***Titlu Proiect**: Fenomene meteorologice extreme asociate temperaturii aerului și precipitațiilor atmosferice în România*

***Cod proiect**: PN-II-RU-TE-2014-4-0736*

***Nr. contract**: 218/01.10.2015*

***Director de proiect**: conf. univ. dr. Adina-Eliza Croitoru*

Raport științific sintetic intermediar

În conformitate cu *Cererea de finanțare* a proiectului cu titlul ***Fenomene meteorologice extreme asociate temperaturii aerului și precipitațiilor atmosferice în România***, cod proiect PN-II-RU-TE-2014-4-0736, număr contract: 218/01.10.2015, și în conformitate cu actualizările făcute după obținerea finanțării și diminuării, respectiv a suplimentării bugetului pentru anul 2016, până la finalul etapei a doua au intrat în derulare toate obiectivele specifice ale proiectului:

O1: Constituirea bazelor de date climatice și stabilirea metodelor de analiză pentru realizarea obiectivelor 2, 3 și 4.

O2. Identificarea FMETP pe teritoriul României pentru intervalul 1961-2014;

O3. Analiza statistică a FMETP pe teritoriul României în intervalul 1961-2014;

O4. Analiza cauzelor dinamice ce au determinat producerea FMETP pe teritoriul României;

O5. Impactul FMETP în România;

O6. Evoluția FMETP în România pentru intervalul 2020-2100;

O7. Diseminarea rezultatelor științifice.

Pentru Obiectivul 1, prevăzut a se realiza prin intermediul a 5 activități, în cadrul etapei I de lucru (2015) s-au realizat 3 activități, stabilite a se realiza în planul de activitate al proiectului în primele 3 luni (1*.1. Alegerea stațiilor meteorologice și constituirea bazei de date climatice; 1.2. Constituirea bazei de date referitoare la indicii de teleconexiune ce influențează evoluția vremii pe teritoriul Europei; 1.3. Testarea omogenității șirurilor de date climatice*), iar în cadrul etapei a 2-a (2016) s-au realizat ultimele două activități: (*1.4. Testarea mai multor metode de identificare a FMETP prezentate în literatura de specialitate și alegerea celor mai potrivite*

pentru teritoriul României; 1.5. Realizarea unor aplicații soft pentru identificarea automată a FMETP);

În cadrul activității *1.1. Alegerea stațiilor meteorologice și constituirea bazei de date climatice* s-au ales 26 de stații meteorologice (Tabelul 1) și s-au consulatat și analizat comparativ bazele de date internaționale care cuprind informații climatice, respectiv date zilnice de observație ale temperaturilor extreme (minime și maxime) și ale precipitațiilor atmosferice înregistrate la stațiile meteorologice din România, pentru a constitui seriile de timp ce urmează să fie analizate ulterior în scopul identificării fenomenelor meteorologice extreme asociate temperaturii aerului și precipitațiilor atmosferice în România (FMETPRO). Astfel, s-au luat în considerare următoarele baze de date climatice:

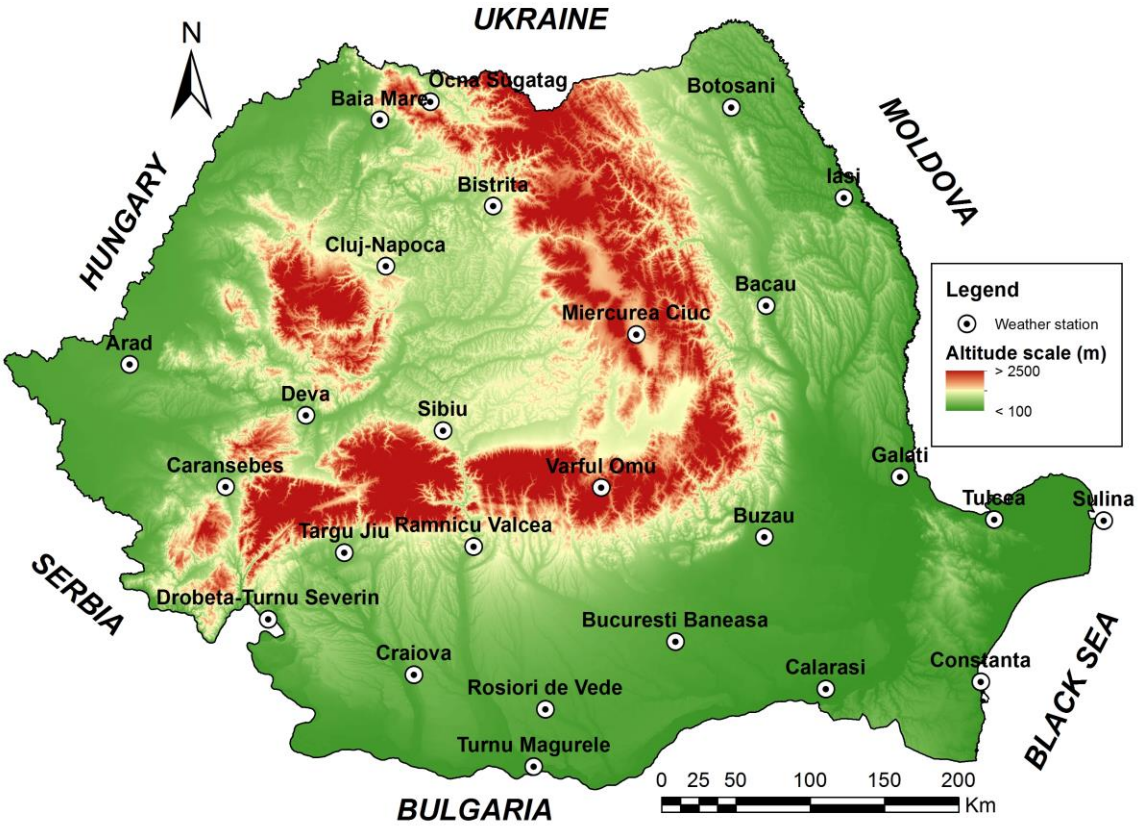

Fig. 1. Stațiile meteorologice alese pentru analiză

i. Baza de date a proiectului European Climate Assessment and Datasets (ECA&D), disponibilă gratuit la www.eca.knmi.nl (Klein Tank și colaboratorii, 2002);

ii. Baza de date disponibilă de pe site-ul *Reliable Prognosis* (http://rp5.ro) unde sunt incluse informații privind datele de observații având ca proveniență două surse: (1) serverul de schimb internațional de date al NOAA, SUA și (2) sistemul de transfer de date al Roshydromet (Serviciul Federal pentru Hidrometeorologie și Monitorizarea Mediului din Rusia); în ambele surse informațiile provin din mesajele de tip SYNOP transmise de stațiile meteorologice ale rețelelor naționale;

iii. Baza de date Meteomanz**,** disponibilă gratuit la http://www.meteomanz.com, furnizează date meteorologice de observație obținute din mesajele de tip SYNOP emise de stațiile meteorologice din rețeaua meteorologică mondială (stații cu număr de cod alocat de Organizația Meteorologică Mondială);

iv. Baza de date a Serviciului de Informații Meteorologice furnizate pe http://www.ogimet.com. Acesta folosește date gratuite din rețeua meteorologică, în principal provenite de la NOAA și folosește softuri de tip open source pentru procesarea și afișarea datelor;

În constituirea seriilor de timp pentru prezentul proiect s-a pornit de la considerentul de a alege stațiile cu seriile de timp cele mai lungi, astfel încât să acopere perioada propusă în cererea de finanțare (1961-2014). Dintre bazele de date mai sus-menționate, singura care furnizează informații pe termen lung este cea proiectului ECA&D. Datele din această bază de date există în două formate: blend și non-blend. Cele două șiruri coincid pentru perioada 1961-2009, iar pentru perioada 1961-1970, informațiile au fost verificate cu cele existente în anuarele meteorologice editate de Institutul Național de Meteorologie în perioada respectivă. Toate cele trei serii de date au coincis pe intervalul celor 10 ani analizați. Pentru intervalul 2010-2014, valorile non-blend lipsesc, iar valorile blend nu coincid cu baza de date a ANM (verificarea s-a făcut pentru 4 stații meteorologice arondate Centrului Meteorologic Transilvania Nord și Centrului Meteorologic Regional Oltenia). Prin urmare, din baza de date a proiectului ECA&D s-au preluat numai datele din seriile non-blend, înregistrate la 26 de stații meteorologice, toate făcând parte din rețeaua națională din România (tabelul 1), din intervalul 1961-2009. Întrucât ne-am propus să luăm în analiză și anul 2015, pentru intervalul 2010-2015 (până în 13 octombrie), seriile de timp s-au completat din celelalte baze de date, în prima etapă, iar perioada 14 octombrie – 31 decembrie 2015 s-a completat în etapa a II-a, după o procedură care va fi prezentată în detaliu în cele ce urmează.

Tabelul 1. Stațiile metorologice pentru care s-au realizat bazele de date zilnice pentru temperaturile minime și maxime și pentru cantităţile de precipitații atmosferice

Nr. crt.	Codul OMM al stației	Denumirea stației meteorologice	Latitudine	Longitudine	Altitudine (m)
1.	15200	Arad	46°08’15”	21°21’13”	108.0
2.	15150	Bacău	46°31’54”	26°54’45”	185.3
3.	15014	Baia Mare	47°39'39"	23°29'29"	216.0
4.	15085	Bistrița	47°08’56”	24°30’49”	367.5
5.	15020	Botoșani	47°44’08”	26°38’43”	162.4
6.	15420	București Băneasa	44°30’30”	26°04’02”	91.0
7.	15350	Buzău	45°07’57”	26°51’05”	98.2
8.	15460	Calarași	44°12’52”	27°20’18”	19.9
9.	15292	Caransebeș	45°25’01”	21°13’30”	242.2
10.	15120	Cluj-Napoca	46°46’39”	23°34’07”	410.4
11.	15480	Constanța	44°12’49”	28°38’41”	14.0
12.	15450	Craiova	44°18’36”	22°53’00”	192
13.	15230	Deva	45°51'52"	22°.53'55"	240.0
14.	15410	Drobeta Turnu Severin	44°47’34”	22°37’33”	78.2
15.	15310	Galați	45°28’23”	28°01’56”	70.4
16.	15090	Iași	47°10’15”	27°37’42”	103.4
17.	15170	Miercurea Ciuc	46°22’16”	25°46’21”	662.2
18.	15015	Ocna Șugatag	47°46'37"	23°56'25"	503.0
19.	15346	Râmnicu Valcea	45°05’19”	24°22’45”	238.2
20.	15470	Roșiorii de Vede	44°.06'26"	24°58'42"	102.0
21.	15260	Sibiu	45°47’21”	24°05’28”	444.2
22.	15360	Sulina	45°02'26"	23°16' 35"	3.0
23.	15340	Târgu Jiu	45°02’26”	21°16’35”	204.2
24.	15490	Turnu Măgurele	43°45’36”	24°52’41”	31.6
25.	15335	Tulcea	45°11’26”	28°49’26”	5.0
26.	15280	Vârfu Omu	45°26’45”	25°27’24”	2505.1

Compararea datelor pentru perioada comună din OGIMET și ECA&D non-blend (1999-2009) au relevat faptul că există diferențe ca valoare și decalaje în timp nesistematice între valorile celor două seturi, ceea ce a condus la renunțarea utilizării valorilor din Ogimnet pentru completarea seriilor de timp.

Pentru compararea datelor din perioada comună din ECA&D și RP5 (2006-2009), şi completarea celor lipsă din ECA&D, procedura a fost mai complicată și a presupus un consum mai mare de timp, întrucât pe site-ul *Reliable Prognosis 5 days* valorile nu sunt sintetizate totdeauna la nivel de zi, ci sunt numai datele provenite din decodificările mesajelor SYNOP, extragerea informațiilor necesare necesitând inițial realizarea unui algorim semi-automat, descris mai jos.

Astfel după descărcarea datelor de pe RP5, s-a folosit o metodologie de lucru, materializată sub forma unor formule și funcții matematice și logice, aplicate în programul de calcul tabelar Excel. S-a lucrat pe șirurile de temperaturi minime și maxime (formulele și funcțiile fiind aplicate pentru fiecare parametru în parte).

De menționat este faptul că, deși în formatul datelor de pe RP apar coloane separate destinate temperaturilor maximă și minimă, din analiza valorilor s-au observat neconcordanțe, astfel încât în coloana cu temperaturi normale orare s-au înregistrat valori mai mici, respectiv mai mari față de maximele/minimele existente în coloanele aferente, în intervale de 24 de ore.

Pașii de lucru au fost următorii:

1. S-a selectat coloana cu temperaturi normale și coloana cu datele calendaristice (plus ora la care s-a făcut observația);

2. S-au copiat într-un nou Sheet de lucru;

3. S-a selectat coloana cu datele, ulterior de la meniul **Data** s-a ales opțiunea ***Text to Columns→Fixed Width→Next→Next→***s-a selectat prima coloană, iar de la ***Date,*** s-a ales formatul ***DMY.*** S-a selectat a doua coloană și s-a bifat opțiunea ***Do not import column (skip), →Finish.*** Odată încheiat acest proces, de la ***Format Cells*** s-a ales o opțiune de format dată (fără oră);

4. S-au eliminat rândurile cu datele lipsă;

5. S-au aranjat datele în ordinea cronologică;

6. Din meniul ***Formulas*** s-a ales opțiunea ***Name Manager***, unde s-a dat câte un nume sugestiv pentru fiecare dintre cele două coloane (data calendaristică și temperatura). Odată deschisă noua fereastră de **Name Manager**, s-a selectat căsuța ***New***, unde apare o nouă fereastră denumită ***New Name***. La ***Name*** s-a ales o denumire sugestivă (Ex: pentru coloana cu valorile de temperatură: ***dataCj),*** iar la ***Refers to*** s-au selectat datele din coloana respectivă (fără celula cu capătul de tabel). Aceeași operațiune s-a realizat pentru ambele coloane.

7. Într-o coloană nouă s-au introdus datele calendaristice în ordine cronologică, începând cu prima zi din șirul de date (Ex: 02/01/2005) până în ziua de 08/31/2015. Acest pas a fost necesar, având în vedere faptul că în cealaltă coloană cu date existau mai multe celule cu date (reziduu de la datele + oră).

8. In coloana de lângă datele calendaristice completate la pasul anterior au fost calculate temperaturile maxime cu formula: = ***MAX(IF(DATE(YEAR****(numele dat coloanei de date),*

MONTH*(numele dat coloanei de date),* ***DAY****(numele dat coloanei de date)) = celula cu datele înscrise de la pasul 7, numele dat coloanei cu temperaturi)) urmată de* ***CTRL+SHIFT+ENTER*** (Pentru temperaturile minime, în formulă, în loc de ***MAX,*** s-a folosit funcția ***MIN)***. Formula funcționează dacă după apăsarea ***CTRL+SHIFT+ENTER*** aceasta apare între acolade.

9. Pașii 1-8 au fost repetați și pentru coloanele de dată și temperaturi minime.

10. Având în vedere că au existat zile în care nu au fost înregistrate valorile de temperatură sau au fost prea puține observații orare, în coloana cu temperaturi maxime (sub 4 valori), iar cele de maxime/minime au lipsit, s-a recurs la o metodologie de identificare a acestor zile. Aceste zile apăreau cu valoarea 0 după aplicarea formulei, fiind necesare verificări suplimentare, în sensul că trebuiau deosebite de acele zile în care efectiv valoarea de temperatură minimă/maximă înregistrată a fost 0.0 °C.

11. Pentru aceasta, s-au copiat cele două coloane cu date maxime obținute + coloana cu data de la pasul 7 într-un nou Sheet. Într-o coloană alăturată s-a introdus formula ***MAX/MIN*** obținându-se șirul cu temperaturi maxime/minime pentru stația respectivă.

12. Pentru identificarea datelor asupra cărora existau suspiciuni (cu valoarea 0.0), pentru cele două șiruri am aplicat formula ***IF,*** dând valoarea 0 pentru adevărat și valoarea 1 pentru fals.

13. Într-o coloană alăturată s-a folosit formula ***IF***, verificând dacă mulțimile celor două șiruri de date obținute prin aplicarea formulei ***IF*** de la pasul 12 coincid. Cele două atribute ale formulei au fost schimbate cu 1 pentru adevărat și 0 pentru fals.

14. S-a impus o verificare pentru datele calendaristice pentru care am obținut 0.0 la pasul anterior.

15. Aceeași formulă (***IF***) a fost aplicată și pentru șirul de date obținut din cele două coloane de temperaturi maxime/minime obținute prin pașii 1-8. Din nou au fost verificate acele valori adevărate (0 adevărat, 1 fals).

S-au completat astfel o parte din valorile lipsă din șirurile de date obținute din proiectul ECA&D. Cele mai multe date valide prin această metodă au fost completate în seriile de timp ale temperaturilor maxime zilnice, în timp ce cele mai puține au fost în seriile de precipitații.

Următoarea etapă a constat în completarea șirurilor de valori din platforma Meteomanz disponibilă pe http://www.meteomanz.com, după o procedură la fel de laborioasă cu cea prezentată anterior. Pașii urmați în acest procces au fost următorii:

1. Identificarea staţiilor meteorologice ale căror date se află în arhiva http://www.meteomanz.com, în format SYNOP, din lista stațiilor care există și în baza de date a proiectului ECA&D;

2. Descărcarea mesajelor sinoptice existente în arhiva http://www.meteomanz.com/;

3. Importarea mesajelor sinoptice în programul de calcul tabelar Excel;

4. Extragerea mesajelor sinoptice de la orele 06.00 şi 18.00 UTC, mesaje care conţin, pe lângă parametrii meteorologici de bază, şi următoarele elemente: temperatura maximă a aerului şi temperatura minimă a aerului pe un interval de 12 ore anterioare transmiterii mesajului, respectiv cantitatea de precipitaţii cumulată în ultimele 12 ore înainte de transmiterea mesajului, iar mesajul de ora 06.00 UTC conţine și cantitatea de precipitaţii cumulată pe ultimele 24 ore dinaintea transmiterii mesajelor;

5. Extragerea din mesajele sinoptice emise la orele 06.00 şi 18.00 UTC a parametrilor meteorologici de interes: temperatura maximă zilnică, temperatura minimă zilnică și cantitatea de precipitaţii cumulată pe ultimele 12 ore, iar din cel de la ora 06.00 UTC şi a cantităţii de precipitaţii cumulată pe ultimele 24 ore; procedeul de extragere a valorilor parametrilor meteorologici este mai complex și a presupus decodificarea mesajelor SYNOP transmise codificat în telegrama meteorologică;

În scopul stabilirii valorilor maxime şi minime ale temperaturii şi a cantităţii de precipitaţii pentru ziua climatologică (ora 17.30 UTC a zilei anterioare până la ora 17.30 UTC a zilei curente) s-au parcurs următoarele etape:

a. Pentru calcularea *temperaturilor extreme zilnice* din mesajele sinoptice emise la orele 06.00 şi 18.00 UTC ale zilei curente s-a determinat valoarea cea mai mare a temperaturii maxime, respectiv cea mai mică a temperaturii minime pe intervalul de 12 ore, astfel încât s-a obţinut valoarea maximă, respectiv minimă a temperaturii aerului pe ziua climatologică respectivă;

b. Pentru calcularea *cantităţilor zilnice de precipitaţii* s-au extras valorile cantităţilor de precipitaţii cumulate în ultimele 12 ore din mesajele sinoptice de orele 06.00 şi 18.00 UTC şi a cantităţilor de precipitaţii cumulate pe ultimele 24 ore din mesajul sinoptic emis la ora 06.00 UTC; ulterior din cantitatea de precipitaţii cumulată pe ultimele 24 ore și transmisă în mesajul sinoptic de la ora 06.00 UTC ziua curentă, s-a scăzut cantitatea de precipitaţii înregistrată pe 12 ore și transmisă la ora 18.00 UTC în ziua anterioară, rezultând astfel cantitatea de precipitaţii

pentru intervalul 18.00 UTC ziua anterioară - 06.00 UTC ziua curentă; aceasta s-a însumat cu cantitatea de precipitaţii măsurată în intervalul 06.00 - 18.00 UTC ziua curentă, rezultând cantitatea de precipitaţii pentru ziua climatologică curentă. Pentru verificarea cantităţilor de precipitaţii determinate prin această metodă s-au însumat cantităţile de precipitaţii cumulate pe ultimele 12 ore măsurate la orele 06.00 şi 18.00 UTC din ziua curentă.

Prin metodologia prezentată s-a reuşit completarea, în mare măsură, a șirurilor de valori de temperaturi extreme și precipitații zilnice până în 31 decembrie 2015. Pentru stațiile meteorologice la care valorile lipsă rămase au depășit 5 % (Turnu Măgurele și Târgu Jiu) au fost achiziționate din fondurile proiectului în prima parte a anului 2016 de la Adminsitrația Națională de Meteorologie.

Activitatea 1.2. *Constituirea bazei de date referitoare la indicii de teleconexiune ce influențează evoluția vremii pe teritoriul Europei* prevăzută a se desfășura în prima lună a proiectului s-a realizat conform calendarului.

Alături de analiza sinoptică, indicii de teleconexiune sunt foarte importanți pentru identificarea condițiilor dinamice de producere a FMETPRO, cele două tipuri de analize completându-se reciproc.

S-au identificat și extras din baza de date a Centrului de Prevedere Climatică al NOAA (www.nfc.noaa.gov) șirurile de date lunare a 10 indici de teleconexiune pentru a se testa ulterior corelațiile dintre aceștia și numărul lunar de zile cu FMETPRO pentru intervalul 1961-2015. Astfel, indicii utilizați sunt: North Atlantic Oscillation (NAO), Atlantic Oscillation (AO), East Atlantic Pattern (EA), East Atlantic-Western Russia (EA-WR), Scandinavia Pattern (SCAND), West Pacific Pattern (WP), EastPacific/ North Pacific Pattern (EP/NP), Pacific/ North American Pattern (PNA), Tropical/ Northern Hemisphere Pattern (TNH).

De asemenea, pentru indicii considerați cei mai importanți pentru climatul și evoluția vremii în Europa (NAO și AO) s-au descărcat datele zilnice din întreg intervalul vizat pentru analiza FMETPRO pentru intervalul 1961-2015.

Pentru lunile noiembrie-decembrie 2015, bazele de date au fost actualizate la începutul anului 2016.

Activitatea 1.3. *Testarea omogenității șirurilor de date climatice* a presupus două etape:

controlul calității datelor și testarea omogenității șirurilor de date utilizate.

a. *Controlul calității datelor* se efectuează pentru a detecta erorile grosolane individuale din șirurile de date utilizate, apărute mai ales în perioadele în care măsurătorile nu se făceau în mod automat, ci de către personal specializat, iar datele erau introduse manual în bazele de date. Este vorba, în special, de perioada de dinainte de 1998 când, în România, toate stațiile meteorologice funcționau cu platformă și aparatură clasică.

Astfel, pentru controlul calității datelor referitoare la temperaturile maxime zilnice s-a considerat că o valoare este validă, dacă ea îndeplinește simultan următoarele 7 condiții:

- să depășească -38.5°C (valoarea minimă absolută validată de ANM pentru teritoriul României);
- să fie mai mică decât 44.5°C (valoarea maximă absolută validată de ANM pentru teritoriul României);
- să fie mai mare sau egală cu temperatura minimă a zilei respective;
- să fie mai mică decât temperatura medie a maximelor zilnice pe termen lung (1961-2015) a zilei respective plus de 5 ori abaterea standard (calculată pentru un interval de 5 zile centrat pentru ziua pentru care se face analiza);
- să fie mai mare decât temperatura medie a maximelor zilnice pe termen lung (1961-2015) pentru ziua respectivă minus de 5 ori abaterea standard (calculată pentru un interval de 5 zile centrat pentru ziua pentru care se face analiza);
- să nu lipsească mai mult de 5 % din toate datele posibil a fi înregistrate în intervalul analizat (1961-2015).

Pentru temperaturile minime zilnice s-au aplicat condiții similare de control al calității datelor:

- să depășească -38.5°C (valoarea minimă absolută validată de ANM pentru teritoriul României);
- să fie mai mică decât 44.5°C (valoarea maximă absolută validată de ANM pentru teritoriul României);
- să fie mai mică sau cel mult egală cu temperatura maximă a zilei respective;
- să fie mai mică decât temperatura medie a minimelor zilnice pe termen lung (1961-2015) a zilei respective plus de 5 ori abaterea standard (calculată pentru un interval de 5 zile centrat pentru ziua pentru care se face analiza);

- să fie mai mare decât temperatura medie a minimelor zilnice pe termen lung (1961-2015) pentru ziua respectivă minus de 5 ori abaterea standard (calculată pentru un interval de 5 zile centrat pentru ziua pentru care se face analiza);
- să nu lipsească mai mult de 5 % din toate datele posibil a fi înregistrate în intervalul analizat (1961-2015).

În cazul precipitațiilor atmosferice, s-au adoptat următoarele condiții de control al calității datelor:

- să aibă valori mai mari sau egale cu 0.0 mm;
- să fie mai mici de 300.0 mm;
- să nu fie repetitive (ex. aceeași sumă) pentru un șir de 10 zile în cazul în care cantitatea depășește 1.0 mm;
- să nu fie repetitive (ex. aceeași sumă) pentru un șir de 5 zile în cazul în care cantitatea depășește 5.0 mm.

În cazul ultimelor două condiții, datele nu au fost excluse automat, ci urmează a fi confruntate cu valorile din baza de date a ANM.

Întrucât cea mai mare partea a seturilor de date statistice provin din baza de date a proiectului ECA&D, aceste condiții au fost adaptate după condițiile utilizate pentru controlul calității datelor referitoare la temperaturile zilnice extreme (minime și maxime), precum și al cantităților zilnice de precipitații, implementat în cadrul proiectului ECA&D. Modificările au ținut cont de valorile maximă și minimă absolută ale temperaturii aerului înregistrate în România de la începutul măsurătorilor și până în prezent.

De asemenea, criteriul de acceptare a unei stații pentru acest studiu a fost lipsa a mai puțin de 5 % dintre toate datele posibil a fi înregistrate în intervalul analizat. În baza de date a proiectului ECA&D există 29 de stații din România cu date referitoare la temperaturile maxime și minime zilnice, precum și la cantitățile zilnice de precipitații, dar numai 26 dintre acestea au putut fi completate din bazele de date alternative.

b.Testarea omogenității seriilor de date permite identificarea unor modificări pe termen mediu și lung ce pot fi induse de factorii neclimatici (alții decât cei naturali: schimbarea programului de observații, schimbarea aparaturii cu care s-au efectuat observațiile, schimbarea locației stației, urbanizarea etc.). De aceea, pentru orice studiu care presupune evoluția în timp a

unei variabile meteo-climatice sau a unui inidicator dezvoltat pe baza unei/unor astfel de variabile, analiza omogenității setului/seturilor de date este o condiție preliminară obligatorie.

Deși foarte multe metode au fost dezvoltate până în prezent pentru testarea omogenității seriilor lunare și anuale de date climatice, pentru testarea seriilor zilnice de date climatice sunt relativ puține aplicații. Recent au fost dezvoltate metode și aplicații soft pentru testarea omogenității seriilor zilnice de date climatice (Klein Tank *et al*., 2002; Vincent *et al*., 2002).

Pentru testarea omogenității seriilor de timp ale temperaturilor extreme și cantităților zilnice de precipitații, s-a utilizat metodologia folosită în proiectul ECA&D, întrucât cele mai multe serii de timp au fost testate pentru omogenitate pentru intervalul 1950-ultimul an (2009, în cazul seriilor alese de noi) în proiectul mai sus-menționat. Astfel, Wijngaard *et al*. (2003) au testat statistic, cu rezultate bune, serii de timp pentru temperatura aerului pentru un interval de 99 de ani (1901-1999), iar metodologia propusă a fost adoptată pentru testarea tuturor seriilor din proiectul ECA&D.

Procedura urmează o abordare în doi pași. Întâi, seriile de timp sunt verificate cu patru teste de omogenitate: Standard Normal Homogeneity Test – SNH – (Alexandersson, 1986), Buishand Range test – BHR – (Buishand, 1982), Pettitt test – PET – (Pettitt, 1979) și Von Neumann Ratio test – VON – (Von Neumann, 1941). Apoi, rezultatele sunt sintetizate în trei clase: date utile/valide, date îndoielnice și date suspecte. Toate testele au ca ipoteză nulă faptul că, în seria variabilei testate, valorile sunt independente, cu aceeași distribuție (Wang and Feng, 2010). Ipoteza alternativă a trei dintre teste (SNH, BHR și PET) este că există o ruptură în șirul de valori. Anul în care s-a produs ruptura poate fi identificat cu ajutorul celor trei teste. Al patrulea test (VON) asumă sub ipoteza alternativă că o serie nu are o distribuție aleatorie și, de asemenea, nu permite identificarea anului în care se produce ruptura în medie (Wang and Feng, 2010).

Pentru testarea omogenității pentru intervalul 1961-2015, s-a folosit suplimentar, pe lângă testele mai sus menționate, și o aplicație specializată, RHtestV3, dezvoltată sub R (Wang and Feng, 2010) şi disponibilă gratuit (http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/software.shtml). Această aplicație folosește o tehnică de regresie în două faze pentru detectarea și ajustarea neomogenităților din seriile de temperatură.

Aceasta a fost dezvoltată pe baza 'penalized maximal *t* test' și 'penalized maximal *F* test' care sunt încorporate într-un algoritm de testare recursiv (Wang, 2008), luând în considerare o

autocorelație de 1 pas (dacă există) a seriei de timp analizate. Seriile de timp testate pot avea tendință staționară sau o tendință liniară de-a lungul întregii perioade de înregistrare.

Pentru testarea omogenității seturilor de date zilnice ale cantităților de precipitații s-a folosit aplicația RHtests_dlyPrcp (Wang and Feng, 2013) pentru a detecta posibilele schimbări generate de relocarea stațiilor sau de schimbarea instrumentației. Seriile de precipitații au fost astfel evaluate folosind PMF (penalized maximal F) (Wang, 2008).

Deși au fost identificate câteva puncte de schimbare, mai ales în cazul temperaturii aerului, simultaneitatea producerii lor la mai multe stații din țară (în special, la începutul anilor '80) și analiza metadatelor disponibile (program de măsurători, aparatura utilizată, modificarea locației) a impus validarea datelor din șirurile de date utilizate. Pentru stațiile cu date lipsă, testele de omogenitate se vor aplica din nou imediat după completarea șirurilor de valori.

În cadrul activității *1.4. Testarea mai multor metode de identificare a FMETP prezentate în literatura de specialitate şi alegerea celor mai potrivite pentru teritoriul României*, s-au luat în considerare două tipuri principale de metode pentru determinarea pragului de intensitate: metodele bazate pe praguri relative și metodele bazate pe praguri fixe. Pentru valurile de căldură și valurile de frig, ca prag de durată, pentru toate situațiile analizate, lungimea minimă a unui fenomen a fost de 3 zile consecutive.

Opţiunea de cel puţin trei zile consecutive pentru calcularea indicilor valurilor de căldură și ai valurilor de frig a fost justificată de studiile asupra reacţiilor organismului umane la instalarea condiţiilor de vreme extrem de călduroasă sau extrem de rece prin care este nevoie de o durată de cel puţin trei zile consecutive astfel încât rata mortalităţii să crească semnificativ deasupra ratei antecedente (Nairn şi Fawcett, 2015).

Din prima categorie, s-au testat două metode: metoda percentilelor, larg utilizată la nivel mondial în studiile științifice de specialitate, și metoda mediei +/- x.

Astfel, pentru valurile de căldură s-au luat în considerare pragurile relative ale percentilelor 90, 95 și 98, respectiv valoarea mediei multianuale plus 5 °C, iar pentru valurile de frig s-au luat în considerare pragurile percentilelor de 10, 5 si 2, respectiv valoarea temperaturii medii a zilei respective minus 5 °C. În funcție de pragul de intensitate ales pe baza percentilei au fost identificate trei tipuri de valuri de căldură, respectiv de frig: *valuri de căldură/frig moderate* identificate pe baza percentilei 90 respectiv a percentilei 10, *valuri de căldură/frig puternice*,

identificate pe baza percentilei 95, respectiv a percentilei 5, și *valuri de căldură/frig severe*, identificate pe baza percentilelor 98 respectiv 2.

Pentru identificarea și analiza valurilor de căldură și de frig s-au folosit și indicii realizați de Echipa de Experţi a Indicilor Climatici Specifici-Sectorial (EEICSS) a Comisiei de Climatologie şi Indici (CCI) a OMM, în cooperare cu experţi sectoriali în agrometeorologie, resurse de apă şi hidrologie şi sănătate, care au la bază parametrii valurilor de căldură și ai valurilor de frig precum intensitatea, durata şi frecvenţa (Alexander şi Herold, 2016).

Percentila a 90-a a fost implementată ca prag de intensitate, calculul acesteia bazându-se pe o fereastră de 15 zile centrată pe fiecare zi calendaristică (Alexander şi Herold, 2016). Calculul percentilei s-a făcut pe trei perioade de referinţă (1961-1990, 1971-2000 şi 1981-2010), dar pentru prelucrările ulterioare, s-a ales ca perioadă de referință numai 1981-2010.

Au fost utilizate două definiţii ale valurilor de căldură:

a) cel puţin trei zile consecutive în care TX > a 90-a percentilă (Tx90);

b) cel puţin trei zile consecutive în care TN > a 90-a percentilă (Tn90).

Factorul de încălzire extremă (Extreme heat factor – EHF) și *factorul de răcire extremă* (Extreme cold factor - ECF) au fost definiți de Nairn și Fawcett (2013) și Alexander și Herold (2016) și reprezintă un nou mod de a măsura/identifica valurile de căldură și de frig ținând cont atât de temperatura maximă, cât și de cea minimă. În general, acești indicatori sunt folosiți în studiile de impact ale celor două fenomene asupra sănătății umane, precum și a mortalității (Hatvani-Kovacs et al., 2016; Langlois et al., 2013; Perkins and Alexander, 2013).

Aceste prelucrări s-au realizat cu aplicația ClimPACT2 dezvoltată de Alexander şi Herold (2016). O versiune anterioară a aceluiaşi program a fost folosită cu succes de Keggenhoff et al. (2015) pentru detectarea valurilor de căldură în Georgia. Totuși pentru că aplicația calculează toți acești indici numai pentru perioada de vară extinsă (mai-septembrie), respectiv de iarnă extinsă (noiembrie-martie), a fost necesară și dezvoltarea unor aplicații soft proprii care vor fi prezentate la activitatea 1.5, acestea fiind prezentate ca livrabile ale acestei etape.

Totodată pentru valurile de căldură și valurile de frig s-au luat în considerare pragurile fixe, utilizate de ANM în mesajele de avertizare meteorologică: 32.5°C, 35.0 °C, 37.5 °C și 39.0 °C pentru valurile de căldură, și -10.0 °C, -12.5 °C, -15.0 °C și -17.5 °C pentru valurile de frig.

În ceea ce privește perioadele excedentare și respectiv cele deficitare pluviometric, s-au ales, de asemenea, praguri relative și praguri fixe. Dintre metodele care au la bază praguri

relative s-au testat cele în care pragul a fost calculat pe baza mediei zilnice multianuale și pe baza percentilelor. Metoda dezvoltată pe calculul percentilelor s-a dovedit neviabilă, ea scoțând în evidență un număr extreme de mic de perioade excedentare și deficitare pluviometric. Am reținut pentru prelucrări ulterioare metoda abaterii față de media zilnică multianuală, cu patru praguri de intensitate: +/-25 %, +/-50 %, +/-75% și +/-100%.

Pentru metoda pragurilor fixe s-au ales 7 praguri: 0.1 mm, 1.0 mm, 5.0 mm, 10.0 mm, 15.0 mm, 20.0 mm, 25.0 mm.

La precipitații, pe lângă perioadele de minimum 3 zile consecutive, s-au identificat și cantitățile maxime anuale și anotimpuale căzute în 24 de ore, întrucât acesta este un prag de referință pentru toate sintezele climatice care fac referire la precipitații excedentare.

Din punct de vedere al perioadei de referință pentru calculul percentilei, respectiv al normalei, s-au ales inițial trei perioade de câte 30 de ani (1961-1990, 1971-2000 și 1981-2010), dar pentru prelucrările ulterioare s-a reținut numai perioada 1981-2010.

Activitatea *1.5. Realizarea unor aplicații soft pentru identificarea automată a FMETP* s-a realizat în calendarul stabilit și s-a materializat prin patru aplicații software capabile să identifice automat valurile de căldură, valurile de frig, perioadele ploioase și perioadele secetoase, precum și să calculeze și să centralizeze valorile indicilor perioadelor critice din punct de vedere termic și pluviometric.

Aplicațiile au fost dezvoltate sub formă de template-uri în programul de calcul tabelar Excel, pe baza formulelor predefinite de program, dar și, în mediul de programare *Visual Basic*, pe baza limbajului de programare cu acelaşi nume. Astfel, aplicațiile realizează mai multe tipuri de procesare: în prima etapă, identifică toate evenimentele de un anumit tip (valuri de căldură, valuri de frig, perioade ploioase, perioade secetoase) cu data de început și cu data de sfârșit, temperatura/cantitatea de precipitații medie și cumulate pentru înteg intervalul; în etapa a doua, aplicațiile calculează indicii specifici definiți pentru analiza ulterioară a FMETP pentru fiecare an și anotimp: numărul de evenimente, durata cumulata (numărul total de zile dintr-un an/anotimp asociat fiecărui tip de fenomen), durata medie și maximă, cantitatea totală de precipitații cumulate în perioadele ploioase/secetoase, respectiv intensitatea medie și maximă a valurilor de căldură și de frig; pentru că prelucrările inițiale se fac la nivel fiecărei stații, în a treia etapa, aplicațiile fac centralizarea pentru toate stațiile procesate, afișând rezultatele într-o singură

foaie de lucru, în cazul aplicațiilor pentru precipitații și într-un fișier separat în cazul valurilor de căldură/frig.

Obiectivul specific 2 Identificarea FMETP pe teritoriul României pentru intervalul 1961-2015 a fost realizat integral, conform calendarului, în cadrul etapei a doua a proiectului. În cadrul acestui obiectiv, s-au identificat toate episoadele care pot fi încadrate în categoriile fenomeneleor abordate în acest studiu, creându-se astfel bazele de date de nivelul 2 cu care se va lucra în vederea îndeplinirii obiectivelor 3, 4 și 5 ale proiectului și care au fost structurate pentru fiecare stație pe anotimpuri și pe an. Obiectivul a fost îndeplinit prin intermediul a 4 activități:

Activitatea 2.1. Identificarea valurilor de căldură la fiecare stație meteorologică s-a realizat conform calendarului proiectului, cu ajutorul aplicației dezoltate pentru idenficarea valurilor de căldură. Au fost astfel generate seriile anuale și anotimpuale de valuri de căldură identificate atât pe baza pragurilor fixe, cât și pe baza pragurilor relative ce au servit ulterior la analiza statistică și de tendință a acestora.

Activitatea 2.2. Identificarea valurilor de frig la fiecare stație meteorologică pe baza metodelor alese s-a realizat conform calendarului proiectului, cu ajutorul aplicației dezoltate pentru identificarea valurilor de frig. S-au obținut astfel seriile anuale și anotimpuale de valuri de frig identificate atât pe baza pragurilor fixe, cât și pe baza pragurilor relative care au servit ulterior la analiza statistică și de tendință a acestora.

Activitatea 2.3. Identificarea perioadelor excedentare pluviometric la fiecare stație meteorologică pe baza metodelor alese s-a realizat conform calendarului proiectului, cu ajutorul aplicației dezoltate pentru identificarea perioadelor ploioase. Au fost astfel generate seriile anuale și anotimpuale de perioade ploioase identificate atât pe baza pragurilor fixe, cât și pe baza pragurilor relative care au servit ulterior la analiza statistică și de tendință a acestora.

Activitatea 2.4. Identificarea perioadelor deficitare pluviometric la fiecare stație meteorologică pe baza metodelor alese s-a realizat conform calendarului proiectului. Seriile de timp ale perioadelor deficitare pluviometric identificate atât pe baza pragurilor fixe și pe baza pragurilor relative s-au obținut prin procesarea datelor cu ajutorul aplicației dezvoltate pentru idenficarea perioadelor deficitare. Spre exemplificare, în *Tabelul 2*, prezentăm o sinteză a numărului de valuri de căldură și de frig identificate pe baza percentilei 90 (calculate pentru perioada de referință 1981-2010), respectiv și a perioadelor excedentare și deficitare pluviometric identificate

cu ajutorul abaterii procentuale față de normal perioadei 1981-2010 (+/-25 %). Ca o concluzie generală, la nivelul țării se constată faptul că numărul mediu multianual al valurilor de căldură este foarte apropiat de cel al valurilor de frig, în timp ce în cazul perioadelor excedentare și al celor deficitare se constată un număr mult mai mare de perioade excedentare pluviometric comparativ cu cel al perioadelor deficiatare (aproximativ 60%).

Tabelul 2. Numărul total de fenomene meteorologice extreme asociate temperaturii aerului și precipitațiilor atmosferice

Nr. Crt.	Stația meteorologică	Valuri de căldură	Valuri de frig	Perioade deficitare	Perioade excedentare
		(total nr. evenimente)	(total nr. evenimente)	(total nr. evenimente)	(total nr.evenimente)
1	**Arad**	278	219	464	312
2	**Bacău**	285	260	478	286
3	**Baia Mare**	324	283	446	397
4	**Bistriţa**	314	261	449	381
5	**Botoşani**	265	276	489	284
6	**Bucureşti**	267	214	554	265
7	**Buzău**	240	251	558	259
8	**Călăraşi**	249	252	556	243
9	**Caransebeș**	285	244	419	374
10	**Cluj-Napoca**	314	299	461	292
11	**Constanţa**	206	323	582	201
12	**Craiova**	291	327	523	281
13	**Deva**	297	300	447	287
14	**Drobeta Turnu Severin**	257	251	534	344
15	**Galați**	272	270	551	230
16	**Iași**	285	253	513	277
17	**Miercurea Ciuc**	294	206	446	317
18	**Ocna Șugatag**	300	274	416	401
19	**Râmnicu Vâlcea**	288	298	515	330
20	**Roșiori de Vede**	266	273	538	273
21	**Sibiu**	292	255	437	313
22	**Sulina**	205	287	588	189
23	**Tg.Jiu**	262	239	526	343
24	**Tulcea**	250	230	563	229
25	**Turnu Măgurele**	270	274	537	275
26	**Vf.Omu**	289	337	306	603
	Media	**274.8**	**267.5**	**496.0**	**307.2**

Obiectivul specific ***O3. Analiza statistică a FMETP pe teritoriul României în intervalul 1961-2015,*** așa cum era estimat în cererea de finanțare, a permis obținerea primelor rezultate ce au fost sintetizate sub forma unor articole științifice și trimise spre publicare la o revistă internațională cu factor de impact calculat și la un volum *Proceedings* ce urmează de asemenea, să fie indexat în baza de date Web of Science. Prima fază a analizei a constat în analiza statistică generală a seriilor de timp generate la obiectivul anterior, analiza climatologică simplă a indicatorilor preconizați (calcularea valorilor maxime și medii anuale și anotimpuale ale duratei, frecvenței și intensității, cu exemplificare în figurile 2 și 3), iar ulterior analiza a luat în calcul mai mulți indicatori decât era specificat în cererea de finanțare, în special, în cazul valurilor de căldură și a valurilor de frig. Această decizie a survenit datorită faptului că între momentul scrierii cererii de finanțare și momentul realizării activităților din acest obiectiv Echipa de Experţi pentru Definirea Indicilor Climatici Specifici-Sectorial (EEICSS) a Comisiei de Climatologie şi Indici (CCI) din cadrul Organizației Meteorologice Mondiale a publicat o nouă listă de indicatori pentru caracterizarea celor două tipuri de fenomene extreme pe baza căreia s-a realizat o noua aplicație sotware pentru identificarea acestora. Astfel, s-au analizat 20 indici complecși pe care noi i-am luat în analiză pentru a crește gradul de noutate și șansele de publicare a articolelor în reviste cât mai bine cotate (tabelul 3). Analiza acestora a presupus o interconectare a celor două activități ale obiectivului (Activitatea 3.1. Analiza duratei FMETP pe teritoriul României; 3.2. Analiza frecvenței anuale și anotimpuale a FMETP pe teritoriul României), la care s-a adăugat una suplimentară (Analiza intensității valurilor de căldură și de frig) cea mai mare parte dintre acești indicatori combinând parametrii (variabilele simple) ale fenomenelor extreme asociate temperaturii aerului.

În Tabelul 3 sunt sintetizate definițiile celor 20 de indici ai valurilor de căldură și ai valurilor de frig dezvoltați pe baza a cinci variabile și a celor patru tipuri de valuri de căldură și de frig prezentate mai sus (Croitoru et al., 2016, completat ulterior):

i. Amplitudinea valului de căldură (HWA) reprezintă ziua cea mai caldă a celui mai cald eveniment anual;

ii. Magnitudinea valului de căldură (HWM) este magnitudinea medie a tuturor valurilor de căldură dintr-un din perioada considerată (Mai-Sept);

iii. Numărul valurilor de căldură (HWN) reprezintă numărul anual de evenimente;

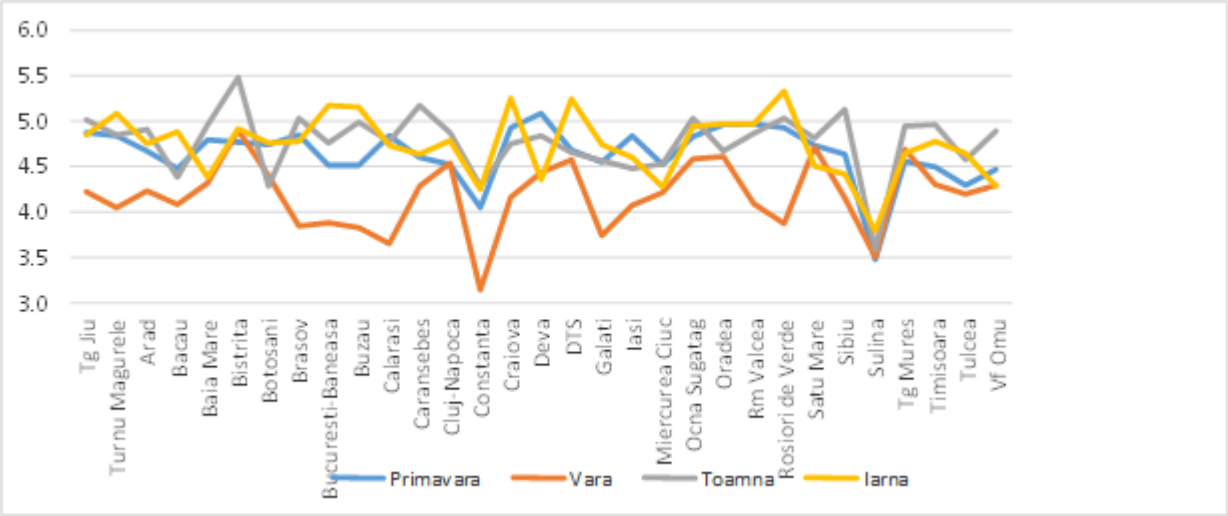

Fig. 2. Durata medie a valurilor de căldură identificate pe baza percentilei 90 calculată pentru perioada de referință 1981-2010

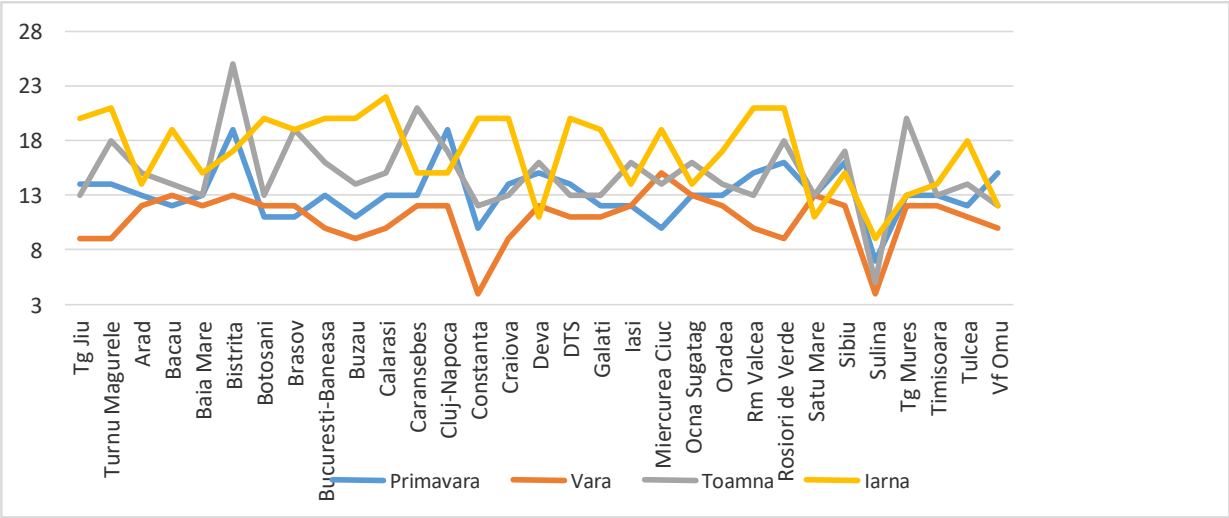

Fig. 3. Durata maximă a valurilor de căldură identificate pe baza percentilei 90 calculată pentru perioada de referință 1981-2010

iv. Durata valurilor de căldură (HWD) reprezintă durata celui mai lung val de căldură dintr-un an;

v. Frecvenţa (HWF) reprezintă suma zilelor incluse în valurile de căldură conform criteriei definiţiei.

Tabelul 3. Indicii valurilor de căldură EEICSS (după Alexander şi Herold, 2016, modificat și prezentat în Croitoru et al., 2016)

Variabila	Indice	Definiţie	Unitate de măsură
Amplitudinea (HWA)	Tx90	Cea mai ridicată valoare zilnică a celui mai călduros val de căldură dintr-un an calculat pe baza TX	ºC
	Tn90	Cea mai ridicată valoare zilnică a celui mai călduros val de căldură dintr-un an calculată pe baza TN	oC
	EHF_ HWA	Cea mai mare temperatură maximă zilnică din cadrul celui mai cald val de căldură	°C2
	ECF_ CWA	Ce amia scăzută temperature minima zilnică din cel mai rece val de frig	°C2
Magnitudinea (HWM)	Tx90	Temperatura medie a tuturor valurilor de căldură dintr-un an calculate pe baza TX și identificate cu HWN	ºC
	Tn90	Temperatura medie a tuturor valurilor de căldură dintr-un an calculate pe baza TN și identificate cu HWN	oC
	EHF_ HWM	Temperature medie a tuturor valurilor de căldură identificate prin EHF_HWN și calculate pe baza EHF	°C2
	ECF_ CWM	Temperature medie a tuturor valurilor de firg identificate prin ECF_CWN și calculate pe baza ECF	°C2
Numărul (HWN)	Tx90	Numărul valurilor de căldură dintr-un an calculate pe baza TX	evenimente
	Tn90	Numărul valurilor de căldură dintr-un an calculate pe baza TN	evenimente
	ECF_ CWN	Numărul de valuri de frig identificate pe baza ECF produse în fiecare sezon extins de iarnă (noiembrie-martie)	evenimente
	EHF_ HWN	Numărul de valuri de căldură identificate pe baza EHF produse în fiecare sezon extins de vară (mai-septembrie)	evenimente
Durata (HWD)	Tx90	Durata celui mai lung val de căldură dintr-un an identificat cu HWN pe baza TX	zile
	Tn90	Durata celui mai lung val de căldură dintr-un an identificat cu HWN pe baza TN	zile
	EHF_ HWD	Duratea celui mai lung val de căldură identificat pe baza EHF_HWN	zile
	ECF_ CWD	Duratea celui mai lung val de frig identificat pe baza EHF_CWN	zile
Frecvenţa (HWF)	Tx90	Numărul de zile incluse în valurile de căldură dintr-un an identificate cu HWN pe baza TX	zile
	Tn90	Numărul de zile incluse în valurile de căldură dintr-un an identificate cu HWN pe baza TN	zile
	EHF_ HWF	Durata cumulată a valurilor de căldură identificate pe baza EHF_HWN	zile
	ECF_ CWF	Durata cumulată a valurilor de frig identificate pe baza ECF_CWN	zile

Pentru fenomenele meteorologice extreme associate precipitațiilor atmosferice, s-a analizat frecvența și durata pe clasele de intensități stabilite la activitatea 1.4 și rezultate prin prelucrarea datelor primare cu ajutorul aplicațiilor dezvoltate.

În activitatea 3.3. Probabilitatea de producere a FMETP pe teritoriul României s-a urmărit determinarea curbei de probabilitate care descrie variaţia şi perioada de producere a valorilor extreme anuale absolute pentru fiecare staţie, pe baza analizei de frecvenţă, folosindu-se programul Hyfran. În aces sens, fiecare şir de date a fost analizat pentru a se stabili care funcţie statistică descrie cel mai bine variaţia, folosindu-se criteriul omogenităţii spaţiale şi criteriile numerice AIC (Criteriul Informaţional Akaike) şi BIC (Criteriul Informaţional Bayesian), precum şi testul Chi pătrat. În cazul precipitațiilor, s-a determinat variaţia anuală a următorilor 5 parametri: număr total de perioade, număr anual de zile, durata perioadei maxime, cantitatea totală şi cantitatea maximă; pragurile fixe utilizate au fost: 0,1 mm, 1.00 mm, 5.00 mm şi 10.00 mm.

În cazul pragului de 0,1 mm, numărul total de zile anuale deficitare prezintă, în general, o distribuţie Weibull, cu perioada de producere a valorilor maxime care variază între 26 şi 300 ani; în cazul numărului de perioade maxime, distribuţia este Gumbel în centrul şi estul ţării, respectiv Log Normal în sudul şi sud-estul României, cu perioada de revenire a valorilor maxime între 37 şi peste 500 ani. Pragul de 1 mm se caracterizează prin variaţie de tip Weibull, în cazul numărului total de zile şi al cantităţii totale anuale (cu timp maxim de revenire de până la 297 zile, la nivelul ţării aceasta fiind, în general, între 30 şi 100 ani), respectiv Inverse Gamma, în cazul perioadelor maxime anuale şi Gamma/Gumbel, în cazul cantitaţii maxime anuale. În cazul perioadelor cu pragul de 5.00 mm/zi s-a înregistrat o variaţie de tip Normal (număr anual de zile), respectiv Inverse Gamma şi Log Normal (perioade maxime anuale, cantitatea totală şi cantitatea maximă anuală), remarcându-se perioadele, în general, mici de revenire ale valorilor maxime (frecvent sub 100 ani). Pentru pragul de 10.0 mm, este caracteristică distribuţia Normal (total zile anual) şi Log Normal (perioade maxime anuale, cantitatea totală şi cantitatea maximă anuală), cu timp de revenire a valorilor maxime, în cea mai mare parte a situațiilor, sub 100 ani. În cazul tuturor pragurilor, timpul de revenire a valorilor minime este la scară anuală, ceea ce presupune că anual există probabilitatea statistică de înregistrare a acestora.

În final, în cadrul *Activităţii 3.4. Analiza tendinței de evoluție a FMETP pe teritoriul României în intervalul 1961-2015*, pentru toate seriile de indici generate, s-a calculat şi testat tendința de evoluție cu ajutorul diferitelor metode de estimare a pantelor și testare a tendințelor acestora (Mann-Kendall, pentru valurile de căldură și frig, și Mann-Kendall modified pentru

perioadele excedentare și deficitare pluviometric sau prin metoda celor mai mici pătrate și testul *t*). Semnificaţia statistică a tendinţelor a fost evaluată la nivelul de 5% ($p \leq 0,05$).

Concluzia generală în urma analizelor efectuate este că valurile de căldură înregistrează o tendință evidentă de creștere (statistic semnificativă) pentru cea mai mare partea a indicatorilor analizați, valurile de frig, în general, scad ca durată, în timp ce pentru perioadele excedentare și deficitare nu s-au înregistrat modificări semnificative. Exemplificări ale acestor rezultate sunt prezentate în figurile 4 -7.

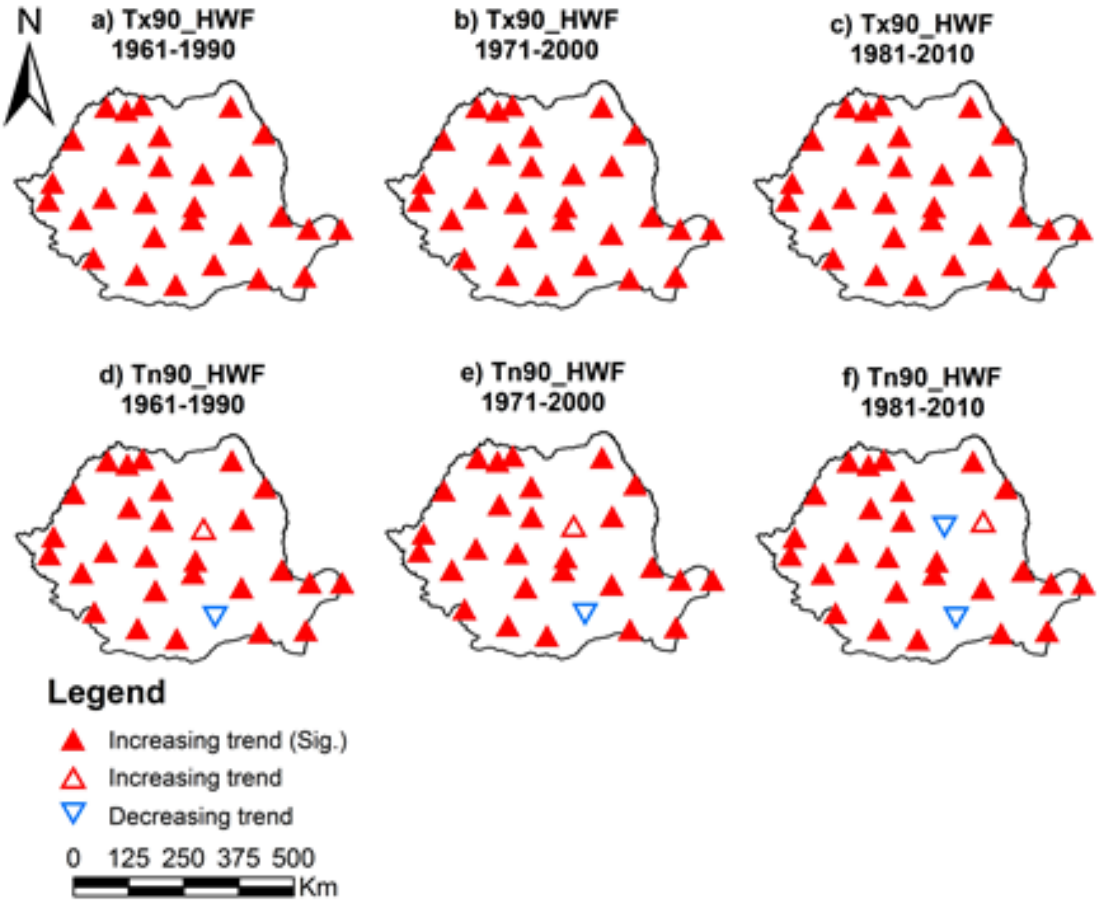

Fig. 4. Distribuția spațială a tendințelor indicilor calculați pe baza frecvenței pentru valurile de căldură (după Croitoru et al., 2016)

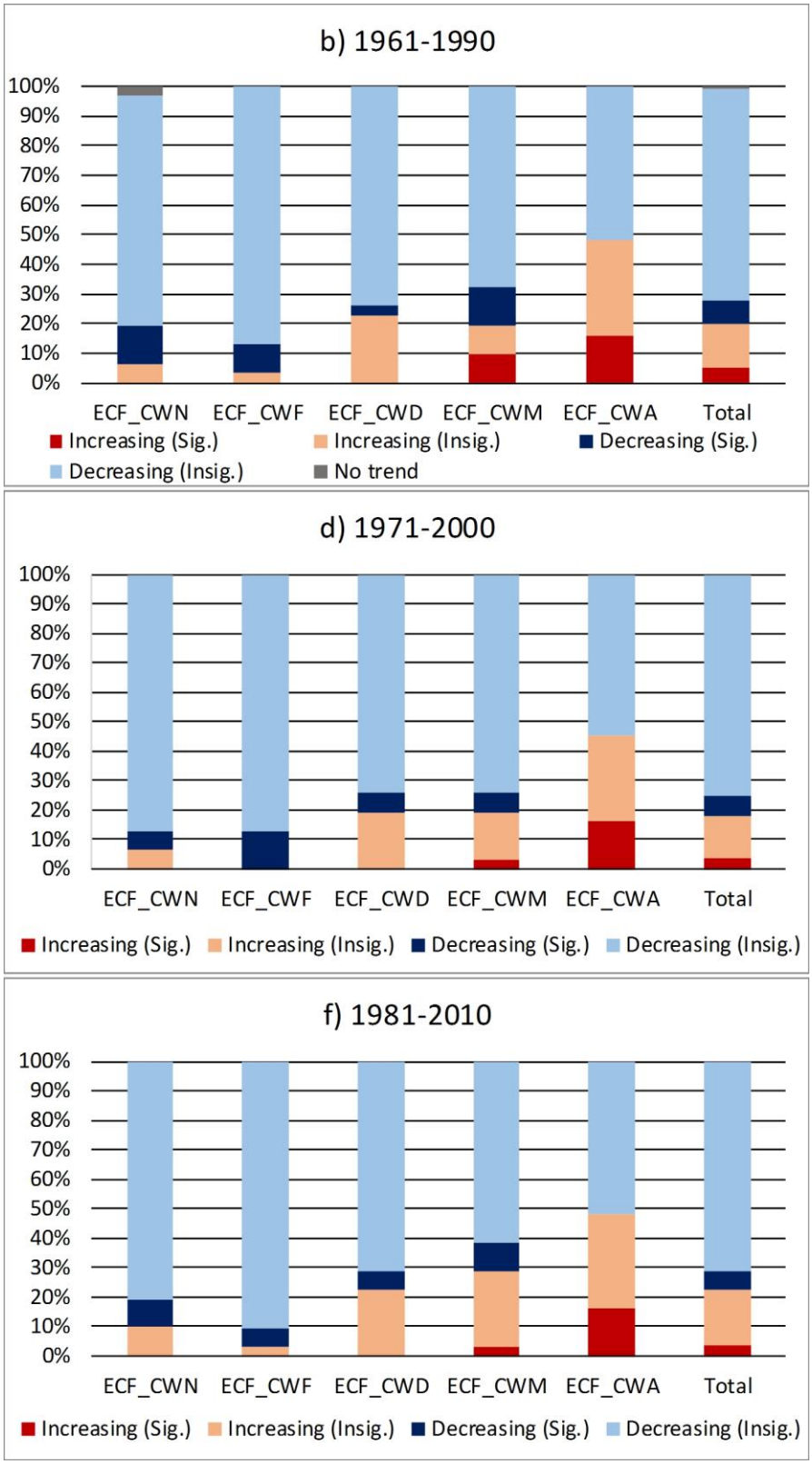

Fig. 5. Frecvența tendințelor detectate pentru indicii calculați pe baza Factorului de răcire excesivă pentru valurile de frig

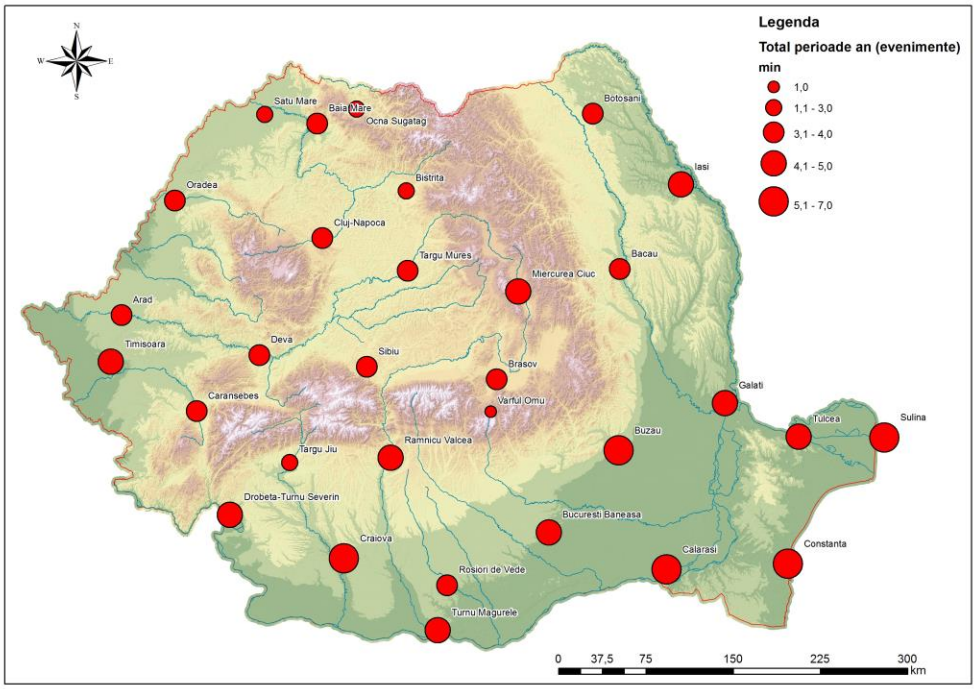

Fig. 6. Numărul mediu anual de perioade deficitare din punct de vedere pluviometric cu abaterea mai mare de 25 % față de media zilnică multianuală calculate pentru perioada de referință 1981-2010

Obiectivul specific ***O4. Analiza cauzelor dinamice ce au determinat producerea FMETP pe teritoriul României*** s-a realizat conform calendarului estimat, o parte dintre rezultate fiind deja pregătite pentru trimiterea spre publicare. Astfel, în cadrul *activității 4.1. Constituirea bazei de date cartografice pentru identificarea cauzelor sinoptice pentru fiecare dintre fenomenele considerate* s-a constituit baza de date cartografice conținând 20.088 de hărți ce au fost apoi utilizate în analiza sinoptică a situațiilor care au generat FMETP în Romania. În cadrul activității *4.2. Analiza tipurilor de situații sinoptice care au condus la producerea valurilor de căldură*, a valurilor de frig, a perioadelor excedentare pluviometric și a celor deficitare pluviometric pe teritoriul României, s-au sintetizat acele situații în care s-a produs un anumit tip de fenomen la cel puțin 70 % dintre stațiile meteorologice din România luate în studiu în acest proiect, pentru o perioadă comună de minimum 2 zile consecutive. Astfel, pentru perioadele cu valuri de căldură s-au luat în calcul un număr de 111 valuri de căldură, cumulând 423 de zile în intervalul 1961-2015. S-a constat astfel că valurile de căldură sunt induse de anomalii pozitive sau neutre în câmpul presiunii la nivelul mării, în special, în perioda de vară, în timp ce în

celelalte anotimpuri predomină condițiile ciclonice asociate cu advecții intense. Au fost identificate două tipuri majore de condiții genetice: i. radiativ-advective generând valuri de căldură prin încălzirea masei de aer prin radiație intense și ii. advectiv-radiative care generează valuri de căldură, în principal prin advecția unei mase de aer cald. Fiecare dintre aceste două tipuri majore au trei și respective 2 subtipuri. În cazul valurilor de frig, s-au analizat un număr de 78 de evenimente, cumulând 385 de zile ce au afectat întreg teritoriul României, cu o tendință accentuată de scădere în ultimele două decenii (fig. 7), în mod similar celei constatate în Europa Centrală (Lhotka&Kysely, 2015).

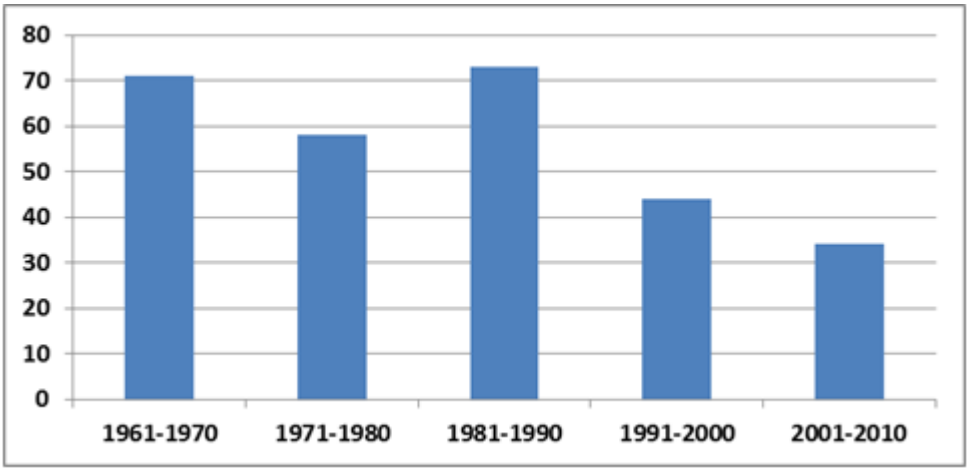

Fig. 7. Evoluția numărului de zile cu valuri de frig care au afectat întregul teritoriu al României

Ca și valurile de căldură, valurile de frig pe teritoriul României nu se pot instala fără producerea inițială a unei puternice advecții reci. Această advecție rece poate fi generată de invazia maselor de aer arctic pe tot parcursul anului, a celor de aer polar-continental pe parcursul iernii și a celor de aer polar-maritim pe parcursul perioadei calde a anului. Ulterior advecției inițiale, zilele încadrate în valuri de frig pot fi grupate în 3 categorii principale în funcție de mecanismul de scădere a temperaturii aerului: advective, radiative și advectiv-radiative. Mecanismele radiative predomină în perioada caldă a anului, iar cele advective se manifestă pe tot parcursul anului, cu o intensitate mai mare pe parcursul verii și în anotimpurile de tranziție.

Din punct de vedere dinamic, din analiza celor 78 de valuri de frig identificate la nivelul întregii țări, utilizând datele de reanaliză NCEP/NCAR (Kalnay et al., 1966), cca. 60% se produc predominant în condiții anticiclonale, fie sub influența unor centri barici anticiclonali ce încadrează teritoriul României, fie sub influența unor dorsale ale anticiclonilor continentali

extinse în SE Europei. Cel mai frecvent, la nivel annual, valurile de frig se produc în urma advecției maselor de aer arctice pe componentă nordică și nord vestică, aferentă circulațiilor polare la nivelul României, urmate de componenta estică sau nord-estică aferentă circulațiilor ultrapolare asociate instalării maximului baric est-european.

Cercetările noastre realizate pe un șir de date suficient de lung, confirmă faptul că prezența lanțului carpatic are o importanță majoră în extinderea teritorială a valurilor de frig pe care le limitează în anumite situații la regiunile extracarpatice ale României fapt reliefat de câteva studii anterioare (Donisă și Davidescu, 1972, Sfîcă, 2008).

De altfel, adăpostul orografic este cauza pentru care numărul de valuri de frig este cel mai mic în centrul țării (99 de valuri de frig în intervalul 1961-2015), față de regiunile extracarpatice și chiar față de vestul țării (peste 150 de valuri de frig în același interval). Din aceeași cauză, durata medie a valurilor de frig este mai mică în centrul țării (3.4 zile/val de frig) față de celelalte regiuni în care durata medie a unui val de frig este de 4.0…4.1 zile, iar cel mai lung val de frig este cuprins între 15 și 20 de zile în regiunile extracarpatice și în vestul țării, în timp ce în regiunea centrală cel mai lung val de frig nu a depășit 6 zile.

Pentru cantitățile de precipitații durata comună a fost diferită, datorită caracteristicilor temporale diferite ale fenomenelor analizate. Astfel, pentru perioadele excedentare s-au analizat perioadele de cel puțin 10 zile consecutive în care cantitatea de precipitații nu a depășit 1.00 mm și înregistrate simultan la cel puțin 70 % dintre stațiile meteorologice analizate, iar pentru perioadele excedentare pluviometric s-a ales ca prag de lungime comună perioada de 1 zi și pragul de intensitate de minimum 5.00 mm/zi. În aceste condiții, pentru situațiile deficitare s-au analizat 403 evenimente, cumulând un total de 6218 zile, iar pentru perioadele excedentare s-a analizat din punct de vedere sinoptic 164 perioade cumulând 170 de zile.

Analiza sinoptică a vizat și structurile sinoptice favorabile căderii unor cantităţi de precipitaţii mai mari de 25 mm/24 ore în România şi distribuţia regională a acestora. Astfel, în urma analizei au fost identificate 164 de situaţii, având următoarea structură regională: Regiunea Centru, 18 situaţii, Vest, 27 situaţii, Sud, 14 situaţii, Est, 43 situaţii şi Sud-Est, 62 situaţii. Pe de-o parte, se observă numărul redus al situaţiilor în cadrul regiunilor care au un număr mai mare de staţii meteorologice (Regiunea Centru si Sud), iar pe de altă parte, numărul mare în cazul regiunilor situate în proximitatea sursei de umezeală (Regiunea Est şi Sud-Est).

Structurile de altitudine cele mai frecvente sunt cea de tip talveg (47,6%), urmată de cea de tip „cut-off” (25,0%), respectiv nuclu „cut-off” în talveg (23,2%). Se remarcă forma relativ identică a distibuţiei tipurilor de structuri în cadrul tuturor regiunilor, exceptând Regiunea Centru şi Est unde situaţia de cucleu „cut-off” în talveg este mai frecventă decât cea se nucleu „cut-off”;

Din perspectiva strucurilor la sol, frecvenţa cea mai mare o au ciclonii mediteraneeni (34.8 %), urmaţi de situaţiile cu câmp de presiune scăzută (20.7), favorabil dezvoltărilor convective (instabilitatea de convecţie termică). Se remarcă ponderea ridicată a depresiunilor situate în proximitatea zonei Mării Negre (20.1 %) şi a celor de deasupra Mării Negre (4.9 %), care provin fie din reactivarea ciclonilor mediteraneeni, fie din ciclogeneza în zona Mării Negre. În cadrul fiecărei regiuni, frecvenţa cea mai ridicată o au ciclonii mediteraneeni, urmaţi de situaţiile cu câmp de presiune scăzut, exceptând Regiunea Est şi Sud-Est în care ponderea depresiunilor din zona Mării Negre au frecvenţă ridicată, egalând în unele situaţii pe cea a ciclonilor mediteraneeni. De asemenea, influenţa ciclonilor din zona Mării Negre se resimte aproape exclusiv în cadrul Regiunilor Est şi Sud-Est, şi într-o foarte mică măsură în centrul României.

Concordanţa dintre structurile sinoptice de altitudine şi cele de la nivelul solului este reliefată în fig. 3 în care se evidenţiază existenţa talvegului de altitudine în aproape toate situaţiile cu structuri la sol favorabile căderii unor cantităţi insemnate de precipitaţii, exceptând situaţia câmpului de presiune mediu, în care rolul important îl deţine situaţia cu difluenţă sau nucleu „cut-off”. De asemenea, difluenţa în altitudine este asociată câmpului de presiune mediu sau scăzută (fără nucleu ciclonic), respectiv situaţiei frontale, iar circulaţia zonală, exclusiv situaţiilor frontale.

Circulaţia aerului la nivelul troposferei medii, în cazul situaţiilor cu cantitaţi de precipitaţii ≥ 25 mm/24 ore, este din sud (37.2%), sud-vest (29.9%) şi sud-est (11.6%), sectorul sudic cumulând 78.7%. Acest lucru asigură un transport important de umezeală din bazinul mediteraneean, respectiv cel al Mării Negre precum, şi al structurilor depresionare. Raportul dintre circulaţia aerului în troposfera medie şi structurile sinoptice de altitudine remarca faptul că structura de tip talveg are asociată o circulaţie din sector sudic, sud-vestic şi vestic, iar cea de tip „cut-off”, circulaţia din sector sud-estic, estic şi nord-estic, în funcţie de poziţionarea nucleului de altitudine în raport cu regiunea afectată; difluenţa se caracterizează prin circulaţia din sector vestic (transport de moderat în umezeală), similar circulaţiei zonale.

Pentru situațiile excedentare din punct de vedere pluviometric, s-a constatat că cele mai mari cantități înregistrate în 24 h, se produc pe anumite tipuri caracteristice de circulație atmosferică. Astfel, s-au identificat 4 tipuri majore. Tipul 1 este caracterizat prin advecție dinspre sud și sud-vest pe ramura ascendentă anterioară a unui talveg in altitudine și printr-o arie de presiune scăzută la nivelul mării; tipul 2 caracterizat prin advecție dinspre vest este reprezentat de un talveg larg în troposfera mijlocie sau de un nucleu de tip cut-off sub care se dezvoltă la nivelul mării un ciclon mediteranean; tipul 3 corespunde advecției nordice și nord-vestice prin prezența deaspura României a părții posterioare a unui talveg intens de altitudine sau a unui nucleu de tip cut-off, în timp ce la nivelul mării, acționează o arie ciclonică sau chiar un front rece bine dezvoltat; pentru tipul 4, cel în care predomină circulația estică, sud-estică sau nord-estică, este specific un nucleu de tip cut-off în altitudine combinat cu o advecție din sector estic la nivelul solului (Tudose et al., 2016).

În cazul perioadelor deficitare, predomină în altitudine advecțiile sudice, mai ales în jumătatea caldă a anului, dar ele nu sunt excluse nici în jumătatea rece din an, în timp ce pentru perioada rece din an, perioadele deficitare cele mai lungi se asociază cu advecție estică și în multe situații se suprapun, ca durată, peste valurile de frig.

Pentru realizarea activității *4.3. Investigarea relațiilor cauzale care există între producerea fiecărui tip de FMETP pe teritoriul României și indicii de circulație la mezo- și macroscară*, s-au calculat coeficienții de corelație între numărul anual și sezonier de valuri de căldură, valuri de frig, perioade excedentare și deficiare pluviometric (cu o abatere de +/-25 % față de normal perioadei) și cei 10 indici de teleconexiune. Rezultatele indică valori foarte mici ale coeficienților atât pentru corelațiile realizate la nivel anual, cât și pentru cele realizate la nivel anotimpual (tabelul 4). Se constată faptul că cele mai bune corelații s-au înregistrat atât pentru valorile anuale, cât și pentru cele din timpul verii pentru valurile de căldură și valurile de frig cu East Atlantic Index (EA), în timp ce pentru perioadele deficitare indicii de corelație nu au depășit +/-0.31, iar valorile cele mai mari sunt specifice Oscilației Atlantice (AO) și caracterizează valorile anotimpurilor principale și pe cele anuale. Pentru perioadele excedentare, același patern este dominant pentru valorile anuale și pentru cele de iarnă, dar cu corelație inversă.

Tabelul 4. Coeficienții de corelație ai numărului anual de valuri de căldură, valuri de frig, perioade excedentare și perioade deficitare pluviometric cu indicia de teleconexiuni la mezzo-macro-scară

Indici de teleconexiune	AO	WP	EA	EP/NP	EA/WR	TNH	NAO	PNA	SCA	POL	PT
Iarna											
Valuri de căldură	0.14	-0.09	0.31	-0.10	-0.14	0.06	0.05	0.22	-0.15	-0.18	0.01
Valuri de frig	-0.17	0.14	-0.12	0.15	0.23	-0.07	-0.07	-0.04	0.10	0.06	-0.05
Perioade excedentare	-0.26	-0.03	0.04	-0.04	-0.16	-0.10	-0.23	0.09	0.01	0.00	0.15
Perioade deficitare	0.25	-0.04	-0.03	0.02	0.18	0.21	0.20	-0.12	0.06	0.03	-0.09
Primavara											
Valuri de căldură	0.07	-0.32	0.14	-0.11	0.07	-0.11	-0.03	0.01	0.01	0.08	-0.08
Valuri de frig	-0.16	0.12	-0.20	0.10	0.14	-0.08	-0.03	0.11	-0.01	0.03	0.02
Perioade excedentare	-0.09	0.05	-0.05	0.00	-0.14	0.00	-0.10	0.05	-0.02	-0.09	0.02
Perioade deficitare	0.01	-0.08	0.06	0.05	0.02	-0.02	0.04	0.06	-0.04	-0.03	-0.02
Vara											
Valuri de căldură	0.17	-0.16	0.40	-0.16	-0.23	0.10	-0.06	0.06	-0.21	-0.17	0.05
Valuri de frig	-0.11	0.11	-0.37	0.07	0.19	-0.10	0.07	-0.09	0.21	0.03	-0.28
Perioade excedentare	-0.08	-0.07	0.03	0.06	0.01	-0.10	-0.03	0.04	0.06	0.03	-0.04
Perioade deficitare	0.12	-0.02	0.10	-0.05	-0.11	0.06	0.04	-0.11	-0.12	-0.08	0.02
Toamna											
Valuri de căldură	-0.02	-0.05	0.17	-0.06	-0.13	0.04	-0.10	-0.15	-0.03	-0.01	0.27
Valuri de frig	0.10	0.12	-0.19	0.09	0.20	0.00	0.13	0.07	-0.10	0.08	-0.17
Perioade excedentare	-0.11	-0.07	0.05	0.07	-0.07	0.01	-0.13	0.03	0.11	-0.05	-0.04
Perioade deficitare	0.16	-0.07	-0.09	-0.02	0.09	0.14	0.17	-0.23	0.07	0.18	0.05
Annual											
Valuri de căldură	0.17	-0.23	0.46	-0.15	-0.19	0.06	-0.03	0.02	-0.14	-0.13	0.09
Valuri de frig	-0.17	0.21	-0.38	0.17	0.32	-0.14	0.02	0.01	0.11	0.09	-0.24
Perioade excedentare	-0.31	-0.05	-0.01	0.10	-0.17	-0.11	-0.24	0.11	0.12	-0.08	0.07
Perioade deficitare	0.26	-0.06	0.04	-0.05	0.05	0.17	0.18	-0.18	-0.09	0.02	0.02

Obiectivul specific 5 al proiectului ***O5. Impactul FMETP în România*** a fost început în etapa a 2-a și se va continua în etapa a 3-a (2017). Astfel, în etapa a 2-a s-a realizat *activitatea 5.1. Alegerea studiilor de caz* și este în curs de finalizare activitatea *5.2. Constituirea bazei de date cu efectele generate asupra mediului și societății de fiecare dintre fenomenele alese ca studii de caz*. Studiile de caz au fost alese astfel încât să acopere fenomenele de tip val de căldură, val de frig, secetă, iar în ceea ce privește precipitațiile excedentare, s-au ales atât situații cu precipitații lichide, care au generat inundații, cât și situații cu ninsori abundente care au generat înzăpeziri.

Cea mai mare parte a efectelor raportate s-au înregistrat în domeniul agriculturii, al transporturilor și al sănătății. Marea majoritate a informațiilor privind impactul fenomenelor provin din presă din perioadele producerii fenomenelor respective. Pe lângă aceste informații, subiective în anumite situații, s-a încercat detectarea impactului asupra mediului și prin metode obiective, respectiv prin analiza insulei de căldură urbană la nivelul Municipiului Cluj-Napoca în trei situații cu val de căldură, și prin detectarea gradului de ofilire a plantelor în sud-vestul României în două perioade secetoase (iunie 2000 și iunie 2007). Ultimele rezultate au fost deja publicate într-o revistă cu factor de impact calculat (Roșca et al., 2016). La sfârșitul anului 2016 este programat un studiu privind percepția turiștilor și a deținătorilor de infrastructură turistică asupra FMETP în Jud. Maramureș. De asenenea, s-a luat în calcul impactul precipitațiilor atmosferice asupra nivelului freatic (studiu de caz: nord-estul României). Pentru identificarea efectului variațiilor cantității de precipitații asupra nivelului freatic din partea de nord-est a României au fost realizate corelații între valorile lunare, sezoniere și anuale de la 36 de statii hidrogeologice gestionate de Administrația Bazinala pentru Apă Prut-Bârlad (nu există valori zilnice disponibile pentru nivelul freatic) și 3 statii meteorologice din cadrul rețelei de monitorizare a Administrației Naționale de Meteorologie (Klein Tanks et al., 2002). Au fost alese stațiile hidorgeologice și meteorologice care au avut un șir continuu de observații pentru perioada 1983-2014. Cele mai bune corelatii au fost identificate pentru anotimpurile de vară și de toamnă. In aceasta perioada precipitatiile sunt exclusiv sub forma lichida. Valoarea cea mai ridicată a coeficientilor de coraletie identificată este specific anotimpului de vară (up to 0.7), cand sunt generate precipitații convective care duc la o infiltrare rapidă a apei în subteran. La scară regională pentru anotimpurile de vară și de toamnă, au fost identificate corelații strânse pentru mai mult din 80% din perechile de șiruri analizate (82,6 pentru vară și 80,6 pentru toamnă) Coeficienții de coraleție ridicati identificați pentru anotimpul de toamnă pot fi explicați prin diminuarea efectului stratului de vegetația asupra infiltrarii apei în subteran. Valorile reduse ale corelatiilor calculate pentru anotimpul de iarna si de primavara (în general sub 0.3) reprezinta o consecinta directa a reducerii cantitatilor de precipitatii din ultimele decade inregistrate in aceste sezoane si a cantonarii apei provenite din precipitatii sub forma de strat de zapada si de gheata. Acest lucru permite o redistribuire a volumului de apa atmosferic în subteran între anotimpuri.

Obiectivul specific ***O6. Evoluția FMETP în România pentru intervalul 2020-2100*** a fost programat a se realiza prin intermediul a 5 activități, dintre care primele două (*6.1. Constituirea bazei de date geografice necesară pentru realizarea downscaling-ului din Modelele Climatice Globale și Regionale; 6.2. Calibrarea, testarea și validarea modelelor utilizate*) au fost prevăzute pentru etapa a 2-a.

În intervalul de timp dintre momentul depunerii cererii de finanțare și al implementării obiectivului mai sus-menționat, în cadrul proiectului Euro-CORDEX a fost îmbunătățită rezoluția spațială a output-urilor modelelor climatice regionale de la 25 km la 11 km. Prin urmare, activitatea de downscaling prevăzută inițial în proiect nu a mai fost necesar a se realiza (rezoluția asumată prin cererea de finanțare fiind de minimum 10 km), datele putând fi preluate direct din output-urile modelelor climatice regionale. În compensație, în loc de două modele de evoluție climatică, cum era prevăzut initial în cererea de finanțare, s-au luat în studiu 7, modele (ALADIN, RCA, CCLM, REMO2009, WRF, RACMO22, HIRHAM). La momentul finalizării etapei a 2-a, datele din modele au fost validate prin analiza comparative a datelor istorice din modele cu valorile observate pentru toate stațiile meteorologice utilizate în proiect. S-au calculat erorile și s-au aplicat corecțiile pentru datele modelate pentru intervalul 2020-2100, pentru scenariile 4.5 şi 8.5.

În cadrul obiectivului specific ***O7. Diseminarea rezultatelor***, în prima etapă s-a inițiat *activitatea 7.1. Construirea și actualizarea unui website al proiectului* care a fost continuată și în etapa a 2-a. Site-ul proiectului este activ și poate fi accesat la adresa: http://fmetpro.granturi.ubbcluj.ro. Cuprinde informațiile generale despre proiect, echipa proiectului, datele de contact și rezultatele obținute până la momentul prezentei raportări. *Activitatea 7.2. Participarea la 6 conferințe naționale* a început în etapa a 2-a și s-a concretizat până la momentul prezentei raportări prin 8 participări la conferințe științifice naționale cu participare internațională: *Perspectives of Geographical Approach on Territorial Development: Theories, Methods and Practices* 13-14 mai 2016, Universitatea de Vest din Timisoara (3 participări), *Present Environment and Sustainable Development*, 3-5 iunie 2016, Univeristatea Alexandru Ioan Cuza Iași, Romania (2 participări), A XXXVI-a ediție a *Seminarului Geografic Internațional Dimitrie Cantemir*, 21-23 octombrie, Universitatea Alexandru Ioan Cuza Iași (2

participări), *Geographic Information Systems Cluj-Napoca*, 28-29 octombrie 2016, Universitatea Babeș-Bolyai Cluj-Napoca (o participare).

Activitatea 7.3. Participarea la 5 conferințe internaționale a început în etapa a 2-a și s-a concretizat prin participarea la 3 conferințe științifice internaționale desfășurate în afara României: *16th edition of the SGEM International GeoConferences* (SGEM 2016) (28 iunie - 7 iulie 2016 Albena, Bulgaria), *XXIXe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie* (6-9 iulie 2016, Besançon, Franța), *The 33rd International Geographical Congress* (21-25 august 2016, Beijing, China).

Activitatea 7.4. Publicarea a 2 articole științifice în reviste internaționale cu factor de impact calculat a debutat în etapa a 2-a și s-a concretizat prin publicarea a două articole științifice cu rezultatele cercetării obținute până în prezent într-o revistă listată în top 25 % (categoria roșie), *Global and Planetary Change* (Croitoru et al., 2016), și într-o revistă listată în top 50 % (categoria galbenă), *Theoretical and Applied Climatology* (Roșca et al., 2016). De asemenea, un articol cu rezultatele obținute în cadrul proiectului a fost publicat în *SGEM2016 Conference Proceedings* (Tudose et al., 2016), ce urmează a fi indexat în baza de date internațională Thomson Reuters. Link-urile către articole se găsesc pe site-ul proiectului.

Activitatea 7.5. Publicarea unei cărți în limba engleză a fost și ea inițiată în etapa a 2-a și s-au redactat ca prim draft capitolele *Date utilizate* și capitolul *Metodologie.* Activitatea va continua în etapa a 3-a.

Activitatea 7.6. Realizarea unui Atlas al FMETP în România a debutat în etapa a 2-a și până la momentul prezentului raport s-au realizat 134 de hărți în format electronic. Activitatea va continua în etapa a 3-a.

Totodată, în cadrul proiectului a fost realizată o teză de disertație cu titlul *Perioade excedentare și deficitare pluviometric în Oltenia* de masteranda Scripcă Andreea Sabina care a făcut parte din echipa proiectului și sunt în derulare 3 teze de doctorat, *Perioade excedentare și deficitare pluviometric în centrul și vestul Românei*, autor drd. Harpa Gabriela Victoria, *Valurile de căldură și valurile de frig din centrul și vestul României*, autor drd. Ciupertea Antoniu-Flavius, *Variabilitate climatică și efecte induse asupra utilizării terenurilor în Câmpia Română (Sectorul Jiu-Olt),* autor drd. Florina-Cristina Roșca. Toți cei trei doctoranzi fac parte din echipa proiectului de cercetare.

Ca anexe la prezentul raport prezentăm:

Anaxa 1. Centralizator temperaturi maxime

Anexa 2. Centralizator temperature minime

Anexa 3. Centralizator precipitatii

Anexa 4. Baze de date secundare (FMETP identificate)

Anexa 5. Teza de disertatie

Anexa 6. Aplicatie pentru identificarea perioadelor deficitare pluviometric

Anexa 7. Aplicatie pentru identificare perioadelor excedentare pluviometric

Anexa 8. Aplicatie pentru identificarea valurilor de caldura

Anexa 9. Aplicatie pentru identificarea valurilor de frig.

Bibliografie

1. Alexander, L., Herold, N., 2016. ClimPACT2 Indices and software, The University of South Wales, Sidney, Australia. https://github.com/ARCCSS-extremes/climpact2.
2. Alexandersson H., 1986. A homogeneity test applied to precipitation data. *International Journal of Climatology* 6: 661–675.
3. Buishand T., 1982. Some methods for testing the homogeneity of rainfall records. *Journal of Hydrology* 58: 11–27.
4. **Croitoru A.E., Piticar A., Ciupertea A.F., Roşca C.F. 2016. Changes in heat waves indices in Romania over the period 1961–2015, Global and Planetary Change, Volume 146, November 2016, Pages 109–121. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2016.08.016.**
5. Donisă, I., Davidescu G., 1972, Le rôle du relief carpatique dans la détérmination de quelques particularités thérmiques du territoire de la Roumanie, Lucr. Celei de a V-a Conf. De Meteorolog. a Carpaţilor , 1971, I.M.H., Bucureşti.
6. Hatvani-Kovacs G., Belusko M., Pockett J., Boland J., 2016. Can the Excess heat Factor indicate heatwave-related morbidity. A case study in Adelaide, South Australia
7. Kalnay E., Kanamitsu M., Kistler R et al., 1996. The NCEP/NCAR reanalysis 40-yearproject., Bull. Amer. Met. Soc. 77, 437-471.
8. Keggenhoff, I., Elizbarashvili, M., King, L., 2015. Heat wave events over Georgia since 1961: Climatology, Changes and Severity. Climate 3, 308-328. DOI:10.3390/cli3020308
9. Klein Tank A.M.G. și colaboratorii, 2002. Daily dataset of 20th-century surface air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment. *Int. J. of Climatol*, 22, 1441-1453. Data and metadata available at http://www.ecad.eu
10. Langlois N., Herbst J., Mason K., Nairn J., Byard R., 2013. Using the Excess Heat Factor (EHF) to predict the risk of heat related deaths. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 20, 408-411
11. Lhotka O., Kysely J., 2015. Characterizing joint effects of spatial extent, temperature magnitude and duration of heat waves and cold spells over Central Europe. *Int. J. Climatol.*, 35, 1232-1244.

12. Nairn, J., Fawcett, R., 2013. Defining heatwaves: heatwave defined as a heat-impact event servicing all community and business sectors in Australia. Technical Report No. 60, The Centre for Australian Weather and Climate Research, Melbourne, Australia
13. Perkins, S.E., Alexander, L.V., 2013. On the measurement of heat waves. Journal of Climate 26, 4500-4517. DOI: 10.1175/JCLI-D-12-00383.1
14. Pettitt A.N., 1979. A non-parametric approach to the change point problem. *Applied Statistics* 28: 126–135.
15. **Rosca C.F., Harpa G.V., Croitoru A.E., Herbel I., Imbroane A.M., Burada D.C. 2016. The impact of climatic and non-climatic factors on land surface temperature in Southwestern Romania, Theoretical and Applied Climatology. Online first: DOI: 10.1007/s00704-016-1923-6**
16. Sfîcă, L., 2008, Synoptic conditions for the occurence of monthly extreme temperatures on Siret Corridor, An. Șt. Univ. Al.I.Cuza, tomLIV, s.II-c.
17. **Tudose T., Croitoru A.E., Harpa G.V., Scripca S.A. 2016. Some characteristics of maximum annual and seasonal quantities of rainfall registered in 24 Hours in Romania, SGEM2016 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7105-64-3 / ISSN 1314-2704, June 28 – July 6, 2016, Book4 Vol. 2, 555-562 pp. DOI: 10.5593/SGEM2016/B42/S19.071**
18. Vincent L.A., Zhang X., Bonsal B.R., Hogg W.D., 2002. Homogenization of daily temperatures over Canada. *Journal of Climate* 15: 1322–1334.
19. Von Neumann J., 1941. Distribution of the ratio of the mean successive difference to the variance. *The Annals of Mathematical Statistics* 12: 367–395.
20. Wang X.L., 2008. Penalized maximal F-test for detecting undocumented meanshifts without trend-change. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology 25 (3), 368-384.
21. Wang X.L., Feng Y., 2010. RHtestsV3 User Manual, Published online at http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/software.shtml January 2010 (updated in June 2010).
22. Wang X.L., Feng Y., 2013. RHtests_dlyPrcp User Manual. Published online at: http://etccdi.pacificclimate.org/software.shtml, 14 August 2013.
23. Wijngaard J.B., Klein Tank A.M.G., K¨onnen G.P., 2003. Homogeneity of 20th century European daily temperature and precipitation series. *International Journal of Climatology* 23: 679–692.

Director de proiect

Conf. univ. dr. Adina-Eliza Croitoru