

DEZASTRE NATURALE DE TIP FURTUNI SEVERE ÎN EUROPA: ANALIZA CAUZA-EFECT

Virginia CÂMPEANU

Abstract

For more than 100 years, from 1900 to 2008, there were almost 400 storms natural disasters in Europe, 40% of which occurred in the 1990s. The international prognoses for the world weather suggest a tendency toward increasing in frequency and intensity of the severe storms as the climate warms.

In these circumstances, for a researcher in the field of Environmental Economics, a natural question occurs, on whether people can contribute to reducing the frequency and the magnitude of severe storms that produce disastrous social and economic effects, by acting on their causes.

In researching an answer to support the public policies in the field, a cause-effect analysis applied to Europe might make a contribution to the literature in the field. This especially considering the fact that international literature regarding the factors influencing global warming contains certainties in regard to the natural factors of influence, but declared uncertainties or skepticism in regard to anthropogenic ones.

Skepticism, and even tension arised during the international negotiations in Copenhagen (December 2009) in regard to the agreement for limiting global warming, with doubts being raised about the methods used by experts of the International Climate Experts Group (GIEC), and thus the results obtained, which served as a basis for the negotiations. The object of critics was in regard to the form, and at times in regard to the content. It was not about contesting the phenomenon of Global warming during the negotiations, but the methods of calculation.

The methodology relies on qualitative (type *top down*) and quantitative (type *correlations bottom up*) cause-effect analysis of the storm disasters in Europe. Based on the instruments used, we proposed a dynamic model of association of the evolution of storm disasters in Europe with anthropogenic factors, with 3 variants.

Results: The diagram cause-effect (Ishikawa or *fishbone diagram*) and quantitative correlation of sub-factors, secondary and primary factors of storm disasters in Europe, revealed the priority of human actions to prevent and decrease natural disasters-type storm.

Key words: Environmental Economics, Natural Disasters, Storms, Europe, Global Warming

JEL classification: Q54-

Dr. Virginia Câmpeanu este cercetător principal la Institutul de Economie Mondială al Academiei Române, coordonator de proiect privind impactul economic și social al dezastrelor naturale în România, în context european. Totodată este prof univ la Universitatea Româno-Americană la disciplinele Dezvoltare durabilă și managementul mediului; Economia Integrării Europene.

Introducere

La sfârșitul lunii februarie 2010 un ciclon extra-tropical, numit Xyntia, a adus mari rafale de vânt și valuri uriașe pe coastele de vest ale Europei. Vântul, de forța unui uragan, a înregistrat viteze de peste 200 km/oră (241 km/oră în Franța), extinzându-se din Portugalia până în Olanda, pătrunzând departe de coastele Atlanticului până în centrul Parisului. Valurile înălțate de forța uraganului au atins 7-8 metri și au măturat coastele Franței, Portugaliei, Spaniei. Xyntia este considerat cel mai puternic ciclon extra-tropical din Europa de după Lothar (1999). Până la jumătatea lunii martie 2010 nu erau estimate toate pagubele economice și sociale produse de Xyntia, dar s-au raportat peste 60 persoane decedate (din care 50 în Franța, dar și în Germania, Belgia, Portugalia, Spania și Marea Britanie); 12 persoane dispărute; câte 1 milion gospodării avariate în Franța și Portugalia, căi ferate inundate în Franța și Spania, vehicule și acoperișuri de case distruse. Acesta a fost unul dintre numeroasele fenomene meteo extreme ce au avut loc în ultimii 20 de ani în Europa, timp în care cetățenii europeni s-au confruntat cu dezastre naturale tot mai frecvente și de intensitate ridicată, cu consecințe negative importante asupra oamenilor, clădirilor, infrastructurii și, în general asupra calității vieții.

Fenomenele meteo extreme sunt însă cunoscute din cele mai vechi timpuri, iar statisticile internaționale¹ conțin înregistrarea acestora de la începutul secolului 20. În baza raportărilor statistice, în intervalul 1900 – 2008, Europa a fost lovită de aproape 400 de furtuni cu caracter de dezastru natural², din care circa 40% au avut loc în decurs de numai 10 ani, în deceniul 1990 -1999 (154 evenimente). În aceeași perioadă, *România* a înregistrat 10 furtuni severe, țara noastră aflându-se pe locul 14 în clasamentul european al țărilor afectate și pe locul 3 în cel al regiunii Europa de Est. În anii 2000 România, la fel ca multe dintre țările europene, a fost afectată de fenomene meteo extreme tot mai numeroase, precum intensificări ale vântului, furtuni și tornade, dezastre naturale care au produs numeroase pagube materiale și pierderi de vieți omenești. Astfel, din cele 10 evenimente, mai mult de jumătate s-au produs în intervalul 2000 – 2008. Specialiștii sunt de părere că apariția acestor fenomene, nespecifice zonei climatice a României, este cauzată de creșterea

¹ CRED EM-DAT

² Criteriile (CRED EM-DAT) de încadrare a unei furtuni în categoria dezastrelor naturale sunt: cel puțin 10 persoane decedate/dispărute; și/sau 100 persoane afectate(rănite, rămase fără adăpost, evacuate/strămutate sau care au necesitat asistență în perioada de urgență, adică au cerut alimente, apă, asistență medicală, imediat după dezastru); și/sau zona afectată a avut nevoie de asistență de urgență/umanitară națională sau internațională

temperaturilor medii anuale (cu 0,6°C din 1901 până în 2000³), dar și de variațiile prea mari și prea bruște de temperatură.

Prognozele lansate pe plan mondial avansează ideea creșterii în viitor a frecvenței și magnitudinii evenimentelor meteo extreme de tip furtuni, însoțite de precipitații intense ce conduc la inundații și alunecări de terenuri, ca manifestare a încălzirii climei. Costurile sociale și economice ale dezastrelor naturale de tip furtuni sunt substanțiale, nu doar ca rezultat al pagubelor înregistrate când apar astfel de evenimente, ci și datorită eforturilor necesare pentru adaptare și redresare. În context european, *România face parte dintre țările vizate pentru creșterea în viitor a frecvenței evenimentelor meteo extreme* (al patrulea Raport al Grupului interguvernamental privind schimbările climatice al ONU, IPCC)⁴.

Pot oamenii să contribuie la reducerea frecvenței și magnitudinii furtunilor severe cu efecte dezastruoase, acționând asupra cauzelor determinante? Răspunsul l-am căutat prin analiza de tip cauză–efect aplicată la nivelul Europei.

Obiectivul general este analiza cauză – efect privind dezastrele meteorologice de tip furtuni în Europa, în contextul schimbărilor climatice globale induse de factori antropici, pentru sprijinirea politicilor publice în domeniu.

Înțelegerea cauzelor acestor catastrofe ar putea contribui la conceperea unor strategii și planuri de măsuri pentru diminuarea frecvenței fenomenelor meteo extreme pe de o parte și pentru optimizarea instrumentelor necesare administrării perioadelor de criză, pe de altă parte.

1. Metodologie

În analiza cauză-efect privind dezastrele naturale de tip furtuni severe a fost utilizată metoda calitativă și metoda cantitativă.

a) **Metoda calitativă de tip top-down:**

Instrumente utilizate: Diagrama cauză- efect (Ishikawa sau *fishbone diagram*)

Diagrama cauză- efect (Ishikawa) este un instrument grafic pe care l-am folosit pentru a explora și prezenta opinii privind cauzele procesului de creștere a frecvenței dezastrelor meteo de tip furtună în Europa. Diagrama ilustrează relațiile

³ Ghidul 29/2008 privind adaptarea la efectele schimbărilor climatice (GASC)

⁴ http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf

care se stabilesc între cauzele determinante pentru efectul de dezastru meteorologic.

Principalele etape parcurse în vederea elaborării diagramei Ishikawa sunt:

- I. *Identificarea problemei, formulată în termeni clari*: s-au identificat și analizat evenimentele majore de furtuni severe în Europa pe o perioadă de aproape 110 ani și pagubele materiale și sociale induse de acestea
- II. *Stabilirea cauzelor principale* ale problemei pe baza ipotezelor reieșite din literatura internațională de specialitate, cu relevarea cauzelor antropice și conectarea grafică, prin săgeți, a acestora la problema identificată;
- III. *Stabilirea cauzelor secundare ale fiecărei cauze principale* și conectarea grafică, prin săgeți, a acestora la cauzele principale;
- IV. *Analizarea și evaluarea cauzelor/sub-cauzelor.*

b) **Metoda cantitativă de tip bottom up:**

Instrumente utilizate: analiza statistică și corelarea între *cauze antropice* (consumuri energetice bazate pe combustibili fosili și emisii de gaze induse cu efect de seră) și *efect* (dezastre meteo de tip furtuni în Europa).

Atât analiza statistică, cât și corelarea se bazează pe evenimentele majore de furtuni severe înregistrate în Europa și cauzele principale (creșterea concentrației de gaze cu efect de seră în atmosferă), secundare (emisii de gaze cu efect de seră rezultate din activități antropice) și sub-cauze (consumuri energetice bazate pe combustibili fosili) în perioada 1980-2008.

În baza acestor instrumente, am elaborat un **model dinamic**⁵ de asociere a evoluției dezastrelor de tip furtună în Europa în 3 variante cu următoarele variabile:

- i. *Varianta 1 (V1)* de asociere a evoluției dezastrelor de tip furtună în Europa *având ca variabilă* sub-cauza *consumuri agregate de combustibili fosili*
- ii. *Varianta 2 (V2)* de asociere a evoluției dezastrelor de tip furtună în Europa *având ca variabilă* cauza secundară *nivelul emisiilor de gaze cu efect de seră (în echivalent CO₂)*, rezultate din activități antropice (consumuri de combustibili fosili).
- iii. *Varianta 3 (V3)* de asociere a evoluției dezastrelor de tip furtună în Europa *având ca variabile subcauzele, cauzele secundare și cauza principală- creșterea concentrației de gaze cu efect de seră în atmosferă.*

⁵ Model dinamic intitulat **Model IEM** (Institutul de Economie Mondială al Academiei Române)

2. Rezultatele analizei cauză- efect privind dezastrelle naturale de tip furtună în Europa

2.1 Analiza cauză-efect privind dezastrelle naturale de tip furtuni severe prin metoda calitativă

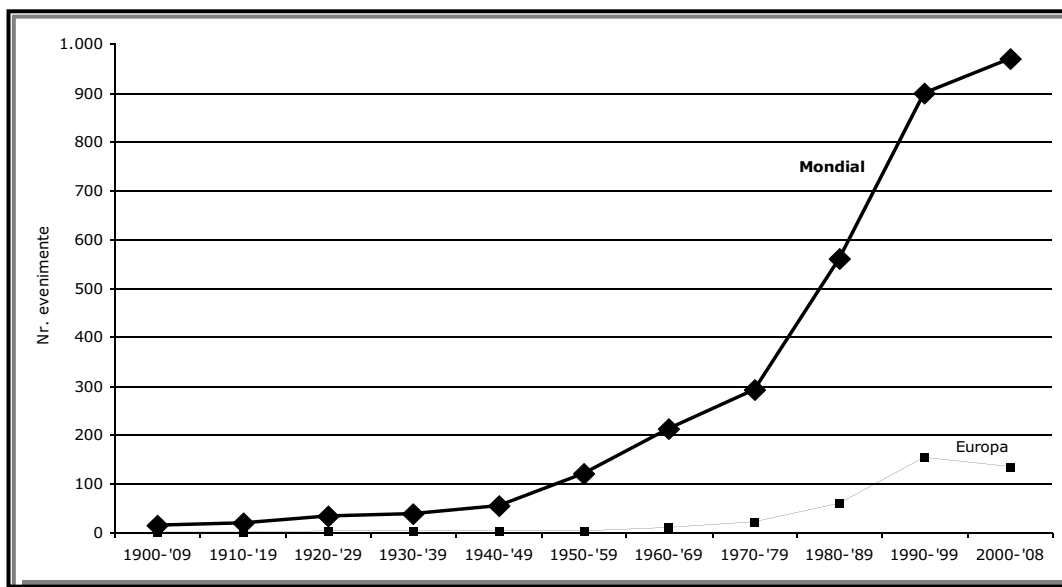
2.1.1 Identificarea problemei: Majorarea numărului și frecvenței evenimentelor de tip furtună în ultimele două decenii, în contextul schimbărilor climatice globale

- **Majorarea numărului și frecvenței evenimentelor de tip furtună în ultimele două decenii**

Analizând fenomenele meteorologice extreme de tip furtună pe plan mondial și european pe o perioadă de aproape 110 de ani (1900-2008), am observat majorarea numărului și frecvenței evenimentelor în ultimele două decenii, precum și creșterea semnificativă a pagubelor economice și sociale provocate de furtuni, ceea ce reprezintă o tendință îngrijorătoare.

Furtunile din Europa se caracterizează prin vânturi intense apropiate de suprafața pământului, cauzatoare de pagube, asociate cu cicloane intense extra-tropicale [Pinto și al., 2007].

GRAFIC 1: Evoluția numărului de evenimente de tip furtuni la nivel mondial și european, în perioada 1900 - 2008



Sursa: E. Bălan, IEM 2009, pe baza datelor CRED EM-DAT, octombrie 2009

Evenimentele de dezastre naturale din Europa, cauzate de fenomene meteo severe (furtuni, tornade, uragane) din perioada 1900 – 2008, reprezintă 12% din numărul total de furtuni severe înregistrate pe plan internațional (baza de date CRED EM-DAT⁶), cu pagube materiale ce au depășit 80 miliarde USD (din care 73 miliarde USD pe teritoriul Uniunii Europene).

Zona europeană cea mai afectată de forța furtunilor este Europa de Vest, iar cea mai puțin atinsă este Europa de Sud; în Europa de Est s-au produs în aceeași perioadă 71 de evenimente catastrofale de tip furtună având la nivelul continentului o pondere de 18%; dintre țările zonei, pe primul loc se află Rusia cu 19 furtuni catastrofale (pondere de 27%), urmată de Polonia (17%) și *România* (14%).

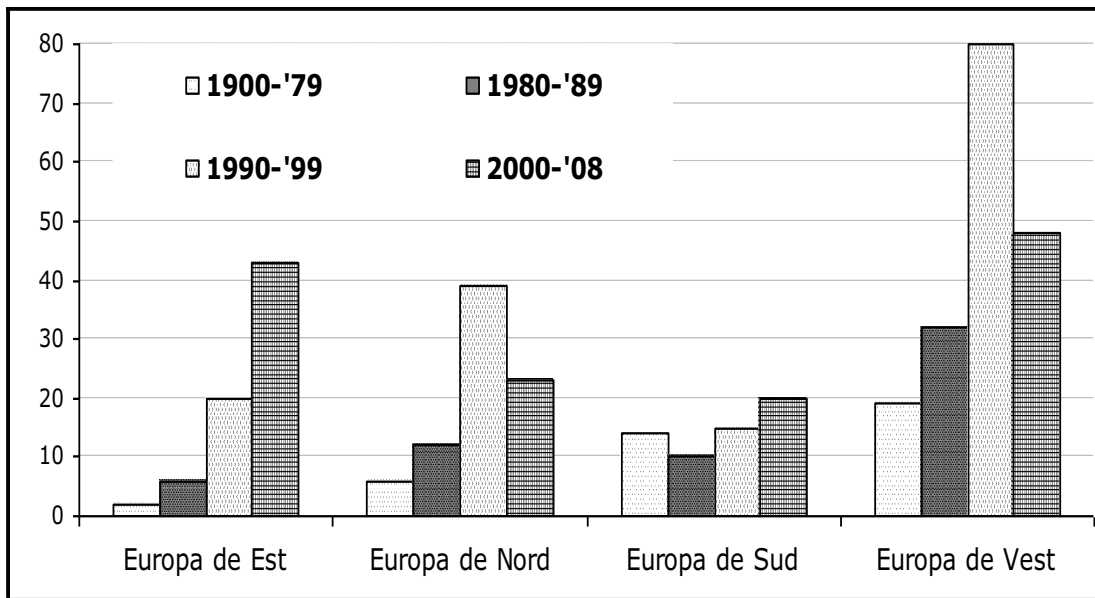
În *România* au avut loc 10 furtuni în diferite zone, țara noastră aflându-se pe locul 14 în clasamentul european al țărilor afectate și pe locul 3 în cel al regiunii Europa de Est. Din cele 10 evenimente, mai mult de jumătate s-au produs în intervalul 2000 – 2008.

Pagubele determinate de furtuni au fost extrem de severe în ultimele decenii, fiind evident că ***atât frecvența cât și severitatea dezastrelor provocate sunt în creștere*** ([Munich Re, 1990](#))

Analiza evenimentelor de furtuni severe în cele 4 Euro-regiuni pe o perioadă de circa 110 ani relevă majorarea numărului, frecvenței și magnitudinii acestora în ultimele două decenii, cu efecte dezastruoase. În Europa de Est numărul dezastrelor a marcat o tendință îngrijorătoare, de continuă creștere, dublându-se în 2000-2008 comparativ cu deceniul anterior.

⁶ Baza de date internațională a Centrului de Cercetare privind Dezastrele Naturale și Epidemiologice (The International Disaster Database - The Centre for Research on the Epidemiology of Disasters)

GRAFIC 2: Creșterea numărului de furtuni severe în ultimele două decenii, pe Euro-regiuni



Sursa: IEM 2009, pe baza datelor CRED EM-DAT, octombrie 2009

- ***Incertitudini cu privire la relația între tendința de încălzire globală și dezastrele de tip furtună***

Fenomenele meteo extreme de tip furtună sunt adesea citate în literatura internațională de specialitate ca fiind forma de manifestare a schimbărilor climatice, mai precis a încălzirii globale, ce determină pierderi de vieți omenești și pagube materiale. Argumentele care stau la baza acestei afirmații sunt temperaturile medii anuale în creștere față de perioada pre-industrială⁷.

În Europa clima s-a încălzit mai mult decât media mondială⁸. Astfel, temperatura medie anuală a zonei terestre a Europei a depășit în anul 2008 cu 1,3 °C nivelurile pre-industriale (creștere de 0,8 °C la nivel mondial), iar 9 ani din ultimii 12 ani (1996-2008) au fost printre cei mai călduroși după anul 1850.

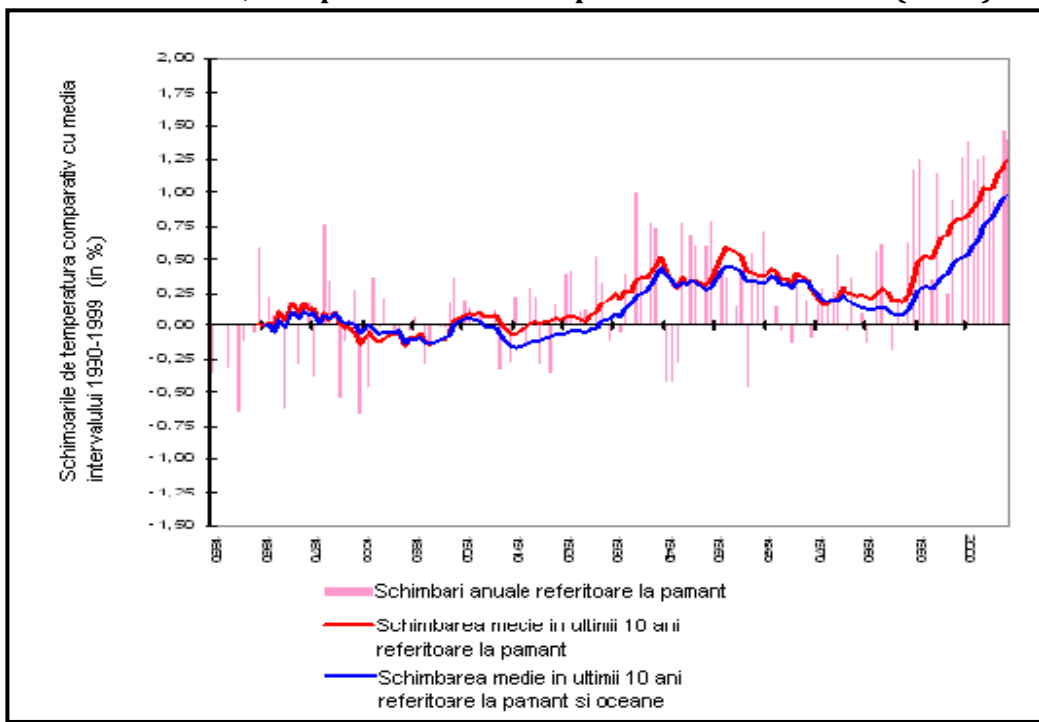
Încălzirea climei este observată în Europa, unde în zonele de latitudine moderată, ca de exemplu în Europa Centrală, iernile au devenit semnificativ mai blânde, adică precipitațiile din zonele joase nu mai sunt sub formă de zăpadă, ci în cea mai mare parte sub formă de ploaie, producând mai multe inundații și suprafețe

⁷ În perioada pre-industrială (1750-1799) temperaturile medii anuale în Europa au fost similare perioadei 1850-1899, conform EEA, pe baza datelor CRU HadCRU3 și CRUTEM3.

⁸ Parry et al, *Impacts of Europe's changing climate- 2008 indicator based Assessment*, 2009

inundate. În Europa de Est, lipsa de zăpadă determină reducerea efectului de blocare al sistemului obișnuit de presiune înaltă a aerului rece, astfel încât furtunile de iarnă pot penetra adânc continentul european, așa cum s-a întâmplat în numeroase cazuri în anii 1990 și 2000.

GRAFIC 3: Încalzirea climei în Europa: deviații ale temperaturii medii anuale și decadale în 1850-2008, comparativ cu media perioadei 1850-1899 (în oC)



Sursa: EEA, pe baza datelor CRU HadCRU3 și CRUTEM3, 2009

Fenomenele atipice ale climei (inclusiv temperaturile foarte scăzute din iarna 2009-2010) în majoritatea țărilor europene, determină unele *incertitudini* în rândul oamenilor de știință cu privire la relația între tendința de încălzire globală și dezastrele de tip furtună.

...nu se poate spune în prezent dacă schimbările observate în ultimii ani în privința furtunilor extra-tropicale sunt un indiciu al schimbărilor climatice [*Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 9 /2009]

Pe de altă parte, în baza modelelor internaționale de schimbări climatice s-a făcut o simulare care arată că

până la sfârșitul secolului 21 o suprafață mai mare a Europei, incluzând nu numai Europa Centrală, ci și Europa de Est va fi afectată de furtuni. [H. Fink, T. Brücher, V. Ermert, A. Krüger, and J. G. Pinto, 2008].

Temperatura medie anuală din secolul 21 este prognozată să crească în Europa cu 1-5,5 °C, cu cele mai ridicate creșteri în timpul iernii în Estul și Nordul Europei și în timpul verii în Sud-Vest și zona Mediteranei.

Potrivit stadiului actual al cunoașterii pe plan mondial în domeniul schimbărilor climatice globale din ultimul secol și a predicțiilor de accelerare în acest secol a tendințelor de încălzire globală deja înregistrate,

se va intensifica numărul fenomenele atmosferice cu efecte dezastruoase [[IPCC Third Assessment Report, 2001](#)].

Meteorologii susțin că, în aceste condiții este semnificativă *tendința probabilă de creștere a frecvenței furtunilor severe în Europa*, consecință a temperaturilor mai ridicate din timpul verii și a proceselor intensificate de convecție, care vor conduce la mai multe pagube, inundații și mai multe catastrofe determinate de furtuni în mediul urban. Totodată, dacă prognozele climatologilor se confirmă, *riscul de furtuni va crește în multe zone de coastă ale Europei*, pe măsură ce creșterea nivelului mării combinate cu creșterea activității de furtună va spori numărul și severitatea evenimentelor dezastruoase de furtună.

În concluzie, majoritatea specialiștilor susțin că *în viitor se așteaptă furtuni mai multe, pe scară mai largă și creșterea dezastrurilor determinate de furtuni*, ceea ce face necesar ca măsurile adecvate să fie luate fără întârziere.

La nivelul Uniunii Europene, schimbările climatice constituie unul dintre domeniile prioritare din Noua Strategie pentru dezvoltare durabilă (2006), fiind considerate adevărate amenințări la adresa bunăstării și calității vieții cetățenilor europeni, datorită fenomenelor meteo-climatice catastrofale induse. Eforturile ce au fost făcute pentru combaterea schimbărilor climatice trebuie, în opinia specialiștilor de pe plan european și mondial, să continue și să se acorde mai multă atenție minimizării pagubelor provocate de hazardele naturale, inclusiv furtuni.

2.1.2 Stabilirea și analiza cauzelor principale ale dezastrelor naturale de tip furtună pe baza ipotezelor reieșite din literatura internațională de specialitate

- **Determinanții schimbărilor climatice globale**

Variația sistemului climatic este determinată atât de *factori naturali*- interni și externi- cât și de *factori externi antropici*, rezultați din activitățile umane:

- *factori naturali interni*:
 - modificări care apar în interiorul sistemului climatic
 - interacțiuni între componentele sistemului climatic
- *factori naturali externi*:
 - variația energiei emise de soare,
 - erupții vulcanice,
 - variația parametrilor orbitali ai planetei Pământ
- *factori antropici externi*, rezultați din activitățile umane:
 - schimbarea compoziției atmosferei ca urmare a creșterii concentrației gazelor cu efect de seră din perioada post-industrială datorată, în principal, arderii combustibililor fosili în activitățile umane (antropice).

În afara factorilor naturali, care nu pot fi influențați de om, în ultimul Raport Global de Evaluare a Schimbărilor Climatice, pregătit în anul 2007 de IPCC, se precizează că

există deja o probabilitate mai mare de 90% ca activitățile umane să fi contribuit la schimbările climatice existente [IPCC, 2007].

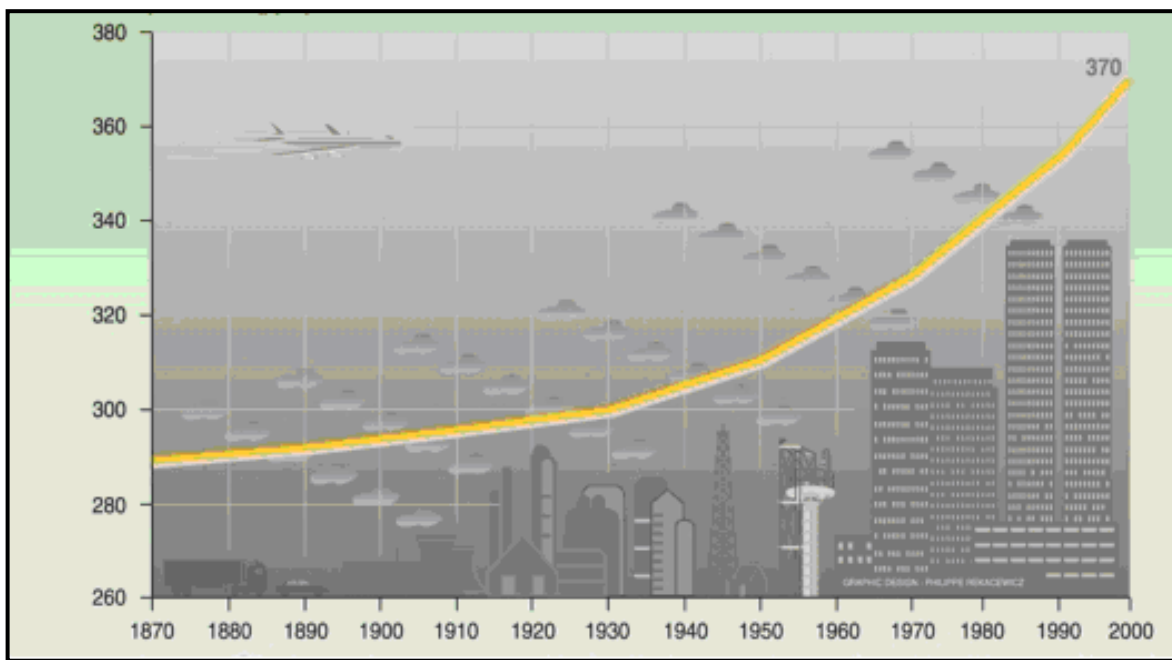
- **Cauza antropică principală a dezastrelor naturale de tip furtună**

Oamenii de știință au convenit, de o bună perioadă de timp, faptul că *majorarea concentrațiilor de gaze cu efect de seră în atmosferă ca efect al activităților umane conduc la perturbări în sistemul climatic*. Pentru ca încălzirea globală să nu aibă efecte catastrofale la nivel planetar,

ar trebui ca temperatura să nu crească cu mai mult de 2 °C față de nivelurile pre-industriale, iar concentrația de gaze cu efect de seră (GES) în atmosferă să rămână sub 450 ppm în echivalent dioxid de carbon (CO₂) [Scenarii realizate de IPCC 2001, 2007]

GRAFIC 4: Evoluția concentrației atmosferice globale de CO₂

- părți per milion (ppm)-



Sursa: după Mauna Loa Observatory, Hawaii, Institute of Oceanography, University of California La Jola, USA, 1999

TABEL 1: Evoluția concentrației de CO₂ în atmosfera global

Anul	Concentrație CO ₂ ppm
1750	278,00
1755	278,00
1760	278,00
1800	282,90
1900	295,80
1950	310,70
1970	325,00
2000	368,79
2003	374,76
2008	385,10

Sursa: pe baza datelor din MC 2008, <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperat.htm>

În concluzie, considerăm că principala cauză *a dezastrelor naturale de tip furtună o constituie creșterea concentrației în atmosferă a gazelor cu efect de seră și atingerea unor niveluri record în anii 2000.*

2.1.3 Stabilirea și analiza cauzelor secundare și sub-cauzelor: relația între frecvența furtunilor severe și factorii antropici ai schimbărilor climatice

Observațiile specialiștilor de la IPCC cu privire la creșterea concentrației de gaze cu efect de seră (GES) în atmosferă, ce a ajuns în anul 2000 la circa 370 ppm (părți per milion) îi conduc la concluzia că

majorarea emisiilor de CO₂ este cauzată aproape în întregime de activitățile umane, din care 2/3 prin utilizarea carburanților fosili și 1/3 prin schimbarea utilizării terenurilor [IPCC, 2007]

Există încă o incertitudine cu privire la cauza majorării concentrației de gaze cu efect de seră în atmosferă, care în opinia experților

a crescut în cursul secolului 20, foarte probabil datorită *activităților umane bazate pe combustibili fosili* (de exemplu, pentru generarea energiei electrice), activităților din agricultură și schimbării modului de utilizare a terenurilor, în special prin defrișări.[IPCC, 2007]

Concentrația de dioxid de carbon în atmosferă a marcat o creștere continuă începând cu anul 1870, în ritmuri lente până în anul 1930, după care, odată cu industrializarea și dezvoltarea transporturilor rutiere, navale și aeriene consumatoare de hidrocarburi, în a doua jumătate a secolului 20 ritmurile s-au accelerat, atingând niveluri record în anii 1990. Creșterea concentrației gazelor cu efect de seră a fost deosebit de rapidă în special după anul 1950. De exemplu, prima creștere cu 50 ppm⁹ a valorii dioxidului de carbon față de valoarea pre-industrială a fost atinsă după circa 200 de ani în anul 1970, în timp ce a doua creștere de 50 ppm s-a realizat în circa 30 de ani, în anul 2003; ulterior, până în anul 2008, creșterea concentrației de dioxid de carbon în atmosferă a continuat să se accelereze, majorându-se cu 10 ppm în numai 5 ani la 385 ppm.

Pe termen lung, încălzirea globală a climei depinde de viitorul *emisiilor de gaze cu efect de seră*, astfel încât magnitudinea schimbărilor climatice și a fenomenelor meteo extreme este incertă.

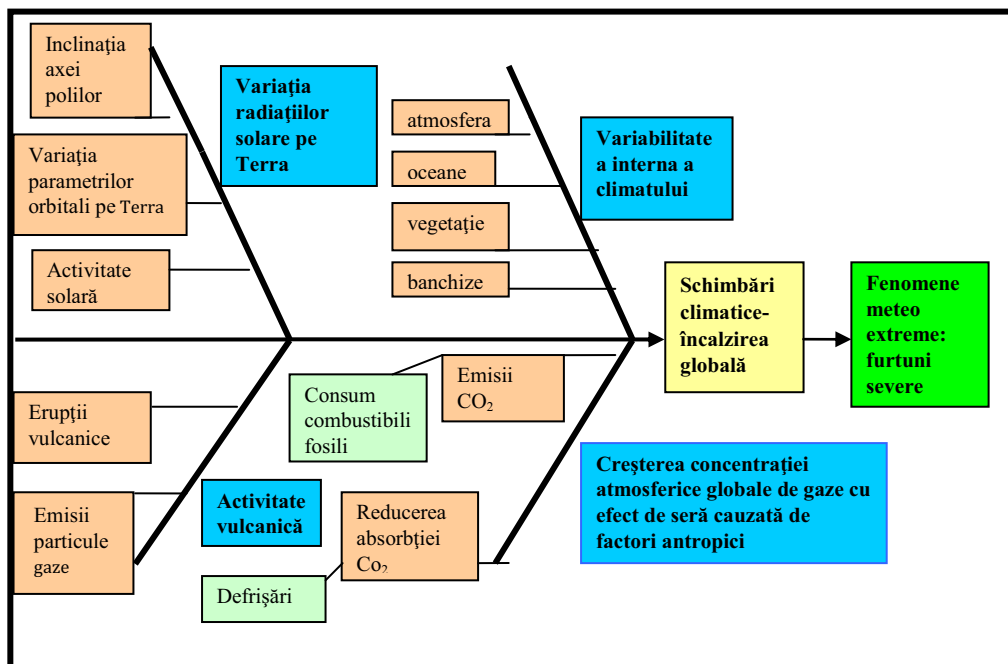
⁹ Părți per milion

În orice caz, se așteaptă *continuarea încălzirii climei la nivel global în următoarele decenii datorită creșterii concentrației de dioxid de carbon în atmosferă, rezultate pe de o parte din creșterea emisiilor de carbon din trecut și din prezent, prin utilizarea și arderea combustibililor fosili, iar pe de altă parte datorită captării și absorbției mai scăzute a carbonului pe suprafețele defrișate.*

2.1.4 Diagrama Ishikawa sau diagrama cauză-efect privind dezastrele naturale de tip furtună în Europa

În baza identificării problemei dezastrelor naturale de tip furtună în Europa, a stabilirii și analizei determinanților principali și secundari ai acestora, s-a realizat grafic *Diagrama cauză-efect Ishikawa*. Scopul elaborării unei astfel de diagrame îl constituie identificarea principalelor cauze care contribuie la existența problemei identificate.

FIGURA 1: Diagrama cauză-efect Ishikawa ¹⁰: determinanții fenomenelor meteo extreme de tip furtună în Europa



Sursa: Virginia Câmpeanu, IEM, 2010, pe baza documentației din literatura internațională de specialitate

¹⁰ *Diagrama Ishikawa* este un instrument grafic folosit pentru a explora și prezenta păreri în legătură cu cauzele de variație a unui proces. Mai poartă denumirea de diagramă cauză-efect sau diagrama "os de pește" (*fishbone diagram*).

2.2 REZULTATELE ANALIZEI CAUZĂ-EFECT PRIN METODA CANTITATIVĂ PRIVIND DEZASTRELE NATURALE DE TIP FURTUNI SEVERE ÎN EUROPA

Instrumentele utilizate în acest tip de analiză cauză-efect sunt: analiza statistică și corelarea între *cauze antropice* (consumuri energetice bazate pe combustibili fosili și emisii CO₂) și *efect* (dezastre meteo de tip furtuni) în Europa. Pe baza acestora, am elaborat *modelul dinamic IEM¹¹ de asociere a evoluției dezastrelor de tip furtună cu determinanții antropici*, în condițiile schimbărilor climatice globale.

Atât analiza statistică cât și corelarea de tip *bottom-up* se bazează pe evenimentele majore de furtuni severe înregistrate în Europa și *sub-cauze* (consumuri energetice bazate pe combustibili fosili (petrol, gaze naturale, cărbuni), *cauze secundare* (emisii de gaze cu efect de seră) și *cauze principale* (creșterea concentrației de gaze cu efect de seră în atmosferă) în perioada 1980-2008.

2.2.1 Modelul dinamic IEM a fost elaborat în 3 variante de asociere a evoluției dezastrelor de tip furtună în Europa cu următoarele variabile:

- *Varianta V1* de asociere a evoluției dezastrelor de tip furtună în Europa *având ca variabilă* sub-cauza consumuri agregate de combustibili fosili
- *Varianta V2* de asociere a evoluției dezastrelor de tip furtună în Europa *având ca variabilă* cauza secundară nivelul emisiilor de gaze cu efect de seră rezultate din activități antropice (consumuri de combustibili fosili)
- *Varianta V3* de asociere a evoluției dezastrelor de tip furtună în Europa *având ca variabile sub-cauzele* (consumul energetic pe bază de combustibili fosili) și cauzele (emisiile GES corespunzătoare), ce contribuie la cauza principală-concentrația în atmosferă a gazelor cu efect de seră.

Modelul dinamic IEM de analiză pornește de la 2 ipoteze:

- a) Tendința de creștere în ultimele 2 decenii a frecvenței și intensității dezastrelor hidro-meteorologice, inclusiv a celor de tip furtună este atribuită în mare măsură schimbărilor climatice globale (încălzirii globale) cauzate de factori antropici.
- b) Încălzirea globală pe termen lung va depinde de prezentul și viitorul emisiilor de gaze cu efect de seră (GES) din activități antropice, astfel încât magnitudinea schimbărilor climatice ca și a fenomenelor meteo extreme este incertă.

¹¹ Institutul de Economie Mondială, Academia Română

Baza de date:

Datele statistice utilizate referitoare la ocurența furtunilor în Europa provin din baza internațională de date CRED EM-DAT, iar cele referitoare la consumuri energetice și emisii de GES de la Agenția Internațională a Energiei (EIA).

2.2.1.1 Varianta V1 de asociere a evoluției dezastrelor de tip furtună în Europa având ca variabilă sub-cauza consumuri energetice pe bază de combustibili fosili, în perioada 1980-2008

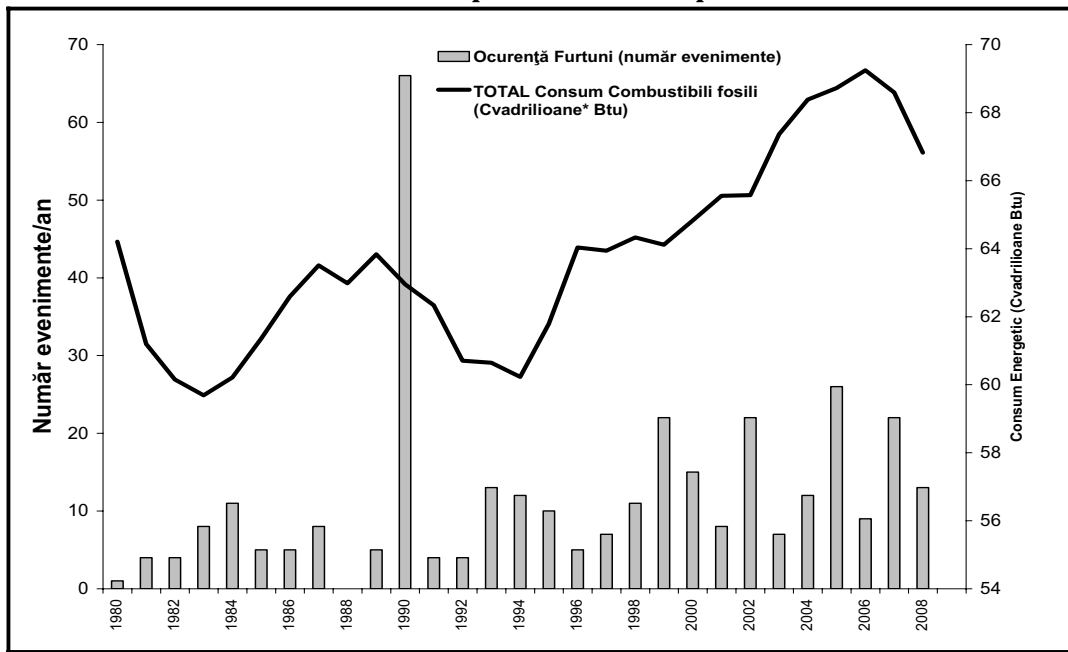
Observații reieșite din analiză:

- În perioada analizată au avut loc fluctuații anuale atât în privința consumului energetic pe bază de combustibili fosili cât și a numărului de evenimente dezastruoase de tip furtună.
- În 1996, după fluctuații periodice frecvente, consumul energetic agregat de combustibili fosili (petrol, gaze naturale, cărbuni în echivalent Btu) a ajuns la nivelul din 1980, urmând apoi o tendință cvasi-continuă de creștere, astfel încât în 2008 consumul energetic în Europa a depăși cu peste 50% nivelul anului 1980. Această perioadă, 1996-2008 reprezintă și perioada cu cea mai mare ocurență a dezastrelor naturale de tip furtună în Europa.

Analiza evenimentelor pe fiecare dintre cele 3 decenii, conduce la următoarele observații:

- *În anii 1980*, după al doilea șoc petrolier și criza economiilor vest-europene, consumul energetic total de combustibili fosili (în echivalent Btu) în Europa a marcat în primii ani o tendință de scădere, atingând în 1983 cel mai mic nivel din ultimii 30 de ani; începând cu anul 1984 consumul energetic s-a înscris într-o tendință de creștere până în anul 1989, fără a mai atinge însă nivelul începutului de deceniu. În această perioadă numărul evenimentelor de furtună a fost relativ scăzut, sub 10 evenimente/an, (exceptând anul 1984 când a depășit acest număr), dar în creștere față de un eveniment de dezastru înregistrat în 1980, existând o *corelare ușoară cu tendința de creștere a consumului energetic începută în 1984*.

GRAFIC 5: Model dinamic IEM- V1: Corelația între consum energetic agregat bazat pe combustibili fosili și dezastru meteo de tip furtuni în Europa



Sursa: Virginia Câmpeanu, IEM, 2010

- În anul 1990, deși consumul energetic bazat pe combustibili fosili a însemnat debutul unei noi perioade de scădere (ce a durat până în 1995), Europa a înregistrat un nivel record al numărului de evenimente de tip furtună din ultimele 3 decenii (66 evenimente/an). În acest caz punctual, *nu se observă o corelație directă între sub-cauză și efect. Nici în anii 1993 și 1994 nu se observă o corelație direct proporțională între nivelurile reduse ale consumului energetic bazat pe combustibili fosili față de anii anteriori, în special din a doua jumătate a anilor 1980 și creșterea frecvenței furtunilor față de aceeași perioadă* (la 12-13 evenimente/an)
- În a doua jumătate a anilor 1990, după 5 ani de scădere, consumul de combustibili fosili în Europa a sporit, atingând în anii 1996-1999 niveluri similare celui din 1989 (64 cvadrilioane Btu); dacă în 1996 numărul evenimentelor de furtună în Europa a atins un nivel similar celui din 1989 (5 evenimente), în anii următori, până la sfârșitul deceniului numărul evenimentelor de furtună severă s-a majorat treptat, la un nou maxim, de 22 evenimente atins în 1999. În această perioadă se înregistrează o corelare directă între tendința de creștere a consumului de carburanți fosili și numărul de evenimente de tip furtună severă.

- În anii 2000, consumul energetic bazat pe combustibili fosili în Europa s-a înscris într-o tendință ascendentă, până la nivelul record de 69 cvadrilioane Btu în fiecare dintre anii 2005-2007; se observă în această perioadă apariția evenimentelor meteo extreme de tip furtună cu o mai mare frecvență și forță distrugătoare decât în tot secolul 20 (câte 22 evenimente severe de tip furtună în anii 2002, 2007 și 26 evenimente în 2005).

Concluzii:

- în Europa nu se verifică o corelare punctuală directă între nivelul anual al consumului energetic pe bază de combustibili fosili și numărul anual al evenimentelor de furtună. În intervalul 1980- 2008 au existat 8 ani cu ocurență înaltă a furtunilor în Europa, cu peste 10 până la 66 evenimente/an: 1984, 1990, 1993, 1994, 1999, 2002, 2005, 2007. Din acești ani, numai în anii 2002 și 2005 se înregistrează o creștere a consumului energetic pe bază de combustibili fosili comparativ cu anul anterior.
- Există o corelare directă între tendința pe termen mediu a consumului energetic bazat pe combustibili fosili din Europa și evoluția pe termen mediu a numărului de evenimente catastrofale de furtună, ce se verifică la sfârșitul anilor 1990 și pe parcursul anilor 2000.

2.2.1.2. Varianta V2 de asociere a evoluției dezastrelor de tip furtună în Europa, având cauză secundară nivelul emisiilor gaze cu efect de seră (în echivalent CO₂) rezultate din activități antropice (consumuri de combustibili fosili)

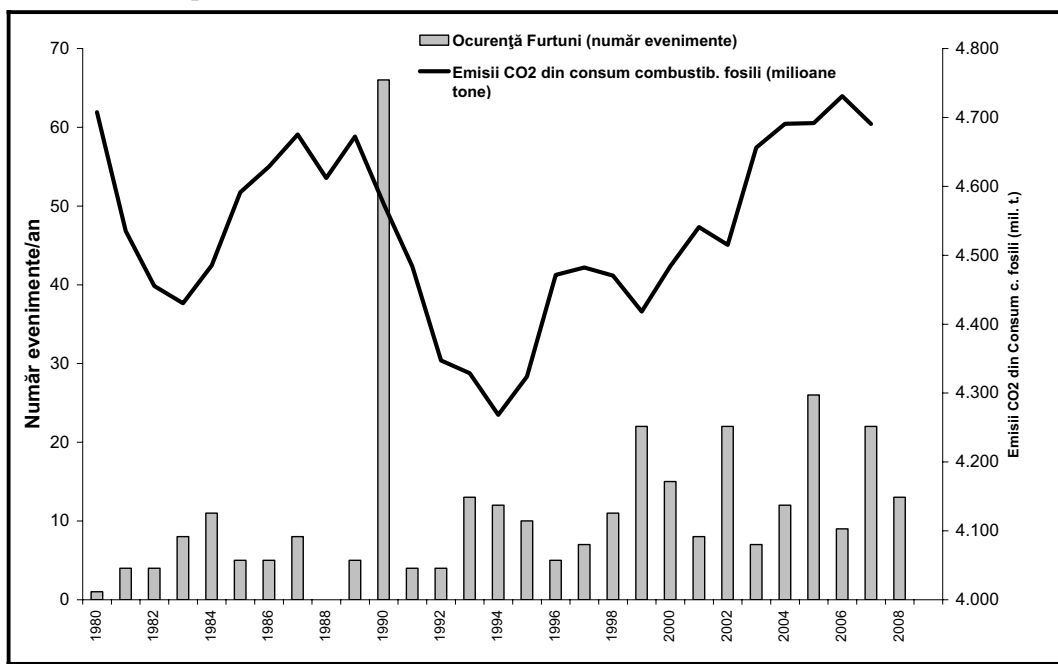
La nivel global, emisiile de dioxid de carbon provenite din activitățile umane (arderea combustibililor fosili și producția de ciment) s-au majorat de la 22,6 miliarde tone în 1990 la 31 miliarde tone în 2007¹², ceea ce înseamnă că zilnic se ridică în atmosferă 85 milioane tone de dioxid de carbon, în medie câte 13 kg per persoană. Creșterea anuală a emisiilor, de 1% în anii 1990 a ajuns la 3,5% în perioada 2000-2007.

¹² State of the World, *Into a Warming World*, 2009, Worldwatch Institute

Observații reieșite din analiza la nivelul Europei:

- În perioada 1980-2008 au avut loc fluctuații atât în privința **nivelului emisiilor de gaze cu efect de seră rezultate din activități antropice**, cât și a numărului anual de evenimente dezastruoase de tip furtună.
- A doua jumătate a anilor 1980 a fost caracterizată de un trend ascendent al emisiilor de gaze cu efect de seră provenite din consumul energetic de combustibili fosili, urmat de o tendință de scădere a acestora în următorii 5 ani, până la nivelul minim al întregii perioade analizate, de 4.268 milioane tone în 1994. Indiferent de trendul emisiilor de gaze, de creștere sau scădere, numărul evenimentelor de furtuni din Europa a înregistrat valori anuale similare în cele două perioade distincte, neobservându-se o corelare directă cu nivelul GES.

GRAFIC 6: Model dinamic IEM -V2: Corelația între emisiile de gaze cu efect de seră provenite din consum energetic pe bază de combustibili fosili și dezastrul meteo de tip furtună în Europa



Sursa: Virginia Câmpeanu, IEM, 2010

- Începând din 1995 până în 2008 s-a înregistrat o tendință cvasi-continuă de creștere a emisiilor de gaze cu efect de seră provenite din activități antropice, care au condus în anii 2004-2007 la atingerea unor niveluri record, de circa

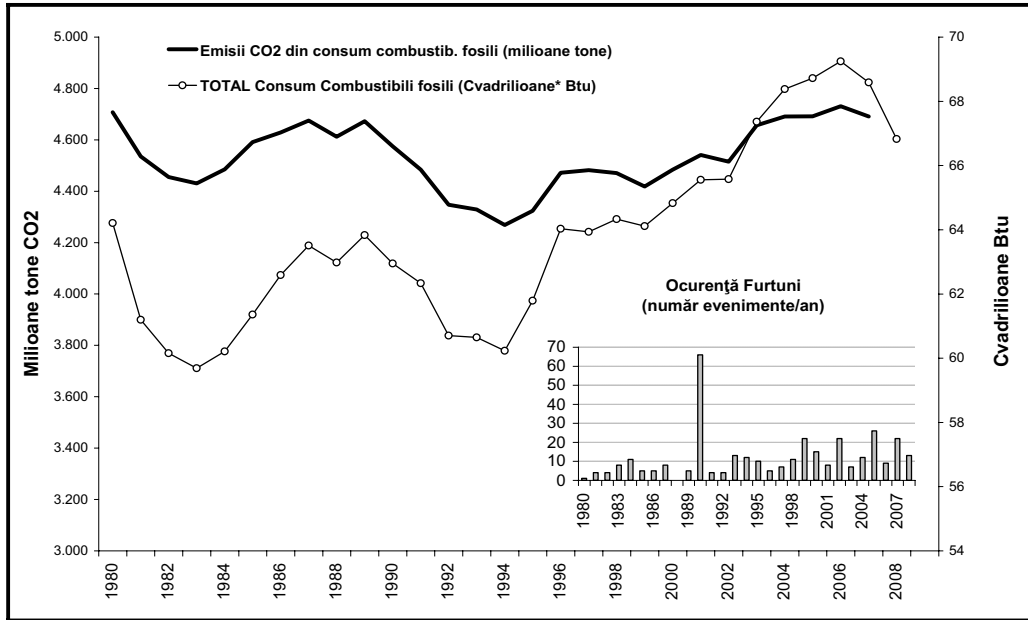
4.700 milioane tone (echiv. CO₂). Aceasta este și perioada de amplificare a frecvenței și numărului de evenimente dezastruoase de tip furtună, ceea ce atestă *corelarea între tendința de amplificare a dezastrelor de tip furtună în Europa cu nivelul ridicat al emisiilor de gaze cu efect de seră.*

- Inceputul crizei economico-financiare globale din anul 2007, ca și măsurile întreprinse la nivelul Uniunii Europene pentru diminuarea emisiilor de gaze cu efect de seră, în baza angajamentelor sale internaționale, a condus la scăderea emisiilor de gaze cu efect de seră în Europa, ca urmare a reducerii consumului energetic pe bază de combustibili fosili. Cu toate acestea, anii 2007 și 2008 se remarcă între anii cu cele mai multe evenimente dezastruoase de tip furtună din ultimii 30 de ani, rezultând încă odată necorelarea anuală între cauza secundară și efect.
- *În Europa nu se verifică o corelare directă între tendința anuală a emisiilor de gaze cu efect de seră provenite din activități antropice și cea a evenimentelor de furtună.* Astfel, în intervalul 1980- 2008 au existat 8 ani cu ocurență înaltă a furtunilor în Europa: 1984, 1990, 1993, 1994, 1999, 2002, 2005, 2007, dar numai doi ani-1984 și 2005 cu creștere a emisiilor de gaze față de anul anterior.

Concluzii:

- Anii cu vârfuri de emisii de gaze cu efect de seră (GES) nu coincid cu anii de ocurență maximă a furtunilor.
- Scăderea emisiilor de **GES** nu conduce la ocurența mai mică a furtunilor. Edificator în acest sens este anul 1990 (cu 66 evenimente tip furtună), ca și anii 1993, 1994 (123-13 evenimente), 1999, 2002, 2007 (cu câte 22 evenimente/an), 2005 (26 evenimente).
- În general, trendul consumului energetic pe bază de combustibili fosili în Europa este similar cu trendul emisiilor de gaze cu efect de seră rezultate (graficul următor), dar ***ritmurile de creștere a emisiilor de CO₂ în anii 2000 au devenit mai lente în Europa datorită schimbării structurii consumurilor de combustibili fosili, în defavoarea combustibililor solizi (carbuni, care emit o mare cantitate de GES).***

GRAFIC 7: Analiza agregată pe 2 variabile: consumuri de combustibili fosili și emisii CO2 corespunzatoare în Europa



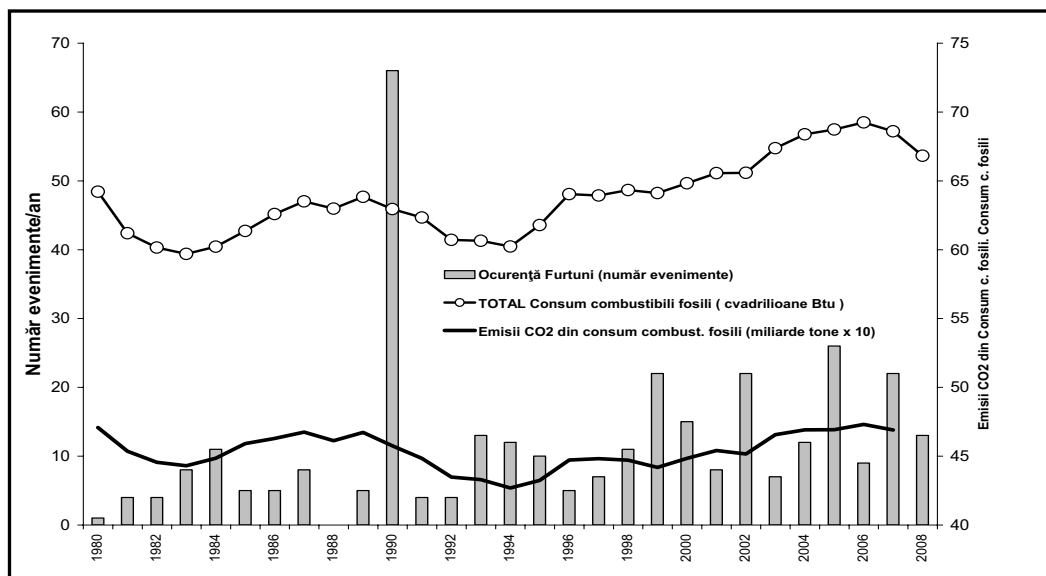
Sursa: Virginia Câmpeanu, IEM, 2010

2.2.1.3 Varianta V3 de asociere a evoluției dezastrelor de tip furtună în Europa având ca variabile atât sub-cauzele (consum energetic pe bază de combustibili fosili) cât și cauzele secundare (GES corespunzătoare), ce contribuie la cauza principală- concentrația în atmosferă a gazelor cu efect de seră.

Observații reieșite din analiză:

- În perioada 1980-2008 au existat 8 ani cu ocurență înaltă a furtunilor în Europa: 1984, 1990, 1993, 1994, 1999, 2002, 2005, 2007;

GRAFIC 8: Model dinamic IEM- V3: Corelația consum energetic pe bază de combustibili fosili - emisii gaze cu efect de seră (echivalent CO₂) - dezastre meteo de tip furtună în Europa



Sursa: Virginia Câmpeanu, IEM, 2010

- **în numai 2 ani (1984 și 2005) din cei 8 ani cu ocurență înaltă a furtunilor s-a înregistrat creșterea consumului de combustibili fosili în Europa și a emisiilor de gaze cu efect de seră rezultate comparativ cu anul anterior;** menționăm că atât în 1984, cât și în 2005, nivelurile emisiilor de gaze cu efect de seră rezultate din arderea combustibililor fosili, deși în creștere față de anii anteriori, nu depășeau nivelul anului 1980 când a existat cel mai mic număr de evenimente dezastruoase de tip furtuni în Europa din perioada de circa 30 de ani analizată (1 eveniment);
- în alți 3 ani cu ocurență înaltă a furtunilor (1993, 1999, 2002) consumurile energetice pe bază de combustibili fosili și emisiile de carbon stagnau la aceleași niveluri, de 1 sau 2 ani;
- în alți 3 ani din cei 8 ani cu ocurență înaltă a furtunilor (1990, 1994, 2007) consumurile de combustibili fosili și emisiile de carbon se situau pe un trend descendent, cu scăderi timp de 1-3 ani.
- în 1990 s-a înregistrat un număr record de dezastre de tip furtună în Europa în condițiile în care, în acel an consumul de combustibili fosili s-a redus față de anul anterior, ca și emisiile de gaze cu efect de seră, după 6 ani de creștere cvasi-continuuă. Menționăm însă că atât consumul energetic bazat pe

combustibili fosili cât și emisiile de carbon nu depășeau nivelul anului 1980, când a existat cel mai mic număr de evenimente dezastruoase de tip furtuni în Europa din perioada de circa 30 de ani analizată.

Concluzii:

Analiza cantitativă cauză- efect a dezastrilor naturale de tip furtună, ca manifestare a schimbărilor climatice induse de activitățile umane, ***nu demonstrează relația direct proporțională între sub-cauza – consum energetic pe bază de combustibili fosili, cauza-emisii de gaze cu efect de seră și efect-*** creșterea numărului, a frecvenței și a magnitudinii dezastrilor de tip furtună în ultimele două decenii.

2.2.2 Cauza principală a schimbărilor climatice și a formei de manifestare a acestora prin fenomene meteo extreme de tip furtună

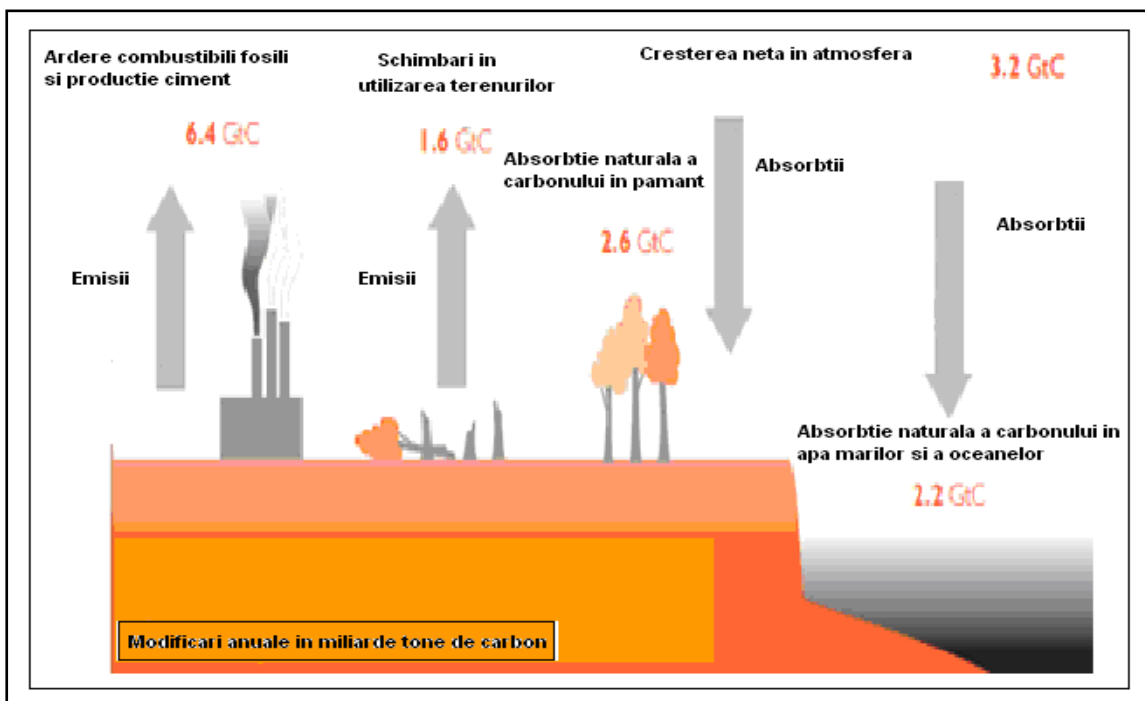
Creșterea frecvenței și magnitudinii dezastrilor naturale de tip furtună are, din punctul nostru de vedere, drept cauză principală creșterea în ritmuri tot mai rapide a concentrației de gaze cu efect de seră în atmosferă, la nivel global. Prima creștere cu 50 ppm a valorii dioxidului de carbon față de valoarea pre-industrială a fost atinsă după circa 200 de ani, în anul 1970, în timp ce a doua creștere de 50 ppm s-a realizat în circa 30 de ani, în anul 2003; ulterior, până în anul 2008, creșterea concentrației de dioxid de carbon în atmosferă a continuat să se accelereze, majorându-se cu 10 ppm în numai 5 ani).

Creșterea accelerată a concentrației de GES în atmosfera globală are loc pe fondul creșterii emisiilor de gaze cu efect de seră, îndeosebi începând cu a doua jumătate a anilor 1990, ca și a defrișărilor. De exemplu, numai tăierea pădurilor tropicale pentru utilizarea terenurilor în scop agricol (13 milioane hectare anual) adaugă anual atmosferei 6,5 miliarde tone de CO₂. Mai mult, sistemele naturale ale Terrei- oceanele și sistemele biologice- își pierd abilitatea de a absorbi o parte importantă a gazelor cu efect de seră.

Relevant în acest sens este graficul de mai jos, care reproduce modul de măsurare a schimbărilor climatice globale prin *ciclul carbonului* sau fluxurile de carbon între pământ, ocean și atmosferă în anii 1990 comparativ cu perioada pre-industrială. [Flavin C. și Engelman R, 2009]

Sunt măsurate emisiile de carbon la nivel global provenite din arderea combustibililor fosili și producția de ciment (6,4 miliarde tone carbon sau GtC), precum și emisiile provenite din schimbarea utilizării terenurilor (1,6 miliarde tone sau GtC). Absorbția naturală relativ mică a emisiilor de carbon în zonele terestre cu vegetație (2,6 miliarde tone carbon sau GtC) și oceane (2,2 miliarde tone sau GtC) conduce la o **creștere netă de 3,2 miliarde tone carbon sau GtC a concentrației de carbon în anii 1990 comparativ cu perioada pre-industrială.**

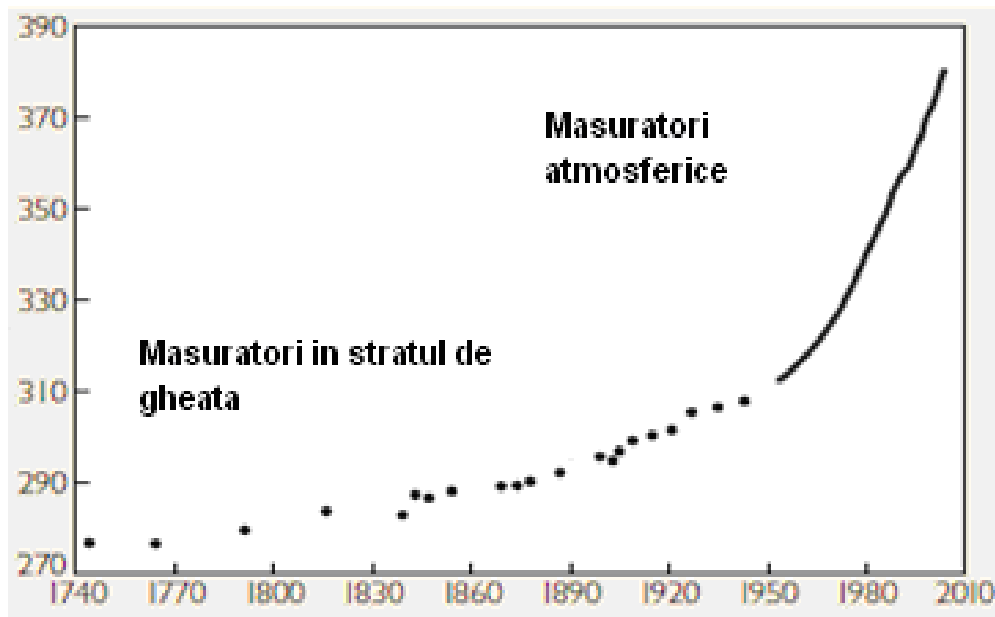
FIGURA 2: Modul de măsurare a schimbărilor climatice globale prin ciclul carbonului



Sursa: după Flavin C. și Engelman R, State of the World 2009, Worldwatch Institute, 2009

Rezultă că, în ultimii 20 de ani **concentrația de dioxid de carbon în atmosfera globală a crescut în ritmuri record pentru toate timpurile, iar frecvența fenomenelor extreme de tip furtună a fost proporțională cu aceste creșteri.**

GRAFIC 9: Concentrația de CO₂ în atmosfera globală, 1744-2008



Sursa: după Flavin C. și Engelman R, *The Climate Dilemma in a Nutschel*, State of the World 2009, Worldwatch Institute, 2009

- Nivelul dioxidului de carbon în atmosferă se situa la nivelul de 280 părți per milion (ppm) înainte de Revoluția industrială. Până în anul 2008 nivelul a atins 385 ppm, adică o creștere de peste 37%.
- În fapt, **creșterea concentrației de gaze cu efect de seră în atmosferă** se dovedește a fi unul din principalii determinanți ai încălzirii globale și a formei de manifestare a acesteia- fenomenele extreme de tip furtună din Europa.
- Creșterea concentrației de GES este determinată însă nu numai de factori antropici, ci și de factori naturali interni și externi, așa cum a rezultat în diagrama cauză- efect (*Ishikawa*). Potrivit unor estimări apărute în literatura internațională de specialitate, **gazele cu efect de seră din atmosferă au o persistență de 5 000 de ani, astfel încât acumulările în atmosferă nu se pot înlătura, ci evita.**

În aceste condiții, statele europene ar trebui să-și concentreze eforturile, nu numai pe reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră, ci și spre activități de captare a acestora, fie pe căi naturale prin împăduriri (cunoscut fiind efectul mare de absorbție a carbonului de către păduri), fie pe cale „artificială” prin instalații de captare a carbonului. Totodată, vor fi necesare noi programe de acțiune pentru

înlăturarea pagubelor provocate de dezastrele naturale de tip furtună, precum și eforturi pentru adaptare și redresare.

Anexa 1: Surse ale gazelor cu efect de seră, pe sectoare economice

Gazele cu efect de seră (GES) provin dintr-o serie largă de activități umane, ce includ utilizarea energiei, schimbarea modului de folosință a terenurilor (defrișările) și agricultura.

Sursa	Emisii GES, echiv. CO₂	Activități generatoare de GES
Furnizarea de energie	25,9 %	Generarea de energie primară, în principal din combustibili fosili; producția de combustibili pentru electricitate, transport, încălzire. include extracția și rafinarea
Industrie	19,4 %	Producția de metale; celuloză și hârtie; ciment; produse chimice
Silvicultura	17,4 %	Defrișări, descompunerea biomasei ce rămâne pe terenurile agricole
Agricultura	13,5 %	Producția vegetală și animală
Transport	13,1 %	Călătoriile auto, cu avionul, cu trenul, cu vaporul
Construcții civile și industriale	7,9 %	Încălzire, răcire, electricitate
Deșeuri	2,8 %	Deșeuri îngropate, incinerate, deșeuri în ape

Sursa: după McKeown A și Gardner G, *Climate change, Guide and Glossary*, Worldwatch Institute 2009

BIBLIOGRAFIE

- Câmpeanu, Virginia și Ghițac, Dana** (Coordonatori), **Emilia Bălan, Cristina Bălgar, Răzvan Cîmpean, Andreea Drăgoi** *Impactul dezastrelor produse de fenomene meteorologice extreme asupra economiilor europene*, Program fundamental al Academiei Române, Program interdisciplinar de prevenire a fenomenelor cu risc major la scară națională, IEM, 2009
- Flavin C. și Engelman R,** *The Climate Dilemma in a Nutschel*, State of the World 2009, Worldwatch Institute, 2009
- Leca, Aureliu** (coordonator), *Impactul implementării pachetului energieschimbări climatice asupra economiei românești*, SPOS 2009, IER, 2010
- McKeown A și Gardner G,** *Climate change Guide and Glossary*, Worldwatch Institute 2009
- Parry et al,** *Impacts of Europe's changing climate- 2008 indicator based Assessment*, 2009
- XXX *State of the World, Into a The Warming World*, 2009, Worldwatch Institute
- XXX [IPCC Third Assessment Report, 2001](#), Intergovernmental Panel on Climate Change: www.ipcc.ch
- XXX [IPCC Fourth Assessment Report, 2007](#), http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf
- XXX Mauna Loa Observatory, Hawaii, Institute of Oceanography, University of California La Jola, USA, 1999
- XXX MC 2008, <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperat.htm>
- XXX *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 9 /2009
- XXX CRED EM-DATE, International Disaster Database - The Centre for Research on the Epidemiology of Disasters
- XXX United Nations Environment Programme: www.unep.org/themes/climatechange
- XXX United Nations Framework Convention on Climate Change: www.unfccc.int
- XXX Carbon Dioxide Information Analysis Center: www.cdiac.ornl.gov/faq.html