



DENİZLERDEKİ PLASTİK KİRLİLİĞİNİN DENİZEL TÜRLER, BİYOÇEŞİTLİLİK VE EKOSİSTEMLER ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ



ALFRED-WEGENER-INSTITUT
HELMHOLTZ-ZENTRUM FÜR POLAR-
UND MEERESFORSCHUNG

Alfred Wegener Kutup ve Deniz Araştırmaları Enstitüsü tarafından
WWF İÇİN HAZIRLANAN ÇALIŞMANIN ÖZETİ

Alfred Wegener Kutup ve Deniz Araştırmaları Enstitüsü tarafından WWF İÇİN HAZIRLANAN ÇALIŞMANIN ÖZETİ

ISBN 978-3-946211-46-4

Yayıncı:

WWF Almanya, Reinhardstraße 18, D-10117 Berlin

Tarih: Ocak 2022

Koordinasyon:

Bernhard Bauske, Caroline Kraas (WWF-Almanya)

Yazarlar:

Mine B. Tekman (ORCID: 0000-0002-6915-0176),
Bruno Andreas Walther (ORCID: 0000-0002-0425-1443),
Corina Peter (ORCID: 0000-0003-1342-2686),
Lars Gutow (ORCID: 0000-0002-9017-0083),
Melanie Bergmann (ORCID: 0000-0001-5212-9808)
(Alfred Wegener Kutup ve Deniz Araştırmaları Enstitüsü,
Bremerhaven, Almanya)

Hakemler:

Stephanie Borrelle, BirdLife International
Susanne Kühn, Wageningen Marine Research
Peter Ryan, FitzPatrick Institute of African Ornithology,
University of Cape Town

Editör: Jill Bentley

Grafik Tasarım:

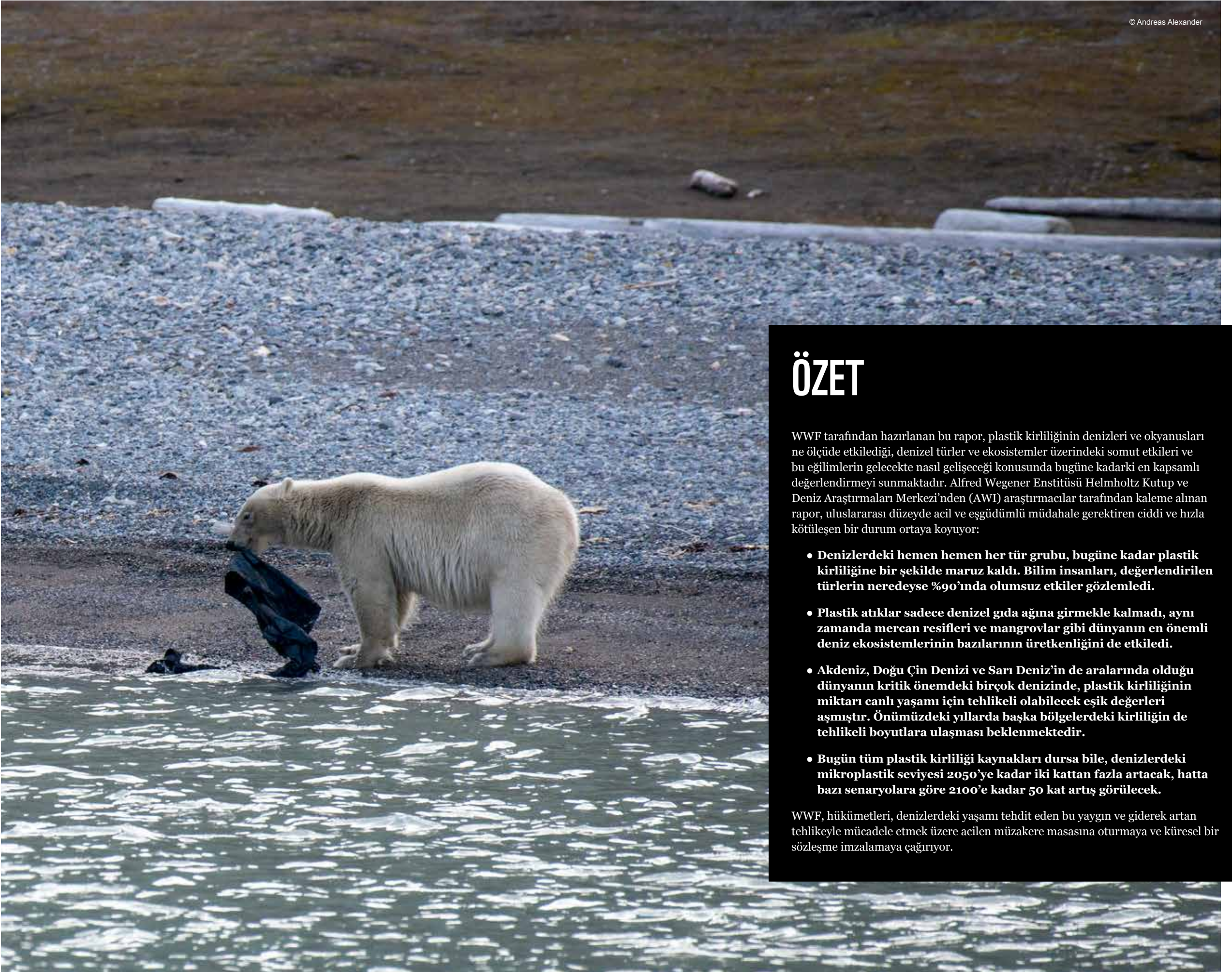
Anita Drbohlav (www.paneemadesign.com)

Kapak Fotoğrafı: WWF/Vincent Kneefel

Raporun İngilizcesinin tamamı aşağıdaki bağlantıdan
indirilebilir:

www.wwf.de/plastic-biodiversity-report

Referans: "Tekman, M. B. , Walther, B. A. , Peter, C. ,
Gutow, L. and Bergmann, M. (2022): Impacts of plastic
pollution in the oceans on marine species, biodiversity and
ecosystems, 1–221, WWF Almanya, Berlin. Doi: 10.5281/
zenodo.5898684



ÖZET

WWF tarafından hazırlanan bu rapor, plastik kirliliğinin denizleri ve okyanusları ne ölçüde etkilediği, denizel türler ve ekosistemler üzerindeki somut etkileri ve bu eğilimlerin gelecekte nasıl gelişeceği konusunda bugüne kadarki en kapsamlı değerlendirmeyi sunmaktadır. Alfred Wegener Enstitüsü Helmholtz Kutup ve Deniz Araştırmaları Merkezi'nden (AWI) araştırmacılar tarafından kaleme alınan rapor, uluslararası düzeyde acil ve eşgüdümlü müdahale gerektiren ciddi ve hızla kötüleşen bir durum ortaya koyuyor:

- **Denizlerdeki hemen hemen her tür grubu, bugüne kadar plastik kirliliğine bir şekilde maruz kaldı. Bilim insanları, değerlendirilen türlerin neredeyse %90'ında olumsuz etkiler gözlemledi.**
- **Plastik atıklar sadece denizel gıda ağına girmekle kalmadı, aynı zamanda mercan resifleri ve mangrovlar gibi dünyanın en önemli deniz ekosistemlerinin bazılarının üretkenliğini de etkiledi.**
- **Akdeniz, Doğu Çin Denizi ve Sarı Deniz'in de aralarında olduğu dünyanın kritik önemdeki birçok denizinde, plastik kirliliğinin miktarı canlı yaşamı için tehlikeli olabilecek eşik değerleri aşmıştır. Önümüzdeki yıllarda başka bölgelerdeki kirliliğin de tehlikeli boyutlara ulaşması beklenmektedir.**
- **Bugün tüm plastik kirliliği kaynakları dursa bile, denizlerdeki mikroplastik seviyesi 2050'ye kadar iki kattan fazla artacak, hatta bazı senaryolara göre 2100'e kadar 50 kat artış görülecek.**

WWF, hükümetleri, denizlerdeki yaşamı tehdit eden bu yaygın ve giderek artan tehlikeyle mücadele etmek üzere acilen müzakere masasına oturmaya ve küresel bir sözleşme imzalamaya çağırıyor.

GİRİŞ: GEZEĞEN KRİZİ

Plastik kirliliği katlanarak artan bir hızla dünya genelinde tüm denizlere yayıldı

BM buna ‘gezegen krizi’ diyor.¹ Kutuplardan en ücra adalara, deniz yüzeyinden en derin okyanus çukurlarına kadar, plastik kirliliği sorunu katlanarak büyüyor. Plastik kirliliği artık sınır tanımıyor ve mevcut kurumsal ve kamusal taahhütler yerine getirilse bile katbekat artacağı öngörülüyor.² Buna müdahale etmek için acilen küresel çapta ve sistemli biçimde harekete geçmek gerekiyor.

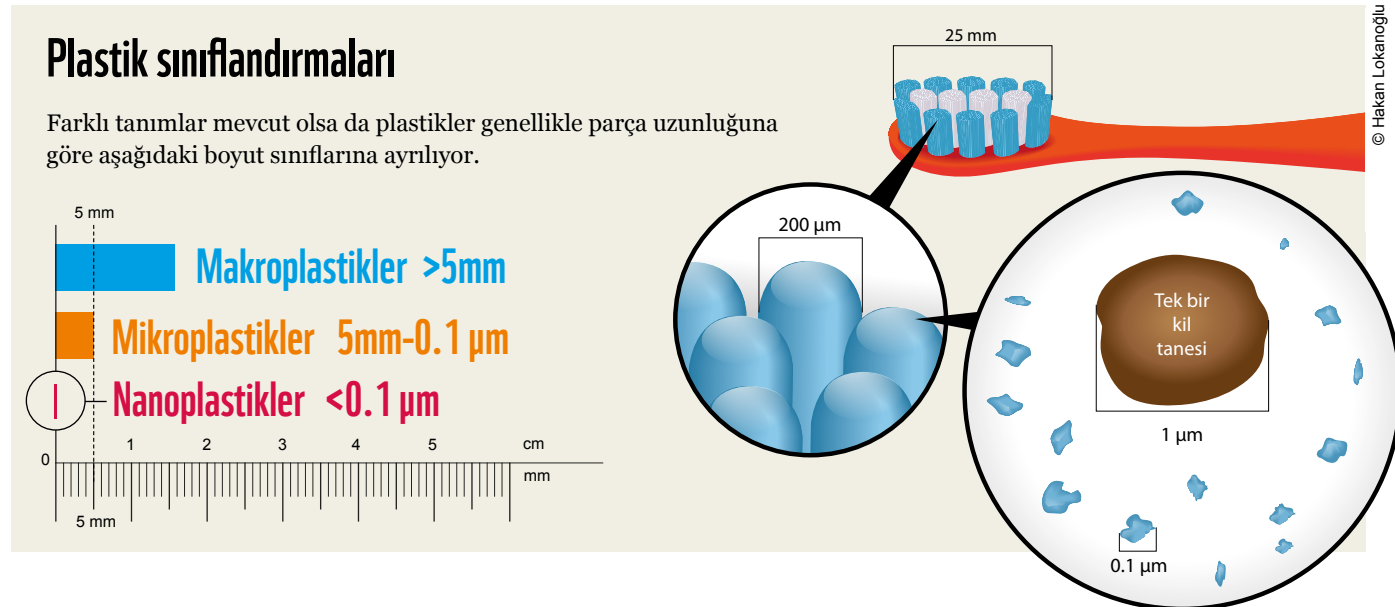
Plastik kirliliği görece yeni bir tehdittir. Plastik İkinci Dünya Savaşı’ndan sonra yaygın olarak kullanılmaya başlansa da şimdiye kadar üretilen tüm plastiğin kütlesi, tüm kara ve deniz hayvanlarının toplam kütlesinin iki katıdır.³ Üretim son yirmi yılda büyük bir hızla arttı ve 2003 ve 2016 yılları arasında önceki yılların toplamı kadar plastik üretildi.

2015’e kadar üretilen tüm plastiklerin %60’ı halihazırda atık haline gelmiş⁴ ve bunların önemli bir kısmı okyanuslara karışmıştı. Tahminler büyük ölçüde değişiklik göstermekle birlikte, şu ana kadar denizlerde ve okyanuslarda 86 ila 150 milyon metrik ton (MMT) plastiğin⁵ biriktiği ve miktarın sürekli arttığı düşünülmektedir: 2010 yılında, 4,8 ila 12,7 MMT plastik atığın karalardan denizlere karıştığı tahmin edilirken⁶ yakın zamanda yapılan bir çalışma bu rakamın 2016 yılında 19 ila 23 MMT’ye yükseldiğini göstermektedir.⁷

Plastik atıklar denizlere ve okyanuslara homojen bir şekilde dağılmamıştır. Dünya genelinde plastik atıkların toplandığı sıcak noktalar arasında, su yüzeyindeki plastiklerin hapsedikleri beş büyük okyanus girdap sistemi (çöp adaları), şehir merkezlerinden geçen büyük nehirlerin deltaları gibi büyük atık çıkış noktalarının yakınındaki kıyı ve okyanus alanları, mercan resifleri, mangrov ormanları ve başta kanyonlar olmak üzere derin deniz alanları bulunuyor.

Peki, deniz ve okyanuslardaki bu plastikler nereden geliyor? Kaynakların çoğu biliniyor, ancak hepsi değil. Tek kullanımlık ürünlerin yaygınlaşması önemli bir etken. 2015 yılında, tüm plastik atıkların yarısını ambalaj atıkları oluşturuyordu;⁸ 2018 tahminine göre, tek kullanımlık plastikler dünya genelinde denizlerdeki plastik kirliliğinin %60 ila %95’ini oluşturuyor.⁹ Kıyı şeridinin ve daha iç kesimlerdeki nehirlerin yakınındaki karasal atık kaynakları, deniz plastik kirliliğine en çok katkısı olan kaynaklar arasında. Kısa süre önce yapılan bir analize göre, %82’si plastik olan yılda 307 ila 925 milyon adet atık Avrupa’dan denizlere karışıyor.¹⁰ Öte yandan önemli denizel atık kaynakları da mevcut. Deniz çöplerinin %22’sinin balıkçılık faaliyetlerinden kaynaklandığı tahmin ediliyor.¹¹ Hava da plastik kirliliği için bir vektör; öyle ki aşınan araç lastikleri ve frenlerden ya da plastik kaplı yüzeylerden rüzgarla kopan parçalar, atık işleme, karayolları ve tarımsal faaliyetler önemli birer mikroplastik kaynağı teşkil ediyor¹².

Şekil 1: Nanoplastik partiküller ince kil taneciklerinden 10 kat daha küçüktür.



Şekil 2: Karayip Denizi’nin doğusunda, Honduras açıklarındaki Roatan ve Cayos Cochino Adaları’nın arasında atık ve plastik kirliliği.

MİKROPLASTİKLERİN YÜKSELİŞİ

Plastikler denizlerde sürekli daha küçük parçalara ayrılırken, oluşturdıkları tehditler de çoğalıyor

Denizlerden plastik atıkları toplamının zorlukları ve plastiğin kalıcı bir yapıya sahip olması nedeniyle,¹³ plastik bir kere denize karıştıktan sonra onu çıkarmak neredeyse imkansız hale gelmektedir. Dahası, bu atıklar, denizlerde çevresel koşullar nedeniyle durmadan daha küçük parçalara ayrılmaya devam eder. Makroplastikler mikroplastik haline, mikroplastikler de nanoplastik haline gelir, toplanmaları imkansızlaşır. Denizlere karışan plastik kirliliği bugün dursa bile, bu bozulma süreci devam edeceğinden, denizlerdeki ve sahillerdeki mikroplastik kütlesinin 2020’den 2050’ye iki kattan fazla artacağı tahmin ediliyor.¹⁴

Bir taraftan da plastik kirliliği kaynakları yakın gelecekte durmak bir yana, yavaşlama belirtisi bile göstermiyor. Olağan sürecin devam edeceğine dayanan gelecek tahminleri büyük ölçüde değişmekle birlikte, hepsi oluşan atık miktarında

ciddi ölçüde artış öngörüyor. Plastik sektörü 2010 yılından bu yana yeni fabrikalara 180 milyar ABD doları yatırım yaptı.¹⁵ Plastik üretiminin 2040 yılına kadar iki kattan fazla, denizlerdeki plastik kirliliğinin ise üç kat artması bekleniyor.¹⁶ Bu, 2050 yılına kadar denizlere karışan makroplastik miktarında dört kat artışa¹⁷, 2100 yılına kadar mikroplastiklerde 50 kat artışa yol açabilir.¹⁸

Metreküp başına 1.21 x 10⁵ parçacık, önemli ekolojik risklerin meydana geldiği bir eşik seviyesi olarak önerilmiştir.¹⁹ Bu eşik, Akdeniz, Doğu Çin Denizi, Sarı Deniz²⁰ ve Kuzey Buz Denizi’ndeki deniz buzulları²¹ da dahil olmak üzere kirlilik açısından sıcak nokta kabul edilen belirli noktalarda halihazırda aşılmıştır. Deniz yüzeyindeki mikroplastik kirliliğinin yaratacağı ekolojik risklerin 21. yüzyılın sonuna kadar ciddi ölçüde yayılması bekleniyor.²² En iyimser senaryolar bile önemli derecede artış öngörürken, en kötü senaryo, Grönland’ın iki katından daha büyük bir alanda kirlilik eşiklerinin aşılabileceğini gösteriyor.

DOĞA İLE ETKİLEŞİMLER

Plastikler, canlılara dolanıp hareketlerini kısıtlayarak, yutularak, canlıların yaşam alanlarını örtüp solunumlarını engelleyerek ve üzerilerindeki kimyasalların çözünerek denizlere karışması yoluyla biyolojik yaşama zarar verir.

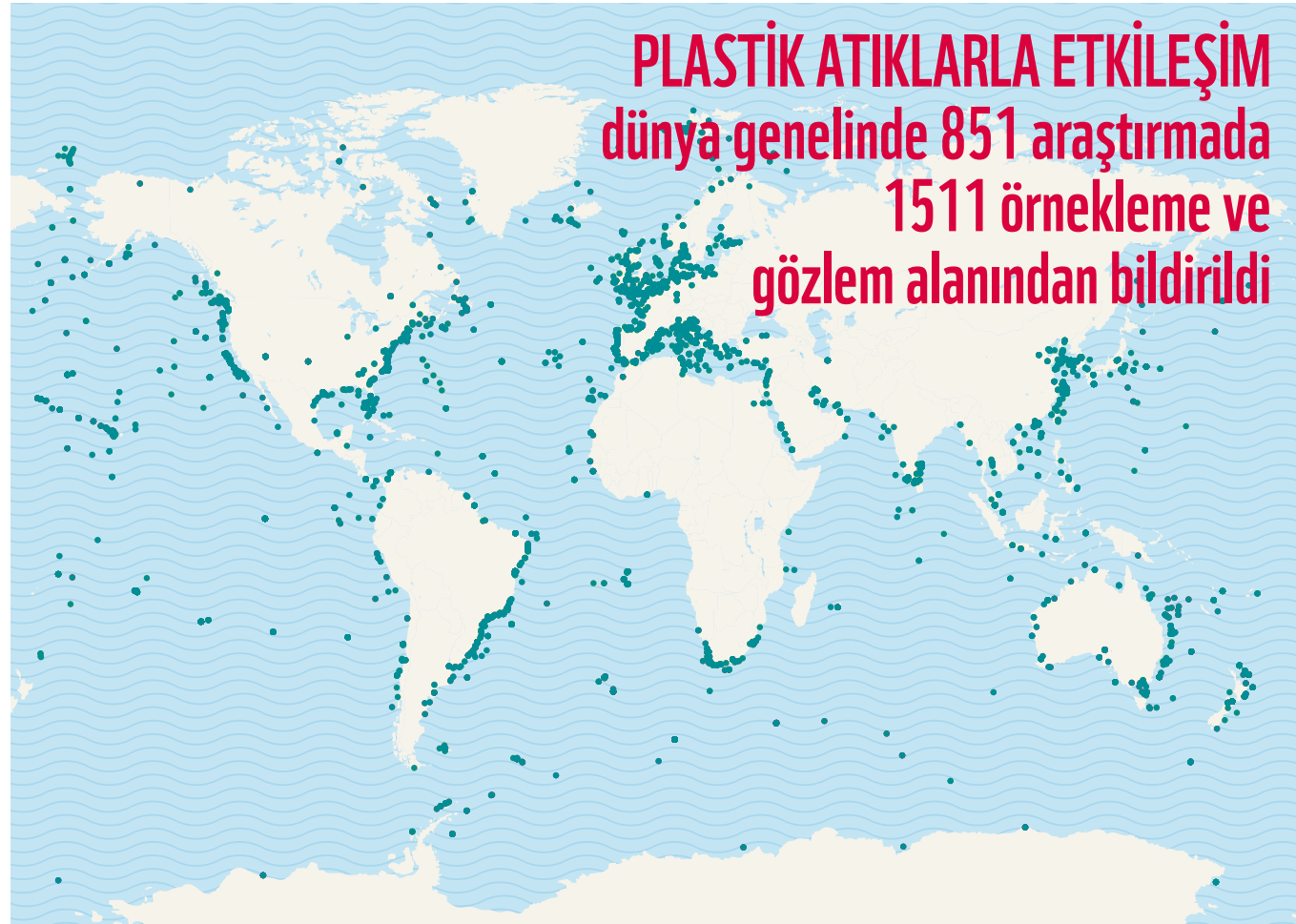
Plastik kirliliği artık denizlerin her yerinde görülüyor ve denizel türlerin neredeyse tamamı büyük bir olasılıkla kirliliğe maruz kaldı. Mevcut araştırmalardan elde edilen sonuçlar ihtiyatlı bir değerlendirmeye tabi tutulduğunda, şimdiye kadar toplam 2.141 türün doğal ortamlarında plastik kirliliği ile karşılaştığı tespit edildi.

Canlılar ve plastik atıklar arasındaki bu etkileşimlerin büyük çoğunluğu, atıkların yutulması, dolaşması veya boğulmaya neden olmasıyla ilgiliydi. 738 türün plastik maddeleri kolonileştirdiği ve yeni alanlara yayıldığı gözlemlendi.

Hem laboratuvar ortamında hem de sahada yürütülen çalışmalarla, 902 türün deneysel koşullar altında plastiklerle etkileşimleri araştırıldı. Bu

deneysel çalışmalar kapsamında farklı miktarlarda mikroplastik parçacıkların yutulması ve canlıların hayalet ağlara nasıl dolaştığı incelendi. İncelenen 902 tür için fiziksel etkileşimler doğrulanırken, bazı çalışmalar daha da ileri giderek, sadece etkileşimleri test etmekle kalmayıp, bu canlıların yaşamlarına olan olumsuz etkilerini de incelediler. Bu detaylı araştırmalarda, yaralanma veya ölüm, hareketlerin kısıtlanması, besin alımındaki değişiklikler, büyüme, bağışıklık sistemi yanıtı, üreme ve hücre fonksiyonu gibi etkiler değerlendirildi. 297 türde gözlemlenebilir etkiler incelendi ve türlerin %88'inin olumsuz etkilendiği görüldü.²³ Kısıtlı sayıda bir örneklemden elde edildiği için, bu oranı, tüm denizel türlere yönelik etkileri genellemek için kullanmak doğru olmasa da, plastiklerin deniz yaşamı üzerindeki negatif etkilerini göstermesi açısından çok önemlidir.

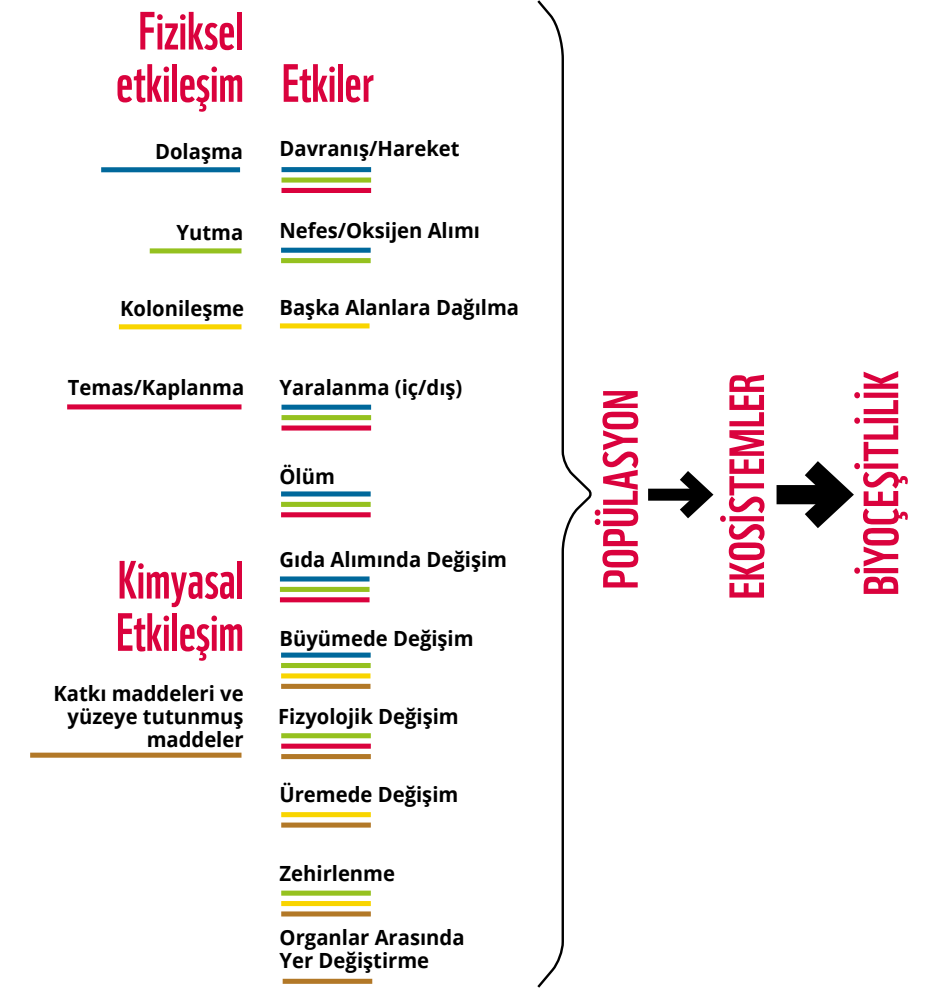
Şekil 3: Plastik kirleticiler ve deniz yaşamı arasındaki etkileşimler. Harita üzerindeki noktalar 851 araştırmadaki 1511 örnekleme noktasından elde edilen verileri göstermektedir (LITTERBASE).



Plastiklerin başlıca olumsuz etkileri şunlardır:

Dolaşma – Denize bırakılmış, kaybolmuş veya atılmış ağlar, balık yakalama tuzakları ve monofilament misinalar deniz hayvanlarına dolaşarak boğulmalarına, yaralanmalarına, hareketlerinin engellenmesine ve ölümlerine neden olabilir. Kuşlar, plastikleri yuva yapımında kullandıklarından, bu atıklarla kendileri ve yavruları için ölümcül tuzaklar yaratabilirler. Oahu, Hawaii’deki mercan kolonilerinin %65’i balık ağları tarafından sarıldı²⁴ ve bu kolonilerin %80’i tamamen ya da kısmen öldü. Kuzey Buz Denizi’nin ücra derinliklerinde bile, sünger kolonilerinin yaklaşık %20’sine plastik atıklar dolaştı ve dolaşmaya devam ediyor.²⁵

Yutulma – Besin zincirinin en tepesindeki yırtıcılardan başlayarak planktonlara kadar her türlü deniz canlısı plastik yutuyor. Yutulan plastikler, sindirim sistemlerinde sahte bir doyma hissi veya tıkanıklık yaratarak yiyecek alımını etkileyebilir ve iç yaralanmalara yol açabilir. Laboratuvar deneyleri, yiyeceklerine yüksek miktarda mikroplastik parçacık karışan balıklarda büyümenin azaldığını gösterdi.²⁶ Diğer uçta ise Tayland’da bir balina köpekbahğının sindirim sisteminde tespit edilen tek bir plastik pipet söz konusu balığın muhtemel ölüm sebebiydi.²⁷ Deniz kuşlarının plastik yutması, küresel, yaygın ve giderek büyüyen bir sorun olmaya devam ediyor. ²⁸ Günümüzde deniz kuşlarının %90’ının²⁹, deniz kaplumbağalarının ise % 52’sinin plastik yuttuğu tahmin ediliyor.³⁰ Kıyıya vurmuş balina ve yunus karkaslarının çoğunda makroplastik parçalar bulunuyor.^{31,32,33,34} Bazı çalışmalar, etkilenen türlerde gıda alımının değiştiğini veya azaldığını, büyüme^{35,36,37,38}, bağışıklık sistemi, doğurganlık ve üremenin yanı sıra hücre fonksiyonlarının ve davranışların değiştiğini tespit etmiştir. Sayılan fonksiyonların gördüğü zararın



Şekil 4: En sık bildirilen etkileşim biçimleri ve bunların organizmalar üzerindeki etkileri (LITTERBASE). Renkli çubuklar, ilgili etkileşimi temsil etmektedir.

seviyesi, maruz kalınan plastik yoğunluğu ile doğrudan ilişkilidir.³⁹

Boğulma – Plastikler üzerilerini örttikleri mercanları, süngerleri ve deniz tabanında yaşayan hayvanları, ışık, besin ve oksijenden mahrum bırakır, sedimanter ortamdaki oksijeni yetersiz kılar ve organizmaların sayısını azaltır.^{40, 41} Bu durum ekosistemleri olumsuz etkileyebilir ve deniz yaşamı üzerinde zararlı etkileri olabilecek patojenlere gelişme ortamı yaratabilir. Boğulma etkisi, özellikle mercan resiflerini ve mangrovları etkiler (aşağıya bakınız).

Kimyasal kirlilik – Plastiklerdeki tüm bileşenler zararlı değildir, ancak birçoğu plastiklerden çözünüp deniz ortamına sızabilir.⁴² En küçük plastik parçacıklar vücuttaki hücrelere geçebilir ve bazıları deniz hayvanlarının beyinlerine bile ulaşabilir.^{43,44}

Plastikte bulunan en tehlikeli kimyasal kirleticilerden bazıları şunlardır:

Endokrin bozucular – Bunlar hormonları etkileyerek birçok deniz canlısında üreme, gelişme ve davranış bozukluklarına sebep olur.⁴⁵ Gıda güvenliğini tehdit etmediği belirtilen bazı plastikler bile sucul canlılar ve insanlar için oldukça zehirli olabilir.^{46,47}

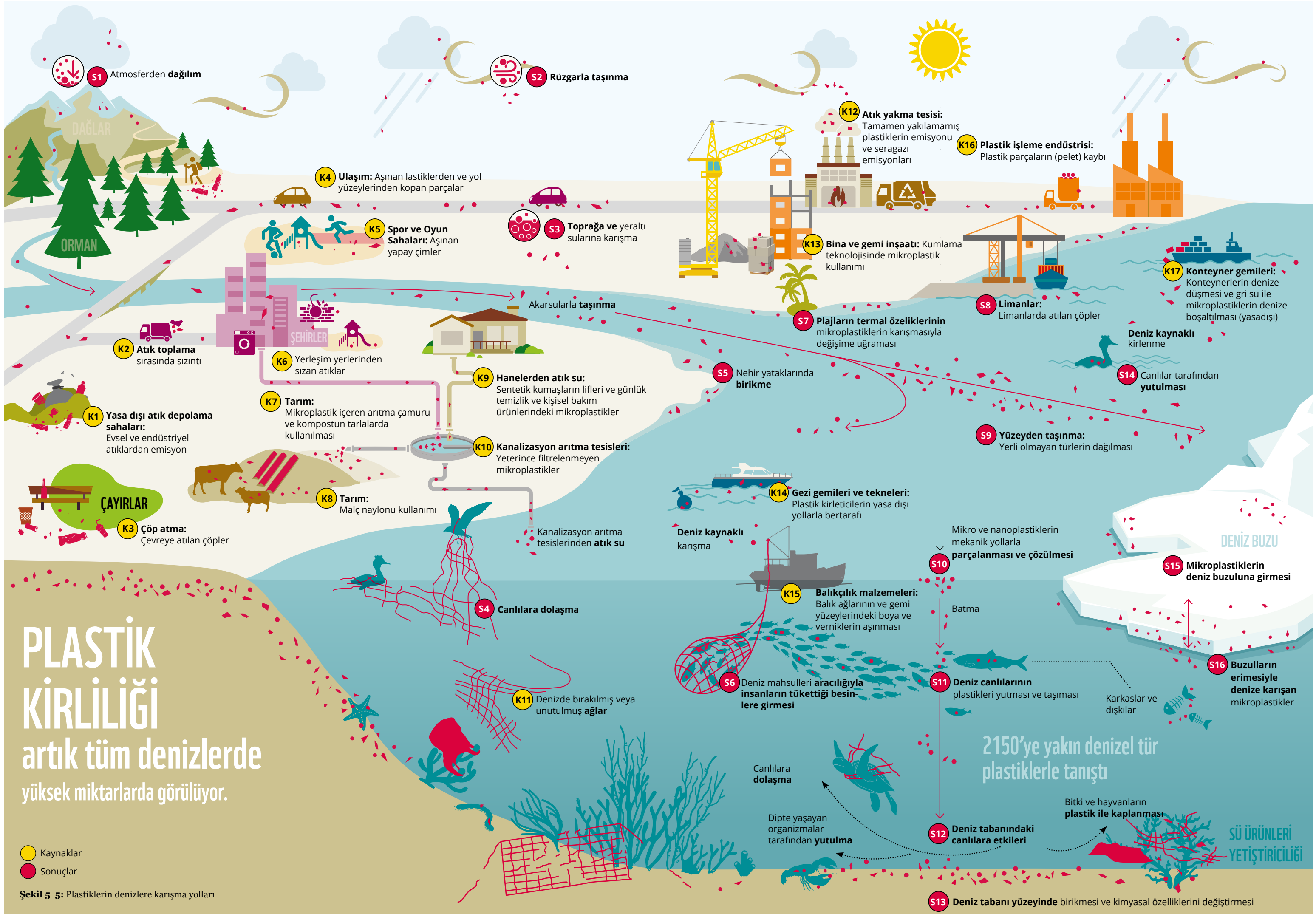
Kalıcı organik kirleticiler – Poliklorlu bifeniller (PCB’ler) gibi uzun ömürlü maddeler organizmaları ve çevre sağlığını olumsuz etkiler.⁴⁸ Bozunmadıkları için, rüzgâr ve su yoluyla uzun mesafelere taşınabilirler ve çıkış noktalarından çok uzakta bile uzun süreli etkiler bırakabilirler.

PLASTİK KİRLİLİĞİ

artık tüm denizlerde yüksek miktarlarda görülüyor.

● Kaynaklar
● Sonuçlar

Şekil 5: Plastiklerin denizlere karışma yolları



GIDA ZİNCİRİNİN KİRLLENMESİ

Deniz canlıları tarafından yutulan plastik parçalar besin zincirinin üst basamaklarına doğru hareket etmeye başlar; öyle ki artık insanların yediği yiyeceklere bile karışır.

Denizel türler plastik yuttuğunda, yutulan plastiklerin ve ilişkili kimyasal kirleticilerin denizel besin zincirinin üst basamaklarına geçebileceği saha ve laboratuvar çalışmalarında görüldü.

Çalışmalar, su sütununda mikroplastiklerin varlığını ve bu parçacıkların batan agregalara karıştığını doğruladı.^{49,50,51} Bu batan partiküller kısmen veya tamamen denizel besin ağının temelini oluşturan planktonlar ve diğer küçük organizmalar tarafından tüketiliyor.^{52,53,54,55} Plastik yutulması nedeniyle biyolojik süreçlerin verimliliğinde

görülen aksaklıklar deniz tabanına ulaşan gıda miktarını etkileyerek gıda açısından sınırlı deniz tabanı ekosistemlerinde değişikliklere neden olabilir. Bu durum, salplerin gelecekte ortaya çıkması muhtemel mikroplastik seviyesine maruz bırakıldığı yeni bir çalışma ile gösterilmiştir.⁵⁶

Nanoplastiklerin olası tehlikeleri hakkında henüz çok şey bilinmese de yaygın bir endişe mevcut. Deney ortamında nanoplastiklere maruz bırakılan su piresi *Daphnia magna*'nın hayatta kalma oranı önemli ölçüde azaldığı, hatta bazı durumlarda deneye konu olan popülasyonda mortalite %100'e kadar çıktığı gösterilmiştir.

Bu su pireleri daha sonra balıklara yem olarak verildiğinde, nanoplastiklerin kan-beyin bariyerini aştığı ve yeterince beslenememe veya hareketsizlik gibi davranış değişikliklerine neden olduğu tespit edildi.⁵⁷ Bu etkiler besin ağına yayıldıkça, daha geniş ekosistemin işleyişine zarar verebilir.

Plastiklerin organizmalar üzerindeki etkileri üzerine yapılan araştırmalar son zamanlarda artış gösterse de, insan sağlığı üzerindeki olası etkileri hakkında şaşırtıcı derecede az şey biliniyor. Yine de insanların bunları soludukları ve yuttukları rahatlıkla söylenebilir. Örneğin, mikroplastiklerin mavi midyeler tarafından yutulduğu, bu türün doğal ve yapay dağılım alanlarının çoğunda gözlemlenmiştir.^{58,59,60} Aynı şey istiridyeler için de geçerlidir. Her ikisi de insanlar tarafından bütün olarak tüketildiklerinden, içerdikleri plastiklerden kaçınmanın bir yolu yoktur.⁶¹ Benzer şekilde, araştırmacılar, 20 konserve sardalya ve çaça balığı markasından dördünün plastik parçacıklar içerdiğini bulmuştur.⁶²

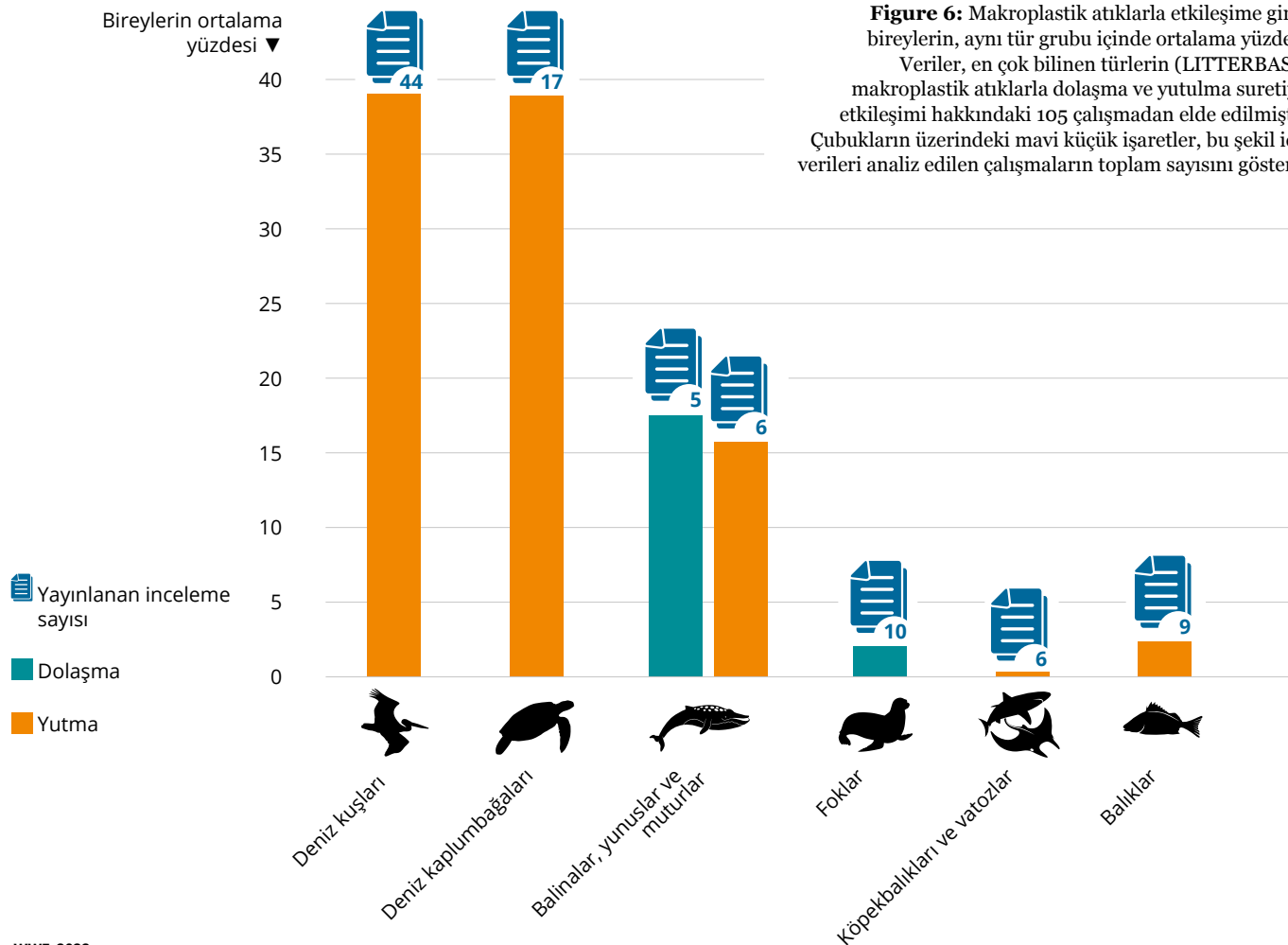
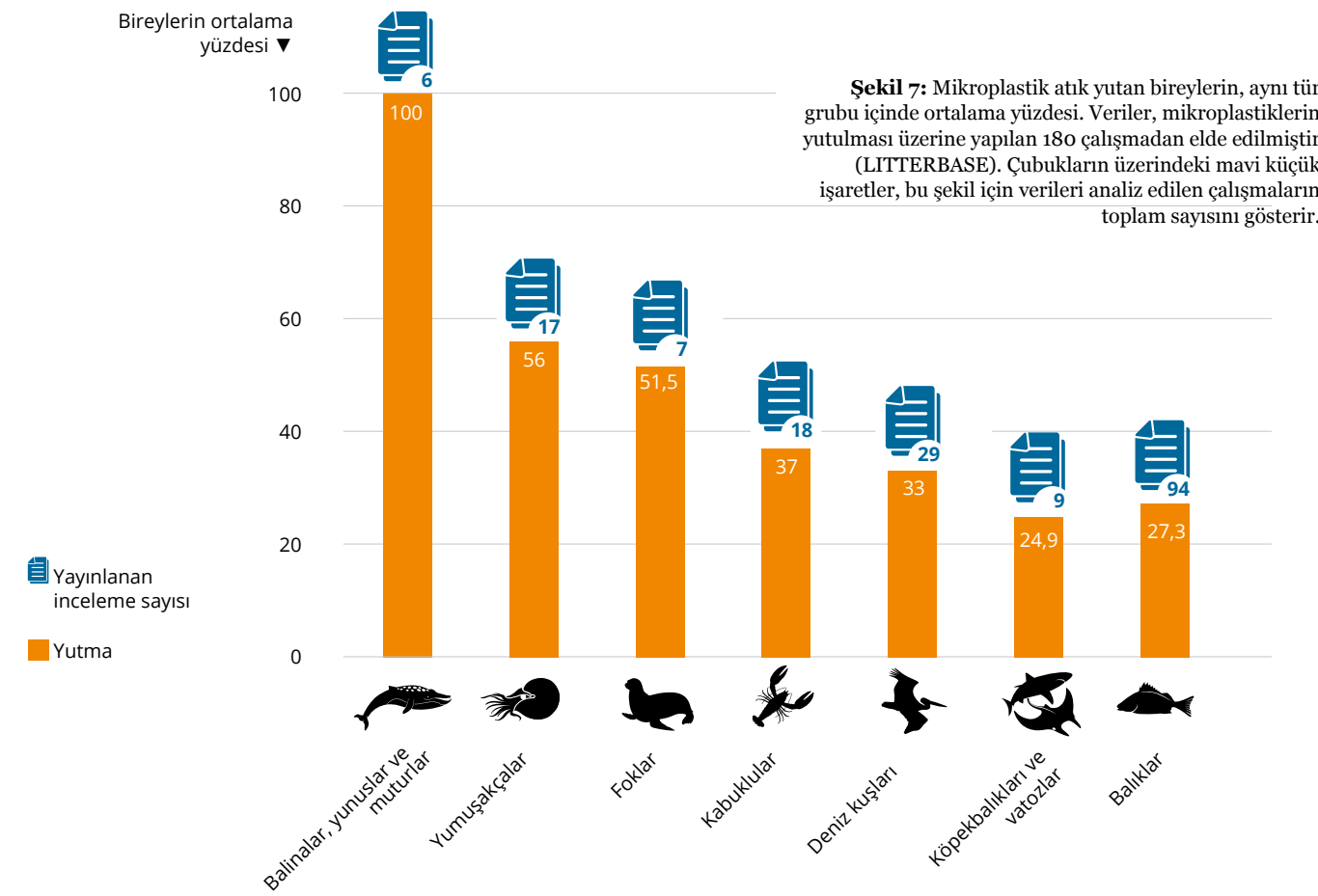


Figure 6: Makroplastik atıklarla etkileşime giren bireylerin, aynı tür grubu içinde ortalama yüzdesi. Veriler, en çok bilinen türlerin (LITTERBASE) makroplastik atıklarla dolaşma ve yutulma suretiyle etkileşimi hakkındaki 105 çalışmadan elde edilmiştir. Çubukların üzerindeki mavi küçük işaretler, bu şekil için verileri analiz edilen çalışmaların toplam sayısını gösterir.



Şekil 7: Mikroplastik atık yutan bireylerin, aynı grubu içinde ortalama yüzdesi. Veriler, mikroplastiklerin yutulması üzerine yapılan 180 çalışmadan elde edilmiştir (LITTERBASE). Çubukların üzerindeki mavi küçük işaretler, bu şekil için verileri analiz edilen çalışmaların toplam sayısını gösterir.

Plastik kirliliği en kötü mercan resiflerini ve mangrovları etkiliyor

Plastik kirliliği dünya genelindeki tüm denizleri sarmış olsa da bazı önemli deniz ve kıyı ekosistemleri artan plastik kirliliği seviyelerinin yanında başka tehditlerle de karşı karşıya olduklarından özellikle risk altındadır. İlk akla gelen örnekleri arasında mercan resifleri ve mangrovların sayılabileceği bu ekosistemler, deniz canlılarının yanı sıra insanlar için de hayati hizmetler sağlar, bu nedenle işlevleri plastiklerden ötürü olumsuz etkilendiğinde insanlar da doğrudan etkilenecektir.

Küresel ısınma nedeniyle zaten bir kriz içinde bulunan mercan resifleri için plastiklerin oluşturduğu tehdidin boyutu endişe vericidir. Asya Pasifik bölgesinde, 2010 yılında bölgedeki mercan resiflerine 11,1 milyar plastik parçanın dolaştığı⁶³ ve bu kirliliğin 2025 yılına kadar %40 artacağı öngörülüyor. Plastik parçaların dolaştığı mercanların

hastalığa yakalanma olasılığının 20 ila 89 kat daha fazla olmasıyla özellikle endişe veriyor.⁶⁴

Genellikle hayalet ağ olarak adlandırılan, denizde unutulmuş veya terk edilmiş balıkçılık malzemeleri, tüm dünyadaki mercanlar için ciddi bir tehdittir. Onlarca yıl resiflere takılı kalarak, mercanların boğulmasına, kırılmasına ve aşınmasına hatta bazen tüm resif sisteminin ölümüne neden olabilirler.^{65,66} Mercanların ayrıca poliplerinde mikroplastik biriktirdiği, bundan hem kendilerinin hem de ortak yaşam sürdürdükleri alglerin olumsuz yönde etkilendiği ve resiflerdeki topluluk yapısının değiştiği görülmüştür.⁶⁷

Diğer hizmetlerin yanı sıra birçok kıyı topluluğuna gıda güvenliğini ve su taşkınlarına karşı koruma sağlayan mangrovlar, genellikle plastik atıkların biriktiği nehir ağızlarına yakındır. Atıklar mangrovların karmaşık kök

sistemlerinde sıkışıp kalırlar ve onları plastik yutaklarına dönüştürürler. Dünyada en yüksek çöp yoğunluğuna sahip yerler arasında mangrov ormanlarının da olduğu kaydedilmiştir ve artan kirlilik seviyesi ile azalan ağaç sağlığı arasında ilişki bulunmaktadır.^{68,69,70,71,72,73} Java'daki mangrov ormanları üzerinde yapılan yeni bir çalışmada, 100 metrekarede 2.700 plastik parça bulunurken, plastiklerin yer yer orman tabanının %50'sini kapladığı tespit edildi.⁷⁴ Bir deneyde, kökleri tamamen plastikle kaplı olan ağaçların daha düşük yaprak alanı endeksinde ve hayatta kalma oranına sahip olduğu görüldü.⁷⁵ Ayrıca, bozulmuş mangrov alanlarını eski haline kavuşturma çabaları, ağaç fideleri plastik atıklar tarafından boğulduğunda yeterince etkili olmayabilir.⁷⁶

Plastik kirliliğine, deniz seviyesinin 10 km altında, dünyanın en derin noktası olan Mariana Çukuru'nda da rastlanmıştır.^{77,78} Buradaki çevresel koşullar, diğer denizel ortamlara kıyasla görece daha kararlı istikrarlı olduğundan atıklar yüzyıllar boyunca bozulmadan varlıklarını sürdürebilir. Atıklar bazı durumlarda, derin deniz tabanındaki çamurda yeni organizmaların kolonileştiği yapay bir tabaka oluşturabilir.⁷⁹ Koloni kuran bu türler için faydalı bir durum söz konusu olsa da, plastik atıkların varlığı yerli ekosistemlerin topluluk yapısını değiştirerek, popülasyonlarına zarar verebilir.^{80,81}



KATKI ETKİSİ

Plastik kirliliği, deniz yaşamına yönelik diğer tehditlerle birleşerek tehlikeli bir karışım oluşturabilir

Plastiğin deniz ekosistemleri üzerindeki etkileri tek başına ele alınmamalıdır. Plastik kirliliği; denizlerin ısınması, aşırı avlanma, deniz suyunun asitlenmesi, ötrofikasyon, oksijensizleşme, deniz taşımacılığı ve sualtı faaliyetlerin yol açtığı gürültü kirliliği, istilacı türler, habitatların tahrip edilmesi ve parçalanmasının yanı sıra diğer kimyasal kirlilik türleri de dahil olmak üzere çeşitli insan yapımı tehditlerden biridir.

Deniz yaşamındaki düşüşün arkasında tek bir belirleyici etken belirlemek genellikle çok zordur⁸², ancak tehditlerin üst üste denk geldiği durumlarda, olumsuz etkiler özellikle halihazırda tehlike altında olan türler için daha da şiddetlenecektir. Birden fazla stres etkeninin aynı anda görüldüğü durumlarda, 'katki' etkilerini veya 'çoğalan' etkileri tam olarak anlamak için daha fazla bilimsel çalışmaya ihtiyaç vardır,^{83,84,85,86,87} bununla birlikte sonuçların şiddetli olacağı ve bu eğilimin gelecekte daha da kötüleşeceği muhtemeldir. Birçok uzman, gezegenin halihazırda kitlesel bir yokoluşa maruz olduğu konusunda hemfikirken,^{88,89,90,91,92} kontrolsüz plastik kirliliği şüphesiz krizin kötüleşmesine katkıda bulunan bir faktör olacak.

Geleceğe bakarken akılda tutulması gereken başka bir kritik nokta daha var. Plastik kirliliği denizlerde birikmeye devam ettikçe, belgelenen tüm zararlı etkiler artacak, birçok alt popülasyon, tür ve ekosistem için eşik risk değerleri⁹³ aşılacaktır. Plastik kirliliği mevcut hızla artmaya devam ederse, araştırmacılar tüm deniz kuşu türlerinin %99,8'inin 2050'ye kadar plastik yutacağını⁹⁴ tahmin ediyor. Kaplumbağa türlerinin tamamının plastik atık yuttuğuna veya plastiklere dolaştığına dair zaten kanıt bulunmuştur.⁹⁵

SORUNUN KÖKENİNE İNMEK

Plastik kirliliği gerçekleşmeden önce ona neden olan etkenlerin hedeflenmesi, kirliliği daha sonra temizlemekten çok daha etkilidir.

İklim krizi gibi plastik kirliliği sorunu da tüm gezegeni etkiliyor. Plastik kirliliği seviyeleri sürekli artıyor. Sorunu gidermede sadece küresel ve sistemik yaklaşımlarla çözüm üretmek başarı sağlayacaktır. Kamuoyunun dikkatinin bu soruna yönelmiş olması cesaret verici bir gelişmedir ve plastik kirliliği kritik sayıda deniz türünün ve ekosisteminin dayanıklılığını tamamen etkilemeden önce gidişatı tersine çevirmek için uluslararası düzeyde ve kararlı bir şekilde harekete geçilmesi için yapılan çağrılar artmaktadır.⁹⁶

Plastik atıkların denizden toplanması çözüm olarak sık sık önerilmektedir. Tıpkı iklim değişikliğinin hızını azaltmak için bazı gruplar tarafından karbon yakalama teknolojileri teşvik edildiği gibi, denizlerdeki plastik kirliliğini gidermek için de fütüristik ve henüz kanıtlanmamış çözümler sunan büyük ölçekli atık temizleme teknolojileri giderek daha fazla dile getirilmektedir.^{97,98,99,100} Teorik olarak uygulanmaları mümkün olsa bile, bu tür teknolojik çözümlerin yaygın kullanımı büyük olasılıkla önemli ekonomik maliyetleri de beraberinde getirecek ve plastik kirliliğine yeterli bir çözüm sağlayamayacaktır.^{101,102} Ayrıca, bu tür atık temizleme sistemlerinin deniz ekosistemleri üzerindeki etkisi henüz değerlendirilmemiştir.¹⁰³ Bu çözümler, deniz canlılarının istenmeden, hedef dışı yakalanmalarına ve ölümlerine ve besinin zaten sınırlı olduğu deniz bölgelerinde önemli miktarda biyokütlelenin sürekli olarak denizden çıkarılmasına sebep olmaları halinde, yarardan çok zarar verebilir. Öte yandan bu tarz temizleme çözümleri ciddi boyutta karbon ayak izine sahip olacaktır ve küçük plastik parçaları temizleyemeyecekleri de neredeyse kesindir. Mikroplastiklerin çıkarılması için de bazı yöntemler mevcuttur, ancak bunların çoğu şu anda sadece atık su arıtma sistemlerinde kullanılmaktadır.¹⁰⁴

Plastik atıkların daha baştan doğaya karışmasını önlemek zaten yeterince baskı altında bulunan ekosistemlere ve iklime gelecek bu fazladan yüke engel olacaktır. Bu bağlamda yaklaşıldığında, birincil plastik üretimi de önemli ölçüde azalacaktır. Böyle bir yaklaşımın, daha az kaynak kullanımı ve plastik atıkların üretimi, taşınması ve bertarafı sırasında oluşan kirliliğin azaltılması gibi ek faydaları da olacaktır.

Onlarca yıllık gecikmenin ardından, dünya nihayet iklim krizi konusunda topluca kararlı adımlar atmak için bir araya gelmeye başlıyor. Küresel plastik krizi de herkesin önem verdiği acil bir mesele haline gelmelidir. Kaybedecek zaman yok. Şimdi harekete geçme zamanı!

EYLEM ÇAĞRISI

BİR AN ÖNCE BAĞLAYICI BİR ULUSLARARASI SÖZLEŞME İMZALANMALIDIR

Plastiklerle ilgili yeni küresel sözleşme bağlayıcı ve iddialı olmalı, aynı zamanda devletleri ortak bir eylem çerçevesine dahil etmelidir. Sözleşme, küresel plastik kirliliği krizine etkili bir şekilde müdahale edilmesine izin veren ve plastiklerin yaşam döngüsünün tamamını kapsayan belirli, açık ve evrensel olarak uygulanabilir kurallar ve yükümlülükler içermelidir. Sözleşme, bu kuralların zaman içinde değerlendirilebilmesini, kademeli olarak güçlendirilebilmesini ve küresel eşitliği teşvik edip, katılım ve uyumu ödüllendirecek şekilde şekillendirilebilmesini sağlayan hükümlere yer vermelidir.

Sözleşme şunları içermelidir:

- Plastikğin doğaya doğrudan ve dolaylı olarak bırakılmasını ortadan kaldırmaya yönelik, ihtiyat ilkesine dayanan ve plastik kirliliğinin yıkıcı etkilerini dikkate alan açık ve net bir vizyon
- Plastik kirliliği için iddialı, paylaşılan, zamana bağlı ve yasal olarak bağlayıcı bir küresel azaltım hedefi
- Küresel azaltım hedefine ulaşmak için toplamda yeterli olan açık, ölçülebilir ve zamana bağlı ulusal azaltım hedefleri
- Plastik kirliliğinin önlenmesi, kontrolü ve ortadan kaldırılmasına ilişkin iddialı ve etkili ulusal eylem planları geliştirme ve uygulama yükümlülüğü
- Plastikğin yaşam döngüsü boyunca plastik kirliliğiyle mücadeleye yönelik verimli ve uyumlu bir küresel çaba için ortak tanımlar, yöntemler, standartlar ve düzenlemeler; bu çerçevede, döngüsellığı sağlamaya yönelik özel gereklilikler, çevre için risk oluşturduğu kabul edilen tek kullanımlık plastik ürünler ve kasıtlı olarak eklenen mikroplastikler gibi belirli plastik ürünlere ilişkin yasaklar
- Plastik atıkların nehir sistemlerine ve iç sulara kasıtlı olarak boşaltılması da dahil olmak üzere, sözleşmenin amacına aykırı olduğu düşünülen belirli eylemlere yönelik açık yasaklar
- Plastik kirliliğinin çıkış noktalarını ve bunları ulusal ve uluslararası düzeyde ortadan kaldırmak için kaydedilen ilerlemeyi izlemek için üzerinde anlaşmaya varılmış bir ölçüm, raporlama ve doğrulama planı
- Plastik kirliliğinin ölçeğini, kapsamını ve kaynaklarını değerlendirme ve takip etme, bilimsel metodolojileri uyumlu hale getirme ve karar verme ve uygulama için girdi sağlamak üzere en son bilgileri harmanlama yetkisine sahip, uzmanlaşmış ve kapsayıcı bir uluslararası bilimsel kuruluş
- Sözleşmenin tüm taraflarca etkin bir şekilde uygulanmasını desteklemek için küresel bir finansal ve teknik düzenlemenin yanı sıra teknoloji transferi yardımı
- Bu önlemleri ve yükümlülükleri zaman içinde güncelleme, yeniden değerlendirme ve geliştirme taahhüdü

1 MacLeod, M., Arp, H. P. H., Tekman, M. B., Jahnke, A., 2021. The global threat from plastic pollution. *Science* 373 (6550), 61–65

2 Borrelle, S. B., Ringma, J., Law, K. L., Monnahan, C. C., Lebreton, L., McGivern, A., Murphy, E., Jambeck, J., Leonard, G. H., Hilleary, M. A., Erik-sen, M., Possingham, H. P., De Frond, H., Gerber, L. R., Polidoro, B., Tahir, A., Bernard, M., Mallos, N., Barnes, M., Rochman, C. M., 2020. Predicted growth in plastic waste exceeds efforts to mitigate plastic pollution. *Science* 369 (6510), 1515–1518

3 Elhacham, E., Ben-Uri, L., Grozovski, J., Bar-On, Y. M., Milo, R., 2020. Global human-made mass exceeds all living biomass. *Nature* 588 (7838), 442–444

4 Geyer, R., Jambeck, J. R., Law, K. L., 2017. Pro-duction, use, and fate of all plastics ever made. *Sci Adv* 3 (7), e1700782

5 Ocean Conservancy, *Stemming the Tide: Land-based strategies for a plastic-free ocean*. 2015, McKinsey & Company and Ocean Conservancy.

6 Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., Law, K. L., 2015. Marine pollution. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* 347 (6223), 768–771.

7 Borrelle, S. B., Ringma, J., Law, K. L., Monnahan, C. C., Lebreton, L., McGivern, A., Murphy, E., Jambeck, J., Leonard, G. H., Hilleary, M. A., Erik-sen, M., Possingham, H. P., De Frond, H., Gerber, L. R., Polidoro, B., Tahir, A., Bernard, M., Mallos, N., Barnes, M., Rochman, C. M., 2020. Predicted growth in plastic waste exceeds efforts to mitigate plastic pollution. *Science* 369 (6510), 1515–1518

8 Geyer, R., Jambeck, J. R., Law, K. L., 2017. Pro-duction, use, and fate of all plastics ever made. *Sci Adv* 3 (7), e1700782

9 Schnurr, R. E. J., Alboiu, V., Chaudhary, M., Corbett, R. A., Quanz, M. E., Sankar, K., Strain, H. S., Thavarajah, V., Xanthos, D., Walker, T. R., 2018. Reducing marine pollution from single-use plastics (SUPs): A review. *Mar Pollut Bull* 137, 157–171

10 González-Fernández, D., Cózar, A., Hanke, G., Viejo, J., Morales-Caselles, C., Bakiu, R., Bar-celó, D., Bessa, F., Bruge, A., Cabrera, M., 2021. Floating macrolitter leaked from Europe into the ocean. *Nat Sustain* 4 (6), 474–483

11 Morales-Caselles, C., Viejo, J., Martí, E., González-Fernández, D., Pragnell-Raasch, H., González-Gordillo, J. I., Montero, E., Arroyo, G. M., Hanke, G., Salvo, V. S., Basurko, O. C., Mal-los, N., Lebreton, L., Echevarría, F., van Emmer-ik, T., Duarte, C. M., Gálvez, J. A., van Sebille, E., Galgani, F., García, C. M., Ross, P. S., Bartual, A., Ioakeimidis, C., Markalain, G., Isobe, A., Cózar, A., 2021. An in shore–offshore sorting system revealed from global classification of ocean litter. *Nat Sustain* 4 (6), 484–493

12 Evangeliou, N., Grythe, H., Klimont, Z., Heyes, C., Eckhardt, S., Lopez-Aparicio, S., Stohl, A., 2020. Atmospheric transport is a major pathway of microplastics to remote regions. *Nat Commun* 11 (1), 3381

13 MacLeod, M., Arp, H. P. H., Tekman, M. B., Jahnke, A., 2021. The global threat from plastic pollution. *Science* 373 (6550), 61–65

14 Lebreton, L., Egger, M., Slat, B., 2019. A global mass budget for positively buoyant macroplastic debris in the ocean. *Sci Rep* 9 (1), 12922

15 www.theguardian.com/environment/2017/dec/26/180bn-investment-in-plastic-factories-feeds-global-packaging-binge

16 PEW and SYSTEMIQ, 2020. Breaking the plastic wave. Pew Charitable Trusts, 1–154.

17 Lebreton, L., Egger, M., Slat, B., 2019. A global mass budget for positively buoyant macroplastic debris in the ocean. *Sci Rep* 9 (1), 12922

18 Everaert, G., Van Cauwenbergh, L., De Rijcke, M., Koelmans, A. A., Mees, J., Vandegehuchte, M., Janssen, C. R., 2018. Risk assessment of microplastics in the ocean: Modelling approach and first conclusions. *Environ Pollut* 242 (Pt B), 1930–1938

19 Everaert, G., De Rijcke, M., Lonneville, B., Jans-sen, C. R., Backhaus, T., Mees, J., van Sebille, E., Koelmans, A. A., Catarino, A. I., Vandegehuchte, M. B., 2020. Risks of floating microplastic in the global ocean. *Environ Pollut* 267, 115499

20 Everaert, G., De Rijcke, M., Lonneville, B., Jans-sen, C. R., Backhaus, T., Mees, J., van Sebille, E., Koelmans, A. A., Catarino, A. I., Vandegehuchte, M. B., 2020. Risks of floating microplastic in the global ocean. *Environ Pollut* 267, 115499

21 Peeken, I., Primpke, S., Beyer, B., Gütermann, J., Katlein, C., Krumpfen, T., Bergmann, M., Hehe-mann, L., Gerdts, G., 2018. Arctic sea ice is an important temporal sink and means of transport for microplastic. *Nature Communications* 9 (1), 1505

22 Everaert, G., De Rijcke, M., Lonneville, B., Jans-sen, C. R., Backhaus, T., Mees, J., van Sebille, E., Koelmans, A. A., Catarino, A. I., Vandegehuchte, M. B., 2020. Risks of floating microplastic in the global ocean. *Environ Pollut* 267, 115499

23 M.B. Tekman, L. Gutow, C. Peter, M. Bergmann, 2021. *LITTERBASE: Online Portal for Marine Litter*, Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, litterbase.org

24 Yoshikawa, T., Asoh, K., 2004. Entanglement of monofilament fishing lines and coral death. *Biol Conserv* 117 (5), 557–560

25 Parga Martínez, K. B., Tekman, M. B., Bergmann, M., 2020. Temporal trends in marine litter at three stations of the HAUSGARTEN observatory in the Arctic deep sea. *Front Mar Sci* 7, 321

26 Naidoo, T., Glassom, D., 2019. Decreased growth and survival in small juvenile fish, after chronic exposure to environmentally relevant concen-trations of microplastic. *Mar Pollut Bull* 145, 254–259

27 Haetrakul, T., Munanansup, S., Assawawong-kasem, N., Chansue, N., 2009. A case report: Stomach foreign object in whaleshark (*Rhincodon typus*) stranded in Thailand. *Proceedings of the 4th International Symposium on Seastar 2000 and Asian Bio-Logging Science*, 83–85

28 Wilcox, C., Van Sebille, E., Hardesty, B.D., 2015. Threat of plastic pollution to seabirds is global, pervasive, and increasing. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112 (38), 11899–11904

29 Wilcox, C., Van Sebille, E., Hardesty, B.D., 2015. Threat of plastic pollution to seabirds is global, pervasive, and increasing. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112 (38), 11899–11904.

30 Schuyler, Q.A., Wilcox, C., Townsend, K.A., Wedemeyer-Strombel, K.R., Balazs, G., van Sebille, E., Hardesty, B.D., 2015. Risk analysis reveals global hotspots for marine debris ingestion by sea turtles. *Global Change Biology*.

31 Kasteleine, R. A., Lavaleye, M. S. S., 1992. Foreign bodies in the stomach of a female harbour por-poise (*Phococena phococena*) from the North Sea. *Aquat Mamm* 18, 40–46

32 Baird, R. W., Hooker, S. K., 2000. Ingestion of Plastic and Unusual Prey by a Juvenile Harbour Porpoise. *Mar Pollut Bull* 40 (8), 719–720

33 Barros, N. B., Odell, D. K., Patton, G. W., 1990. Ingestion of plastic debris by stranded marine mammals from Florida. In: Shomura, R. S., Godfrey, M. L. (Eds.), *Proceedings of the Second International Conference on Marine Debris*. National Oceanic and Atmospheric Administra-tion, U.S. Department of Commerce, Honolulu, Hawaii, USA, 746

34 Lusher, A.L., Hernandez-Milian, G., Berrow, S., Rogan, E., O’Connor, I., 2018. Incidence of ma-rine debris in cetaceans stranded and bycaught in Ireland: Recent findings and a review of historical knowledge. *Environmental Pollution* 232 (Sup-plement C), 467–476

35 Byrd, B. L., Hohn, A. A., Lovewell, G. N., Altman, K. M., Barco, S. G., Friedlaender, A., Harms, C. A., McLellan, W. A., Moore, K. T., Rosel, P. E., 2014. Strandings as indicators of marine mammal biodiversity and human interactions off the coast of North Carolina. *Fish Bull* 112 (1), 1–23

36 De Stephanis, R., Gimenez, J., Carpinelli, E., Gutierrez-Exposito, C., Canadas, A., 2013. As main meal for sperm whales: plastics debris. *Mar Pollut Bull* 69 (1–2), 206–214

37 Dickerman, R. W., Goelet, R. G., 1987. Northern Gannet starvation after swallowing styrofoam. *Mar Pollut Bull* 18 (6), 293

38 Macedo, G. R., Pires, T. T., Rostán, G., Goldberg, D. W., Leal, D. C., Garcez Neto, A. F., Franke, C. R., 2011. Anthropogenic debris ingestion by sea turtles in the northern coast of Bahia, Brazil. *Cienc Rural* 41 (11), 1938–1941

39 Prokić, M. D., Radovanović, T. B., Gavrić, J. P., Faggio, C., 2019. Ecotoxicological effects of microplastics: Examination of biomarkers, cur-rent state and future perspectives. *Trends Analyt Chem* 111, 37–46

40 Green, D. S., Boots, B., Blockley, D. J., Rocha, C., Thompson, R., 2015. Impacts of discarded plastic bags on marine assemblages and ecosystem func-tioning. *Environ Sci Technol* 49 (9), 5380–5389

41 Balestri, E., Menicagli, V., Vallerini, F., Lardic-ci, C., 2017. Biodegradable plastic bags on the seafloor: A future threat for seagrass meadows? *Science of The Total Environment* 605–606, 755–763.

42 Rochman, C.M., 2015. The complex mixture, fate and toxicity of chemicals associated with plastic debris in the marine environment. In: Bergmann, M., Gutow, L., Klages, M. (Eds.), *Marine Anthro-pogenic Litter*. Springer, Berlin, pp. 117–140.

43 Mattsson, K., Johnson, E.V., Malmedal, A., Linse, S., Hansson, L.-A., Cederwall, T., 2017. Brain damage and behavioral disorders in fish induced by plastic nanoparticles through the food chain. *scientific reports* 7, 11452

44 Prüst, M., Meijer, J., Westerink, R.H.S., 2020. The plastic brain: neurotoxicity of micro- and nanoplastics. *Particle and Fibre Toxicology*, 17:24.

45 Porte, C., Janer, G., Lorusso, L.C., Ortiz-Zarra-goita, M., Cajaraville, M.P., Fossi, M.C., Canesi, L., 2006. Endocrine disruptors in marine organ-isms: Approaches and perspectives. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 143, 303–315.

46 Hamlin, H.J., K. Marciano, and C.A. Downs, *Migration of nonylphenol from food-grade plastic is toxic to the coral reef fish species Pseu-dochromis fridmani*. *Chemosphere*, 2015. **139**: p. 223–228.

47 Muncke, J., Andersson, A.-M., Backhaus, T., Boucher, J.M., Carney Almroth, B., Castillo Cas-tillo, A., Chevrier, J., Demeneix, B.A., Emmanuel, J.A., Fini, J.-B., Gee, D., Geueke, B., Groh, K., Heindel, J.J., Houlihan, J., Kassotis, C.D., Kwiat-kowski, C.F., Lefferts, L.Y., Maffini, M.V., Martin, O.V., Myers, J.P., Nadal, A., Nerin, C., Pelch, K.E., Fernández, S.R., Sargis, R.M., Soto, A.M., Trasande, L., Vandenberg, L.N., Wagner, M., Wu, C., Zoeller, R.T., Scheringer, M., 2020. Impacts of food contact chemicals on human health: a consensus statement. *Environmental Health* 19 (1), 25.

48 Geyer, R., Jambeck, J. R., Law, K. L., 2017. Pro-duction, use, and fate of all plastics ever made. *Sci Adv* 3 (7), e1700782

49 Long, M., Moriceau, B., Gallinari, M., Lambert, C., Huvet, A., Raffray, J., Soudant, P., 2015. Inter-actions between microplastics and phytoplankton aggregates: impact on their respective fates. *Mar Chem* 175, 39–46

50 Tekman, M. B., Wekerle, C., Lorenz, C., Primp-ke, S., Hasemann, C., Gerdts, G., Bergmann, M., 2020. Tying up loose ends of microplastic pollution in the Arctic: Distribution from the sea surface through the water column to deep-sea sediments at the HAUSGARTEN observatory. *Environ Sci Technol* 54 (7), 4079–4090

51 Zhao, S., Ward, J. E., Danley, M., Mincer, T. J., 2018. Field-Based Evidence for Microplastic in Marine Aggregates and Mussels: Implications for Trophic Transfer. *Environ Sci Technol* 52 (19), 11038–11048

52 Brandon, J.A., A. Freibott, and L.M. Sala, Pat-terns of suspended and salp-ingested microplas-tic debris in the North Pacific investigated with epifluorescence microscopy. *Limnol. Oceanogr. Lett.*, 2020. 5(1): p. 46–53

53 Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., Goodhead, R., Moger, J., Galloway, T. S., 2013. Microplastic ingestion by zooplankton. *Environ Sci Technol* 47 (12), 6646–6655

54 Davison, P., Asch, R. G., 2011. Plastic ingestion by mesopelagic fishes in the North Pacific Subtropi-cal Gyre. *Mar Ecol Prog Ser* 432, 173–180

55 Katija, K., Choy, C. A., Sherlock, R. E., Sherman, A. D., Robison, B. H., 2017. From the surface to the seafloor: How giant larvaceans transport mi-croplastics into the deep sea. *Sci Adv* 3, e1700715

56 Wicczorek, A. M., Croot, P. L., Lombard, F., Sheahan, J. N., Doyle, T. K., 2019. Microplastic Ingestion by Gelatinous Zooplankton May Lower Efficiency of the Biological Pump. *Environ Sci Technol* 53 (9), 5387–5395

57 Mattsson, K., Johnson, E. V., Malmendal, A., Linse, S., Hansson, L. A., Cedervall, T., 2017. Brain damage and behavioural disorders in fish induced by plastic nanoparticles delivered through the food chain. *Sci Rep* 7 (1), 11452

58 Mathalon, A., Hill, P., 2014. Microplastic fibers in the intertidal ecosystem surrounding Halifax Harbor, Nova Scotia. *Mar Pollut Bull* 81 (1), 69–79

59 Li, J., Qu, X., Su, L., Zhang, W., Yang, D., Koland-hasamy, P., Li, D., Shi, H., 2016a. Microplastics in mussels along the coastal waters of China. *Envi-ron Pollut* 214, 177–184

60 Qu, X., Su, L., Li, H., Liang, M., Shi, H., 2018. As-sessing the relationship between the abundance and properties of microplastics in water and in mussels. *Sci Total Environ* 621, 679–686

61 Zeytin, S., Wagner, G., Mackay-Roberts, N., Gerdts, G., Schuirmann, E., Klockmann, S., Slat-er, M., 2020. Quantifying microplastic transloca-tion from feed to the fillet in European sea bass *Dicentrarchus labrax*. *Mar Pollut Bull* 156, 111210

62 Karami, A., Golieskardii, A., Choo, C. K., Larat, V., Karbalaee, S., Salamatinia, B., 2018. Micro-plastic and mesoplastic contamination in canned sardines and sprats. *Sci Total Environ* 612, 1380–1386

63 Lamb, J. B., Willis, B. L., Fiorenza, E. A., Couch, C. S., Howard, R., Rader, D. N., True, J. D., Kelly, L. A., Ahmad, A., Jompa, J., Harvell, C. D., 2018. Plastic waste associated with disease on coral reefs. *Science* 359 (6374), 460–462

64 Ibid.

65 Al-Jufaili, S., Al-Jabri, M., Al-Baluchi, A., Bald-win, R. M., Wilson, S. C., West, F., Matthews, A. D., 1999. Human Impacts on Coral Reefs in the Sultanate of Oman. *Estuar Coast Shelf Sci* 49, 65–74

66 Angiolillo, M., Lorenzo, B. D., Farcomeni, A., Bo, M., Bavestrello, G., Santangelo, G., Cau, A., Mas-tas-cusa, V., Cau, A., Sacco, F., Canese, S., 2015. Distribution and assessment of marine debris in the deep Tyrrhenian Sea (NW Mediterranean Sea, Italy). *Mar Pollut Bull* 92 (1–2), 149–159

67 Tang, J., Wu, Z., Wan, L., Cai, W., Chen, S., Wang, X., Luo, J., Zhou, Z., Zhao, J., Lin, S., 2021. Differential enrichment and physiological impacts of ingested microplastics in scleractinian corals in situ. *J Hazard Mater* 404 (Pt B), 124205

68 Luo, Y. Y., Not, C., Cannici, S., 2021. Mangroves as unique but understudied traps for anthropo-genic marine debris: a review of present infor-mation and the way forward. *Environ Pollut* 271, 116291

69 Suyadi, N., Manullang, C. Y., 2020. Distribution of plastic debris pollution and it is implications on mangrove vegetation. *Mar Pollut Bull* 160, 111642

70 Martin, C., Almahasheer, H., Duarte, C. M., 2019a. Mangrove forests as traps for marine litter. *Environ Pollut* 247, 499–508

71 van Bijsterveldt, C. E., van Wesenbeeck, B. K., Ramadhani, S., Raven, O. V., van Gool, F. E., Pribadi, R., Bouma, T. J., 2021. Does plastic waste kill mangroves? A field experiment to assess the impact of macro plastics on mangrove growth, stress response and survival. *Sci Total Environ* 756, 143826

72 Debrot, A. O., Meesters, H. W., Bron, P. S., de Leon, R., 2013a. Marine debris in mangroves and on the seabed: largely-neglected litter problems. *Mar Pollut Bull* 72 (1), 1

73 Smith, S. D., 2012. Marine debris: a proximate threat to marine sustainability in Bootless Bay, Papua New Guinea. *Mar Pollut Bull* 64 (9), 1880–1883

74 van Bijsterveldt, C. E., van Wesenbeeck, B. K., Ramadhani, S., Raven, O. V., van Gool, F. E., Pribadi, R., Bouma, T. J., 2021. Does plastic waste kill mangroves? A field experiment to assess the impact of macro plastics on mangrove growth, stress response and survival. *Sci Total Environ* 756, 143826

75 Ibid.

76 Smith, S. D., 2012. Marine debris: a proximate threat to marine sustainability in Bootless Bay, Papua New Guinea. *Mar Pollut Bull* 64 (9), 1880–1883

77 Taylor, M., 2017. \$180 bn investment in plas-tic factories feeds global packaging binge. *The Guardian*

78 Taylor, M., Plastic pollution discovered at deepest point of ocean, in *The Guardian*. 2018.

79 Tekman, M. B., Krumpfen, T., Bergmann, M., 2017. Marine litter on deep Arctic seafloor con-tinues to increase and spreads to the North at the HAUSGARTEN observatory. *Deep-Sea Res Part I* 120, 88–99

80 Song, X., Lyu, M., Zhang, X., Ruthensteiner, B., Ahn, I.-Y., Pastorino, G., Wang, Y., Gu, Y., Ta, K., Sun, J., 2021. Large plastic debris dumps: New biodiversity hot spots emerging on the deepsea floor. *Environ Sci Technol Lett*

81 Katsanevakis, S., Verriopoulos, G., Nicolaidou, A., ThessalouLegaki, M., 2007. Effect of marine litter on the benthic megafauna of coastal soft bottoms: a manipulative field experiment. *Mar Pollut Bull* 54 (6), 771–778

82 Werner, S., Budziak, A., van Franeker, J., Galgani, F., Hanke, G., Maes, T., Matiddi, M., Nilsson, P., Oosterbaan, L., Priestland, E., Thompson, R., Veiga, J., Vlachogianni, T., 2016. Harm caused by marine litter. MSFD GES TG Marine Litter – The-matic Report. JRC Technical report EUR 28317 EN. European Union

83 Landos, M., Smith, M. L., Immig, J., 2021. Aquat-ic pollutants in oceans and fisheries. *International Pollutants Elimination Network, National Toxics Network*

84 Gunderson, A. R., Armstrong, E. J., Stillman, J. H., 2016. Multiple stressors in a changing world: The need for an improved perspective on physio-logical responses to the dynamic marine environ-ment. *Ann Rev Mar Sci* 8, 357–378

85 Orr, J. A., Vinebrooke, R. D., Jackson, M. C., Kroeker, K. J., Kordas, R. L., Mantyka-Pringle, C., Van den Brink, P. J., De Laender, F., Stoks, R., Holmstrup, M., Matthaei, C. D., Monk, W. A., Penk, M. R., Leuzinger, S., Schafer, R. B., Piggott, J. J., 2020. Towards a unified study of multiple stressors: divisions and common goals across research disciplines. *Proc Biol Sci* 287 (1926), 20200421

86 Coe, M. T., Matthews, T. R., Costa, M. H., Gal-braith, D. R., Greenglass, N. L., Imbuzeiro, H. M., Levine, N. M., Malhi, Y., Moorcroft, P. R., Muza, M. N., Powell, T. L., Saleska, S. R., Solorzano, L. A., Wang, J., 2013. Deforestation and climate feedbacks threaten the ecological integrity of south-southeastern Amazonia. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 368 (1619), 20120155

87 Kroeker, K. J., Kordas, R. L., Harley, C. D., 2017. Embracing interactions in ocean acidification research: confronting multiple stressor scenar-ios and context dependence. *Biol Lett* 13 (3), 20160802

88 McComb, B. C., Cushman, S. A., 2020. Synergistic effects of pervasive stressors on ecosystems and biodiversity. *Front Ecol Evol* 8, 398

89 Pereira, H. M., Leadley, P. W., Proenca, V., Alke-made, R., Scharlemann, J. P., Fernandez-Manjar-res, J. F., Araujo, M. B., Balvanera, P., Biggs, R., Cheung, W. W., Chini, D., Cooper, H. D., Gilman, E. L., Guenette, S., Hurr, G. C., Huntington, H. P., Mace, G. M., Oberdorff, T., Revenga, C., Ro-drigues, P., Scholes, R. J., Sumaila, U. R., Walpo-le, M., 2010. Scenarios for global biodiversity in the 21st century. *Science* 330 (6010), 1496–1501

90 Barnosky, A. D., Hadly, E. A., Bascompte, J., Berlow, E. L., Brown, J. H., Fortelius, M., Getz, W. M., Harte, J., Hastings, A., Marquet, P. A., Martinez, N. D., Mooers, A., Roopnarine, P., Ver-meij, G., Williams, J. W., Gillespie, R., Kitzes, J., Marshall, C., Matzke, N., Mindell, D. P., Revilla, E., Smith, A. B., 2012. Approaching a state shift in Earth’s biosphere. *Nature* 486 (7401), 52–58

91 Ceballos, G., Ehrlich, P. R., Barnosky, A. D., Garcia, A., Pringle, R. M., Palmer, T. M., 2015. Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Sci Adv* 1 (5), e1400253

92 Jackson, J. B., 2008. Colloquium paper: eco-logical extinction and evolution in the brave new ocean. *Proc Natl Acad Sci USA* 105 Suppl 1, 11458–11465

93 Everaert, G., De Rijcke, M., Lonneville, B., Jans-sen, C. R., Backhaus, T., Mees, J., van Sebille, E., Koelmans, A. A., Catarino, A. I., Vandegehuchte, M. B., 2020. Risks of floating microplastic in the global ocean. *Environ Pollut* 267, 115499

94 Wilcox, C., Van Sebille, E., Hardesty, B. D., 2015b. Threat of plastic pollution to seabirds is global, pervasive, and increasing. *Proc Natl Acad Sci USA* 112 (38), 11899–11904

95 M.B. Tekman, L. Gutow, C. Peter, M. Bergmann, 2021. *LITTERBASE: Online Portal for Marine Litter*, Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, litterbase.org

96 Walther, B., Nation engulfed by plastic tsunami, in *Taipei Times*. 2015. p. 8

97 Barcelo, D. and Y. Pico, Case studies of mac-ro-and microplastics pollution in coastal waters and rivers: Is there a solution with new removal technologies and policy actions? *CSCEE*, 2020. 2: p. 100019.

98 Schmaltz, E., Melvin, E. C., Diana, Z., Gunady, E. F., Rittschof, D., Somarelli, J. A., Virdin, J., Dunphy-Daly, M. M., 2020. Plastic pollution solutions: emerging technologies to prevent and collect marine plastic pollution. *Environ Int* 144, 106067

99 Helinski, O. K., Poor, C. J., Wolfand, J. M., 2021. Ridding our rivers of plastic: A framework for plastic pollution capture device selection. *Mar Pollut Bull* 165, 112095

100 Hohn, S., et al., The long-term legacy of plastic mass production. *Sci. Total Environ.*, 2020. 746: p. 141115

101 Cordier, M. and T. Uehara, How much innova-tion is needed to protect the ocean from plastic contamination? *Sci. Total. Environ.*, 2019. 670: p. 789–799.

102 Morrison, E., et al., *Evaluating The Ocean Clean-up, a marine debris removal project in the North Pacific Gyre, using SWOT analysis*. *Case Stud. Environ.*, 2019. 3(1): p. 1–6.

104 Padervand, M., et al., *Removal of microplastics from the environment. A review*. *Environ. Chem. Lett.*, 2020. 18(3): p. 807–828.

**KONTROL ALTINA ALINMAYAN
PLASTİK KİRLİLİĞİ, GENİŞ ÇAPLI
EKOSİSTEM ÇÖKÜŞÜYLE VE
GEZEĞENİMİZ İÇİN GÜVENLİ
SINIRLARIN AŞILMASIYLA
SONUÇLANACAK ALTINCI BÜYÜK
YOK OLUŞUN SEBEPLERİNDEN
BİRİ OLACAKTIR.**

© Steve De Neef / National Geographic Creative



**Dünyanın doğal çevresini korumak
ve insanın, doğayla uyum içinde
yaşadığı bir geleceği kurmak için.**

birlikte mümkün™

wwf.org.tr

© Panda amblemi WWF – Dünya Doğayı Koruma Vakfı

© WWF tescilli markadır

Bizi Twitter'da takip edin: @wwf_turkiye

Bizi Instagram'da takip edin: @wwf_turkiye

Bizi Facebook'ta takip edin: @wwfturkiye