexi (indicele de confort în timpul zilei (CID), indicele de confort zilnic (CIA)) și trei indicatori climatici simpli (precipitații (P), soare (S), vânt (W)) (Mieczkowski, 1985).

Formula TCI este:

$$TCI = 2 * [(4 * CID) + CIA + (2 * P) + (2 * S) + W]$$

Fiecare indicator primește puncte de la 5 la 0 (5 înseamnă că indicatorul oferă condiții ideale pentru practicarea turismului și 0 înseamnă că impune condiții foarte restrictive). Pentru a calcula CID și CIA, graficele de corelare sunt desenate pe un sistem de două axe; axa orizontală corespunde temperaturii maxime diurne și, respectiv, temperaturii medii zilnice a aerului; axa verticală reprezintă umiditatea minimă zilnică a aerului și, respectiv, umiditatea medie zilnică a aerului. Intersecția axelor este reprezentată de cele mai ridicate valori ale temperaturii și de cele mai scăzute valori ale umidității - valoarea indicelui este 5; pe măsură ce valorile temperaturii scad pe axa orizontală, iar valorile de umiditate cresc pe axa verticală, valorile indexului se reduc spre 0.

Pentru lunile cu precipitații între 0 și 14,9 mm, scorul acordat lui P a fost 5, în timp ce pentru cele cu precipitații de peste 150 mm scorul dat a fost 0. Pentru lunile în care durata medie zilnică a strălucirii Soarelui a fost ≥ 10 ore, S a primit 5 puncte, în timp ce pentru acelea în care durata medie zilnică a strălucirii Soarelui a fost sub o oră, scorul dat a fost 0. În ceea ce privește W, la viteza medie zilnică a vântului $\leq 0,63$ m / s, acesta a primit 5 puncte, în timp ce la viteza medie zilnică

a vântului $\geq 10,7$ m / s a primit 0 puncte. Impactul diferitelor scoruri TCI asupra turismului este descris de Mieczkowski (1985). În cele din urmă, am corelat, pentru toate lunile anului, valorile medii ale CP cu cele ale TCI pentru șapte stații meteorologice care acoperă uniform Republica Moldova dinspre nord spre sud.

Pentru a determina tendința indicilor bioclimatici în seriile de timp lunare, sezoniere și anuale am folosit două metode: o metodă nonparametrică (testul Mann-Kendall combinat cu panta Sen (Sen, 1968)) și o metodă parametrică (regresie liniară, folosind testul T). Aceste metode au câteva avantaje: sunt permise valori lipsă, datele nu trebuie să fie conforme cu nici o distribuție specială și panta Sen nu este afectată de erori singulare în seria de date. Software-ul MAKESENS (Salmi et al., 2002) a fost utilizat pentru două tipuri de analize statistice: în primul rând pentru testarea prezenței unui trend monoton pozitiv sau negativ prin utilizarea testului nonparametric Mann-Kendall și, în al doilea rând, pentru calcularea pantei tendinței liniare estimate prin utilizarea metodei nonparametrice a lui Sen. Testul Mann-Kendall a fost frecvent utilizat pentru studierea indicatorilor bioclimatici (Zaninovic et al., 2006; Dobrinescu et al., 2013; Ramezani și Fallahzadeh, 2014).

Scopul și obiectivele acestui studiu sunt îndeplinite prin utilizarea în calculul indicilor bioclimatici a mediei lunare a următoarelor elemente climatice: temperatură, umiditate, vânt. Folosindu-le, am evidențiat caracteristicile bioclimatice majore ale Republicii Moldova și tendința acestora, detaliate pe diferite eșantioane temporale. Studiul în sine nu are scopul de a identifica secvențele temporale critice sau ideale ale relației dintre vreme și corp, care ar fi necesitat date zilnice sau chiar orare, dar tipul de analiză abordat poate identifica coordonatele evoluției bioclimatice actuale și legat de acestea noi direcții de abordare în dezvoltarea turismului de sănătate. În cazul în care necesitățile au cerut-o (calculul TCI), am folosit valorile zilnice ale elementelor climatice (temperatură - mediile și maximele zilnice, umiditatea - mediile și minimele zilnice, precipitații, durată de strălucire a Soarelui, viteza vântului).

Pentru acest studiu am folosit baza de date climatică a Serviciului Hidrometeorologic de Stat al Moldovei. Baza de date disponibilă ne-a permis să alegem un set de indicatori climatici care nu au fost utilizați în studiile bioclimatice pentru Republica Moldova până acum. Deoarece THI (care ar fi răspuns bine la scopul acestui studiu) a fost analizat anterior într-un studiu științific recent (Mihăilă et al., 2015) și o serie de alți indici (Humidex, TEE, ISE, ISH, SSI, ITU etc.) au doar o aplicabilitate spațială și temporală foarte limitată (pentru câteva luni ale anului sau pentru alte tipuri de climă), am ajuns la concluzia că obiectivele de cercetare pot fi atinse prin utilizarea indicilor WCI și CP care acoperă împreună toate lunile anului și, pot să dea rezultate convingătoare pentru Republica Moldova.

Distribuția spațială a indicilor bioclimatici a fost calculată și cartografiată în ArcGIS pentru diferite intervale de timp. Valorile medii multianuale ale celor doi indici bioclimatici au fost interpolate prin metoda obișnuită de kriging. Această metodă de interpolare spațială pornește de la premisa că valorile unei variabile sunt autocorelate pe distanțe scurte (Patriche, 2009). Alți interpolatori globali, inclusiv regresia, nu pot elimina anomaliile din distribuția spațială a elementului climatic analizat și necesită un număr relativ mare de puncte (stații) pentru a identifica o relație semnificativă statistic. Un alt dezavantaj al regresiei constă în "netezirea" variației spațiale reale, cu modificarea valorilor reale din punctele cunoscute, în funcție de relația identificată. Spre deosebire de regresia care integrează altitudinea, interpolarea prin kriging obișnuit are avantajul de a păstra propriile valori în punctele de observație cunoscute (stațiile meteorologice) și de a reproduce abaterile / "insulele" cu valorile reale mai mari sau mai mici ale indicilor bioclimatici analizați.

În consecință, am optat pentru kriging ordinar deoarece este o metodă adecvată de interpolare pentru elementele și fenomenele climatice cu o variabilitate spațială mai mare și predictibilitate spațială mai mică (de exemplu viteza vântului în ecuațiile de calcul depinde de dinamica atmosferică). Mai mult decât atât, distribuția și evoluția elementelor meteorologice măsurate (temperatură, umiditate, vânt) la 13 stații meteorologice din Republica Moldova includ în mod intrinsec latitudinea, condițiile dinamice și geografice (altitudinea etc.) ale siturilor de monitorizare.

O altă problemă care necesită utilizarea krigingului ordinar în locul altor metode este dată de clasificarea în câteva clase de confort / disconfort a unor indici (de exemplu CP, pentru care putem identifica doar trei clase, în timp ce în perioada mai, iunie și septembrie toată Republica Moldova se încadrează într-o singură clasă) pentru care nu avem o variație spațială mai reprezentativă.

III. Rezultate

III. 1. Tendințe în parametri climatici primari

Seriile de timp ale temperaturii aerului, umidității relative și ale vitezei vântului nu au fost afectate de trecerea de la observațiile cu ajutorul instrumentelor clasice la cele automate (2004 - 2008) sau de modificările coordonatelor geografice ale stațiilor meteorologice. Tranziția de la sistemul de observații manuale la cele automate a fost făcută păstrând vechile locații de monitorizare și realizând observații paralele comune (măsurători clasice și automate), diferențele dintre rezultatele lor în timpul observațiilor duale fiind nesemnificative. De asemenea, s-a constatat că sistemul de monitorizare automată, care a preluat treptat obligațiile de observație, nu a adus salturi sau valori substanțial modificate în seturile de date.

Marin și colab. (2014) au analizat tendințele anuale ale temperaturii aerului, vitezei vântului și umidității relative pe teritoriul României (1961-2013) și au observat tendințe semnificative de creștere a temperaturii respective tendință semnificativă de scădere a vitezei vântului și a umidității relative pentru majoritatea punctelor de măsurare.

Înainte de a analiza tendințele indicilor bioclimatici selectați, am analizat tendințele elementelor meteorologice incluse în formulele selectate. Am folosit datele lunare ale temperaturii medii, maxime și minime a aerului, umidității relative medii lunare și vitezei medii lunare a vântului. În ceea ce privește temperatura aerului, am observat că 97,1 % din seriile cronologice analizate au prezentat tendințe de creștere (determinate prin testele Mann-Kendall și T); 62,9 % au tendințe crescătoare semnificative din punct de vedere statistic (tabelul 2). În cazul maximelor și a minimelor termice, am observat că datele au arătat un procent foarte ridicat din tendințele crescătoare (97,1 % pentru temperatura maximă a aerului (MaxT) și 95,7 % pentru temperatura minimă a aerului (MinT)); 65,7 % din MaxT și 51,4 % din MinT au prezentat tendințe crescătoare semnificative din punct de vedere statistic. În ceea ce privește temperaturile maxime și minime ale aerului, putem confirma faptul că mediul aerian din Moldova a fost evident marcat de o încălzire considerabilă (Nedealcov, 2014).

Seriile temporale ale umidității relative au indicat faptul că atmosfera de deasupra Moldovei a devenit mai uscată (82,9 % - tendințe descrescătoare, 27,1 % - tendințe de scădere semnificative statistic). O atmosferă caldă și uscată nu este deloc benefică pentru corpul uman, în special în timpul sezonului cald, când există un pericol real de a elibera mari concentrații de aerosoli cauzate de furtunile frecvente de praf (Potop și Soukup, 2009; Parmacli și Staicova, 2013, Croitoru și Overenco, 2013). Zona studiată este adesea afectată de furtuni de praf datorate vântului Suhovei. O tendință de scădere puternică s-a putut identifica și în seriile de timp ale vitezei vântului. 95,7 % dintre acestea au prezentat o descreștere a vitezei vântului aproape de suprafața activă; 82,9 % din toate seriile de timp au prezentat tendințe descendente semnificative din punct de vedere statistic.

Tabelul 2 Ponderea procentuală a seriilor de date cu tendințe crescătoare/descrescătoare ale parametrilor climatici la stațiile meteorologice din Republica Moldova în perioada 1960-2012 (% / total număr de stații, test Mann-Kendall)

	Tendință de creștere	Tendință de creștere semnificativă	Tendință de descrescătoare	Tendință de scădere semnificativă	Tendință staționară
Parametri climatici primari utilizați pentru calcularea indicilor bioclimatici					
Temperatura medie					
a aerului	97,1	62,9	0,0	0,0	2,9
Umiditatea relativă	10,0	0,0	82,9	27,1	7,1
Viteza vântului	2,9	0,0	95,7	82,9	1,4
Parametri climatici complementari					
MaxT	97,1	65,7	2,9	0,0	0,0
MinT	95,7	51,4	2,9	0,0	1,4

III.2. Distribuția spațială și evoluția temporală a WCI în semestrul rece (octombrie-martie)

Această perioadă a anului a fost aleasă pentru analiză pe baza acestui indice deoarece WCI are o importanță bioclimatică reală numai pentru acest interval al anului (în special pentru lunile iarnă - DIF) (figura 2). În perioada octombrie-

ianuarie, de la o lună la alta, în timp ce valorile WCI continuă să crească, disconfortul termic crește; în perioada ianuarie-martie, modelul de evoluție opus celui anterior este disponibil iar disconfortul termic scade.

Ianuarie este luna cu cel mai clar disconfort termic și risc datorat răcirii, așa cum indică valorile WCI care sunt cuprinse între <800 și $> 960 \text{ W/m}^2/\text{h}$. Pentru toate lunile semestrului rece, am observat aceeași distribuție teritorială a WCI. Teritoriile cu cele mai ridicate valori ale WCI sunt cele din NNE, WSW și cele central-vestice (Figura 3). Există o arie continuă cu valori ridicate ale acestui indice ce leagă Podișul Moldovei de Nord cu Dealurile Tigheci (S) și trece prin Câmpia Bălți și Valea Prutului. În timpul sezonului rece, aceste teritorii au câteva particularități (inversiuni termice lungi și frecvente în partea inferioară a văilor; canalizări ale maselor de aer în advecție) care favorizează temperatura scăzută a aerului și valorile ridicate ale vitezei vântului. Valorile cele mai scăzute ale WCI sunt specifice teritoriilor înalte și împădurite ale Podișului Moldovei, Văii Nistrului și Moldovei centrale, caracterizate prin valori moderate ale temperaturii aerului și vitezei vântului. Același situație este specifică pentru Câmpia Moldovei de Sud și valea inferioară a Nistrului, unde în timpul sezonului rece se pot simți influențele moderatoare ale Mării Negre. De asemenea, o moderare a temperaturii este generată de Lacul Stânca-Costești, însă valorile reduse ale WCI din perimetrul lacului se datorează, de asemenea, funcției de barieră a Platoului Moldovenesc mai înalt.

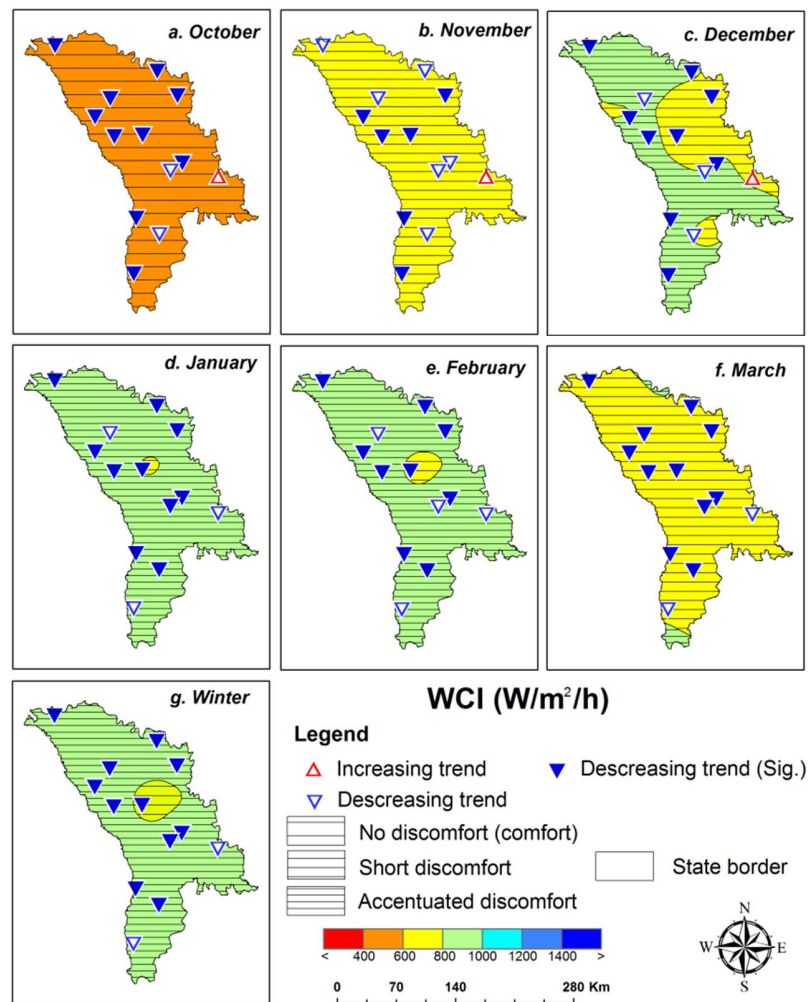


Figura 3 Distribuția spațială și tendințele indicelui WCI în conformitate cu testul Mann-Kendall la stații meteorologice din Republica Moldova, 1960-2012

Tendențele WCI indică o scădere clară la nivel anual și sezonier. Acest indice arată un fenomen de încălzire a aerului în Moldova. Doar pentru toamnă am observat că tendințele nu sunt în mod evident în scădere sau în creștere. Rezultatele testului Mann-Kendall pentru iarnă confirmă că toate seriile de timp WCI scad (93 % dintre acestea au o tendință de scădere semnificativă statistic). Distribuția spațială a tendințelor WCI în timpul iernii în Moldova demonstrează dominanța spațială a tendințelor descrescătoare, chiar și a tendințelor descrescătoare semnificative din punct de vedere statistic. Numai în părțile de sud-est (Tiraspol) și sud-vest (Cahul) ale teritoriului, tendințele WCI din timpul iarnii au un comportament inconstant (Figura 3).

Evoluția WCI în perioada octombrie-martie indică o tendință descrescătoare continuă și semnificativă din punct de vedere statistic în partea centrală și vestică a Moldovei. Celelalte teritorii înregistrează în mod alternativ același comportament sau tendințe mai puțin semnificative ale diferitelor semnale.

Testele Mann-Kendall și T indică faptul că, în perioada octombrie-decembrie, apare tendința pozitivă a WCI, dar nu este semnificativă din punct de vedere statistic (Figura 4a, b). În luna noiembrie există cele mai mari anomalii de acest tip, cu tendințe de creștere de 15 % (din toate tendințele din diferite puncte ale Moldovei).

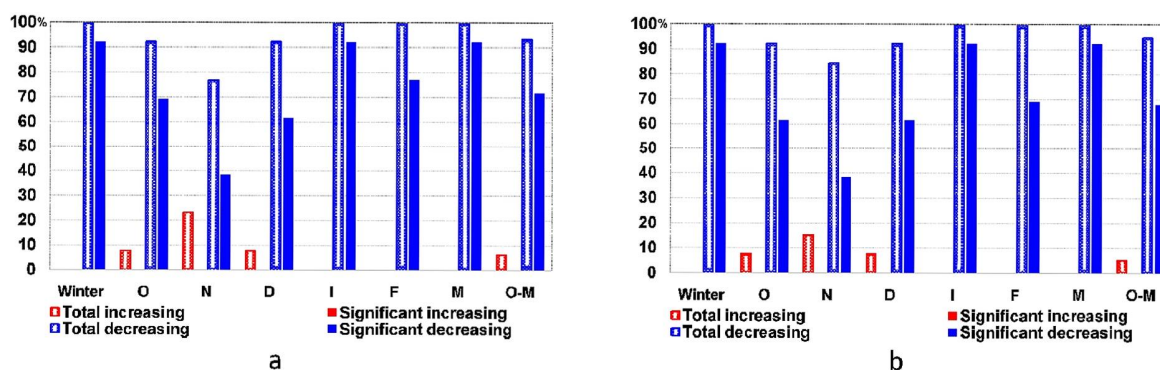


Figura 4 Ponderea procentuală a seriilor de date cu tendințe crescătoare sau descrescătoare pe diferite intervale temporale a indicelui WCI (conform testelor Mann-Kendall și T) la stațiile meteorologice din Republica Moldova, 1960-2012

Pe parcursul întregului interval octombrie-martie și mai ales în timpul lunilor de iarnă, procentele lunilor în care scăderea semnificativă statistic a WCI este mare (68 – 72 % pentru octombrie-martie, 92 % pentru iarnă) (Figura 4a, b). Acest fapt este un semn clar al încălzirii care apare în sezonul rece al anului și este o caracteristică bioclimatică pozitivă, având în vedere că iernile sunt adesea foarte reci, chiar geroase, în această parte a Europei.

Mărima tendințelor anuale ale WCI în perioada 1960-2012 arată că, în timpul ierni, indicele WCI a scăzut în fiecare an cu 2,36 - 2,4 W / m². Suma pentru cei 53 de ani indică faptul că WCI a scăzut cu 125,08 – 127,2 W / m² (Tabelul 3).

În timpul întregului semestru rece, panta Sen și panta regresiei liniare indică scăderea valorilor anuale ale WCI. Ianuarie este luna în care scăderile valorile ale WCI sunt cele mai relevante (între -3,16 și -3,21 W / m²). Suma pentru cei 53 de ani arată că WCI a scăzut în ianuarie cu 167,48 – 170,13 W / m².

Tabelul 3 Valorile pantelor liniilor de tendință ale WCI (W / m² / an) în Republica Moldova (1960 - 2012)

	Iarna	Oct.	Nov.	Dec.	Ian.	Feb.	Mar.	Oct-Mar.
WCI – panta Sen	-2,36	-1,02	-0,97	-1,40	-3,16	-2,50	-2,20	-1,87
WCI – regresia liniară	-2,40	-0,86	-0,99	-1,39	-3,21	-2,40	-2,33	-1,86

III.3. Distribuția spațială și evoluția temporală a indicelui CP în timpul semestrului cald (aprilie-septembrie)

Distribuția spațială a CP pentru oricare dintre lunile analizate (aprilie - septembrie) are diferențe teritoriale nord-sud sau vest-est care nu pot fi interpretate prin metoda cartografică selectată atunci când se utilizează pragurile standard utilizate de alți autori. Cu toate acestea, se observă că, în lunile aprilie, iulie și august, în valea mijlocie a Răutului, din raioanele Telenești și Orhei, valorile CP sunt ușor mai mici (Figura 4) datorită dealurilor înalte împădurite. O analiză mai detaliată bazată pe valori medii lunare ale CP relevă faptul că, în timpul iernii și primăvara, indicele prezintă o tendință generală de creștere ușoară (aproximativ 3 Mcal / cm² / sec în timpul iernii și 1,5 - 2 Mcal / cm² / sec în timpul primăverii). În timpul verii, când confortul bioclimatic este mediu și ridicat, valorile CP scad ușor de la nord la sud (1 - 1,5 Mcal / cm² / sec).

În lunile iulie și august, există arii în care valorile CP scad sub pragul de 9,9 puncte, ceea ce indică faptul că atmosfera este caldă, dar căldura este una tolerabilă. În toamnă, stările confortabile, urmate de stările moderate cauzate de răcirea treptată a atmosferei, sunt dominante din punct de vedere spațial. Între nord și sud valorile CP cresc aproape imperceptibil (cu 1 Mcal / cm² / sec).

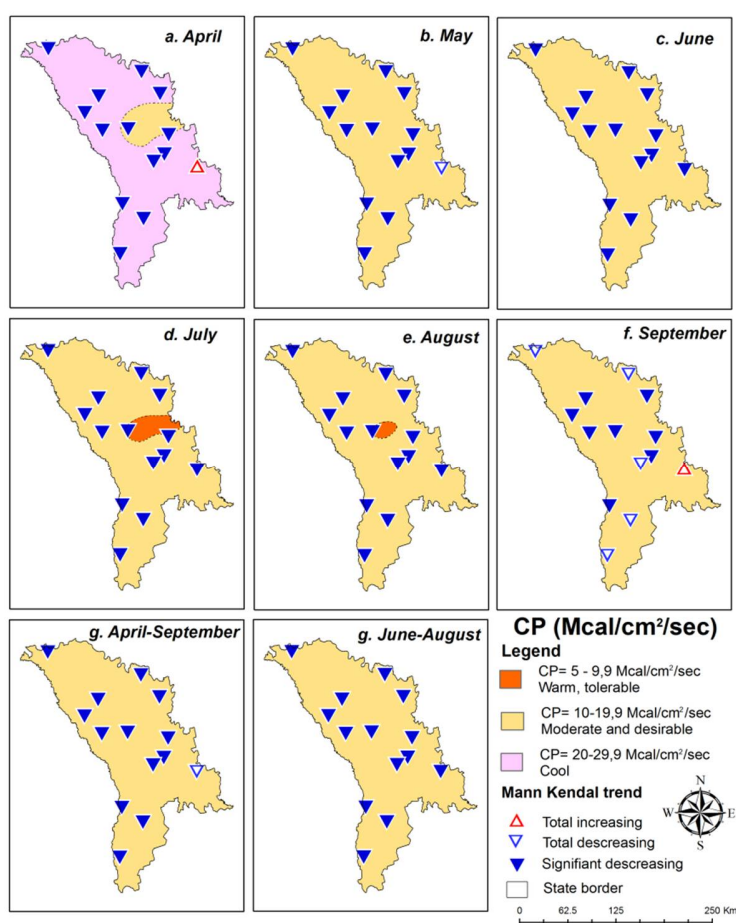


Figura 4 Distribuția spațială și tendințele indicelui CP în conformitate cu testul Mann-Kendall la stațiile meteorologice din Republica Moldova, 1960-2012 (stații originale plus Dubăsari)

De la o lună la alta, diferențele interlunare ale CP pentru diverse stații meteorologice se situează în intervalul de ~ 10 Mcal / cm² / sec în timpul iernii, în timp ce între lunile de vară este de 5 Mcal / cm² / sec - Figura 5. Pentru întregul teritoriu, aceste diferențe sunt mai mici (fiind de maximum 5 Mcal / cm² / sec în timpul iernii și 2 Mcal / cm² / sec vara) - Figura 6. Valorile maxime ale acestui indice în timpul iernii indică disconfortul bioclimatic prin răcire și valorile minime de vară indică un confort bioclimatic dominant, întrerupt de căldură admisibilă. Valorile ridicate ale CP în partea de sud a Moldovei în

timpul iernii sunt cauzate de vântul nordic (numit Crivat), care suflă mai puternic pe o suprafață topografică de câmpie, fără aproape nici o barieră.

Calculând tendințele CP pentru lunile semestrului rece, am observat că în 96,4 % din luni, valorile CP scad și doar în 3,6 % din cazuri acestea cresc. Din lunile cu tendințe descrescătoare de CP, 83,3 % au o tendință de scădere semnificativă statistic. Prin urmare, putem afirma că, în timpul iernii, CP este într-o ușoară scădere.

Pentru lunile semestrului cald, utilizând testul Mann-Kendall și regresia liniară, am obținut rezultatele prezentate în figura 7. Iulie și august sunt luni care s-au remarcat prin tendințe de scădere semnificativă a CP la toate stațiile. Cea mai mare abatere de la comportamentul mediu evolutiv al CP este înregistrată în septembrie.

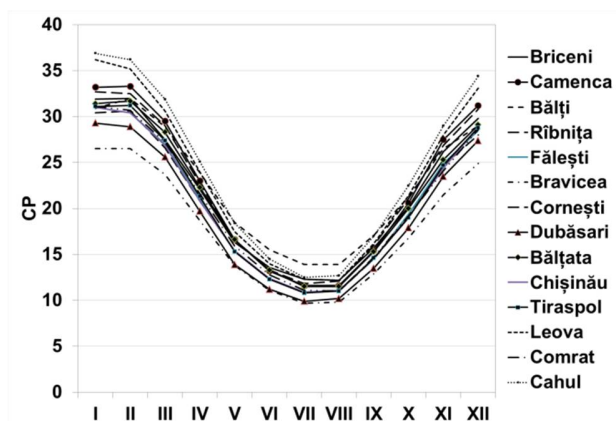


Figura 5 Evoluția anuală a valorilor CP (Mcal / cm² / sec) la stațiile meteorologice din Republica Moldova (1960-2012)

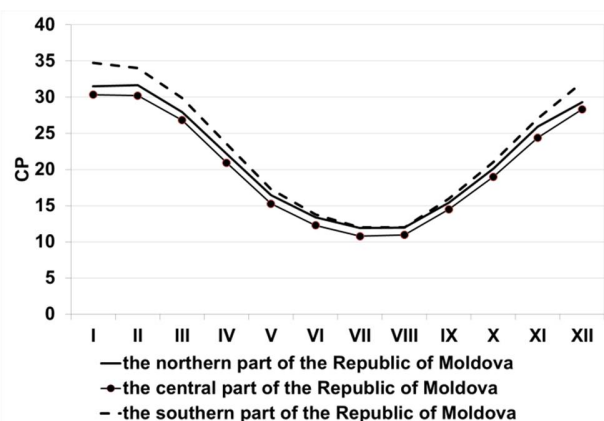


Figura 6 Evoluția anuală a valorilor CP (Mcal / cm² / sec) în partea nordică, centrală și de sud a Republicii Moldova (1960-2012)

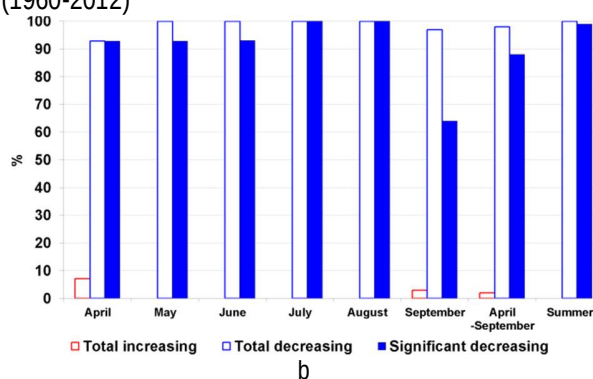
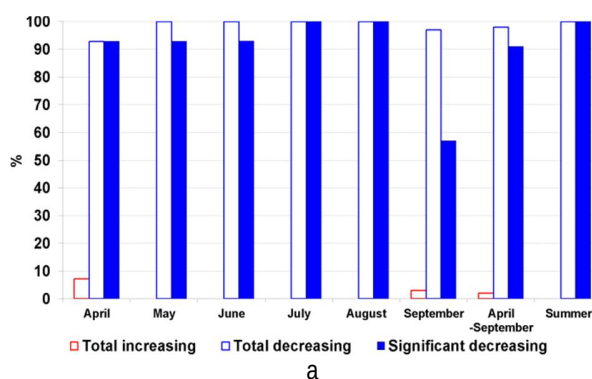


Figura 7 Pondere procentuală a seriilor de date cu tendințe crescătoare sau descrescătoare pe diferite intervale temporale a indicelui CP (testul Mann-Kendall – a; Test T - b) la stații meteorologice din Republica Moldova, 1960-2012

Având în vedere panta tendințelor CP (Tabelul 4), se poate estima că, în perioada 1960 - 2012, valorile medii lunare ale indicelui analizat au scăzut semnificativ în lunile iulie și aprilie (4,3 Mcal / cm² / sec - conform regresiei liniare), în timp ce cea mai slabă tendință descrescătoare a avut luna septembrie (doar 2,2 Mcal / cm² / sec).

Tendința actuală a CP în lunile de iarnă și primăvară indică o îmbunătățire treptată a condițiilor bioclimatice. Pe de altă parte, tendința actuală a CP în lunile de vară va duce la o deteriorare a bioclimatului. Tendințele de scădere actuală a valorilor CP în timpul toamnei prefigurează o îmbunătățire a particularităților climatice pentru turism.

S-au calculat scorurile TCI de șapte stații meteorologice în care erau disponibili toți parametrii meteorologici necesari. Regimul anual TCI, a cărui dezvoltare este opusă celei a CP, este prezentată în Figura 8. Stațiile selectate acoperă uniform teritoriul studiat.

Tabel 4 Valorile pantelor liniilor de tendință ale CP (Mcal/cm²/sec) în Republica Moldova (1960 - 2012) și proiecția în viitor a valorilor CP

	Aprilie	Mai	Iunie	Iulie	August	Septembrie
CP – panta Sen	-0,09	-0,08	-0,07	-0,09	-0,07	-0,05
Mărimea descreșterii	-3,8	-3,4	-3,0	-3,8	- 3,0	-2,2
CP - valori prognozate ale Cp pentru anul 2020	21,3	15,8	12,7	11,0	11,3	15,0
CP - valori prognozate ale Cp pentru anul 2030	20,4	15,0	12,0	10,1	10,6	14,5
CP – regresie liniară	-0,1	-0,09	-0,07	-0,1	-0,09	-0,05
Mărimea descreșterii	-4,3	-3,8	-3,0	-4,3	-3,8	-2,2
CP - valori prognozate ale Cp pentru anul 2020	21,2	15,7	12,7	10,9	11,2	15,0
CP - valori prognozate ale Cp pentru anul 2030	20,0	14,8	12,0	9,9	10,3	14,5

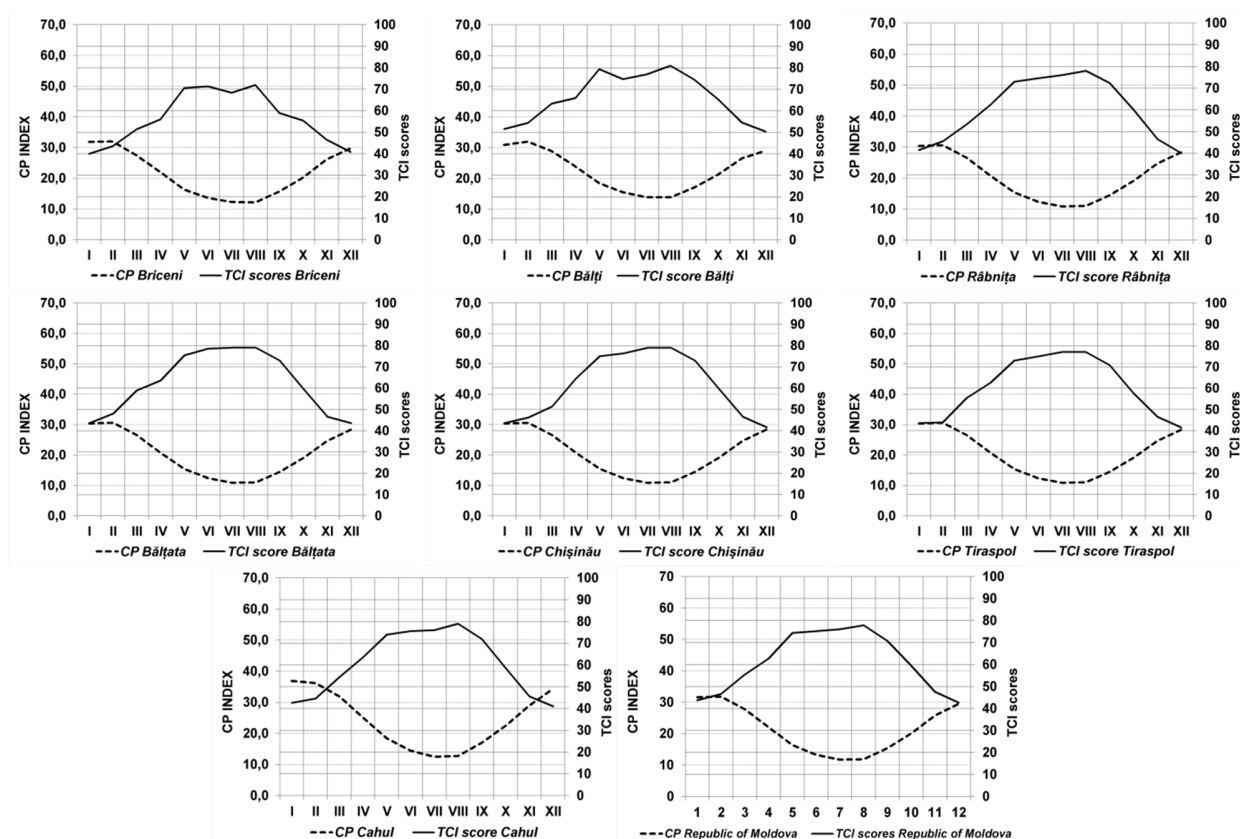


Figura 8 Evoluția anuală a valorilor CP și TCI în diferite locuri din Republica Moldova (1960-2012)

Un rezumat al evaluării impactului CP și TCI pe întreg teritoriul Republicii Moldova este prezentat în tabelul 5. Este de reținut că din mai până în septembrie clima este foarte bună pentru practicarea turismului în această țară. În luna aprilie și octombrie clima oferă condiții bune pentru activitățile turistice, în luna martie acceptabile, iar în lunile noiembrie-februarie condiții mai puțin acceptabile.

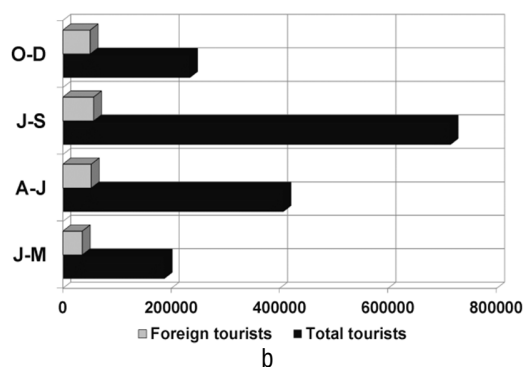
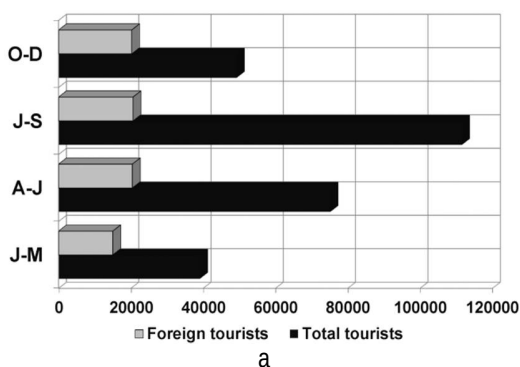
Tendențele evoluției bioclimatice din anii 1960-2012 (evidențiate de indicatorii WCI și CP) indică pentru Republica Moldova o creștere a favorabilității climatice pentru turismul balneoclimatic, dar și pentru alte tipuri de activități turistice desfășurate în aer liber. Evoluția anuală a TCI arată că, timp de opt luni pe an, activitățile turistice pot avea loc în natură / mediu fără prea multe restricții climatice.

Evoluția anuală a favorabilității climatice și a caracteristicilor climatice influențează (împreună cu alți factori) fluxurile turistice din Moldova. Cea mai detaliată raportare statistică a fluxurilor turistice în Moldova se înregistrează în Anuarul Statistic al Republicii Moldova (NBSRM, 2015) în patru trimestre ale anului: I, II, III și IV.

Comparând valorile medii trimestriale ale numărului de turiști și înnopțărilor cu cele ale TCI, putem observa legături interdependente dintre ele - Figura 9: fluxurile turistice sezoniere într-un an mediu sunt impuse de condițiile climatice.

Tabelul 5 Evoluția anuală a valorilor lunare medii ale indicilor CP și TCI și a consecințelor bioclimatice și în plan turistic în Republica Moldova (1960 - 2012)

Luna	CP (Mcal/cm ² /s)	Tipul de stimulare bioclimatică	TCI scores	Descrierea valorii TCI impact asupra activităților turistice	Evoluția viitoare a favorabilității climatice pentru turism
I	31,6	Stimulare bioclimatică moderată și intensă	43,8	Mai puțin acceptabil	Evoluție pozitivă
II	31,8	Stimulare bioclimatică moderată și intensă	46,6	Mai puțin acceptabil	Evoluție pozitivă
III	27,8	Stimulare bioclimatică moderată	55,5	Acceptabil	Evoluție pozitivă
IV	22,0	Stimulare bioclimatică moderată	62,7	Bun	Evoluție pozitivă
V	16,4	Confort bioclimatic de la mediu la mare	74,3	Foarte bun	Evoluție pozitivă
VI	13,3	Confort bioclimatic de la mediu la mare	75,2	Foarte bun	Evoluție foarte pozitivă
VII	11,7	Confort bioclimatic de la mediu la mare	76,1	Foarte bun	Evoluție foarte pozitivă
VIII	11,9	Confort bioclimatic de la mediu la mare	77,9	Foarte bun	Evoluție foarte pozitivă
IX	15,4	Confort bioclimatic de la mediu la mare	70,7	Foarte bun	Evoluție pozitivă
X	20,1	Stimulare bioclimatică moderată	59,5	Bun	Evoluție pozitivă
XI	25,8	Stimulare bioclimatică moderată	47,6	Mai puțin acceptabil	Evoluție pozitivă
XII	29,5	Stimulare bioclimatică moderată	42,7	Mai puțin acceptabil	Evoluție pozitivă



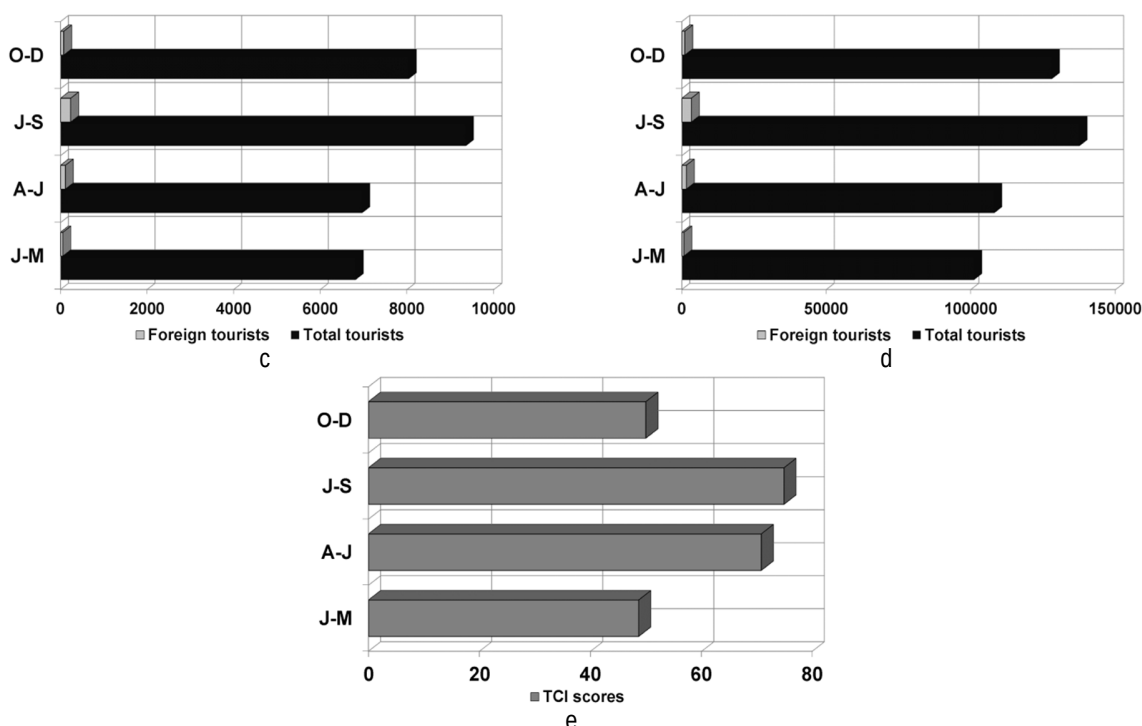


Figura 9 Evoluția anuală a: totalului numărului de turiști (2002-2012, a); numărului total de înnoptări (2002-2012, b); numărului total de turiști în structuri de cazare balneoclimatice (2002-2012, c); numărului total al înnoptărilor în structuri de cazare balneoclimatice (2002-2012, d), evoluția TCI (1960-2012, e) (conform Breviarului Statistic al Republicii Moldova (BSRM, 2015), litere I-D reprezintă lunile din an)

IV. Discuții

Deși în societatea contemporană analiza bioclimatică este o preocupare continuă, în Republica Moldova această categorie de analiză nu a ridicat interesul până în prezent. Vremea și clima sunt doi factori naturali foarte importanți în alegerea unei destinații turistice (Abegg, 1996). Am stabilit că, în Republica Moldova, condițiile meteorologice medii sunt favorabile turismului în cel puțin șapte luni pe an. Industria turismului este deosebit de sensibilă la variabilitatea climei (Curtis et al., 2011). Chiar dacă variabilitatea climatică a Moldovei este în general ridicată, în perioada aprilie-octombrie este mult atenuată datorită predominării timpului anticiclonic.

Pentru turismul de iarnă, zăpada este principala atracție. Republica Moldova nu excelează în atracțiile estivale sau hivernale legate de plajă cu apă-soare și, respectiv, de sporturile de iarnă, dar, cu un management bun, autoritățile ar putea dezvolta la un nivel rezonabil aceste tipuri de turism. Vara, resursele climatice sunt favorabile turismului din iunie până în septembrie, iar iarna perioada favorabilă este din decembrie până în februarie. Deși lungimea și calitatea sezonelor atractive nu sunt ideale, Republica Moldova nu este singura țară care se confruntă cu astfel de probleme. Alte țări cu mare vocație turistică au probleme în acest sens (Scott et al., 2004; Perry, 2001), dar iau măsuri rapide pentru a le rezolva.

Maureen și colab. (2001) susțin că există condiționări puternice în ceea ce privește climatul turistic, care ar trebui să fie întotdeauna luate în considerare de către managerii și operatorii de turism. De exemplu, în Moldova, traficul turistic de iarnă este împiedicat de condițiile meteorologice, iar în această direcție este necesar să se depună eforturi mai mari. O serie de atracții rămân blocate în timpul iernii sau nu îndeplinesc cerințele pentru vizitare. În orașele Republicii Moldova, care au un mare potențial turistic antropoc, iarnă zăpada căzută și viscolită,

depunerile înghețate și înghețul împiedică activitatea turistică, iar în timpul verii căldura și poluarea fac adesea o atmosferă sufocantă.

Potențialul turistic al Republicii Moldova este bun și tendința sa este pozitivă. Prognozele privind resursele climatice-turistice realizate până în prezent nu au vizat în mod explicit Republica Moldova, ci mai degrabă țări sau teritorii cu un turism puternic dezvoltat. Cu toate acestea, studiile diferiților autori (Amelung și Moreer, 2009; Sabine et al., 2010) arată că schimbările climatice vor duce la îmbunătățirea resurselor climatico-turistice din Europa Centrală și de Est. Conform studiilor menționate (și observațiilor noastre din acest studiu) în perioada 2020-2030, condițiile nefavorabile în timpul iernii vor persista. În primăvară și toamnă, schimbările vor fi mici, dar pozitive. În timpul verii, condițiile se vor îmbunătăți (scorurile TCI vor crește). Pot fi implementate numeroase măsuri pentru a crește activitatea turistică în timpul verii (extinderea intervalului oficial de timp estival sau îmbunătățirea infrastructurii turistice). O provocare în acest sens va fi legată de cantitatea și calitatea resurselor de apă locale, care sunt deja utilizate pe scară largă în agricultură în acest sezon.

Concluzii

În cazul temperaturii medii lunare a aerului, 98,9 % din seriile temporale analizate au tendințe ascendente, iar 62,6 % au tendințe crescătoare din punct de vedere statistic. În ceea ce privește MaxT și MinT, s-au înregistrat predominant tendințe de creștere (74,2 % din seriile de timp pentru MaxT și 59,2 % pentru MinT au avut tendințe de creștere semnificativă din punct de vedere statistic). Această evoluție este sincronă cu scăderea vitezei vântului (84,7 % din seriile de timp cu trend negativ semnificativ statistic) și scăderea umidității relative.

Pentru semestrul rece al anului și mai ales în timpul iernii, încălzirea climatică din intervalul considerat este demonstrată de tendințele descrescătoare ale WCI. Sumar pentru 53 de ierni, indicele WCI a scăzut în Moldova cu 126,14 W / m². În luna ianuarie (și pentru 53 de ani), scăderea medie a WCI a fost cea mai relevantă (168,8 W / m²). Aceste evoluții reprezintă o demonstrație a încălzirii climatice în această parte a Europei în timpul sezonului rece.

Distribuția spațială și evoluția temporală a CP și a TCI în Republica Moldova arată că pentru practicarea turismului sunt condiții bune și foarte bune din aprilie până în octombrie. În timpul semestrului cald al intervalului de timp 1960 - 2012, clima a înregistrat o ușoară încălzire și a devenit mai uscată, mai puțin vântoasă și cu un cer mai însorit, după cum indică diminuarea CP cu valori cuprinse între 4,3 Mcal / cm² / sec (în iulie și aprilie) și 2,2 Mcal / cm² / sec (în septembrie). Având în vedere estimările CP pentru anii 2020 și 2030, apreciem că în Republica Moldova va crește gradul de favorabilitate a climei pentru turism. Luna mai are tendințele cele mai favorabile ale relației climat-turism, în timp ce iulie și august au tendința de a evolua spre condiții excelente pentru turism. Lunile aprilie - mai (corespunzătoare vacanței de primăvară și Paștilor) devin din ce în ce mai favorabile, previzibile și constante pentru practica turistică. Din iulie până în august (vacanța de vară), atmosfera poate evolua în 2030 la valori CP sub 10 Mcal / cm² / sec, caz în care clima va fi caldă, dar tolerabilă, cu un confort climatic scăzut până la mediu și cu excelente condiții pentru turism.

Mulțumiri

Autorii mulțumesc SHS a Republicii Moldova pentru furnizarea datelor meteorologice.

Bibliografie

- ABEGG, B. (1996): Klimaänderung und Tourismus. Zürich. Hochschulverlag AG an der ETH.
AMELUNG, B. and MORENO, A. (2009): «Impacts of climate change in tourism in Europe». *PESETA-Tourism study EUR 24114 EN – Joint Research Centre – Institute for Prospective Technological Studies*, DOI: 10.2791/3418.

- AMELUNG, B. and VINER, D. (2006): «Mediterranean tourism: Exploring the Future with the Tourism Climate Index». *Journal of Sustainable Tourism*, vol. 14, 349–366.
- BEÇANCENOT, J.P. (1974): «Premieres donnees sur les stress bioclimatiques moyens en France». *Annales de geographie*, vol. 83, n° 459, 497-530.
- BECKER, F. (1972): «Bioklimatische Reizstufen für eine Raumbewertung zur Erholung, Forschungs». *Sitzungsberichte der Akademie für Raumforschung und Landesplanung Hannover*, vol. 76, 45–61.
- BLAZEJCZYK, K., EPSTEIN, Y., JENDRITZKY, G., STAIGER, H. and TINZ, B. (2012): «Comparison of UTCI to selected thermal indices». *International Journal of Biometeorology*, vol. 56, n° 3, 515–535.
- BUTTNER, K. (1938): *Physikalische Bioklimatologie. Probleme und Methoden.* (Probleme der Kosmische Physik, Bd. XVIII). Leipzig. Akademische Verlagsgesellschaft.
- CROITORU, C. and OVERCENCO, A. (2013): «Extreme temperatures impact on human health in the R. Moldova». *Abstracts of Days of the University of Medicine and Pharmacy of Târgu Mureş, Târgu Mureş*.
- CURTIS, S., LONG, P. and ARRIGO, J. (2011): «Climate, Weather and Tourism: Issues and Opportunities». *American Meteorological Society, Meeting Summaries, Greenville, North Carolina*, 2011.
- DOBRINESCU, A., BUSUIOC, A., BÎRSAN, M.V., ŞTEFAN, S. and ORZAN, A. (2013): «Spatial and temporal variability of the thermal stress index in Romania». *Geophysical Research Abstracts - EGU General Assembly 2013*, EGU 2013-11217, vol. 15.
- FARAJZADEH, H. and MATZARAKIS, A. (2012): «Evaluation of thermal comfort conditions in Ourmieh Lake, Iran». *Theoretical and Applied Climatology*, vol. 107, 451–459.
- GOVERNMENT OF REPUBLIC OF MOLDOVA (2014): "Tourism 2020" Tourism Development Strategy - <http://lex.justice.md/index.php?action=view&view=doc&lang=1&id=353037>.
- HAMILTON, J.M. and TOL, R.S.J. (2007): «The Impact of Climate Change on Tourism in Germany, the UK and Ireland: a simulation study». *Regional Environmental Change*, vol. 7, 161-172.
- HUANG, K.-T., LIN, T.-P. and LIEN, H.-C. (2015): «Investigating Thermal Comfort and User Behaviors in Outdoor Spaces: A Seasonal and Spatial Perspective». *Advances in Meteorology*, vol. 2015, article ID 423508, 1-11.
- IONAC, N. and CIULACHE, S. (2008): *Atlasul bioclimatic al României*. Bucharest. Ars Docendi.
- JAHANBAKSH, S. (1998): «Assessment of human bioclimate in Tabriz and thermal need of buildings». *Geographical Research Quarterly*, vol. 48.
- KATERUSHA, O. and MATZARAKIS, A. (2015): «Thermal bioclimate and climate tourism analysis for Odessa, Black Sea». *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, vol. 97, 671–679.
- KOVACS, A. and UNGER, J. (2014): «Analysis of tourism climatic conditions in Hungary considering the subjective thermal sensation characteristics of the South-Hungarian residents». *Acta Climatologica et Chorologica*, vol. 47-48, 77-84.
- MARIN, L., BÎRSAN, M.V., BOJARIU, R., DUMITRESCU, A., MICU, D.M. and MANEA, A. (2014): «An overview of annual climatic changes in Romania: Trends in air temperature, precipitation, sunshine hours, cloud cover, relative humidity and wind speed during the 1961-2013 period». *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, vol. 9, n° 4, 253-258.
- MAUREEN, A.D. and JEAN, P.P. (2001): «Climate impacts on the demand for tourism». *Proceedings of the First International Workshop on Climate, Tourism and Recreation*, 41-50.
- MERCIU, G.L. (2010): «Analysis of bioclimatic indicators in white dominant area. Case of study the northern sector of the Parâng Mountains». *Annals of the University of Craiova, Series Geography*, vol. 13, 47-54.
- MIECZKOWSKI, Z. (1985): «The tourism climatic index: a method of evaluating world climates for tourism». *The Canadian Geographer*, vol. 29, 220-33.
- MIHĂILĂ, D., BRICIU, A.-E., BISTRICEAN, P. and LAZURCA, L.-G. (2015): «The analysis of the spatial distribution and temporal trends of THI index in the Republic of Moldova». *SGEM2015 Conference Proceedings*, vol. 4, 1105-1112, DOI: 10.5593/SGEM2015/B41/S19.142
- NASTOS, P. T. and MATZARAKIS, A. (2013): «Human Bioclimatic Conditions, Trends, and Variability in the Athens University Campus, Greece». *Advances in Meteorology*, vol. 2013, article ID 976510, 1-8.

- NATIONAL BUREAU OF STATISTICS OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA (2015): Statistical Yearbook of the Republic of Moldova. Chişinău.
- NEDEALCOV, M. (2014): «Climate change and anomalies associated in the Republic of Moldova». *Present Environment and Sustainable Development*, vol. 8, n° 1, 59-68.
- PARMACLI, D. and STAIKOVA, T. (2013): «Natural hazards and their effects on agricultural development (case of the Republic of Moldova)». *Spatial and Temporal Distribution of Natural Disasters - Empirical Evidence*, DOI: 10.2298/IJGI1303313P, 2013.
- PATRICHE, C.V. (2009): Metode statistice aplicate în climatologie. Iaşi. Terra Nostra.
- PERRY, A. (2001): «More heat and drought - Can mediterranean tourism survive and prosper?». *Proceedings of the First International Workshop on Climate, Tourism and Recreation*, 35-40.
- POTOP, V. and SOUKUP, J. (2009): «Spatiotemporal characteristics of dryness and drought in the Republic of Moldova». *Theoretical and Applied Climatology*, vol. 96, n° 3, 305-318.
- RAMEZANI, B. and FALLAHZADEH, M. (2014): «Assessment and analysis of thermal comfort based on bioclimatic indices. Case study: Port of Anzal - Iran». *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, vol. 4, n° 1, 116-125.
- RAMEZANI, B.G. and PALIC, M. (2012): «Recognition of monthly human bioclimatic comfort with tourism climate index in Ramsar, South-West of Caspian Sea, Iran». *AGD Landscape & Environment*, vol. 6, n° 1, 1-14.
- ROBINE, J-M., CHEUNG, S.L.K., LE ROY, S., VAN OYEN, H., GRIFFITHS, C., MICHEL, J-P. and HERRMANN, F.R. (2008): «Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003» *Comptes Rendus*. vol. 331, n° 2, 171-178.
- SABINE, L., PERCH, N., AMELUNG, B. and KNUTTI, R. (2010): «Future climate resources for tourism in Europe based on the daily Tourism Climatic Index». *Climatic Change*, vol. 103, 363-381.
- SALMI, T., MAATTA, A., ANTTILA, P., AIROLA, T.R. and AMNELL, T. (2002): «Detecting Trends of Annual Values of Atmospheric Pollutants by the Mann-Kendall Test and Sen's Slope Estimates: The Excel Template Application Makesens». Finnish Meteorological Institute – Publications on air quality, n° 31, 1-35.
- SCHÄR, C., VIDALE, P.L., LÜTHI, D., FREI, C., HÄBERLI, C., LINIGER, M.A., APPENZELLER, C. (2004): «The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves». *Nature*, vol. 427, no. 6972, 332-336.
- SCOTT, D. and MCBOYLE, G. (2001): «Using a 'tourism climate index' to examine the implications of climate change for climate as a tourism resource». *First International Workshop on Climate, Tourism and Recreation*, 69-88.
- SCOTT, D., MCBOYLE, G. and SCHWARTZENTRUBER, M. (2004): «Climate Change and the Distribution of Climatic Resources for Tourism in North America». *Climate Research*, vol. 7, 105-117.
- SEN, P.K. (1968): «Estimates of the regression coefficient based on Kendall's Tau». *Journal of the American Statistical Association*, vol. 63, n° 324, 1379-1389.
- SIPLE, P.A. and PASSEL, C.F. (1945): «Measurements of dry atmospheric cooling in subfreezing air temperatures». *Proceedings of the American Philosophical Society*, vol. 89, 177-199.
- TEODOREANU, E. and MIHĂILĂ, D. (2012): «Is the bioclimate of Suceava Plateau comfortable or uncomfortable? Analysis based on TEE and THI». *Present Environment and Sustainable Development*, vol. 6, n° 1, 205-217.
- TEODOREANU, E. and MIHĂILĂ, D. (2012): «Is the bioclimate of the Suceava Plateau comfortable or uncomfortable? Analysis based on Wind Cooling Power index and Skin and Lung Stress index». *Present Environment and Sustainable Development*, vol. 6, n° 1, 229-251.
- TZENKOVA, A.S., KANDJOV, I.M. and IVANCHEVA, J.N. (2003): «Some biometeorological aspects of urban climate in Sofia». *Proceedings of 5th International Conference on Urban Climate*, vol. 2, 103-106.
- ZANINOVIC, K., CEGNAR, T. and MATZARAKIS, A. (2006): «Thermal comfort trends and variability in the Croatian and Slovenian mountains». *Meteorologische Zeitschrift*, vol. 15, n° 2, 243-251.

Un alt articol științific cu o tematică ancorată în sfera de interes a studiilor științifice actuale se află în procedură de evaluare la o revistă științifică apreciată în comunitatea geografilor și climatologilor.

Titlul articolului: Deficitul și excedentul climatic de apă între Carpați și Nistru

Autorii studiului: Mihailă Dumitru, Bistricean Petruț – Ionel, Lazurca Liliana Gina, Briciu Andrei Emil

Rezumat. Studiul abordează deficitul (WD) și excedentul (WE) climatic de apă pe teritoriul cuprins între culmile Carpaților Orientali (România) și fluviul Nistru (Republica Moldova), cu o suprafață de 80.128 kmp. într-un interval de 52 de ani (1961 – 2012).

Demersul analitic a fost susținut cu date de la 15 stații meteorologice din România și 14 stații din Republica Moldova. WD și WE au fost calculați ca diferență între cantitățile de precipitații căzute într-un anumit interval la o stație meteorologică (P) și evapotranspirația de referință (ET_{0-PM}) – din aceeași locație, calculată cu ajutorul programului CROPWAT 8.0 pus la dispoziție de către FAO.

Analizând valorile anuale ale indicelui $P - ET_{0-PM}$ am putut constata că acestea sunt pozitive (WE) indicând excedentul climatic de apă doar în spațiul carpatic și în cel subcarpatic din est, fiind negative și indicând deficitul climatic de apă (WD) în restul teritoriului cercetat. WD este din ce în ce mai accentuat, pe de o parte, pe măsură ce ne depărtăm de Carpați către est, dar și de la nord către sud, atingând maximum în sud-estul teritoriului.

Dintre anotimpuri doar în timpul iernii se manifestă peste tot WE, primăvara, vara și toamna WD caracterizând cea mai mare parte a teritoriului, cu excepția celui carpatic și subcarpatic. Vara WD este maxim, cu excepția ariei montane și subcarpatice. WD este o caracteristică a ariilor mai joase (de podiș) din luna martie până în octombrie. Dintre lunile intervalului martie – octombrie cele mai mari valori ale WD se înregistrează în iulie. În intervalul noiembrie – februarie WE contribuie la refacerea parțială a rezervelor de apă din sol.

Trendul $P - ET_{0-PM}$ analizat prin intermediul testelor Mann – Kendall și testul t arată că, în cei 52 de ani la 83 %, respectiv 80 % dintre stațiile pentru care a fost calculat a fost negativ, iar panta Sen a evoluat valoric între - 0,05 mm an⁻¹ la Dubăsari – testul t și -6,73 mm an⁻¹ la Iezer – testul Mann – Kendall.

Semnificativitate statistică la nivelul α cuprins între 0,001 și 0,05, au prezentat doar valorile anuale ale $P - ET_{0-PM}$ care redau accentuarea WD la stațiile Cahul, și Comrat. Zona Comrat – Cahul este cea în care procesul de accentuare a WD este cel mai evident și reprezentativ statistic.

Pe anotimpuri, iarna, primăvara și vara valorile pantelor tendințelor $P - ET_0$ au fost negative, iar toamna pozitive.

Am constatat o accentuare a WD în ultimii 52 de ani în lunile februarie – martie și iulie care probabil, în viitorul apropiat, va deveni din ce în ce mai evidentă. Semnale ale acestui fenomen, dar mai atenuate, apar și în lunile mai, iunie, august respectiv noiembrie. În luna octombrie valorile pantei Sen ale $P - ET_{0-PM}$ au fost de semn pozitiv la majoritatea stațiilor ceea ce ne îndreptățește să apreciem că pe parcursul ultimilor 52 de ani, în această lună, indicele $P - ET_{0-PM}$ s-a îmbunătățit.

Dacă în spațiul carpatic evoluția către un deficit climatic de apă s-a conturat cu mai puțină claritate în ultimii 52 de ani, în Podișul Moldovei, de o parte și de alta a Prutului, ariile și lunile cu WD au fost din ce în ce mai extinse și mai frecvente. Dacă tiparele de evoluție climatică regională se vor păstra, acest fenomen se va extinde către nord și vest, afectând negativ în primul rând sectorul agricol. La nivelul anului 2030 anticipăm o reducere a disponibilului climatic de apă cu 46 mm m⁻², comparativ cu perioada 1961 - 2012.

Cuvinte cheie: deficit sau excedent de apă, analiza tendințelor, aridizare

Introducere

WD (soldat cu intervale de uscăciune și secetă) este o caracteristică naturală a climei și apare aproape în toate regiunile climatice, cu frecvență, gravitate și durată variabilă (Wilhite, 1993). WE prezintă manifestări opozante. WD și WE reprezintă pentru climatul teritoriului analizat un cuplu de manifestări ce se succed aleatoriu, în directă dependență, în primul rând, cu factorii atmosferici dinamici.

Deficitul permanent - ariditatea (spre deosebire de deficitul temporar - seceta) este o caracteristică climatică care corespunde unui dezechilibru în disponibilitatea apei, constând în precipitații medii anuale reduse, cu o variabilitate spațială și temporală ridicată ducând la umiditate scăzută pe ansamblu și capacitatea scăzută de a asigura nevoile ecosistemelor (Pereira et al., 2009). Accentuarea WD pe teritoriul cercetat (dar și violența manifestărilor vremii din timpul perioadelor cu WE) impune analiza manifestărilor spațio-temporale ale acestor parametri și a trendului lor.

Varietatea largă a componentelor de mediu afectate de secetă, distribuția și evoluția temporală purtând amprenta diferitelor regiuni geografice, multitudinea de factori care intervin în evoluția fenomenului, de scări și modalități de cuantificare, face dificilă dezvoltarea atât a unei definiții pentru a descrie seceta (dar și excedentul pluvio-hidric) cât și a unui indice pentru a o măsura (NCDC, 2012).

Studiul WD generator al secetelor și al aridității bazat pe diferiți indici a fost mai puțin abordat în România, atât la nivelul întregului teritoriu național (Ștefan et al., 2004, Păltineanu et al., 2007 a, b, c; Păltineanu et al., 2009, Cheval et al., 2014a.) sau pe unități mai mici, situate în special în sudul sau sud-estul țării (Dragotă et al., 2011, Nedealea et al., 2009, Lungu et al., 2011).

În Moldova de la est de Prut studiile sunt și mai puține. Pentru teritoriul de la est de Prut Constantinov și Nedealcov (2007) subliniau că acesta este foarte vulnerabil la manifestările secetelor. Analiza datelor (Constantinov et al., 2006) arată că jumătatea estică a Moldovei este influențată de secete intense cu frecvența de manifestare de la 2 până la 4 secete într-un deceniu. În același timp, Constantinov și Nedealcov (2007) remarcă pentru intervalul 1992-2003 că secetele care dețineau 12,5 % din numărul fenomenelor extreme, produc mari pagube, nu și victime, pe când inundațiile survenite în urma excedentului pluvio-hidric au deținut 50% din numărul fenomenelor extreme de risc, cauzând 92 % din victimele umane. Potop și Soukup, 2009 observă o tendință de creștere a frecvenței și intensității fenomenului de secetă după 1980 în Moldova estică (în ultimii 20 de ani ai analizei, din 11 cazuri de secetă, 9 au avut un grad de intensitate severă sau extremă). Cuantificarea spațio-temporală a $P-ET_{0-PM}$ a devenit o necesitate în contextul în care agricultura Republicii Moldova contribuia în 2015 cu 12 % la PIB și 31,5 % din populația țării a fost antrenată în acest domeniu în 2014 (Anuarul Statistic al Republicii Moldova, 2015). Și în Moldova de la vest de Prut, populația eminentă agrară este dependentă de evoluțiile climatice și producțiile unei agriculturi cu valențe de subzistență. Cele câteva remarci ne arată că teritoriul cercetat este unul al contrastelor pluvio-hidrice și, de asemenea, necesitatea studierii în paralel a WD și WE pentru a putea configura trendul acestora.

O importanță deosebită pentru analiza tendințelor $P-ET_{0-PM}$ îl prezintă cea a identificării trendurilor elementelor climatice care joacă un rol decisiv în ecuația acestuia. Marin et al., 2013 analizând trendurile mai multor elemente climatice din România (1961-2013) au evidențiat cu claritate că în Moldova vestică o serie de elemente meteorologice care influențează indicele $P-ET_0$, în special evapotranspirația, au prezentat o evoluție fără echivoc: temperatura și durata de strălucire a Soarelui au crescut, umiditatea relativă și viteza vântului s-au diminuat. Piticar et al., 2015 au arătat pentru Moldova de la est de Prut, că în intervalul 1961 - 2012 aceleași elemente au prezentat trenduri crescătoare [temperaturile maxime – 100 % din seriile de timp (100 % din seriile de timp au avut tendințe semnificative statistic), temperaturile minime – 100 % din seriile de timp (71 % din seriile de timp au avut trenduri semnificative statistic), durata de strălucire a Soarelui – 100 % din seriile de timp (50 % din seriile de timp au avut trenduri semnificative statistic)], respectiv descrescătoare [umiditatea relativă – 100 % din seriile de timp (64 % din seriile de timp au avut trenduri semnificative statistic) și viteza vântului – 86 % din seriile de timp (57 % din seriile de timp au avut trenduri semnificative statistic)]. Potop et al., 2012 au remarcat că în Moldova estică cel mai mare

impact asupra WD pe parcursul ultimelor trei decenii, s-a datorat, în principal creșterii temperaturii maxime ($+0,7^{\circ}\text{C}$ deceniu⁻¹) și temperaturii minime ($+0,5^{\circ}\text{C}$ deceniu⁻¹), asociate cu scăderea precipitațiilor (20 mm deceniu⁻¹). Creșterea rapidă a temperaturii minime în această regiune ar putea duce la creșterea severității secetelor, ca urmare a pierderii de apă prin evapotranspirație.

Încălzirea regiunii de nord-est din România în intervalul 1901 - 2009 cu aproximativ 1°C (Mihăilă and Briciu, 2012) sau a Republicii Moldova în intervalul 1960-2012 (Mihăilă et. al., 2015) sunt niște realități climatice demonstrate.

Încălzirea atmosferei are un efect semnificativ asupra ciclului hidrologic la nivel global și regional diferențiindu-i ritmul, manifestările și consecințele (I.P.C.C., 2007). Modificările observate în distribuția și evoluția $P-ET_{0-PM}$, trendurile acestuia, sunt consecințe ale încălzirii regionale a atmosferei teritoriului cercetat.

Cercetătorii au studiat $P-ET_{0-PM}$ în diferite zone ale lumii, folosind indici calculați pe baza unor elemente climatice: a precipitațiilor (Standardized Precipitation Index - SPI - McKee et al. 1993, 1995; Bonaccorso et al., 2003; Zang et al., 2009; Vincente – Serano et al., 2009; Potop et al., 2010; Paulo et al., 2012; anomalii standardizate ale precipitațiilor -ASP - Kutiel și Paz 1998, Maheras et al., 1999), a temperaturii și a precipitațiilor (indicele de ariditate de Martonne- I_{AR-DM} - Baltas, 2007, Zang et al., 2009, Shahid 2010, Lungu et al., 2011, Croitoru et al., 2013 sau Pinna combinative index - I_P – Zambakas, 1992, Deniz et al., 2011, Croitoru et. al., 2013).

În timp acești indici au înregistrat o utilizare în restrângere, cei mai mulți cercetători preferând să identifice intervalele cu WD sau WE prin metode ce utilizează indici ce iau în calcul mai multe elemente climatice. Majoritatea studiilor iau în considerație evapotranspirația (Tanner, 1967; Monteith, 1965; Jensen et al., 1990; Allen et al., 1998; Kousari and Ahani, 2011; Potop, 2011; Păltineanu et al., 2012; Croitoru et al., 2013; Piticar et al., 2015) sau indicii (indicele de ariditate UNESCO - $I_{AR-UNESCO}$; indicele Thomthwaite - I_{AR-TH} ; Standardised Precipitation-Evapotranspiration Index– SPEI, Palmer Drought Severity Index – PDSI) bazați pe calculul evapotranspirației potențiale sau de referință integrate în diferite formule (Palmer, 1965; Ben-Gai et al., 1994; Turkes, 2003; Cook et al., 2004; Tsakiris și Vangelis 2005; Yin et al., 2005; Wu et al., 2006; Zhao et al., 2007; Păltineanu et al., 2007; Kafle and Bruins (2009); Onder et al., 2009; Zhang et al., 2009; Vincente – Serano et al., 2009; Shahid, 2010; Kousari et al., 2011; Lungu et al., 2011; Tabari et al., 2011, 2012; Tabari and Aghajloo, 2012; Paulo et al., 2012; Shifteh Some'e et al., 2012; Ahani et al., 2012; Some'e et al., 2013; Prăvălie, 2013, Potop et. al., 2013).

Am preferat ca în abordarea distribuției spațiale a indicelui $P-ET_{0-PM}$, dar mai ales a evoluției temporale (cu accent pe trendul acestuia) să lucrăm cu date cât mai apropiate de realitatea din teren: cu cantități efective, măsurate de precipitații (P) și cu valori calculate ET_{0-PM} (în care au intrat un larg spectru de elemente meteorologice monitorizate la stații). Acestea ni s-au părut a fi cele mai sugestive și reprezentative pentru demersul nostru, având în vedere și faptul că aceste categorii de informații lipsesc pentru teritoriul cercetat, sau nu apar în această formă sau modalitate de analiză.

Unii cercetători au studiat cu prioritate WD. O serie de studii au cuprins și o parte a teritoriului cercetat. Spre exemplu Păltineanu et al., 2007 au utilizat WD pentru caracterizarea repartiției teritoriale a aridității în România împreună cu alți indici climatici cu care prezintă corelații foarte bune (I_{AR-DM} , $I_{AR-UNESCO}$, I_{AR-TH}), sau cu anumite proprietăți ale solului (adâncimea la care se găsesc carbonații în diferite tipuri de sol). Autorii au evidențiat în aria noastră de interes că teritoriile carpatice sunt delimitate de cele de podiș din est prin izolinia $WD = 0$. Spre est către Prut valorile anuale ale WD coboară sub -250 mm an^{-1} . În decurs de un an WD se adâncește semnificativ în timpul sezonului de vegetație, iar această evoluție este amplificată de caracterul torential al precipitației, pe pantele dezgolite și expuse favorabil insolației. Păltineanu et al, 2009 utilizează SPI și WD în analiza teritorială pentru intervalul 1961-2000 a uscăciunii, secetei și aridității din România și în special din Dobrogea. Autorii au observat o corelare a WD în funcție de altitudine mult mai bună decât a SPI. Ambii indici au indicat prin valorile lor anuale că sud-estul României

este teritoriul cel mai afectat de secete frecvente și intense, context în care se prefigurează o creștere a gradului de ariditate al regiunii. Și est – sud-estul Moldovei este afectat de deficitul climatic de apă.

Pentru teritoriile din sudul și sud-estul României studiile sunt mai numeroase. Păltineanu et al., 2012 au analizat WD în trei locații pentru o perioadă de peste 100 ani. Vijulie et al., 2013 propun noi măsuri de amenajare agro-silvică în Câmpia Boianului ținând cont în analiza ecologică și climatică, de restricțiile climatice evidențiate cu ajutorul I_{AR-DM} sau prin diferența P-ETP. Prăvălie 2013 pe baza I_{AR-DM} , $I_{AR-UNESCO}$ și Water Deficit Index surprinde pentru sudul Olteniei schimbările climatice locale, cu efecte directe în creșterea fenomenului de ariditate în ultimele cinci decenii (1961 – 2009). Prăvălie et al., 2014 analizează relația dintre WD al perioadei de vegetație a porumbului (aprilie-septembrie) și randamentului agricol, în platoul Dobrogei între 1990 și 2003. Potrivit autorilor, la o creștere a deficitului de umiditate cu 100mm, pierderile de productivitate agricolă au ajuns la 1,1 t/ha an⁻¹).

În spațiul balcanic și mediteranean remarcăm o serie de studii pe baza acestor indici. Radinović and Ćurić (2009) analizează pentru Belgrad evoluția în timp a WD și WE în dependență de acumulările anterioare însumate ale precipitațiilor, variabile de la o zi la alta, de la o lună la alta s.a.m.d. Autorii consideră că seceta este cumulativă, astfel încât intensitatea secetei în cursul zilei/lunii curente depinde de cantitatea curentă de precipitații, plus precipitarea cumulată a perioadei precedente. Când se aplică pe perioade mai lungi de timp, această funcție evidențiază perioadele uscate și umede. Vicente-Serrano et al. (2010b) au utilizat pentru aria mediteraneană precipitațiile minus evapotranspirația potențială ($P-ET_{0-PM}$) pentru a evalua modificările anuale ale gradului de ariditate.

Ținând cont de importanța teoretică și aplicativă dată de $P-ET_{0-PM}$ studiul nostru își propune drept *obiective*:

- a) argumentarea importanței și relevanței indicelui $P-ET_{0-PM}$; corelarea acestuia cu alți indici climatici specifici;
- b) determinarea repartiției spațiale pe entități temporale a excedentului (WE) sau deficitului (WD) climatic de apă, parametri climatici deosebit de reprezentativi pentru studiile climatice și utili pentru sectoarele agricol, silvic, amenajarea teritoriului etc.;
- c) determinarea trendurilor $P-ET_{0-PM}$ utilizând datele climatice din intervalul 1961-2012 și testele Mann-Kendall, t; surprinderea evoluției decenale a $P-ET_{0-PM}$ pentru ultimile cinci decenii și anticiparea evoluției indicelui $P-ET_{0-PM}$ în orizontul de timp 2025-2030.

1. Aria de studiu

Teritoriul studiat este localizat în sud-estul Europei între 45° 22' to 48° 29' N and from 24° 56' to 30° 08' E și se întinde pe o suprafață de 80.128 kmp, între Carpați în vest și râul Nistru în est – Fig. 1. Se desfășoară altitudinal între 2014m în Munții Călimani și 1m în apropierea vărsării Nistrului în Marea Neagră. Cuprinde patru unități geografice: în vest o parte a Carpaților Orientali care dețin 19 % din suprafața cercetată, apoi Subcarpații (Moldovei și o mică porțiune din cei de Curbură) – 9 %, spre est unitatea Podișului Moldovei – 68 % în sud-vestul căreia se află o porțiune restrânsă 4 % - din Câmpia Siretului inferior (parte componentă a Câmpiei Române). Altitudinile descresc la modul general dinspre Carpați spre est, dar și dinspre nord – nord-vest către sud – sud-est (cu observația că în Podișul Moldovei scăderea generală a altitudinii nord-vest – sud-est este perturbată de apariția unei arii centrale mai înalte cu altitudini de 400-550 m – Podișul Moldovei Centrale, cu un pronunțat caracter cuestiform). Teritoriul este străbătut pe direcția NV-SE de trei mari artere hidrografice: Siretul, Prutul și Nistrul. Gradul de împădurire descrește dinspre Carpați - 69,8 % și Subcarpați - 33,4 % către Podișul Moldovei – 15,3 % la vest de Prut; 11,2 % la est de Prut și Câmpia Siretului Inferior – sub 5 % (sursa datelor: Corine Land Cover 2012; suprafețele împădurite au fost calculate după poligoanele CLC 2012, în programul ArcGis 9.3.1 - suprafețele împădurite (% sau

kmp) au o eroare de calcul de +/- 0.00032 kmp din total (320 mp din 17749.1 kmp de pădure)). Există și diferențieri în cadrul acestor unități: în ariile carpatice și subcarpatice depresiunile sunt spații mai despădurite și mai umanizate, iar în podiș cele mai despădurite sunt subunitățile de câmpii deluroase (Câmpia Moldovei, a Bălților) cu destinație agricolă.

Climatul este unul de tranziție de la influențele oceanice (din vest) la cele continentale (din est), cu slabe influențe scandinavo-baltice în NV și mediteraneano-pontice pontice în S și SE. Potențial radiativ solar este mediu pe ansamblul regiunii și ridicat în sezonul cald al anului, când insolația și evapotranspirația sunt puternice, în creștere generală dinspre N spre S și dinspre NV spre SE. Suma anuală a iradierii globale variază între 1100 – 1200 kWh m⁻² pe versanții carpatici expuși nefavorabil razelor solare până la peste 1600 kWh m⁻² în sudul/sud-estul Moldovei și al Republicii Moldova (Șuri et al., 2007). În sezonul cald al anului durata de strălucire a Soarelui depășește pragul de 1000 ore pe culmile sau în depresiunile carpatice și de 1500 de ore în sudul/sud-estul teritoriului cercetat accentuând evapotranspirația dinspre nord-vest către sud-est (Sandu et al., 2008).

Marea depărtarea de Atlantic și diminuarea advecțiilor ciclonice dinspre vestul și estul Europei duce la accentuarea caracterului continental al precipitației (torențialitate) și la diminuarea cantităților de precipitații către est.

Peste aceste caracteristici poziționale cu reflexe puternice în repartiția și evoluția $P-ET_{0-PM}$ se suprapun trei etaje climatice impuse de trei trepte majore de relief: Carpații și Subcarpații, Podișul Moldovenesc care este dominant ca suprafață – 71 % și Câmpia Siretului Inferior, rezultând etajarea precipitațiilor, a temperaturii și a procesului de evapotranspirație. Teritoriul carpatic și subcarpatic etajat, impune particularităților climatice un mare grad de independență, raportat chiar și la factorul dinamic (comparativ cu spațiul din jur) și un substanțial WE. Teritoriile de podiș și câmpie situate la contactul interferențelor climatice, dintre care cele continentale (estice) sunt dominante, impune accentuarea WD către est.

Acestor particularități climatice li se adaugă: a) procesele de foehnizare de la contactul Carpați-Subcarpați și Subcarpați-podiș-câmpii deluroase-câmpii generatoare de timp frumos și uscăciune; b) convecția orografică activă din aria bine împădurită a Podișului Central Moldovenesc (Podișul Bârladului, Podișul Codrilor) generatoare de precipitații bogate; c) prezența în SE a Mării Negre (mare intercontinentală care accentuează ciclogeneza și resuscitează ciclonii retrograzi care dau precipitații foarte bogate în scurt timp; d) dispunerea pe direcția generală NV-SE a rețelei hidrografice, a liniilor majore ale reliefului care canalizează vânturile pe această direcție dominantă; e) diminuarea gradului de împădurire, în timp la modul general și, spre E, S și SE în mod special, cu mutații negative în $P-ET_0$.

Temperaturile anuale se încadrează între -0,2°C în Munții Călimani și 10,2°C la Galați și Cahul, iar precipitațiile însumate între 1267 mm pe vârfurile Munților Rodnei - Iezer și 490 mm la Galați (după datele Administrației Naționale de Meteorologie – A. N. M. din România și cele ale Serviciului Hidrometeorologic de Stat - S. H. S. din Republica Moldova).

2 Date și metode

2.1. Date utilizate

În vederea cercetării $P-ET_{0-PM}$ a fost nevoie de șiruri lungi de date meteorologice. În prezentul studiu au fost utilizate medii lunare ale temperaturii aerului (T_{med}), umidității aerului (U), duratei de strălucire a Soarelui (S), vitezei vântului (v) și ale precipitațiilor (P) de la 29 de stații meteorologice, de pe teritoriul României (15 stații) și al Republicii Moldova (14 stații), pentru un interval de 52 de ani (1961 - 2012).

Distribuția spațială a stațiilor meteorologice este prezentată în figura Fig. 1, iar coordonatele geografice și altitudinea sunt cuprinse în tabelul Tab. 1.

Datele meteorologice au fost puse la dispoziție de către A. N. M. și S. H. S.

Colectarea datelor și măsurătorile sunt asociate în mai multe cazuri cu anumite incertitudini cauzate de erorile de măsurare sau alți factori, incluzând aici și lipsa unor șiruri de date. De aceea, înainte de toate, șirurile de date au fost supuse unui control al calității utilizând trei teste de omogenitate: Pettitt test – PET (Pettitt, 1979), Standard Normal Homogeneity Test – SNHT (Alexandersson H., 1986), Buishand Range test – BHR (Buishand T. A., 1982). Testele de omogenitate PET, SNHT și BHR sub ipoteză alternativă, admit că în evoluția seriei de timp este prezentă o ruptură (punct de schimbare) în sensul evoluției și permit identificarea momentului (anului) în care are loc schimbarea. Nivelurile de semnificație statistică α la care s-au efectuat analizele au fost: 0,05, 0,01 și 0,001. Testele de omogenitate au fost realizate prin intermediul programului de calcul XLSTAT.

Nu au fost reperate rupturi sincrone în șirurile de date care să indice neomogenități cu geneză antropică sau naturală.

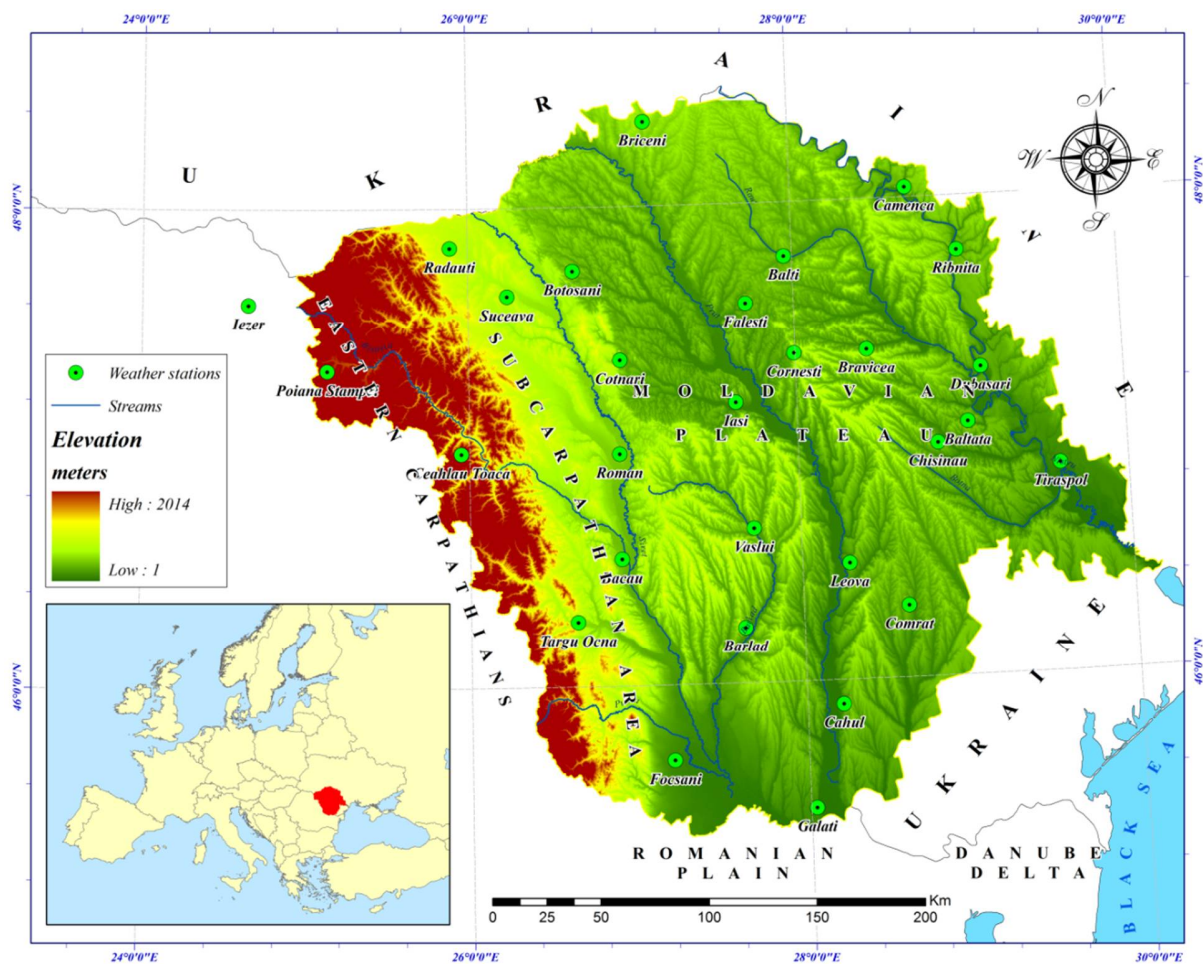


Fig. 1. Zona analizată și locația stațiilor meteorologice considerate

Tabel 1. Coordonatele geografice ale stațiilor meteorologice utilizate în acest studiu *

Nr.	Stații meteorologice	Latitudine (N)	Longitudine (E)	Altitudine (m) **
1	Briceni	48° 21' 7.661" N	27° 6' 7.407" E	258
2	Camenca	48° 2' 30.972" N	28° 42' 53.524" E	39
3	Rădăuți	47° 50' 16.222" N	25° 53' 25.562" E	389
4	Bălți	47° 46' 28.637" N	27° 57' 2.298" E	103
5	Rîbnița	47° 46' 20.743" N	29° 0' 58.255" E	97
6	Botoșani	47° 44' 8.274" N	26° 38' 43.907" E	161
7	Suceava	47° 37' 58.368" N	26° 14' 25.924" E	350
8	Iezer	47° 36' 9.843" N	24° 39' 3.887" E	1785
9	Fălești	47° 35' 0.261" N	27° 42' 17.220" E	160
10	Brăvecea	47° 22' 19.951" N	28° 26' 17.930" E	81
11	Comești	47° 22' 1.867" N	27° 59' 38.294" E	234
12	Cotnari	47° 21' 29.882" N	26° 55' 32.206" E	289
13	Poiana Stampei	47° 19' 28.730" N	25° 8' 3.977" E	923
14	Dubăsari	47° 16' 50.046" N	29° 7' 44.853" E	41
15	Iași	47° 10' 15.416" N	27° 37' 41.819" E	102
16	Bălțata	47° 3' 19.436" N	29° 2' 10.069" E	79
17	Ceahlău Toaca	46° 58' 38.978" N	25° 56' 59.718" E	1897
18	Roman	46° 58' 8.707" N	26° 54' 42.515" E	216
19	Chișinău	46° 58' 18.208" N	28° 50' 53.858" E	172
20	Tiraspol	46° 51' 56.324" N	29° 35' 3.008" E	38
21	Vaslui	46° 38' 45.966" N	27° 42' 51.898" E	116
22	Bacău	46° 31' 54.803" N	26° 54' 44.984" E	184
23	Leova	46° 29' 18.345" N	28° 17' 0.165" E	158
24	Comrat	46° 18' 10.273" N	28° 37' 46.101" E	136
25	Târgu Ocna	46° 16' 21.702" N	26° 38' 27.673" E	242
26	Bârlad	46° 13' 58.931" N	27° 38' 39.909" E	172
27	Cahul	45° 53' 57.242" N	28° 12' 48.373" E	14
28	Focșani	45° 41' 15.047" N	27° 11' 59.134" E	57
29	Galați	45° 28' 22.469" N	28° 1' 56.159" E	69

*Stațiile meteorologice sunt aranjate după latitudine; **Altitudini date conform codului sinoptic FM-12.XII. Ext SYNOP

2.2. Metode

a. Calcularea evapotranspirației de referință (ET_{0-PM})

Primul pas în determinarea indicelui $P-ET_{0-PM}$ a presupus calcularea evapotranspirației de referință Penman – Monteith (ET_{0-PM}), conform ecuației combinate (Monteith 1965, Smith 1992) ce se bazează pe date lunare ale temperaturii medii, duratei de strălucire a Soarelui, umidității aerului și vitezei vântului la înălțimea de 2 m prin intermediul programului CROPWAT 8.0 pus la dispoziție de FAO – (1).

$$ET_{0-PM} = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1+0,34u_2)} \quad (1)$$

unde:

R_n este radiația netă la nivelul suprafeței înierbate exprimată în $\text{MJ m}^{-2} \text{ zi}^{-1}$,

G este fluxului de căldură sol ($\text{MJ m}^{-2} \text{ zi}^{-1}$),

T este temperatura medie zilnică a aerului la 2 m înălțime ($^{\circ}\text{C}$),

u_2 este viteza vântului la 2 m înălțime (m s^{-1}),

e_s este tensiunea de saturație a vaporilor (kPa),

e_a este tensiunea reală a vaporilor (kPa),

Δ panta curbei presiunii vaporilor ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$)

și γ este constanta psihrometrică ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$)

b. Determinarea semnelui (- sau +) al $P-ET_{0-PM}$

Dacă $P - ET_{0-PM} > 0$ am înlocuit $P-ET_{0-PM}$ cu simbolul WE, iar dacă $P - ET_{0-PM} < 0$ am înlocuit simbolul $P-ET_{0-PM}$ cu WD.

c. Calibrarea $P-ET_{0-PM}$

Mai întâi am procedat la o diferențiere pe etaje de relief (Carpați-Subcarpați – Podiș al Moldovei-câmpie) și apoi în cadrul celor două jumătăți a Podișului Moldovei (de la vest și de la est de râul Prut) a valorilor anuale mediate a $P-ET_{0-PM}$. A rezultat, pe date anuale mediate că ariei carpatice și subcarpatice îi este specific WE, iar celei de podiș, cu mici excepții, WD. Am remarcat că, pe teritoriile de podiș de la vest de Prut, WD este mai puțin pronunțat decât pe cele de la est de Prut – Fig. 2.

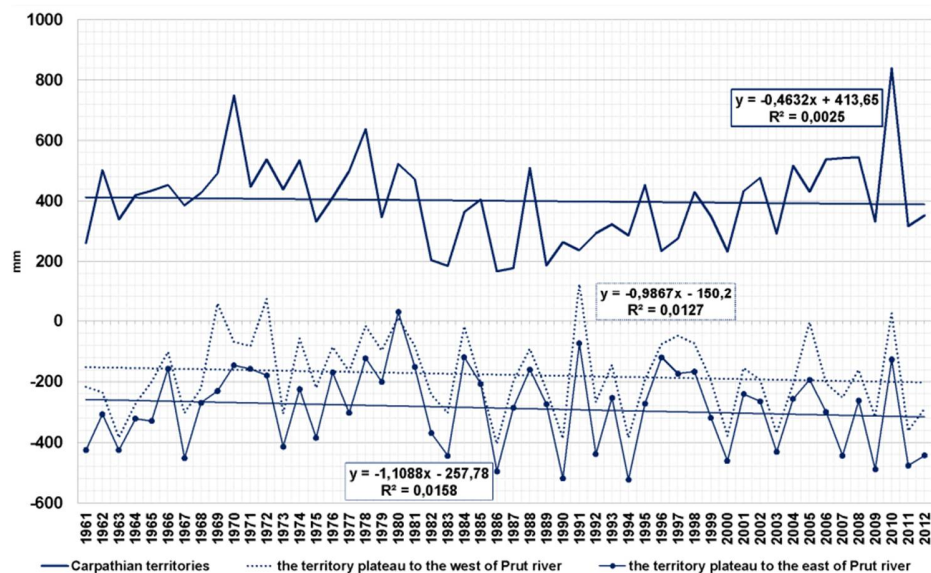


Fig. 2 Evoluția multianuală a $P-ET_{0-PM}$ pe teritoriul dintre Carpați și Nistru (1961-2012)

Am mai remarcat că evoluția multianuală a $P-ET_{0-PM}$ prezintă numeroase similitudini, date de factorul dinamic care acționează la scară continentală și regională. Am identificat astfel particularitățile spațio-temporale majore ale $P-ET_{0-PM}$ pentru teritoriul cercetat.

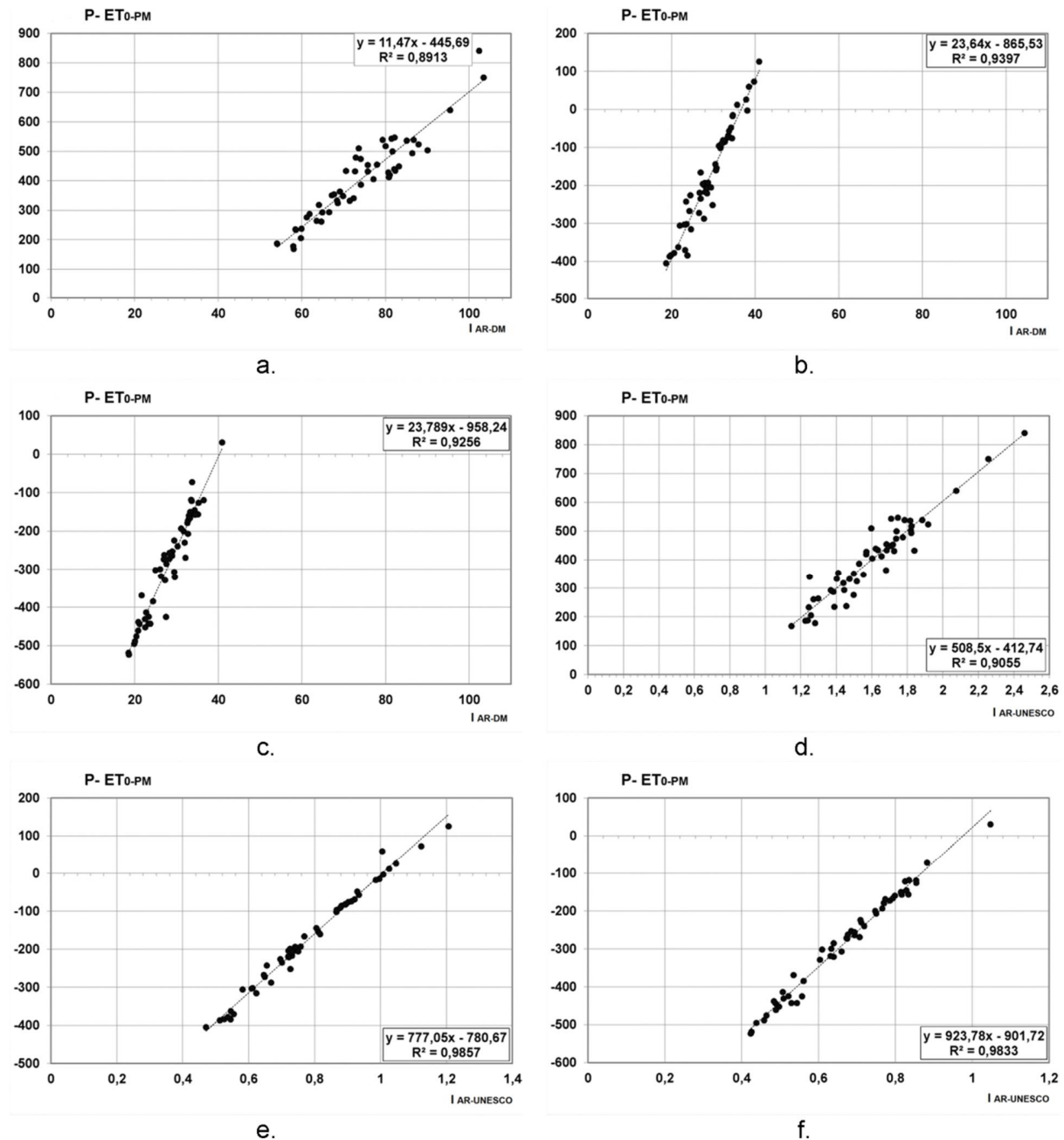


Fig. 3 Corelația dintre valorile anuale ale $P-ET_{0-PM}$ și valorile anuale ale $IAR-DM$ (a. aria montană; b. aria de podiș de la vest de Prut; c. aria de podiș de la est de Prut) respectiv $IAR-UNESCO$ (d. aria montană; e. aria de podiș de la vest de Prut; f. aria de podiș de la est de Prut)

Apoi am procedat la identificarea gradului de corelație între $P-ET_{0-PM}$ și I_{AR-DM} respectiv $I_{AR-UNESCO}$ pentru toate cele trei categorii de teritorii rezultând corelații foarte bune între acești indici (Fig. 3), care ne întăresc certitudinile că demersul nostru se va solda cu rezultate valide și utile. Corelații bune între diferiți indici de ariditate (I_{AR-DM} and WD calculated versus ET_{0-PM} , I_{AR-DM} and $I_{AR-UNESCO}$, I_{AR-DM} and I_{AR-TH} calculated versus ET_{0-PM}) la nivelul întregii României au obținut și Păltineanu et al., 2007.

Tab. 2 Valorile anuale ale I_{AR-DM} între Carpați și Nistru (1961 -2012)

Rădăuți	Botoșani	Suceava	Cotnari	Iași	Roman	Vaslui	Bacău	Tg. Ocna	Bârlad	Focșani	Galați	teritoriile de podiș de la vest de râul Prut	Teritorii carpatice (Iezer, Poiana Stampeii, Ceahlău)	
36	29	34	27	29	28	28	30	33	25	26	24	29	74	
Briceni	Camenca	Bălți	Rîbnița	Fălești	Brăvecea	Cornești	Dubăsari	Bălțața	Chișinău	Tiraspol	Leova	Comrat	Cahul	teritoriile de podiș de la est de râul Prut
34	29	26	27	29	30	33	27	26	28	25	27	25	27	28

Tab. 3 Valorile anuale ale $I_{AR-UNESCO}$ între Carpați și Nistru (1961 -2012)

Rădăuți	Botoșani	Suceava	Cotnari	Iași	Roman	Vaslui	Bacău	Tg. Ocna	Bârlad	Focșani	Galați	teritoriile de podiș de la vest de râul Prut	Teritorii carpatice (Iezer, Poiana Stampeii, Ceahlău)	
1,008	0,789	0,936	0,702	0,767	0,771	0,737	0,833	0,889	0,667	0,662	0,573	0,778	1,845	
Briceni	Camenca	Bălți	Rîbnița	Fălești	Brăvecea	Cornești	Dubăsani	Bălțața	Chișinău	Tiraspol	Leova	Comrat	Cahul	teritoriile de podiș de la est de râul Prut
0,807	0,667	0,639	0,666	0,707	0,749	0,793	0,666	0,596	0,645	0,595	0,613	0,598	0,581	0,665

Până a ajunge la analizele distributiv – evolutive ale $P-ET_{0-PM}$ am procedat la calcularea valorilor anuale ale I_{AR-DM} și $I_{AR-UNESCO}$ (Tab. 2 și Tab. 3) care ne arată că spațiul carpatic este unul foarte umed (Tab. 2) respectiv umed (Tab. 3), iar pe măsură ce ne apropiem de sudul și sud-estul teritoriului cercetat de noi identificăm locații și arii moderat – umede (Tab. 2) sau moderat umede spre uscate (Tab. 3) – De Martonne, 1926; UNESCO, 1979.

d. Realizarea materialului cartografic

Distribuția spațială a valorilor $P-ET_{0-PM}$ a fost calculată și reprezentată grafic în ArcGis 9.3.1 pentru diferite intervale de timp.

Valorile mediate multianuale ale $P-ET_{0-PM}$ au fost interpolate prin metoda regresiei liniare și prin funcția Topo to Raster din modulul Spatial Analyst, rezultând o distribuție spațială a valorilor caracteristice stațiilor din interiorul zonei de studiu. Această metodă de interpolare spațială, pleacă de la premisa că valorile unor variabile spațiale sunt autocorelate pe distanțe mici (Patriche, 2009). În jurul unei stații meteorologice, valorile din punctele apropiate sunt asemănătoare cu punctul central, diferențele crescând proporțional cu distanța față de punctul central.

Trendul crescător sau descrescător este reprezentat prin forme geometrice triunghiulare (pentru testul Mann – Kendall) și săgeți (pentru testul t) care redau creșterea, descreșterea semnificativă sau nesemnificativă din punct de vedere statistic a valorilor parametrilor analizați sau staționarea, în intervalul studiat.

e. Analiza trendurilor

Există diferite metode statistice pentru a calcula trendurile și pentru a estima magnitudinea schimbării unui parametru, utilizate frecvent în studiile climatice și cele hidrologice. Acestea pot fi clasificate în metode parametrice și nonparametrice. Analiza tendințelor evolutive ale $P-ET_{0-PM}$ a fost realizată utilizând testul parametric Mann-Kendal, iar metoda nonparametrică a lui Sen, 1968 a fost utilizată pentru a determina magnitudinea schimbării. Pentru procesarea datelor s-a utilizat template-ul Excel MAKESENS dezvoltat de cercetătorii de la Institutul Meteorologic Finlandez (Salmi et al., 2002). Tot pentru testarea tendințelor s-a utilizat regresia liniară prin intermediul testului t , a căror procesare s-a realizat utilizând programul Excel. În cazul ambelor metode (parametrice și nonparametrice) nivelul de semnificativitate α a fost setat la 0,05.

3. Rezultate și discuții

a. Distribuția spațială a $P-ET_{0-PM}$

Evoluția distribuției de la o lună la alta a $P-ET_{0-PM}$ pe teritoriul Moldovei reprezintă o oglindă fidelă a realității climatice a acestui teritoriu. Din *noiembrie până în februarie* inclusiv pe tot teritoriul studiat putem remarca existența unui excedent climatic de apă (WE) cuprins valoric între minimul de 4,9 mm în luna februarie la Roman și maximul de 31,7 mm în luna decembrie la Poiana Stampei. În bună parte acest excedent se datorează topirii stratului cu zăpadă și evapotranspirației aproape absente (Fig. 4a și Fig. 4b).

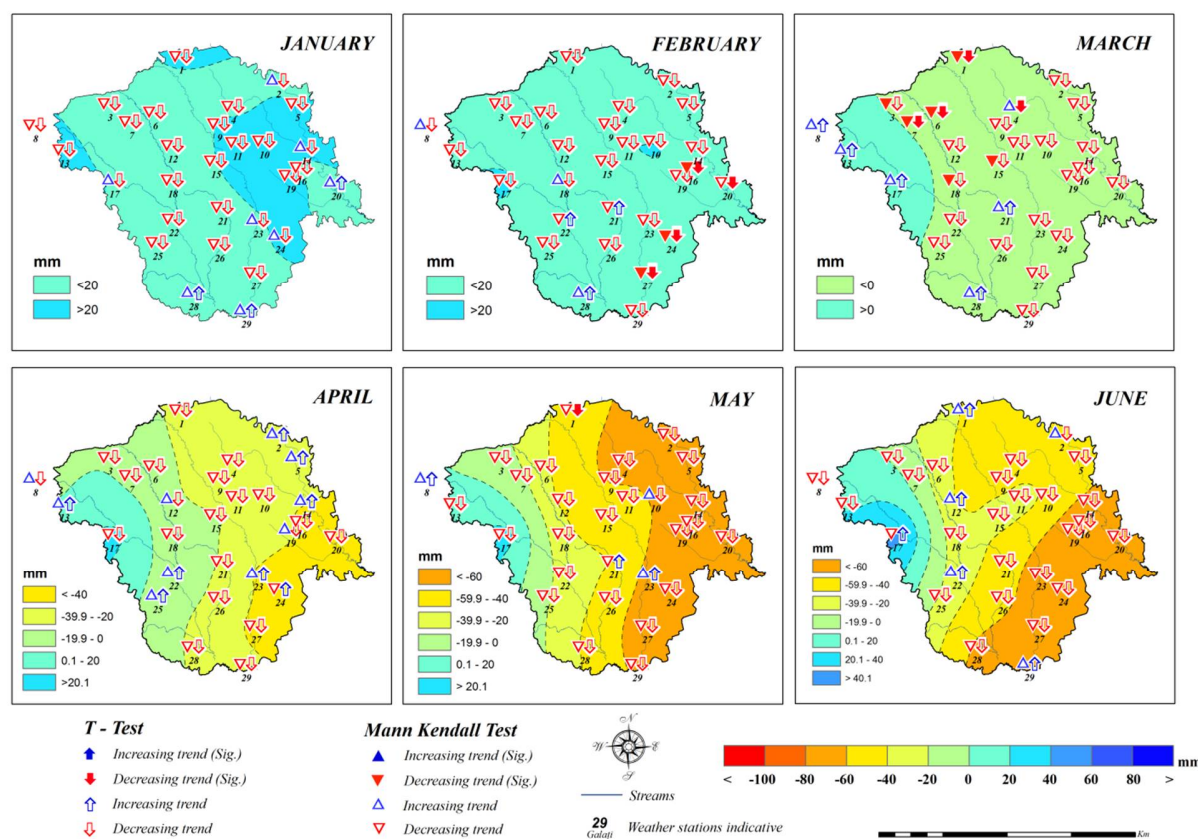


Fig. 4a. Repartizarea teritorială a WD și WE (în mm) la suprafața activă în zona est-carpatică; Tendințele indicelui $P-ET_{0-PM}$ se bazează pe testele statistice Mann-Kendall și t (luni utilizate: ianuarie-iunie, 1961-2012)

Din *martie până în iulie*, cu toate că precipitațiile sunt în creștere teritoriile cu WE se restrâng iar cele cu WD se extind. WE se păstrează doar în spațiul carpatic al bazinului hidrografic Bistrița și pe restrânse teritorii limitrofe. Masivul Ceahlău păstrează cele mai mari valori ale WE, care ajung la 45,4 mm în iunie și 41,7 mm în iulie. În intervalul *martie-iulie* WD cuprinde treptat 80 - 90 % din teritoriu. Se accentuează de la lună la lună spre est și sud-est, atingând valorile cele mai mari în luna iulie în sud-estul extrem al regiunii (-80 mm la Focșani, -82 mm la Chișinău, -83 mm la Leova, -90 mm la Tiraspol și Comrat, -96 mm la Cahul și -104 mm la Galați).

În intervalul *august – octombrie* WD domină teritorial, dar își diminuează treptat valorile. În primele două luni de toamnă WE nu are valori semnificative nici chiar în spațiul montan înalt al Masivului Ceahlău (7,7 mm în septembrie și 4,5 mm în octombrie).

Putem remarca așadar o dominare teritorială fără echivoc (80 - 90 %) a WD din *martie până în octombrie* inclusiv și o accentuare remarcabilă a acestui indice în iulie – august. WE cuprinde întreg teritoriul în intervalul *noiembrie-februarie* însă nu este unul cu adevărat consistent.

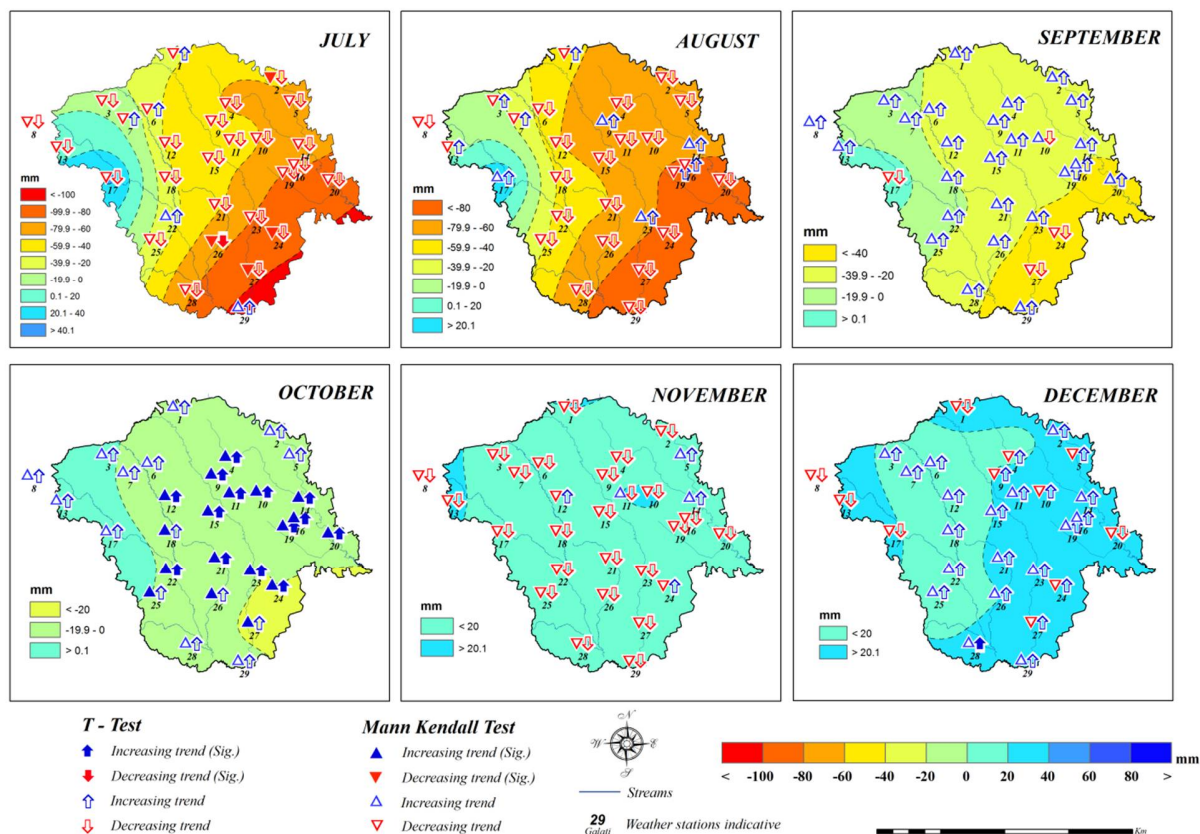
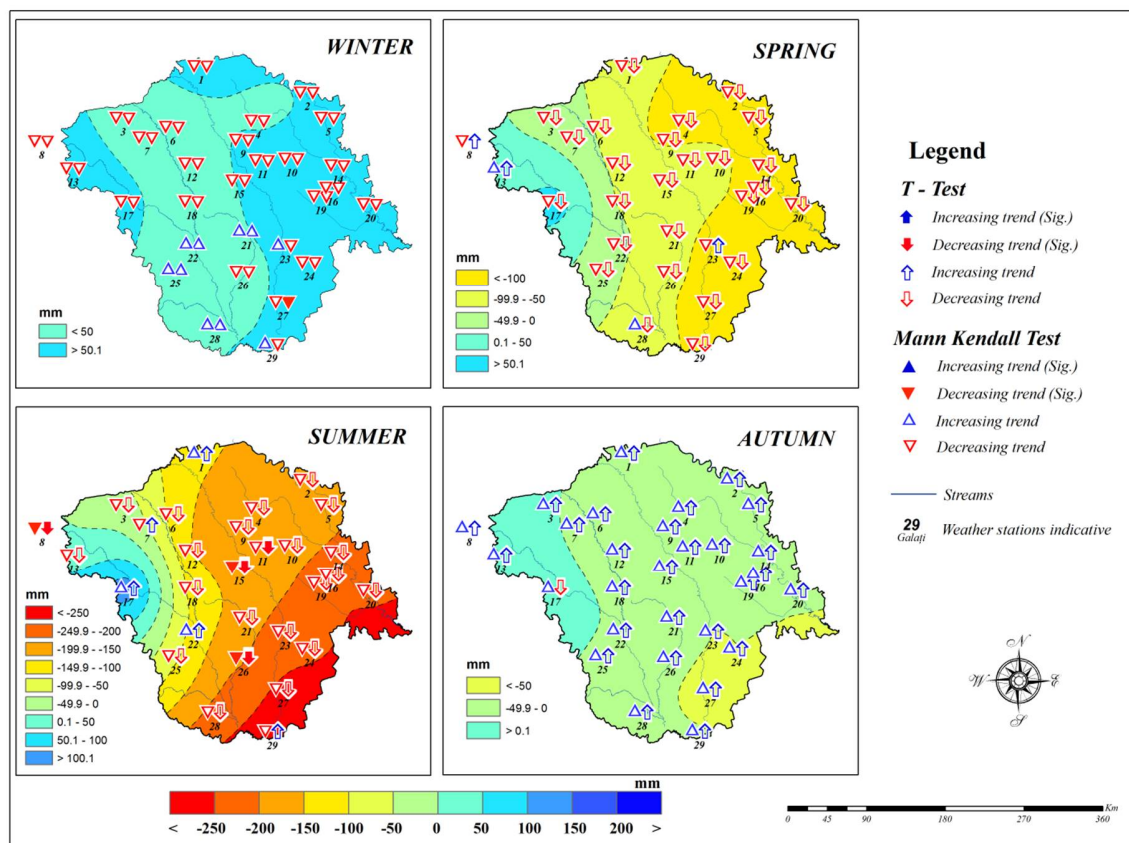


Fig. 4b. Repartizarea teritorială a WD și WE (în mm) la suprafața activă în zona est-carpatică; Tendințele indicelui P-ET_{0-PM} se bazează pe testele statistice Mann-Kendall și t (luni utilizate: iulie - decembrie, 1961-2012)

Analiza P-ET_{0-PM} pe *anotimpuri* surprinde câteva aspecte. Iarna WE contribuie la completarea rezervelor de apă din sol, pânzele freatice sau rezervoarele lacustre. Însă WE nu este foarte consistent, fiind cuprins între 27 mm la Cotnari și 72 mm la Comești. În celelalte anotimpuri WE este o realitate doar în NV Moldovei (bazinul hidrografic Bistrița și mai ales Masivul Ceahlău (10 - 15 % din teritoriu), atingând maximum vara la stația Ceahlău Toaca (122 mm). WD domină teritorial primăvara, vara și toamna, fiind cel mai accentuat în timpul verii în treimea sud-estică a teritoriului (-241 mm la Comrat, -243 mm la Tiraspol, -257 mm la Cahul și -269 mm la Galați) – Fig. 5.

Intervalul *octombrie – iunie* este cel specific culturii cerealelor de toamnă (grâu, orz, secară) sau mai recent altor culturi precum rapița, iar *aprilie – octombrie* culturilor care se însămânțează primăvara (porumb – în special, floarea soarelui, cartof, sfeclă etc.). Culturile cerealiere de toamnă/rapița nu au de suferit din cauza deficitului hidric doar în Podișul Sucevei, unde intervalul octombrie – iunie este caracterizat prin WE. Cu anumite restricții arealul cu favorabilitate se poate estinde în lungul Culbarului Siretului, dar și în ariile nordice și centrale cu dealuri cuestiforme mai înalte. La est de Siret în câmpiile deluroase pentru compensarea WD este nevoie de irigații. Cultura porumbului (și mai toate culturile de primăvară) au de suferit în diferite grade în tot Podișul Moldovei unde WD evoluează între -42,8 mm la Rădăuți și -448 mm la Cahul – Fig. 6. Dintre lunile intervalului aprilie – octombrie cele mai mari valori ale WD se înregistrează în luna august (69,6 % din stații), urmată de lunile iulie (21,7 %) și mai (8,7 %). Culturile de primăvară sunt astfel vulnerabile la debutul și mijlocul perioadei de vegetație, dar în unii ani timpul WD se prelungește peste tot sezonul de vegetație. De aici se intrevește necesitatea irigațiilor, chiar dacă în intervalul noiembrie – februarie WE contribuie la refacerea parțială a rezervelor de apă din sol.



78 | Page

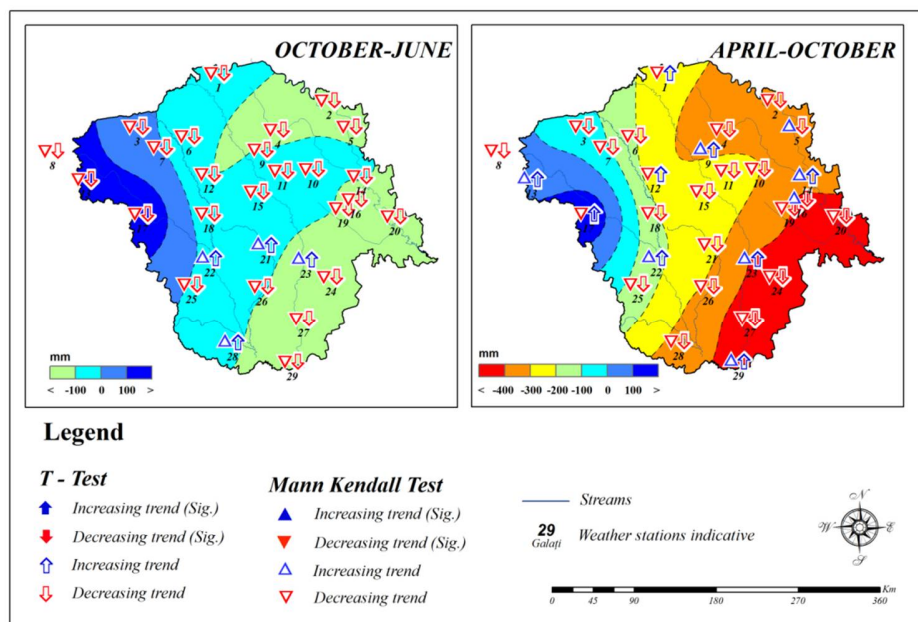


Fig. 6. Repartizarea teritorială a WD și WE (în mm) la suprafața activă în zona est-carpatică; Tendințele indicelui P-ET_{0-PM} se bazează pe testele statistice Mann-Kendall și t (pe sezoane, 1961-2012)

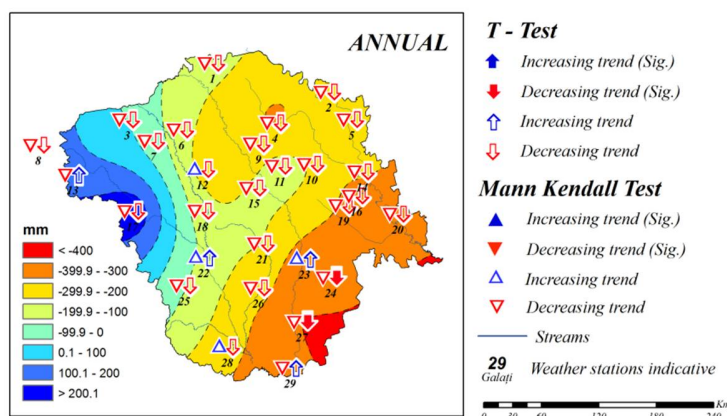


Fig. 7. Repartizarea teritorială a WD și WE (în mm) la suprafața activă în zona est-carpatică; Tendințele indicelui P-ET_{0-PM} se bazează pe testele statistice Mann-Kendall și t (întreaga perioadă: 1961-2013)

Valorile anuale ale P-ET_{0-PM} indică WE doar în spațiul carpatic și în cel subcarpatic din est (269.7 mm la stația meteorologică Ceahlău - Toaca; 149,1 mm la Poiana Stampei), spațiu ce cuprinde 15-20 % din teritoriul Moldovei și WD în restul teritoriului cercetat (ajungând la - 398,4 mm la Cahul, în Moldovei de la est de Prut și la - 374 mm la Galați în Moldova de la vest de Prut – Fig. 7). Pentru teritoriul de la vest de Prut distribuția valorilor anuale ale P-ET_{0-PM} este concordantă cu cele ale lui Păltineanu et al., 2007 sau Păltineanu et al., 2009.

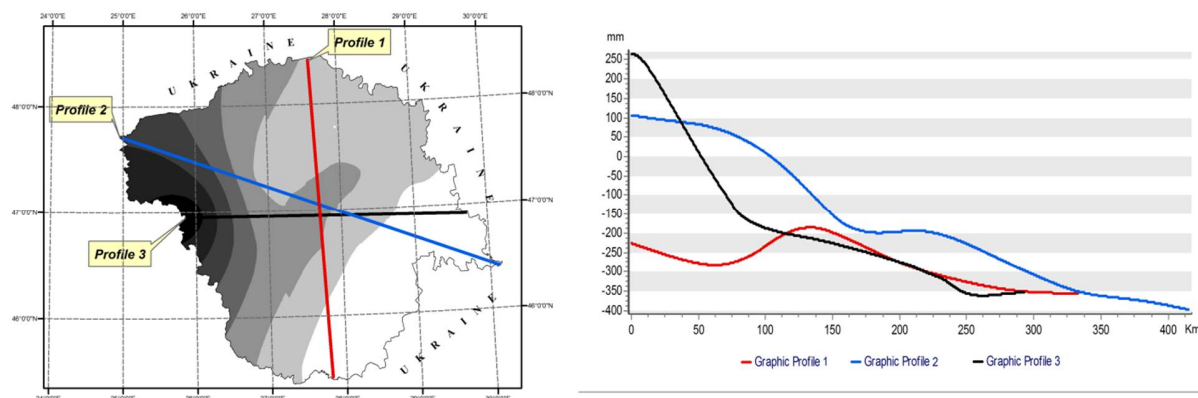


Fig. 8. Profilele distributive ale $P-ET_{0-PM}$ pe teritoriul dintre Carpați și Nistru (medii ale intervalului 1961-2012)

Remarcăm așadar o diferențiere netă între Moldova de nord-vest unde domină WE și Moldova de sud-est unde domină WD, dar în valori absolute mai pronunțate. WD apare și este din ce în ce mai accentuat pe de o parte pe măsură ce ne depărtăm de Carpați către est dar și de la nord către sudul spațiului cercetat, atingând maximul în sud-estul acestuia (Fig. 8).

b. Schimbări spațio – temporale ale $P-ET_{0-PM}$

Analizând pe luni trendurile $P-ET_{0-PM}$ pentru intervalul 1961-2012 am putut împărți anul calendaristic pe baza testelor de tendință în două intervale:

1) un interval aferent scăderii valorice a $P-ET_{0-PM}$ cu o grupare compactă de opt luni *ianuarie – august* la care se adaugă luna *noiembrie*, în care bilanțul climatic al apei prezintă tendințe de înrăutățire; în lunile *februarie*, mai ales în *martie* și *iulie* remarcăm stații la care valorile negative ale pantei Sen au semnificativitate statistică (14 % din stații în luna februarie, 24 % în luna martie, 14 % în luna iulie) – Fig. 4a și 4b;

2) un interval al creșterii valorice a $P-ET_{0-PM}$ format din gruparea lunilor *septembrie-octombrie*, la care se adaugă luna *decembrie* în care bilanțul climatic al apei a prezentat tendințe de îmbunătățire; în luna *octombrie* valorile pantei Sen sunt de semn pozitiv la toate stațiile iar la 68 % dintre acestea potrivit testului Mann – Kendall și la 56 % pe baza testului t, acestea au creșteri semnificative statistic, rezultând că pe parcursul ultimilor 52 de ani în această lună bilanțul climatic al apei s-a îmbunătățit considerabil – Fig. 4b.

Din analiza pe luni a trendurilor $P-ET_{0-PM}$ rezultă o glisare a indicelui către diminuarea disponibilului climatic de apă de la nivelul suprafeței active în 9 din cele 12 luni ale anului.

Constatăm așadar o accentuare a diminuării disponibilului climatic de apă în ultimii 52 de ani mai ales în *februarie – martie* și *iulie* și care probabil că în viitorul apropiat va deveni din ce în ce mai evidentă/pronunțată/accentuată și mai extinsă temporal și spațial. La polul opus, în *octombrie* se poate observa că disponibilului climatic de apă a crescut.

Pe anotimpuri, *iarna*, *primăvara* și *vara* valorile pantelor trendurilor $P-ET_{0-PM}$ au fost predominant negative, iar *toamna* în proporție covârșitoare pozitive (97 %). *Iarna* (cu 91 % din seriile de timp la testul Mann – Kendall; 96 % la testul t), *primăvara* (91 % testul Mann – Kendall; 88 % testul t) și *vara* (87 % testul Mann – Kendall; 68 % testul t) trendurile $P-ET_{0-PM}$ la majoritatea stațiilor au fost de scădere. Pe timpul *verii* procentul de serii de timp cu scădere semnificativă statistică a $P-ET_{0-PM}$ este însă unul redus redus (12 % la testul Mann – Kendall; 16 % la testul t) – Fig. 5, Fig. 9 și Fig. 10. Pe termen mediu proporția serii de timp cu trend negativ a $P-ET_{0-PM}$ poate crește.

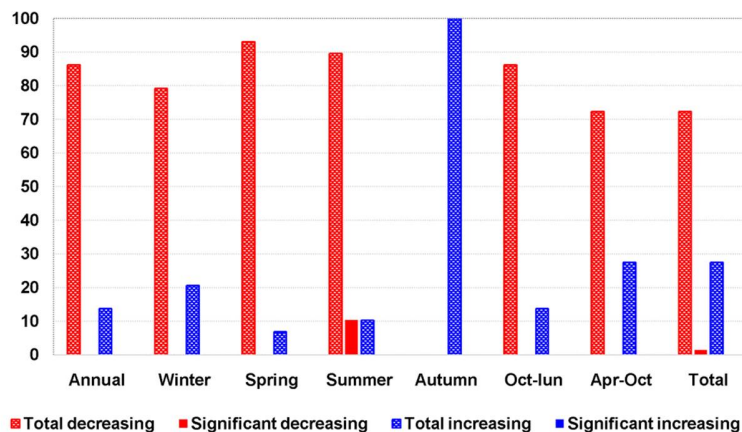


Fig. 9. Frecvența tendințelor P-ET_{0-PM} la est de Carpații românești, conform testului Mann-Kendall (1961-2012)

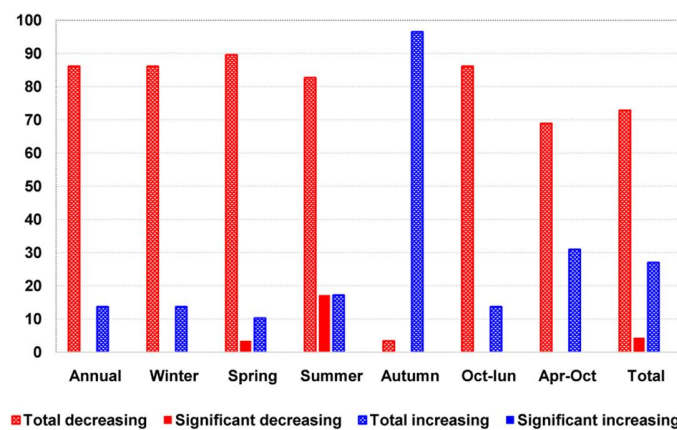


Fig. 10. Frecvența tendințelor P-ET_{0-PM} la est de Carpații românești, conform testului t (1961-2012)

Pentru intervalul *octombrie-iunie* putem observa că 87 % din seriile de timp ale P-ET_{0-PM} au prezentat trend de scădere și doar 13 % de creștere. Cu toate că nici o serie de timp nu prezintă semnificativitate statistică pentru cultivatorii de cereale de toamnă și rapia statistică nu este încurajatoare. În intervalul *aprilie – octombrie* dominante rămân seriile P-ET_{0-PM} cu trend negativ (cca. 70 %) față de cele cu trend pozitiv (30 %). Nici una din categorii nu prezintă semnificativitate statistică – Fig. 6, Fig. 9 și Fig. 10. Totuși trendurile evolutive ale P-ET_{0-PM} raportate la culturile agricole de primăvară atrag atenția asupra accentuării deficitului pluvio-hidric, a uscăciunii și secetei.

Valorile *anuale* ale P-ET_{0-PM} pentru cele 29 de serii de timp prelucrate au arătat că în proporție de 83 % (conform testului Mann – Kendall) și de 80 % (conform testului t) au prezentat trenduri negative. Semnificativitate statistică la nivelul α cuprins între 0,001 și 0,05 au prezentat doar valorile anuale care redau accentuarea deficitului la stațiile Comrat și Cahul (testul t) – Fig. 7. Valorile pantei Sen au evoluat între: -0,05 mm/an la Dubăsari (testul t) și -6,73 mm/an la Iezer (testul Mann – Kendall). Regiunea Comrat – Cahul este cea în care procesul de accentuare a uscăciunii este cel mai evident și reprezentativ statistic. Pe toate entitățile de timp analizate în Fig. 9 și 10, trendurile P-ET_{0-PM} prezintă corespondențe putemice cu cele ale ET_{0-PM} analizate pentru România de Croitoru et al. în 2013 și Piticar et al. în 2015.

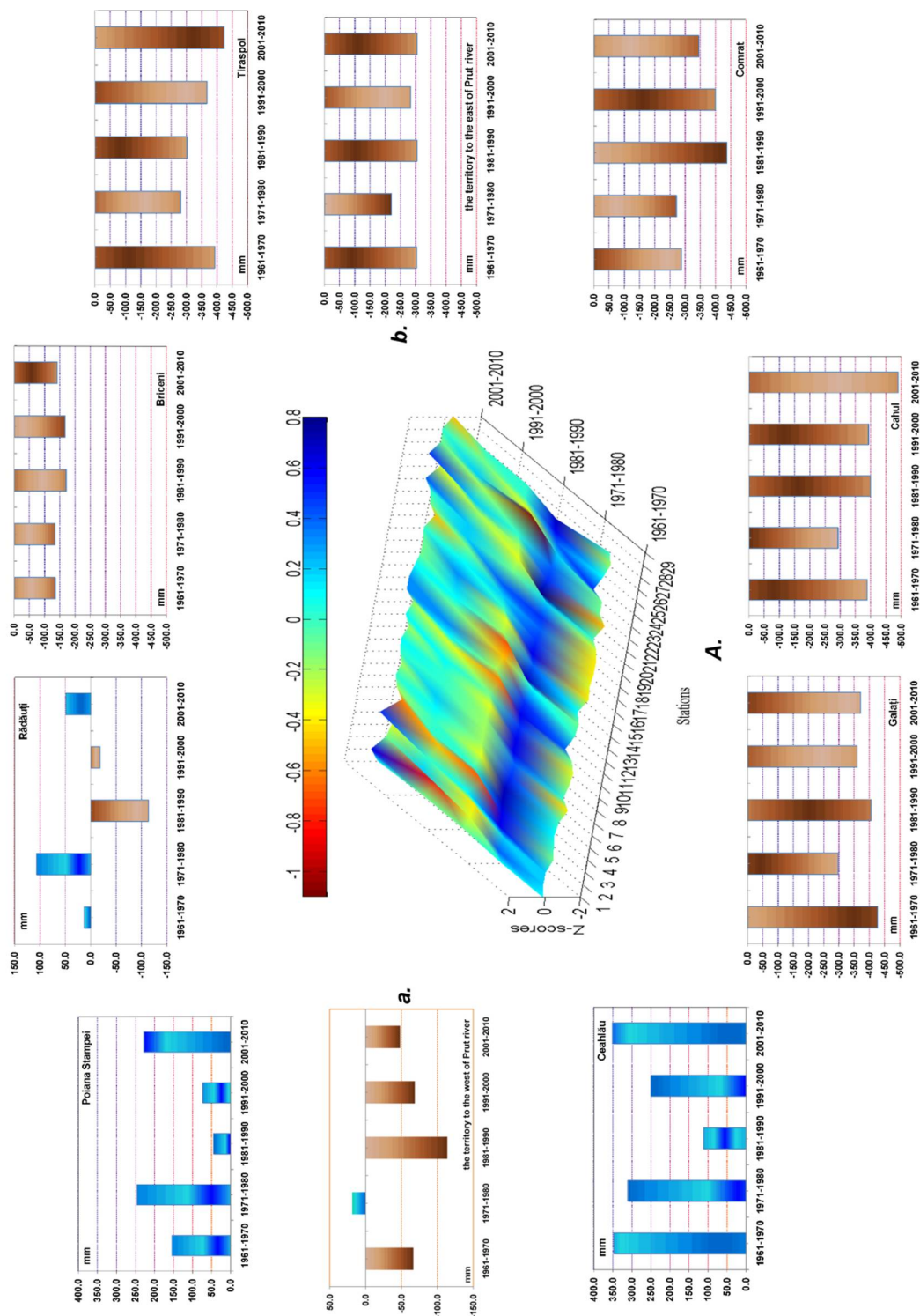


Fig. 11. Evoluția temporală a valorilor scorului Z la fiecare stație din zona studiată în decursul tuturor deceniilor (în centrul figurii – **A.** este redat prin intermediul indicelui Z_scores indicele $P-ET_{0-PM}$ la fiecare stație din cele 29 analizate, pe câte un deceniu – din cele 5 – prin raportarea fiecărei stații la media întregii perioade (1961-2010) la acea stație ($Z_scores > 0$ = abateri pozitive ale $P-ET_{0-PM}$; $Z_scores < 0$ = abateri negative ale $P-ET_{0-PM}$); pe margini observăm evoluția interdecenală a WE și/sau WD (în mm) în câteva locații reprezentative și cumulat pentru tot teritoriul de la vest de Prut (aria carpatică-subcarpatică și de podiș) – **a.** și de la est de Prut – **b.**)

Dincolo de trendurile $P-ET_{0-PM}$ pe intervale mai lungi (de peste 50 de ani), procedând la o analiză decenală a indicelui utilizat am putut remarca mai multe aspecte.

Indicele $P-ET_{0-PM}$ la nivelul mării majorității a teritoriului cercetat (cu excepția arealului carpatic – Poiana Stampei, Ceahlău și al Depresiunii Rădăuților – Rădăuți) a avut în intervalul 1961 - 2010 valori negative, WD accentuându-se atât pe direcția generală NV – SE (în S și SE în toate deceniile analizate WD a coborât sub -250 mm în fiecare an mediu din aceste intervale) cât și de la N – Briceni spre S și SE regiunii – aspect evidențiat anterior dar reconfirmat de Fig. 11.

Trendurile $P-ET_{0-PM}$ nu au fost lineare ci oscilatorii, distingându-se atât la vest cât și la est de Prut (cu diferențierile valorice evidente) 5 etape evolutive distincte: un deceniu mai umed (1971 – 1980) flancat de două sensibil mai uscate, la care adăugăm ultimele două decenii 1991 – 2010 cu creșteri ale WE în aria carpatică și accentuarea WD către E, S și SE, accentuare care este însă mascată de precipitațiile torențiale extrem de bogate căzute pe spații întinse în verile din anii 2006 și mai ales 2008 și 2010.

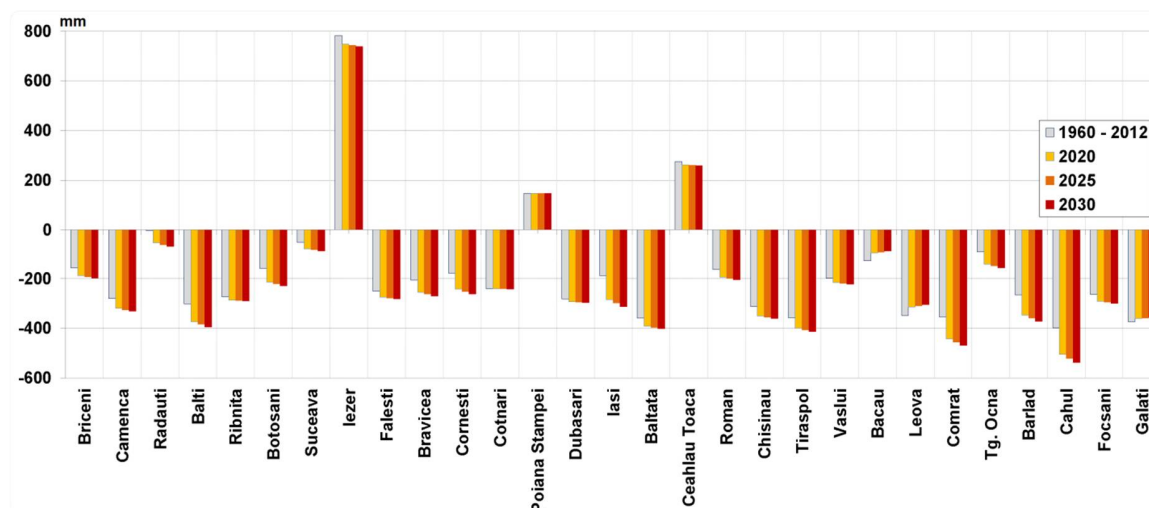


Fig. 12 Prognoza evoluțiilor valorilor anuale ale $P-ET_{0-PM}$ la stațiile din Moldova până în anul 2030

Prognoza evoluțiilor $P-ET_{0-PM}$ pentru anii 2020, 2025 și 2030 în condițiile păstrării actualelor tendințe evolutive ale indicelui ne arată că disponibilul climatic de apă se va diminua la cel puțin 25 din cele 29 de stații analizate cu valori care vor putea să ajungă la -139 mm la Cahul – Fig. 12. Privită din acest punct de vedere perspectiva climatică este nefavorabilă pentru Moldova.

Concluzii

Valorile lunare ale $P-ET_{0-PM}$ ne indică faptul că din noiembrie până în februarie inclusiv WE domină tot teritoriul Moldovei, însă excedentul climatic de apă nu este unul cu adevărat consistent. În luna martie-octombrie dominant teritorial (85 – 90 %) este WD. În luna iulie WD ajunge la -104 mm la Galați. Dintre anotimpuri, doar în timpul iernii se manifestă excedentul climatic de apă. Vara WD ajunge la -257 mm la Cahul și la -269 mm la Galați. La est de Siret în câmpiile deluroase pentru compensarea WD din sezonul de vegetație al cerealelor de toamnă este nevoie de irigații (cca. 100 mm mp^{-1}), iar în sezonul culturilor de primăvară ar trebui utilizate irigațiile, care să compenseze între 100 și 400 mm de apă pe mp. Dacă în zona montană înaltă anual WE urcă la 270 mm, în sud-est la Cahul WD ajunge la -399 mm.

În decurs de un an, în nouă luni trendurile $P-ET_{0-PM}$ sunt de scădere: ianuarie – august și noiembrie, în februarie, martie și iulie ele având semnificativitate statistică la 14, 24 și respectiv 14 % dintre stații. În trei luni pe an, trendurile ale $P-ET_{0-PM}$ sunt de creștere: septembrie – octombrie și decembrie, în octombrie dominante fiind stațiile la care valorile pantei Sen au semnificativitate statistică (56 % din serii pe baza testului t ; 68 % pe baza testului Mann-Kendall). Februarie-martie și iulie sunt lunile în care disponibilul climatic de apă se diminuează cel mai evident, iar octombrie luna în care acest disponibil crește. Dacă iarna, primăvara și vara $P-ET_{0-PM}$ prezintă trenduri de scădere, în timpul toamnelor $P-ET_{0-PM}$ are trenduri de creștere. Atât în sezonul de vegetație al culturilor de toamnă, cât și al celor de primăvară disponibilul de apă pentru plante va scădea pe ansamblu. Trendurile conturate pe seriile anuale ale $P-ET_{0-PM}$ indică diminuarea disponibilului climatic de apă în intervalul analizat, iar regiunea Galați – Comrat – Cahul – Tiraspol se află într-un proces accentuat de evoluție către un tip de climat uscat – uscat semiarid.

În intervalul 1961-2010 am remarcat doar un deceniu cu adevărat umed (1971-1980), precedat și urmat de câte un deceniu uscat. În ultimile două decenii (1991 – 2010) WD s-a accentuat și a proliferat teritorial. Statistica climatică nu evidențiază pe deplin această realitate întrucât, în unele veri (2006, 2008, 2010), cantitățile excepționale de precipitații, au dat verilor în cauză calificative de foarte umede, iar anilor respectivi caracter de ani normali sau umezi.

Proгноza pentru 2030 este de scădere a disponibilului climatic de apă la cel puțin 25 din cele 29 de stații analizate. În medie disponibilul climatic de apă pe ansamblul Moldovei se va diminua până în 2023 cu 46 mm m⁻². Un management complex, integrat al resursei de apă se impune la scară regională interstatală: România – Republica Moldova.

Mulțumiri

Adresăm mulțumiri Administrației Naționale de Meteorologie din România și Serviciului Hidrometeorologic de Stat din Republica Moldova pentru seturile de date climatice puse la dispoziție.

Bibliografie

- Ahani H., Kherad M., Kousari M. R., van Roosmalen L., Aryanfar R., Hosseini S. M. (2012), „Non-parametric trend analysis of the aridity index for three large arid and semi-arid basins in Iran”, *Theor Appl Climatol*, DOI 10.1007/s00704-012-0747-2
- Alexandersson H. (1986), *A homogeneity test applied to precipitation data*. *J. of Climatology*, 6, 661-675.
- Allen R. G., Pereira L.S., Raes D., Smith M. (1998), *Crop evapotranspiration: guideline for computing crop water requirement*. FAO Irrigation and drainage Paper No. 56. FAO, Rome
- Baltas E. (2007), Spatial distribution of climatic indices in northern Greece, *Meteorol. Appl.* 14: 69–78, doi:10.1002/met.7
- Ben-Gai T., Bitan A., Manes A., Alpert P. (1994), Long-term changes in annual rainfall patterns in southern Israel. *Theor Appl Climatol* 49 (2):59–67. doi: 10.1007/BF00868190
- Bonaccorso B., Bordini I., Cancelliere A., Rossi G. and Sutera A. (2003), Spatial variability of drought: an analysis of the SPI in Sicily, *Water Resources Management* 17: 273–296
- Buishand T.A. (1982), *Some methods for testing the homogeneity of rainfall data*. *Journal of Hydrology*, 58, 11-27
- Cheval S., Busuioc, A., Dumitrescu A. & Birsan M. V. (2014a), *Spatiotemporal variability of meteorological drought in Romania using the standardized precipitation index (SPI)*. *Climate Research*, 60, 235-248. DOI: 10.3354/cr01245
- Constantinov T., Daradur M., Nedelcov M., Railean V. (2006), Changes of climate and risk of climatic disasters (Example for Republic of Moldova), www.balwois.net.
- Constantinov T., Nedelcov M. (2007), Evaluation of climatic risks manifested on Republic of Moldova territory, *Present Environment and Sustainable Development*, Nr. 1, 100-106
- Cook E. R., Woodhouse C. A., Meko D. M., Stahle D. W. (2004), Long-term aridity changes in the western United States. *Science* 306(5698):1015–1018

- Croitoru A. E., Piticar A., Dragotă C. S., Burada D. C. (2013) *Recent changes in reference evapotranspiration in Romania*. Global and Planetary Change, 111, 127–136. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2013.09.004
- Croitoru A. E., Piticar A., Imbroane A. M., Burada D. C. (2013), Spatiotemporal distribution of aridity indices based on temperature and precipitation in the extra-Carpathian regions of Romania, Theor Appl Climatol 112:597-607, doi 10.1007/s00704-012-0755-2
- De Martonne E. (1926) Une nouvelle fonction climatologique: L'indice d'aridité. La Meteorologie: 449–458
- Deniz A., Toros H., Incek S. (2011), Spatial variations of climate indices in Turkey. Int J Climatol 31:394–403. doi:10.1002/joc.2081
- Dragota C.S., Dumitrascu M., Grigorescu I., Kucsicsa Gh. (2011), The climatic water deficit in South Oltenia using the Thornthwaite method. Forum Geografic.Studii și cercetări de geografie și protecția mediului, 10(1)/June, pp 140–148. doi:10.5775/fg.2067-4635.2011.032.i
- Dragota C.S., Dumitrascu M., Grigorescu I., Kucsicsa Gh. (2011), The climatic water deficit in South Oltenia using the Thornthwaite method. Forum Geografic. Studii și cercetări de geografie și protecția mediului, 10(1)/June, pp 140–148. doi:10.5775/fg.2067-4635.2011.032.i
- Halbac R., Cotoara Z. (2014), Changes in agricultural water demands for Western Romania., Proceedings of the 42nd International Symposium on Agricultural Engineering, Actual Tasks on Agricultural Engineering, Opatija, Croatia, 25-28 February, 35-45 pp
- Jensen M. E., Burman R. D., and Allen R. G. (Eds) (1990), Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements.ASCE Manual, New York, USA.
- Kafle H. K., Bruins H. J. (2009), Climatic trends in Israel 1970–2002: warmer and increasing aridity inland, Climatic Change, 96:63–77, DOI 10.1007/s10584-009-9578-2
- Kousari M. R., Ahani H. (2011), An investigation on reference crop evapotranspiration trend from 1975 to 2005 in Iran, *Int. J. Climatol*. Published online in Wiley Online Library, wileyonlinelibrary.com, DOI: 10.1002/joc.3404
- Kousari M. R., Ekhtesasi M. R., Tazeh M., Saremi Naeini M. A., Asadi Zarch M. A. (2011), An investigation of the Iranian climatic changes by considering the precipitation, temperature, and relative humidity parameters. Theor Appl Climatol 103(3–4): 321–335
- Kutiel H., Paz S. (1998), Sea level pressure departures in the Mediterranean and their relationship with monthly rainfall conditions in Israel. Theor Appl Climatol 60:93–109
- Lungu M., Panaitescu L., Niță S. (2011), Aridity, climatic risk phenomenon in Dobrudja. Present Environment and Sustainable Development 5 (1):179–190
- Maheras P., Xoplaki E., Kutiel H. (1999), Wet and dry monthly anomalies across the Mediterranean Basin and their relationship with circulation, 1860–1990. Theor Appl Climatol 64:189–199
- Marin L., Birsan M. V., Bojariu R., Dumitrescu Al., Micu Dana M., Manea A. (2014), An overview of annual climatic changes in Romania: trends in air temperature, precipitation, sunshine hours, cloud cover, relative humidity and wind speed during the 1961–2013 period, Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, Vol. 9, No. 4, p. 253 - 258
- McKee T. B., Doesken N. J., and Kleist J. (1995), Drought monitoring with multiple time scales, in: 9th Conference on Applied Climatology, Am. Meteor. Soc., Boston, 233–236
- McKee T.B., Doesken N.J., Kleist J. (1993), The relationship of drought frequency and duration of time scales. Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, January 17–23, 1993, Anaheim, CA, pp 179–186
- Mihaila D., Briciu A. E. (2012), „Actual climate evolution in the NE Romania. Manifestations and consequences”, 12th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, SGEM2012 Conference Proceedings/ ISSN 1314-2704, June 17-23, 2012, Vol. 4, 241 - 252 pp - <http://sgem.org/sgemlib/spip.php?article2277>
- Mihaila D., Briciu A. E., Bistricean P., Lazurca Liliana-Gina (2015), „The analysis of the spatial distribution and temporal trends THI index in the Republic of Moldova”, 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, SGEM 2015 Energy and Clean Technologies, Conference Proceedings/ Section Air Pollution and Climate Change, June 18-24, 2015, 1105 - 1112 pp
- Monteith J. L. (1965), Evaporation and the environment. In: The state and movement of water in living organisms, XIXth Symposium Soc. for Exp. Biology, Cambridge University Press, Cambridge, pp 205–234

- Nedelea A., Comanescu L., Oprea R. (2009), The ecoclimatic indexes specific for the Arges Valley (Fagaras Mountains, the Southern Carpathians, Romania). *Int J Phys Sci* 4(12):796–805
- Onder D., Aydin M., Berberoglu S., Onder S., Yano T. (2009), The use of aridity index to assess implications of climatic change for land cover in Turkey. *Turk J Agric For* 33:305–314
- Palmer W. (1965), Meteorological Drought. Research paper no. 45, U.S. Department of Commerce Weather Bureau. Available online by the NOAA National Climatic Data Center at <http://www.ncdc.noaa.gov/temp-and-precip/drought/docs/palmer.pdf>. Accessed 2 June 2012
- Păltineanu C. R., Chitu E., Mateescu E. (2012), New trends for reference evapotranspiration and climatic water deficit. *Int Agrophys* 26:159–165. doi:10.2478/v10247-012-0023-9
- Păltineanu C. R., Mihailescu I. F., Prefac Z., Dragota C., Vasenciuc F., Nicola C. (2009), Combining the standardized precipitation index and climatic water deficit in characterizing droughts: a case study in Romania. *TheorApplClimatol* 97:219–233. doi:10.1007/s00704-008-0061-1
- Păltineanu C. R., Mihailescu I.F., Seceleanu I., Dragota C., Vasenciuc F. (2007b), Using aridity indices to describe some climate and soil features in Eastern Europe: a Romanian case study. *Theor Appl Climatol* 90:263–274. doi:10.1007/s00704-007-0295-3
- Păltineanu C. R., Mihăilescu I.F., Seceleanu I., Dragotă C., Vasenciuc F. (2007), Using aridity indices to describe some climate and soil features in Eastern Europe: a Romanian case study, *Theor. Appl. Climatol.* 90, 263-274, DOI 10.1007/s00704-007-0295-3
- Păltineanu C., Tanasescu N., Chitu E., Mihailescu I.F. (2007a), Relationships between the De Martonne aridity index and water requirements of some representative crops: a case study from Romania. *Int Agrophysics* 21:81–93
- Păltineanu C.R., Mihailescu I.F., Seceleanu I., Dragota C.S., Vasenciuc F. (2007c), Ariditatea, seceta, evapotranspirația și cerințele de apă ale culturilor agricole în România. Ovidius University Press, Constanța
- Patriche C.V. (2009), *Statistical methods applied in climatology* (in Romanian). "Terra Nostra" Publishing House, Iasi, 170 pp.
- Paulo A. A., Rosa R. D., and Pereira L. S. (2012), Climate trends and behaviour of drought indices based on precipitation and evapotranspiration in Portugal, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 12, 1481–1491
- Pereira L. S., Cordery I., and Iacovides I. (2009), *Coping with Water Scarcity. Addressing the Challenges*, Springer, Dordrecht, 382 pp.
- Pettitt A.N. (1979), *A non-parametric approach to the change-point problem*. *Appl. Statist.*, 28, 2, 126-135.
- Piticar A., Mihăilă D., Lazurca L. G., Bistricean P.I., Puțuntică A., Briciu A. E. (2015), „Spatiotemporal distribution of reference evapotranspiration in the Republic of Moldova”, *Theoretical and Applied Climatology*, Vol. 120, No. 3-4, ISSN 0177-798X, *Theor Appl Climatol*, DOI 10.1007/s00704-015-1490-2
- Potop V. (2011), Evolution of drought severity and its impact on corn in the Republic of Moldova, *Theor Appl Climatol*, 105:469–483, DOI 10.1007/s00704-011-0403-2
- Potop V. (2013), A multi-scalar character of droughts based on the SPEI in the Republic of Moldova, Šiška B. et al.: Environmental changes and adaptation strategies, Slovakia, Skalica, 9th – 11th September 2013
- Potop V., Možný M., Türkott L. (2013), Impacts of drought at various time scales on the productivity of agricultural crops grown in the Czech Republic, Šiška B. et al.: *Environmental changes and adaptation strategies, Slovakia, Skalica, 9th – 11th September 2013*
- Potop V., Overenco A., Boroneant C. (2012), Drought variability and its driving factors in the Republic of Moldova, EMS Annual Meeting Abstracts, Vol. 9, EMS2012-54, 12th EMS / 9th ECAC
- Potop V., Soukup J. (2009), Spatiotemporal characteristics of dryness and drought in the Republic of Moldova, *Theor Appl Climatol* 96:305–318, DOI 10.1007/s00704-008-0041-5
- Potop V., Türkott L., Kožnarová V., Možný M. (2010), Drought episodes in the Czech Republic and their potential effects in agriculture *Theor Appl Climatol*, 99:373–388, DOI 10.1007/s00704-009-0148-3
- Prăvălie R. (2013), Climate issues on aridity trends of southern Oltenia in the last five decades, *Geographia Technica*, No. 1, pp. 70 to 79
- Prăvălie R., Sîrodoev I., Patriche C. V., Bandoc G., Peptenatu D. (2014), The analysis of the relationship between climatic water deficit and corn agricultural productivity in the Dobrogea Plateau, *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, Vol. 9, No. 4, p. 201 - 214

- Radinović D. & Ćurić M. (2009), Deficit and surplus of precipitation as a continuous function of time, *Theor Appl Climatol* 98:197–200, DOI 10.1007/s00704-009-0104-2
- Salmi T., Maatta A., Anttila P., Ruoho-Airola T., Amnell T. (2002), Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimates – The Excel template application MAKESSENS. Publications on Air Quality 31: Report Code FMIAQ-31
- Sandu I. – coordonator et al. (2008), *Clima României*, Editura Academiei Române, București, 365pp
- Sen P. K. (1968), *Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau*. Journal of the American Statistical Association, 63 (324), p. 1379–1389.
- Shahid Sh. (2010), *Spatio-temporal variation of aridity and dry period in term of irrigation demand in Bangladesh*, *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 7 (4): 386-396
- Shifteh Some'e B., Ezani A., Tabari H. (2012), Spatiotemporal trends of aridity index in arid and semi-arid regions of Iran. *Theor Appl Climatol*. doi:10.1007/s00704-012-0650-x
- Shifteh Some'e B., Ezani A., Tabari H. (2013), Spatiotemporal trends of aridity index in arid and semi-arid regions of Iran *Theor Appl Climatol* (2013) 111:149–160, DOI 10.1007/s00704-012-0650-x
- Smith M. (1992), CROPWAT: a computer program for irrigation planning and management. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 46, FAO, Rome, 126 pp
- Stefan S., Ghioca M., Rimbu N., Boroneant C. (2004), *Study of meteorological and hydrological drought in southern Romania from observational data*. *International Journal of Climatology*, 24, 871–881. DOI: 10.1002/joc.1039.
- Šúri M., Huld Th. A., Dunlop E. D., Ossenbrink H. A. (2007), *Potential of solar electricity generation in the European Union member states and candidate countries*, *Solar Energy*, Volume 81, Issue 10, October 2007, Pages 1295–1305
- Tabari H., Abghani H., Hosseinzadeh Talaei P. (2012), Temporal trends and spatial characteristics of drought and rainfall in arid and semiarid regions of Iran. *Hydrol Process*. doi:10.1002/hyp. 8460
- Tabari H., Amini A., Hosseinzadeh Talaei P., Shifteh Some'e B (2011), Spatial distribution and temporal variation of reference evapotranspiration in arid and semi-arid regions of Iran. *Hydrol Process* 26:500–512. doi:10.1002/hyp.8146
- Tabari H., Aghajani M. B. (2012), Temporal pattern of monthly aridity index in Iran with considering precipitation and evapotranspiration trends. *Int J Climatol*. doi:10.1002/joc.3432
- Tanner C.B. (1967), Measurement of evapotranspiration. In: *Irrigation of Agricultural Lands* (Eds Hagan R.M., Haise H.R., Edminster T.W.). ASA Press, Madison, WI, USA
- Tsakiris G. and Vangelis H. (2005), *Establishing a drought index incorporating evapotranspiration*, *European Water* 9/10: 3-11, © E.W. Publicationa
- Turkes M (2003), Spatial and temporal variations in precipitation and aridity index series of Turkey. In: Bølle H-J (ed) *Mediterranean climate: variability and trends*. Springer, Berlin, pp 181–213
- Vicente-Serrano S. M., Beguería S., López-Moreno J. I. (2009), A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index, *Journal of Climate*, Volume 23, 1696 – 1718
- Vicente-Serrano S. M., Lasanta T., and Gracia C. (2010b), „Aridification determines changes in forest growth in *Pinus halepensis* forests under semiarid Mediterranean climate conditions”, *Agr. Forest Meteorol.*, 150, 614–628
- Vijulie I., Tîrlă L., Manea G., Achim E. (2013), Change of Land-use Patterns by Planning Field Shelterbelts on Farming Lowlands Vulnerable to Water Scarcity (Romania), *Geographica Pannonica*, Volume 17, Issue 2, 37-45
- Wilhite D. A. (1993), *Drought Assessment, Management, and Planning: Theory and Case Studies*, Natural Resource Management and Policy Series, Vol. 2, Kluwer
- Wu S., Yin Y., Zheng D., Yang Q. (2006), Moisture conditions and climate trends in China during the period 1971–2000. *Int J Climatol* 26:193–206. doi:10.1002/joc.1245
- Yin Y., Wu S., Zheng D., Yang Q. (2005), Regional difference of aridity/humidity conditions change over China during the last thirty years, *Chinese Science Bulletin*, Vol. 50 No. 19 2226–2233
- Zambakas J. (1992), *General climatology*. Department of Geology, National & Kapodistrian University of Athens, Athens
- Zhang Q., Xu Ch-Y., Zhang Z. (2009), Observed changes of drought/wetness episodes in the Pearl River basin, China, using the standardized precipitation index and aridity index, *Theor Appl Climatol*, 98:89–99, DOI 10.1007/s00704-008-0095-4
- Zhao D., Zheng D., Wu S., Wu Z. (2007), Climate changes in northeastern China during last four decades. *Chin Geogr Sci* 17(4):317–324. doi:10.1007/s11769-007-0317-1

- *Anuarul Statistic al Republicii Moldova (2015), http://www.statistica.md/public/files/publicatii_electronice/Anuar_Statistic/2015/3_Munca.pdf
- *IPCC (2007), Climate Change 2007, Synthesis Report, 52 pp, https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf
- *NCDC (2012) Climate of 2012 - June, U. S. Palmer drought indices. <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/prelim/drought/palmer.html>, Accessed 25 July 2012
- *UNESCO (1979), Map of the world distribution of arid regions: Explanatory note. MAP Technical Notes 7. UNESCO, Paris, 54 pp + map

Un studiu cu titlul *Favorabilitatea climatului Moldovei pentru turismul de tip balneoclimatic și pentru activitățile turistice din aer liber – studiu pe baza Tourism Climate Index* a fost trimis recent spre evaluare și analiză la un jurnal geografic de profil. El ilustrează preocupările cercetătorilor suceveni pentru studiile climato-turistice.

Autorii studiului: Dumitru Mihăilă și Petruț Ionel Bistricean

Rezumat. Provincia istorică Moldova este situată în partea de est a României, cuprinzând total sau parțial două dintre cele mai sărace regiuni ale Uniunii Europene. Dezindustrializată și cu o agricultură în declin, cu o infrastructură deficitară, această provincie dispune de numeroase atracții turistice din care unele poartă amprenta unicității (mănăstirile UNESCO din nordul Moldovei). Moldova dispune de douăzeci și unu de stațiuni și localități turistice cu factori naturali de cură, dar, doar în cinci stațiuni turistice, turismul balneoclimatic (de sănătate) constituie principalul tip de turism care atrage spre acestea fluxuri anuale medii de 85767 turiști. Turismul balneoclimatic este completat în cele cinci locații de o multitudine de alte tipuri de turism asociate, desfășurate în aer liber (sporturi de iarnă, hipism, montain bike, drumeții, pescuit, vânătoare, parapantism, alpinism etc.). Studiul de față așează pe coordonate științifice cuantificabile pentru prima dată în România relația dintre climat și turism, oferind pentru cele cinci stațiuni din Moldova un tablou complex al acestei relații prin intermediul Tourism Climate Index realizat la nivel de luni, decade și chiar zile. Managerii și operatorii din turism pe de o parte, dar și turiștii pe de altă parte, dispun acum de un instrument de lucru bine documentat și prin intermediul căruia se poate opera foarte ușor. Acest instrument este completat la nivel de detaliu de diagramele frecvențelor lunare și decadaletale ale zilelor cu diferite valori sau ranguri ale Tourism Climate Index, care nu omit nici o manifestare concretă a vremii.

Cuvinte cheie Tourism Climate Index, sejur, turism balneoclimatic

1. Introducere

Vremea și clima exercită influențe importante asupra sectorului turismului la nivel mondial (Smith, 1993; Perry, 1997; Boniface și Cooper, 2009), prin faptul că afectează lungimea și calitatea sezonelor turistice (Scott et al., 2004). Elemente ca temperatura aerului, vântul, umiditatea, precipitațiile atmosferice, nebulozitatea și durata de strălucire a Soarelui, stratul de zăpadă etc. afectează prin valorile și evoluțiile lor deciziile vizitatorilor, gradul lor de satisfacție și disponibilitatea financiară, cu reflex asupra firmelor de turism și a dezvoltării destinațiilor turistice.

Pentru turiști, factorii naturali de mediu în rândul cărora intră vremea și clima au o importanță mare în a-și alege o anumită destinație de sejur (Abegg, 1996). În zona climatică temperată pentru turismul estival foarte importante sunt Soarele, temperatura ridicată a apei mării și particularitățile nisipului de pe plajă. Pentru turismul de iarnă stratul de zăpadă, este cel care se impune în luarea deciziilor turiștilor (Matzarakis, 2006). Sporturile de iarnă depind direct de resursele climatice. Fără zăpadă sau temperatură negativă pentru producerea artificială a zăpezii, dezvoltarea stațiunilor de schi nu ar fi fost posibilă (Gomez Martin, 2005). Anumite activități turistice desfășurate în aer liber cum ar fi drumețiile, raftingul, golful, vânătoarea, pescuitul, alpinismul sunt dependente de condițiile

climatice (Gomez Martin, 2005). Vremea și clima joacă un rol important în cele trei faze ale unui sejur: înainte, în timpul și după finalizarea lui.

Regiunile cu o mare variabilitate meteorologică, cu anotimpuri care se abat de la normalul cunoscut (cu veri ploioase și reci, ierni calde și lipsite de strat de zăpadă) introduc riscuri financiare majore în activitățile turistice. Condițiile meteorologice pot afecta sau chiar schimba, programul de zi cu zi al unei deplasări. Turiștii sunt afectați în bună măsură de manifestările excesive ale vremii: călduri excesive, advecții de aer rece, ploi reci, scăderi mari de presiune, vânturi violente etc. (Ramezani și Palic, 2012). Perry a investigat în 2001 starea climatului și a turismului în regiunea mediteraneană și a remarcat că cea mai nefavorabilă situație pentru turismul din această arie apare în cazul unor valuri de aer cald tropical. Industria turismului este deosebit de sensibilă la variabilitatea meteo-climatică (Curtis et al., 2011).

Cunoașterea climei și informațiile meteorologice ajută la un bun planing al activităților turistice (Matzarakis, 2006). Nevoia de informații bioclimatice pentru turismul balneoclimatic, este în prezent una foarte mare (Matzarakis et al, 2004; Matzarakis, 2006 și 2010). Aceste informații pot fi preluate din diferite surse (cărți, ghiduri turistice, Internet, CD - uri, DVD - uri) sau din informările serviciilor meteorologice (Matzarakis, 2006). Serviciile de prognoză ale vremii trebuie să informeze și să avertizeze la timp (atât pe managerii activităților turistice, cât și pe turiști) despre producerea unor episoade de vreme rea pentru a reduce riscurile asociate lor. Maureen and Jean (2001) au argumentat puternicele condiționări climat – turism. Condiționările termice și adiacente sunt cele mai puternice atât pentru regiunile litorale cât și pentru cele de munte și impun acestora un anumit grad de atractivitate turistică.

Relația complexă dintre climat și turism este în multe studii analizată prin intermediul Tourism Climate Index (TCI) propus de Mieczkowski (1985). Acesta combină șapte elemente sau parametri climatici și se pliază foarte bine studiilor ce vizează locații din zona temperată.

Foarte mulți cercetători au folosit TCI pentru a realiza studii privind implicațiile climei în turism. În prezent TCI are o aplicație pe scară largă și este validat la nivel mondial.

Scott și colab. (2004) au folosit TCI la evaluarea distribuției spațiale și temporale a resurselor climatice pentru turism în America de Nord. Cengiz și colab. (2008) au evaluat pe baza TCI condițiile climatice ale orașului Çanakkale, în contextul impactului lor asupra activităților turistice. Ramezani și Palic (2012) au calculat pentru Ramsar din nordul Iranului valorile medii lunare ale TCI pentru intervalul 1981 – 2005. Pe baza acestora au evidențiat că intervalul aprilie – noiembrie este cel mai favorabil practicării turismului, iar în luna mai au identificat condiții excelente pentru această activitate. Intervalul decembrie-martie, prezintă din cauza reducerii temperaturii, condiții nefavorabile de vreme pentru turism. Joksimović et al. (2013) calculează TCI pentru patru stații din Muntenegru (Herceg Novi - 40 m, Podgorica - 49 m, Kolašin - 944 m and Žabljak - 1 450 m) identificând lunile din sezonul cald care întrunesc cele mai bune condiții pentru turism. Kovacs și Unger (2014) realizează o evaluarea a potențialului climato-turistic pentru patru localități din Ungaria (Szeged, Budapesta, Siófok și Pécs), iar Kovacs et al. (2014) au evaluat confortul termic al locuitorilor din sudul Câmpiei Tisei din Ungaria. Amiranashvili et al. în 2014 au analizat comparativ valorile lunare ale TCI în țările din Caucazul de Sud (capitalele Baku, Tbilisi și Erevan). Fang și Yin (2015) utilizând datele de la 658 stații din China pentru intervalul 1981 - 2010, au arătat că în cele mai multe regiuni din China condițiile climatice sunt confortabile pentru turiști în timpul primăverii și toamna. În timpul verii și iernii, distribuția spațială a condițiilor climatice impune turismului o gradație latitudinală. Studiul arată că numărul de luni favorabile turismului în China variază de la 0 la 10, iar aria cea mai atractivă, cu nivelul cel mai ridicat de confort climatic, este provincia Yunnan, în timp ce aria platoului tibetan are cel mai redus confort climatic. Studiile pe baza TCI sunt însă mult mai numeroase și vizează multe locații de pe diferite continente.

TCI a fost utilizat și în studii care au ca scop prognoza potențialului climato-turistic până la orizontul anului 2100. Scott și Mc Boyle în 2001, iar mai apoi Scott et al. 2004 au prognozat impactul schimbărilor climatice

pentru teritorii din America de Nord. Amelung și Viner (2006), Hamilton și Tol (2007), Sabine et al. 2010, Amelung și Moreno (2012), au analizat (prin intermediul TCI) și proiectat (pe baza mai multor scenarii evolutive) resursele climatice de care va dispune turismul în Europa. Acești autori au prognozat că schimbările climatice vor duce la îmbunătățirea resurselor climatice în nordul și centrul Americii de Nord și al Europei și la o înrăutățire a lor, pe parcursul verilor mai ales în teritoriile sudice tropicale și subtropicale.

În cazul României și al Moldovei implicit, studiile climato-turistice care să aplice TCI în evaluarea resurselor climatice cu vocație turistică nu există până la această dată. Și din acest considerent prezentul studiu este un element de noutate.

2. Aria de studiu

Teritoriul cercetat se încadrează în partea de est – nord-est a României în limitele provinciei Moldova, care se întinde din punct de vedere fizico-geografic în est până la valea râului Prut, în nord până la granița cu Ucraina, în vest până pe aliniamentul central al culmilor Carpaților Orientali iar în sud, până la contactul cu Câmpia Română (Fig. 1). În provincia Moldova intră din punct de vedere administrativ opt județe: Suceava, Botoșani, Neamț, Iași, Bacău, Vaslui, Vrancea și Galați care au o suprafață însumată de 40 837 km². În Moldova, unitățile de relief se succed în trepte de la vest la est în următoarea ordine: Carpații Orientali, în vest, Subcarpații Moldovei și Curburii în partea centrală, iar în est Podișul Moldovei continuat în sud cu extremitatea nord-estică a Câmpiei Române.

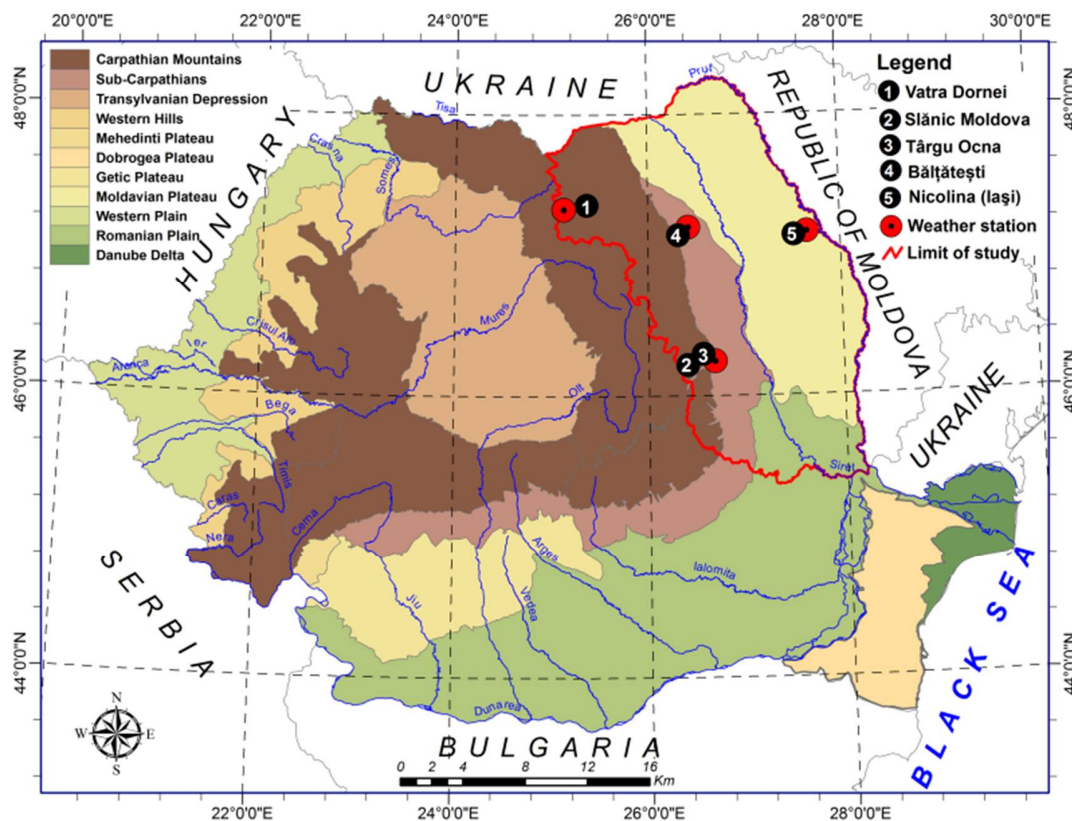


Fig. 1 Localizarea matematică și geografică a Moldovei în cadrul României și în raport cu marile unități naturale; localizarea în cadrul Moldovei a celor cinci stațiuni balneoclimatice și a stațiilor meteorologice din apropiere

În aceeași direcție (vest - est) se succed cele trei etaje bioclimatice (Teodoreanu și Gaceu 2013; Mihăilă, 2014).

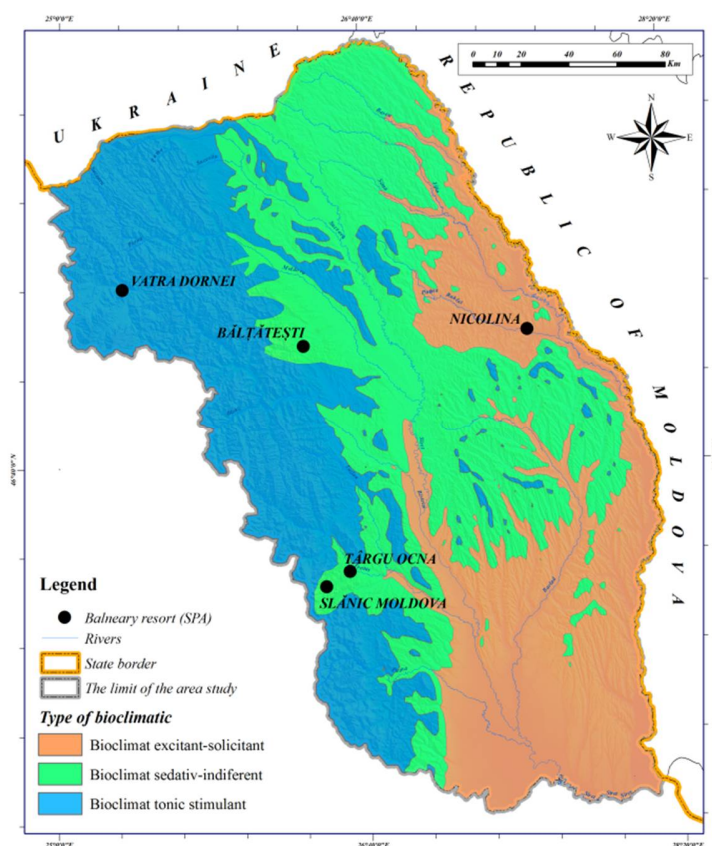


Fig. 2 Amplasarea celor cinci stațiuni bioclimatice din Moldova în cele trei mari etaje bioclimatice care se pot identifica pe teritoriul Moldovei

(carbogazoase, feruginoase, bicarbonatate, sodice, magneziene, calcice, hipotone), nămol de turbă, o atmosferă puternic aeroionizată negativ și un bioclimat montan tonic stimulant. Stațiunea este indicată pentru tratarea afecțiunilor cardiovasculare, reumatismale, post-traumatice, neurologice periferice și centrale și pentru o serie de afecțiuni asociate. Stațiunea balneoclimatică Vatra Dornei dispunea de 47 de unități de cazare în 2015. Complexul balnear Bradul – Călimani este singurul care oferă consultații medicale balneoclimatice.

Bioclimatul sedativ indiferent ocupă o pondere de 35,9 % din suprafața Moldovei și este prezent de la altitudini cuprinse între 700 – 800 m la partea superioară, coborând până la 200 – 300 m în partea inferioară. În acest bioclimat sunt localizate stațiunile turistice Slănic Moldova (numită și „Perla Moldovei”), Târgu Ocna și Bălățești. Stațiunea balneoclimatică Slănic Moldova este situată pe versantul estic al Carpaților Orientali (în Munții Nemira), într-o depresiune acoperită de păduri de foioase și conifere, la înălțimea de 530 m pe valea Slănicului, afluent al Trotușului, într-un bioclimat sedativ – indiferent cu nuanțe tonice. Izvoarele minerale, aerul curat, lipsit de alergeni, topoclimatul de adăpost și microclimatul de salină de la Târgu Ocna din apropiere, recomandă această stațiune pentru tratarea afecțiunilor tubului digestiv, ale căilor respiratorii, afecțiunilor hepato-biliare, metabolice și de nutriție, afecțiunilor neurologice periferice, ale rinichilor și căilor urinare și afecțiunilor post-traumatice. Stațiunea balneoclimatică Târgu Ocna este situată la contactul dintre Carpații Orientali și Subcarpații Moldovei, în județul

Bioclimatul tonic-stimulant ocupă o pondere de 33,76 % din suprafața totală a Moldovei (Fig. 2). Corespunde în cea mai mare parte climatului de munte al Carpaților Orientali, începând cu altitudinile cele mai mari ale Munților Călimani (2103 m) și Ceahlău (1997 m), coborând la altitudini de aproximativ 700 – 800 m, iar în anumite situații (în ariile depresionare sau pe versanții cu expoziție general nordică) și la altitudini mai joase. Pe culmile montane înalte activitățile turistice sunt sprijinite de o serie de stații meteorologice, cabane și refugii turistice (Stația Meteorologică Ceahlău Toaca și Reșița Călimani, Cabana Dochia, Cabana Rarău, Cabana Giumalău și Cabana Călimani). În cadrul acestui bioclimat se încadrează doar stațiunea turistică balneoclimatică Vatra Dornei (numită și „Sinaia Moldovei”) situată în Depresiunea Dornelor la confluența râurilor Bistrița cu Dorna, la o altitudine medie de 808 m. Această stațiune beneficiază de o gamă variată de factori naturali terapeutici, reprezentați prin ape minerale

Bacău, în nord-vestul Depresiunii Cașin, la poalele Munților Berzunți (nord) și Nemira (sud și vest), la o altitudine de 260 - 280 m, pe cursul râului Trotuș și al afluentului său Slănic. Cei mai valoroși factori naturali de cură și tratament sunt salina, aerul curat, ozonificat și bioclimatul sedativ - indiferent. Stațiunea Târgu Ocna beneficiază de trei baze de tratament (două la suprafață în complexul balnear Măgura și una în salină la orizontul IX). Stațiunile turistice Târgu Ocna și Slănic Moldova sunt situate la cca. 10 km una de cealaltă. *Stațiunea Bălățești* este situată la o altitudine de 475 m, în Depresiunea Neamțului din Subcarpații Moldovei, fiind înconjurată de coline acoperite cu păduri și livezi. Această stațiune are un potențial natural terapeutic ridicat, dat de apele minerale clorurate, sulfatate, bromurate și iodurate de concentrație mare, la care se adaugă bioclimatul sedativ - indiferent (de cruțare). Este indicată în tratarea afecțiunilor reumatismale, post-traumatice, neurologice periferice, ginecologice și a afecțiunilor asociate acestora. În stațiunea Bălățești, numărul de structuri de primire turistică era de șase unități în 2015. Baza de tratament de la Bălățești este în subordinea Ministerului Apărării Naționale.

Bioclimatul excitant - solicitant deține ca suprafață ponderea cea mai mică din Moldova (de 30,3 %), suprapunându-se peste estul și sud-estul Moldovei (Fig. 2). *Stațiunea balneoclimatică Nicolina* este situată în cadrul acestui bioclimat la o altitudine de 143 m, în sud-vestul municipiului Iași. Stațiunea beneficiază de nămoluri minerale și resurse de ape minerale sulfuroase, iodurate, clorurate, sodice, bicarbonatate, hipotermale, utilizate în tratarea afecțiunilor reumatismale, degenerative, abarticulare, neurologice periferice, posttraumatice, ginecologice, dermatologice, respiratorii și otorinolaringologice (ORL). Baza balneară este formată din două componente: cea din cadrul hotelului Nicolina și a Unității de Tratament Balnear și Recuperare a Capacității de Muncă.

3. Date și metode

În acest studiu au fost utilizate datele zilnice ale următoarelor elemente și parametri meteorologici: temperatura aerului – medii, minime și maxime diurne ($^{\circ}\text{C}$), umiditatea relativă a aerului (%) – medii și minime diurne, precipitațiile atmosferice – sume diurne (mm), nebulozitatea – medii zilnice (optimi), durata de strălucire a Soarelui – sume zilnice (ore), viteza vântului – medii zilnice (ms^{-1}), pentru intervalul 1961 - 2015.

Au fost utilizate datele de la stațiile meteorologice Vatra Dornei (completate prin prelungire cu datele de la stația meteorologică Poiana Stampei) pentru stațiunea Vatra Dornei, Târgu Ocna pentru stațiunile Târgu Ocna și Slănic Moldova, Târgu Neamț pentru stațiunea Bălățești și Iași pentru stațiunea Nicolina. Datele meteorologice au fost puse la dispoziția noastră de Administrația Națională de Meteorologie din România. Stațiunile balneoclimatice și stațiile meteorologice care au format perechi se situează la distanțe de sub 20 km unele față de altele, în ambianțe topoclimatice aproape identice. Diferențele termice și higrice stațiuni – stații au fost cuantificate și prin măsurători din oră în oră în intervalul martie 2015 – martie 2016 și s-au încadrat între $0,9^{\circ}\text{C}$ (Vatra Dornei - Poiana Stampei) și $0,1^{\circ}\text{C}$ (între Nicolina și Iași), iar cele de umiditate între 8 % (Vatra Dornei - Poiana Stampei) și 1 % (între Târgu Ocna și Slănic Moldova). Coeficienții de corelație între temperatura aerului determinată în stațiunile balneoclimatice și cea de la stațiile meteorologice din preajmă s-au situat între 0,953 (Bălățești și Târgu Neamț) și 0,991 (între Nicolina și Iași), iar cei ai umidității relative între 0,716 (Bălățești – Târgu Neamț) și 0,958 (Slănic Moldova – Târgu Ocna).

Spre exemplu, pentru stațiunile Târgu Ocna și Slănic aflate la o distanță de 18 km una de cealaltă, în condiții geografice foarte asemănătoare au fost utilizate datele de la stația meteorologică Târgu Ocna. Datele de la senzorii de temperatură și umiditate instalați în intervalul martie 2015 – martie 2016 în incinta stațiunii balneoclimatice Slănic Moldova au fost comparate cu cele de la stația meteorologică Târgu Ocna. Diferențele orare termo-higrice dintre Slănic Moldova și Târgu Ocna au fost foarte mici (exemplu: temperatura medie a intervalului test a fost de $9,8^{\circ}\text{C}$ la Slănic Moldova și de $10,1^{\circ}\text{C}$ la Târgu Ocna rezultând o diferență de $0,3^{\circ}\text{C}$ între cele două stațiuni; umiditatea relativă medie a intervalului test a fost de 73,1 % la Slănic Moldova și de 72,6 % la Târgu Ocna rezultând

o diferență de 0,5 % între cele două stațiuni). Corelațiile dintre rezultatele măsurătorilor în cele două locații sunt foarte bune (Fig. 3a și 3b).

De diferențe rezultate din măsurători am ținut cont când am configurat baza de date meteo-climatică utilizată pentru calcularea valorilor zilnice și lunare ale TCI din toate locațiile.

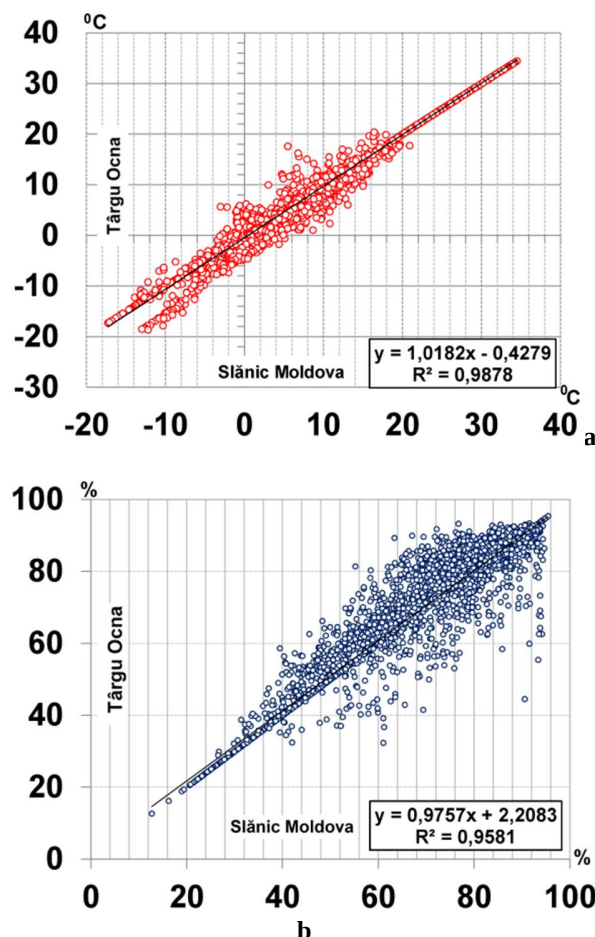


Fig. 3 Corelațiile orare ale temperaturii aerului – a și umidității relative – b între 13 martie 2015 ora 3,30 PM și 30 martie 2016 ora 10,30 AM pentru stațiunile turistice Târgu Ocna și Slănic Moldova

au scăzut pe abscisă, iar cele ale umidității au crescut pe ordonată, valorile punctajul indicelui s-au redus către 0.

Pentru lunile cu precipitații cuprinse între 0 și 14,9 mm punctajul acordat indicelui **P** a fost 5, iar pentru cele în care au precipitat peste 150 mm punctajul acordat a fost 0.

Pentru lunile în care durata medie zilnică de strălucire a Soarelui a fost $\geq$ de 10 ore indicelui **S** i s-au acordat 5 puncte, iar pentru cele în care durata medie zilnică a fost sub o oră 0 puncte.

Pentru a conecta condițiile climatice de pe parcursul unui an la activitățile turistice am utilizat indicele climato-turistic (TCI). Mieczkowski a făcut apel atunci când a analizat relația dintre turism și climă la doi indicatori climatici complexi și la trei indicatori mai simpli pentru care le-a identificat impactul asupra turismului și le-a acordat anumite ponderi în valoarea finală a TCI, conform Tab. 1.

Pentru a determina TCI am calculat mai întâi cei cinci indicatori care intră în formula sa (2):

$$TCI = 2[(4 \cdot CID) + CIA + (2 \cdot P) + (2 \cdot S) + W] \quad (1)$$

Pentru aceasta, fiecărui indicator din cei cinci i-am acordat puncte de la 5 la 0: 5 însemnând că acel indicator oferă condiții ideale pentru practicarea turismului, iar 0 impune condiții foarte restrictive (respectând pragurile valorice care se regăsesc în nomogramele concepute de Mieczkowski în 1985).

Pentru indicatorii *CID* și *CIA* am întocmit grafice de corelație pe un sistem format din două axe în care pe abscisă (*OX*), am redat maximele diurne de temperatură, respectiv mediile zilnice ale temperaturii iar pe ordonată (*OY*) minimele zilnice ale umidității, respectiv mediile zilnice ale umidității. În punctul de intersecție al axelor, parametrii elementului temperatură au avut valorile cele mai mari, iar cei ai umidității cele mai mici. În locul de intersecție al axelor punctajul atribuit indicelui a fost 5, iar cu cât valorile temperaturii

Tabel 1 Indicatori climatici reprezentativi pentru turism (după Mieczkowski, 1985)

Indicatori	Variabile climatice utilizate	Impactul în turism	Pondere ca punctaj deținută în model
CID Indice de confort în timpul zilei	Media maximelor zilnice de temperatură (°C) și media minimelor zilnice ale umidității relative (%)	Zilele calde și uscate pot fi ideale pentru practicarea turismului cu condiția ca în sezonul cald temperatura să nu depășească pragul termic al unei zile tropicale; în sezonul rece nu sunt restricții la acest parametru termic	40
CIA Indice de confort zilnic	Media zilnică de temperatură (°C) și media zilnică a umidității relative (%)	Indică confort termic și higric pe toată durata celor 24 de ore	10
P Precipitații	Suma medie lunară a precipitațiilor (mm)	Cantități mari de precipitații, indiferent de caracterul precipitării influențează negativ sejururile turistice	20
S Soare	Durata medie zilnică a strălucirii Soarelui (ore)	Pentru turism o durată mare de strălucire a Soarelui este benefică cu anumite restricții legate de intensitatea radiațiilor ultraviolete și infraroșii care pot cauza arsuri solare și disconfort în zilele fierbinți	20
W Vânt	Viteza medie zilnică a vântului (ms ⁻¹)	Vântul are efecte diverse: în zilele calde de vară temperează căldurile, iar în timpul celor reci de iarnă accentuează senzația de frig și pierderile de căldură	10

În cazul indicatorului W, la viteze medii zilnice ale vântului $\leq 0,63$ m/s acesta a fost notat cu 5 puncte, iar la viteze medii zilnice $\geq 10,7$ m/s cu 0 puncte.

4. Rezultate și discuții

Indicatorii obținuți au fost incluși în formula [1] obținând în final TCI scores, care pentru diferite praguri valorice are un impact gradual asupra activităților turistice.

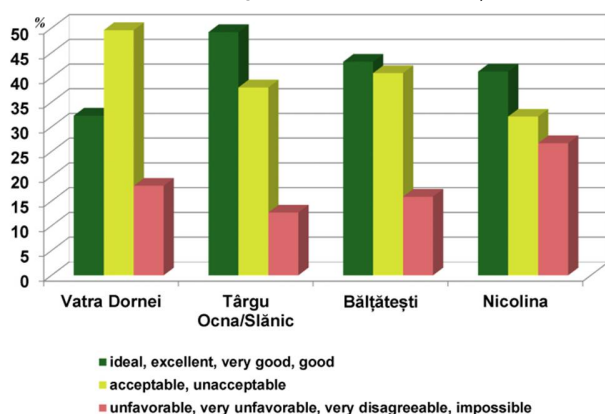


Fig. 4 Timpul (în %) aferent condițiilor climatice favorabile, acceptabile - puțin acceptabile și nefavorabile pentru turism în intervalul 1961 - 2015

favorabilitatea climatului pentru turism este acceptabilă spre bună, situându-se în treimea inferioară a intervalului de

4.1. Frecvențele valorilor anuale ale TCI

scores. Pe baza valorilor medii anuale ale TCI scores am putut aprecia că, din punct de vedere climatic, condițiile pentru practicarea turismului sunt „bune” la Slănic Moldova și Târgu Ocna (valoarea anuală medie a TCI scores – 61,4 %) și „acceptabile” la Băltățești (TCI scores – 58,5 %), Nicolina (TCI scores – 55,5 %) și Vatra Dornei (TCI scores – 54,0 %). Prin condiții climatice cu impact asupra turismului înțelegem însumarea stărilor de vreme care conturează imaginea climatică a unei locații, care influențează circulația turistică, care afectează confortul sau mențin disconfortul turiștilor din timpul unui sejur, care au impact asupra infrastructurii turistice, a stării de sănătate, a bugetului alocat de turiști unui sejur s.a.m.d. Așadar, putem aprecia că în Moldova

favorabilitate, ceea ce ne impune a semna factorilor răspunzători de managementul turismului că este nevoie, de o mai bună planificare a activităților turistice, sprijinită de măsuri concrete, punctuale și de o infrastructură adecvată care să îmbunătățească potențialul topoclimatic (la nivelul sitului propriu zis al stațiunilor) și microclimatic (la nivelul bazelor de tratament și al unităților de cazare).

Detaliind rezultatele obținute, observăm că la Slănic Moldova și Târgu Ocna timpul aferent condițiilor favorabile activităților turistice (de la bune la ideale) deține 49,2 % din cazuistica analizată, iar la Vatra Dornei astfel de condiții dețin doar 32,2 % din intervalul 1961 – 2015 (Fig. 4).

Condițiile acceptabile - puțin acceptabile dețin ponderea cea mai mare din intervalul analizat la Vatra Dornei (49,6 %) și cea mai redusă la Nicolina (32,1 %).

Condiții nefavorabile turismului (în diferite grade, de la nefavorabile la imposibile) dețin ponderea cea mai ridicată la Nicolina (26,7 %) și cea mai redusă la Slănic Moldova respectiv Târgu Ocna (12,7 % din perioada 1961 – 2015).

Fig. 5 Valori procentuale multianuale ale TCI la Vatra Dornei, Târgu Ocna/Slănic, Băltățești și Nicolina diferențiate pe intervale cu ranguri ale TCI care reflectă impactul climatului asupra turismului (1961 – 2015)

TCI scores	Rangul	Descrierea impactului valorilor TCI pentru activitățile turistice	Stațiunea			
			Vatra Dornei	Slănic Moldova/ Târgu Ocna	Băltățești	Nicolina
100 - 90	9	Ideale	3,2	10,3	8,0	4,0
89,9 - 80	8	Excelente	4,2	9,1	6,9	6,2
79,9 - 70	7	Foarte bune	10,8	17,5	14,9	20,3
69,9 - 60	6	Bune	14,1	12,3	13,4	10,7
59,9 - 50	5	Acceptabile	23,7	19,3	20,7	13,8
49,9 - 40	4	Puțin acceptabil	25,9	18,7	20,2	18,3
39,9 - 30	3	Nefavorabile	12,6	8,0	10,2	14,0
29,9 - 20	2	Foarte nefavorabile	4,8	4,4	4,9	10,7
19,9 - 10	1	Extrem de neplăcute, de nefavorabile	0,5	0,3	0,7	1,8
9,9 - 0	0	Imposibile	0,2	0,0	0,1	0,2

Adâncind analiza distributiv-valorică a TCI scores pentru toată gama rangurilor pe care acesta le poate întruni (de la 9 la 0) observăm câteva aspecte interesante (Fig. 5). În aria de contact Carpați – Subcarpați (Slănic Moldova, Târgu Ocna, Băltățești) valorile TCI scores sunt cel mai echilibrat împărțite ca pondere (glisând totuși către ranguri mari ale TCI care indică condiții climatice favorabile turismului). Teritoriile de la exteriorul Carpaților și Subcarpaților (Nicolina) sunt marcate într-o măsură mai mare de excese / riscurile climatice care fac ca rangurile TCI să alunece către valori mai mici, indicatoare de condiții nefavorabile turismului. În spațiul carpatic propriu-zis (Vatra Dornei) asistăm la o concentrare a ponderii rangurilor TCI în domeniul valorilor mijlocii. Aceste aspecte sunt explicabile prin existența unor condiții climatice specifice ariilor carpatice, marcate de variații mai atenuate ale elementelor climatice, comparativ cu teritoriile extracarpatiche, în care variabilitatea climatică este considerabil mai pronunțată.

4. 2 Frecvențele valorilor lunare ale TCI scores. Procedând la analiza evoluției anuale a valorilor și rangurilor TCI în locațiile incluse analizei, putem remarca fără echivoc că din noiembrie până în martie stările medii de vreme nu sunt foarte permissive practicării turismului, dar intervalul mai-septembrie nu ridică restricții meteo-climatice activităților din domeniul vizat. Octombrie și aprilie sunt luni de tranziție, cu condiții de vreme acceptabile practicării turismului, dar cu evoluții contrastante ale rangului TCI de la un an la altul (Fig. 6).

100% 0.14-0.31	TCI SCORE (1961-2015)	VATRA DORNEI	SLANIC MOLDOVA & TG. O	BALTATESTI	NICOLINA
90-100	JANUATY	UNFAVOURABLE			
80-90	FEBRUARY	MARGINAL			UNFAVOURABLE
70-80	MARCH	MARGINAL	ACCEPTABLE	MARGINAL	
60-70	APRIL	ACCEPTABLE	GOOD	ACCEPTABLE	
50-60	MAY	GOOD	VERY GOOD		GOOD
40-50	JUNE	VERY GOOD	EXCELLENT	VERY GOOD	
30-40	JULY	VERY GOOD	EXCELLENT		VERY GOOD
20-30	AUGUST	VERY GOOD			
10-20	SEPTEMBER	GOOD	VERY GOOD	GOOD	
0-10	OCTOBER	ACCEPTABLE			
	NOVEMBER	MARGINAL			
	DECEMBER	UNFAVOURABLE	MARGINAL	UNFAVOURABLE	

Fig. 6 Evoluția anuală a TCI scores și reflexul lor asupra activităților turistice în stațiunile balneoclimatice din Moldova (1961 - 2015)

Analiza poate fi nuanțată dacă ar fi realizată, spre exemplu, pentru alte tipuri de turism decât cel balneoclimatic, cum ar fi cel sportiv. TCI, cu toată complexitatea și cuprinderea sa, prezintă o serie de limitări comparativ cu schemele climato-turistice utilizate de foarte mulți specialiști (Kovács et al. 2015; Matzarakis 2014 etc.) și în care apar și alte elemente sau parametri climatici cum ar fi stratul de zăpadă. Pentru Vatra Dornei, stațiune cu un profil turistic complex, din care se detașează turismul balneoclimatic și sportiv, condițiile nefavorabile și puțin acceptabile pentru turismul balneoclimatic din intervalul noiembrie-martie sunt ideale pentru turismul sportiv (sanie, patinaj, schi – la Vatra Dornei există cinci pârtii). De fapt, în acest interval la Vatra Dornei cel mai mult nu au de suferit procedurile balneare propriu – zise (derulate în interiorul bazelor de tratament), ci mai ales cele climato-terapeutice adiacente (derulate în atmosfera liberă), care se desfășoară în schimb fără restricții importante în sezonul cald al anului. Stațiunile Slănic Moldova (care dispune de pârtie de schi puțin promovată, cunoscută și utilizată), Târgu Ocna, Băltătești și Nicolina (în apropierea căreia se află pârtia Sărărie utilizată mai mult de localnicii din municipiul Iași) sunt axate mai ales pe procedurile balneare, practicate în incintele bazelor de tratament și, de aceea, impactul condițiilor climatice se răsfrânge negativ în perioada de iarnă și a unor luni din anotimpurile de tranziție mai ales asupra curelor climato-terapeutice (cura de teren, gimnastica în aer liber etc.) desfășurate în aer liber.

4. 3. *Frecvențele valorilor decadaale ale TCI scores.* În decursul unui an, la nivel decadal, situația se prezintă mai complex, condițiile climatice fiind mai puțin favorizante pentru turism începând cu decada a III-a – luna octombrie și până în decada a III-a a lunii martie (Fig. 7). Din aprilie până în a II-a decadă a lunii octombrie practicarea turismului în Moldova nu este condiționată semnificativ și în sens negativ de evoluțiile medii ale stărilor de vreme. Tranziția de la condiții climatice nefavorabile la condiții favorabile turismului primăvara și invers toamna nu se realizează în cele cinci locații în același timp, existând în acest sens o serie de diferențe.

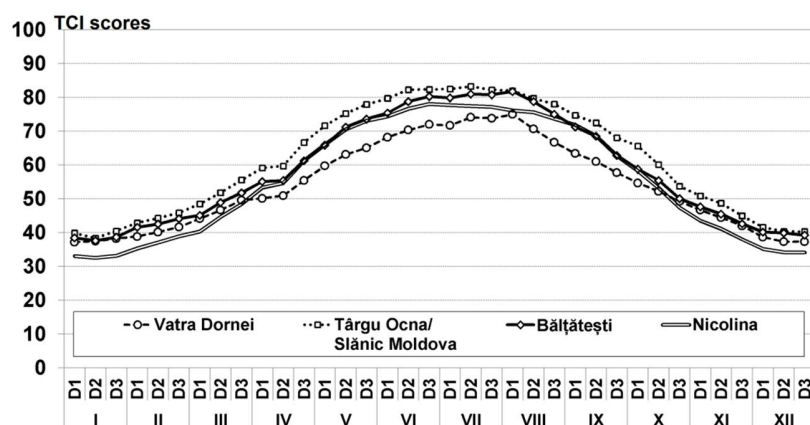


Fig. 7 Evoluția interdecadală a TCI scores în stațiunile balneoclimatice din Moldova (1961 – 2015)

Din Fig. 7 mai putem remarca că în mai toate decadele și lunile din an la Slănic Moldova și la Târgu Ocna scorurile TCI sunt cele mai mari. Urmează în ordinea scorurilor TCI stațiunea Băltătești. Pe parcursul sezonului cald (aprilie – octombrie), la Vatra Dornei, scorurile TCI sunt cele mai reduse, iar pe parcursul sezonului rece (octombrie – martie) cele mai neprielnice condiții climatice pentru turism sunt specifice stațiunii balneoclimatice Nicolina.

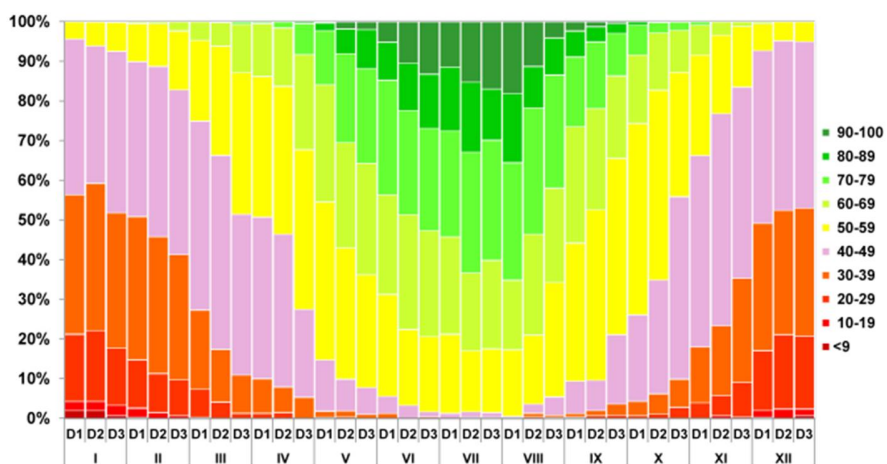
Menținând analiza pe același nivel (decadic) și apelând la Fig 8 care redă sugestiv evoluția anuală detaliată a raporturilor dintre condițiile climatice și activitățile din turism putem remarca mai multe aspecte din care evidențiem câteva. Valorile TCI ating și se mențin timp de șase decade valori care indică pentru stațiunile Slănic Moldova și Târgu Ocna existența unor condiții „excelente” pentru turism (la Băltătești astfel de condiții se mențin doar 4 decade din an și nu apar în nici o decadă la Vatra Dornei și Nicolina).

TCI SCORE (1961-2015)		VATRA DORNEI		SLANIC MOLDOVA & TG. O		BALTATESTI		NICOLINA	
JANUARY	D1	UNFAVOURABLE							
	D2	UNFAVOURABLE							
	D3	UNFAVOURABLE		MARGINAL		UNFAVOURABLE			
FEBRUARY	D1	UNFAVOURABLE		MARGINAL				UNFAVOURABLE	
	D2	MARGINAL						UNFAVOURABLE	
	D3	MARGINAL						UNFAVOURABLE	
MARCH	D1	MARGINAL							
	D2	MARGINAL		ACCEPTABLE		MARGINAL			
	D3	MARGINAL		ACCEPTABLE		MARGINAL			
APRIL	D1	ACCEPTABLE							
	D2	ACCEPTABLE							
	D3	ACCEPTABLE		GOOD					
MAY	D1	ACCEPTABLE		VERY GOOD		GOOD			
	D2	GOOD		VERY GOOD					
	D3	GOOD		VERY GOOD					
JUNE	D1	GOOD		VERY GOOD					
	D2	GOOD		EXCELLENT		VERY GOOD			
	D3	VERY GOOD		EXCELLENT		VERY GOOD			
JULY	D1	VERY GOOD		EXCELLENT		VERY GOOD			
	D2	VERY GOOD		EXCELLENT		VERY GOOD			
	D3	VERY GOOD		EXCELLENT		VERY GOOD			
AUGUST	D1	VERY GOOD		EXCELLENT		VERY GOOD			
	D2	GOOD		VERY GOOD					
	D3	GOOD		VERY GOOD					
SEPTEMBER	D1	GOOD		VERY GOOD					
	D2	GOOD		VERY GOOD		GOOD			
	D3	ACCEPTABLE		GOOD					
OCTOBER	D1	ACCEPTABLE		GOOD		ACCEPTABLE			
	D2	ACCEPTABLE		GOOD		ACCEPTABLE			
	D3	MARGINAL		ACCEPTABLE		MARGINAL			
NOVEMBER	D1	MARGINAL		ACCEPTABLE		MARGINAL			
	D2	MARGINAL						UNFAVOURABLE	
	D3	MARGINAL						UNFAVOURABLE	
DECEMBER	D1	UNFAVOURABLE		MARGINAL		UNFAVOURABLE			
	D2	UNFAVOURABLE		MARGINAL		UNFAVOURABLE			
	D3	UNFAVOURABLE		MARGINAL		UNFAVOURABLE			

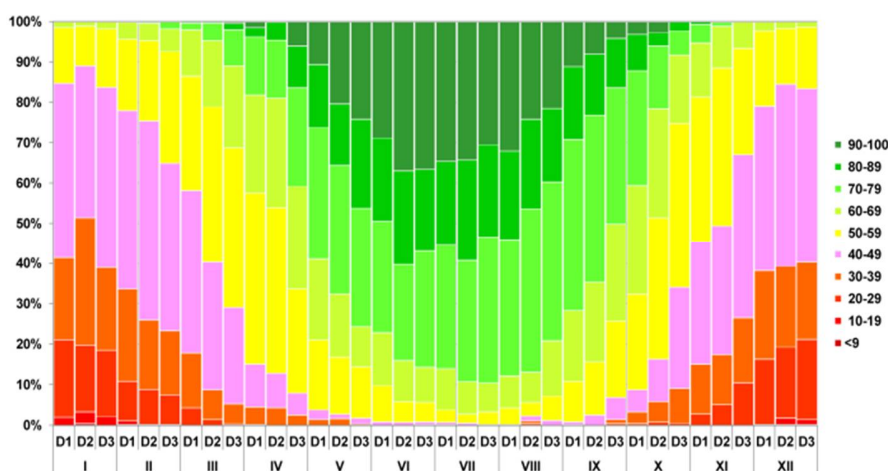
Fig. 8 Evoluția interdecadală a TCI scores și impactul lor asupra activităților turistice în stațiunile balneoclimatice din Moldova (1961-2015)

Din decada 1 (D1) a lunii mai până în D2 a lunii septembrie la Slănic Moldova și Târgu Ocna condițiile climatice nu ridică restricții pentru turism (fiind „foarte bune” și „excelente”); aceste condiții își restrâng cadrul temporal de manifestare între D2 a lunii mai și D1 a lunii septembrie la Băltătești și Nicolina și între D3 a lunii iunie - D1 a lunii august la Vatra Dornei. Valorile ale TCI incluse în intervalul de „nefavorabilitate” se mențin în doar două decade la Slănic Moldova și Târgu Ocna, cinci decade la Băltătești, ajungând să dureze șapte decade la Vatra Dornei și zece decade la Nicolina. În extenso, condiții restrictive pentru turism („nefavorabile” și „puțin acceptabile”) durează între 16 decade la Vatra Dornei și 12 decade la Slănic Moldova și Târgu Ocna. Între cele două mari categorii de condiții (restrictive: care grupează decadele „nefavorabile” și „puțin acceptabile” și nerestictive: care grupează decadele „excelente” și „foarte bune”), în intervalele cuprinse între D2 martie – D1 mai și D2 august – D1 noiembrie se interpune o categorie de mijloc cu decade în care raporturile climat – turism sunt „acceptabile” și „bune”.

Matricea simplificată a relațiilor complexe (adeseori duale sau controversate) dintre climat și turism, redată în Fig. 8 este ușor de citit și interpretat de către oricine, datorită codului de culori propus. Fragmentarea anului pe decade s-a făcut și din rațiuni utilitare, de planing a sejururilor, știind că acestea de regulă se întind pe perioade a câte zece zile.



a. Vatra Dornei



b. Slănic Moldova și Târgu Ocna

Fig. 9 Frecvența pe luni și decade (%) a numărului de zile cu diferite valori ale TCI în stațiunile balneoclimatice Vatra Dornei, Slănic Moldova și Târgu Ocna (1961 – 2015)

O imagine și mai detaliată asupra frecvenței pe decade a zilelor cu diferite valori ale scorurilor TCI, este redată în Fig. 9a-d. Se observă cum în timpul lunilor iernii la nivel de decade dominante sunt zilele catalogate conform TCI scores de la „puțin acceptabile” la „imposibile”. În timpul verii conform TCI scores zilele sunt de la „acceptabile” la „ideale”. În anotimpurile de tranziție majoritatea zilelor se încadrează între „nefavorabile” și „bune” înregistrându-se cu frecvență din ce în ce mai ridicată spre limitele acestor anotimpuri și zile „foarte nefavorabile” sau „foarte bune”. Fig. 9a-d întregesc Fig. 8 arătând turiștilor adevărata „față” a climatului unor locații, punându-i în gardă cu privire la faptul că, există un anumit grad de probabilitate ca pe timpul sejurului lor să se înregistreze și zile cu vreme mai puțin dezirabilă. Această realitate vine adeseori în contrast cu ceea ce agențiile de turism promovează ca „image climatică” a unui anumit loc. De multe ori această imagine este idealizată, realitatea climatică fiind „cosmetizată” cu bună știință din dorința obținerii unor beneficii economice.

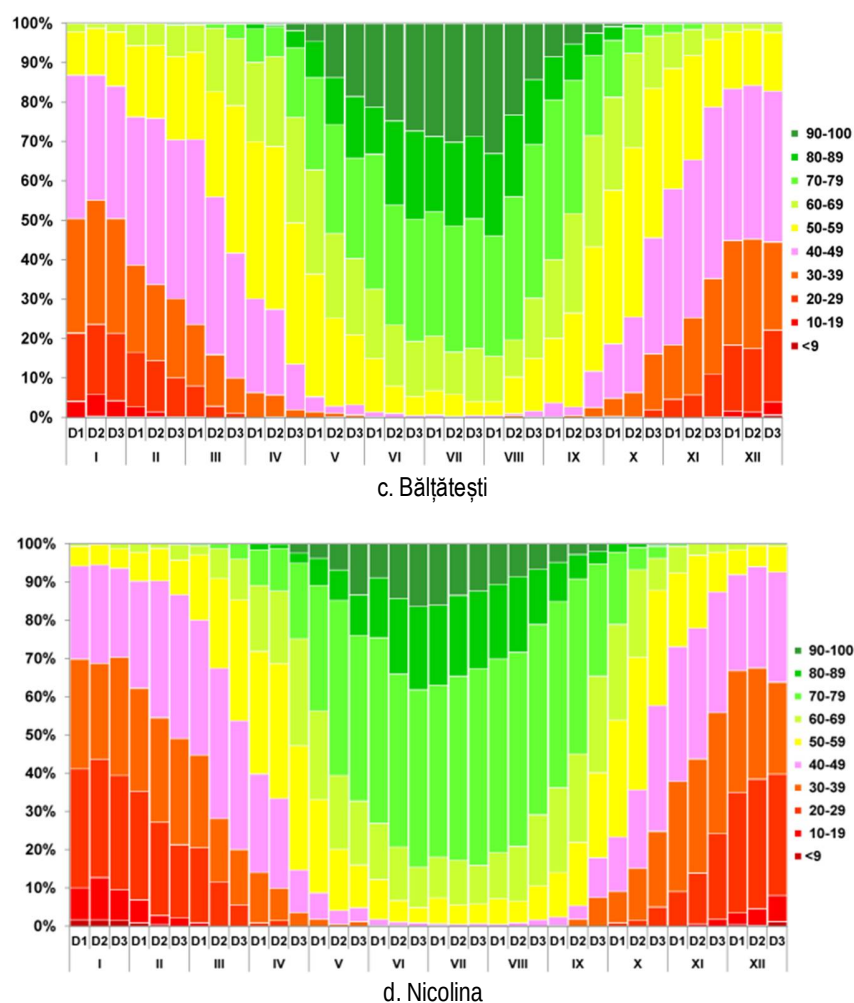
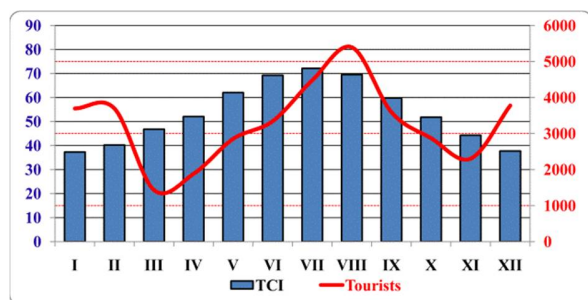


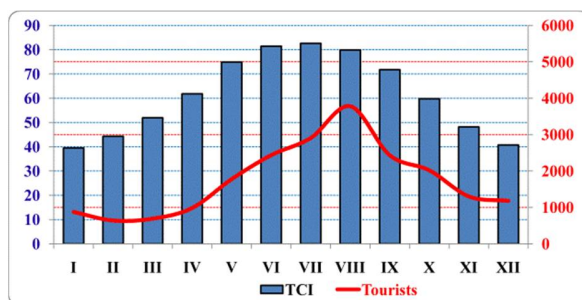
Fig. 9 Frecvența pe luni și decade (%) a numărului de zile cu diferite valori ale TCI în stațiunile balneoclimatice Băltătești și Nicolina (1961 – 2015)

4. 4. *Corelații între valorile lunare ale TCI scores și numărul de turiști.* Analizând mersul anual al numărului mediu de turiști sosiți în fiecare lună și cele ale TCI scores (Fig. 10a-e) vom observa că cea mai bună

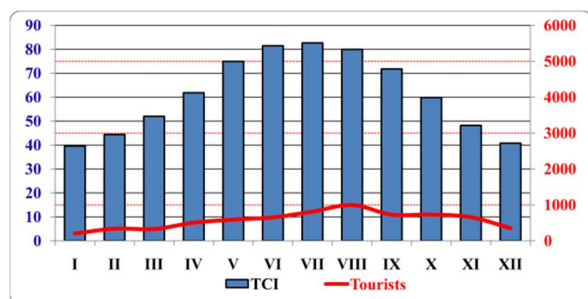
corespondență dintre aceste două variabile se configurează pentru stațiunea Slănic Moldova (Fig. 10b). Această corespondență nu este perfectă, deoarece fluxul turistic către această stațiune, pe lângă condiționarea de vreme este influențat și de perioadele în care grupuri semnificative de turiști își programează din anumite rațiuni concediile (acest aspect fiind evident pentru luna august, mai puțin septembrie). În bună parte, cele remarcate anterior pentru stațiunea Slănic Moldova este valabil și pentru stațiunea Vatra Domei (Fig. 10a), numai că, în cazul ultimei, mai apare un vârf secundar al numărului de turiști, corespunzător lunilor decembrie-februarie, luni ale vacanței de iarnă și ale sporturilor de iarnă. Între cele două vârfuri la Vatra Domei se interpun două intervale cu minime ale numărului de turiști sosiți, care corespund sfârșitului sezonului sporturilor de iarnă (martie-aprilie) și sezonului balneoclimatic (octombrie-noiembrie).



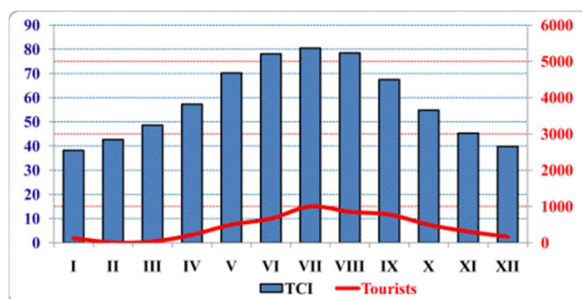
a. VatraDomei



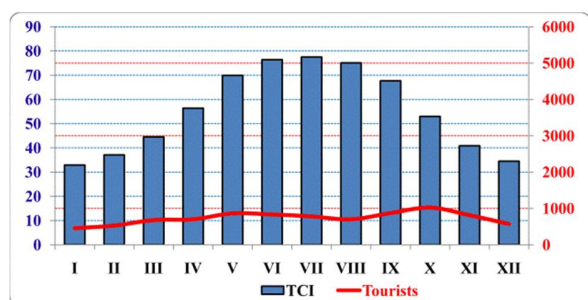
b. Slănic Moldova



c. TârguOcna



d. Băltăcești



e. Nicolina

Fig. 10 Corelațiile dintre valorile medii lunare ale TCI (1961 – 2015) și numărul mediu lunar de turiști sosiți în stațiunile turistice balneoclimatice (2010 – 2015)

O oarecare corespondență dintre TCI scores și numărul de turiști sosiți se poate observa și în cadrul celorlalte trei stațiuni (Fig. 10c – 10e). Însă, din cauza faptului că turiștii ajunși în aceste trei stațiuni utilizează cu precădere incintele salinei, ale bazelor de tratament și mai puțin valențele climatoterapeutice ale celor trei locații, fluxurile turistice prezintă o mai mare independență față de factorul climatic propriu-zis, reprezentat prin TCI scores.

5. Concluzii

Valorile medii multianuale ale TCI scores ne arată că, pe ansamblu, cele mai bune condiții pentru practicarea turismului balneoclimatic și a activităților turistice în aer liber din Moldova sunt întrunite la contactul dintre Carpați și Subcarpați (la Slănic Moldova și la Țirgu Ocna valorile medii multianuale ale TCI sunt egale cu 61,4 %), apoi în Subcarpați (la Bălățești valorile medii anuale ale TCI sunt de 58,5 %). Valorile anuale medii ale TCI indică condiții climatice puțin mai restrictive pentru practicarea turismului balneoclimatic și a activităților turistice în aer liber la Nicolina (TCI – 55,5 %) și la Vatra Dornei (TCI – 54,0 %) din cauza fie a excesivității climatului cu călduri mari vara și geruri accentuate iarna - Nicolina, fie a sezonului rece prelungit cu frecvente inversiuni termice sau a unui sezon cald mai răcoros - Vatra Dornei.

Foarte importantă pentru turiștii interni, dar mai ales externi este cunoașterea evoluțiilor interdecadale de pe parcursul unui an a valorilor TCI redată sugestiv printr-o paletă de culori foarte intuitivă. Citind diagramele climato-turistice puse la dispoziție, vom observa în cazul opțiunii pentru un sejur destinat odihnei și tratamentului în stațiunile Slănic Moldova și Țirgu Ocna că în locațiile în cauză vom beneficia de condiții de vreme bune, foarte bune și excelente din D3 a lunii aprilie până în D2 a lunii octombrie. La Bălățești turiștii angrenați în turismul de sănătate și recreere vor beneficia de condiții de vreme bune, foarte bune și excelente din D3 aprilie până în D3 septembrie, iar la Nicolina de condiții de vreme bune și foarte bune din D3 aprilie până în D3 septembrie. La Vatra Dornei condițiile de vreme bună și foarte bună pentru practicarea turismului de sănătate și a activităților turistice în aer liber se manifestă din D2 a lunii mai până în D2 a lunii septembrie.

Diagramele climato-turistice completate de diagramele frecvențelor lunare și decadale ale numărului de zile cu diferite scoruri sau ranguri ale TCI sunt foarte utile și managerilor turismului balneoclimatic și de odihnă/recreere din cele cinci locații, mai ales atunci când se pune problema investițiilor în infrastructură, ținându-se cont și de corijarea anumitor restricții sau neajunsuri climatice. De asemenea responsabilii sau operatorii din turism pot manageria mai eficient programul activităților turistice, iar bazele de cazare și tratament se pot adapta mai bine pe partea de infrastructură, amenajări și program de lucru contextului evoluțiilor meteo-climatice din decurs de un an.

Toate aceste probleme de interconexiune dintre condițiile meteo-climatice și turismul balneoclimatic și respectiv cel desfășurat în aer liber, odată cunoscute, abordate și rezolvate vor contribui la prelungirea sezoanelor turistice, la găsirea unor soluții alternative acceptabile pentru intervalele nefavorabile turismului din punct de vedere climatic, la valorificarea la maxim a capacităților de cazare existente și la oferirea turiștilor a unor servicii de o calitate superioară.

Bibliografie

- Abegg B (1996) Klimaänderung und Tourismus, Schlussbericht NFP 31, vdf Hochschulverlag AG an der ETH: Zürich
- Amelung B, Moreno A (2012) Costing the impact of climate change on tourism in Europe: results of the PESETA project. Climatic Change, May 2012, Volume 112, Issue 1, pp 83 - 100
- Amelung B, Viner D (2006) Mediterranean tourism: Exploring the Future with the Tourism Climate Index. Journal of Sustainable Tourism, 14 (4), pp 349 - 366
- Amiranashvili Avtandil G, Chargazia Khatuna Z, Matzarakis A (2014) Comparative Characteristics of the Tourism Climate Index in the South Caucasus Countries Capitals (Baku, Tbilisi, Yerevan), Journal of the Georgian Geophysical Society Issue (B). Physics of Atmosphere, Ocean, and Space Plasma, v.17b, pp 14 - 25
- Boniface B, Cooper C (2009) Worldwide Destinations: The Geography of Tourism, Elsevier Butterworth Heinemann, Oxford
- Cengiz T, Akbulak C, Caliskan V, Kelkit A (2008) Climate Comfortable for Tourism: A Case Study of Canakkale. BALWOIS 2008, Macedonia, pp 1 - 9
- Curtis S, Long P, Arrigo J (2011) Climate, Weather and Tourism: Issues and Opportunities. American Meteorological Society, Meeting Summaries, Greenville, North Carolina

- Fang Yan, Yin Jie (2015) National Assessment of Climate Resources for Tourism Seasonality in China Using the Tourism Climate Index. *Atmosphere* 2015, 6; doi:10.3390/atmos6020183, pp 183 - 194
- Gandomkar A (2010) Estimation and analysis of the Tourism Climate Indicator in the city of Semirom Using TCI. *Geography Quarterly*, Issue 8
- Gomez Martin MB (2005) Weather, climate and tourism. *Annals of Tourism Research* 32 (3), pp.571-591
- Hamilton JM, Tol RSJ (2007) The Impact of Climate Change on Tourism in Germany, the UK and Ireland: a simulation study. *Reg. Environ Change*, 7, DOI 10.1007/s10113-007-0036-2, pp 161 - 72
- Joksimović M, Gajić M, Golić R (2013) Tourism Climatic Index in the valorisation of climate in tourist centers of Montenegro. *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, Tome XCIII - No 1, DOI: 10.2298/GSGD1301015J
- Kovacs A, and Kantor N, Egerhazi LA (2014) Assessment of thermal sensation of residents in the Southern Great Plain, Hungary. In: Pandi G, Moldovan F, (eds) *Air and Water Components of The Environment*. Babeş-Bolyai University, Cluj-Napoca, Romania, pp 354 - 361
- Kovacs A, Unger J (2014) Analysis of tourism climatic conditions in Hungary considering the subjective thermal sensation characteristics of the South-Hungarian residents. *Acta Climatologica et Chorologica, Universitatis Szegediensis*, Tomus pp 47-48: 77-84
- Kovács A, Unger J, Gál CV, Kántor N (2015) Adjustment of the thermal component of two tourism climatological assessment tools using thermal perception and preference surveys from Hungary. *TheorApplClimatol*, DOI 10.1007/s00704-015-1488-9
- Matzarakis A (2006) Weather-and Climate-Related Information for Tourism. *Tourism and Hospitality Planning and Development*, 3 (2): 99 - 115
- Matzarakis A (2010) Temporal and spatial dimension of adaptation possibilities at regional and local scale. In: C. Schott (ed) *Tourism and the implications of Climate Change. Issues and Actions*, Emerald Group Publishing, Bridging Tourism Theory and Practice 3: 237 - 259
- Matzarakis A (2014) Transfer of climate data for tourism applications-the climate-tourism/transfer-information-scheme. *Sustain Environ Res* 24: 273 - 280
- Matzarakis A, Freitas C., Scott D (2004) *Advances in Tourism Climatology*. Berichte des Meteorologischen, Institutes der Universität Freiburg No.12
- Maureen AD, Jean PP (2001) Climate impacts on the demand for tourism. *Proceedings of the First International Workshop on Climate, Tourism and Recreation, Halkidiki, Greece*, Edited by A. Matzarakis and C. R. de Freitas, pp 41 - 50
- Mieczkowski Z (1985) The tourism climatic index: a method of evaluating world climates for tourism. *The Canadian Geographer*, 29: 220 - 33
- Mihăilă D (2014) *Atmosfera terestră. Elemente de favorabilitate si nefavorabilitate pentru organismul uman si activitatile turistice*. Editura Sedcomlibris Iași, 228 pp.
- Morgan R, Gatell E, Junyet R, Micallet A, Scott D, Johnes B, Mac Boyle G (2004) *Climate, Tourism and Recreation: bibliography*. University of Waterloo, World Tourist, pp 183 - 208
- Perry A (1997) Recreation and Tourism. In: Thompson RD, Perry AH (eds), *Applied climatology* Routledge, London, pp 240 - 248
- Perry A (2001) More heat and drought - Can mediterranean tourism survive and prosper?. *Proceedings of the First International Workshop on Climate, Tourism and Recreation, Halkidiki, Greece*, Edited by A. Matzarakis and C. R. de Freitas, pp 35 - 40
- Ramezani BG, Palic M (2012) Recognition of monthly human bioclimatic comfort with tourism climate index in Ramsar, South-West of Caspian Sea, Iran. *AGD Landscape & Environment* 6 (1) pp 1 - 14
- Sabine L, Perch N, Amelung B, Knutti R (2010) Future climate resources for tourism in Europe based on the daily Tourism Climatic Index. *Climatic Change* 103, DOI 10.1007/s10584-009-9772-2, pp 363 - 381
- Scott D, McBoyle G (2001) Using a tourism climate index to examine the implications of climate change for climate as a tourism resource. *First International Workshop on Climate, Tourism and Recreation, Halkidiki, Greece*, pp 69 - 88
- Scott D, McBoyle G, Schwartzentruber M (2004) Climate Change and the Distribution of Climatic Resources for Tourism in North America. *Climate Research* 7, pp 105 - 117
- Scott D, McBoyle G, Schwartzentruber M (2004) Climate change and the distribution of climate resources for tourism in North America. *Climate Research*, 27, pp 105 - 117
- Smith K (1993) The influence of weather and climate on recreation and tourism. *Weather* 48, pp 398 - 404
- Teodoreanu E, Gaceu O (2013) *Turismul baneoclimatic în România*. Edit. Universităţii din Oradea, 228 pp.

Un ultim studiu finalizat care urmează să fie trimis spre evaluare la o revistă cu tematică climatică de prestigiu are ca temă: *Evaluarea potențialului climatic pentru turism. Studiu de caz: Regiunea de dezvoltare Nord-Est a României*

Autorii studiului: Dumitru Mihăilă, Petruț-Ionel Bistricean, Andrei-Emil Briciu

Rezumat. Pentru Regiunea de Nord-Est din România turismul balneoclimatic poate constitui un motor de dezvoltare. Acestui tip de turism i se adaugă alte multiple forme sau tipuri de turism, împreună condiționate într-o măsură mai mare sau mai mică de particularitățile regionale ale climatului și bioclimatului. Pentru a cunoaște mai bine condiționările climatice în plan turistic din această regiune am selectat cinci stațiuni balneoclimatice reprezentative care sunt amplasate în trei etaje bioclimatice diferite: tonic-stimulant (Vatra Domei), sedativ indiferent sau de cruțare (Slănic Moldova, Târgu Ocna și Băltățești) și excitant-solicitant (Nicolina). Această amplasare în condiții bioclimatice diferite ne-a permis o bună analiză comparativă a deosebirilor și asemănarilor dintre ele. Pentru cele cinci stațiuni am dispus de o bază de date orară pentru intervalul 1 ianuarie 1961 – 31 decembrie 2015 din care am construit baza de date zilnică pentru toate elementele și parametrii necesari în calculul indicelui temperaturii echivalent fiziologice pe baza modelului RayMan, a reprezentărilor aferente acestuia și a schemelor climato-turistice. Temperatura echivalent fiziologică și schemele climato-turistice ne-au permis identificarea celor mai bune perioade din an pentru practicarea procedurilor balneare, climatoterapeutice adiacente primelor sau de sine stătătoare, sau unei game variate de activități relaxante sau de agrement derulate în aer liber. În finalul studiului au fost identificate și analizate trendurile serilor de date anuale ale PET pentru intervalul 1961 -2015 și pe subintervalele 1961-1980 respectiv 1981 – 2015 din care am putut desprinde un set de concluzii care conturează o serie de modificări care vor interveni în relația dintre climat și turism în această regiune în intervalul de timp următor, dacă trendul evoluțiilor indicelui temperaturii echivalent fiziologice din ultimii ani se păstrează.

1. Introducere

Interacțiunea dintre climat și activitățile turistice este una complexă, ducând la dezvoltarea unei ramuri aplicate a climatologiei cunoscută sub denumirea de climatologia turismului, în cadrul căreia un loc aparte îi revine relațiilor de condiționare dintre atmosferă și om analizată prin intermediul biometeorologiei umane (Matzarakis 2006, 2010).

Pentru cei implicați în industria turismului (turiști, organizatori ai activităților turistice, agenții de turism, planificatori, investitori) informațiile climatice și meteorologice sunt vitale. Ele provin din studii validate, din cărți, ghiduri turistice, internet, materiale de promovare sau de la serviciile meteorologice responsabile cu monitoringul și prognoza meteorologică (Matzarakis 2006).

În luarea deciziilor cu privire la locurile care vor fi vizitate turiștii țin cont de regulă de poziția geografică și distanță, de relief, peisaj, vegetație, faună, accesibilitatea financiară, particularitățile socio-economice și politice ale teritoriilor ce urmează a fi vizitate, condițiile meteorologice și climatice jucând cel mai adesea rolul de factori suplimentari în aceste alegeri (Abegg 1996). Realitatea și experiența căpătată în timp arată că pentru multe destinații turistice clima a devenit o resursă naturală de care se ține cont din ce în ce mai mult în industria de profil.

Clima a devenit o resursă cheie pentru multe tipuri de turism, iar factorii și elementele sale pot fi măsurate și evaluate. Acești factori determină atractivitatea unei regiuni jucând un rol important în limitarea sau amplificarea potențialului turistic (De Freitas 2001, 2003; Matzarakis 2006).

Pentru turismul de sănătate și cel de recreere clima și condițiile de vreme sunt resurse turistice importante. Afectează în egală măsură atât oamenii cât și turiștii în timpul activităților lor și de aceea este necesară examinarea condițiilor bioclimatice, clasificarea și evaluarea lor (Matzarakis 2006, 2010).

În această acțiune au fost identificate trei probleme. Prima este legată de utilizarea unui indice climatic adecvat pentru turism. A doua problemă este indusă de modul subiectiv în care omul/turistul percepe schimbările termice cu atmosfera și de transpunere a acestor percepții într-un indice relevant, cuprinzător și acceptat ca atare prin rezultatele furnizate. A treia se leagă de relațiile multivalente stabilite între fluxurile turistice și potențialul climato-

turistic al destinațiilor de călătorie, relații care se vor a fi încadrate într-un tipar matematic cât mai cuprinzător, dar în același timp ușor de înțeles și de operat. Clarificarea acestor trei aspecte va produce informații climatice importante pentru turiști și autoritățile de turism (Lin și Matzarakis 2008; Zaninovic și Matzarakis 2009; Matzarakis 2010; Matzarakis și Nastos 2011).

Mai mulți indici au fost concepuți și propuși în ultimii 45 de ani pentru a evalua favorabilitatea / nefavorabilitatea climei pentru activitățile din turism (Morgan et al. 2000; Maddison 2001; Lise și Tol 2002; Gomez 2004; Hamilton și Lau 2005; De Freitas și colab. 2008; Lin și Matzarakis 2008; Zaninovic și Matzarakis 2009). O analiză cuprinzătoare și o clasificare a tuturor indicilor disponibili a fost efectuată de Abegg (1996) și Matzarakis (2006).

Cel mai cunoscut și aplicat indice este Tourism Climate Index (TCI) propus Mieczkowski (1985), care combină cinci elemente climatice (temperatură, umiditate, nebulozitate, durată de strălucire a Soarelui și precipitații) pentru care se calculează șapte parametri. În prezent TCI are o aplicație pe scară largă și este validat la nivel mondial. TCI oferă o evaluare cantitativă a climei mondiale.

Totuși, TCI neglijează temo-fiziologia umană, confortul și disconfortul uman, factori importanți pentru turiști și gradul lor de satisfacție în timpul vacanțelor (Matzarakis 2006). De aceea au fost concepute și propuse mai multe metode pentru calcularea confortului termic bazat pe echilibrul energetic uman (Fanger 1972; VDI 1998; Matzarakis 2006). Este vorba de indicele physiologically equivalent temperature (PET) care a fost aplicat în foarte multe țări, regiuni sau localități pentru evaluarea confortului termic uman. Dintre studiile pe baza acestui indice pentru diverse entități naturale sau administrative din jurul României putem aminti pe cele aparținând Basarin et al. 2014 (pentru regiunea Voievodina din Serbia), Németh et al. 2007, Németh 2013, Vitt et al. 2015, Kovács et al. 2015 (pentru regiuni, localități sau întregul teritoriu al Ungariei), Matzarakis și Nastos 2011, Matzarakis 2014, Nastos et al. 2016 (pentru localități și insule din Grecia), Katerusha și Matzarakis 2015 (pentru Odessa din Ucraina), Çalişkan et al. 2012 (pentru Bursa din Turcia), Matzarakis et al. 2012 (pentru o serie de stațiuni din Alpii austrieci).

O altă evoluție recentă în domeniul climatologiei turismului este Climate-Tourism-Information-Scheme (CTIS) (Matzarakis 2007; Lin și Matzarakis 2008; Zaninovic și Matzarakis 2009), care redă la rezoluție temporală de o lună sau de zece zile informații climatice și bioclimatice în scopuri turistice (Lin și Matzarakis 2008), bazate pe pragurile relevante și validate ale unor indici bioclimatici sau elemente climatice cu importanță și impact real în turism și pe frecvența acestora de producere.

Avantajul acestor scheme constă în aceea că pot fi adaptate la diferite tipuri de activități turistice și că oferă o reprezentare clară a parametrilor care combină cele trei fațete (termică, fizică și estetică) ale climatului în raport cu activitățile din domeniul turismului (De Freitas 2003).

Din cauza acestor avantaje, CTIS a fost aplicat la nivel mondial pentru destinații de coastă, urbane sau montane și în diferite condiții climatice ca de exemplu, în Grecia (Creta – Matzarakis 2007; Tesalonik – Matzarakis 2014), Taiwan (Lin and Matzarakis 2008), Croația (Zaninovic and Matzarakis 2009; Brosy et al. 2014), Australia (Shiue și Matzarakis 2011), Turcia (Caliskan et al. 2012), Iran (Farajzadeh și Matzarakis 2012), Elveția (Matzarakis și colab. 2012), Austria (Matzarakis et al. 2012), Ucraina (Katerusha și Matzarakis 2015) și Luxemburg (Matzarakis et al. 2013).

Conform Comitetului Interguvernamental privind schimbările climatice (I.P.C.C. 2007), temperatura medie anuală a aerului în Europa, este probabil să crească mai mult decât media la nivel mondial în viitor. Schimbările climatice vor afecta turismul, mediul și societatea (I.P.C.C. 2007; Scott 2011). Unele regiuni vor deveni destinații turistice mai atractive în detrimentul altora (Abegg 1996, Perry 2000, 2001). Adaptarea la noile realități climatice este importantă nu doar pentru turiști, ci pentru toți cei implicați în această ramură economică (Scott et al. 2009).

2. Material și metode

2.1. Aria de studiu

Regiunea de Nord-Est este localizată în nord-estul României, învecinându-se în nord cu Ucraina, în est cu Republica Moldova, în vest cu Regiunea Nord-Vest și Regiunea Centru, iar în sud cu Regiunea de Sud-Est (Fig. 1). Potrivit statisticilor Eurostat din martie 2016 Regiunea de Nord-Est se număra printre cele mai sărace cinci regiuni de dezvoltare din Europa cu un nivel al PIB-ului pe cap de locuitor de 34,4 % din cel mediu al Europei. Tot în această statistică, luând același indicator economic, Regiunea de Nord-Est a României este cea mai săracă regiune de dezvoltare din cele opt regiuni de dezvoltare ale României (Eurostat Statistics Explained 2016).

Suprafață totală a Regiunii de Nord-Est este de 36850 km² iar populația la data de 1 iulie 2015 era de 3915607 (Romanian Statistical Yearbook 2015). Oferta de cazare turistică în anul 2015 era de 28184 locuri iar capacitatea de cazare turistică în funcțiune de 8 088 607 locuri/zile. În 2015 în această regiune numărul de sosiri turistice a fost de 939475 iar cel al înnopțărilor de 1934306 (Romanian Tourism Statistical Abstract 2016).

Atracțiile turistice din Regiunea de Nord-Est sunt numeroase și reprezentative.

Reprezentative și atractive în plan turistic sunt o serie de parcuri naționale (Ceahlău - 7742,5 ha, Călimani - 24041 ha, Cheile Bicazului –Hașmaș - 6575 ha, Vânători - Neamț - 30818 ha) sau grădini botanice (Grădina Botanică din Iași cu peste 100 ha). Turiștii pot vizita mai multe arii protejate (Lacul Bâta Doamnei, Lacul Izvoru Muntelui, Lacul Negru, Lacul Poiana Uzului, Parcul Național Cheile Bicazului), parcuri și rezervații naturale mixte (Ineu – Lala, 2568 ha), geologice (Piatra Țibăului, Cheile Bicazului, Peștera Munticelu, Rezervația Cheile Sugăului, Rarău-Giumalău, Pojorâta, Zugreni, Peștera Toșorog, Stânca Costești, Dealul Repedea, Nușasca – Ruseni), forestiere (Runc-Racova, Pârâul Alb, Tudora, Codrii de Aramă, Slătioara, Lunca Zamostea, Bălteni, Bădeana, Seaca Movileni), floristice (Ponoare, Valea Lungă) și faunistice (Rezervația de zimbri Vânători). Regiunea este renumită prin numărul mare de lacuri și iazuri (amplasate în estul regiunii în județele Botoșani, Iași și Vaslui), bogate în pește și care atrag numeroși turiști pe cont propriu, neexistând deocamdată oferte de excursii special organizate pentru pescuit. Peisaje deosebite (Cascada Duruitoarea, Valea Uzului, Poiana Teiului, Pasul Mesteacăniș, Pasul Ciurmâna, Defileul Bistriței, Valea Tarcăului, Valea Bistriței Aunii, Valea superioară a Sucevei etc) atrag numeroși turiști.

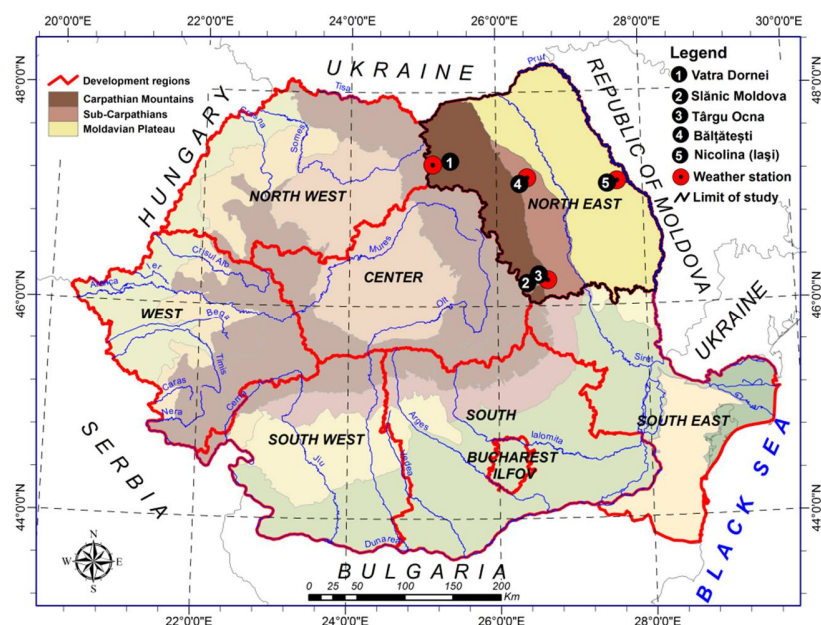


Fig. 1 Aria de studiu (localizare, vecini, amplasarea stațiunilor balneoclimatice și a stațiilor meteorologice)

La acestea se adaugă numeroase cetăți, castele, case memoriale, muzee, manifestări artistice consacrate, festivaluri etc. care contribuie la creșterea potențialului turistic al regiunii cercetate. Obiective de un real interes turistic îl constituie mănăstirile aflate în patrimoniul internațional al UNESCO cu fresce exterioare unice, pictate în stil bizantin în istoricul ținut al Bucovinei (Arbore, Humor, Moldovița, Pătrăuți, Probota, Suceava, Voroneț, Sucevița).

În aria montană și subcarpatică se pot practica raftingul, alpinismul, sporturile de iarnă (schi, sanie, patinaj), ciclism montan, drumețiile, pescuitul în ape rece, vânătoarea, iar în cea de podiș și câmpie deluroasă drumețiile, ciclismul, pescuitul, vânătoarea, plaja și baia în sezonul estival.

Salinele Târgu Ocna (Bacău) și Cacica (Suceava) sunt recomandate în special pentru tratarea afecțiunilor respiratorii, iar teritoriile din jurul localităților Vatra Dornei, Cărlibaba, Cacica, Solca, Ceahlău, Slănic, Guranda etc. au o atmosferă cu o puternică încălzire în aerioni negativi. Mofeta Negrești de la Vatra Dornei constituie un alt reper pe harta turismului balnear.

În aria carpatică și subcarpatică se află stațiunile balneoclimatice Vatra Dornei, Slănic Moldova / Târgu Ocna și Băltătești, renumite pentru bioclimatul specific, atmosfera curată, izvoarele cu apă minerală. Pacienți din întreaga Europă vin în aceste stațiuni pentru tratarea diferitelor afecțiuni. Nămolurile terapeutice sunt utilizate balnear la Vatra Dornei, Dorna Arini și la Nicolina. Localități cu factori naturali de mediu (Dorna Candrenilor, Cacica Băi, Ștefănești, Săveni, Piatra Șoimului, Strunga, Sărata Bacău, Băile Drânceni) atrag prin izvoarele minerale terapeutice, carbogazoase sau cu apă plată.

Stațiunea balneoclimatică Vatra Dornei este situată în nordul Carpaților Orientali, în Depresiunea Domelor la confluența râurilor Bistrița cu Doma, la o altitudine medie de 808 m într-un bioclimat tonic stimulant având o atmosferă aeroionizată negativ, bogată în aerosoli, dispunând de numeroase izvoare minerale și nămoluri terapeutice aduse din apropiere de la Poiana Stampei. Poziția geografică, relieful depresionar, altitudinea, dar și alți factori de mediu (rețeaua de ape curgătoare formată din râurile Bistrița și Doma, gradul ridicat de împădurire din incinta și împrejurimile stațiunii) impun particularitățile bioclimatice. Stațiunea turistică balneoclimatică Vatra Dornei (numită și Sinaia Moldovei) a primit în intervalul 2001 – 2015 un număr anual mediu de 41950 turiști. La o capacitate de cazare medie anuală de 599417 paturi și la 206986 de înoptrări capacitatea de cazare a stațiunii a fost folosită în acest interval doar în proporție de 34,5 % (Institutul Național de Statistică 2015).

Stațiunile balneoclimatice Slănic Moldova și Târgu Ocna beneficiază de un bioclimat sedativ – indiferent (de cruțare). Stațiunea balneoclimatică Slănic Moldova (numită și Perla Moldovei) este situată pe versantul estic al Carpaților Orientali (în Munții Nemira), într-o depresiune acoperită de păduri de amestec, la înălțimea de 530 m pe valea Slănicului, afluent al Trotușului. Bioclimatul prezintă nuanțe tonice. Aerul curat, aeroionizat negativ, lipsit de alergeni, topoclimatul de adăpost și microclimatul de salină de la Târgu Ocna din apropiere, izvoarele minerale sunt factorii de mediu ce atrag turiștii în această stațiune. La Slănic Moldova au venit în anul 2015 26150 turiști ocupând în proporție de 31,5 % capacitatea de cazare a stațiunii. Stațiunea balneoclimatică Târgu Ocna este situată la contactul dintre Carpații Orientali și Subcarpații Moldovei, în nord-vestul Depresiunii Cașin, la poalele Munților Berzunți (nord) și Nemira (sud și vest), la o altitudine de 260 - 280 m, pe cursul râului Trotuș și al afluentului său Slănic. Cei mai valoroși factori naturali de cură și tratament sunt salina, aerul curat, aeroionizat negativ și bioclimatul sedativ - indiferent. Stațiunea a atras în 2015 un număr de 9470 turiști care au ocupat 47,6 % din capacitatea de cazare disponibilă.

Stațiunea Băltătești este situată la o altitudine de 475 m, în Depresiunea Neamțului din Subcarpații Moldovei, fiind înconjurată de coline acoperite cu păduri și livezi. Această stațiune are un potențial natural terapeutic ridicat, dat de apele minerale de concentrație mare, la care se adaugă bioclimatul sedativ - indiferent (de cruțare). Stațiunea a primit în 2015 5196 de turiști având un grad de ocupare de 31,5% (Institutul Național de Statistică 2015).

Stațiunea balneoclimatică Nicolina este situată într-un bioclimat excitant - solicitant la o altitudine de 143 m, în Câmpia Moldovei, în sud-vestul municipiului Iași. Stațiunea beneficiază de nămoluri minerale și resurse de ape minerale. Numărul de turiști sosiți la tratament în 2015 a fost de 3380 iar rata de ocupare a locurilor a fost de 73,3 % (Institutul Național de Statistică 2015).

2.2. Datele utilizate

În acest studiu au fost utilizate datele meteorologice zilnice ale următoarelor elemente și parametri: temperatura aerului – medii, minime și maxime diurne (°C), umiditatea relativă a aerului – medii diurne (%), tensiunea vaporilor de apă – medii zilnice (hPa), nebulozitatea – medii zilnice (optimi), precipitațiile atmosferice – sume diurne (mm), durata de strălucire a Soarelui – sume zilnice (ore), viteza vântului la 2 m înălțime - medii zilnice (ms^{-1}), grosimea zilnică a stratului de zăpadă (cm) pentru intervalul 1961 - 2015. Parametrii meteorologici necesari au fost obținuți din rețeaua de stații meteorologice aparținând Administrației Naționale de Meteorologie din România (A.N.M.). Pentru a reduce viteza vântului de la 10 la 2 m înălțime, a fost folosit un profil logaritmic al vitezei vântului, așa cum a fost recomandat de Allen et al. (1998):

$$U_2 = u_z \frac{4.87}{\ln(67.8z - 5.42)} \quad (1)$$

unde U_2 este viteza vântului la 2 m înălțime (ms^{-1}), u_z este viteza vântului măsurată la z metri deasupra suprafeței solului (m s^{-1}), iar z este înălțimea de măsurare (m).

Au fost utilizate datele de la stațiile meteorologice Vatra Dornei (completate prin prelungire cu datele de la stația meteorologică Poiana Stampei) pentru stațiunea Vatra Dornei, Târgu Ocna pentru stațiunile Slănic Moldova și Târgu Ocna, Târgu Neamț pentru stațiunea Băltățești și Iași pentru stațiunea Nicolina. Între perechile de stații meteorologice furnizoare de date și stațiunile balneoclimatice pentru care s-a făcut analiza distanțele sunt mici (sub 17 km), iar condițiile climatice și topoclimatice aproape identice.

Pentru a verifica acest aspect am instalat în intervalul martie 2015 – martie 2016 cinci senzori de temperatură și umiditate în incinta stațiunilor balneoclimatice, iar datele obținute de la aceștia au fost comparate cu datele sincrone obținute de la stațiile meteorologice din preajmă. Diferențele de temperatură dintre stațiunile balneoclimatice și stațiile meteorologice din preajmă s-au situat între 0,9°C (Vatra Dornei - Poiana Stampei) și 0,1°C (între Nicolina și Iași), iar cele de umiditate între 8 % (Vatra Dornei - Poiana Stampei) și 1 % (între Târgu Ocna și Slănic Moldova). Coeficienții de corelație între temperatura aerului determinată în stațiunile balneoclimatice și cea de la stațiile meteorologice din preajmă s-au situat între 0,95 (Băltățești și Târgu Neamț) și 0,99 (între Nicolina și Iași), iar cei ai umidității relative între 0,72 (Băltățești – Târgu Neamț) și 0,95 (Slănic Moldova – Târgu Ocna).

De aceste mici diferențe termo-higrice (dar și de diferențele nefice, pluviometrice, dinamice și de durată a strălucirii Soarelui) am ținut cont când am configurat baza de date meteo-climatică utilizată pentru calcularea valorilor zilnice ale PET din toate locațiile, dar și pentru întocmirea bazei de date utilizată în construirea CTIS.

2.3. Metode

Cuantificarea potențialului climatic pentru turism a fost realizată prin conceperea și apoi analizarea critică a mai multor modele, demers explicat în cele ce urmează.

2.3.1. Determinarea PET

Baza de date pregătită a fost introdusă în modelul RayMan (Matzarakis și colab. 2000, 2007, 2010a) prin intermediul căruia a fost calculat the physiologically equivalent temperature (PET). PET este un indice termic derivat din bilanțul energetic uman (Mayer and Höppe 1987; Höppe 1999; Matzarakis et al. 1999). Este foarte potrivit pentru evaluarea componentei termice a diferitelor climate (Matzarakis 1999). Modelul RayMan de calcul al PET include influența temperaturii aerului, umiditatea aerului, viteza vântului, nebulozitatea, fluxurile de radiații, îmbrăcămintea (rezistența termică a îmbrăcăminții este de 0,9 clo) și activitatea oamenilor (valoarea ratei metabolice corespunde unor activități ușoare care se adaugă metabolismului bazal și a cărei valoare este considerată a fi de aproximativ 80 Wm⁻²) (VDI 1998; Matzarakis et al. 1999). Parametrii biometeorologici utilizați descriu influența termică a mediului pe subiecți umani (Höppe 1999). PET reflectă mai bine condițiile de mediului atmosferic decât alți indici (Farajzadeh și Matzarakis 2011) sau alte metode. Prin intermediul PET am determinat frecvența de apariție a diferitelor senzații, clasificarea acestora fiind explicată în detaliu de Matzarakis și Mayer (1996) (Table 1). Un alt avantaj al acestui indice este unitatea sa de măsură exprimată în (° C), care facilitează interpretarea rezultatelor în cazul persoanelor mai puțin familiarizate cu biometeorologia umană.

Tabel 1. Ranguri ale temperaturii echivalente fiziologic (PET) pentru diferite grade de percepție termică de către ființe umane și stresul fiziologic asupra ființelor umane; producția internă de căldură: 80 W, rezistența la transferul de căldură al îmbrăcăminții: 0.9 clo (Matzarakis and Mayer 1996)

PET (°C)	Percepția termică	Grade de stres fiziologic
<4.1	Foarte frig	Stres extrem rece
4.1–8.0	Rece	Stres puternic rece
8.1–13.0	Răcoros	Stres moderat rece
13.1–18.0	Puțin rece	Stres ușor rece
18.1–23.0	Confortabil	Lipsa stresului
23.1–29.0	Ușor cald	Stres ușor cald
29.1–35.0	Cald	Stres moderat cald
35.1–41.0	Fierbinte	Stres puternic cald
>41.0	Foarte fierbinte	Stres extrem cald

PET este utilizat pentru evaluarea climatului și bioclimatul Regiunii de Nord-Est din România pentru prima dată. Pentru alte regiuni sau țări, după cum am putut observa, acest indice a fost utilizat de mai mult timp.

În calculul PET am utilizat mediile diurne ale temperaturii aerului (T_a în °C), umidității relative (RH în %), tensiunii vaporilor (în hPa) la înălțimea de 2 m pentru intervalul 1961-2005. Viteza vântului (în ms⁻¹ pentru aceeași perioadă) a fost transformată prin calcule de la înălțimea de 10 m la cea de 2 m. Nebulozitatea totală pentru perioada 1961-2015 a fost convertită din zecimi în optimi (conform necesarului pentru aplicarea modelului de calcul RayMan). Am folosit de asemenea și sumele zilnice de precipitații pentru intervalul precizat. Valorile fluxurilor de radiații au fost simulate prin intermediul valorilor nebulozității totale (Matzarakis et al. 2007, 2010a, b). Toți acești parametri meteorologici sunt importanți pentru echilibrul energetic uman (Matzarakis 1999).

2.3.2. Întocmirea CTIS

Pentru o reprezentare mai detaliată a condițiilor biometeorologice și a parametrilor climatici importanți pentru turism am utilizat CTIS (Matzarakis 2007, 2016; Lin și Matzarakis 2008; Matzarakis et al 2010a, b).

În CTIS sunt selectați indicii, elementele și parametrii climatici și bioclimatici relevanți pentru turism. Pentru fiecare element sau parametru este identificat un prag sau sunt identificate mai multe praguri, în cazul unor indici bioclimatici mai complexi (PET). Aceste praguri sub, între sau peste care diferite activități nu întrunesc condiții de practicare sau întrunesc condiții optime de practicare s. a.m.d. au fost alese de diverși specialiști în urma unor

studii riguroase. Indicii, elementele sau fenomenele considerate se raportează la aceste praguri prin calcularea frecvențelor lor de manifestare/apariție. CTIS cu pragurile aferente pe fiecare component sunt prezentate în Tabelul 2 și sunt ușor de înțeles pentru persoanele mai puțin familiarizate cu acest subiect.

Table 2. Indicii, elementele și parametri relevanți pentru turism și agrement. Pragurile și autorii acestora

Parametru	Praguri	Referințe
Confort termic	$18^{\circ}\text{C} < \text{PET} < 29^{\circ}\text{C}$	Matzarakis (2007)
Stres datorat căldurii	$\text{PET} > 35^{\circ}\text{C}; \text{PET} > 41^{\circ}\text{C}$	Matzarakis și Mayer (1996); Algeciras, Consuegra, Matzarakis (2016)
Stres datorat frigului	$\text{PET} < 0^{\circ}\text{C}; \text{PET} < 4^{\circ}\text{C}; \text{PET} < 8^{\circ}\text{C}$	Matzarakis (2007); Mayer și Matzarakis (1999); Algeciras, Consuegra, Matzarakis (2016)
Zile însorite; nebulozitate	stratul de nori < 4 optimi; stratul de bori $< 5/8$	Matzarakis, Hämmerle, Koch, Ernest Rudel (2012); Gómez (2004)
Ceață	Umiditatea relativă $> 93\%$	Matzarakis (2007)
Zile uscate (dehidratante)	Tensiunea vaporilor între $0 - 7,4$ hPa	Besancenot (1974)
Zile normale (echilibrate higric)	Tensiunea vaporilor între $7,5 - 11,6$ hPa	Besancenot (1974)
Zile umede (hidratante)	Tensiunea vaporilor între $> 11,6$ hPa	Besancenot (1974)
Zile cu strat de zăpadă	Strat de zăpadă ≥ 1 cm	Kovács et al. 2015; Matzarakis 2014
Zile uscate	Precipitații ≤ 1 mm	Matzarakis (2007)
Zile cu ploi ușoare	Precipitații ≤ 5 mm	Matzarakis (2007)
Zile umede	Precipitații > 5 mm	Matzarakis (2007)
Zi vântoasă	Viteza vântului $> 8 \text{ ms}^{-1}$	Besancenot (1990), Gómez (2004)

Valorile parametrilor climatici pe baza cărora au fost construite CTIS în prezentul studiu sunt constituite din date zilnice. Matzarakis 2006 recomandă ca CTIS să se realizeze cu date meteorologice din timpul amiezii sau imediat acestui moment (de exemplu pentru Europa Centrală ora 14^{00}) deoarece acesta este momentul în care majoritatea turiștilor sunt afara și, prin urmare sunt expuși la condițiile atmosferice. O excepție în diagramele CTIS este dată de precipitații, în cazul cărora sunt luate în calcul sumele diurne. Prin utilizarea în acest studiu a datelor zilnice am considerat că în turism programul zilnic este unul mult mai variat și am încercat să surprindem în integralitatea lor condițiile atmosferice de pe parcursul unui întreg ciclu de 24 de ore. Fără îndoială este faptul că dacă am fi recurs doar la datele de la ora 14^{00} favorabilitatea condițiilor meteo-climatice din regiunea cercetată ar fi fost mai mare pentru turism.

Informații pentru fiecare componentă au fost calculate pe zile și decade mai întâi în procente. Au fost utilizate 13 componente:

- trei componente termice: stresul rece (indus de valori ale $\text{PET} < 8^{\circ}\text{C}$); confortul termic ($18^{\circ}\text{C} < \text{PET} < 29^{\circ}\text{C}$), stresul cald ($\text{PET} > 35^{\circ}\text{C}$);

- trei componente estetice (zilele cețoase cu umiditate $> 93\%$, zilele însorite cu gradul de acoperire cu nori $< 4/8$; zilele cu sol acoperit cu strat de zăpadă ale cărui grosimi sunt ≥ 1 cm);

- șapte componente fizice (zilele uscate cu precipitații < 1 mm, zilele cu ploi ușoare de durată medie cu precipitații ≤ 5 mm, zile ploioase cu precipitații > 5 mm, zilele vântoase cu viteza vântului $> 8 \text{ ms}^{-1}$, zilele uscate – dehidratante cu valori ale tensiunii vaporilor de apă cuprinse între 0 și $7,4$ hPa, zilele normale – echilibrate higric cu valori ale tensiunii vaporilor de apă cuprinse între $7,5$ și $11,6$ hPa și zilele umede – hidratante cu valori ale tensiunii vaporilor de apă de peste $11,6$ hPa).

Schemele climato-turistice au fost concepute și calculate cu ajutorul programului CTIS elaborat de Matzarakis în 2004.

Mai întâi am calculat și realizat schemele climato-turistice procentuale (pe intervale de frecvență de câte 5 %, în intervalul 0 – 100 %) în care sunt redate ponderile procentuale decadaale ale celor 13 componente (termice, estetice și fizice) evaluate. Aceste scheme numite și superioare (Matzarakis 2007, 2014, Lin și Matzarakis 2008; Zaninović și Matzarakis 2009) permit o evaluare decadică destul de precisă a componentelor vizate.

Într-o a doua etapă am calculat și conceput schemele climato-turistice așa – zis calitative (numite și inferioare datorită faptului că succed primelor regăsindu-se în multe studii imediat ele, completându-le) pentru care scara de frecvență procentuală (0 - 100 %) a fost transformată și împărțită de această dată în șapte clase de climă, de la ideală până la nefavorabilă pentru turism, prin aplicarea unui interval de probabilitate de 14 %.

Pentru indicii, elementele și parametri care sunt stresanți pentru om sau care afectează negativ activitățile din sfera turismului (zile cu valori ale PET < 8°C sau > 35°C, zilele cu umiditatea relativă > 93 %, zilele cu precipitații ≤ de 5mm, zilele ploioase cu precipitații > 5 mm, zilele cu viteza vântului > 8 ms⁻¹, zilele uscate – dehidratante cu valori ale tensiunii vaporilor de apă cuprinse între 0 și 7,4 hPa și zilele umede – hidratante cu valori ale tensiunii vaporilor de apă de peste 11,6 hPa) o frecvență procentuală decadică mare a lor echivalează cu manifestarea unor condiții meteo-climatice nefavorabile sau puțin acceptabile pentru turism.

Pentru indicii, elementele și parametri care nu sunt stresanți pentru om sau care nu afectează negativ activitățile din sfera turismului (zilele cu confort termic 18°C < PET < 29°C, zilele însorite cu gradul de acoperire cu nori < 4/8; zilele cu sol acoperit cu strat de zăpadă ale cărui grosimi sunt ≥ 1 cm, zilele uscate cu precipitații < 1 mm, zilele normale – echilibrate higric cu valori ale tensiunii vaporilor de apă cuprinse între 7,5 și 11,6 hPa) o frecvență procentuală mai mare se soldează cu manifestarea unor condiții meteo-climatice ideale, excelente sau foarte bune pentru turism.

Cele exprimate sunt în acord și cu studiile altor autori (De Freitas et al. 2008, Zaninović și Matzarakis 2009) și permit, pe baza statisticii decadice obținută în prima etapă (pe baza schemelor procentuale), împărțirea condițiilor meteo-climatice în șapte grade de favorabilitate / nefavorabilitate pentru turism, de la cele ideale la cele nefavorabile (Tabelul 3).

Tabel 3. Determinarea pentru CTIS a relației climat-turism exprimată cantitativ (%) și calitativ (grade de nefavorabilitate/favorabilitate)

Valori procentuale (%) deținute de parametri bioclimatici/climatici nefavorabili/favorabili turiștilor/activităților turistice														
Scara culorilor	Stres rece	Confort termic	Stres cald	Ceață	Timp însorit	Uscat	Ploi scurte	Timp ploios	Timp vântos	Strat de zăpadă pentru schi	Zile uscate dehidratante	Zile normale/echilibrate	Zile umede hidratante	Raporturile/gradele de nefavorabilitate / favorabilitate stabilite între parametrul bioclimatic/climatic și turist/activitățile turistice
	>84	<14	>84	>84	<14	<14	>84	>84	>84	<14	>84	<14	>84	Nefavorabil
	70-84	14-28	70-84	70-84	14-28	14-28	70-84	70-84	70-84	14-28	70-84	14-28	70-84	Marginal
	56-70	28-42	56-70	56-70	28-42	28-42	56-70	56-70	56-70	28-42	56-70	28-42	56-70	Acceptabil
	42-56	42-56	42-56	42-56	42-56	42-56	42-56	42-56	42-56	42-56	42-56	42-56	42-56	Bun
	28-42	56-70	28-42	28-42	56-70	56-70	28-42	28-42	28-42	56-70	28-42	56-70	28-42	Foarte bun
	14-28	70-84	14-28	14-28	70-84	70-84	14-28	14-28	14-28	70-84	14-28	70-84	14-28	Excelent
	<14	>84	<14	<14	>84	>84	<14	<14	<14	>84	<14	>84	<14	Ideal

Pentru parametri bioclimatici / climatici nefavorabili oamenilor și activităților turistice cu cât durata lor este mai mare (> 84 %) cu atât aceste entități de timp sunt mai nefavorabile turiștilor / turismului, iar cu cât durata lor este mai mică (< 14 %), cu atât acele intervale oferă condiții ideale pentru turiști / turism. Pentru parametri

bioclimatici / climatici favorabili oamenilor și activităților turistice cu cât durata lor este mai mare cu atât turiștii / turismul au parte de confort climatic și condiții ideale de desfășurare. De aceea, în Tabelul 3 intervalele procentuale ale parametrilor / componentelor analizate se înscriu fie pe scări descrescătoare, fie crescătoare în funcție de raporturile dintre ei și turiști / turism, dar scara culorilor se păstrează.

2.3.2. Stabilirea tendințelor PET

Pentru aceasta au fost utilizate valorile anuale ale PET din locațiile vizate și apoi prelucrate prin intermediul testului Mann-Kendall (Mann 1945, Kendall 1975) și ale estimatorului de pantă Sen (Sen 1968), la care s-a adăugat regresia și testul t, care au permis detectarea tendințelor crescătoare sau descrescătoare în seriile de timp, testarea semnificațiilor tendințelor existente, precum și calcularea amplitudinii tendințelor. Testul Mann-Kendall și calculele estimărilor de pantă Sen au fost efectuate folosind MAKESENS Excel șablon (testul Mann-Kendall pentru tendință și estimările de pantă Sen), dezvoltat de către cercetătorii de la Institutul Meteorologic finlandez (Salmi et al. 2002). Calculele pentru regresia liniară și testul t calculele au fost efectuate cu ajutorul programului Excel. În ambele metode (neparametrice și parametrice), nivelul de semnificație (α) a fost stabilită la minim 0,05.

3. Rezultate și discuții

PET este un indice complex destinat cuantificării condițiilor termice și permite turiștilor să analizeze caracteristicile termice și scara de confort a climatelor din diferite regiuni (Lin și Matzarakis 2008), inclusiv Regiunea de Nord-Est. Demersul nostru se bazează pe trei coordonate. Mai întâi indicele PET este trecut prin două etape corelative în care îl corelăm cu elementul meteorologic temperatura aerului (T_a) și cu Tourism Climate Index (TCI) pentru ca apoi atenția majoră să cadă pe analiză temporală la nivel multianual, lunar, decadal și diurn a acestuia. Această componentă deține aproximativ 50 % din ansamblul demersului. O a doua coordonată s-a axat pe întocmirea și analiza schemelor climato-turistice cărora le-am acordat aproximativ 40 % din întregul efort, iar a treia coordonată a vizat o analiză retrospectivă a tendințelor PET, pentru ca pe baza ei să putem deduce cum va evolua situația regională în viitor.

3.1. Calcularea și analiza frecvenței temporale a PET

3.1.1. Relațiile PET- T_a respectiv PET – TCI

PET este mai ușor de înțeles pentru turiști care pot evalua starea termică în aer liber, pe baza experienței lor într-un mediu interior, deoarece este exprimat $^{\circ}\text{C}$ (VDI 1998; Matzarakis 2006). Analizând legătura dintre valorile anuale PET și cele anuale ale temperaturii aerului (T_a) (element meteorologic cu care cei mai mulți oameni sunt familiarizați și mai informați) am constatat că indicii de corelație PET – T_a sunt cuprinși între valori de 0,92 la Slănic Moldova și Târgu Ocna și 0,95 la Vatra Dornei și Nicolina. În consecință, potrivit acestor date avem convingerea că și evaluarea condițiilor climatice pentru turism pe baza PET va fi una ușor de înțeles pentru cât mai mulți turiști sau cât mai multe instituții, organizații, manageri care utilizează aceste rezultate.

În ceea ce privește legăturile dintre un indice bioclimatic cum este PET și un indice climato-turistic cum este TCI ne-am aștepta la prima vedere ca între aceștia să existe legături slabe. Nu este așa pentru că în calculul ambilor indici sunt luate o serie de elemente comune cum ar fi temperatura aerului, umiditatea relativă, durata de strălucire a Soarelui/nebulozitatea și viteza vântului. De aceea cei doi indici prezintă o serie de interferențe și corelații relevante date de valorile indicilor de corelație care se încadrează între 0,66 la Vatra Dornei și Bălățești și respectiv 0,7 la Slănic Moldova, Târgu Ocna și Nicolina.

3.1.2. Frecvența multianuală a claselor PET

În Regiunea de Nord –Est conform valorilor zilnice ale PET (20088 de valori pentru fiecare locație) dominante sunt în fiecare stațiune clasele PET care indică un timp rece ($PET \leq 13^{\circ}\text{C}$) în care stresul la rece este de la extrem la moderat (între 76,2 % la Vatra Dornei și 45,8 % la Slănic Moldova și Târgu Ocna). În astfel de zile care domină în sezonul rece al anului, mecanismele termogenetice sunt solicitate din plin, mai ales în depresiunile intramontane din Carpați (cazul Vatra Dornei) în care se formează inversiuni termice frecvente și intense. Nu sunt ocolite de situații de acest gen nici depresiunile sau văile subcarpatice (cazurile Slănic Moldova, Târgu Ocna și Băltătești) sau teritoriile joase de albie majoră din exteriorul ariei carpatice și subcarpatice (cazul Nicolina).

Urmează ca pondere zilele cu valori ale PET care indică un timp în general confortabil ($13,1^{\circ}\text{C} \leq PET \leq 29,0^{\circ}\text{C}$) în care stresul la rece sau cald se manifestă în limite abia perceptibile sau nu se manifestă. Cele mai numeroase zile confortabile într-un an mediu se produc la Slănic Moldova și Târgu Ocna (42,7 %), iar cele mai puține la Vatra Dornei (23,8 %) (Fig. 2). Astfel de zile în care mecanismele adaptative ale organismului nu sunt solicitate sunt plăcute în aer liber pentru relaxare și odihnă, plimbări, drumeții, sporturi diverse, aeroterapie. Se poate remarca faptul că în aria subcarpatică de contact munte-podiu (Slănic Moldova, Târgu Ocna, Băltătești), în condițiile unui bioclimat sedativ, de cruțare, aceste zile sunt cele mai numeroase.

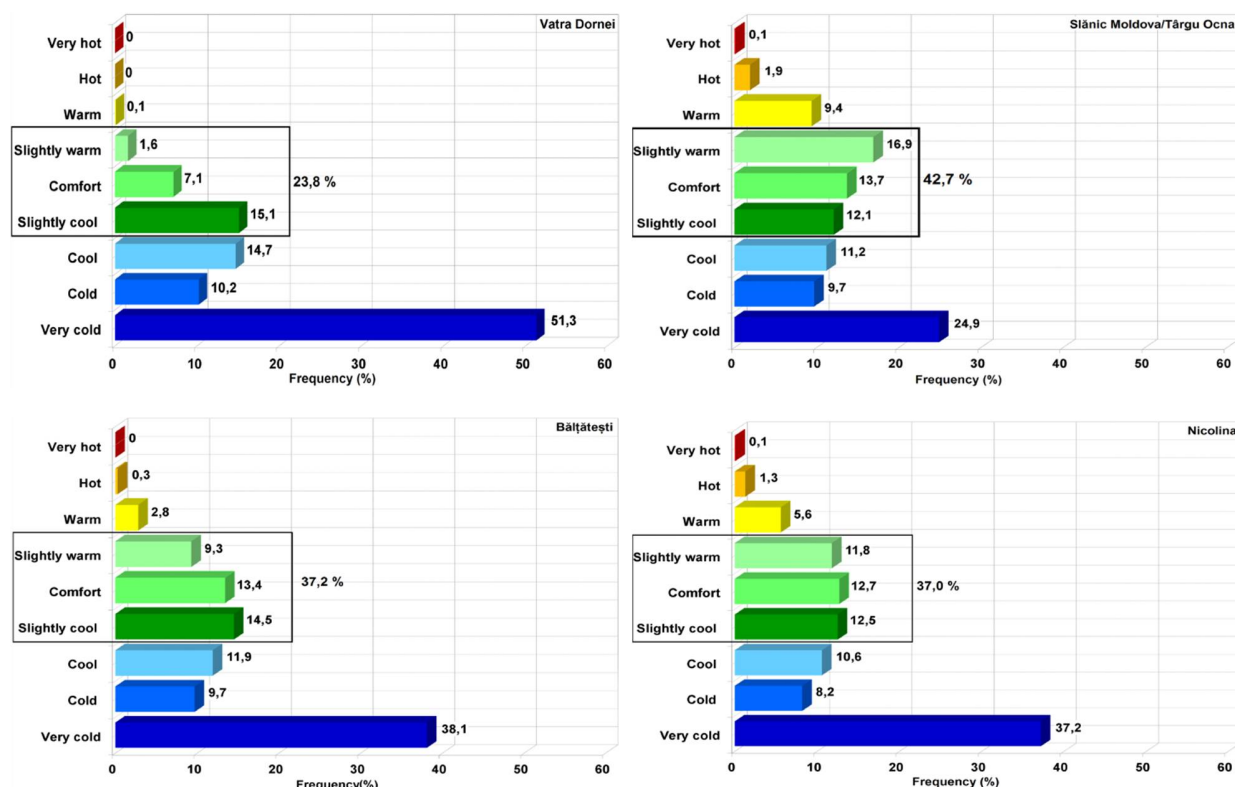


Fig. 2 Frecvența multianuală a valorilor zilnice ale PET în stațiunile balneoclimatice din Regiunea de Nord-Est a României (1961 – 2015)

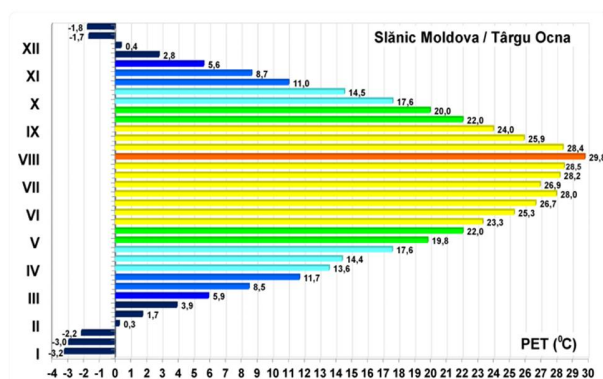
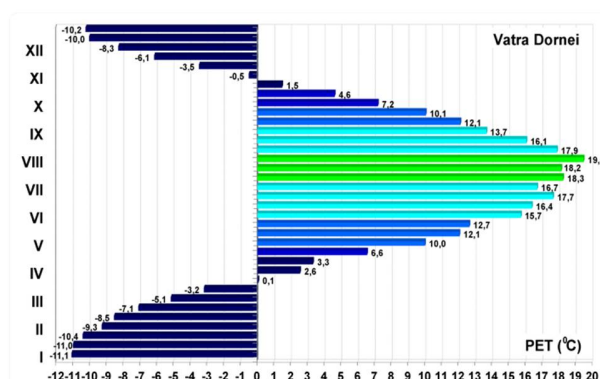
Zilele în care valorile PET indică un timp cald ($PET \geq 29^{\circ}\text{C}$) în care se manifestă stresul cald în diferite grade datorat încălzirii sunt puține (dețin între 11,4 % la Slănic Moldova și Târgu Ocna și 0,1 % la Vatra Domei). În zilele calde sunt solicitate mecanismele de termoliză. Cu excepția momentelor din timpul amiezii când temperatura poate urca la valori tropicale și în timpul cărora se recomandă odihna în cameră sau relaxarea la umbra parcurilor, aceste zile sunt prielnice turismului de sănătate (aeroterapiei, aerioionoterapiei, helioterapiei, curelor de teren însoțite de exerciții de gimnastică) dar și altor activități turistice în aer liber (drumețiilor, alpinismului, pescuitului, vânătorii, raftingului, ciclismului, parapantismului, parcurilor de escaladă etc.).

3.1.3. Frecvența în decurs de un an a claselor PET

Analiza regimului anual al claselor PET s-a realizat prin intermediul valorilor medii decadice ale acestui indice bioclimatic. Pentru cele cinci stațiuni bioclimatice am obținut la nivel de decade valorile medii ale indicelui PET transpuse grafic printr-o scară a culorilor deosebit de sugestivă (Fig. 3). Și pentru ca interpretarea sau analiza acestor diagrame să poată fi realizată mai ușor de către oricine, am păstrat în dreptul fiecărei decade și valorile corespunzătoare ale mediilor decadice ale indicelui PET.

Pe stațiuni mersul anual al indicelui PET prezintă o serie de asemănări (date de factorii climatogeni majori care influențează nord-estul României) dar și deosebiri inerente date de particularitățile factorilor climatogenetici locali.

În Depresiunea Domelor, la Vatra Domei se manifestă un timp rece ($PET \leq 13^{\circ}\text{C}$) din prima decadă a lunii septembrie până în ultima decadă a lunii mai (Fig. 3 și 4). De aceea, la Vatra Domei, în acest interval din an procedurile climatoterapeutice care le completează pe cele balneare se desfășoară cu precădere în incinta bazelor de tratament. În schimb în perioada cu temperaturi negative și strat de zăpadă natural (completat în multe situații de instalațiile de producere a zăpezii artificiale) pe cele cinci părți din stațiune sporturile de iarnă au condiții bune de desfășurare. Numărul de turiști ajunși în stațiune urcă la 3800 în luna februarie, marcând vârful sezonului hibernal (al doilea vârf ca importanță al numărului de turiști sosiți în decurs de un an la Vatra Domei). O parte din aceștia vin și pentru sporturile de iarnă sau doar pentru sporturile de iarnă. Doar în lunile de vară la Vatra Domei timpul este confortabil și puțin rece ($13,1^{\circ}\text{C} \leq PET \leq 19,5^{\circ}\text{C}$) putându-se desfășura fără restricții o gamă largă de proceduri climatoterapeutice, balneare și activități în aer liber. La Vatra Domei fluxul de turiști implicat în turismul de sănătate crește din aprilie (cca. 2000 de turiști) până în august când atinge maximum anual (5400 turiști) după care scade până la 2300 de turiști în octombrie (Institutul Național de Statistică, 2015). În această perioadă a anului, se observă așadar o bună corespondență între mersul valoric al confortului termic (dat de PET) și numărul de turiști.



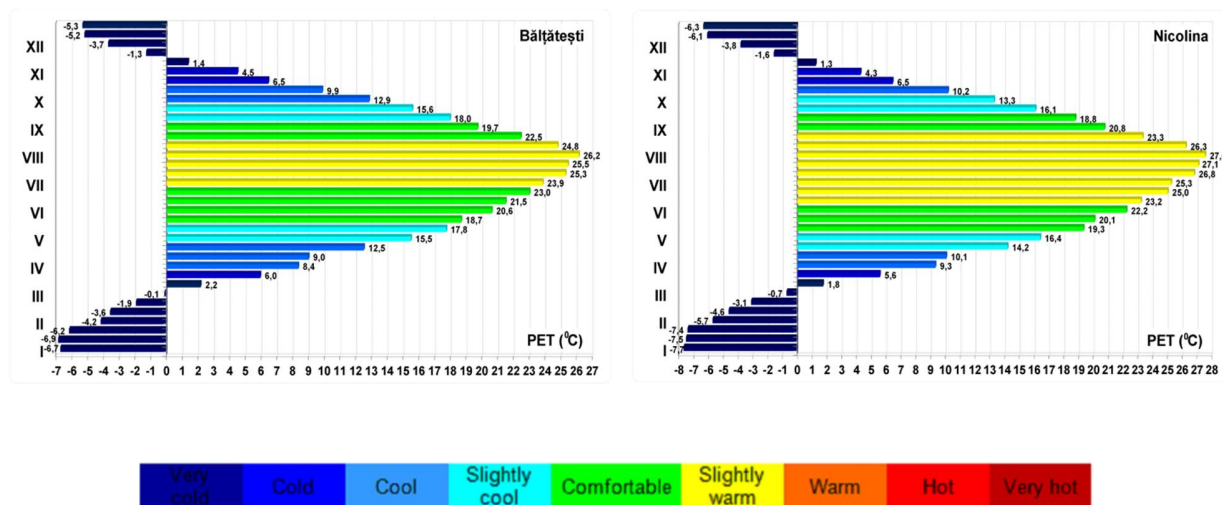


Fig. 3 Mersul interdecadic pe parcursul unui an a valorilor PET în legătură cu percepția termică a turiștilor în stațiunile balneoclimatice din Regiunea de Nord-Est din România (1961 – 2015)

În stațiunile Slănic-Moldova și Târgu Ocna timpul rece ($PET \leq 13^{\circ}\text{C}$) durează din ultima decadă a lunii octombrie până în ultima decadă a lunii martie (Fig. 3 și 4). În acest interval stresul datorat răcirii aerului este moderat, putemic ajungând în ultima decadă a lunii noiembrie și în lunile de iarnă foarte puternic. Din aprilie până în a doua decadă a lunii octombrie inclusiv timpul este în general confortabil sau ușor stresant cu o singură excepție în prima decadă a lunii august când se manifestă un stres moderat datorat căldurii (valorile PET depășesc pragul de 29°C). În intervalul aprilie - octombrie turismul balneoclimatic, de recreere și agrement beneficiază în cele două stațiuni de condiții de timp foarte bune care nu impun decât restricții minore. Numărul de turiști atinge maximul anual la Slănic Moldova în luna august (peste 3800 turiști sosiți) (Institutul Național de Statistică, 2015).

La Băltătești în aria subcarpatică timpul rece ($PET \leq 13^{\circ}\text{C}$) durează cu cinci decade mai mult decât la Slănic Moldova și Târgu Ocna (din prima decadă a lunii octombrie până în ultima decadă a lunii aprilie). Din mai până în septembrie inclusiv timpul este în general confortabil, cu nuanțe mai reci către începutul și sfârșitul perioadei indicate și mai calde în iulie și primele decade ale lunii august. Valorile medii decadice ale PET se încadrează între 13°C și $26,2^{\circ}\text{C}$.

În stațiunea Nicolina comparativ cu stațiunea Băltătești durata timpului rece, puțin rece și confortabil se reduce cu câte o decadă, crescând în timp cu trei decade durata timpului ușor stresant datorat căldurii (Fig. 3 și 4). Din decada a trei a lunii aprilie până la sfârșitul lunii septembrie, la Nicolina, stările de vreme nu sunt stresante decât în limite tolerabile pentru turiști. Din octombrie până în a doua decadă a lunii aprilie frigul ce impune diferite grade de stres (moderat, puternic și mai ales foarte puternic) generează condiții de disconfort turiștilor.

3.1.4. Frecvența pe decade a claselor PET

Frecvența pentru fiecare decadă a claselor PET, a percepției termice și a diferitelor grade de stres induse prezintă o reală importanță pentru toți „actorii” implicați în activitățile turistice. Reprezentările de acest tip (Fig. 5) pun în fața potențialului turist toată cazuistica statistică determinată pentru locațiile de interes balneoclimatic din Regiunea de Nord-Est.

PET < 41 °C	PET °C (1961-2015)		VATRA DORNEI		SLANIC MOLDOVA		BALTATESTI		NICOLINA	
	JANUARY	D1			VERY COLD					
		D2			VERY COLD					
		D3			VERY COLD					
41-50 °C	FEBRUARY	D1			VERY COLD					
		D2			VERY COLD					
		D3			VERY COLD					
51-60 °C	MARCH	D1	VERY COLD		COLD				VERY COLD	
		D2	VERY COLD		COOL				VERY COLD	
		D3	VERY COLD		COOL				COLD	
61-70 °C	APRIL	D1	VERY COLD		SLIGHTLY COOL				COOL	
		D2	VERY COLD		SLIGHTLY COOL				COOL	
		D3	COLD		SLIGHTLY COOL		COOL		SLIGHTLY COOL	
71-80 °C	MAY	D1	COOL		COMFORTABLE				SLIGHTLY COOL	
		D2	COOL		COMFORTABLE		SLIGHTLY COOL		COMFORTABLE	
		D3	COOL		SLIGHTLY WARM				COMFORTABLE	
81-90 °C	JUNE	D1	SLIGHTLY COOL		SLIGHTLY WARM				COMFORTABLE	
		D2	SLIGHTLY COOL		SLIGHTLY WARM		COMFORTABLE		SLIGHTLY WARM	
		D3	SLIGHTLY COOL		SLIGHTLY WARM		COMFORTABLE		SLIGHTLY WARM	
91-100 °C	JULY	D1	SLIGHTLY COOL				SLIGHTLY WARM			
		D2	COMFORTABLE				SLIGHTLY WARM			
		D3	COMFORTABLE				SLIGHTLY WARM			
101-110 °C	AUGUST	D1	COMFORTABLE		WARM				SLIGHTLY WARM	
		D2	SLIGHTLY COOL				SLIGHTLY WARM			
		D3	SLIGHTLY COOL		SLIGHTLY WARM		COMFORTABLE		SLIGHTLY WARM	
111-120 °C	SEPTEMBER	D1	COOL		SLIGHTLY WARM				COMFORTABLE	
		D2	COOL		COMFORTABLE		SLIGHTLY COOL		COMFORTABLE	
		D3	COOL		COMFORTABLE				SLIGHTLY COOL	
121-130 °C	OCTOBER	D1	COLD		SLIGHTLY COOL				COOL	
		D2	COLD		SLIGHTLY COOL				COOL	
		D3	VERY COLD		COOL				COLD	
131-140 °C	NOVEMBER	D1	VERY COLD		COOL				COLD	
		D2	VERY COLD		COLD				VERY COLD	
		D3			VERY COLD					
141-150 °C	DECEMBER	D1			VERY COLD					
		D2			VERY COLD					
		D3			VERY COLD					

Fig. 4 Diagrama percepției termice pe decade și luni pentru stațiunile balneoclimatice din Regiunea de Nord-Est a României (1961-2005)

Imaginea climatică idilică a unor locații turistice promovată în clipurile publicitare este adusă în tiparul realității statistice. Astfel de reprezentări pun în fața turismului tabloul complex al mersului în timp al relației dintre bilanțul energetic al corpului uman și atmosfera unui anumit loc. Turiștii care vor alege ca destinație Regiunea de Nord-Est a României vor fi informați pe baza ponderilor decadice ale claselor PET despre faptul că:

- iarna dominante sunt zilele cu timp foarte rece (mai ales noaptea și dimineața), rece și răcoros; în aria carpatică zilele foarte reci se apropie de maximul posibil, iar în Subcarpați și podiș la începutul și sfârșitul acestui anotimp apar și zile reci sau răcoroase,

- vara zilele cu timp confortabil, puțin rece sau puțin cald sunt dominante; în Subcarpați și Podișul Moldovei câștigă în pondere zilele calde, fierbinți, nefiind excluse nici cele foarte fierbinți, pe când în Carpați zilele calde sunt o excepție chiar și în acest anotimp,

- în timpul primăverii și al toamnei frecvența statistică a claselor PET indică situații tranzitorii cu scăderea numărului de zile cu disconfort datorat răcirii de la începutul spre sfârșitul primăverii sau creșterea numărului acestora de la începutul către sfârșitul toamnei; o evoluție inversă o prezintă numărul de zile cu confort termic,

- pe ansamblu, în Regiunea de Nord-Est dominante sunt zilele foarte reci, reci și răcoroase comparativ cu cele calde, fierbinți sau foarte fierbinți.

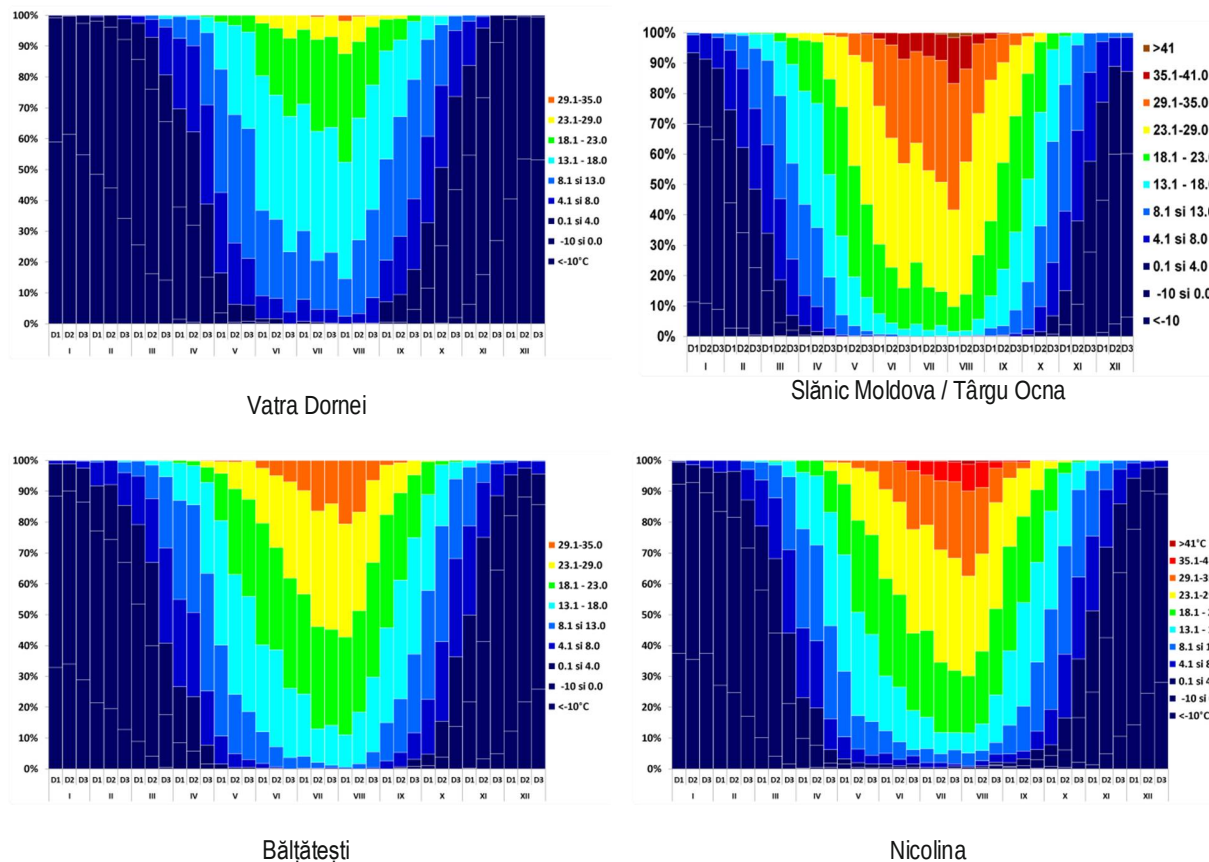


Fig. 5 Frecvența pe decade a claselor PET în stațiunile balneoclimatice din Regiunea de Nord – Est din România (1961 – 2015)

Cunoscând tabloul intradecadal al claselor PET, în funcție de o matrice complexă de factori cu caracter personal, turistul poate să-și aleagă în cunoștință de cauză intervalul din an în care-și va petrece un sejur în Regiunea de Nord-Est din România.

3.1.5. Evoluția anuală a claselor PET pe baza de valori zilnice

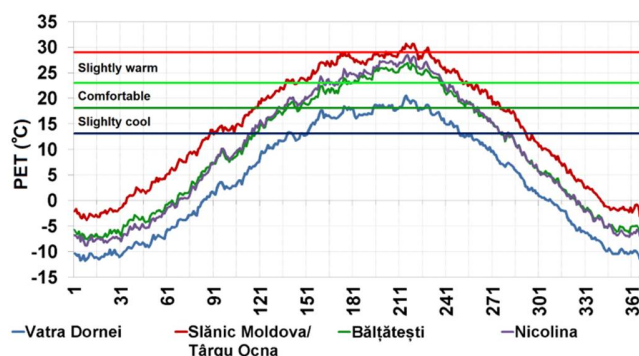


Fig. 6 Mersul anual al valorilor medii diurne ale PET în stațiunile balneoclimatice din Regiunea de Nord-Est din România (1961 – 2015)

Analizând mersul interdiurn al valorilor indicelui PET putem determina foarte precis (la nivel de zile) când acestea trec prin anumite praguri (urcând deasupra sau coborând sub acestea). Observăm din Fig. 6 că la Slănic Moldova și Târgu Ocna intervalul anual cu timp fără restricții pentru turismul balneoclimatic și activitățile turistice în aer liber este cel mai extins (190 de zile) comparativ cu stațiunea Vatra Dornei unde durează doar 98 zile. La Băltățești și Nicolina situația este una intermediară, timpul fără restricții pentru turismul balneoclimatic și activitățile turistice

desfășurate în aer liber durând 159 respectiv 165 de zile.

Rezultatele obținute confirmă utilitatea PET în determinarea perioadei celei mai bune din an pentru turism (Matzarakis 2006, 2010, Lin și Matzarakis 2008; Zaninovic și Matzarakis 2009). Rezultatele studiului pun într-o nouă lumină relațiile climat-turism pentru Regiunea de Nord-Est din România. Mulți dintre indicii climatici utilizați până acum în studiile pentru această regiune (Teodoreanu și Mihăilă 2012) se bazează doar pe temperatura aerului, umiditatea aerului și viteza vântului și nu includeau confortul termic sau condițiile de stres termic, pe baza echilibrului energetic uman. Mulți indici sunt calculați pe baza unor valori medii lunare sau pot fi utilizați numai pentru anumite perioade ale anului (DI THOM, reprezentativ pentru sezonul cald al anului; indicele puterii de răcire a vântului, reprezentativ pentru sezonul rece al anului). Astfel, ei nu pot fi folosiți fără restricții pentru analiza relațiilor de detaliu dintre condițiile meteorologice și confortul uman (Matzarakis 2006, Lin și Matzarakis 2011). Aceste lipsuri au fost eliminate în cazul acestei analize.

3.1.6. *Climate-tourism-information-scheme*

CTIS este un software care poate opera date climatice relevante din fișiere text și genera diagrame personalizate. Acestea pot fi ușor de utilizat și pus în aplicare pentru diverse scopuri cum ar fi procesul de luare al unor decizii sau de obținere a unor informații utile pentru industria turismului (Matzarakis 2007, Lin și Matzarakis 2008). Schemele climato - turistice sunt modele complexe care înglobează informații vitale pentru manageri, operatori și turiști. Ele conțin informații foarte precise cu privire la frecvența decadică a componentelor termice, estetice și fizice, frecvență care apoi este transpusă în grade de favorabilitate sau nefavorabilitate a respectivei componente. Practic oricine dorește să se informeze asupra particularităților vremii dintr-un anumit loc pentru o anumită decadă din an are în primul rând nevoie să citească schema climato-turistică inferioară, în care sunt redată prin culori corespunzătoare unor calificative de la „ideal” până la „unfavorable” clasele de timp. Schemele climato-turistice superioare, procentuale care sunt baza realizării schemelor inferioare le completează pe acestea din urmă dându-le mai multă rigoare matematică. CTIS poate fi utilizat pe o scară de timp de 10 sau de 30 de zile, pe bază procentuală. Intervalul de 10 zile este mai convenabil pentru analiza relației climat - turism. Din cauza lipsei datelor diurne pentru întocmirea CTIS se pot utiliza și datele lunare (Farajzadeh și Matzarakis, 2011). Studiul nostru se bazează pe date diurne.

În analiza PET, în acest studiu am mers pe un interval extins al timpului în general confortabil ($13,1^{\circ}\text{C} \leq \text{PET} \leq 29,0^{\circ}\text{C}$) (Farajzadeh and Matzarakis 2012), iar în CTIS am modificat limitele intervalului termic de confort propuse de Matzarakis în 2007, ducându-le în acord cu realitatea bioclimatică regională (am extins intervalul de confort termic și pentru valori PET cuprinse între $13,1 - 18^{\circ}\text{C}$).

La Vatra Domei schemele climato-turistice indică din punct de vedere termic condiții de timp acceptabile, bune și foarte bune din a doua decadă a lunii mai până la sfârșitul lunii septembrie (Fig. 7). Stresul în diferite grade datorat timpului rece este dominant iarna și în anotimpurile de tranziție. Stresul datorat timpului cald lipsește. Prezența ceții nu ridică probleme, dar Soarele nu are o prezență acceptabilă decât în intervalul iulie-octombrie. Din punct de vedere pluviometric în intervalul martie-septembrie timpul este relativ sărac în precipitații, iar zilele cu precipitații de medie și mai ales de lungă durată nu crează neajunsuri pentru activitățile turistice. Dominante sunt pe toată perioada anului zilele cu o dinamică redusă a aerului sau cu calm atmosferic. Sporturile de iarnă beneficiază de un strat suficient de gros de zăpadă din a treia decadă a lunii decembrie până în adoua decadă a lunii martie. Zăpada artificială produsă prelungește sezonul de ski. Presiunea parțială a vaporilor de apă din atmosferă ne arată că din ultima decadă a lunii octombrie până în a doua decadă a lunii aprilie atmosfera este una uscată, dehidratantă, iar în iulie-august atmosfera este mai umedă, mai hidratantă depășindu-se ușor pragul superior al intervalului de confort higric. În lunile mai și septembrie presiunea vaporilor de apă din atmosferă se situează în

limitele intervalului de confort higric (Besancenot 1974). Condițiile pentru turismul climatoterapeutic sunt pe ansamblu bune, în sezonul cald, iar pentru activitățile turistice în aer liber sunt pe ansamblu foarte bune în tot timpul anului. Turismul balnear are condiții foarte bune de desfășurare timpul sezonului cald și se poate desfășura cu o serie de restricții în sezonul rece al anului.

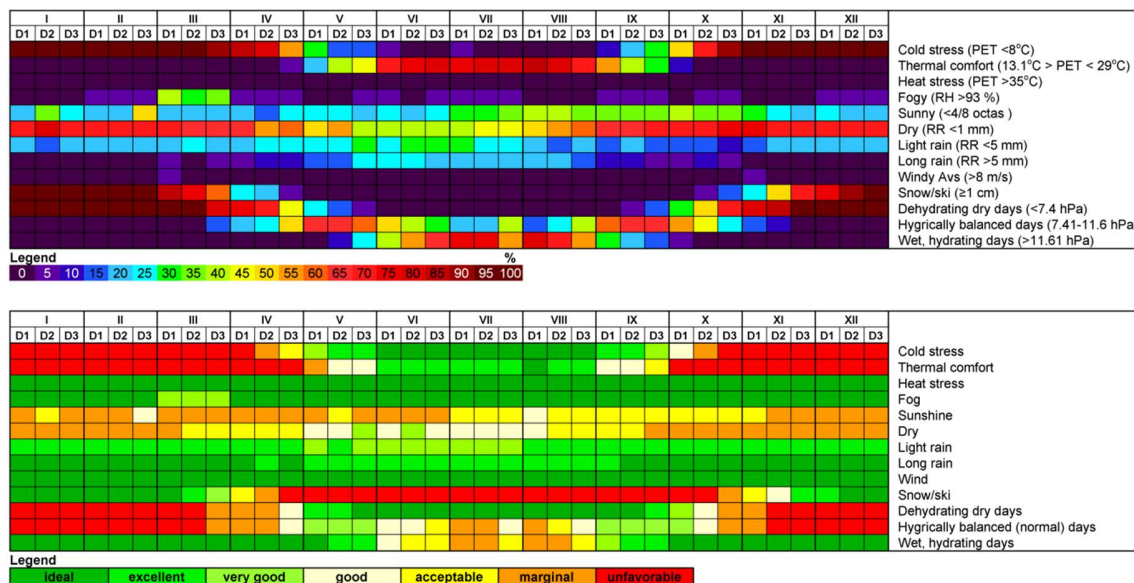


Fig. 7 Schema climato-turistică pentru Vatra Dornei în procente (%) – sus și în grade de nefavorabilitate / favorabilitate – jos realizată în acord cu Tabelul 3 (perioada luată în calcul: 1961 – 2015)

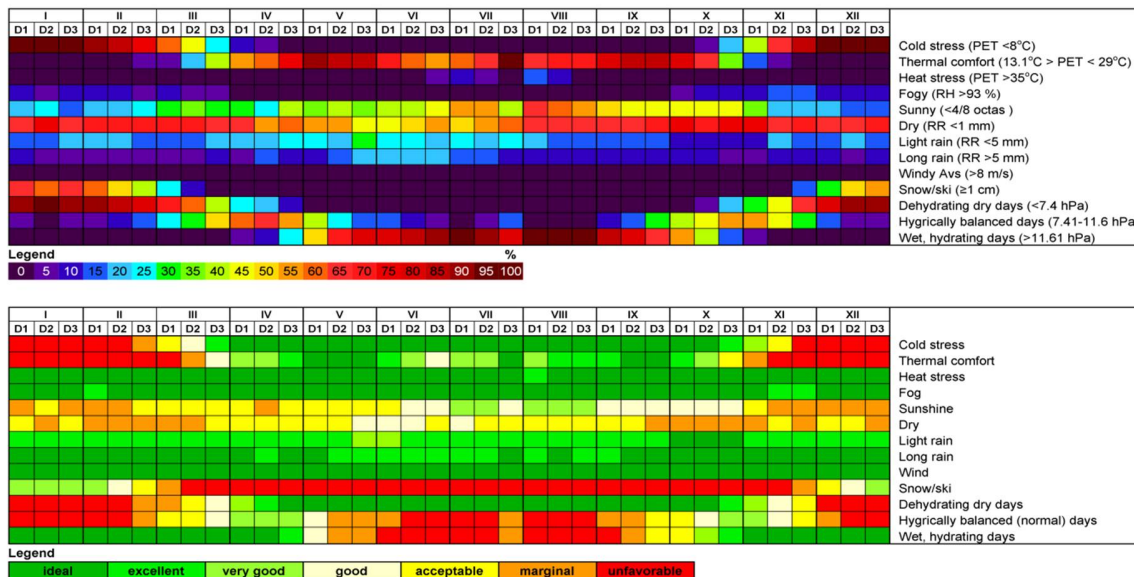


Fig. 8 Schema climato-turistică pentru Slănic Moldova și Târgu Ocna în procente (%) – sus și în grade de nefavorabilitate / favorabilitate – jos realizată în acord cu Tabelul 3 (perioada luată în calcul: 1961 – 2015)

La Slănic Moldova și Târgu Ocna perioada cu confort termic relativ se extinde de la sfârșitul lunii martie până la sfârșitul lunii octombrie (Fig. 8). Disconfortul datorat căldurii, prezenței ceții, ploilor de medie și de lungă durată nu ridică probleme. De la sfârșitul lunii februarie până la începutul lui noiembrie durata de strălucire a

Soarelui este satisfăcătoare, iar zilele cu cantități de precipitații măsurabile sunt într-un număr redus de la sfârșitul lunii martie până la mijlocul lunii septembrie. Zilele cu o dinamică a aerului redusă și calmul atmosferic sunt dominante. Condiții pentru schiat se întrunesc din decembrie până în februarie însă nu în toți anii. Atmosfera este echilibrată higric în anotimpurile de tranziție, dehidratantă iarna și hidratantă vara. Condițiile pentru turismul climatoterapeutic și activitățile turistice în aer liber sunt pe ansamblu foarte bune în sezonul cald al anului, iar turismul balnear se poate desfășura fără restricții în tot timpul anului.

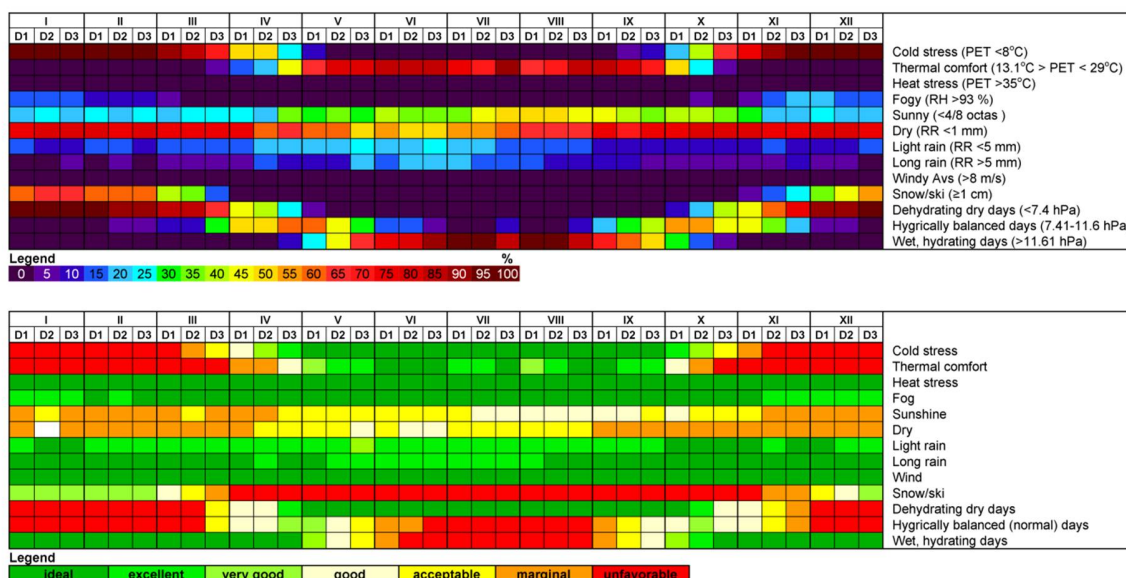


Fig. 9 Schema climato-turistică pentru Bălățești în procente (%) – sus și în grade de nefavorabilitate / favorabilitate – jos realizată în acord cu Tabelul 3 (perioada luată în calcul: 1961 – 2015)

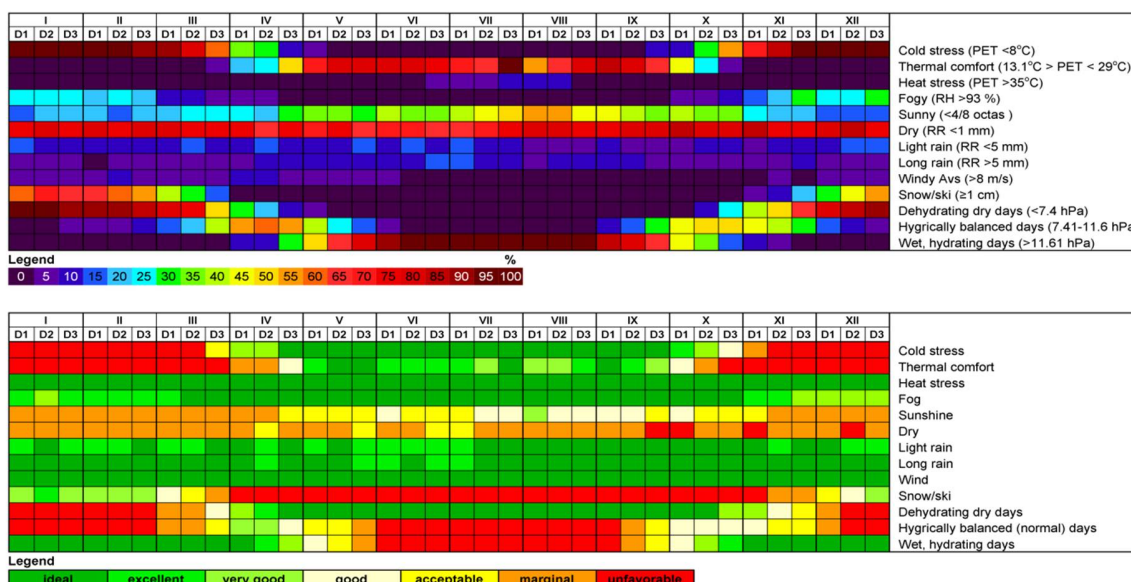


Fig. 10 Schema climato-turistică pentru Nicolina în procente (%) – sus și în grade de nefavorabilitate / favorabilitate – jos realizată în acord cu Tabelul 3 (perioada luată în calcul: 1961 – 2015)

La Bălățești, schemele climato-turistice se aseamănă foarte mult cu cele de la Slănic Moldova și Târgu Ocna, stațiunea fiind situată în condiții bioclimatice asemănătoare cu a celorlalte două. Poziția mai nordică a stațiunii Bălățești este compensată în plan termic (și nu numai) de altitudinea mai redusă. Perioada de confort termic

(încadrată între ultima decadă a lunii aprilie și prima decadă a lunii octombrie) este totuși mai restrânsă cu aproximativ cinci decade față de Slănic Moldova și Târgu Ocna. Există și alte ușoare diferențieri legate de factorii climatogenetici locali, dar pe ansamblu și la Băltătești turismul climatoterapeutic și activitățile turistice în aer liber au condiții foarte bune de desfășurare în sezonul cald al anului. Turismul balnear din incinta bazelor de tratament nu este afectat nici în sezonul rece.

În stațiunea Nicolina turismul balneoclimatic întrunește condiții de timp bune spre foarte bune în sezonul cald al anului. Restricții temporare pentru activitățile turistice în aer liber introduc momentele de timp tropical din amiaza zilelor de vară, ploile scurte și rezezi de vară însoțite de înnorări temporare și zilele hidratante (Fig. 10). În sezonul rece al anului timpul rece și fenomenologia asociată lui impune desfășurarea activității turistice balneare în incinte interioare. Situată în etajul de câmpie sporturile de iarnă nu contează pentru această stațiune.

3.1.7. Tendințe în mersul valoric al indicelui PET

Spațiul de care am dispus ne-a permis să efectuăm o scurtă analiză asupra tendințelor de evoluție a indicelui PET în ultimii 55 ani. Am mers pe analiza trendului șirurilor de date grupate pe mai multe perioade care se regăsesc în Table 4:

- a) perioada de bază 1961 – 2015 care a fost testată separat,
- b) perioada de bază 1961 – 2015 împărțită în două subperioade 1961 - 1990, 1991 – 2015 pomind de la modelul de analiză IPCC,
- c) perioada de bază 1961 – 2015 împărțită în două subperioade 1961 - 1980, 1981 – 2015 pomind de la o serie de rezultate anterioare (Piticar et al. 2015).

Tabel. 4 Tendințele detectate prin utilizarea testelor Mann-Kendall și T pentru serii temporale PET (° C / an) în regiunea de Nord-Est a României (1961-2015)

rezultate test Mann Kendal panta Sen		rezultate T-test regresia liniară	
perioada 1961 - 2015			
Vatra Dornei	0,045***	Vatra Dornei	0,051***
Slănic Moldova / Târgu Ocna	0,032***	Slănic Moldova / Târgu Ocna	0,032***
Băltătești	0,066***	Băltătești	0,068***
Nicolina	0,057***	Nicolina	0,058***
perioada 1961-1990			
Vatra Dornei	0,035*	Vatra Dornei	0,038*
Slănic Moldova / Târgu Ocna	0,032+	Slănic Moldova / Târgu Ocna	0,038*
Băltătești	0,073**	Băltătești	0,073***
Nicolina	0,031	Nicolina	0,030
perioada 1991-2015			
Vatra Dornei	0,119***	Vatra Dornei	0,126***
Slănic Moldova / Târgu Ocna	0,045	Slănic Moldova / Târgu Ocna	0,037
Băltătești	0,111***	Băltătești	0,114***
Nicolina	0,154***	Nicolina	0,150***
perioada 1961-1980			
Vatra Dornei	0,017	Vatra Dornei	0,019
Slănic Moldova / Târgu Ocna	-0,004	Slănic Moldova / Târgu Ocna	0,004
Băltătești	0,046+	Băltătești	0,054
Nicolina	-0,002	Nicolina	0,000
perioada 1981-2015			
Vatra Dornei	0,067***	Vatra Dornei	0,075***
Slănic Moldova / Târgu Ocna	0,035*	Slănic Moldova / Târgu Ocna	0,030*
Băltătești	0,076***	Băltătești	0,076***
Nicolina	0,092***	Nicolina	0,092***

* Semnificativ la nivelul 0,05, ** semnificativ la nivelul 0,01, *** semnificativ la nivelul 0,001, + tendință ne semnificativă din punct de vedere statistic, - tendință de scădere

Prin ambele teste putem să observăm că pe ansamblul perioadei 1961 – 2015 tendințele PET au fost crescătoare. Creșterea PET a variat pe ansamblu perioadei 1961 - 2015 între 1,76°C la Slănic Moldova și Târgu Ocna (prin ambele teste) și 3,63°C prin testul Mann-Kendall respectiv 3,74°C prin testul t la Băltătești. În cadrul perioadei 1961 – 2015 se identifică cu claritate subperioada 1961 – 1980, mai rece și mai umedă, în care tendințele PET sunt contradictorii, iar nivelul de semnificativitate al acestora ne recomandă să nu ținem cont de ele și subperioada 1981 – 2015 în care tendințele evolutive PET sunt clare, importante valoric (3,13°PET la Nicolina) și semnificative din punct de vedere statistic. Am putea considera astfel că trendul întregii perioade 1961 – 2015 este impus de fapt de cel al subperioadei 1981 – 2015 care a fost una mult mai caldă și mai uscată comparativ cu precedenta.

Concluzii

Turismul balneoclimatic și activitățile turistice în aer liber pot aduce unei regiuni ca cea de Nord-Est din Romania venituri importante cu condiția ca acestea să beneficieze de investiții, să se desfășoare după un program managerial adecvat (în care să se țină cont și de realitatea reliefată de studiile științifice diverse, inclusiv de cele climato-turistice) și să fie promovate unui palier de populație cât mai larg pentru a fi cunoscute mai bine.

Regiunea de Nord-Est dispune de resurse balneoclimatice importante: izvoare minerale diversificate prin compoziție, nămoluri terapeutice, peisaje naturale unice, păduri întinse, ape curate, atmosferă nepoluată și bioclimate diversificate. În cadrul acesteia turismul de sănătate și turismul în natură se desfășoară printr-un complex variat de proceduri și activități după un calendar anual impus de factorii climatici.

Condițiile de confort sau disconfort termic în succesiunea lor în timpul unui an mediu au fost analizate pentru un număr de cinci stațiuni cu date meteorologice provenite din rețeaua A.N.M. din perioada 1961 - 2015 sau din observații proprii.

Indicele PET calculat la nivel diurn și decadic ne-a permis să obținem informații adecvate cu privire la percepția termică a turiștilor care vin în aceste stațiuni și la gradul de stres fiziologic la care sunt supuși aceștia.

Intervalul din an cel mai potrivit conform valorilor PET ($13,1^{\circ}\text{C} \leq \text{PET} \leq 29,0^{\circ}\text{C}$) pentru cură profilactică, tratament, recuperare, recreere și alte activități turistice conexe diferă pentru fiecare stațiune în parte. Intervalul de timp în care percepția termică indusă este de răcoare, confort sau de ușoară căldură este la nivel de analiză pe valori medii zilnice cuprins între 1 iunie și 6 septembrie la Vatra Dornei (98 de zile), 28 aprilie și 3 octombrie la Băltătești (159 de zile), 24 aprilie și 5 octombrie la Nicolina (165 de zile) și între 30 martie - 19 octombrie la Slănic Moldova și Târgu Ocna (205 zile din care 15 zile sunt fierbinți). Aceste date diurne se suprapun fidel și se integrează în cele decadice pe care le detaliază. Așadar se remarcă o diferență substanțială între durata generală de confort și stres termic ușor între Slănic Moldova și Târgu Ocna stațiuni localizate într-o poziție mai sudică, la o altitudine mai mică, la contactul Carpați – Subcarpați și Vatra Dornei, stațiune montană situată într-o poziție mai nordică la o altitudine mai mare. În cazul stațiunilor Băltătești și Nicolina situate în condiții geografice diferite, în bioclimate diferite dar asemănătoare ca nuanță (excitant-solicitantă) numărul anual de zile favorabile turismului de sănătate și activităților turistice în aer liber este asemănător.

Implementarea suplimentară și a altor parametri importanți pentru turism în CTIS construiește un set de informații complete și relevante ce dau posibilitatea turistului de a face o analiză detaliată pe fiecare destinație turistică din această regiune. Informații legate de umiditatea aerului, nebulozitate, durata de strălucire a Soarelui, precipitații, vânt și stratul de zăpadă au completat tabloul climatic pentru turism în fiecare locație. Am putut observa spre exemplu că doar la Vatra Dornei sporturile de iarnă pot beneficia de un strat de zăpadă de lungă durată (pe fondul unei temperaturi reduse), cu grosime suficientă care poate fi menținut în parametri buni și prin instalațiile artificiale.

Conștientizarea informațiilor climatice reprezintă baza pentru urmărirea unei strategii de succes în industria turismului. CTIS constituie un sistem de informații relevant pentru turiști, care îi ajută să-și planifice foarte bine concediile evitând astfel o serie întreagă de nemulțumiri. CTIS iau în analiză evenimentele extreme și frecvența de depășire a unor praguri caracteristice, oferind o mai bună informare pentru turiști, comparativ cu valorile climatice medii care modifică condițiile reale de prin eliminarea extremelor meteorologice.

Tendențe de creștere a valorilor PET din cei 55 de ani analizați arată o îmbunătățire a condițiilor climatice din timpul toamnei, primăverii și iernii (sporturile de iarnă au avut însă de suferit) și al verii. Dacă aceste tendințe se vor păstra, în timpul verii, în aria extracarpatică vor apărea episoade din ce în ce mai frecvente și lungi de timp cu stres puternic sau extrem datorat căldurii. În celelalte anotimpuri condițiile climatice se vor îmbunătăți. Statul de zăpadă de pe părții va fi din ce în ce mai subțire și mai scurt ca durată. Noi strategii vor fi necesare pentru a ne adapta la condiții climatice în evoluție și vor fi oferite noi oportunități unor noi tipuri și forme de turism.

Bibliografie

- Abegg B (1996) Klimaänderung und Tourismus. Schlussbericht NFP 31. vdf Hochschul-verlag AG an der ETH Zürich
- Allen RG, Piera LS, Raes D, Smith M (1998) Crop evapotranspiration: guideline for computing crop water requirement. FAO Irrigation and drainage Paper No. 56. FAO, Rome
- Basarin B, Kržić A, Lazić L, Lukić T, Đorđević J, Janićijević Petrović B, Čopić S, Matić D, Hrnjak I and Matzarakis A (2014) Evaluation of bioclimate conditions in two special nature reserves in Vojvodina (Northern Serbia) Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, November 2014, Vol. 9, No. 4, p. 93 – 108
- Besancenot J. P. (1974), *Premieres donnees sur les stress bioclimatiques moyens en France*, Annales de geogr. Nr. 459, LXXXIII, sept.-oct.
- Brosy C, Zaninović K, Matzarakis A (2014), Quantification of climate tourism potential of Croatia based on measured data and regional modeling, Int J Biometeorol 58:1369–1381, DOI 10.1007/s00484-013-0738-8
- Çalışkan O, Çiçek I, Matzarakis A (2012) The climate and bioclimate of Bursa (Turkey) from the perspective of tourism. Theor Appl Climatol 107:417–425
- De Freitas CR (2001) Theory, concepts and methods in climate tourism research. In: Matzarakis A, de Freitas CR (eds) Proceedings of the First International Workshop on Climate, Tourism and Recreation. pp 3–20
- De Freitas CR (2003) Tourism climatology: evaluating environmental information for decision making and business planning in the recreation and tourism sector. Int J Biometeorol 48:45–54
- De Freitas CR, Scott D, McBoyle G (2008) A second generation climate index for tourism (CIT): specification and verification. Int J Biometeorol 52:399–207
- Eurostat Statistics Explained (2016), GDP at regional level, http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/GDP_at_regional_level
- Fanger PO (1972) Thermal comfort. McGraw Hill, New York VDI (1998) Methods for the human biometeorological evaluation of climate and air quality for the urban and regional planning. Part I: Climate. VDI guideline 3787. Part 2. Beuth, Berlin
- Farajzadeh H, Matzarakis A (2009) Quantification of climate for tourism in the northwest of Iran. Meteorol Appl 16:545–555
- Farajzadeh H, Matzarakis A (2012) Evaluation of thermal comfort conditions in Ourmieh Lake, Iran. Theor Appl Climatol 107:451–459
- Gomez Martin MB (2004) An evaluation of the tourist potential of the climate in Catalonia (Spain): a regional study. Geografiska Annaler 86A:249–264
- Hamilton J, Lau M (2005) The role of climate information in tourist destination choice decision-making. In: Gossling S, Hall CM (eds) Tourism, recreation and climate change. Routledge, London, pp 229–250
- Höppe P (1999) The physiological equivalent temperature—a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. Int J Biometeorol 43:71–75

- Institutul Național de Statistică (2015) <http://statistici.insse.ro/shop/index.jsp?page=tempo2&lang=ro&context=63>
- IPCC (2007) In: Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M, Miller HL (eds) *Climate change 2007: the scientific base—contribution of working group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK
- Katerusha O, Matzarakis A (2015) Thermal bioclimate and climate tourism analysis for Odessa, Black Sea *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, xx, 1–9. DOI:10.1111/geoa.12107
- Kendall MG (1975) *Rank correlation methods*, 4th edn. Charles Griffin, London
- Kovács A, Unger J, Gál CV, Kántor N (2015) Adjustment of the thermal component of two tourism climatological assessment tools using thermal perception and preference surveys from Hungary. *Theor Appl Climatol*, DOI 10.1007/s00704-015-1488-9
- Lin TP, Matzarakis A (2008) Tourism climate and thermal comfort in Sun Moon Lake, Taiwan. *Int J Biometeorol* 51:281–290
- Lise W, Tol RSJ (2002) Impact of climate on tourism demand. *Clim Change* 55:429–449
- Maddison D (2001) In search of warmer climates? The impact of climate change on flows of british tourists. *Clim Change* 49:193–208
- Mann HB (1945) Non-parametric tests against trend. *Econometrica* 13: 245–259
- Matzarakis A (1999) Assessing urban climate – problems and solutions from the point of view of Human-Biometeorology. In: de Dear, R.J. and Potter, J.C. (eds), *Proceedings of the 15th International Congress of Biometeorology & International Conference on Urban Climatology*. COMP2.3, 1–6.
- Matzarakis A (2006) Weather- and climate-related information for tourism. *Tour Hosp Plan Dev* 3:99–115
- Matzarakis A (2007) Assessment method for climate and tourism based on daily data. In: Matzarakis A, de Freitas CR, Scott D (eds) *Developments in tourism climatology*. pp 52–58
- Matzarakis A (2010) Climate change: temporal and spatial dimension of adaptation possibilities at regional and local scale. In: Schott C (ed) *Tourism and the implications of climate change: issues and actions*, Emerald Group. Bridging Tourism Theory and Practice, 3:237–259
- Matzarakis A (2014) Transfer of climate data for tourism applications-the climate-tourism/transfer-information-scheme. *Sustain Environ Res* 24: 273 - 280
- Matzarakis A, Mayer H (1996) Another kind of environmental stress: thermal stress. *WHO Newsletter*, 18, 7–10.
- Matzarakis A, Mayer H (1997) Heat stress in Greece. *Int J Biometeorol*, 41, 34–39.
- Matzarakis A, Nastos (2011) Analysis of tourism potential for Crete Island, Greece. *Global NEST Journal*, Vol 13, No 2, pp 141-149
- Matzarakis A, Hämmerle M, Koch E, Rudel E (2012) The climate tourism potential of Alpine destinations using the example of Sonnblick, Rauris and Salzburg. *Theor Appl Climatol* 110:645–658
- Matzarakis A, Mayer H, Iziomon M G (1999) Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. *Int J Biometeorol* 43:76–84
- Matzarakis A, Rammelberg J, Junk J (2013) Assessment of thermal bioclimate and tourism climate potential for central Europe - the example of Luxembourg. *Theor Appl Climatol* 114:193–202
- Matzarakis A, Rutz F, Mayer H (2000) Estimation and calculation of the mean radiant temperature within urban structures. In: de Dear, R.J., Kalma, J.D., Oke, T.R. and Auliciems, A. (eds), *Biometeorology and Urban Climatology at the Turn of the Millennium: Selected Papers from the Conference ICB-ICUC'99, Sydney*. Geneve WCASP-50, WMO/TD No. 1026. 273–278.
- Matzarakis A, Rutz F, Mayer H (2007) Modeling radiation fluxes in simple and complex environments - application of the RayMan model. *Int J Biometeorol* 51:323–334
- Matzarakis A, Schneevogt T, Matuschek O, Endler C (2010) Transfer of climate information for tourism and recreation-the CTIS software. In: Matzarakis A, Mayer H, Chmielewski FM (eds) *Proceedings of the 7th Conference on Biometeorology*. Berichte des Meteorologischen Instituts der Universität Freiburg, 20: 392–397
- Matzarakis A., 2007. Assessment method for climate and tourism based on daily data. In: Matzarakis, A., de Freitas, C.R. and Scott, D. (eds), *Developments in Tourism Climatology*. Commission Climate, Tourism and Recreation, International Society of Biometeorology, Freiburg. 52–58.

- Mayer H, Höppe P (1987) Thermal comfort of man in different urban environments. *Theor Appl Climatol* 38:43–49
- Mieczkowski Z (1985) The tourism climate index: a method for evaluating world climates for tourism. *Can Geogr* 29:220–233
- Morgan R, Gatell E, Junyent R, Micallef A, Özhan E, Williams A (2000) An improved user-based beach climate index. *J Coast Conserv* 6:41–50
- Nastos P T, Bleta A G, Matsangouras I T (2016) Human thermal perception related to Föhn winds due to Saharan dust outbreaks in Crete Island, Greece *Theor Appl Climatol* DOI 10.1007/s00704-015-1724-3
- Németh Á (2013) Estimation of tourism climate in the Lake Balaton region, Hungary *Journal of Environmental Geography* 6 (1–2), 49–55. DOI: 10.2478/v10326-012-0006-0 ISSN: 2060-467X
- Németh Á, Schlanger V, Katona Á (2007) Variations of thermal bioclimate in the Lake Balaton tourism region (Hungary) *Developments in Tourism Climatology* – Matzarakis A, de Freitas C R, Scott D.
- Perry AH (2000) Impacts of climate change on tourism in the Mediterranean: adaptive responses. 35.2000, Fondazione Eni Enrico Mattei 1380 *Int J Biometeorol* (2014) 58:1369–1381
- Perry AH (2001) More heat and drought—can Mediterranean tourism survive and prosper? In: Matzarakis A, de Freitas CR (eds) *Proceedings of the first international workshop on climate, tourism and recreation*. pp 35–40
- Piticar A, Mihăilă D, Lazurca L G, Bistricean P I, Puțuncică A, Briciu A-E (2015), Spatiotemporal distribution of reference evapotranspiration in the Republic of Moldova, *Theor Appl Climatol*, DOI 10.1007/s00704-015-1490-2
- Romanian Statistical Yearbook, National Institute of Statistics (2015), p. 684, http://www.insse.ro/cms/sites/default/files/field/publicatii/anuarul_statistic_al_romaniei_1.pdf
- Romanian Tourism Statistical Abstract, National Institute of Statistics (2016), p. 68, http://www.insse.ro/cms/sites/default/files/field/publicatii/turismul_romaniei_2016.pdf
- Salmi T, Maatta A, Anttila P, Ruoho-Airola T, Amnell T (2002) Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimates – The Excel template application MAKESENS. *Publications on Air Quality* 31: Report Code FMIAQ-31
- Scott D (2011) Why sustainable tourism must address climate change. *J Sustain Tour* 19:17–34
- Scott D, de Freitas CR, Matzarakis A (2009) *Adaptation in the tourism and recreation sector. Biometeorology for adaptation to climate variability and change*. Springer Science + Business Media B.V., 2009
- Sen PK (1968) Estimates of the regression coefficient based on Kendall's Tau. *J Am Stat Assoc* 63:1379–1389
- Shiue I, Matzarakis A (2011) Climate and tourism in the hunter region, Australia in the early 21st century. *Int J Biometeorol* 55:565–574
- Teodoreanu E, Mihaila D (2012) Is the bioclimate of Suceava Plateau comfortable or uncomfortable? Analysis based on TEE and THI, *Present Environment and Sustainable Development*, VOL. 6, no. 1, 2012, <http://pesd.ro/articole/nr.6/201BSPCUABTT02062012205218.pdf>
- Teodoreanu E, Mihaila D (2012) Is the bioclimate of the Suceava Plateau comfortable or uncomfortable? Analysis based on Wind Cooling Power index and Skin and Lung Stress index, *Present Environment and Sustainable Development*, VOL. 6, no. 1, 2012, <http://pesd.ro/articole/nr.6/22IBSPCUABWCISLSI02062012229252.pdf>
- VDI (Verein Deutscher Ingenieure), 1998. *VDI 3787, Part I: Environmental Meteorology, Methods for the Human Biometeorological Evaluation of Climate and Air Quality for the Urban and Regional Planning at Regional Level. Part I: Climate*. Beuth, Berlin. 29 p.
- Vitt R, Gulyás Á and Matzarakis A (2015) Temporal Differences of Urban-Rural Human Biometeorological Factors for Planning and Tourism in Szeged, Hungary, *Hindawi Publishing Corporation, Advances in Meteorology*, Article ID 987576
- Zaninović K (ed) (2008) *Klimatski atlas Hrvatske Climate atlas of Croatia 1961–1990, 1971–2000*, ZT Zagraf, Zagreb
- Zaninović K, Matzarakis A (2007a) Biometeorological basis for Croatian tourism. In: Matzarakis A, de Freitas CR, Scott D (eds) *Developments in tourism climatology*. pp 24–28
- Zaninović K, Matzarakis A (2007b) Climatic changes in thermal comfort at the Adriatic coast. In: Amelung B, Blazejczyk K, Matzarakis A (eds) *Climate change and tourism: assessment and coping strategies*. pp 155–164

Zaninović K, Matzarakis A (2009) The bioclimatological leaflet as a means conveying climatological information to tourists and the tourism industry. Int J Biometeorol 53:369–374

Alte coordonate proiective ale cercetării viitoare există în prezent conturate, dar este destul de dificil să apreciem la acest moment ceea ce va rezerva viitorul.

Mulțumesc familiei, celor ce m-au sprijinit și tuturor colaboratorilor mei!
Conf. univ. dr. Dumitru MIHĂILĂ