**TEKSTİL ÜRÜNLERİNİN YIKANMASINDAN KAYNAKLANAN MİKROPLASTİK SALINIMININ İNCELENMESİ**

**Emrah Bektaş1, Nesli Aydın2, Suna Özden Çelik3**

1 Namık Kemal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Çorlu, Tekirdağ (e-posta: [emrahbkts07@gmail.com](mailto:emrahbkts07@gmail.com))

2 Namık Kemal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Çorlu, Tekirdağ (e-posta: [naydin@nku.edu.tr](mailto:naydin@nku.edu.tr))

3 Namık Kemal Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tekirdağ (e-posta: sunacelik[@nku.edu.tr](mailto:emrahbkts07@gmail.com))

**Özet:**

Mikroplastikler, günümüzde çok sayıda çevresel ortamda bulunmaları ve miktarlarının giderek artması dolayısıyla, kaynaklarının belirlenmesi ve oluşumlarının en aza düşürülmesi için iyi takip edilmesi gereken bileşenlerdendir. Tekstil sektöründeki rekabet ve hızlı tüketimin etkisiyle tekstil ürünlerinde gün geçtikçe daha fazla sentetik içerik kullanılmaya başlanmıştır. Bu şekilde tekstil ürünlerinden kaynaklanan mikroplastikler, mikroplastik kirliliğinde önemli artışa neden olmaktadır. Mikroplastiklerin çamaşır yıkama faaliyeti sonucunda doğaya salındığının tespit edilmesi ile beraber bu salınımın nasıl azaltılabileceği de araştırmacıların yoğunlaştığı konular içine girmiştir. Bu çalışmada, tekstil ürünlerinin yıkanmasından kaynaklanan mikroplastik deşarjının farklı şartlar altında değişimi literatür taraması yapılarak incelenmiştir. Sonuç olarak; (1) Bu deşarj miktarı, sıcaklık, yumuşatıcı kullanılması, deterjan çeşidi, çamaşır kompozisyonu, devir sayısı gibi birçok faktörden etkilenmektedir ve de (2) Bu konuda yayınlanan araştırmalarda iki farklı yaklaşımın kullanıldığı görülmüştür. İlk yaklaşımda, yıkanan tekstil ürünlerinden çıkan atık su, elek kullanılarak filtrelenerek mikroskop altında incelenmektedir. İkinci yaklaşımda ise, mikroplastik salınımı, miktar, ağırlık ve boyut olarak istatistiksel yöntemler kullanılarak tahmin edilmektedir. Ancak görülmüştür ki, farklı yöntemlere dayanan bu araştırmalar arasındaki tutarlılık zayıftır. Ayrıca, bu araştırmalarda sonuçları ifade etmek için kullanılan birimlerin farklı olması, karşılaştırma yapılmasını zorlaştırmaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Atık su, mikroplastik kirliliği, mikroplastik salınımı, tekstil sektörü

**Giriş**

Plastik üretim ve kullanım alanları sanayileşme devrimine dayanmaktadır. Plastikler hafif, esnek, kolay işlenebilir, korozyona dayanıklı, elektrik ve ısı yalıtkanlığı yüksek ve ekonomik olmaları dolayısıyla çok sayıda kullanım alanına sahiptir. Günlük yaşantımızda birçok alanda kullanmakta olduğumuz plastiklerin uzun yıllar boyunca doğada biyo-bozunmaya uğramaması ve bu kapsamda yarattığı kirliliğin, çevre ve insan sağlığını etkilediği bilinmektedir (Esmeray ve Armutlu, 2020). Şimdiye kadar yapılan çalışmalar, plastik kirliliğini, büyük boyutlu plastik parçaların geri dönüşümü ya da geri kazanımı olarak değerlendirmektedir (Taş Divrik, Karakaş ve Divrik, 2018; Yalman, 2019). Oysaki doğal yaşamı tehdit eden unsurların daha detaylı araştırılmaya başlanmasıyla, mikroplastiklerin (MP) sebep olduğu kirlilik son dönemde daha çok gündeme gelmeye başlamıştır.

Dünya genelinde, MP kirliliğinin ele alındığı çalışmalarda MP’lerin, çamaşır makinelerinden ve atıksu arıtma tesislerinden deşarj edilerek, tatlı ve tuzlu sularda biriktiği tespit edilmiştir (Ji vd., 2021; Pittura vd., 2021; Browne vd., 2011). Buna paralel olarak, Türkiye’de, MP’ler ile ilgili çalışmalar, çoğunlukla bu partiküllerin su kaynaklarında birikimini incelemektedir (Altuğ, 2020; Aydın, 2020; Bakkaloğlu, 2019; Çatalbaş, 2017; Doğruyol, 2019; Gürbüz, 2017; Konya, 2019).

MP’lerin iki farklı yoldan çevreye salındığı bilinmektedir. Bunlardan ilki, büyük plastiklerin zaman içinde parçalanması ile olurken, diğeri, çamaşır makinelerinden atılan atıksudaki MP’lerin doğaya karışması şeklinde olmaktadır (Browne vd., 2011). Çamaşır yıkama faaliyeti ile oluşan MP salınımı, kumaşların yıkama işlemi esnasında mekanik ve kimyasal gerilime maruz kalmasında ileri gelir. Boyutları nedeniyle yakalanamayan MP’lerin çoğu, atıksu arıtma tesisleri tarafından filtrelenemez ve böylece su ortamlarına ulaşır (Alvim, Bes-Pia ve Mendoza-Roca, 2020).

Atıksu arıtma tesislerinde yapılan çalışmalarda MP’lerin, filtrelenemeyecek kadar küçük olduklarından sucul ortama ve suda yaşayan canlılara zarar verdikleri belirlenmiştir. Atıksularda MP kirliliğini önlemede; kanalizasyona gelen MP kirliliğinin kaynağında azaltımının sağlanmasının, yararlı bir kirlilik önleme yöntemi olacağı kesindir. Ayrıca mevcut atıksu arıtma tesislerinin ileri arıtım, örneğin membran sistemleri, eklenerek iyileştirilmesi mümkün gözükmektedir (Sarıoğlu ve Koç, 2017). Atıksu arıtma tesislerinde kullanılan teknoloji henüz mikro boyuttaki parçacıkları tutabilecek kapasiteye ulaşmış durumda değildir. Bu sebeple arıtıldığını düşündüğümüz atıksu içerisindeki birçok mikro parçacık arıtılamadan su kaynaklarına ulaşmaktadır. Su kaynaklarından uzaklaştırılamayan bu mikro parçacıklar zehirli kirleticileri adsorplayıp besin zincirindeki, zooplankton, makro omurgasızlar, balıklar vb. canlıların doku veya organlarında birikmektedir (Van Cauwenberghe ve Janssen, 2014). Deniz ve tatlı su ekosistemlerinde bulunan plastik parçalarının küçük deniz canlıları yardımı sonucunda küçük partiküller oluşturduğu bilinmektedir. Kalıcı özelliklerinden dolayı MP’lerin, su ortamında akıntılar ve hidrodinamik süreçler ile büyük çaplı alanlara yayılması mümkündür. Yoğunluğu yüksek olan parçacıklar, çökelip tortu oluştururken; düşük yoğunluklu parçacıklar ise su yüzeyinde yayılmaktadır. Mikrometre boyutlu plastik partikülleri balık, solucan, deniz kuşları, kabuklular, midye gibi deniz canlıları tarafından yutulurlar. MP yutulması canlıların yaşamsal işlevlerine ciddi zarar verebilmektedir (Kadızade, 2019).

MP polietilen granüller, bir süredir sucul ekosistemler için ciddi problem olarak kabul edilmektedir. Balıklar ve diğer istiridye ve midye gibi suyu filtre ederek beslenen deniz canlıları tarafından bu plastiklerin besin olarak alınabildiği ve bu canlılarda MP birikimi olduğu bilinmektedir. Bu plastikler yenildiklerinde, suda yaşayan hayvanların sindirim sistemlerinde birikimi ile canlıları gerçek yiyeceklerin tüketilmesinden geri bırakacaktır. Bu durum sucul canlıların büyümesini, üreme yeteneklerini ve yaşam koşulları engellemektedir (Doğa ve Sürdürülebilirlik Derneği, 2018). Türkiye'nin Akdeniz kıyıları boyunca MP tespiti ile ilgili yapılan çalışmada, 1.322 balık örneğinin mide ve bağırsakları incelenmiş, lifler (%70) ve sert plastiklerden (%20,8) ibaret olmak üzere 1.622 MP parçacığı tespit edilmiştir (Güven, Gökdağ, Jovanovic ve Kõdeys, 2017).

Evsel veya endüstriyel atıksu arıtma tesislerinde arıtılmış suyun, içme suyu kaynaklarına yakın bir alana deşarj edilmesi, büyük miktarlarda MP parçacığının içme sularına geçmesine neden olmaktadır (Carr, Liu ve Tesoro, 2016; Eriksen vd., 2013). Bu, günde 50.000 ile 15 milyon MP parçacığının içme suyuna karışması anlamına gelmektedir (Mason vd., 2016).

Bu çalışmada, tekstil ürünlerinin yıkanmasıyla atık suya karışan MP miktarının, sıcaklık, yumuşatıcı kullanılması, deterjan çeşidi, çamaşır kompozisyonu, devir sayısı gibi birçok faktörden etkilendiğini ortaya koyan araştırmalar ele alınmıştır. MP salınımının elyaf türüne göre değişimi incelenmiştir. Bu çalışmalarda kullanılan yöntemler karşılaştırılarak tartışılmıştır.

**MP Yapısı ve Oluşumu**

Genel olarak 5 milimetreden küçük plastik parçalar MP olarak tanımlanmaktadır. Çevrede rastlanan plastik parçaları genellikle boyutlarına göre beş farklı kategoride değerlendirilir. Bunlar; 1nm-1mm arası olanları nanoplastik, 1mm-5 mm arası mikroplastik, 5–20 mm arası mezoplastik, 20 mm-100 mm arası makroplastik, 100 mm’ den büyük olanları ise megaplastik olarak isimlendirilmektedir. MP’ler ise büyüklüklerine göre; küçük MP’ler (<1 mm) ve büyük MP’ler (2–5 mm) olmak üzere iki sınıfa ayrılarak incelenmektedir (Yurtsever, 2018).

MP’ler oluşum şekline göre iki grupta değerlendirilir. Kozmetik sanayi, boya sanayi ve ilaç sektörü gibi çok çeşitli alanlarda kullanımı için mikroskobik boyutta üretilen plastik parçacıklar birincil MP’ler olarak adlandırılır. Bunun yanında karasal veya denizel ortamda bulunan büyük boyuttaki plastik atıkların zaman içerisinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörlerin etkisi ile yapısal bütünlüğünün bozulmasına bağlı olarak parçalanması neticesinde ortaya çıkan mikroskobik boyuttaki plastik parçacıklar ikincil MP’lerdir. Bununla birlikte, sentetik polimerlerin dayanıklılığına rağmen, büyük plastik ürünler ağırlıklı olarak UV-B ışınların tetiklediği dalga hareketi ve fotokimyasal süreçlerin neden olduğu mekanik aşınma sonucu parçalanır ve MP’leri oluşturur (Çatalbaş, 2017). MP’ler yoğunluklarının az olması sayesinde rüzgar ve su akıntıları ile uzun mesafeli alanlara ulaşabilmektedir. Plastiklerin ömür ve dayanıklılığının on binlerce yıl olduğu tahmin edilmektedir, bu da plastik kirliliğinin önemli ölçüde artmasına sebep olmuştur.

**Bulgular ve Tartışma**

Sonuç olarak; (1) Bu deşarj miktarı, sıcaklık, yumuşatıcı kullanılması, deterjan çeşidi, çamaşır kompozisyonu, devir sayısı gibi birçok faktörden etkilenmektedir ve de (2) Bu konuda yayınlanan araştırmalarda iki farklı yaklaşımın kullanıldığı görülmüştür. İlk yaklaşımda, yıkanan tekstil ürünlerinden çıkan atık su, elek kullanılarak filtrelenerek mikroskop altında incelenmektedir. İkinci yaklaşımda ise, mikroplastik salınımı, miktar, ağırlık ve boyut olarak istatistiksel yöntemler kullanılarak tahmin edilmektedir. Ancak görülmüştür ki, farklı yöntemlere dayanan bu araştırmalar arasındaki tutarlılık zayıftır. Ayrıca, bu araştırmalarda sonuçları ifade etmek için kullanılan birimlerin farklı olması, karşılaştırma yapılmasını zorlaştırmaktadır.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **MP değer aralığı** | **İlgili Kaynak** |
| MP deşarjı (pamuk) | 137.951 – 18.000.000 adet  (0,0097 – 1,26 gram)\* | Napper ve Thompson (2016) ve Galvao vd. (2020) |
| MP deşarjı (polyester) | 135.600 - 18.000.000 adet  (0,0095 – 1,26 gram)\* | Pirc vd. (2016) ve Galvao vd. (2020) |
| MP deşarjı (elastan) | 1.000.000 - 18.000.000 adet  (0,07 – 1,26 gram)\* | Belzagui vd. (2019) ve Galvao vd. (2020) |
| MP deşarjı (akrilik) | 728.789 - 18.000.000 adet  (0,05 – 1,26 gram)\* | Napper ve Thompson (2016) ve Galvao vd. (2020) |
| \* 1 MP, 7,2x10-8 gram olarak kabul edilmiştir (De Falco vd., 2018) | | |

**Kaynaklar**