



DAVIDE MARCHETTO, AURELIO LATELLA, GIULIO POJANA  
UNIVERSITÀ CÀ FOSCARI, VENEZIA  
JP@UNIVE.IT

# LE MICROPLASTICHE NELL'AMBIENTE MARINO

*Si riassumono brevemente le problematiche ambientali delle microplastiche, la frazione più piccola (<5 mm) dei rifiuti plastici, nell'ambiente marino, con particolare attenzione alla loro presenza nelle acque del Mar Mediterraneo e lungo le coste italiane.*

I polimeri di sintesi, genericamente chiamati plastiche, sono tra i prodotti maggiormente utilizzati nella realizzazione di imballaggi e di manufatti, per uso sia industriale che civile, grazie alle loro peculiari proprietà fisiche e chimiche. Dalla loro introduzione sui mercati mondiali negli anni Cinquanta (il polipropilene isotattico, ideato da Natta, iniziò ad essere prodotto dalla Montecatini nel 1957), la loro produzione è cresciuta costantemente sia in termini di volumi complessivi prodotti sia in termini di materiali proposti, passando da 1,5 Mton a 311 Mton del 2014, con un aumento medio annuo del 9%. L'Europa è attualmente seconda nella classifica mondiale dei produttori, alle spalle della Cina (20% vs. 26%). Oggi-giorno sono disponibili più di 20 distinte tipologie di materie plastiche, ma la maggioranza dei consumi è rappresentata da polietilene (PE, 29%), polipropilene (PP, 18%), polivinilcloruro (PVC, 15%), polietilentereftalato (PET, 20%), polistirene (PS, EPS, 7,8%) e nylon (PA, 1%). Dati i loro molteplici utilizzi, l'estesa diffusione e la buona resistenza chimica, risulta evidente il potenziale impatto sull'ambiente in caso di dispersione, in particolare su quello marino. Questi materiali hanno proprietà e

caratteristiche fisiche molto diverse tra loro, quali ad esempio la gravità specifica (0,83-1,05 g/cm<sup>3</sup> per PE, PP e PS, e 1,13-1,38 per PA, PET e PVC), che spiega il loro diverso comportamento quando dispersi negli ambienti acquatici [1].

L'interesse scientifico e ambientale per la presenza nell'ambiente marino dei detriti di origine antropica, in particolare di quelli plastici, risale alla prima





metà degli anni Settanta [2]. Già in una *short communication* intitolata “An End to Plastic Pollution?”, pubblicata nel 1970 sul primo volume della rivista scientifica *Marine Pollution Bulletin* [3], veniva preso in considerazione il problema dell’inquinamento marino da parte di manufatti di plastica, proponendo la loro rimozione attraverso l’aggiunta di additivi che ne favorissero la disgregazione in frammenti microscopici e, quindi, non più visibili. Questo approccio, nonostante costituisse un primo tentativo di affrontare il problema della “*plastic litter*” come fattore di contaminazione ambientale, non individuava purtroppo il problema costituito dalla plastica stessa, qualunque fosse la dimensione e la forma in cui si poteva presentare, anche a dimensioni nettamente inferiori al visivamente percettibile. La consapevolezza degli effetti ambientali delle plastiche “di piccole dimensioni”, crebbe dal 1972 grazie alle pubblicazioni di Carpenter *et al.* relative a monitoraggi effettuati nelle acque del Mar dei Sargassi occidentale [4] e delle coste del New England [5]. Nella prima [4], oltre a essere riportata l’ampia diffusione di particelle plastiche (“*plastic particles*” o “*small plastics*” nella letteratura scientifica del periodo) galleggianti o *neustoniche* (ovvero presenti all’interfaccia acqua-aria) nell’area indagata, se ne ipotizzava anche il possibile ruolo quali sorgenti e veicoli di contaminanti, policlorobifenili (PCB) in particolare; nella seconda [5] si riscontrava già l’ef-

fettiva ingestione di sferule di polistirene da parte dell’ittiofauna, sottolineando i potenziali effetti negativi sulla fisiologia digestiva delle specie coinvolte.

Negli anni successivi, grazie a sistematici ed estesi campionamenti in vaste aree dell’Atlantico Settentrionale [6, 7] e Meridionale [8] furono evidenziate l’entità e l’estensione del problema a scala oceanica. In particolare Morris [8] nel 1980 riportò la presenza dei *virgin pellets* (granuli primari per la produzione) in aree dell’oceano Atlantico Meridionale lontane da sorgenti di contaminazione,

dimostrando che le plastiche, flottando su lunghe distanze, potevano contaminare anche aree remote. La presenza di “*small plastics*” (0,3-100 mm) fu rilevata dal 1974 anche nel Pacifico Settentrionale e Subartico [9-11], nonostante le concentrazioni misurate fossero più basse (1 frammento ogni 9.000 m<sup>2</sup>) [9] rispetto al Mar dei Sargassi (1 ogni 280 m<sup>2</sup>) [4] e ad aree più centrali del Pacifico (1 ogni 29 m<sup>2</sup>) [12] precedentemente monitorate. Queste ricerche hanno avuto anche il grande merito di aver previsto una relazione tra le dinamiche oceanografiche, relative a correnti e vortici oceanici, e la distribuzione e l’accumulo dei detriti plastici in aree specifiche. Infatti, nel 1989, in alcuni rapporti relativi ai detriti marini pubblicati dall’agenzia statunitense NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) [13] venne descritta l’esistenza di estese aree con elevate densità di rifiuti plastici galleggianti in corrispondenza del vortice subtropicale del Nord Pacifico (oggi noto come *Great Pacific Garbage Patch*), con picchi di densità di ca. 1 frammento ogni 3 m<sup>2</sup> nel Mar del Giappone [13]. Nel 2001, grazie alle crociere oceanografiche effettuate da Moore *et al.* [14] e dall’Algalita Marine Research Foundation si portò all’attenzione dell’opinione pubblica il problema nella sua drammaticità, misurando nell’Oceano Pacifico una densità media di 1 detrito plastico ogni ca. 3 m<sup>2</sup>, con picchi fino a 1/m<sup>2</sup>, oltre a preoccupanti stime di rapporti in massa vicine all’u-



nità tra plastiche galleggianti e organismi planctonici. Le varie ricerche condotte evidenziarono, oltre all'importanza delle correnti e dei venti sulla distribuzione quantitativa delle plastiche neustoniche, come la presenza di fenomeni di convergenza a microscala, quale ulteriore, importante meccanismo nel concentrare localmente le plastiche, ne incrementassero la probabilità di entrare nelle catene trofiche marine [13]. Anche in Europa i primi studi sulle "small plastics" in ambiente marino risalgono ai primi anni Settanta, relativamente all'area britannica, con evidenze scientifiche sulla presenza di fibre [15] nelle acque costiere o di contaminanti specifici, quali sferule di polistirene nelle acque e nei sedimenti del Canale di Bristol [16], ed in pesci bentonici nell'estuario del Severn vicino a potenziali sorgente di immissione [17, 18]. Furono trovate densità di polistirene fino a 188 sferule/m<sup>3</sup> in acqua, 20.000/m<sup>2</sup> sulle coste e 100.000/m<sup>2</sup> in alcune aree, dove le sferule di polistirene erano addirittura inglobate nei tubi di alcuni policheti [16].

L'interesse per le microplastiche negli ambienti litoranei e nei sedimenti era inizialmente mirato alla quantificazione dei *virgin pellets*, come risulta evidente da

studi condotti sulla costa orientale degli Stati Uniti [19], del Libano [20], della costa mediterranea della Spagna [21] e della Nuova Zelanda [22], e su aree di accumulo lontane dalle sorgenti, quali le coste delle Isole Bermuda o del Canada nord-orientale [23]. La loro presenza fu imputata a potenziali sorgenti puntuali quali scarichi di impianti di produzione e lavorazione industriale di materiali polimerici o fuoriuscite da operazioni portuali di carico e scarico. Nel 1992 l'Environmental Protection Agency Americana (EPA) pubblicò un rapporto tecnico contenente indicazioni per monitoraggio e misure per la riduzione della dispersione dei *virgin pellets* negli ecosistemi acquatici [24].

Gli studi sui detriti antropogenici in mare hanno contribuito a stimolare lo sviluppo di strumenti legislativi a livello internazionale per il controllo dell'immissione e dello smaltimento, in particolare dai nantati, di potenziali sorgenti di contaminazione. La London Dumping Convention (LDC) del 1973, elenca nell'Annex I i materiali di cui è vietato lo scarico in mare, tra cui le plastiche e altri materiali sintetici persistenti, mentre l'International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL) del 1978, specifica nell'Annex V norme che proibiscono "lo smaltimento in mare di tutte le plastiche, incluse ma non limitate a corde e reti sintetiche e sacchetti di spazzatura in plastica" [25].

Dal 2000 le "small plastics" cominciarono ad ottenere una maggiore attenzione: se negli anni precedenti si era constatata la presenza di rilevanti quantità di detriti plastici persistenti [14, 26, 27], successivamente iniziò a manifestarsi una crescente preoccupazione per la diffusione e l'incremento delle frazioni più piccole, sia introdotte direttamente in ambiente (microplastiche *primarie* [28, 29], ossia già prodotte in quell'intervallo dimensionale, quali i *virgin pellets* [24] o gli *scrubbers* [30, 31] utilizzati nei prodotti cosmetici ed industriali), sia, soprattutto, originate dalla frammentazione dei manufatti di dimensione maggiore (microplastiche *secondarie* [28, 29]), quali fibre e frammenti [32, 33]. Il termine "microplastics" fu introdotto per la prima volta nel 2004 da Thompson



*et al.*: analizzando campioni di plancton raccolti nelle acque tra le Isole Britanniche e l'Islanda dagli anni Sessanta agli anni Novanta, venne rilevato un significativo incremento nel tempo della concentrazione di microplastiche (in particolare microfibre) nelle acque [32], oltre ad una loro diffusa presenza anche nei sedimenti e nelle sabbie litoranee delle aree monitorate. Si dimostrò, quindi, come la contaminazione da microplastiche fosse molto comune, e si ipotizzò inoltre il rischio di un loro accumulo nell'ambiente a causa di un incremento della produzione di manufatti plastici, particolarmente di quelli monouso, unito alla longevità dei polimeri [32].

La contaminazione da microplastiche è stata affrontata a livello politico-legislativo negli Stati Uniti dal 2008 [34] e dal 2010 nell'Unione Europea, nell'ambito della direttiva comunitaria MSFD2008/56/EC (*Marine Strategy Framework Directive*) [35], recepita anche nella nostra legislazione nazionale, nel descrittore 10 per la stima del GES (Good Environmental Status) delle aree marine costiere [36, 37].

Per i detriti plastici non esiste ad oggi una classificazione dimensionale universalmente accettata, e nell'intervallo tra 1 nm e 10 cm i prefissi *nano*, *micro*, *meso* e *macro* vengono utilizzati in maniera arbitraria e non univoca [38]. Ragionevoli indicazioni di armonizzazione proporrrebbero l'uso dei prefissi dimensionali del Sistema Metrico Internazionale, dove ad esempio *micro* indica dimensioni superiori a 1  $\mu\text{m}$  e inferiori a 1 mm [39]. Il criterio attualmente più diffuso, proposto anche nei protocolli di monitoraggio della UE, definisce "microplastiche" le particelle polimeriche aventi dimensioni comprese tra 20  $\mu\text{m}$  e 5 mm [34], suddividendo l'intervallo dimensionale in ulteriori due sottoclassi (20  $\mu\text{m}$ -1 mm e 1-5 mm) [40]. Per i campioni prelevati da acque di mare superficiali il limite dimensionale inferiore è imposto dalla maglia dei retini da neuston utilizzati, generalmente da 200 o 333  $\mu\text{m}$ . Nell'ultimo

decennio la presenza, le sorgenti, le origini e i potenziali effetti sugli organismi marini delle microplastiche sono stati ampiamente indagati [28, 39, 41, 42], grazie anche allo sviluppo di adeguati metodi di campionamento, separazione dalle matrici ambientali e analisi per la loro corretta identificazione. Le tecniche e i protocolli di indagine hanno assunto un ruolo fondamentale nei criteri di quantificazione e classificazione delle microplastiche, in quanto un'adeguata classificazione dovrebbe essere effettuata sia in termini di dimensione e morfologia sia di composizione polimerica. Per il campionamento, a seconda della matrice di provenienza, vengono impiegati setacci e reti, anche a cascata, per la raccolta di frammenti da arenile, sedimento, acqua superficiale o colonna d'acqua [43, 44].

Definita la classe dimensionale oggetto di indagine, la determinazione dell'effettiva identità polimerica dei frammenti risulta fondamentale per una corretta quantificazione delle concentrazioni, esprimibili in termini di numerosità per unità di superficie, volume o massa, sia di acqua che di sedimento. Questo risulta cruciale per i frammenti di dimensioni micrometriche, in quanto l'identificazione basata esclusivamente sulla microscopia ottica può portare a false attribuzioni, con un'errata classificazione di frammenti di diversa origine (minerale o vegetale) come plastiche nel 47-70% dei casi [43, 45]. Le principali tecniche analitiche per l'identificazione chimica delle microplastiche sono la spettroscopia infrarossa in



	Dimensioni (mm)	Densità media (min-max) n/m <sup>2</sup> o n/m <sup>3</sup> (#)
Mediterraneo Nordoccidentale [59]	0,333-5	0,116 (0-0,892)
Mediterraneo Occidentale [60]	0,3-5	0,130 (0,01-0,42)
Mar Mediterraneo [61]	0,333-5	0,140
Mar Mediterraneo [62]	0,2-100	0,244
Israele [63]	<5	7,68 #
Corsica (Baia di Calvi) [64]	0,2-10	0,062 (0-0,688)
	0,2-2	0,034 (0-0,217)
	2-5	0,017 (0-0,395)
	5-10	0,011 (0-0,117)
Mar Ligure [65]	0,2-5	0,47 (0-4,83)
Mar Ligure [66]	0,2-5	0,49 (0,19-0,94) #
Sardegna sett. (Golfo dell'Asinara) [65]	0,2-5	0,06 (0-0,41)
Sardegna sett. (Golfo dell'Asinara) [66]	0,2-5	0,16 (0,10-0,24) #
Sardegna (Golfo di Oristano) [67]	n.r.	0,15 (0,01-0,35) #
Adriatico Meridionale [68]	0,2-5	0,83 (0,04-4,65)
Adriatico Settentrionale (Slovenia) [69]	0,3-5	0,472 (0,014-3,098)
Mar Adriatico (Lido di Venezia)	0,3-5	0,084 (0,022-0,229)

**Tab. 1 - Microplastiche nelle acque superficiali del Mar Mediterraneo**

trasformata di Fourier in modalità *Attenuated Total Reflection* (FT-IR-ATR), la spettroscopia Raman e, più recentemente, la Spettroscopia di Riflettanza nel Vicino Infrarosso (NIR). Queste tecniche possono essere anche accoppiate alla microscopia ottica per aumentarne la risoluzione (Micro-FT-IR-ATR, Micro-Raman). Sono disponibili anche strumenti portatili adatti all'utilizzo in campo [46, 47].

Altre tecniche impiegate sono la pirolisi e la termogravimetria accoppiate a gascromatografia-spettrometria di massa (Py-GC-MS, TGA-GC-MS), le quali consentono di identificare sia il polimero che gli eventuali additivi contenuti [48, 49], e la microscopia elettronica (SEM, SEM-EDS, ESEM-EDS).

L'identificazione delle microplastiche va preceduta da adeguate fasi di preparazione del campione per separarle dalle matrici ambientali in cui sono disperse e per rimuovere fattori di interferenza dati dal prolungato permanere nell'ambiente marino. La separazione dalla matrice, essendo le microplastiche composte

da polimeri con densità comprese generalmente tra 0,8 e 1,4 g/cm<sup>3</sup>, avviene generalmente per flottazione in soluzioni acquose saline concentrate di NaCl, ZnCl<sub>2</sub> o NaI [50-52] o per elutriazione [50]; le particelle vengono successivamente recuperate per filtrazione su setacci o filtri a membrana. Opportuni trattamenti chimici o enzimatici sono stati proposti per la rimozione dalla superficie delle microplastiche di interferenti, quali biofilm, incrostazioni superficiali, e sostanze organiche adsorbite,

naturali e di sintesi (petrolio, oli, inquinanti e contaminanti idrofobici, ecc.), che possono modificare la densità apparente dei frammenti [39, 53, 54] o indurre la formazione di aggregati, inficiando o addirittura impedendo una loro efficiente separazione dalla matrice, o influire negativamente sulla corretta identificazione spettroscopica dei polimeri [55].

La tutela dell'ambiente marino ed il controllo della contaminazione di rifiuti e plastiche possono essere affrontati correttamente adottando politiche ambientali a scala più ampia di quelle regionali e nazionali, data la natura transfrontaliera degli ecosistemi marini. Numerosi progetti e attività scientifiche internazionali stanno cercando in questi anni di armonizzare gli strumenti di monitoraggio e di adottare misure e norme più efficienti per abbattere le barriere e per l'applicazione delle norme, differenti da Stato a Stato, nonché proporre strumenti di gestione anche economica della problematica, dati gli impatti negativi su alcune attività, quali ad esempio pesca e turi-



	Tipologia	Dimensioni (mm)	Densità media (min-max) (n/kg)
Malta [71]	marino	<5	4,4 (0-12)
Isole Baleari [72]	costiero	0,063→2	100-900
Slovenia [73]	spiaggia	0,25-5	177,8 (max. 444)
	infralitorale	0,25-5	170,4
Isole Eolie [74]	portuale	0,063-5	151,0-678,7 (0-1037)
Laguna di Venezia [75]	subtidale	0,015-2,4	1445 (672-2175)
Mar Adriatico (Lido di Venezia)	spiaggia	1-5	10 (0-52,7)

Tab. 2 - Microplastiche nei sedimenti del Mar Mediterraneo

smo, già evidenziati a vari livelli [56-58]. In ambito europeo possono essere citati il progetto MARLISCO (MARine Litter in the Europe Seas; Social Awareness and CO-Responsability) e, a livello del bacino Adriatico-Ionico, il progetto DeFishGear, del programma di ricerca congiunto IPA Adriatic Cross-Border Cooperation della Commissione Europea, il quale tra il 2014 e il 2016 si è focalizzato sulle misure da adottare per la gestione e la riduzione dei rifiuti marini nell'area. Questo progetto ha incluso anche specifiche attività di monitoraggio di microplastiche in sedimenti costieri, acque marine superficiali e organismi marini in più punti delle coste adriatiche e joniche, dall'Italia alla Grecia, permettendo di ottenere i primi dati, attualmente in via di elaborazione e pubblicazione, sulla presenza di microplastiche in quest'area marina. Sul versante italiano è stata monitorata, da parte dell'ARPA-ER, la presenza di microplastiche nelle aree del litorale emiliano-romagnolo, mentre l'Università Ca' Foscari di Venezia ha investigato il litorale dell'isola del Lido di Venezia, presso la Bocca di Porto di Malamocco, principale accesso alla Laguna di Venezia per il traffico commerciale e zona di particolare valore ecologico e faunistico, già Sito di Interesse Comunitario (SIC) e Zona di Protezione Speciale (ZPS). Sono disponibili attualmente un discreto numero di dati relativi alla presenza di microplastiche nelle acque superficiali del Mar Mediterraneo (Tab. 1), che purtroppo non possono essere dettagliatamente confrontati, riferendosi ad intervalli dimensionali diversi ed essendo riportati in unità

di misura diverse (frammenti/m<sup>2</sup> o frammenti/m<sup>3</sup>). Nel Mediterraneo, le microplastiche sono presenti a concentrazioni comprese tra 1 particella su 1,2 m<sup>2</sup> e 1 su 16 m<sup>2</sup>, valori che fanno ritenere anche quest'area soggetta in maniera rilevante a questi nuovi contaminanti, come prevedibile data la natura relativamente chiusa del mare Mediterraneo e la popolazione presente. I dati disponibili sul mare Adriatico al momento sono attualmente pochi. Per quest'ultimo, in ragione delle sue peculiarità oceanografiche, le correnti e lo spostamento delle masse d'acqua potrebbero giocare un ruolo rilevante nel diffondere e distribuire le plastiche disperse in mare, anche lontano dai punti di immissione, come recentemente evidenziato da studi modellistici [70].

Il monitoraggio delle microplastiche nei sedimenti del Mediterraneo è iniziato recentemente e i dati disponibili sono, di conseguenza, più scarsi (Tab. 2); risulta comunque evidente la contaminazione da microplastiche anche in questo comparto.

In futuro, per una corretta valutazione degli impatti legati alla presenza di microplastiche nell'ambiente marino, ne dovranno essere individuati e stimati con certezza gli effetti [76] sia sugli organismi marini sia sull'uomo, in quanto consumatore di risorse aliutiche. Le conseguenze dell'esposizione prolungata a questa forma di contaminazione e il trasferimento delle microplastiche lungo la catena trofica sono aspetti tutt'ora in fase di studio [77, 78] e gli eventuali sviluppi richiederanno ulteriore impegno e risorse da parte della comunità scientifica e delle istituzioni.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] A.L. Andrady, in *Marine Anthropogenic Litter*, M. Bergmann *et al.* (Eds.), Springer Open, 2015, 57.
- [2] P.G. Ryan, in *Marine Anthropogenic Litter*, M. Bergmann *et al.* (Eds.), Springer Open, 2015, 1.
- [3] *Mar. Pollut. Bull.*, 1970, **1**, 130.
- [4] E.J. Carpenter, K.L. Smith, *Science*, 1972, **175**, 1240.
- [5] E.J. Carpenter *et al.*, *Science*, 1972, **178**, 749.
- [6] J.B. Colton *et al.*, *Science*, 1974, **185**, 491.
- [7] R. van Dolah *et al.*, *Mar. Pollut. Bull.*, 1980, **11**, 352.
- [8] R.J. Morris, *Mar. Pollut. Bull.*, 1980, **11**, 164
- [9] D.G. Shaw, *Sci. Total Environ.*, 1977, **8**, 13.
- [10] D.G. Shaw, G.A. Mapes, *Mar. Pollut. Bull.*, 1979, **10**, 160.
- [11] R.H. Day, D.G. Shaw, *Mar. Pollut. Bull.*, 1987, **18**, 311.
- [12] C.S. Wong *et al.*, *Nature*, 1974, **247**, 30.
- [13] R.H. Day *et al.*, in *Proceedings of the Second International Conference on Marine Debris*. R.S. Shomura, M.L. Godfrey Eds., 1990, NOAA-TM-NMFS-SWFSC-154.
- [14] C.J. Moore *et al.*, *Mar. Pollut. Bull.*, 2001, **42**, 1297.
- [15] J.B. Buchanan, *Mar. Pollut. Bull.*, 1971, **2**, 23.
- [16] A.W. Morris, E.I. Hamilton, *Mar. Pollut. Bull.*, 1974, **5**, 26.
- [17] S. Kartar *et al.*, *Mar. Pollut. Bull.*, 1973, **4**, 144.
- [18] S. Kartar *et al.*, *Mar. Pollut. Bull.*, 1976, **7**, 52.
- [19] H. Hays, G. Cormons, *Mar. Pollut. Bull.*, 1974, **5**, 44.
- [20] J.G. Shiber, *Mar. Pollut. Bull.*, 1978, **10**, 28.
- [21] J.G. Shiber, *Mar. Pollut. Bull.*, 1982, **13**, 409.
- [22] M.R. Gregory, *Mar. Pollut. Bull.*, 1977, **8**, 82.
- [23] M.R. Gregory, *Mar. Environ. Res.*, 1983, **10**, 73.
- [24] U.S.-EPA-Off. of Water, *Plastic Pellets in the Aquatic Environment: Sources and Recommendations*, Final Report, 1992, EPA842-B-92-010.
- [25] S.A. Lentz, *Mar. Pollut. Bull.*, 1987, **18**, 361.
- [26] J.G.B. Derraik, *Mar. Pollut. Bull.*, 2002, **44**, 842.
- [27] D.A. Wolfe, *Mar. Pollut. Bull.*, 1987, **18**, 303.
- [28] M. Cole *et al.*, *Mar. Pollut. Bull.*, 2011, **62**, 2588.
- [29] GESAMP, *Sources, Fate and Effects of Microplastic in the Marine Environment: A Global Assessment*, P.J. Kershaw (Ed.), 2015, Rep. Stud. GESAMP No. 90.
- [30] V. Zitko, M. Hanlon, *Mar. Pollut. Bull.*, 1991, **22**, 41.
- [31] M.R. Gregory, *Mar. Pollut. Bull.*, 1996, **32**, 867.
- [32] R.C. Thompson *et al.*, *Science*, 2004, **304**, 838
- [33] D.K.A. Barnes *et al.*, *Phil. Trans. R. Soc. B*, 2009, **364**, 1985.
- [34] C. Arthur *et al.* (Eds.), *Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects and Fate of Microplastic Marine Debris*. Sept 9-11, 2008. NOAA Tech. Mem.2009, NOS-OR&R-30.
- [35] F. Galgani *et al.*, *ICES J. Mar. Sci.*, 2013, **70**, 1055.
- [36] F. Galgani *et al.*, *Marine Strategy Framework Directive Task Group 10 Report Marine litter*, 2010, JRC Sci. and Techn. Rep., ICES/JRC/IFREMER Joint Report (No. 31210-2009/2010), 57.
- [37] F. Galgani *et al.*, *MSFD GES Technical Subgroup on Marine Litter. Technical Recommendations for the Implementation of MSFD Requirements*. JRC Sci. and Techn. Rep., 2011, No 25009 EN-2011.
- [38] N. Hartmann *et al.*, 2015, *Aquatic ecotoxicity testing of nanoplastics: lessons learned from nanoecotoxicology*. Kgs. Lyngby: DTU Environment. [Sound/Visual production (digital)]. ASLO Aquatic Sciences Meeting 2015, Granada, Spain, 22/02/2015.
- [39] A.L. Andrady, *Mar. Pollut. Bull.*, 2011, **62**, 1596.
- [40] G. Hanke *et al.*, *MSFD GES technical subgroup on marine litter. Guidance on monitoring of marine litter in European Seas*. Luxembourg: JRC-Institute for Environmental and Sustainability, Publications Office of the EU, 2013.



- [41] J.A. Ivar do Sul, M.F. Costa, *Environ. Pollut.*, 2014, **185**, 352.
- [42] J. Wang *et al.*, *Mar. Environ. Res.*, 2016, **113**, 7.
- [43] V. Hidalgo-Ruz *et al.*, *Environ. Sci. Technol.*, 2012, **46**, 3060.
- [44] J. Pinto da Costa *et al.*, *Sci. Total Environ.*, 2016, **566-567**, 15.
- [45] J.H. Dekiff *et al.*, *Environ. Pollut.*, 2014, **186**, 248.
- [46] T. Rocha-Santos *et al.*, *Trends Anal. Chem.*, 2015, **65**, 47.
- [47] J.P. Harrison *et al.*, *Sci. Total Environ.*, 2012, **416**, 455.
- [48] E. Fries *et al.*, *Environ. Sci. Process. Impacts*, 2013, **15**, 1949.
- [49] M. Eriksen *et al.*, *Mar. Pollut. Bull.*, 2013, **77**, 177.
- [50] H.K. Imhof *et al.*, *Limnol. Oceanogr. Methods*, 2012, **10**, 524.
- [51] M.T. Nuelle *et al.*, *Environ. Pollut.*, 2014, **184**, 161.
- [52] M. Claessens *et al.*, *Mar. Pollut. Bull.*, 2013, **70**, 227.
- [53] S. Morét-Ferguson *et al.*, *Mar. Pollut. Bull.*, 2010, **60**, 1873.
- [54] D. Eerkes-Medrano *et al.*, *Water Res.*, 2015, **75**, 63.
- [55] M. Cole *et al.*, *Sci. Rep.*, 2014, **4**, Article n. 4528, doi: 10.1038/srep04528.
- [56] S. Newman *et al.*, in *Marine Anthropogenic Litter*, M. Bergmann *et al.* (Eds.), Springer Open, 2015, 367.
- [57] L. Jęftic *et al.*, *Marine Litter: A Global Challenge - UNEP Report*, 2009.
- [58] A. McIlgorm *et al.*, *Ocean Coast. Manage.*, 2011, **54**, 643.
- [59] A. Collignon *et al.*, *Mar. Pollut. Bull.*, 2012, **64**, 861.
- [60] F. Faure *et al.*, *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 2015, **22**, 12190.
- [61] L.F. Ruiz-Orejón, *Mar. Environ. Res.*, 2016, **120**, 136.
- [62] A. Cózar *et al.*, *PLOS ONE*, 2015, e0121762. doi:10.1371/journal.pone.0121762.
- [63] N. van der Hal *et al.*, *Proceedings of MICRO 2016: Fate and Impact of Microplast. in Marine Ecosystems*, 2016, 13.
- [64] A. Collignon *et al.*, *Mar. Pollut. Bull.*, 2014, **79**, 293.
- [65] M.C. Fossi *et al.*, *Mar. Pollut. Bull.*, 2012, **64**, 2374.
- [66] M.C. Fossi *et al.*, *Environ. Pollut.*, 2016, **209**, 68.
- [67] G.A. De Lucia *et al.*, *Mar. Environ. Res.*, 2014, **100**, 10.
- [68] G. Suaria *et al.*, *Proceedings of MICRO 2016: Fate and Impact of Microplast. in Marine Ecosystems*, 2016, 51.
- [69] T. Gaišt *et al.*, *Mar. Pollut. Bull.*, in press, <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.10.031>.
- [70] S. Liubartseva *et al.*, *Mar. Pollut. Bull.*, 2016, **103**, 115.
- [71] T. Romeo *et al.*, *Environ. Monit. Assess.*, 2015, **187**, 747.
- [72] C. Alomar *et al.*, *Mar. Environ. Res.*, 2016, **115**, 1.
- [73] B.J.L. Laglbauer *et al.*, *Mar. Pollut. Bull.*, 2014, **89**, 356.
- [74] P. Fastelli *et al.*, *Mar. Pollut. Bull.*, 2016, in press.
- [75] A. Vianello *et al.*, *Estuar. Coast. Shelf S.*, 2013, **130**, 54.
- [76] D. Lithner *et al.*, *Sci. Total Environ.*, 2011, **409**, 3309.
- [77] M.A. Browne *et al.*, *Proc. R. Soc. B.*, 2015, **283**, <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2014.2929>.
- [78] K. Duis, A. Coors, *Environ. Sci. Eur.*, 2016, **28**, 2.

### Microplastics in the Marine Environment

The emerging environmental issue of microplastics, the finest fraction (<5 mm) of plastic litter, in the marine environment, is here briefly reviewed, with particular attention paid to their presence and distribution in the Mediterranean Sea and along the Italian coast.