



MİKROPLASTİKLERİN DENİZ ÇEVRESİNDE NEDEN OLDUĞU ETKİLER

Effects of Microplastics in Marine Environment



Aralık 2020
Yıl: 3 Sayı: 6
Sayfalar: 44-56

Hacer SELAMOĞLU ÇAĞLAYAN*
Çevre ve Şehircilik Bakanlığı,
Ankara

Doç. Dr. Ülgen AYTAN
Recep Tayyip Erdoğan
Üniversitesi,
Su Ürünleri Fakültesi, Rize

*Sorumlu yazar

Anahtar kelimeler
Deniz, mikroplastik,
kirlilik, ekosistem

Keywords
Marine, microplastic,
pollution, ecosystem

Yazıların tüm teknik ve hukuki sorumluluğu yazarlarına aittir. İleri sürülen fikir ve iddialar Doğa ve Sürdürülebilirlik Derneğinin görüşünü yansıtmayabilir.

Modern çağda insanın gittikçe fazla miktarda ürettiği ancak hem üretim süreci hem de tüketiminden sonra atıklarıyla ve bu maddelerin doğada akışı ile nasıl baş edileceğini henüz tam olarak keşfedemediği plastikler günümüzde ekosistem ve insan sağlığı açısından tehdit oluştururken, bilimsel araştırmalarda da önemli bir yer tutmaktadır. Plastikler, dayanıklılık, kullanım kolaylığı, hafiflik, üretim maliyetinin ucuz olması gibi kendilerine özgü nitelikleriyle; paketlenme, kişisel tüketim ürünleri, tekstil ürünleri, elektrik elektronik üretimi, taşıma, endüstriyel makinelerin ve bina yapımları gibi akla gelen çok çeşitli alanlarda kullanılmakta ve gündelik hayatın vazgeçilmez haline gelmektedir. Kutuplardan okyanusların en derin noktasına kadar dünyanın her yerine rastlanan plastik atıkların sucul ortamlarda birikimi günümüzde en önemli çevre sorunları arasındadır. Bu atıklar denizel ortamlarda çeşitli yollarla mikroplastikler olarak adlandırılan daha küçük boyuttaki parçacıklara dönüşürler. Bu makalede mikroplastiklerin kaynakları ve deniz ekosistemlerinde neden olduğu etkiler değerlendirilmiştir.

ABSTRACT

In the modern age, more and more plastics have been produced by humans however it has not yet been fully discovered how to deal with its waste both during the production process and after consumption and flow of plastics in nature. Plastics pose a threat to the ecosystem and human health thus it has an important place in scientific research. Due to their properties such as durability, lightness, low cost of production, plastics are widely used in packaging, personal consumption products, textile products, electrical and electronic production, transportation, industrial machinery and building constructions. Accumulation of the plastic waste; occurring from polar region to the deepest part of the ocean floor in aquatic environment is one of the most important concerns of environmental problems. These wastes transform into smaller forms of particles which are called microplastics in marine environment by various factors. In this paper, sources and effects of microplastics in marine ecosystems were evaluated.



DOĞANIN SESİ



Lanzarote, Kanarya Adaları, İspanya, Kasım 2018, © Ü. Aytan

GİRİŞ

Plastikler hafif oluşları, kolay işlenebilirlikleri, her alana uygulanabilirlikleri, dayanıklılıkları ve düşük maliyetli olmaları dolayısı ile 20. yüzyılda günlük yaşamın her alanında kullanılmaya başlanmıştır (Derraik, 2002). 1950'lerden bu yana plastik üretimi yıllık 2 milyon tondan yaklaşık 368 milyon ton/yıl düzeyine ulaşmıştır (Plastics Europe, 2019). Bu süre içinde toplam plastik üretim miktarına bakıldığında 8300 milyon ton plastik üretilmiş ve bunun sadece yarısı 2000-2015 döneminde üretildiği hesaplanmıştır. Bugüne kadar üretilen tüm plastik atıkların yalnızca % 9'u geri dönüştürülmüştür. Yaklaşık % 12'si yakılırken, geri kalanı % 79'u çöplüklerde veya doğal ortamda birikmiştir. Yapılan hesaplamalara göre yıllık plastik üretiminin %2-5'i

denizlerde sonlanarak, deniz çöplerinin %80'ini, plaj çöplerinin ise % 50-80'ini oluşturmaktadır (Derraik, 2002; OSPAR, 2007). Plastiklere deniz tabanı tortularında rastlanmasıyla antroposen çağı olarak adlandırılan çağımız önümüzdeki 20 yıl içinde iki katına çıkması beklenen plastik üretimi ile birlikte belki de bizden sonraki nesle "plastik çağı" olarak geçecektir (Weston, 2019).

Sucul ekosistemlerde çok çeşitli antropojenik baskılar vardır ve plastik atıkların sucul ortamlarda birikimi de bunların en önemlilerinden biridir. Çeşitli boyuttaki plastik atıklar Güney Kutbundan tropikal deniz dibine kadar dünyanın her yerine yayılmıştır, hatta birçok canlının midesinde, sindirim sistemlerinde plastiklere rastlanmaktadır.



DOĞANIN SESİ

Plastik atıklar doğada çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçler sonucunda her geçen gün daha ufak parçalara ayrılarak mikro- (< 5 mm) ve nanoplastiklere (<100 nm) dönüşmektedirler. Plastikler denizlere metreden mikrometreye kadar çok değişik boyutlarda girerler; ayrışmaları uzun zaman aldığı için deniz ve okyanus ortamlarında uzun süre kalma olasılıkları yüksektir (Hidalgo- Ruz ve diğerleri 2012). Plastikleri cazip kılan dayanıklı ve bozulmaya karşı dirençli olma özellikleri onların aynı zamanda doğada tamamen yok olmasını neredeyse imkânsız hale getirmektedir.

Okyanuslardaki plastik çöplerle ilgili raporlar ilk kez 1970'li yıllarda yayınlanmaya başlamış ancak tehlikenin boyutları günümüzdeki kadar anlaşılammıştır (Andrady, 2011). Bunun nedenlerinden biri belki de çevre ile ilgili konuların geniş kitlelerce henüz yeni yeni tartışılmaya başlanmasıdır. Tüm dünyayı etkileyen çevresel hareketin tartışmaları Rachel Carson'ın 1962 yılında yayımladığı "Sessiz Bahar" isimli kitabı ile başlamıştır. Özellikle makro boyutlu plastik atıkların deniz ekosistemlerinde özellikle kıyılarda gözle görülür akümüasyonu, balina, yunus, fok, deniz kaplumbağası, deniz kuşları gibi deniz canlılarının plastik atıklardan dolayı yaşamlarının sınırlanması, ciddi yaralanmalara maruz kalmaları ve acı çekerek ölmelerinin dünyanın her yerinde sıklıkla rastlanmasıyla birlikte bilim dünyası, medya, kamu kurum ve kuruluşları, endüstri, sivil toplum kuruluşları, sanatçılar ve politikacıların bu konuya özel ilgi göstermelerine neden olmuştur. Günümüze bakıldığında plastik, biyobozunur özelliği olsun veya olmasın, içeriği olan büyük firmalardan birçoğu plastik atık ve mikroplastik kirliliği ile ilgili reklam kampanyaları yürütmektedir. Bu da gösteriyor ki konu aslında gelişmiş ülkelerde toplumsal olarak da önemsenmektedir.

Mikroplastikler son yıllardaki bilimsel çalışmalarda oldukça popüler ve önemli bir konudur. Bunun nedenlerinden biri plankton ve balıktan, kuşlar ve hatta memelilere kadar bütün deniz ekosistemindeki canlılarda mikroplastiklere rastlanmasıdır. Plastikler canlılar tarafından tamamen sindirilmeyenler, sindirim sisteminde bir süre kalıp sonra atılırlar ancak diğer taraftan plastikler üretim aşamasından gelen toksik kimyasal madde içeriklerinin yanı sıra içinde buldukları ortamdan da kalıcı organik kirleticileri adsorbe edebilirler. Böylece sindirim sistemi yoluyla bir organizmaya giren mikroplastikler kirleticileri sucul besin zincirinde taşırlar ve kontamine olmuş su ürünleri aracılığı ile de insan sağlığı için risk teşkil edebilirler (Wagner ve diğerleri, 2014; Hidalgo-Ruz ve diğerleri, 2012). Bir diğer önemli konu ise; mikroplastik parçacıklara canlıların sindirim sistemlerinde rastlanılmasının yanı sıra parçacıkların dolaşım sistemleri ve çeşitli dokularda da bulunduğu dair yeni çalışmaların bulunmasıdır (GESAMP, 2015). Günümüzde dünya genelinde mikroplastiklerin deniz ekosistemleri ve biyotada dağılımı, kompozisyonu, laboratuvar çalışmaları ile olası etkileri araştırılmaktadır. Ancak deniz canlılarına doğal ortamında etkileri, biyoakümüasyonu, birikim alanları ve deniz ekosistemlerinde akıbetleri konularında hala ciddi araştırma boşlukları bulunmaktadır.

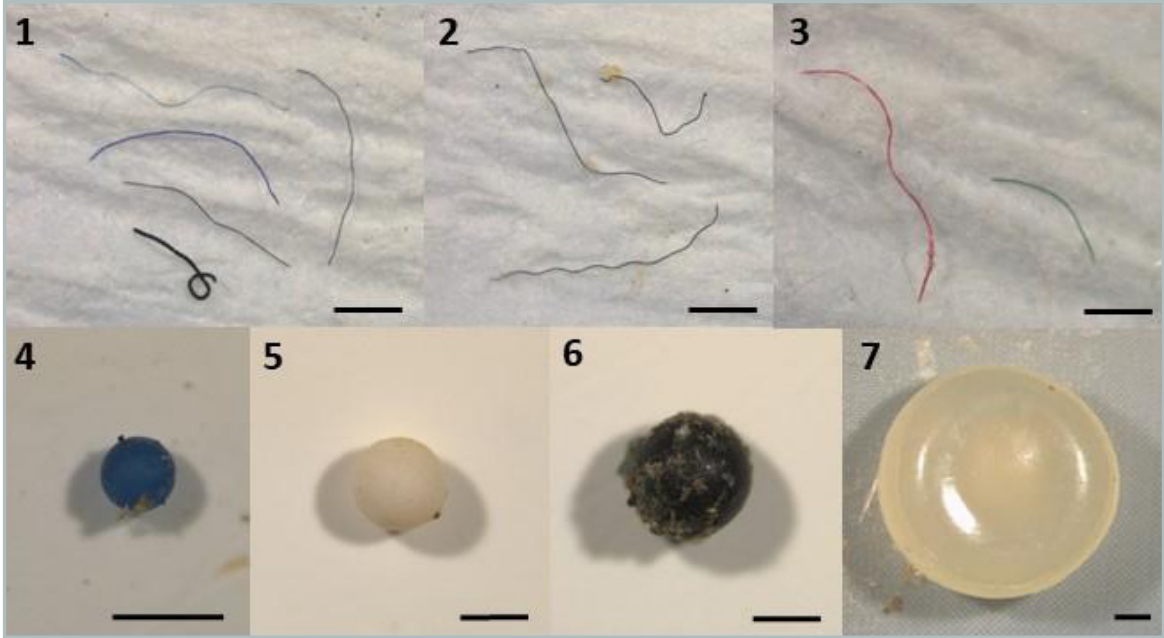
DENİZ EKOSİSTEMİNDE MİKROPLASTİKLER ve KAYNAKLARI

Mikroplastik kavramı terim olarak ilk kez 2004 yılında kullanılmaya başlanmış ve 2009 yılında deniz çöpleri konusunda düzenlenen bir uluslararası araştırma çalıştayında bilim insanlarınca 5 mm altındaki plastik parçacıklar için mikroplastik tanımı kullanılmasına karar verilmiştir. Plastik atıklarla ilgili araştırmaların derinleşmesiyle plastiklerin boyut olarak sınıflandırılmasıyla ilgili halen tartışmalar devam etse de genel olarak plastik atıklar nano (<100 nm), mikro (100 nm-5mm), meso (5 mm-25 mm) ve makro (> 25 mm) düzeyde sınıflandırılmaktadır. Ayrıca plastik atıkların sadece büyüklüklerine göre değil fiziko-kimyasal özellikleri ile boyut, şekil, renk ve orijinlerinin de dikkate alınması önerilmektedir (Hartman ve diğerleri 2019). Bu makalede mikroplastik kavramı 5 mm'den küçük plastikler için kullanılmıştır.



DOĞANIN SESİ

Mikroplastikler, boyut, şekil, renk, kimyasal bileşim, yoğunluk ve diğer özellikler bakımından değişen çok heterojen bir parçacık topluluğunu içerir. Mikroplastikler oluşma kaynağına göre birincil veya ikincil mikroplastikler olarak sınıflandırılırlar. Mikroskobik boyutta imal edilen ayrıca denize girmeden önce üretim, kullanım veya bakım sırasında büyük boyutlu plastiklerin aşınmasından kaynaklanan < 5mm plastikler birincil mikroplastikler olarak tanımlanırken denizel ortama giren büyük boyutlu plastik atıkların parçalanmasıyla oluşan plastikler ise ikincil mikroplastikler olarak sınıflandırılırlar (Thompson ve De Falco, 2020). Birincil gruptaki mikroplastikler genel olarak değerlendirildiğinde pelet, fiberler, mikro boncuk ve partikülleri içermektedir (**Şekil 1**).



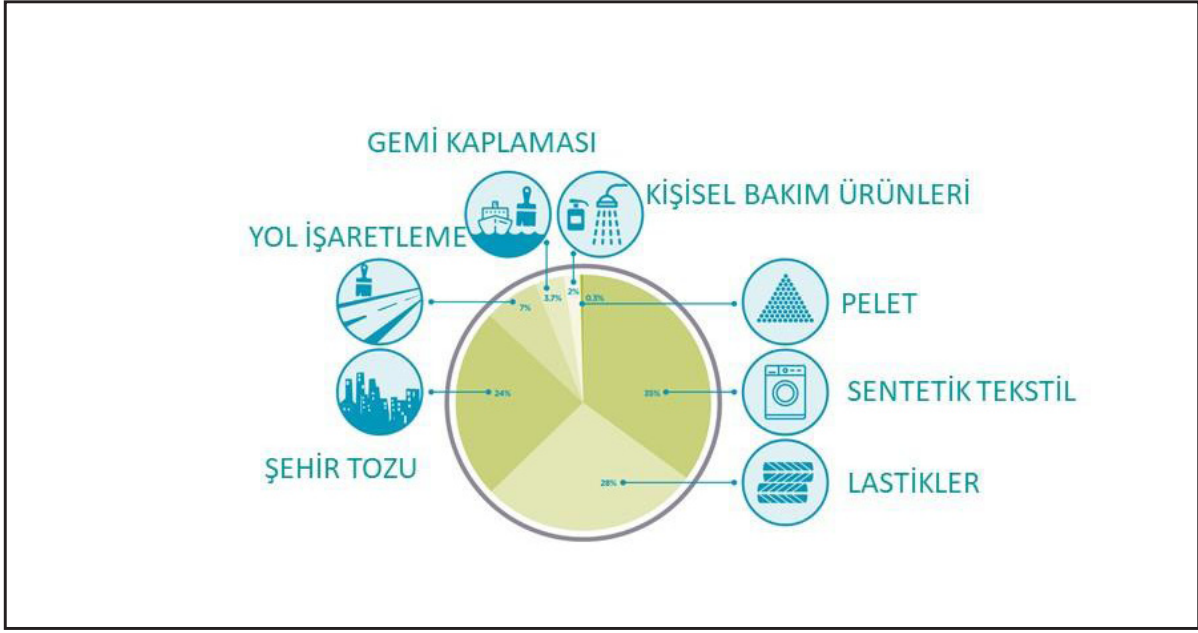
Şekil 1. Denizel ortamda rastlanılan birincil mikroplastik tiplerinden bazıları. 1-3: Fiberler, 4-6: mikro boncuklar, 7:pelet (Esensoy ve Aytan, 2020a)

Birincil mikroplastikler deodorantlar, cilt soyucuları (peelingler), göz maskarası, losyon, ojeler gibi kişisel bakım ürünlerindeki mikroboncuklar, bebek ürünleri, temizlik ürünlerindeki aşındırıcılar, sondaj sıvıları ve hava basma işlemlerinde kullanılan nanopartiküller şeklinde çok çeşitli tüketim ürünlerinde karşımıza çıkmaktadır. Bununla birlikte mikroplastikler günümüzde ilaçlarda da kullanılmaktadır. Bir diğer birincil üretim alanı da plastik ürünlerin yapımında kullanılan hammaddeyi oluşturan 5 mm'den küçük plastik peletlerdir. Birincil mikroplastikler ayrıca üretim, kullanım veya bakım esnasında büyük boyutlu plastiklerin aşınmasından da kaynaklanabilirler, örneğin sürüş sırasında lastiklerin veya yıkama sırasında sentetik tekstillerin aşınması gibi (**Şekil 2**). Sentetik tekstillerin yıkama işlemlerinden kaynaklanan mikroplastikler son zamanlarda okyanus ve denizlerdeki birincil mikroplastiklerin ana kaynağı olarak değerlendirilmektedir (De Falco ve diğerleri, 2019). Yapılan çalışmalar ile yaklaşık 5 kg ağırlığındaki polyester giysilerin yıkanması sonucu kullanılan deterjana bağlı olarak doğaya 6 milyon kadar mikrofiberin salındığı ortaya konmuştur (De Falco ve diğerleri, 2018). Bu mikro fiberler kanalizasyon yoluyla atık su arıtma tesislerinde son bulmaktadır (Auta ve diğerleri, 2017). Atık su arıtma tesislerinden sucül ortamlara karışan mikroplastiklerle ilgili



DOĞANIN SESİ

çalışmalar son yıllarda hızla artmaktadır. Bazı atık su arıtma tesislerinde mikroplastik parçacıkların çok önemli bir kısmının filtre edildiği de ortaya konulmuştur. Ancak yine de tatlı su kaynakları ve de denizler gibi alıcı ortama karışan arıtılmış atık suyun büyüklüğü düşünüldüğünde sulara karışan mikroplastik miktarının azımsanmayacak ölçüde olduğu söylenebilir (Horton ve diğerleri, 2017).

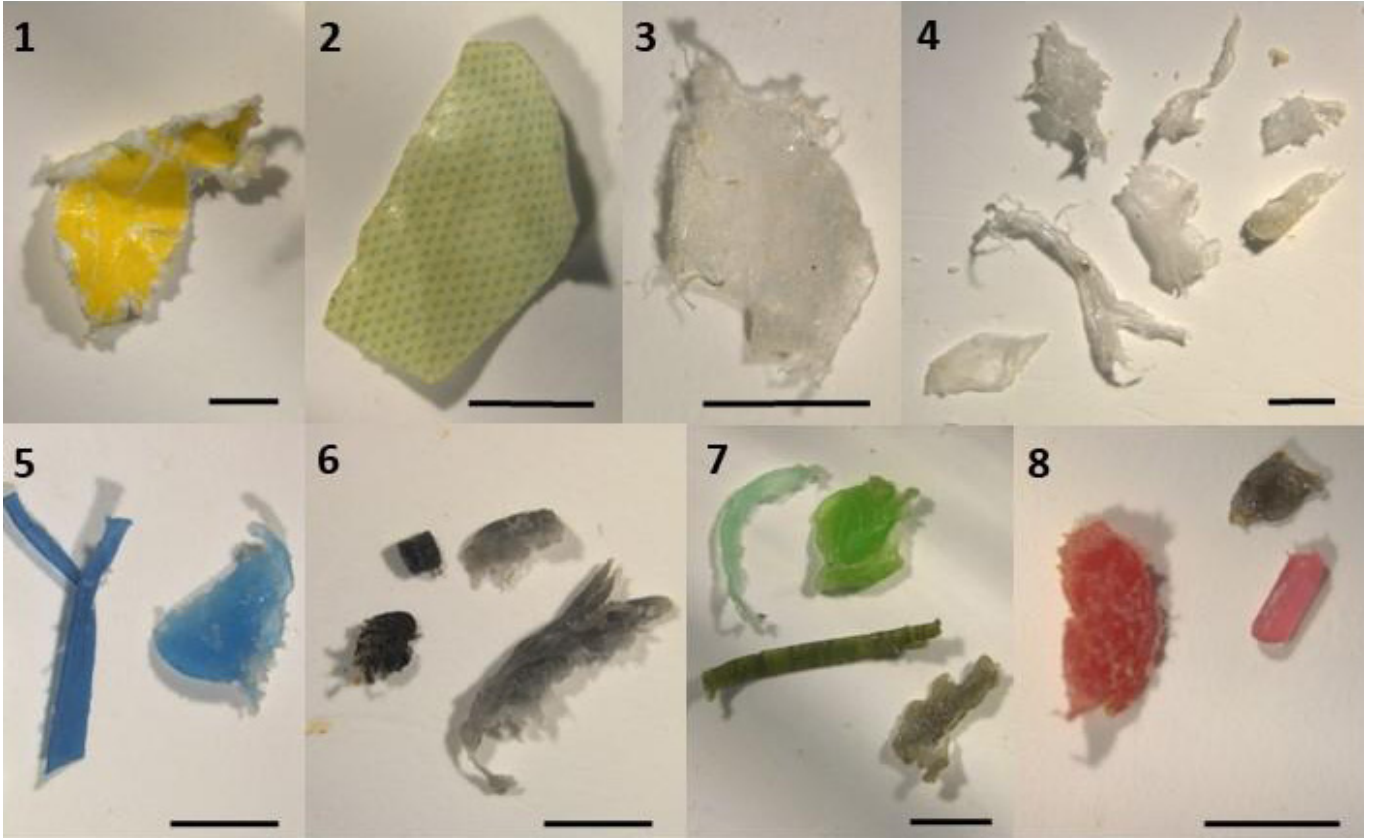


Şekil 2. Birincil mikroplastik kaynaklarının dağılımı (Boucher ve Friot, 2017)

İkincil mikroplastikler daha büyük boyutlu plastiklerin aşınması ve parçalanması sonucu oluşur. Bozunma plastik polimerin yapısının bir dizi kimyasal reaksiyonla kırılması ile gerçekleşir ve parçalanmalar; foto-bozunma, ısı bozunma, biyobozunma ve termo-oksidatif bozunma şeklinde sınıflandırılır. Bu bozunmalar büyük boyutlu plastiklerin parçalanmasına ve doğada ikincil mikroplastiklere dönüşmesine neden olur. Güneş ışığına ve dalgalara maruz kalma denizel ortamlardaki parçalanmanın birincil nedenleridir. Plastikler UV radyasyonu ve yüksek sıcaklıklar altında kimyasal değişime uğrar ve bu da onları daha kırılabilir ve parçalanmaya uygun hale getirir. Karasal ortamlardaki plastiklerin parçalanmasının; karasal yüzeyde direk güneş ışığına maruz kalma ve sıcaklık değişikliklerinin yardımı ile deniz suyunda olan parçalanmadan daha büyük olduğu söylenebilir. Aynı şekilde daha sığ sucul ortamlardaki parçalanmalar, büyük nehirler ve deniz ortamlarındakinden daha yoğun gerçekleşebilir. Ancak tatlı su kaynaklarında da, kıyı sularında yer alan kayalık gelgit bölgelerinde meydana gelen türbülans ve akıntı gibi parçalanmaya yardımcı diğer faktörler yoktur (Horton ve diğerleri 2017). Kısaca plastiklerin parçalanmasında ve ikincil mikroplastiklere dönüşümünde, plastiklerin buldukları ortamdaki birçok faktör etkilidir (Şekil 3).



DOĞANIN SESİ



Şekil 3. Denizel ortamda rastlanılan ikincil mikroplastik tiplerinden bazıları. 1-4: Filmler (nylon parçacıklar), 5-8: parçacıklar (sert plastik parçalar). Ölçek: 0.5 mm (Esensoy ve AYTAN, 2020b)

Denizel ortamda bulunan birincil ve ikincil mikroplastiklerde meydana gelen bozunmalar onların renk, yüzey morfolojisi, tanecik büyüklüğü, özgül ağırlığı, kristallik derecesi gibi kimyasal ve fiziksel özelliklerini değiştirir (Xuan ve Jianlong, 2019). Bu bozunmaların yol açtığı değişimler mikroplastiklerin doğal çevredeki davranışlarını da kaçınılmaz olarak etkiler.

DENİZ EKOSİSTEMLERİNDE MİKROPLASTİK TÜRLERİ VE TAŞINIM YOLLARI

Denizel ortamda en çok rastlanan mikroplastik polimer tipleri günlük hayatta sıklıkla kullanılan polietilen (PE), polipropilen (PP), polistiren (PS), polivinil klorür (PVC), poliamid (nylon, PA) ve polietilen tereftalattır (PET). Mikroplastiklerin özgül ağırlıkları su kolonunda yüzmeleri veya batmaları hakkında bilgi verir. Genel olarak PE ve PP su yüzeyinde uzun süre kalıp akıntı ve rüzgarlarla kaynağından uzak mesafelere taşınabilirken, PVC, PS, PET ve PA gibi polimerlerinin yoğunlukları suyun yoğunluğundan daha ağır olduğundan batmaya ve bentik bölgede akümüle olmaya meyillidirler. Ancak mikroplastiklerin yapıları ve yoğunlukları çevresel koşullarda değişikliğe uğrar ve her tip mikroplastik denizel ekosistemin tümünde gözlenir (GESAMP, 2015; Xuan ve Jianlong, 2019).

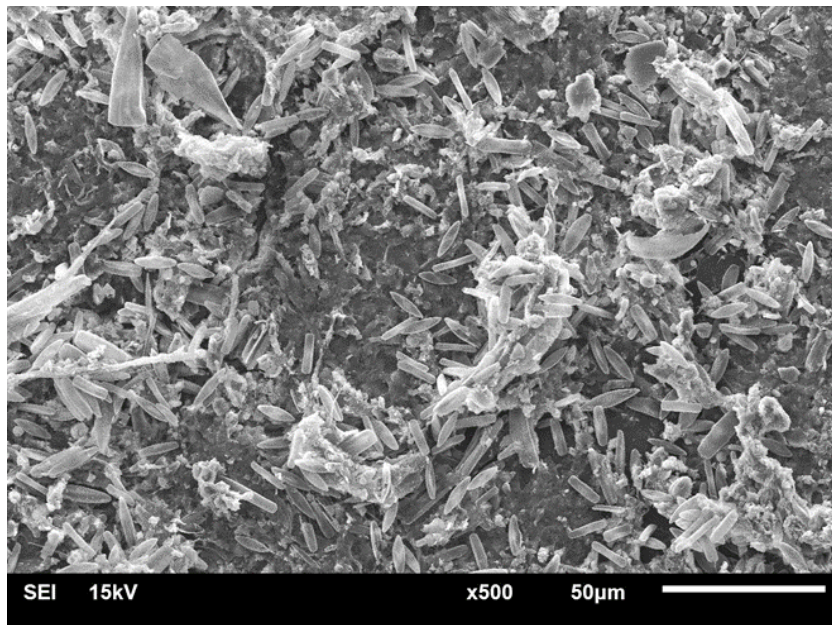


DOĞANIN SESİ

Genel olarak plastikler denizel ortama karasal ya da denizel kaynaklardan ulaşmaktadır. Denizel ortamlardaki ve okyanuslardaki plastik kirliliğinin yaklaşık %80'i karasal ortamlardan gelir. Nehirler plastikleri karalardan denizlere taşıyan en önemli kaynakların başında gelmektedir. Bunun yanı sıra kıyı ve nehir vadileri boyunca kontrolsüz/kaçak boşaltım, kıyı dolgu çalışmaları, yetersiz atık yönetimi, kanalizasyon, kentsel ve sanayi atık su tesisleri, sızıntı suları, limanlar diğer önemli kaynaklardır. Denizel kaynaklar ise özellikle amatör ve ticari balıkçılık faaliyetleri, gemi taşımacılığı, aquakültür tesisleri ve açık deniz petrol/maden platformlarıdır. Şehir tozları, araç lastikleri ve boyalardan kaynaklanan mikroplastiklerin bir kısmı atmosferik yolla taşınırken, bir kısmı kanalizasyon yoluyla denizel ortama ulaşmaktadır. Mikroplastiklerin deniz ve okyanus ekosistemlerinde özellikle kentleşmenin yoğun olduğu kıyısız alanlarda yüksek miktarlara ulaşmakta ve akıntılarla okyanuslardaki girdaplara kadar taşınabilmektedir (Cole ve diğerleri, 2011). Karasal ya da denizel kaynaklı mikroplastiklerin taşınımında meteorolojik durum çok önemli rol oynar. Yoğun yağış, rüzgar, fırtınalar, taşkın ve sel plastiklerin denize taşınımını kolaylaştırmaktadır. Ancak mikroplastiklerin nereden hangi yolla denizel ortama ulaştığının ve ne kadar süre bu ortamda olduğunun tespiti oldukça karmaşık ve güçtür.

DENİZ EKOSİSTEMLERİNDE MİKROPLASTİKLERİN ETKİLERİ

Mikroplastiklere miktar, yoğunluk, şekil, renk, boyut ve yapılarına bağlı olarak sahillerde, deniz suyunda, deniz tabanında ve deniz canlılarında rastlanmaktadır. Yoğunluğu daha düşük olan mikroplastikler su yüzeyinde akıntılar, gelgitler ve türbülanslarla oradan oraya sürüklenirken biraz daha ağır olanlar bir süre su kolonunda yüzebilmekte nihayetinde deniz dibinde sonlanmaktadır (Cole ve diğerleri, 2011). Plastikler deniz ortamına girdikten kısa bir süre sonra bakteriler, mantarlar ve mikroalglerden oluşan bir biyofilmle kaplanarak omurgasızların kolonize olmasına uygun ortam oluşturur (**Şekil 4**). Biyofilm oluşumu mikroplastiklerin deniz tabanına çökmesini hızlandırarak ve organik madde akışını ve buna bağlı ekolojik süreçleri etkileyebilir (Khalid ve diğerleri, 2021). Biyofilm üzerinde patojen mikroorganizmaların varlığı da deniz canlıları tarafından tüketilmesi durumunda tüketen canlıyı olumsuz yönde etkilemektedir. Yapılan deneysel çalışmalar biyofilm tabakasının mikroplastikleri daha cazip kıldığı ve deniz canlıları tarafından tüketiminin arttığı ortaya konmuştur (Esensoy ve diğerleri, 2020).

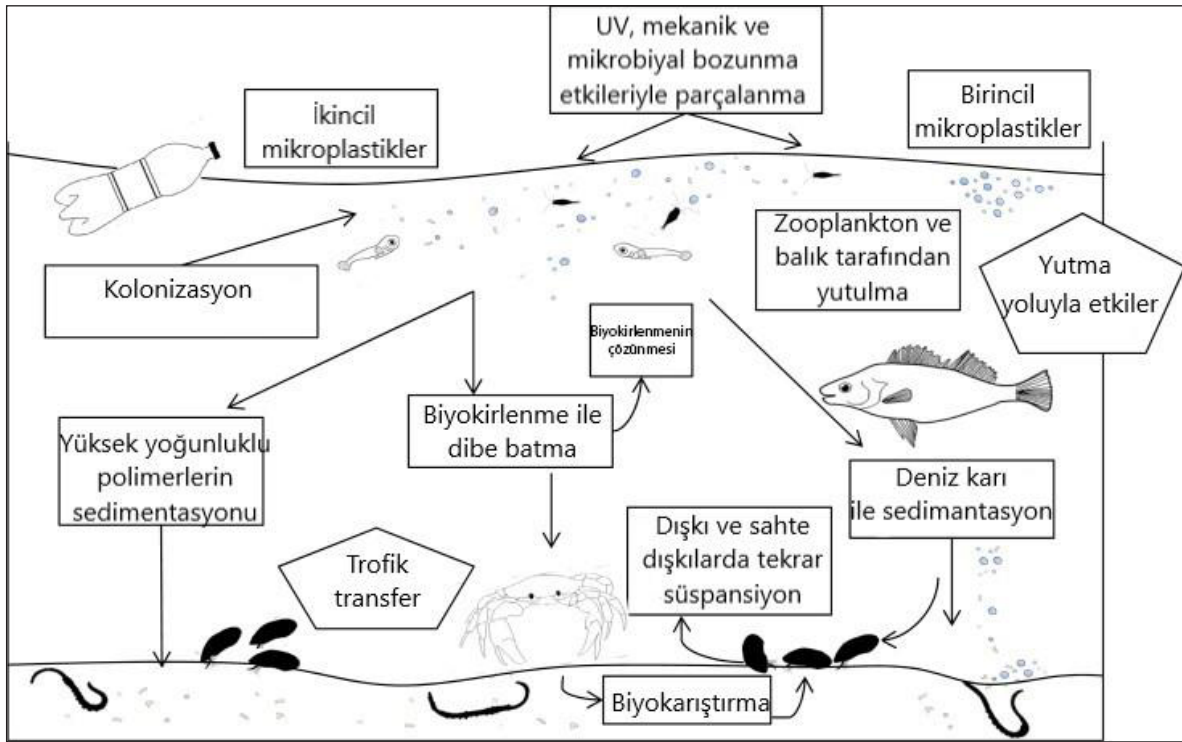


Şekil 4. Mikroplastikler üzerinde oluşan mikrobiyal biyofilm (Esensoy ve diğerleri, 2020)



DOĞANIN SESİ

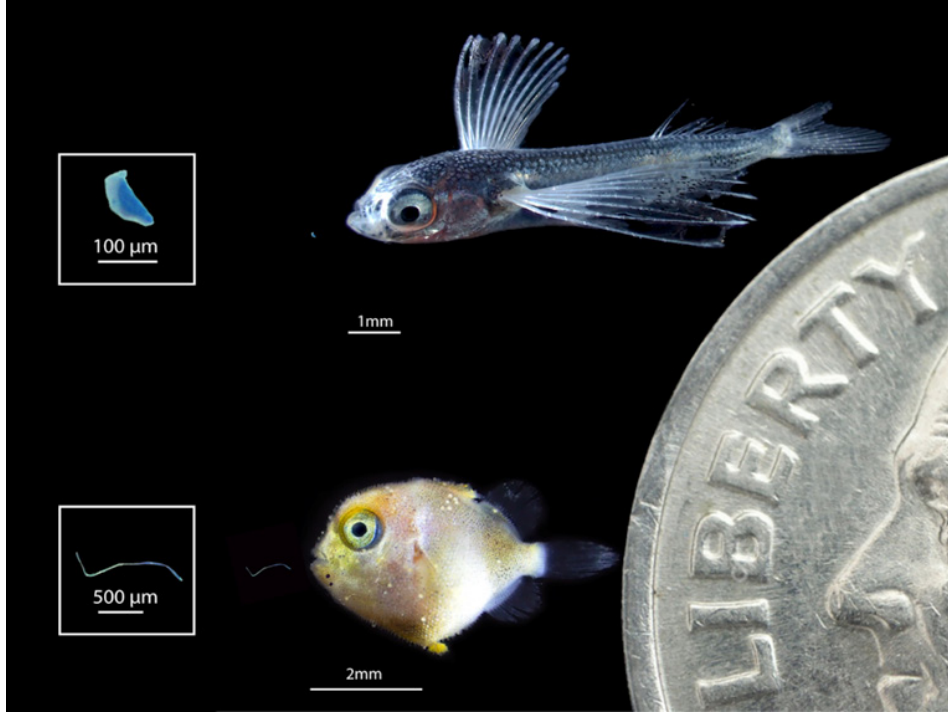
Deniz ekosisteminde mikroplastiklere zooplanktondan, yumuşakçalara, balıklardan, deniz memelerine ve deniz kuşlarına kadar bütün canlılarda da rastlanmaktadır. Birincil ve ikincil mikroplastiklerin su yüzeyinden sedimana kadar taşınımı ve deniz canlıları ile etkileşimi **Şekil 5**'de gösterilmektedir. Deniz ekosisteminde fitoplankton birincil üretici olup hem denizel besin zincirinin temelinde hem de deniz karında yer almalarından dolayı deniz dibi canlıları için organik madde kaynağıdır. Fitoplanktonun mikroplastiklerle etkileşimi sonucu oluşan kümelenmeler mikroplastiklerin deniz ekosistemindeki hareketini etkiler ve polimerin özgül ağırlığına bağlı olarak deniz su kolonunda askıda kalma sürelerini artırır ya da deniz dibine çökmelerini hızlandırır. Bu da deniz ekosistemindeki madde döngüsünün doğal işleyişini olumsuz yönde etkileyebilir. Bunlarla beslenen zooplankton için fitoplankton ve mikroplastik etkileşimi besin karışıklığına yol açabilir ve zooplankton tarafından yutulabilir. Özellikle besin kıtlığı, çevredeki mikroplastiklerin yoğun olması ve üzerindeki biyofilm dolayısıyla canlıların doğal avları zannederek daha çok mikroplastik yutması ciddi boyutlara ulaşabilir (**Şekil 6**). Zooplankton tükettikten sonra fekal pelet ile dışarı atılan mikroplastikler bentik yaşam için önemli bir karbon kaynağı olan zooplankton fekal peletlerinin su kolonunda askıda kalmasına neden olarak da enerji akışını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Deniz dibinde ise hem özgül ağırlığı deniz suyundan düşük (biyofilm kaplanmasından dolayı ağırlaşır) hem de deniz suyundan yüksek olan mikroplastiklere rastlanır. Böylece bentik bölgede yaşayan omurgasız ve balıklardan suyu filtre ederek beslenenler, yiyecek ararken sedimanı karıştırma hareketleri esnasında kazara ya da doğal avları zannederek direk olarak ya da avları aracılığıyla dolaylı yoldan mikroplastikleri tüketebilirler (Egbeocha ve diğerleri, 2018). Pelajik balıklar ise benzer şekilde hem su kolonunda hem de yüzeyinde kazara ya da besinleri zannederek doğrudan ya da kontamine olmuş avlarından dolayı da mikroplastik tüketebilirler (Egbeocha ve diğerleri, 2018).



Şekil 5. Mikroplastiklerin taşınımı ve biyolojik etkileşimi (Wright ve diğerleri, 2013)



DOĞANIN SESİ



Şekil 6. Uçan balık larvası (üstte), çotra balığı (altta) ve balıkların yuttuğu büyütülmüş plastikler (solda) 10 centlik madeni para. (NOAA Fisheries, 2019)

Balina gibi suyu filtreleyerek beslenen büyük canlılarda çok miktarda suyu filtrelemelerinden dolayı deniz suyundaki ve avlandıkları canlılardaki mikroplastikleri yutarlar. Bununla birlikte filtreleme yapmayan deniz aslanı ve fok gibi memelilerde de mikroplastiklere rastlanmıştır (Egbeocha ve diğerleri, 2018). Mikroplastiklere canlıların sindirim sistemlerinde rastlanıldığı gibi bu canlılarda parçacıklara dolaşım sistemleri ve çeşitli dokularda rastlanıldığına dair literatürde çalışmalar mevcuttur. İnsanlar da besin ağında üst trofik seviyede bulunduğu için bu canlıların tüketiminden dolayı mikroplastiklere maruz kalma riski altındadır (GESAMP, 2015).

Mikroplastikler canlıların vücuduna girince sindirim sistemi boyunca ilerlerler, ya bu sistemlerden dışkılarla atılırlar veya buralarda tutulurlar. Sindirim sisteminde tutulan mikroplastikler sindirim sistemlerine fiziksel zarar verirken (delme, lezyon, aşındırma, sindirim sistemini tıkama gibi), canlının daha az yiyecek ihtiyacı duymasına da neden olurlar (Khalid ve diğerleri, 2021). Asıl endişe verici durum, plastiklerin üretim aşamasında yapılarına eklenen plastikleştirici ve dayanıklılık artırıcı gibi katkı maddeleridir ki bunlar arasında; ftalatlar, organokalay bileşikler, bisfenol A gibi oldukça toksik kimyasal maddeler vardır (Teuten ve diğerleri, 2009). Mikroplastikler küçük boyutları ve hacimlerine oranla büyük yüzey alanları sayesinde sucul ortamlardaki kirliliği tutmaya ve biriktirmeye meyillidirler (Hidalgo-Ruz ve diğerleri, 2012). Bu maddelerin mikroplastik yüzeylerinde tutunmalarında üç yol olabileceği düşünülmektedir; bunlar bu toksik maddelerin mikroplastiklerin etrafındaki denizel ortamda oluşan biyofilm tabakasına veya mikroplastiklerde yaşlanmaya bağlı oluşan boşluklara difüzyonu veya mikroplastikler üzerindeki aktif bölgelere tutunmalarıdır. Ancak bu olgularla ilgili çalışmalar halen azdır. Mikroplastiklerin taşıdıkları bu kirleticilere organik kirleticilerin (PAH, PCB, antibiyotikler, PFAS, ateş geciktiriciler vb.) yanı sıra ağır metaller (Ag, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) de örnek verilebilir (Xuan ve Jianlong, 2019).



DOĞANIN SESİ

Dolayısıyla hem üretimleri aşamasında kullanılan toksik kimyasal bileşikler hem de buldukları çevredeki kalıcı kirleticileri tutma kapasiteleri nedeniyle mikroplastikler canlı tarafından sindirilmeden atılsa bile enzimatik aktivite ile birlikte bu bileşikler canlıya geçip toksik etkiye neden olabilir ve besin zinciri içinde artarak insana kadar ilerleyebilir (Teuten ve diğerleri, 2009).

Denizlerdeki mikroplastik kirliliği deniz ekosisteminde moleküler düzeyden popülasyon seviyesine kadar her seviyede; oksidatif strese maruziyetten, ekosistem fonksiyonlarının değişmesine kadar organizmaların canlılığını var edebildiği tüm aşamalarda çeşitli etkilere sahiptir. Canlılardaki bu etkilere; doku ölümü, yavaş büyüme hızı, yüzme hızında düşme, sindirim sistemi blokajları ve genlerde değişikliklerin meydana gelmesi örnek verilebilir (Khalid ve diğerleri, 2021).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Mikroplastiklerin deniz ekosistemi üzerine etkilerinde halen bilinmezlik taşıyan ve araştırmaların devam ettiği konular vardır; bunlar yabancı türlerin taşınımı, plastiklerin bozunma süresince rol oynayan mikroorganizmalar, plastiklerin ısıyı çekme özelliklerinden kaynaklı olarak fazla ısınarak yakın çevrelerindeki küçük canlı popülasyonlarına etkileri (Khalid ve diğerleri, 2021), besin zincirinde taşınmaları sonucunda en üst seviye olan insan sağlığı açısından etkileri (GESAMP, 2015) gibi aslında tüm canlılığı etkileyen araştırma konularıdır.

Plastiklerin üretimi ve plastik tüketimine artan talep deniz ve okyanus ekosistemlerindeki mikroplastik miktarının artacağını ortaya koymaktadır. Hatta plastik üretimi azalsa bile denizlerde mevcut bulunan plastiklerin parçalanmaya devam ederek daha fazla alanı ve canlıyı kontamine edeceği bir gerçektir.

Mikroplastiklerin deniz ekosisteminde yayıldığı tüm alanlar; kıyı sedimanı, su kolonu, su yüzeyi ve deniz tabanı ve mikroplastiklerin kendi yapıları, çevrede kalma sürelerinden dolayı değişen yapıları; deniz ekosisteminin karşı karşıya kaldığı durumu ortaya koymak ve tahminler yapmak için araştırma alanlarını ve biçimlerini zorlamaktadır. Hidalgo-Ruz ve diğerlerinin (2012) araştırmalarına göre denizel ortamlardaki mikroplastiklerin analizi için birçok metot mevcuttur. Bunlar örnekleme aşamasında kullanılan aletlerden, ön işlem aşamasında yer alan teknikler ve değerlendirmeleri kapsamaktadır. Mikroplastiklerin zamansal ve mekânsal dağılımının net olarak ortaya konulabilmesi ve geçmişle günümüz arasındaki karşılaştırmalarının, bölgesel ve bölgeler arası karşılaştırmalarının yapılabilmesi için analiz ve değerlendirmelerin ortak yöntemlerle yapılması gerekir. Bunun için de bölgesel denizler bazında ülkelerin kullanması amacıyla Avrupa Bölgesinde yer alan Bölgesel Deniz Sözleşmeleri (Barselona, Bükreş, Oskar ve Helsinki Sözleşmeleri) kapsamında mikroplastiklerin izlenmesine yönelik metotların ortaklaştırılmasına dair çalışmalar mevcuttur. Bu ülkeler ortak denizlerde mikroplastik kirliliğinin değerlendirilebilmesi ve karşılaştırılabilmesine yönelik sahildeki deniz çöpleri, deniz kuşlarındaki deniz çöpleri gibi çeşitli göstergeler oluşturarak bunların izlenmesini zorunlu tutarlar (EC/JRC, 2013). Ülkemizde Bölgesel Deniz Sözleşmeleri kapsamındaki denizlerde kirlilik izleme çalışmaları Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yürütülmekte ve üniversitelerin deniz ve çevre bölümlerinde mikroplastik araştırmaları yürütülmektedir. Ancak tüm kıyı kesimleri ve denizlerdeki durumu ortaya koyabilecek kapsamlı bir çalışmadan henüz söz edilememektedir. Mikroplastik ve plastik izlemelerin Türkiye kıyı ve deniz sularında da artması ve bununla birlikte ekotoksikolojik ve madde yapısı analizi gibi ileri izlemelerin yapılabilmesine yönelik bilim insanı ve ekipman gibi altyapı eksikliklerinin giderilmesi gerekmektedir (TÜBİTAK/MAM, 2020).



DOĞANIN SESİ

Plastikler atık olarak insan sağlığı ve doğaya tehdit oluştururken, üretimi sırasında da petrol, doğal gaz ve kömür gibi yenilenemez enerji kaynaklarının tüketimine sebep olmaktadır. Tahminlere göre plastiklerin günümüzdeki gibi üretimi ve tüketimi bu şekilde devam ettiği takdirde 2050’li yıllarda tüm dünyada kullanılan petrolün % 20’sinin plastik endüstrisi tarafından tüketilmesi beklenmektedir (Weston, 2019). Bununla birlikte selüloz, nişasta, bitkisel yağlar gibi biyokütleden üretilecek olan plastiklerin petrol bazlı plastiklere alternatif olduğu için üretiminin yakın gelecekte artacağı düşünülmektedir. Ancak bu tip alternatif üretilen biyoplastikler her zaman biyoparçalanabilir özellikte olmayabilir; yaşam süresi, uygulanması ve geri dönüşüm özellikleri halen geleneksel yöntemlerle üretilenlerle aynıdır (GESAMP, 2015).

Özetle hayatımızın vazgeçilmez bir parçası haline gelen plastiklerin artık hayatımızdan çıkması olanaksız olduğu için denizel ortama giren plastik miktarını azaltmak ve durdurmak için doğa dostu alternatiflerinin üretilmesi, tüketiminin gerek bireysel gerekse ülke bazında azaltılması, özellikle eğitim ve farkındalık faaliyetleri ile çevre bilincinin erken yaşlardan itibaren oluşturulması ve atıkların yönetiminin etkili bir biçimde ele alınması, bu alanda multidisipliner bilimsel çalışmaların sürdürülmesi, denizdeki mevcut plastiklerin uzaklaştırılması için de yeni teknolojiler geliştirilmesi küresel ve acil olarak gerekmektedir.



DOĞANIN SESİ

KAYNAKLAR

- Andrady A.L. (2011). "Microplastics in the marine environment". *Mar Pollut Bull.* 62(8):1596-605. doi: 10.1016/j.marpolbul.2011.05.030. Epub 2011 Jul 13. PMID: 21742351.
- Auta H.S., Emenike C.U., Fauziah S.H., (2017). "Distribution and importance of microplastics in the marine environment: A review of the sources, fate, effects, and potential solutions". *Environment International*, Volume 102, Pages 165-176, ISSN 0160-4120. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.02.013>
- Barnes D.K.A., Galgani F., Thompson R. C. and Barlaz M. (2009). "Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments". *Phil. Trans. R. Soc. B*364:1985–1998. <http://doi.org/10.1098/rstb.2008.0205>
- Boucher, J. and Friot D. (2017). "Primary Microplastics in the Oceans: A Global Evaluation of Sources". Gland, Switzerland: IUCN. 43pp
- Cole M., Lindeque P., Halsband C., Galloway TS. (2011). "Microplastics as contaminants in the marine environment: a review". *Mar Pollut Bull.*; 62(12):2588-97. doi: 10.1016/j.marpolbul.2011.09.025. Epub 2011 Oct 14. PMID: 22001295.
- De Falco, F. et al. (2018). "Evaluation of microplastic release caused by textile washing processes of synthetic fabrics". *Environ. Pollut.* 236, 916–925, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.10.057>
- De Falco, F., Di Pace, E., Cocca, M.C., & Avella, M. (2019). The contribution of washing processes of synthetic clothes to microplastic pollution. *Scientific Reports* volume 9, Article number: 6633
- Derraik, J.G.B., (2002). "The pollution of the marine environment by plastic debris: a review". *Marine Pollution Bulletin*, Volume 44, Issue 9, Pages 842-852, ISSN 0025-326X, [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00220-5](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00220-5)
- EC/JRC (2013). "Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas". Joint Research Center Scientific and Policy Reports. p.128, doi:10.2788/99475 <https://mcc.jrc.ec.europa.eu/documents/201702074014.pdf> (5 Aralık 2020)
- Egbeocha C.O., Malek S., Emenike C.U., Milow P. (2018). "Feasting on microplastics: ingestion by and effects on marine organisms". *Aquat. Biol.*, 27 pp. 93-106, 10.3354/ab00701
- Esensoy, F. B., Şentürk, Y., Aytan, Ü. (2020a). "Birincil Mikroplastik Mikroskop Fotoğrafları". JPEG file.
- Esensoy, F. B., Şentürk, Y., Aytan, Ü. (2020b). "İkincil Mikroplastik Mikroskop Fotoğrafları". JPEG file.
- Esensoy, F. B., Şentürk, Y., Aytan, Ü. (2020). "Microbial biofilm on plastics in the southeastern Black Sea. In *Marine Litter in the Black Sea*". Aytan, Ü., Pogojeva, M., Simeonova, A. (Eds.), Turkish Marine Research Foundation (TÜDAV) Publication No: 56, İstanbul, Turkey. pp 268-286.
- GESAMP (2015). "Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment" (Kershaw, P. J., ed.). (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/ UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 90, 96 p.
- Geyer, R. Jambeck, J. & Law, K.L. (2017). "Production, use, and fate of all plastics ever made". *Science Advances.* 3. e1700782. 10.1126/sciadv.1700782.
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., & Thiel, M. (2012). "Microplastics in the marine environment: A review of the methods used for identification and quantification". *Environmental Science and Technology*, 46, 3060–3075.



DOĞANIN SESİ

- Hartmann, N., Hüffer, T., Thompson, R. C., Hassellöv, M., Verschoor, A., Daugaard, A. E., Herrling, M. P. (2019). "Are we speaking the same language? Recommendations for a definition and categorization framework for plastic debris". *Environmental science & technology*.
- Horton A.A., Walton A., Spurgeon D.J., Lahive E., Svendsen C. (2017). "Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities". *Sci Total Environ.*; 586:127-141. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.01.190. Epub 2017 Feb 4. PMID: 28169032.
- Khalid N, Aqeel M, Noman A, etal (2021). "Linking effects of microplastics to ecological impacts in marine environments". *Chemosphere.*, 264(Pt 2):128541. doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.128541. Epub 2020 Oct 7. PMID: 33059282.
- NOAA Fisheries (2019). "Prey-Size Plastics are Invading Larval Fish Nurseries". Fotoğraf: Jonathan Whitney. <https://www.fisheries.noaa.gov/feature-story/prey-size-plastics-are-invading-larval-fish-nurseries> (10.11.2020)
- OSPAR Commission (2007). "OSPAR Pilot Project on Monitoring Marine Beach Litter. Monitoring of marine litter in the OSPAR region". ISBN 978-1-905859-45-0
- Teuten EL, Saquing JM, Knappe DR, etal. (2009). "Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife". *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.*; 364(1526):2027-45. doi: 10.1098/rstb.2008.0284. PMID: 19528054; PMCID: PMC2873017.
- Thompson R.C., De Falco F. (2020). "Marine litter: Are there solutions to this environmental challenge?". In *Proceedings of the 2nd International Conference on Microplastic Pollution in the Mediterranean Sea*. Springer. s. 39-43
- TÜBİTAK/MAM (2020). "2.Ulusal Denizlerde İzleme ve Değerlendirme Sempozyumu Bildiri Özetleri". 11-13 Aralık 2019, Ankara.
- UN/Environment (Tarihsiz). "Our planet is drowning in plastic pollution" <https://www.unenvironment.org/interactive/beat-plastic-pollution/es/> (5 Aralık 2020)
- Wagner, M., Scherer, C., Alvarez-Muñoz, D. (2014). "Microplastics in freshwater ecosystems: what we know and what we need to know". *Environ Sci Eur* 26, 12. <https://doi.org/10.1186/s12302-014-0012-7>
- Weston, P. (2019, Eylül 6). "Bilim insanları modern zamanların ismini buldu: Plastik Devri" *Independent Türkçe*. Çeviren: Ata Türkoğlu. <https://www.indyrturk.com/node/68191/haber/bilim-insanlar%C4%B1-modern-zamanlar%C4%B1n-ismini-buldu-plastik-devri> (5 Aralık 2020)
- Wright SL, Thompson RC, Galloway TS. (2013). "The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review". *Environ Pollut.* 2013 Jul;178:483-92. doi: 10.1016/j.envpol.2013.02.031. Epub 2013 Mar 29. PMID: 23545014.
- Xuan G., Jianlong W., (2019). "The chemical behaviors of microplastics in marine environment: A review". *Marine Pollution Bulletin*, Volume 142, , Pages 1-14, ISSN 0025-326X, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.03.019>