

## MICROPLASTIC FIBERS POLLUTION OF MARINE HABITATS

### POLUAREA HABITATELOR MARINE CU MICROFIBRE DE PLASTIC

Dan Andrei MORAR\*<sup>1</sup>, Alin TEUȘDEA<sup>2</sup>, Adrian TIMAR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Technical University of Cluj-Napoca, Faculty of Materials and Environmental Engineering, Department Environmental Engineering and Sustainable Development Entrepreneurship, 103-105 Muncii Ave, Cluj-Napoca, Romania

<sup>2</sup>University of Oradea, Faculty of Environmental Protection, 26 Gen. Magheru Ave, Oradea, Romania

**Abstract:** Microplastic fibers pollution of the marine habitats is an environmental issue that extends and aggravates at the same time with the development of the plastic industry which recorded an increase of 9% per year, getting from a production of 1,7 million tons in 1950 to 280 million tons in 2011. The main microplastic fibers pollution is represented by the plastic wastes, getting to the average of 80% from terrestrial sources. Plastic microparticles get in the marine environment through rivers as well as through the sewerage systems. Touristic activities, commercial and recreational fishing, the shipping and the plastic industry contribute to the pollution of the marine environment by not keeping the standard asked by the law for its protection. Plastic materials represent between 60 – 80% from the wastes that are found in the marine environment and 90% from those which float. Through the degradation process, the plastic wastes can deliver chemical substances in the sea being thus a threatening for both flora and fauna. At the same time, plastic particles absorb the persistent organic pollutants (POP) from the sea and after their assimilation, they transfer the toxic substances in the bodies of the sea animals, causing serious troubles in their growth or reproduction processes.

**Keywords:** microplastic fibers, plastic, waste, pollution, PET, ecosystems, phthalates, adhesives.

#### 1. Introduction

Plastics are everywhere in our society and also in the environment, especially in the marine environment, where it accumulates in huge quantities of plastic waste. The knowledge level of people regarding the danger and risks caused by these waste in the marine habitats is very low.

Although so far no attention has been paid to this problem, large and increasing amounts of plastic products, waste and fragments are found in the open ocean, on the surface, in the deep ocean and ocean bed, in coast lines, in

**Rezumat:** Poluarea cu microfibre de plastic a habitatelor marine este o problemă de mediu care se extinde și se agravează odată cu dezvoltarea industriei plasticului, care a înregistrat o creștere de 9% pe an, ajungând de la o producție de 1,7 milioane de tone în 1950, la 280 milioane de tone în 2011. Sursa principală de poluare cu microfibre de plastic o reprezintă deșeurile din plastic, acestea provenind în proporție de 80% din surse terestre. Microparticulele din material plastic ajung în mediul marin prin râuri și prin intermediul sistemelor de canalizare. Activitățile turistice, pescuitul comercial și de agrement, transportul maritim și industria plasticului contribuie la poluarea habitatelor marine prin nerespectarea normelor prevăzute de legislația pentru protecția mediului marin. Materialele plastice constituie între 60 – 80% din deșeurile prezente în mediul marin, și 90% din deșeurile care plutesc. Prin procesul de degradare, produsele din material plastic pot elibera substanțe chimice în mediul marin, fiind astfel o amenințare atât pentru floră cât și pentru faună. De asemenea, plasticul absorb poluanții organici persistenti (POP) din apele mărilor, iar în urma ingerării lor, acestea transferă substanțele toxice în organismele viețuitoarelor mediului marin, provocând grave tulburări în procesele de dezvoltare sau de reproducere.

**Cuvinte cheie:** microfibre de plastic, plastic, deșeuri, poluare, PET, ecosystem, ftalați, adezivi.

#### 1. Introducere

Plasticul este prezent peste tot în societate și în mediul înconjurător, în special în mediul marin unde se acumulează cantități uriașe de deșeuri din material plastic. Nivelul de cunoaștere al oamenilor, cu privire la pericolele și riscurile de mediu cauzate de prezența acestor deșeuri în habitatele marine, este foarte scăzut.

Deși până acum nu s-a acordat atenție acestei probleme, cantități mari și în creștere de produse din plastic, resturi, fragmente se află în mări și oceane, atât la suprafață, în adâncul și pe

sediments, and in organisms. [1]

Plastics represent between 60 – 80% of the waste from the marine environment and 90% of the waste that float on the surface waters of the seas and oceans. [2] Statistics reveal that over 267 species from all over the world are affected by this issue, including 44% of the birds, 43% of the mammals and 86% of the turtles and also different species of fish.

Because of the small size and their presence in both pelagic and benthic ecosystems, microplastic fibers can enter the food chain, being ingested by a series of marine species, including seabirds, shellfish or fish. [3] Plastics ingestion effects were identified and classified by researchers in three stages: the first is related to blockage and damage to the digestive system, the second refers to the release of toxic chemicals in the body, and the third step is the assimilation of these substances by organs and tissues. [2]

Microplastic fibers identified in the environment can have a diameter of 1 $\mu$ m and a length of 15  $\mu$ m making them accessible to all species. Such fibers can be particularly dangerous because they can accumulate, forming intestinal blockage. [3]

After ingestion, the additives and monomers may interfere with important biological processes and cause endocrine disruption, can have a negative impact on mobility, reproduction, development and cause carcinogenesis. [4]

## **2. Materials and methods**

Microplastic fibers present in the sand samples were separated from the sediment using a saturated solution of sodium chloride, which allows the fibers to float on the surface being thus extracted and filtered. The saturated solution was prepared by mixing 220g of NaCl and 700 ml of distilled water, to dissolve the entire amount of NaCl.

In a 200 ml Berzelius cup, 100 ml of saturated NaCl solution was introduced, and mixed with 50g of sand. After shaking it vigorously for one minute, the recipient has to stay 30 minutes for a complete decantation and separation of microplastic fibers.

After 30 minutes, the supernatant was extracted and introduced in a Büchner funnels system, using Whatman filter paper © GF / A. A vacuum pump was used in order to accelerate the filtration process.

fundul mărilor, în liniile de coastă, cât și în sedimente și în organisme. [1]

Materialele plastice constituie între 60 – 80% din deșeurile prezente în mediul marin, și 90% din deșeurile care plutesc pe mări și oceane. [2] Statisticile arată că cel puțin 267 de specii din întreaga lume sunt afectate de această problemă, incluzând 44% din păsări, 43% din mamifere, 86% din țestoase precum și diferite specii de pești.

Din cauza dimensiunilor mici și prezenței atât în ecosistemele pelagice cât și bentonice, microplasticele pot pătrunde în lanțul trofic, de unde sunt ingerate de o serie de viețuitoare marine, incluzând păsări marine, crustacee sau pești. [3] Efectele ingerării microplasticele au fost identificate și clasificate de către cercetători în trei etape: prima este legată de blocarea și de deteriorarea aparatului digestiv, a doua se referă la eliberarea substanțelor chimice toxice în organism, iar a treia etapă este asimilarea acestor substanțe de către organe și țesuturi. [2]

Microfibrele din plastic identificate în mediul înconjurător pot avea diametrul de 1 $\mu$ m și lungimea de 15  $\mu$ m, fiind astfel accesibile tuturor speciilor. Astfel de fibre pot fi deosebit de periculoase deoarece se pot acumula, formând blocaje intestinale. [3]

În urma ingerării, aditivii și monomerii pot interfera cu procesele biologice importante, și pot cauza perturbarea sistemului endocrin, pot avea un impact negativ asupra mobilității, reproducerii, dezvoltării, și pot provoca carcinogeneza. [4]

## **2. Materiale și metode**

Microfibrele de plastic prezente în probele de nisip au fost separate de sediment folosind o soluție saturată de clorură de sodiu, care permite fibrelor să plutească la suprafață, putând fi astfel extrase și apoi filtrate. Soluția saturată s-a preparat amestecând 220g de NaCl, cu 700 ml. apă distilată, până la dizolvarea întregii cantități de NaCl.

Într-un pahar Berzelius de 200 ml se adaugă 100 ml de soluție saturată de NaCl, iar apoi se introduc 50 g sediment din fiecare probă recoltată, după care se agită puternic timp de 1 minut.

Ulterior, recipientul se lasă 30 de minute pentru ca sedimentele să se separe de microfibrele de plastic, prin decantare.

Supernatantul se extrage cu o seringă, se introduce într-un sistem de pâlnii Büchner, și se filtrează utilizând hârtie de filtru Whatman © GF/A. Pentru accelerarea procesului de filtrare, s-a utilizat o pompă de vid.

All these steps were repeated three times to get three identical filtrations for each sand sample.

The obtained filters were analyzed on the microscope in order to determine the number of microplastic fibers present in the sand sample. (Images 1 and 2) The sum of the three filtrations on each sand sample represent the total number of fibers per 50 g of sediment.

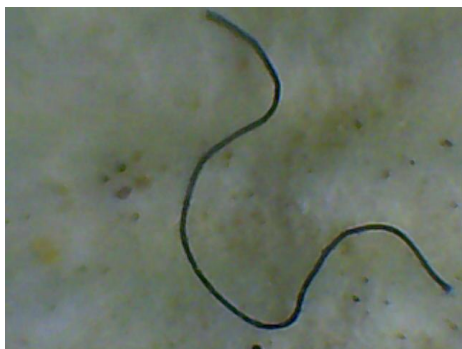


Figure 1. Microplastic fiber identified on the Mamaia beach.

Toate aceste etape se repetă de 3 ori pentru a obține 3 filtrări identice pentru fiecare probă de nisip.

Filtrele obținute se analizează la microscop, numărând microfibrele de plastic identificate. (Imaginile 1 și 2). Suma rezultatelor celor 3 filtrări de pe fiecare amplasament reprezintă numărul de fibre pe 50 grame de sediment.



Figure 2. Microplastic fiber identified on the Costinești beach

In order to determine the volume of microplastic fibers, the images obtained from the microscopic analyze were processed. After partitioning the area occupied by the microfiber, it was isolated using the “freehand selection” tool, and marked by the blue color (false coloring method).

The artificial colored microfiber was processed in Mathcad v. 11 software (Mathsoft, owned by Parametric Technology Corporation, Needham, MA, USA) to determine the physical parameters: Length ( $\mu\text{m}$ ), diameter, volume ( $\mu\text{m}^3$ ) and the surface ( $\mu\text{m}^2$ ). A color filter was applied in order to determine the average length and the diameter of the microplastic fibers.

Firstly, the numeric values of these parameters were counted in pixels, using the “skeletonizing” method.

In the second phase, the metric value of the microfibers was determined by calibrating the microscope (1 pixel = 0,5  $\mu\text{m}$ ). Thus, the length and the average diameter of the microfibers were determined, and finally their volume.

### 3. Experimental results

The results of laboratory analyzes for samples of the Black Sea are presented in Table 1.

Pentru determinarea volumului microfibrilor de plastic, se analizează imaginile inițiale obținute din analiza microscopică. După partiționarea zonei în care se află microfibra, aceasta se izolează utilizând comanda “freehand selection” și se marchează cu culoarea albastră (metoda false colouring).

Imaginea cu microfibra colorată “artificial” pentru a izola zona respectivă se utilizează în programul Mathcad v. 11 (Mathsoft, actualmente deținut de firma Parametric Technology Corporation, Needham, MA, USA) de determinare a parametrilor fizici: lungimea ( $\mu\text{m}$ ), diametrul, volumul ( $\mu\text{m}^3$ ) și suprafața ( $\mu\text{m}^2$ ).

S-a aplicat un filtru de culoare prin care a fost determinată lungimea medie și diametrul microfibrilor. În primă etapă, valorile numerice ale acestor parametri au fost calculate în pixeli prin metoda “skeletonizing”. În a doua etapă, prin calibrarea microscopului, s-a determinat dimensiunea metrică a unui pixel (1 pixel = 0,5  $\mu\text{m}$ ). Astfel s-a determinat lungimea și diametrul mediu al microfibrilor, iar în final, volumul microfibrilor analizate.

### 3. Rezultate experimentale

Rezultatele obținute în urma analizelor de laborator pentru probele recoltate de pe litoralul Mării Negre sunt prezentate în Tabelul 1.

Table 1. Laboratory analyses results for the samples of the Black Sea.

No.	Beach	Cardinal point	Filtration results			Σ per area	Mean/ area	Σ per beach	Mean/ beach
			1	2	3				
1	Costinești 1	Nord	24	36	20	80	26.66	205	68
		Centru	37	11	13	61	20.33		
		Sud	12	21	31	64	21.33		
2	Costinești 2	Nord	46	38	45	129	43	412	137
		Centru	21	32	33	86	28.66		
		Sud	83	47	67	197	65.66		
3	South Eforie	Nord	13	18	10	41	13.66	186	62
		Centru	15	21	24	60	20		
		Sud	26	25	34	85	28.33		
4	North Eforie	Nord	17	16	13	46	15.33	121	40
		Centru	10	8	11	29	9.66		
		Sud	12	16	18	46	15.33		
5	Mamaia	Nord	18	23	21	62	20.66	653	218
		Centru	17	16	17	50	16.66		
		Sud	260	145	136	541	180.33		

Table 1 emphasizes a high amount of microplastic fibers pollution in Mamaia, with an average of 218 microfibras, followed by Costinesti 2, where the average is 137 microfibras. The high level of pollution is caused by the large numbers of tourists, as Mamaia and Costinesti are among their preferences.

The statistical analysis is aimed to identify the most polluted beaches and also, the most polluted areas of the studied beaches from the Romanian coast area.

The first step in order to answer these questions is to assess the quantity of microfibras identified and the required limits of pollution. Thus, the pollution level was correlated with the statistical quartiles and with the limits imposed (Tab. 1 and 4). These four pollution levels classify the studied beaches and their areas in four categories: excessive pollution, high level of pollution, average level and low level of pollution. Tables 2 and 5 reveal these levels by specific colors: dark red for excessive pollution, red for high level, grey for average level and green for low level of pollution.

Din Tab.1 se observă o poluare majoră cu microfibre de plastic, în stațiunea Mamaia, cu o medie de 218 microfibre, fiind urmată de stațiunea Costinești 2, unde media este de 137 de microfibre. Nivelul ridicat al poluării cu microfibre de plastic este cauzat și de prezența în număr foarte mare a turiștilor, Mamaia și Costinești aflându-se în topul preferințelor acestora. Analiza statistică efectuată are ca scop identificarea celor mai poluate plaje, și de asemenea, a celor mai poluate zone ale plajelor de pe litoralul Mării Negre.

Primul pas pentru a răspunde acestor întrebări, este evaluarea cantității de microfibre identificate și a limitelor de poluare impuse. Astfel, nivelul de poluare al plajelor a fost corelat cu quartilele statistice și cu limitele impuse de aceasta. (Tab. 1 și 4). Aceste patru niveluri de poluare clasifică plajele și zonele aferente în patru categorii: poluare excesivă, nivel crescut de poluare, nivel mediu de poluare și nivel scăzut de poluare. Tabelele 2 și 5 evidențiază aceste niveluri prin culori specifice: nivelul excesiv este reprezentat cu vișiniu, nivelul crescut cu roșu, nivelul mediu cu gri iar nivelul scăzut este reprezentat cu culoarea verde.

Table 2. Descriptive statistics for one-way ANOVA with the factor: beach zones (N-North, C-Center, S-South), for all the beaches over the variables: number and volume of microfibras. (OPL means Ordinal Pollution Level).

	Volume	Number	OPL
No. of values used	45	45	
<b>Minimum</b>	<b>31666.776</b>	<b>8.000</b>	
<b>1st quartile</b>	<b>158322.669</b>	<b>15.500</b>	<b>1</b>
<b>Median</b>	<b>260230.424</b>	<b>21.000</b>	<b>2</b>
<b>3rd quartile</b>	<b>389581.652</b>	<b>34.000</b>	<b>3</b>
<b>Maximum</b>	<b>926731.660</b>	<b>260.000</b>	<b>4</b>
<b>Range</b>	<b>895064.884</b>	<b>252.000</b>	
Mean	286487.711	35.044	
Mean absolute deviation	138981.646	24.645	
Median absolute deviation	109400.076	8.000	
Standard-error	27759.543	6.636	
Lower bound Mean CI	230542.028	21.670	
Upper bound Mean CI	342433.394	48.419	

Table 3. Microfiber pollution level classifications of beaches zones, by the microfiber volume and numbers. The classification is displayed with the colors of the Duncan's post hoc test groupings.

Volume ( $\mu\text{m}^3$ )				Number			
Categories	Mean	Grouping	OPL	Categories	Mean	Groupings	OPL
Mamaia_N	542610.928	A	4	Mamaia_S	180.33	A	4
EforieN_S	479146.456	A B	4	Costinesti2_S	65.67	B	4
EforieS_S	429664.196	A B	4	Costinesti2_N	43.00	B	4
Mamaia_S	415999.415	A B	4	Costinesti2_C	28.67	B	3
Mamaia_C	394105.100	A B	4	EforieS_S	28.33	B	3
Costinesti2_N	336645.657	A B	3	Costinesti1_N	26.67	B	3
EforieN_N	265625.063	A B	3	Costinesti1_S	21.33	B	3
Costinesti2_S	263050.355	A B	3	Mamaia_N	20.67	B	2
EforieS_N	229136.171	A B	2	Costinesti1_C	20.33	B	2
EforieN_C	221823.305	A B	2	EforieS_C	20.00	B	2
Costinesti2_C	187113.456	A B	2	Mamaia_C	16.67	B	2
Costinesti1_S	167964.068	A B	2	EforieN_S	15.33	B	1
Costinesti1_C	157405.293	A B	1	EforieN_N	15.33	B	1
Costinesti1_N	150662.035	A B	1	EforieS_N	13.67	B	1
EforieS_C	56364.166	B	1	EforieN_C	9.67	B	1

Table 4. Descriptive statistics for the factor: beach location, for the variables: number and volume of microplastics.

Volume	Costinesti 1	Costinesti 2	Eforie S	Eforie N	Mamaia
Number of values	3	3	3	3	3
<b>Mean</b>	<b>158677</b>	<b>262270</b>	<b>238388</b>	<b>322198</b>	<b>450905</b>
<b>Std. Deviation</b>	<b>8721</b>	<b>74769</b>	<b>186822</b>	<b>137674</b>	<b>80170</b>
Std. Error	5035	43168	107862	79486	46286
Lower 95% CI of mean	137013	76534	-225701	-19802	251752
Upper 95% CI of mean	180341	448006	702478	664199	650059
Coefficient of variation	5.50%	28.51%	78.37%	42.73%	17.78%
Number	Costinesti 1	Costinesti 2	Eforie S	Eforie N	Mamaia
Number of values	3	3	3	3	3
<b>Mean</b>	<b>22.78</b>	<b>45.78</b>	<b>20.67</b>	<b>13.44</b>	<b>72.56</b>
<b>Std. Deviation</b>	<b>3.405</b>	<b>18.66</b>	<b>7.356</b>	<b>3.271</b>	<b>93.36</b>
Std. Error	1.966	10.77	4.247	1.889	53.90
Lower 95% CI of mean	14.32	-0.5653	2.394	5.318	-159.4
Upper 95% CI of mean	31.24	92.12	38.94	21.57	304.5
Coefficient of variation	14.95%	40.75%	35.59%	24.33%	128.67%

Table 5. Descriptive statistics for one-way ANOVA with the factor: beach location, for the variables: average volume and number of microfibers.

	Volume ( $\mu\text{m}^3$ )	Number	OPL
No. of values used	15	15	
<b>Minimum</b>	<b>123030.833</b>	<b>9.667</b>	
<b>1st quartile</b>	<b>167964.068</b>	<b>15.333</b>	<b>1</b>
<b>Median</b>	<b>263050.355</b>	<b>20.667</b>	<b>2</b>
<b>3rd quartile</b>	<b>415999.415</b>	<b>28.667</b>	<b>3</b>
<b>Maximum</b>	<b>542610.928</b>	<b>180.333</b>	<b>4</b>
Range	419580.095	170.667	
Mean	290932.155	35.044	
Mean absolute deviation	113677.176	24.516	
Median absolute deviation	105645.062	6.000	
Standard-error	34364.827	10.980	
Lower bound Mean CI	217226.931	11.494	
Upper bound Mean CI	364637.379	58.595	

Table 6. Microplastic fibers pollution level classification of beaches, by the volume and number of microfibers. The classification is displayed with the colors of the Duncan's post hoc test groupings.

Categories	Mean ( $\mu\text{m}^3$ )	Groupings	OPL	Categories	Mean	Groupings	OPL
Mamaia	450905.14	A	4	Mamaia	72.56	A	3
EforieN	322198.27	A B	3	Costinesti2	45.78	A	3
Costinesti2	262269.82	A B	3	Costinesti1	22.78	A	3
EforieS	260610.40	A B	2	EforieS	20.67	A	2
Costinesti1	158677.13	B	1	EforieN	13.44	A	1

The results presented in table 6 show two groups (A and B) for the beach zones and just one for the beaches generated by Tukey post hoc test from the one-way ANOVA test. Between the beaches: Mamaia and Costinesti 1, there is statistical significant difference ( $P=0.042$ ) of the microplastics volume; the other zones presents no statistical differences between the microplastics volume values. Between all five beach locations, there are present no statistical differences between the microplastics number values.

Microplastics volume for Mamaia beach has the highest pollution value and it is almost three times higher than the lowest pollution value of Costinesti 1 beach. The number of microplastics from Mamaia beach has the highest pollution value and it is six times higher than the lowest pollution value of the Eforie N beach.

Rezultatele prezentate în Tabelul 6 arată două grupe (A și B) pentru variabila volumul microplasticelor și doar una pentru variabila numărul microplasticelor, grupe generate de testul post hoc Tukey pentru statistica one-way ANOVA. Între plajele Mamaia și Costinești 1, există o diferență semnificativă ( $P=0.042$ ) a volumului microfibrilor; celelalte zone nu prezintă diferențe de volum semnificative din punct de vedere statistic. Între toate cele cinci plaje, nu există diferențe statistice privind numărul de microfibre.

Volumul microfibrilor indentificate pe plaja din Mamaia este cel mai ridicat, și este de aproximativ 3 ori mai mare decât nivelul cel mai scăzut, identificat pe plaja din Costinești1. De asemenea, numărul de microfibre identificate pe plaja din Mamaia este de 6 ori mai mare decât valoarea minimă identificată pe plaja din Eforie N.

Table 7. Microplastic fibers overall volume and number  $L^p$  norm ( $p = 2.5$ ) classification of beach zones (left) and beaches (right).

Beach Zones	$OPL_{L^p}$
Mamaia_S	4
EforieS_S	4
Costinesti2_S	4
Costinesti2_N	4
Mamaia_N	4
Mamaia_C	4
EforieN_S	4
Costinesti2_C	3
Costinesti1_S	3
EforieN_N	3
Costinesti1_N	3
EforieS_N	2
EforieS_C	2
EforieN_C	2
Costinesti1_C	2
Mamaia	4
EforieS	3
EforieN	3
Costinesti2	3
Costinesti1	3

Previously, OPL (Ordinal Pollution Level) was introduced to classify the level of the microplastic fibers pollution by volume and number. The answer for the environmental issue: which beach zone or beach area has the highest/lowest microplastic

Anterior OPL (nivelul ordinal de poluare) a fost utilizat pentru a clasifica nivelurile de poluare după volum și după numărul de microfibre. Răspunsul pentru problema inițială privind identificarea celei mai poluate plaje dar și a zonei cu

fibers pollution, has one solution by calculating the Lp norm of the OPL's for microplastic fiber's volume and number:

$$OPL_{Lp} = \left[ OPL_{volume}^p + OPL_{number}^p \right]^{-p} \quad (1)$$

Values in table 7 are rounded to an integer, in order to get a categorical significance. Only three pollution levels: 4 (excessive), 3 (high level) and 2 (average) occurred for the beach zones and only two 4 (excessive) and 3 (high level) for the beach location.

#### 4. Conclusions

Marine pollution includes a wide range of sources and types of pollution, generating destructive effects on both marine flora and fauna. Oil spills, eutrophication, invasive species, persistent organic pollutants (POPs), heavy metals, acidification, radioactive substances, marine litter, overfishing and destruction of marine habitats are the main forms of pollution affecting and destroying the marine environment.

The research conducted on different beaches of Romanian sea shore, confirms the presence of microplastic fibers pollution in all locations studied, the level and dispersion of pollution varies depending on the location of the beach and on the tourists number during the summer season. Thus, the highest level of pollution was recorded in Mamaia, with an average of 218 microplastic fibers, followed by Costinesti, with an average of 137 microplastic fibers, both resorts being the most popular for tourists. The lowest level of pollution was recorded in North Eforie where the average does not exceed 40 microplastic fibers.

Another cause of high pollution level recorded on Mamaia beach is the sea currents that concentrate in the south line the waste coming from the Danube. The Black Sea deep currents carry large masses of water from the Danube towards the Bosphorus Strait and the circular surface currents transport water masses from Costinești towards Mamaia.

cel mai ridicat nivel de contaminare poate fi aflat calculând Lp standard al nivelului ordinal de poluare (OPL) pentru variabilele numărul și volumul microplasticelor:

Valorile prezentate în tabelul 7 indică faptul că doar trei niveluri de poluare au rezultat în cazul zonelor studiate 4 (excesiv), 3 (nivel ridicat) și 2 (nivel mediu) și doar două niveluri de poluare definesc plajele analizate: 4 (excesiv) și 3 (nivel ridicat).

#### 4. Concluzii

Poluarea marină include o gamă largă de surse și forme de poluare, generând efecte distructive atât asupra florei cât și a faunei marine. Deversările de petrol, eutrofizarea, speciile invazive, poluanții organici persistenti (POP), metalele grele, acidifierea, substanțele radioactive, deșeurile marine, pescuitul excesiv și distrugerea habitatelor marine sunt principalele forme de poluare care afectează și distrug mediul marin.

Cercetările efectuate în cadrul lucrării pe diferite plaje de pe litoralul Românesc, confirmă prezența poluării cu microfibre de plastic în toate locațiile studiate, nivelul și dispersia poluării variind în funcție de locația plajei și de gradul de ocupare a plajelor respective, în timpul sezonului estival. Astfel, gradul cel mai ridicat de poluare s-a înregistrat în stațiunea Mamaia, cu o medie de 218 microfibre de plastic, fiind urmată de stațiunea Costinești, cu o medie de 137 microfibre de plastic, ambele stațiuni aflându-se în topul preferințelor turiștilor. Cel mai scăzut nivel de poluare s-a înregistrat în stațiunea Eforie Nord, unde media nu depășește 40 de microfibre de plastic.

O altă cauză a nivelului ridicat de poluare înregistrat în pe plaja din Mamaia o reprezintă curenții marini care concentrează în linia sudică deșeurile provenite din Dunăre. Curenții de adâncime din Marea Neagră transportă masele mari de apă de la Dunăre înspre Strâmtoarea Bosfor, iar mișcarea curenților de suprafață este circulară și transportă masele de apă dinspre Costinești înspre Mamaia.

## **References**

- [1] Lithner Delilah, 2011, Environmental and Health hazards of chemicals in plastic polymers and products, Department of Plant and Environmental Sciences, Faculty of Science, University of Gothenburg.
- [2] Gorycka Maria, 2009, Environmental Risks of Microplastics, Faculteit der Aard- en Levenswetenschappen, Vrije Universiteit, Stichting De Noordzee, pp.63-70.
- [3] Reddy M.Srinivasa, Shaik Basha, S. Adimurthy, G. Ramachandraiah, 2006, Description of the small plastics fragments in marine sediments along the Alang-Sosiya ship-breaking yard, India, Estuarine, Coastal and Shelf Science, Nr. 68, pp. 656 – 660.
- [4] Cole Matthew, Pennie Lindeque, Claudia Halsband, Tamara S. Galloway, 2011, Microplastics as contaminants in the marine environment: A review, Marine Pollution Bulletin, Nr. 62, pp. 2588-2597.