

# FENOMENE EXTREME LA ȚĂRMUL ROMÂNESC ÎN CONTEXTUL NOILOR SCHIMBĂRI CLIMATICE

Dr. Ing. Dragoș NICULESCU<sup>1</sup>, Dr. Ing. Elena VLĂȘCEANU<sup>1</sup>,  
Dr. Ing. Răzvan MATEESCU<sup>1</sup>, Dr. Fiz. Luminița BUGA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INCDM. "Grigore Antipa", Blvd. Mamaia, nr.300, Constanța, cod 900581, ROMANIA

**Rezumat:** Studiul interacțiunilor și dinamicii factorilor hidro-geo-morfologici naturali și a presiunilor antropice, în scopul identificării și evaluării riscurilor și vulnerabilităților asociate, precum și al impactului asupra dezvoltării socio-economice în vederea planificării sustenabile a spațiului marin și costier, a căpătat o importanță deosebită în ultimele decade. În acest domeniu de studiu au fost desfășurate demersuri specifice, având ca rezultate care aduc un plus de cunoaștere asupra unui mediu foarte dinamic: țărmul românesc.

**Cuvinte cheie:** mediu costier, procese costiere, analiza statistică, parametri hidrologici marini, fenomene excepționale de mediu.

**Abstract:** The study of the interactions and dynamics of the natural hydro-geo-morphological factors and of the anthropic pressures, in order to identify and evaluate the associated risks and vulnerabilities, as well as the impact on the socio-economic development for the sustainable planning of the marine and coastal space, has acquired a special importance, in recent decades. In this field of study, specific steps have been taken, with results that bring an additional knowledge about a very dynamic environment: the Romanian shore.

**Keywords:** coastal environment, coastal processes, statistical analysis, marine hydrological parameters, coastal environment exceptional events.

## 1. INTRODUCERE

Seturile de date geospațiale costiere sunt necesare pentru evaluarea proceselor hidro-geo-morfodinamice. De asemenea, diferitele informații privind hidrodinamica de mică adâncime la nivel regional (nivel, curenți, valuri), geomorfologia coastei (parametri plajei, profilele batimetrice, modelele digitale ale terenului, colecțiile de imagini aeriene și satelitare), tipurile de sedimente și distribuția acestora, structurile de protecție costieră și alte lucrări hidrotehnice, vin în completare, în diferite evaluări pentru cuantificarea riscurilor costiere în cazul dezvoltării fenomenelor extreme de origine marină.

Astfel, realizarea unei evaluări spațiale și statistice a variabilității factorilor hidro-geo-morfologici la nivelul șelfului românesc și zonei costiere (valuri, nivel, curenți de mică adâncime și de larg, fenomene de upwelling), permite determinarea ciclicității acestora în contextul schimbărilor climatice, în vederea dezvoltării aplicațiilor numerice pe model de simulare, plecând de la o situație actuală a proceselor hidrodinamice costiere, inclusiv în contextul configurațiilor complexe ale sistemelor de protecție implementate la nivel local și regional, precum și analiza impactului complex, asupra mediului socio-economic costier, determinat de diferite configurații ale acțiunii factorilor hidro-geo-

morfologici în zonele stabilite ca „vulnerabile” și/sau de „risc”. Totodată pe baza analizei datelor hidro-meteorologice înregistrate la furtună se face un pas intermediar pentru determinarea probabilistică a perioadelor de revenire a fenomenelor extreme la litoralul românesc.

## 2. METODOLOGIE

În demersul prezentei lucrări au fost folosite metode specifice colectării datelor măsurate de vânt, val și curenți, analiza măsurătorilor de curenți marini în partea de sud a litoralului, analiza spațială a datelor de curenți marini din sudul litoralului, analiza de ansamblu asupra condițiilor climatice și hidrologice, precum și sinteza statistică premergătoare determinării perioadelor de recurență a fenomenelor extreme în zona țărmului românesc.

Astfel s-a realizat inventarierea datelor multi-aniuale de vânt, val și curenți marini, pe termen lung din zona litoralului Românesc, utilizând metodologia analizei statistice aplicată pe diferite scări de timp, pentru stabilirea situației și tendințelor actuale de evoluție a parametrilor hidrologici marini. În plus, a fost realizată o analiză a datelor de val din zona Constanța, pentru o perioadă de aproximativ patruzeci

## CERCETARE ȘI EXPERTIZĂ INGINEREASCĂ LA CONSTANȚA

de ani, iar datele punctuale măsurate recent au completat datele statistice.

De asemenea, au fost evaluate condițiile de vânt din vestul Marea Neagră, o atenție deosebită fiind acordată zonei costiere românești, fiind studiate cu precădere caracteristicile vântului în zona românească a Mării Negre. S-au realizat comparații între vântul la țărm și vântul din largul mării, precum și o analiză statistică a vitezei vântului ce depășește 7 m/s, din care rezultă recurența fenomenelor extreme.

Pentru asigurarea fondului de date (măsurători de teren, procesarea și analiza datelor spațiale) au fost utilizate următoarele echipamente și soft-uri:

- Pentru măsurătorile din teren s-a folosit un echipament special de măsurare a vitezei curentului marin, ADCP Workhorse Santinel
- Softuri dedicate colectării și procesării datelor spațiale: prelucrare date de curenți (Win River II, Velocity Software, ArcGIS), prelucrare date de linia țărmului și date batimetrice (ArcGIS).

### 3. REZULTATE

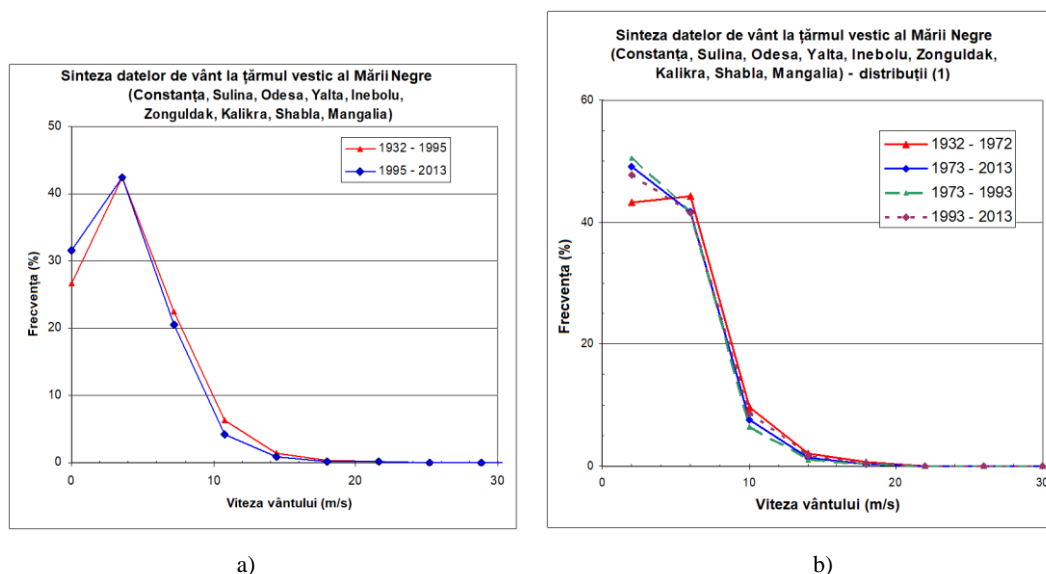
**Regimul vântului.** Pentru a descrie evoluția regimului vântului s-a realizat o analiză, luând în

considerare datele înregistrate la nouă stații meteorologice de pe țărmul de vest al Mării Negre (Constanța, Sulina, Odessa, Yalta, Inebolu, Zonguldak, Kaliakra, Shabla și Mangalia) (Fig. 1), care au înregistrările pe perioadele cele mai întinse, în perioada 1932 – 2013.

Datele au fost integrate într-un singur set de valori, ordonate în ordine temporală. Împărțind întregul set în două părți egale (Fig. 1a) și reprezentând distribuția datelor, se observă o deplasare a distribuției spre valorile mici.

Rezultatele din tabelul 1 confirmă scăderea mediei cu 0,4 m/s a perioadei (1995-2013) față de prima perioadă (1932-1995) și evidențiază diferența netă între cele două subseturi de date (cel puțin la un nivel de încredere de 95%). Sunt de remarcat și vizibile diferențe, în plus, la percentila 5 și în minus la cuartilele 2 și 3 și percentilele P90 și P99 (Tab. 1; Tab. 2).

Întrucât, pe de o parte, perioadele determinate de lungimi egale ale seturilor de date (63 ani, respectiv 18 ani) sunt mult prea diferite, iar pe de altă parte, în caracterizările meteorologice climatice se folosesc perioade de definire de 20 – 40 de ani, s-a împărțit setul de date în două intervale de câte 40 de ani (ultimul interval fiind împărțit și în două subintervale de câte 20 de ani).



**Fig. 1.** Distribuția vitezei vântului la țărmurile din vestul Mării Negre.

*Tabelul 1. Parametri statistici ai seturilor de date din Fig. 1*

Perioada	1932-1972	1973-2013	1973-1993	1993-2013
N total (valori)	35948	1,48E+06	721054	755134
Medie	4,58	4,19	4,10	4,29
Abatere standard	3,42	3,08	2,97	3,19
Eroare standard a mediei	0,018	0,003	0,004	0,004
Intervalul de încredere de 95% pentru medie	4,54÷4,62	4,19÷4,20	4,09÷4,11	4,28÷4,29
Asimetrie	1,19	1,35	1,32	1,36
Exces	2,89	3,35	3,63	3,07
Coefficient de Variație	0,748	0,735	0,724	0,744

# FENOMENE EXTREME LA ȚĂRMUL ROMÂNESC ÎN CONTEXTUL NOILOR SCHIMBĂRI CLIMATICE

Tabelul 2. Cuantile și percentile

Min	0	0
P1	0	0
P5	0	0
P10	0,89	0,89
Q1	2,22	1,78
Me	4	4
Q3	6,66	5,77
P90	8,44	7,99
P95	11,54	9,77
P99	15,98	13,76
Max	36,85	44,84

Distribuțiile corespunzătoare celor patru seturi de date enunțate anterior evidențiază mai clar deplasarea în timp (pentru perioadele de câte 40 de ani) a distribuției vitezelor vântului spre valorile mici (în grafic, roșu spre albastru).

Diferențele între seturile de câte 20 de ani (1973 – 1993 și 1993 – 2013) (Fig. 1b) sunt mici și ar indica o tendință inversă, întrucât graficul aferent perioadei 1993-2013 este apropiat de graficul perioadei de 40 de ani (1932-1972) (Fig. 1a), ceea ce înseamnă ca valorile vitezei vântului au crescut în ultima perioadă de 20 de ani.

**Regimul valurilor.** Singurele date de val ce au o continuitate pe o perioadă lungă de timp sunt cele din observații vizuale și cele înregistrate cu ajutorul perspectometrului, dintre care cele cu perspectometrul au fost sistate.

Observațiile de val au fost realizate cu ajutorul perspectometrului Ivanov în perioada 1971 – 1995 (locația Far Genovez, Constanța) și din 1996 – 2019 vizual, cu o frecvență de 3 măsurători pe zi (doar în zilele lucrătoare).

Repartiția valurilor pe direcțiile de propagare este determinată de distribuția vânturilor dominante și, respectiv, orientarea generală a țărmului. Asimetria distribuției acestora în zona de mică adâncime se datorează, pe de o parte, limitării fetch-urilor pentru vânturile din sectorul vestic și, pe de altă parte, efectului refracției care face ca crestele valurilor să devină paralele cu linia țărmului. Astfel, în perioada mai - septembrie 2014, 53,81% din valurile de vânt se propagă din NE, NNE, ENE și E (Fig. 4).

Din analiza datelor de valori pe perioada 1971 – 2011, un maxim de ~6 m a fost înregistrat în sezonul rece, în luna ianuarie 1981 (Fig. 5).

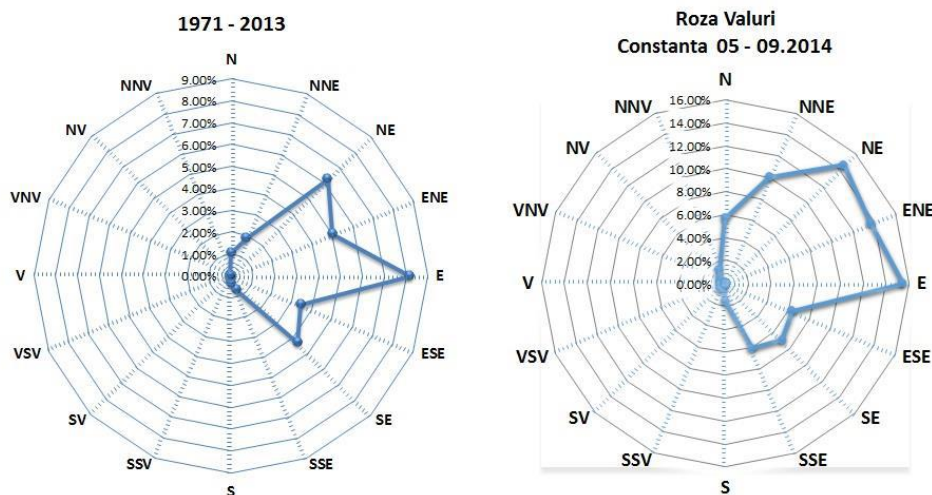


Fig. 2. Distribuția frecvențelor direcției de propagare a valurilor la Constanța – stânga - perioada de referință (1971 – 2013) și dreapta – perioada 05-09.2014.

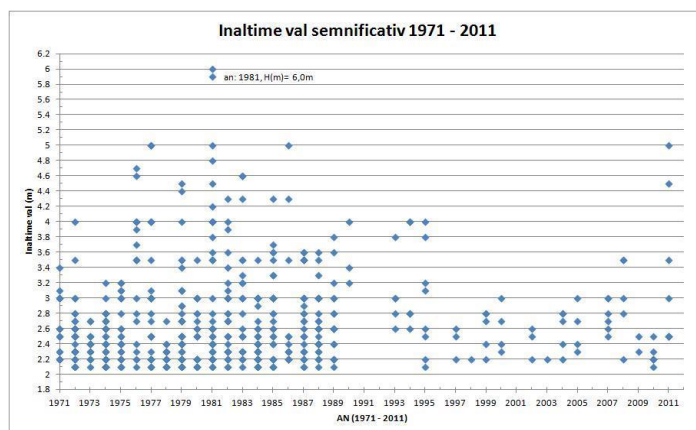


Fig. 3. Înălțimea valului semnificativ la Constanța, pe 40 de ani (1971 – 2011).

**Fenomene meteorologice extreme și recurența acestora.** Procesele hidrodinamice care au loc în mediul marin sunt generate de fenomenele complexe ale interacțiunilor dintre mare și atmosferă. Schimburile de energie cinetică dintre cele două medii determină formarea curenților marini și a valurilor. În ambele cazuri, mișcarea este furnizată de tensiunea tangențială a vântului la suprafața mării, ce se transformă în circulație cvasiuniformă în straturile active și în mișcare ondulatorie la suprafața apei.

Regimul eolian este caracterizat de condițiile fizico-geografice locale, relieful având cel mai important rol. Dinamica maselor de aer în zona costieră a României este caracterizată de sezoane. Mai exact, pe timpul verii, vântul este determinat de dorsala anticiclonul azoric, iar pe timpul iernii, de dorsala anticiclonului siberian.

S-au realizat analize complete sau parțiale pe mai multe șiruri de date:

- setul de la stația Platforma Gloria ANM, achiziționat de INCDM;
- seturile de la stațiile Mangalia, Constanța, Sulina, Odessa și Gloria, conform raportărilor meteo internaționale standard ale stațiilor meteorologice.

Definirea exactă a furtunii (din punct de vedere al vitezei vântului), fiind o chestiune greu de rezolvat, mai ales în zona europeană, s-a plecat de la condițiile necesare pentru interacțiune:

- o viteză a vântului ce depășește constant 7 m/s,
- existența a cel puțin 3 înregistrări consecutive de viteze de vânt superioare limitei stabilite, urmând ca să se analizeze ulterior influența duratei de manifestare.

În prezent, situațiile în care valoarea vântului de 7 m/s este depășită, sunt mai dese față de cele din trecut, însă durata lor a scăzut foarte mult. În figura 8, pot fi observate evenimentele cu durata cea mai mare, în funcție de stația meteorologică unde au fost înregistrate.

Valorile maxime, respectiv medii ale duratei acestor evenimente meteorologice, sunt în funcție de mediul înconjurător al fiecărei stații. Pe baza acestui lucru, se poate deduce care stație este mai afectată de topografia zonei în care se află.

În ceea ce privește situațiile extreme care apar periodic, cel mai mare eveniment înregistrată a fost în

mod clar la stația de la Platforma Gloria (Fig. 4), iar acesta a durat 12 zile (1992). Valorile de durată a furtunii arată o tendință care la început nu pare verosimilă, dar după cele trei medieri ale primelor 10, 20 și 30 de valori de durată a evenimentelor meteorologice, poate exista un tipar. Chiar dacă P. Gloria este în larg, expusă fenomenelor meteorologice puternice și, în acest caz, și celui de cea mai mare durată, zona Sulina pare să aibă mai multe evenimente meteorologice de durată, în cazul medierii primelor 10 valori, rezultând într-un eveniment de opt zile, în timp ce pentru zona Platformei Gloria, valoare duratei de timp este de aproape 7 zile. Comparativ s-a adăugat și setul de date „P. Gloria A”, set ce cuprinde doar 10 ani și care a fost achiziționat de INCDM. Acest set este reprezentativ doar pentru acea perioadă scurtă de timp (1996 – 2007).

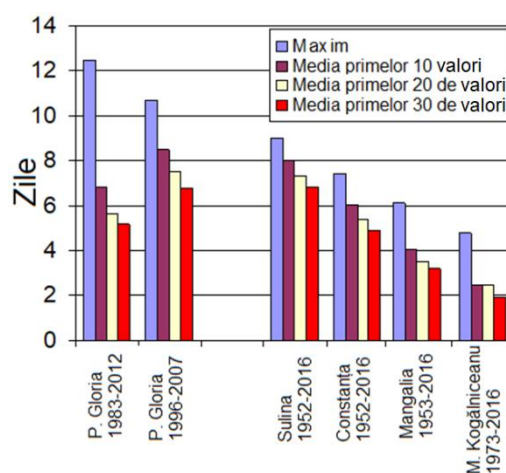


Fig. 4. Durata evenimentelor meteorologice pentru fiecare stație.

Evenimente meteorologice care ar putea fi considerate ca situații extreme pentru zona de nord-vest a Mării Negre, sunt acelea în care valorile vitezei vântului ajung la 30-32 m/s. Aceste situații sunt rare, în perioada de 10 ani aferentă setului de date “P. Gloria A”, fiind întâlnite doar de cinci ori.

Pe baza analizei acestor evenimente extreme și a datelor aferente acestora se poate concluziona că recurența acestor evenimente este la aproximativ 3-4 ani.

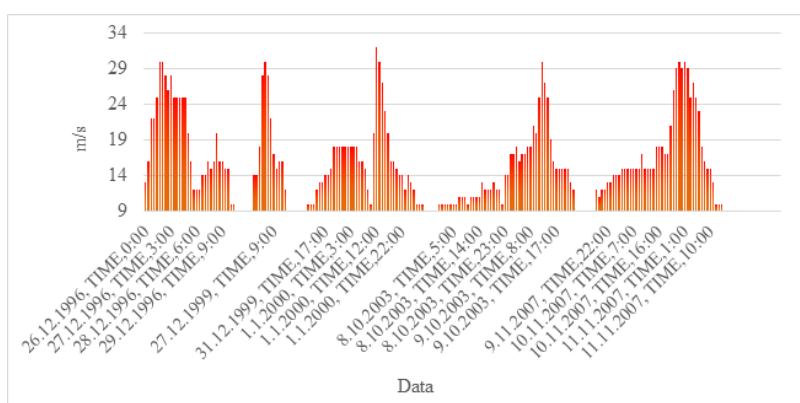


Fig. 5. Recurența fenomenelor extreme la stația meteorologică de la P. Gloria.

## FENOMENE EXTREME LA ȚĂRMUL ROMÂNESC ÎN CONTEXTUL NOILOR SCHIMBĂRI CLIMATICE

Trebuie menționat că aceste valori sunt înregistrate în largul mării la o înălțime de peste 20 de metri. Stațiile meteorologice de pe țărm, înregistrează viteza vântului la o altitudine de 9-10 m de la sol. În datele curente de pe litoralul românesc valorile ce depășesc constant viteza de 30 m/s la înălțimea de 10 m sunt inexistente. Cu atât mai mult cu cât stațiile meteorologice (Constanța și Mangalia) sunt înconjurate de clădiri înalte în imediata apropiere, care modifică tiparul vântului în zona respectivă.

### 4. CONCLUZII

Din analiza distribuției vitezei vântului la stația Constanța și anume, a variațiilor clasei 0 - 3 m/s, rezultă că în perioada 1952-2005 această clasă a avut o contribuție în general sub 40%, depășind limita doar de șapte ori, în domeniul 40-50%. Începând cu 2006, contribuția valorilor mici a depășit 45-50% din distribuția vitezei vântului, iar în ultimii șapte ani valorile au fluctuat în jurul unei contribuții de 65-70%; în aceeași perioadă contribuția valorilor peste 6 m/s a fost redusă la 0-2% astfel încât se poate afirma că este o schimbare semnificativă a regimului vântului în zona studiată.

Analizând seturile de date de la stațiile meteorologice românești, rezultă că viteza vântului, este mai mare în dreptul gurilor de vărsare ale Dunării. Acest lucru se datorează topografiei și indicelui mai mic de rugozitate al terenului. Se trage concluzia că în partea de nord a litoralului românesc există cel mai mare potențial energetic eolian, un aspect ce trebuie în continuare cercetat, însă cu accent pe partea de larg la altitudini de 50 m, 100 m și

respectiv 150 m înălțime, acestea fiind înălțimile la care se construiesc turbinele eoliene de larg.

Pe baza datelor analizate se poate concluziona că, intensitatea cea mai ridicată a curentului marin se află în zona de sud a portul Mangalia și, probabil, în aceeași situație s-ar afla și Portul Constanța, unde, datorită configurației țărmului (digurilor de nord ale celor două porturi) și batimetriei din zonă, masa de apă este supusă unei presiuni crescute și ca rezultat curentul marin este mai puternic. Această afirmație se poate aplica doar în cazul în care curentul costier se mișcă de la nord către sud.

Din datele analizate rezultă că puterea, durata și numărul evenimentelor meteorologice a scăzut în ultimii 10 ani. Se remarcă diferențe relativ mici între vitezele medii anuale, indiferent de distribuția vitezelor mari, accentuând pe de o parte caracterul aleator al acestora, și pe de altă parte, influența condițiilor locale/punctuale.

Rezultatele fazei au fost diseminate la diferite evenimente științifice naționale și internaționale, precum și la întâlniri cu factorii interesați

### BIBLIOGRAFIE

- [1] T. M. Cristescu, G. Ganea, A. Niculescu, L. Buga, M. Nedelcu, D. Diaconeasa, R. Mateescu și N. D., „Wind data analysis for NIMRD’s oceanographic measurement point “estacada Mamaia”,” *Cercetări Marine*, vol. 46, nr. 4, pp. 19-30, 2016.
- [2] T. M. Cristescu, „Long-Term Characteristics of the Wind Onshore and Offshore Western Black Sea,” *Cercetări Marine*, vol. 45, pp. 160-172, 2015.
- [3] Dragoș Niculescu, 2019, Studii privind evaluarea resurselor de energie regenerabilă în zona litoralului românesc al Mării Negre, Editura Universității Galați.
- [4] NECI, “National Center for Environmental Information”, <http://www.ngdc.noaa.gov/>.

---

### Despre autori

**Elena VLĂSCLEANU**  
INCDM „Grigore Antipa”

Angajată a INCDM „Grigore Antipa”, Departamentul de Oceanografie, Inginerie Marină și Costieră, doctor în domeniul modelării proceselor hidrodinamice marine.

**Dragoș NICULESCU**  
INCDM „Grigore Antipa”

Angajat al INCDM „Grigore Antipa”, Departamentul de Oceanografie, Inginerie Marină și Costieră, doctor în domeniul modelării proceselor hidrodinamice marine.

**Răzvan MATEESCU**  
INCDM „Grigore Antipa”

Inginer, membru al echipei de cercetare a Departamentului de Oceanografie, Inginerie Marină și Costieră.

**Luminița BUGA**  
INCDM „Grigore Antipa”

Fizician, membru al echipei de cercetare a Departamentului de Oceanografie, Inginerie Marină și Costieră.