

paintistanbul TURKCOAT CONGRESS

AkzoNobel
coatinox
server

PFAS Düzenlemeleri ve PFAS İçermeyen Ambalaj Kaplamlarına Sürdürülebilir Çözümler

Aliye Nur FİDAN / Ar-Ge Müdürü

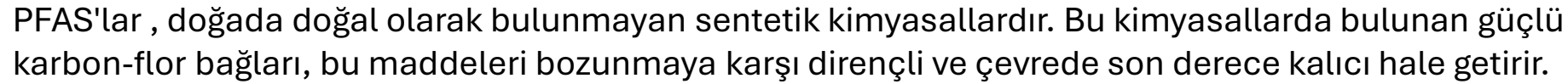
AkzoNobel Server Boya A.Ş.

Sunum İçeriği



- PFAS nedir ve neden önemlidir?
- PFAS'ın insan sağlığı ve çevreye etkileri
- Küresel ve yerel düzenlemeler hangi yöne gidiyor?
- PFAS kısıtlamalarının endüstri üzerindeki etkileri
- Metal ambalaj kaplama sektörü bu deđiřimden nasıl etkileniyor?
- PFAS içermeyen alternatif çözümler nelerdir?
- PFAS'ların analiz yöntemleri
- İnsanları ve doğayı PFAS kirliliğinden korumak için aksiyon planı





- Su, yağ ve kimyasallara karşı dayanıklıdır
- Isıya ve aşınmaya dirençlidir

- **Gıda ambalajları** (özellikle lak ve kaplamalar)
- **Tekstil ve halı kaplamaları**
- **Yangın söndürme köpükleri**
- **Kozmetik ürünler**
- **Elektronik ve otomotiv sektörleri**



PFAS'ın İnsan ve Çevre Üzerindeki Etkileri



- ### •Çevrede Kalıcılık (Persistence)

PFAS, doğada parçalanmaz → toprak, su ve havada birikir.

- ## •Biyobirikim (Bioaccumulation)

Canlı dokularında birikerek besin zincirine girer.

- ## •İnsan Sağlığına Etkileri

Tiroit hormon bozuklukları

Üreme sistemine etkiler

Bağışıklık sistemi baskılanması

Kanser riski (özellikle böbrek ve testis)

Kolesterol seviyelerinde artış

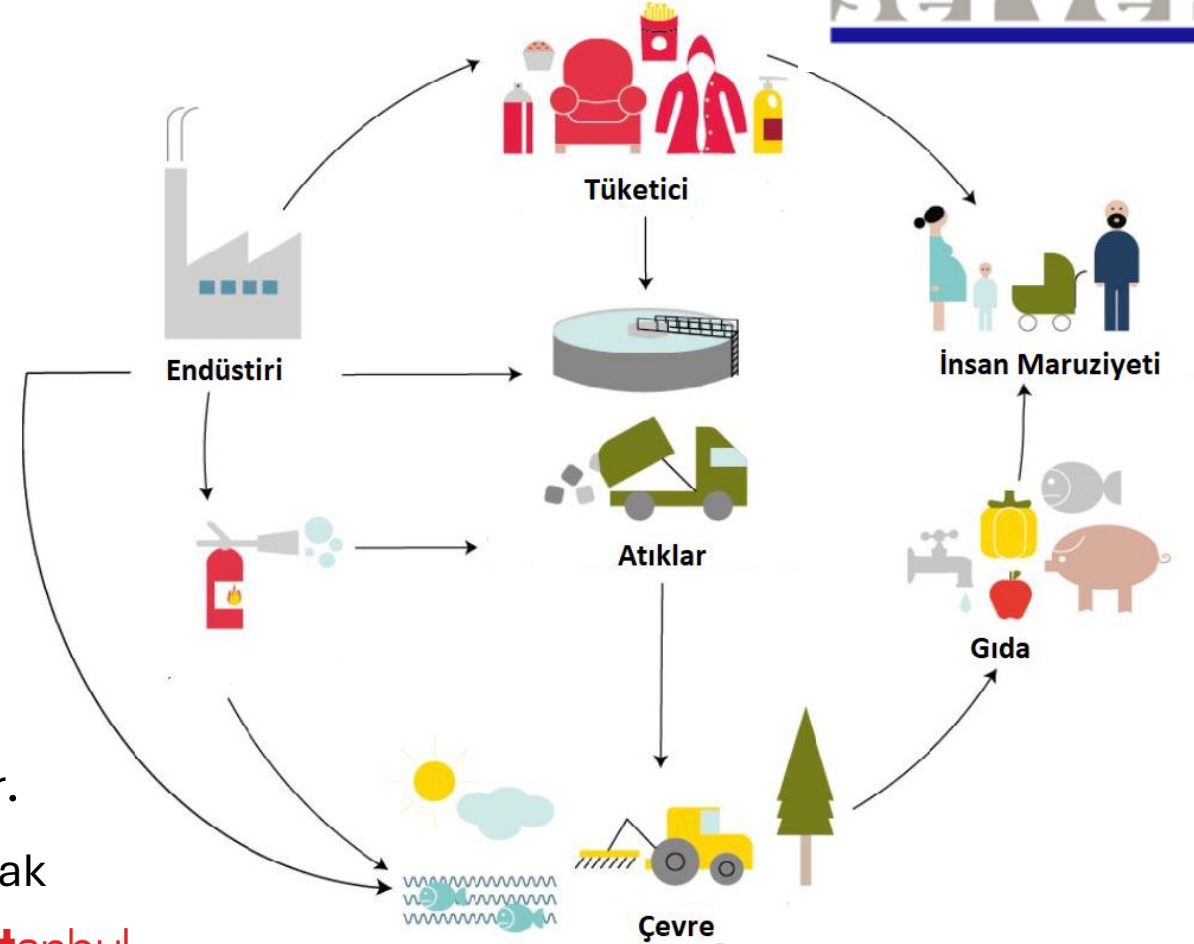
- ## •Su Kirliliği

İçme sularında mikroskobik seviyelerde bile tehlikeli.

- Tespiti Zor ve Temizlemesi Maliyetli

PFAS'ların analizleri özel yöntemler gerektirir; bertarafı zordur.

PFAS maddeleri bu nedenlerle **“Forever Chemicals”** olarak adlandırılırlar.



PFAS'a Yönelik Küresel Regülasyonlar ve Türkiye'nin Durumu

Avrupa Birliği (AB) – REACH Kapsamında PFAS Kısıtlamaları

- REACH Yönetmeliği çerçevesinde PFAS'lara karşı geniş kapsamlı bir kısıtlama önerisi hazırlandı.
- 2023 yılında Almanya, Hollanda, Danimarka, Norveç ve İsveç tarafından ortaklaşa sunuldu.
- Amaç: 10.000'e yakın PFAS türevinin üretimi ve kullanımını 2025 itibarıyla aşamalı olarak yasaklamak.
- Öneri kapsamında bazı sektörler için geçici muafiyetler planlanıyor, ancak ambalaj sektörü öncelikli kısıtlama alanları arasında.



Amerika Birleşik Devletleri – EPA ve Eyalet Bazlı Düzenlemeler

- EPA (Çevre Koruma Ajansı), 2023'te 6 farklı PFAS için içme suyunda sınır değeri getirdi:
→ 4 ppt (trilyonda parça) gibi son derece düşük limitler.
- PFAS, bazı eyaletlerde "tehlikeli madde" olarak sınıflandırıldı.
- Kaliforniya ve Maine, PFAS içeren gıda ambalajlarını yasakladı.
- 2030 hedefi: Tüm PFAS içeren ambalajların tamamen yasaklanması.



Kanada

- PFAS'ları **toksik madde** olarak tanımlıyor.
- Bazı PFAS türleri için **kısıtlama önerileri** hazırlandı.
- 2024 sonuna kadar PFAS içeren ürünlerde **ön izin ve bildirim zorunluluğu** getirilecek.



Japonya

- PFOS ve PFOA gibi PFAS türleri, **çevreye zararlı kimyasallar** olarak sınıflandırıldı.
- Bu maddelerin üretimi ve ithalatı yasaklandı.
- Yeni PFAS türevleri için **ön değerlendirme ve kayıt süreci** uygulanıyor.



Avustralya

- PFAS içeren yangın köpüklerinin kullanımı tamamen yasaklandı.
- Gıda ambalajı ve tekstil ürünlerinde PFAS kullanımına ilişkin **zorunlu etiketleme ve bildirim** getirildi.



Çin

- PFOS ve PFOA yasaklandı.
- Ancak diğer PFAS bileşikleri halen kullanılıyor.
- 2025 sonrası için **daha sıkı kurallar** planlanıyor, özellikle ihracat odaklı sektörlerde.





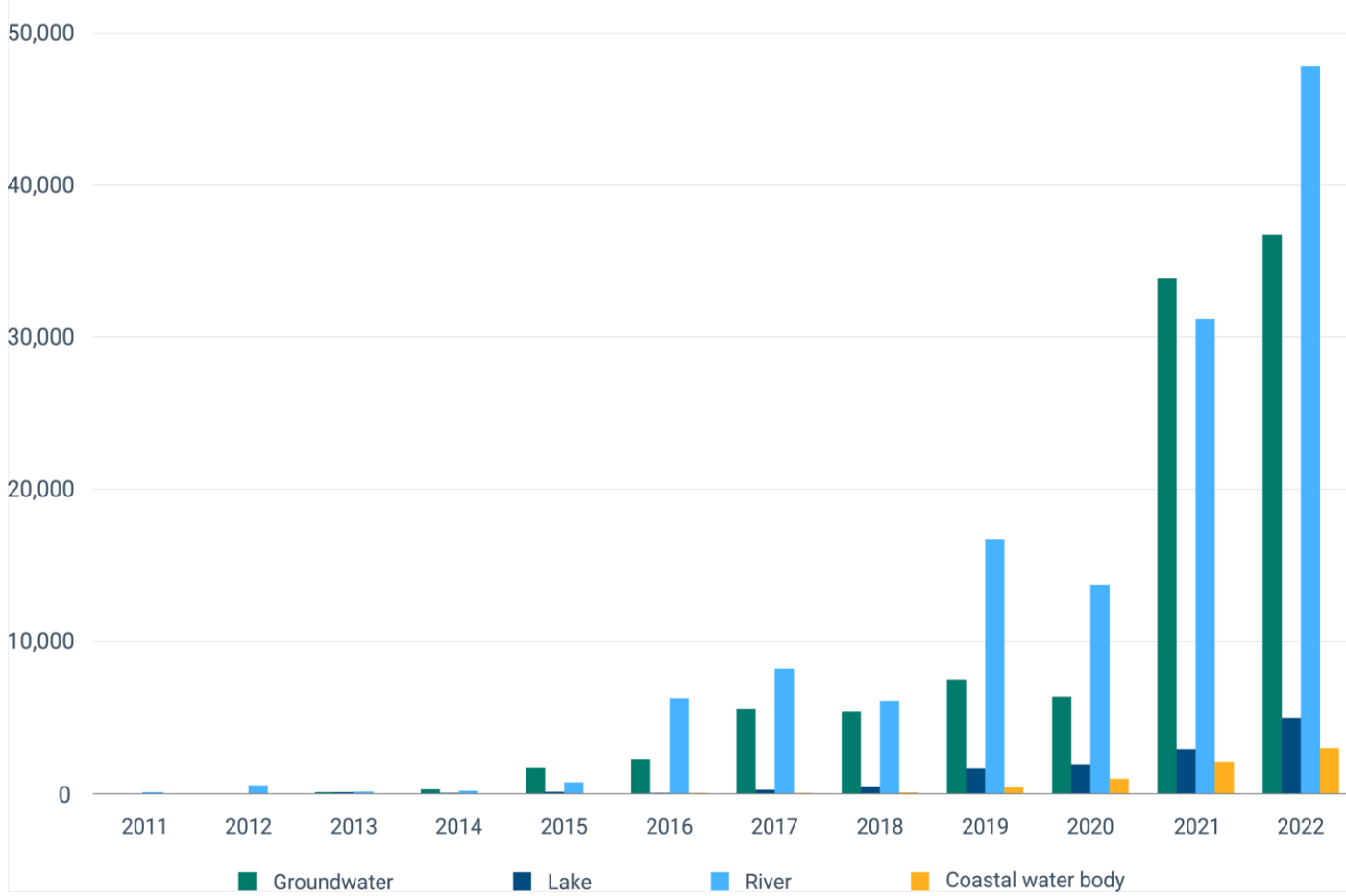
Türkiye

KKDİK Kapsamında Uyum Süreci

- PFAS maddeleri, Kimyasalların Kaydı, Değerlendirilmesi, İzni ve Kısıtlanması (KKDİK) kapsamında değerlendirilmekte.
- AB ile uyumlu hareket etme politikası doğrultusunda, Türkiye'de de kısıtlama ve yasaklamalar gündemde.
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, ilgili paydaşlarla iletişim içinde; ön bildirimler ve geçiş süreçleri hazırlanıyor.

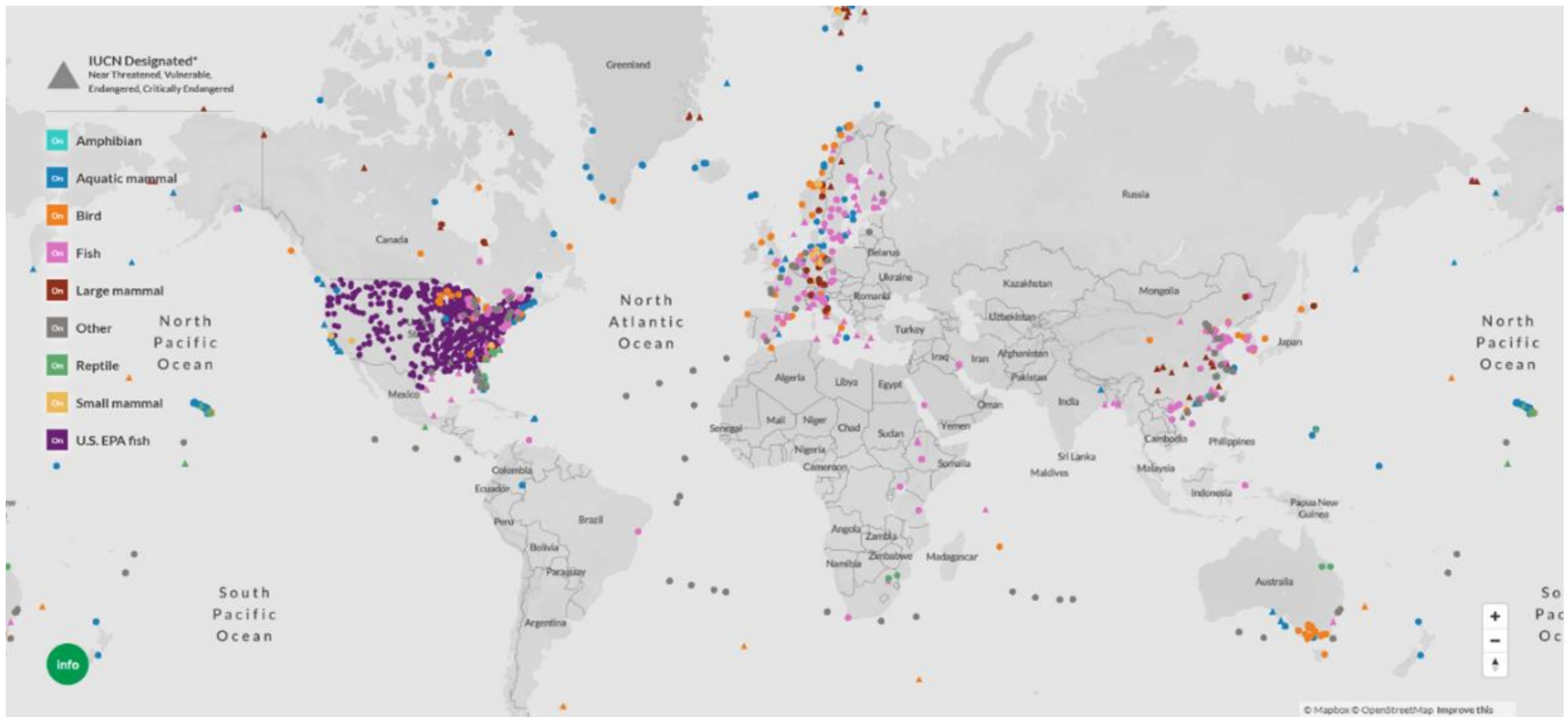


Bu veriler, PFAS kısıtlamalarının sadece AB ve ABD ile sınırlı olmadığını; **küresel bir dönüşüm yaşandığını** gösteriyor. Ambalaj sektörü de bu küresel dönüşüm sürecine hızla adapte olmak zorundadır.



Avrupa Çevre Ajansı'nın Aralık 2024 tarihli bildirimdeki verilerine göre, 2010–2022 döneminde PFAS izleme faaliyetleri hem bölgesel kapsam hem de örnek sayısı açısından ciddi artış göstermiştir.

PFAS izleme faaliyetleri nehirler, yer altı suları, kıyı sularında takip edilmekte ve su kaynaklarındaki PFAS birikimi incelenmektedir.



PFAS Kısıtlamalarının Endüstri Üzerindeki Etkileri



1. Ham Madde Kısıtları

- PFAS içeren reçine ve katkı maddeleri, tedarik zincirinden çıkartılmak zorunda.
- Alternatif ham maddeler daha sınırlı ve genellikle daha maliyetli.

2. Formülasyonların Yeniden Tasarımı

- PFAS'sız üretim sistemleri ile ürünler tasarlanmak zorunda.
- Bu formülasyonların performansının, PFAS'lı muadillerle eş değer olması bekleniyor.
- Yeni ürün formülasyonlarının onay, validasyon ve müşteri kabul süreçleri zaman alabilir.

3. Regülasyon Takibi ve Uyumluluk Maliyeti

- Şirketler, her ürün için TDS/SDS ve migrasyon testlerini yeniden yapmak zorunda kalıyor.
- Regülasyonların değişkenliği nedeniyle sürekli güncellenen dokümantasyon ihtiyacı doğuyor.

4 . Pazar ve İhracat Riski

- PFAS içeren ürünlerin AB, ABD gibi pazarlara ihracatı riskli hale geliyor.
- Uyum sağlayamayan üreticiler pazar dışı kalma riskiyle karşı karşıya.

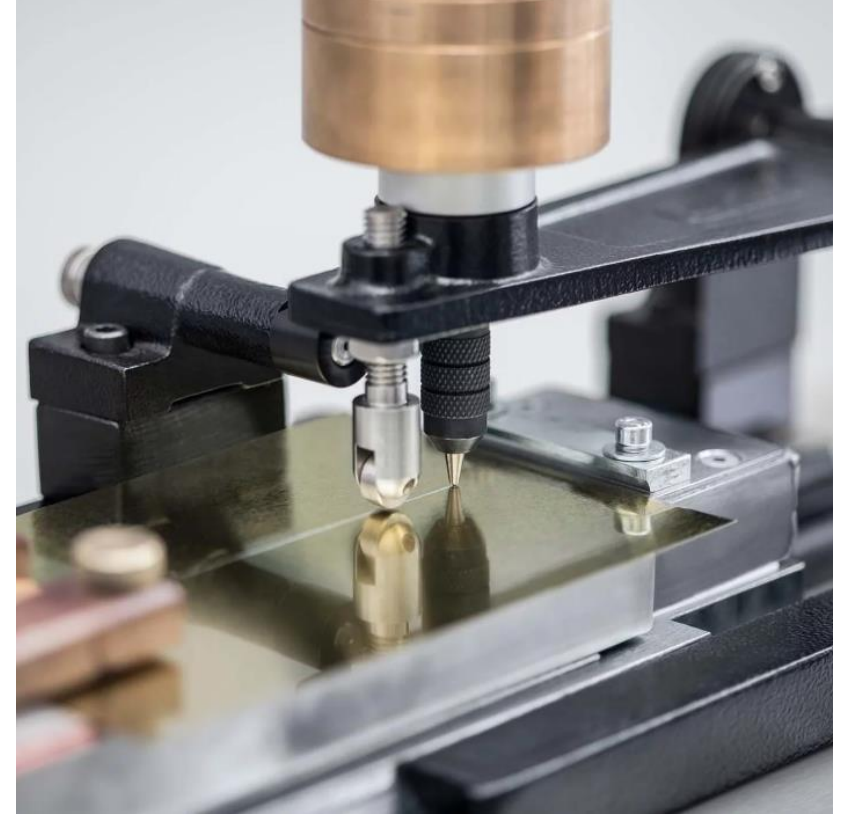
PFAS kısıtlamaları, sadece bir çevre veya sağlık konusu değil; aynı zamanda **rekabet, sürdürülebilirlik ve üretim sürekliliği meselesidir.**



Metal Ambalaj Sektöründe PFAS

- Metal ambalaj sektöründe, özellikle konserve gıda kutularında içte ve dışta kullanılan kaplamalarda çizilme, aşınma direncini artırmak, yüzeyin kayganlık özelliklerinin iyileştirilmesi gibi sebeplerle PTFE wax katkıları kullanılır. Bu katkılar aynı zamanda birer PFAS kaynağıdır.
- PFAS'sız kaplamalar sektörde yalnızca bir regülasyon gerekliliği değil, aynı zamanda sürdürülebilirlik ve marka güvenliği açısından stratejik bir adımdır.

PFAS'sız demek, performanstan ödün vermek değil; doğru kimya ile yeni nesil çözümler üretmek demektir.



PFAS-Ni Metal Ambalaj Çözümleri

Yeni geliştirilen PFAS-Ni laklar, modifiye olefin türevleri, poliamidler ve doğal wax içerikleriyle formüle edilmektedir. Bu sistemler hem fiziksel hem de kimyasal testlerde başarılı sonuçlar vermekte sterilizasyon sonrası da özelliklerini koruyabilmektedir. Ayrıca FDA ve AB mevzuatlarına uyum sağladığı için PTFE waxlara güçlü birer alternatif olmaktadır.



AKZONOBEL SERVER BOYA PFAS-Nİ ÇALIŞMALARI



AkzoNobel Server Boya Ar-Ge Merkezinde yürütülen birden fazla proje ile PTFE alternatifi bir çok wax numunesi ile denemeler yaparak portföyümüzdeki tüm ürünlerin PFAS-Ni alternatiflerinin geliştirilmesini tamamladık.



Metal Ambalaj Laklarında PFAS-Ni Katkıların PTFE ile Karşılaştırılması

	PTFE Waxlar	Yüzey Modifiyeli Poliolefinler	İnorganik Modifiyeli Poliolefinler	Poliamid Waxlar	İnorganik Modifiyeli Carnauba Wax	Sentetik Waxlar
Çizilme Direnci	●●●	●●●	●●●	●●●	●●	●●
Aşınma Direnci	●●●	●●	●●	●	●	●
Yüzey Kayganlığı	●●	●●●	●●●	●●	●●●	●●
Transparanlık	●●	●●●	●●	●	●●●	●●
Parlaklık	●	●	●●●	●	●	●
Anti-Blocking	●	●●●	●	●●	●	●●●

PFAS'lar genellikle çok düşük konsantrasyonlarda bulunduklarından, analizleri yüksek hassasiyetli cihazlar ve özel hazırlık teknikleri gerektirir. İzleme ve uygunluk testlerinde kullanılan başlıca yöntemler şunlardır;

1- Numune Hazırlama

- **Katı Faz Ekstraksiyonu (SPE)**

Su, gıda veya ambalaj matrislerinden PFAS bileşiklerini ön konsantre etmek için kullanılır.

- **Ultrasonik ekstraksiyon / solvent ekstraksiyonu**

Ambalaj yüzeylerinden PFAS'ları ayırmak için tercih edilir.

2- Kromatografi Tabanlı Analizler

- **LC-MS/MS (Liquid Chromatography – Tandem Mass Spectrometry)**

En yaygın ve hassas yöntemdir. ng/L (ppt) seviyelerinde tespit sağlar. 30'dan fazla PFAS türü aynı anda analiz edilebilir. EPA Method 533 ve 537.1'e dayanır.

- **HPLC-MS/MS**

Özellikle **ambalaj ekstraktlarında** kullanılır. Yüzey migrasyonu ve kalıntı analizlerinde tercih edilir.

- **GC-MS (Gas Chromatography – Mass Spectrometry)**

Uçucu PFAS türlerinin tespiti için uygundur (örn. fluorotelomer alkoller). Daha az yaygın ama destekleyici analizlerde kullanılır.



PFAS analizleri, örnekleme aşamasından yüksek hassasiyetli cihaz analizine kadar çok adımlı ve dikkatle yürütülen bir süreçtir. Bu sürecin genel akışı ve kullanılan temel yöntemler, uygulanan metotlara ve hedeflenen hassasiyet aralıklarına göre değişiklik göstermektedir.

Özellik	EPA Metodu 533	EPA Metodu 537.1	ASTM Standardı D7979	EPA Metodu 8327
Hedef Analit Kalibrasyon Aralığı (on-column)	0.5 – 25 ppb	0.5 – 25 ppb	5 – 200 ppt	5 – 200 ppt
En Düşük Raporlama Limiti (Reporting Limit)	10 ppt	16 ppt	10 ppt	10 ppt
Başlangıç Numune Hacmi	250 mL	250 mL	5 mL	5 mL
Analiz İçin Nihai Numune Hacmi	1 mL	1 mL	10 mL	10 mL

Yapılan Çalışma Örnekleri

Environmental Working Group (EWG) araştırmacılarının 23 Ocak 2020 yılında yayınladığı çalışmada; Amerikada 44 su numunesi üzerinde en sık tespit edilen PFAS türleri PFOS, PFBA, PFHxA ve PFOA olmuştur.

Tespit edilen konsantrasyonlar **ppt** seviyesindedir.

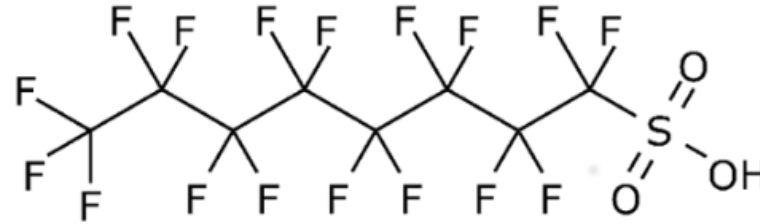
Bu veriler, PFAS'ların su kaynaklarında önemli ölçüde bulunduğunu göstermektedir.

En sık tespit edilenler:

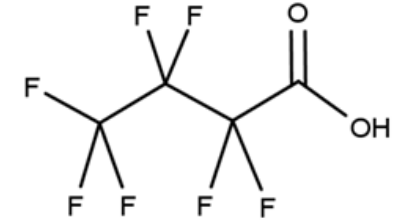
- PFOS (34/44) – 0.4–14 ppt
- PFBA (32/44) – 1.8–72 ppt
- PFHxA (31/44) – 0.4–36 ppt
- PFOA (30/44) – 0.4–14 ppt

Yüksek konsantrasyon gösterenler:

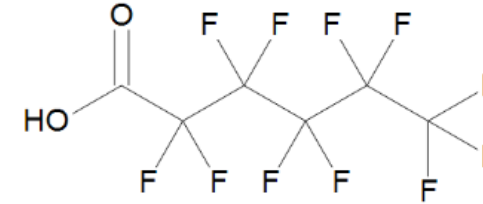
- PFPeA: 0.5–39 ppt
- PFBA: 1.8–72 ppt
- GenX: 0.5–31 ppt



PFOS (Perfluorooctane sulfonic acid)



PFBA (Perfluorobutanoic acid)



PFHxA (Perfluorohexanoic acid)

15'e yakın PFAS bileşiği hiçbir örnekte bulunmamıştır. Bu durum hedeflenen analiz kapsamının genişliğini gösterir.

Phelps ve arkadaşlarının 2024 yılında *Environmental Science & Technology* dergisinde yayımladığı çalışmada, gıda ile temas eden malzemelerde (Food Contact Materials, FCM) kullanılan veya tespit edilen **68 farklı PFAS bileşiği** analiz edilmiştir. Bu PFAS'ların yalnızca 7 tanesi **düzenleyici listelerde tanımlanmış** bileşiklerdir. Geri kalan 61 PFAS ise ambalajlarda büyük oranda **yan ürün, kontaminant veya bozunma ürünü** olarak tespit edilmiştir.

- PFAS'lar en çok:
- Kağıt ve karton ambalajlarda (%72,5)**
- Daha az oranda **plastik (%8,9)** ve **kaplamalı metal yüzeylerde (%4,5)** tespit edilmiştir.
- PFOA, PFBS, GenX** gibi bilinen ve düzenlenen PFAS türlerinin yanı sıra, yeni nesil çok sayıda tanımlanamamış PFAS da rapor edilmiştir.
- PFAS içeriği yalnızca kasıtlı kullanılan bileşenlerden değil, aynı zamanda **üretim süreçlerinden kaynaklı kalıntılardan da** gelebilmektedir.
- Değerlendirilen 68 PFAS'ın yalnızca **%57'si için toksisite verisi** mevcuttur.

PFASLARIN GIDAYA MİGRASYONU

Yapılan bazı araştırmalar, gıda ile temas eden malzemelerde PFAS'ın gıdaya migrasyonunu incelemiştir. Bu çalışmaların çoğu kağıt, karton ve plastik ambalajlara odaklanmıştır.

2005 yılında Begley ve arkadaşları tarafından yapılan *Food Additives & Contaminants*'ta yayınlanan çalışmada, gıda ile temas eden ambalaj malzemelerinden PFAS'ların gıdaya geçip geçmediği araştırılmıştır. Özellikle mikrodalga patlamış mısır torbaları, fırın torbaları ve yağlı gıdalarla temas eden ambalajlarda yapılan analizlerde, PFOA gibi PFAS türevlerinin gıdaya geçtiği tespit edilmiştir.

Çalışmada, bazı örneklerde **300 µg/kg seviyelerine kadar PFOA migrasyonu** ölçülmüştür. Ayrıca, kaplamalarda kullanılan kimyasallar doğrudan formülasyondan gelebileceği gibi, üretim sürecinden kaynaklanan kalıntı şeklinde de bulunabilmektedir.

Bu durum, PFAS içeren kaplamaların özellikle **yüksek sıcaklık ve yağlı ortam koşullarında** gıdaya geçiş riskini ortaya koymakta ve PFAS'sız sistemlerin önemini vurgulamaktadır.



Birleşik Krallık PFAS Aksiyon Planı

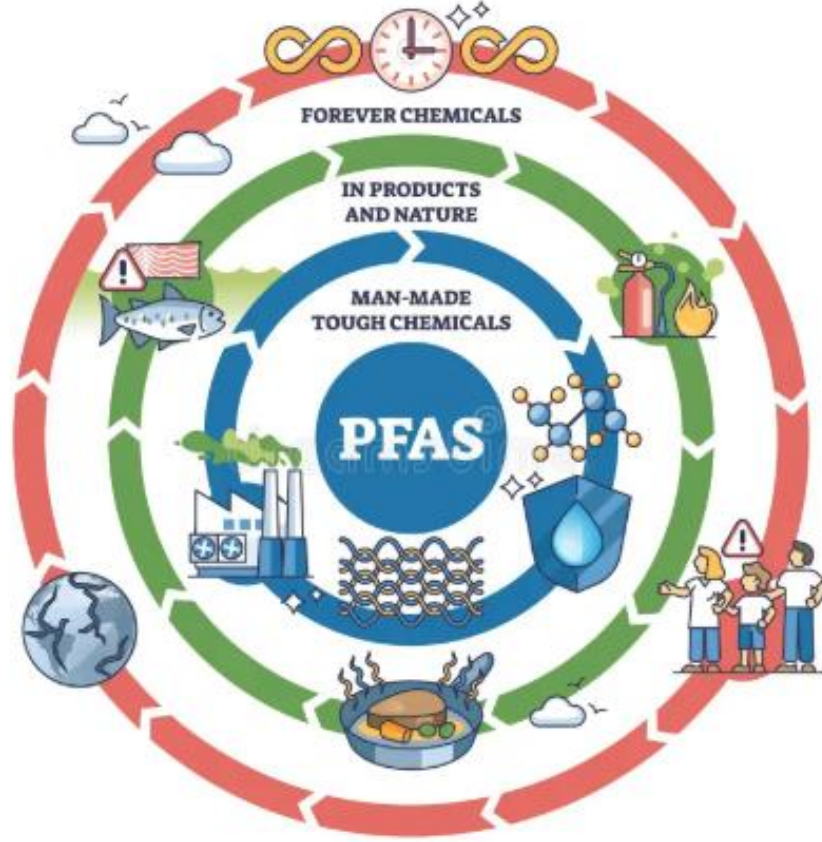


Önemli Tarihler

- 2029: Yangın Köpüklerinde PFAS kısıtlaması
- 2030: Gıda ürünlerinde PFAS Kısıtlaması
- 2032: ‘Kolay ikame edilebilir’ürünlerde PFAS kısıtlaması
- 2035: Tüm sektörlerde PFAS kısıtlaması

Birleşik Krallık PFAS Aksiyon Planı

2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
PFAS kullanımlarının 'Kolaylıkla değiştirilebilir/kaçınılabılır' ve 'ikamesi zor' olarak sınıflandırılması	İçme suyu PFAS için katı yasal düzenlemelerin oluşturulması	Yangın Söndürme Köpüklerinde PFAS kısıtlamaların yürürlüğe girmesi	Endüstriyel emisyon yönetmelikleri aracılığıyla PFAS için emisyon eşikleri getirilmesi	Yangın Söndürme Köpüklerinde PFAS'ın tamamen kaldırılması	Gıda ürünleri için PFAS regülasyonlarının uygulanması	İçme suyu ve gıdalarda izleme programlarının gözden geçirilmesi
Hükümetlerin Atık Mevzuatlarını ve Endüstriyel Emisyon Regülasyonlarını Gözden Geçirilmeye Başlanması	Acil eylem gerektiren kirlenme noktalarını gösteren bir iyileştirme planı ve zaman çizelgesinin oluşturulması	PFAS stok ve atıklarını kapsayan bir yönetim planının oluşturulması, 'kirleten öder' ilkesinin tüm sektörlerde uygulanması yoluyla sorumluluğun paylaştırılması	Tatlı sularda ve deniz sularında bir PFAS toplam parametresi için Çevresel Kalite Standardının oluşturulması	'Kolaylıkla değiştirilebilir/kaçınılabılır' kullanımlara ilişkin PFAS kısıtlamaların yürürlüğe girmesi	İkamesi zor' kullanımlara ilişkin PFAS kısıtlamaların yürürlüğe girmesi	
PFAS için insan biyo-izleme sisteminin kurulması, Çevresel izleme programlarının artırılması	Deniz suyu, yeraltı kaynak suyu ve içme suları için yürürlükteki güvenlik standartlarının revize edilmesi	PFAS üretim tesislerinde çalışan işçiler için PFAS alternatiflerinin üretim tesislerine işçi transferi yapılmasının planlanması ve teşvik edilmesi	Vergilendirme gibi ekonomik araçların uygulanması yoluyla düzenleyici teşviklerin artırılması	Tüm atıklar için PFAS kısıtlaması getirilmesi	Toprakta bir PFAS toplam parametresi için Çevresel Kalite Standardının oluşturulması	
PFAS kullanımının zorunlu olarak kaydedilmesi ve raporlanması	Kalıcı Organik Kirlenici kriterlerinin revize edilmesine yönelik bir teklif sunulması		Stockholm Sözleşmesi'nde sınıflandırılan tüm PFAS'ların globalde ortadan kaldırılması için teklif sunulması			
2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
PFAS toplamının hava emisyonları için geçerli yıllık tavan değerlerinin belirlenmesi	Tüm yaşam döngüsü boyunca emisyonları en aza indirmek için Azaltıcı Önlemlerin uygulamaya konması					
Kolaylıkla değiştirilebilir/kaçınılabılır' kullanımlarda PFAS'ın tamamen ortadan kaldırılması			İkamesi zor' kullanımlarda PFAS'ın tamamen ortadan kaldırılması			
			PFAS'tan arındırılmış ekonomi sağlanması			



Dinlediğiniz için teşekkür ederiz.