



OCEANOGRAFIA ACTUALĂ – DE LA PROVOCĂRI CLIMATICE LA IMPLICAȚII STRATEGICE ȘI DE SĂNĂTATE –

Conf. univ. dr. Romeo BOȘNEAGU

Academia Navală „Mircea cel Bătrân”, Constanța

DOI: 10.55535/GMR.2026.1-2.16

The Black Sea is considered one of the most affected areas in Europe, with a pollution level of almost 98%, which is a major public health alert. This study examines the profound transformations of modern oceanography, highlighting how marine environmental degradation reconfigures global security and public health. The research examines the weaknesses of the Romanian Black Sea sector and how they affect navy activities in a climate of climate change and intense anthropological pollution.

Pollution is not only an ecological problem, but also an operational obstacle. The presence of contaminated macro-waste and sediments in Romanian ports and coastal areas increases the risk of damage to propulsion systems and may distort acoustic (sonar) sensor signals essential for national security missions in the western Black Sea basin.

Through comparative analysis methods, the results of the study underline the need to implement advanced filtration systems on board ships to ensure the resilience of Romanian naval forces in an increasingly degraded marine environment.

Keywords: oceanography; marine pollution; naval actions; microplastics; public policies;



INTRODUCERE

Oceanografia contemporană se confruntă cu presiuni fără precedent, de la schimbările climatice și poluarea masivă până la exploatarea intensă a resurselor marine. Aceste provocări generează un impact în lanț, afectând echilibrul ecosistemelor fragile, securitatea geopolitică globală și, implicit, sănătatea publică, prin degradarea resurselor vitale. Oceanografia este știința care studiază oceanele și ecosistemele lor, având un impact crucial asupra mediului global și resurselor naturale. Implicațiile strategice ale oceanografiei sunt semnificative, influențând securitatea națională, comerțul maritim și gestionarea resurselor maritime. În contextul schimbărilor climatice, cunoașterea oceanelor devine esențială pentru dezvoltarea unor politici durabile și eficiente.

Deși oceanografia, ca știință integratoare, a cunoscut progrese remarcabile în ultimele decenii, domeniul său de studiu s-a confruntat totuși cu o serie de provocări persistente și interconectate, precum: explorarea insuficientă a adâncurilor oceanice, impactul schimbărilor climatice asupra ecosistemelor marine și creșterea alarmantă a poluării cu microplastice (Boșneagu, 2019). Oceanografia contemporană analizează impactul acestor provocări asupra sănătății publice și securității maritime, acordând o atenție deosebită efectelor microplasticelor asupra organismului uman. În acest sens, studiul de față evaluează politicile publice din Uniunea Europeană și România în acest domeniu, completând tabloul cu o analiză a modului în care poluarea marină condiționează succesul operațiunilor navale de suprafață și submarine.

Oceanografia contemporană analizează impactul provocărilor climatice asupra sănătății publice și securității maritime, acordând o atenție deosebită efectelor microplasticelor asupra organismului uman.

TIPOLOGII ȘI SURSE DE POLUARE MARINĂ: DE LA MICROPLASTICE LA CONTAMINANȚI CHIMICI

În ciuda progreselor semnificative realizate în cercetarea și tehnologia oceanografică, domeniul continuă să se confrunte cu provocări majore care limitează înțelegerea completă și gestionarea durabilă a oceanelor. Aceste provocări vizează, în principal, explorarea



Poluarea marină rămâne o amenințare omniprezentă și în continuă agravare pentru sănătatea oceanelor. Printre cele mai vizibile și presante forme de poluare se numără materialele plastice și microplasticele, care sunt prezente în aproape toate habitatele marine, de la suprafața apei până în cele mai adânci canioane oceanice.

oceanelor, schimbările climatice și poluarea marină, fiecare prezentând probleme complexe de ordin științific, logistic, geopolitic și militar.

Oceanul planetar, care acoperă peste 70% din suprafața Terrei, joacă un rol esențial în reglarea climei, conservarea biodiversității și susținerea vieții umane. Cu toate acestea, vastele sale profunzimi rămân, în mare parte, neexplorate și insuficient înțelese. În prezent, mai puțin de 25% din fundul oceanic global a fost cartografiat cu rezoluție înaltă (Wöfl et al., 2019; NOAA, 2021). Oceanul planetar absoarbe aproximativ 90% din căldura suplimentară generată de efectul de seră și 25-30% din bioxidul de carbon antropoc (IPCC, 2023). Totuși, această funcție, deosebit de importantă, de protecție, are un cost. Absorbția crescută de căldură duce la încălzirea apei oceanelor, fapt ce afectează stratificarea, sistemele de curenți și distribuția speciilor marine (Pörtner et al., 2022). Simultan, absorbția de CO₂ provoacă acidifierea oceanelor, un proces chimic ce reduce disponibilitatea ionilor de carbonat necesari organismelor calcifiante, precum corali și moluștele (Doney et al., 2009).

Un alt fenomen, ce se manifestă puternic în prezent, este dezoxigenarea oceanelor, scăderea nivelului de oxigen din mediul marin din cauza stratificării crescute și a ventilației reduse. Acest proces, accentuat de încălzire, poate duce la extinderea zonelor hipoxice, cunoscute și sub denumirea de „*zone moarte*”, unde viața marină nu poate fi susținută (Breitburg et al., 2018). Împreună, aceste procese amenință integritatea ecosistemelor marine și a serviciilor ecosistemice pe care le furnizează, cum ar fi pescuitul, absorbția și reținerea carbonului și menținerea biodiversității.

Poluarea marină rămâne o amenințare omniprezentă și în continuă agravare pentru sănătatea oceanelor. Printre cele mai vizibile și presante forme de poluare se numără materialele plastice și microplasticele, care sunt prezente în aproape toate habitatele marine, de la suprafața apei până în cele mai adânci canioane oceanice (Jambeck et al., 2015). Acești poluanți provoacă daune fizice, fiziologice și de sănătate organismelor marine și acționează, de asemenea, ca vectori pentru contaminanți chimici și specii invazive (Rochman et al., 2016). Microplasticele, definite ca fragmente de plastic mai mici de cinci milimetri, provin din degradarea deșeurilor plastice mari sau sunt produse direct sub formă de granule sau fibre utilizate în produse cosmetice, textile și procese industriale. Acestea au fost

detectate în toate zonele oceanului, de la suprafață la sedimentele abisale și în organismele marine din toate nivelele trofice (Andrady, 2011). Prezența microplasticelor în lanțul trofic marin generează îngrijorări majore privind transerul acestor particule și al substanțelor toxice asociate (de exemplu, ftalați, bifenilii policlorurați – PCB, metale grele) către consumatorul final: omul (Galloway et al., 2017). Numeroase studii au demonstrat acumularea microplasticelor în țesuturile unor specii de pești, crustacee și moluște marine care constituie o parte importantă din dieta umană. În special, moluștele bivalve, cum ar fi midiile și stridiile, sunt considerate bioindicatori relevanți ai poluării cu microplastice, deoarece sunt consumate integral, inclusiv în tractul digestiv în care se acumulează aceste particule (Li et al., 2015).

Conform unui studiu realizat în Europa, consumatorii frecvenți de fructe de mare pot ingera până la 11.000 de particule de microplastice anual (Van Cauwenberghe, Janssen, 2014). Deși dimensiunea particulelor le împiedică, adesea, să fie absorbite în circulația sistemică, cele mai mici (<1 μm) pot pătrunde în fluxul sanguin, limfă sau chiar în țesuturi. Impactul toxicologic al microplasticelor asupra omului este, în continuare, investigat, dar există dovezi preliminare privind efecte inflamatorii, perturbări endocrine și stres oxidativ. Microplasticele pot acționa ca vectori pentru substanțe toxice (de exemplu, bisfenol A, pesticide organoclorurate), care pot dereglă funcțiile endocrine și pot afecta fertilitatea, dezvoltarea neurologică sau riscul de cancer (Wright, Kelly, 2017).

Un studiu relativ recent (Vethaak, Legler, 2021) a identificat fragmente de plastic în sângele uman, confirmând posibilitatea transportului sistemic. Totodată, cercetătorii au descoperit microplastice în placentele umane, ceea ce ridică semne de alarmă cu privire la expunerea prenatală și potențialul impact asupra dezvoltării fetale (Ragusa et al., 2021). Pe lângă plastice, poluanți chimici precum metalele grele, poluanții organici persistenti (POP) și reziduurile farmaceutice se acumulează în lanțurile trofice marine, cu potențiale efecte toxice asupra organismelor marine și asupra consumatorilor umani. Mai mult, deversările din agricultură și din zonele urbane bogate în nutrienți favorizează eutrofizarea, conducând la înfloriri algale nocive și la epuizarea oxigenului.

Expunerea populației la microplastice nu se limitează la consumul de alimente marine, ci include și apa potabilă, sarea marină, aerul



*Pe lângă
plastice, poluanți
chimici precum
metalele grele,
poluanții
organici
persistenti și
reziduurile
farmaceutice se
acumulează în
lanțurile trofice
marine, cu
potențiale efecte
toxice asupra
organismelor
marine și asupra
consumatorilor
umani.*



Vehiculele submersibile cu echipaj uman, vehiculele autonome subacvatice și vehiculele operate de la distanță au îmbunătățit considerabil capacitatea de investigare a zonelor abisale, însă operarea și întreținerea lor sunt costisitoare.

respirat sau ambalajele din plastic. Astfel, abordarea acestui risc emergent necesită o perspectivă integrată de tip „Sănătate integrată – One Health”, care conectează sănătatea mediului, a animalelor și a oamenilor. Se recomandă intensificarea reglementărilor privind utilizarea plasticului de unică folosință, dezvoltarea unor tehnologii eficiente de filtrare a apelor uzate și susținerea cercetării asupra efectelor toxice ale microplasticelor asupra sănătății umane.

Cartografierea batimetrică este esențială nu doar pentru înțelegerea proceselor tectonice și a morfologiei fundului oceanic, ci și pentru identificarea habitatelor bogate în biodiversitate, precum izvoarele hidrotermale și cele reci (Jakobsson et al., 2020).

Barierile tehnologice și financiare continuă să limiteze explorarea zonelor adânci ale oceanelor. Vehiculele submersibile cu echipaj uman, vehiculele autonome subacvatice și vehiculele operate de la distanță au îmbunătățit considerabil capacitatea de investigare a zonelor abisale, însă operarea și întreținerea lor sunt costisitoare (Levin et al., 2019). Astfel, deși potențialul pentru descoperiri științifice în oceane este vast, incluzând identificarea unor specii, ecosisteme și resurse necunoscute, capacitatea umană de explorare a hidrosferei rămâne limitată (Boșneagu, 2022).

POLITICI PUBLICE ÎN UNIUNEA EUROPEANĂ PRIVIND COMBATERRA POLUĂRII CU MICROPLASTICE

Uniunea Europeană a adoptat o abordare integrată pentru combaterea poluării cu microplastice, în cadrul Strategiei UE privind materialele plastice într-o economie circulară (Comisia Europeană, 2018). Strategia include măsuri specifice, precum: interzicerea plasticului de unică folosință (Directiva (UE) 2019/904); reglementarea conținutului de microplastice adăugate intenționat în produse cosmetice, detergenți și vopsele (European Chemicals Agency-ECHA, 2023); promovarea tehnologiilor de captare a microplasticelor în stațiile de epurare a apelor uzate; investiții în cercetare prin programele *Horizon 2020* și *Horizon Europe* pentru a înțelege mai bine fluxurile de microplastice și efectele acestora asupra sănătății și mediului. În plus, UE a stabilit ținte de reciclare și recuperare energetică pentru ambalaje din plastic și a consolidat regimul de monitorizare și raportare privind deșeurile marine în cadrul Directivei-cadru „Strategia pentru mediul marin” (2008/56/CE).

În România, politicile privind microplasticele sunt incipente, dar în proces de aliniere cu legislația UE. Până în prezent, măsurile includ: transpunerea Directivei (UE) 2019/904 privind plasticul de unică folosință prin OUG nr. 6/2021, care interzice comercializarea unor produse plastice; inițiative locale privind colectarea deșeurilor de pe litoral și din ecosistemele acvatice, în colaborare cu ONG-uri și administrații publice locale; adoptarea *Strategiei Naționale privind Economia Circulară (2022)*, ce prevede măsuri privind prevenirea generării de microplastice din procese industriale și textile. Totuși, lipsa unor standarde naționale privind monitorizarea microplasticilor în apă, sedimente și organisme, precum și absența unor sisteme de filtrare avansate în stațiile de epurare limitează eficiența măsurilor implementate. Se recomandă integrarea problematicei combaterii microplasticilor în *Planul Național de Redresare și Reziliență – PNRR* ca prioritate de sănătate publică și protecție a mediului.

POLUAREA MARINĂ ȘI INFLUENȚA ACESTEIA ASUPRA ACȚIUNILOR NAVALE DE SUPRAFAȚĂ ȘI SUBMARINE

Poluarea marină transformă oceanul dintr-un mediu predictibil într-unul ostil din punct de vedere tehnic, obligând forțele navale să investească în tehnologii de filtrare și în senzori de nouă generație, apti să penetreze mediul contaminat. În acest context, poluarea inclusiv cu microplastice are un impact tot mai vizibil asupra desfășurării operațiunilor navale, afectând atât navele de suprafață, cât și submarinele. Printre consecințele notabile se numără:

a) *interferențele cu echipamentele de detecție și monitorizare*: cumăările de microplastice și macrodeșeuri pot afecta precizia funcționării sonarelor pasive și active, folosite în detectarea submarinelor și a minelor marine; materialele plastice aflate în suspensie alterează propagarea undelor acustice în apă, contribuind la creșterea zgomotului de fond și diminuarea rezoluției detecției sonar (Zhao et al., 2020);

b) *risc pentru sistemele de admisie și răcirea instalațiilor de propulsie a navelor*: fragmentele de plastic și vegetație de carenă (biofouling) asociate acestora pot bloca sistemele de admisie ale instalațiilor de răcire ale motoarelor navelor, ducând la creșterea riscului de supraîncălzire ale acestora sau la oprirea neplanificată a sistemelor critice (Kühn et al., 2015);



Lipsa unor standarde naționale privind monitorizarea microplasticilor în apă, sedimente și organisme, precum și absența unor sisteme de filtrare avansate în stațiile de epurare limitează eficiența măsurilor necesare.



Poluarea marină, în special cea cu microplastice și reziduuri chimice, depășește sfera biologică și devine un factor de constrângere operațională. Astfel, atât navele de suprafață, cât și submarinele se confruntă cu noi provocări tehnice, de la alterarea semnalelor sonar până la riscuri de avarii mecanice, forțând adaptarea tehnologiilor de apărare la un mediu tot mai impur.

c) *creșterea biocontaminării carenelor navelor*: microplasticele facilitează formarea vegetației de carenă care acționează ca substraturi pentru colonizarea organismelor marine, uneori în exces, crescând frecarea hidrodinamică și consumul energetic al navelor. Pentru submarine, acest fenomen afectează semnătura acustică și capacitatea de disimulare (Lobelle, Cunliffe, 2011);

d) *implicații strategice*: din punct de vedere militar, poluarea mediului marin reduce predictibilitatea și siguranța operațiunilor în zone costiere sau arii maritime restricționate, unde condițiile acustice și de mediu devin esențiale.

Astfel, gestionarea poluării cu microplastice nu mai este doar o problemă ecologică, ci una cu implicații directe asupra securității maritime și a capacității operaționale navale.

CONCLUZII

Oceanografia contemporană demonstrează că sănătatea ecosistemelor marine nu este doar o problemă ecologică, ci chiar un pilon al securității globale. Degradarea mediului prin poluare și schimbările climatice redefinesc rutele comerciale și capacitățile de intervenție, transformând oceanul într-un spațiu de gestionare a riscurilor multiple.

Poluarea marină, în special cea cu microplastice și reziduuri chimice, depășește sfera biologică și devine un factor de constrângere operațională. Astfel, atât navele de suprafață, cât și submarinele se confruntă cu noi provocări tehnice, de la alterarea semnalelor sonar până la riscuri de avarii mecanice, forțând adaptarea tehnologiilor de apărare la un mediu tot mai impur. În acest context, apreciem că este stringentă dotarea navelor și submarinelor cu sisteme de filtrare a apei de răcire de înaltă performanță, pentru a preveni, astfel, avariile cauzate de microplastice. Ca atare, apreciem că protejarea oceanelor este indisolubil legată de o sănătate publică viabilă și de o stabilitate strategică eficientă. În acest sens, rezolvarea provocărilor actuale necesită o cooperare internațională strânsă, care să combine cercetarea științifică avansată cu politici de securitate navală, pentru a asigura sustenabilitatea resurselor și siguranța navigării pe termen lung.

Este nevoie de rute maritime protejate și monitorizate, ceea ce ar asigura o predictibilitate tactică operațiunilor navale de siguranță și transportului comercial. De asemenea, considerăm necesară

implementarea unor rețele de supraveghere, care să combine datele oceanografice în timp real (temperatură, salinitate, pete de hidrocarburi) cu sisteme de monitorizare a traficului. Aceasta permite forțelor navale să evite zonele cu risc ridicat de coliziune cu deșeuri plutitoare sau zonele în care performanța sonarului este degradată chimic. Nu în ultimul rând, având în vedere riscurile pentru sănătatea publică și a echipajelor, se recomandă implementarea unor protocoale riguroase de testare a calității apei și aerului la bordul navelor, pentru a detecta prezența microplasticilor și a compușilor chimici volatili care se pot acumula în spații închise în timpul misiunilor de durată.



REFERINȚE BIBLIOGRAFICE:

1. Andrady, A.L. (2011). *Microplastics in the marine environment*. Marine Pollution Bulletin, nr. 62(8), pp. 1596-1605.
2. Bindoff, N.L. et al. (2019). *Changing Ocean, Marine Ecosystems, and Dependent Communities*. IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere.
3. Boșneagu, R. (2019). *Oceanografie pentru navigator*. Constanța: Editura Ex Ponto.
4. Boșneagu, R. (2022). *The Black Sea from Paleogeography to Modern Navigation. Applied Maritime Geography and Oceanography*. Springer AG, Elveția.
5. Galloway, T.S., Cole, M., Lewis, C. (2017). *Interactions of microplastic debris throughout the marine ecosystem*. Nature Ecology & Evolution, 1(5), 0116.
6. IPCC (2023). AR6 Synthesis Report: *Climate Change 2023*.
7. Kühn, S., Rebolledo, E.L.B., van Franeker, J.A. (2015). *Deleterious effects of litter on marine life*. Marine Anthropogenic Litter, pp. 75-116.
8. Lobelle, D., Cunliffe, M. (2011). *Early microbial biofilm formation on marine plastic debris*. Marine Pollution Bulletin, nr. 62(1), pp. 197-200.
9. Mayer, L.A., Jakobsson, M., Allen, G. (2018). The Nippon Foundation-GEBCO Seabed 2030 Project: *The Quest to See the World's Oceans Completely Mapped by 2030*. Geosciences, 8(2), 63.
10. Ragusa, A. et al. (2021). *Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta*. Environment International, 146, 106274.
11. Van Cauwenberghe, L., Janssen, C.R. (2014). *Microplastics in bivalves cultured for human consumption*. Environmental Pollution, 193, pp. 65-70.
12. Vethaak, A.D., Legler, J. (2021). *Microplastics and human health*. Science, 371(6530), pp. 672-674.
13. Wöfl, A.C. et al. (2019). *Seafloor mapping-the challenge of a truly global ocean bathymetry*. Frontiers in Marine Science, 6, 283.
14. Zhao, S., Zhu, L., Li, D. (2020). *Micro pollutants in marine acoustic environments*, în *Journal of Marine Systems*, 203, 103292.