

PFAS: Türkiye için stratejik bir çevre ve halk sağlığı tehdidi, AB mevzuatı ve gelecek projeksiyonu

Dr. Baran Bozoğlu



ODTÜ Çevre Mühendisliğinden 2005 yılında mezun oldu. ODTÜ Kentsel Politika Planlama ve Yerel Yönetimler alanındaki yüksek lisansının ardından Ankara Üniversitesinde İklim Değişikliği üzerine doktorasını tamamladı. ABD'de Georgetown Üniversitesinde liderlik eğitimi aldı. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığında çevre baş denetçisi ve uzman, Türk Akreditasyon Kurumunda uzman ve baş denetçi, Washington DC Belediyesinde uzman, Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresinde Genel Müdür Yardımcısı olarak çalıştı. TMMOB 41. Dönem Yönetim Kurulu Üyesi, Çevre Mühendisleri Odasında beş Dönem Genel Başkan olarak Türkiye'deki çevre sorunlarına dair bilimsel, teknik ve çözüm odaklı çalışmalar yaptı. 2018'de İklim Değişikliği Politika ve Araştırma Derneğini kuran Bozoğlu hâlen bu derneğin başkanlığını yapmaktadır.

Görünmez Bir Kirleticiler Olarak PFAS'ın Evrimi

Per- ve polifloroalkil maddeler (PFAS), 1940'larda teflon ve benzeri kaplamaların keşfiyle endüstriyel devrimini yaşamıştır. Yaklaşık 10.000'den fazla sentetik bileşiği içeren bu aile, moleküler yapısındaki karbon-flor (C-F) bağları sayesinde kimyasal ve termal bozunmaya karşı doğadaki en dirençli maddelerden biridir. Başlangıçta havacılık, otomotiv ve tekstil sektörlerinde bir "mucize bileşen" olarak görülen bu maddeler, zamanla çevresel kalıcılıkları (persistanlık) ve canlı dokularda birikme (biyobirikim) kapasiteleriyle küresel bir tehdide dönüşmüştür.

Günümüzde PFAS sadece sanayi bölgelerinde değil, Kuzey Buz Denizi'nin (Arktik Okyanusu) derinliklerinden Alp Dağları'nın kar örtüsüne kadar yerkürenin her noktasında tespit edilmektedir. Bu durum, kirleticinin sınır tanımayan doğasını ve ekosistem üzerindeki uzun vadeli baskısını ortaya koymaktadır.

Sağlık Riskleri: Biyolojik Mekanizmalar ve Uzun Vadeli Etkiler

PFAS'ın insan sağlığı üzerindeki etkileri, düşük dozlarda bile uzun süreli ma-

ruziet sonucu ortaya çıkan kronik bozukluklardır. Bu kimyasallar vücuda girdikten sonra proteinlere bağlanarak kan dolaşımıyla organlara yayılır ve vücuttan atılmaları (yarılanma ömürleri) türüne göre üç ila 10 yıl sürebilir. Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC), belirli PFAS türlerini (örneğin PFOA) insanlar için "kesin kanserojen" olarak sınıflandırmıştır. Özellikle böbrek ve testis hücrelerinde DNA hasarına yol açmasa bile, hücresel sinyal yollarını bozarak kontrolsüz hücre çoğalmasını (tümör oluşumunu) tetiklediği bilinmektedir.

Bununla birlikte PFAS molekülleri, doğal hormonların (özellikle östrojen ve tiroid hormonları) yapısını taklit ederek endokrin sistemin işleyişine müdahale eder. Bu "hormonal sabotaj", kadınlarda erken menopoz ve gebelik zehirlenmesi (preeklampsi) riskini artırırken; erkeklerde sperm kalitesinde ve sayısında ciddi düşüşlere yol açmaktadır. PFAS maruziyetinin bağışıklık sistemi üzerindeki etkileri de dikkat çekicidir; en endişe verici bulgulardan biri, çocuklarda bağışıklık yanıtını zayıflatmasıdır. Yapılan klinik çalışmalar, yüksek PFAS birikimi olan çocuklarda rutin aşıların (tetanoz, difteri vb.) etkinliğinin azaldığını göstermiştir.

Bu, toplum sağlığı genelinde enfeksiyonlara karşı savunmasız bir nesil riskini doğurmaktadır.

Avrupa Birliği Mevzuatı: REACH ve İhtiyatlılık İlkesi

Avrupa Birliği (AB), PFAS sorununa "ihtiyatlılık ilkesi" çerçevesinde, dünya tarihinin en kapsamlı kimyasal kısıtlama hamlesiyle karşılık vermektedir. Bu ilke doğrultusunda, bilimsel belirsizliklerin bulunduğu durumlarda dahi insan sağlığı ve çevrenin korunmasını önceleyen düzenleyici mekanizmalar devreye sokulmaktadır.

Bu yaklaşımın temel hukuki dayanağını oluşturan Kimyasalların Kaydı, Değerlendirilmesi, İzni ve Kısıtlanmasına İlişkin Tüzük (REACH - Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals) kimyasalların insan sağlığı ve çevre üzerinde oluşturabileceği risklere karşı korunmayı amaçlayan Avrupa Birliği'nin temel mevzuatıdır. Bu amaç, kimyasal maddelerin içsel özelliklerinin daha iyi ve daha erken aşamada belirlenmesi ve çok yüksek derecede endişe verici maddelerin aşamalı olarak kullanımdan kaldırılması veya kısıtlanması gibi önlemler alınması yoluyla gerçekleştirilmektedir. REACH ayrıca, AB kimya

endüstrisinde yenilikçiliğin ve rekabet gücünün artırılmasını hedeflemektedir.

REACH, kimyasallardan kaynaklanan risklerin yönetilmesi ve maddelere ilişkin güvenlik bilgilerinin sağlanması sorumluluğunu sanayiye yüklemektedir. Bu kapsamda, üreticiler ve ithalatçılar kimyasal maddelerinin özelliklerine ilişkin bilgileri toplamak ve bu bilgileri Avrupa Kimyasallar Ajansı (ECHA - European Chemicals Agency) bünyesindeki merkezi bir veri tabanına kaydetmekle yükümlüdür. Ajans, REACH sisteminin merkezinde yer almakta; sistemin işleyişi için gerekli veri tabanlarını yönetmekte, kimyasallara ilişkin sunulan bilgilerin ayrıntılı değerlendirilmesini koordine etmekte ve tüketiciler ile profesyonellerin tehlike bilgilerine erişebileceği herkese açık bir veri tabanı işletmektedir.

REACH tüzüğü altında "grup yaklaşımı" kapsamında geleneksel kimyasal yönetimi, maddeleri tek tek analiz edip kısıtlamayı öngörür. Ancak PFAS ailesinin büyüklüğü (10.000+ tür), bu yöntemi imkânsız kılmaktadır. ECHA, tüm PFAS'ları tek bir grup olarak değerlendirmekte ve "zorunlu olmayan tüm kullanımların" (essential use) yasaklanmasını tartışmaktadır. Bu durum, üreticilerin PFAS'ın bir türevini bırakıp başka bir türevine geçerek (regülasyondan kaçma) süreci uzatmasını engellemektedir. İçme suyu direktifi ve 2026 hedefleri kapsamında ise 2020/2184 sayılı AB İçme Suyu Direktifi, PFAS kirliliği için milat niteliğindedir. 2026 itibarıyla yürürlüğe girecek sınır değerler, sadece toplam PFAS miktarını değil, tekil bileşiklerin (PFOA, PFOS vb.) nanogram düzeyindeki derişimlerini de denetim altına almaktadır. Bu, su idareleri için ileri arıtma teknolojilerine (aktif karbon, iyon değişimi veya ters osmoz) geçiş zorunluluğu anlamına gelmektedir.

Dünyadan İyi Uygulama Örnekleri ve Teknolojik Dönüşüm

PFAS kirliliğiyle mücadelede bazı bölgeler, yasakçı politikaları teknolojik inovasyonla birleştirmiştir.

Danimarka, patlamış mısır paketlerinden hamburger kâğıtlarına kadar gıda ile temas eden her türlü ambalajda PFAS'ı yasaklayarak sanayiye bitkisel bazlı, doğada çözünür yağ bariyerlerine yöneltmiştir. Maine (ABD), "bildirim zorunluluğu" getirerek eyalette satılan

her ürünün PFAS içerip içermediğinin etiketlenmesini şart koşturmuştur. Bu, tüketici farkındalığıyla pazarın kendiliğinden temizlenmesini sağlamaktadır. İtfaiyecilikte devrim olarak nitelendirilen bu dönüşüm kapsamında, havalimanları ve askerî üslerde uzun yıllar kullanılan ve yüksek miktarda PFAS içeren geleneksel yangın söndürme köpükleri (AFFF) terk edilerek flor içermeyen yangın söndürme köpükleri (Fluorine-Free Foams – F3) standart hâle getirilmiştir. Özellikle Schiphol Havalimanı ve çeşitli Avrupa askerî tesislerinde hayata geçirilen bu uygulama sayesinde, söndürme tatbikatları sırasında toprağa ve yer altı sularına sızan yüksek miktardaki kimyasal yükün önüne geçilmiştir. Başlangıçta jet yakıtı yangınlarında yeterli performansı sağlayamayacağı yönünde tereddütler bulunsada, gerçekleştirilen testler ve saha uygulamaları F3 köpüklerinin bu tür yangınlarda da etkili olabildiğini ortaya koyarak söz konusu dönüşümü teknik ve operasyonel açıdan mümkün kılmıştır.

Türkiye'deki Mevcut Durum ve Kritik Eksikler

Türkiye, tekstil ve otomotiv gibi PFAS kullanımının yoğun olduğu sektörlerde güçlü bir üretim kapasitesine sahiptir. Ancak yasal altyapı bu sanayi hızıyla aynı paralelde ilerlememiştir.

Mevzuat parçalanmışlığı çerçevesinde baktığımızda Türkiye'de PFAS izleme çalışmaları şu an için sadece belirli araştırma projeleri ve kısıtlı gıda tebliğleri ile sınırlıdır; içme suyu şebekelerinde düzenli bir PFAS taraması bulunmamaktadır. Sanayi farkındalığı bağlamında Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler (KOBİ) düzeyindeki üreticiler, kullandıkları ham maddelerin (kaplamalar, boyalar vb.) PFAS içerdiğinden ve AB'ye ihracatta karşılaşacakları olası engellerden çoğunlukla habersizdir. Analitik kapasite açısından ise Türkiye'deki akredite laboratuvarların sayısı, binlerce PFAS türevini nanogram düzeyinde analiz etmek için henüz yeterli kapasiteye ulaşmamıştır.

Türkiye için Stratejik Yol Haritası ve Öneriler

PFAS ile mücadele sadece T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı değil; T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, T.C. Sağlık Bakanlığı ve T.C. Tarım ve Orman Bakanlığının ortak yürüteceği bir "Ulusal Strateji" gerektirir. Bu stratejinin

öncelikli adımlarından biri, Türkiye'de PFAS üreten ve kullanan tesislerin envanter çalışmasıyla haritalandırılmasıdır. Mevzuatın modernizasyonu da kritik bir gerekliliktir. Kimyasalların Kaydı, Değerlendirilmesi, İzni ve Kısıtlanması (KKDİK - Türkiye REACH) yönetmeliğine AB'deki grup kısıtlamaları hızla eklenmelidir. Ayrıca, özellikle organize sanayi bölgelerinin (OSB) atık su arıtma tesislerinde PFAS'ı tutabilecek membran sistemleri teşvik edilmelidir. Stratejiyi tamamlayıcı olarak yeşil Ar-Ge hayatı önem taşımaktadır.

Yerli sanayicinin PFAS yerine kullanabileceği flor içermeyen ham madde geliştirmesi için Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) benzeri kurumlar üzerinden özel fonlar ayrılmalıdır.

Sonuç: Gelecek Nesillerin Güvenliği

PFAS kirliliği, telafisi olmayan ve etkisi yüzyıllar süren bir mirastır. Türkiye, AB ile olan ticari bağları ve halkının sağlıklı çevre hakkı gereği bu mücadelede pasif kalma lüksüne sahip değildir. Bugün atılacak her adım; topraklarımızın temiz kalmasını, su kaynaklarımızın güvenliğini ve en önemlisi gelecek nesillerin hormon bozuculardan arındırılmış bir yaşam sürmesini sağlayacaktır.

Kaynaklar

European Chemicals Agency (ECHA). Annex XV Restriction Report: Per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs). (2023).

European Union Council. Directive (EU) 2020/2184 on the quality of water intended for human consumption. U.S. EPA. PFAS Strategic Roadmap: EPA's Commitments to Action 2021-2024.

World Health Organization (WHO). PFAS in drinking-water: Background document for development of WHO Guidelines. (2022).

Schiphol Group. (n.d.). PFAS at Schiphol. <https://www.schiphol.nl/en/schiphol-as-a-neighbour/about-pfas> (Erişim Tarihi: 29.03.2026).

European Commission. (2025). EU guidance for transitioning to fluorine-free firefighting foams. https://asegre.com/wp-content/uploads/2025/11/EU_guidance_for_transitioning_to_fluorine-free_firefighting_foams_en.pdf (Erişim Tarihi: 29.03.2026).