



# AR-GE BÜLTENİ

Aralık 2021 / Sayı 3

Merhabalar, "**Toros ARGE Bülteni**" yeni sayısında birbirinden farklı ve dopdolu içerikleri sizler için ele aldık. Yeni sayımızda, biofortifikasyon çözümleri ile sağlıklı beslenmeden üniversite sanayi iş birliğine yönelik destek ve uygulamalarına, Yeşil Mutabakat (Green Deal) hedefleri ve tarımsal üretim alanındaki yeni stratejilere yönelik Ar-Ge çalışmalarından endüstriyel atıkların yönetimi ve atık minimizasyonunun önemine ve Yeşil Kimya ile tarım alanındaki uygulama alanları gibi birbirinden farklı konulara yer verdik. Keyifli okumalar dileriz.

## BİOFORTİFİKASYON ÇÖZÜMLERİ İLE SAĞLIKLI BESLENME

Murat Atun

Yüksek Ziraat Mühendisi / ARGE UZMANI



İnsanlar ve hayvanlar için birincil ve ucuz yollu besin kaynağı olarak bitkiler gelmektedir. İnsan ve hayvan sağlığında bazı elementlerin eksikliği günlük fonksiyonel hareket kabiliyetlerini düşürmekte ve hastalıklara sebep olmaktadır. 1960'lardaki Yeşil Devrim gıda sistemlerinin performansında bir dönüm noktası olurken; sağlık, ekosistemler, biyolojik çeşitlilik ve iklim üzerindeki baskıları sürekli artırmaktadır. 2 milyardan fazla insan hâlâ güvenli, besleyici ve yeterli gıdaya düzenli erişime sahip değil ve 3 milyar insan en ucuz sağlıklı beslenmeyi karşılayamıyor [1, 14]. Tam da bu sırada daha sağlıklı beslenmemiz için daha doğru bitki besleme yapmamız gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Bitkilerin sağlıklı büyümesi için 14 temel mineral besin elementine ihtiyaç duymaktadırlar. Bu elementler makro ve mikro olarak tabir edilen (N, P, K, S, Mg, Ca, Zn, B, Cl, Mo, Cu, Fe, Mn ve Ni) elementlerdir. Bunlara ek olarak bazı bitkiler için mutlak gerekli olabilecek nadir elementler (Al, Se, Co, I, V ve Na) de sağlıklı bitki büyümesi için gerekli elementlerdir.

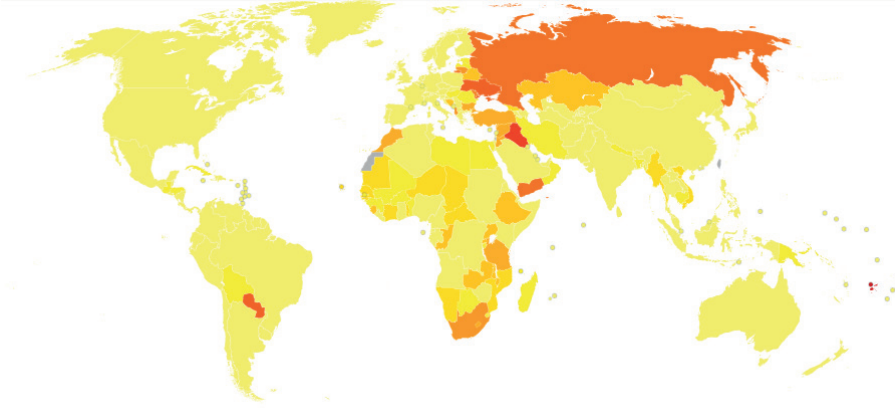
Herhangi bir element eksikliği olmadan sağlıklı bir şekilde yetiştirilen bitkilerden insanlar ve hayvanlar daha iyi besleneceği için bazı element eksikliğine bağlı hastalıkların azaltılmasını sağlamaktadır. Elementlerin doğru gübreleme ile verildiği zamanlarda sağlık açısından ne kadar elzem olduğu ortaya çıkmaktadır. Örnek olarak; geçmiş zamanlarda Amerika Birleşik Devletleri'nde "K"

gübrelemesinde azaltmaya gitmesi ile Hipokalemi hastalığının (kandaki potasyum seviyesinin olması gerektiğinden daha düşük seviyede olmasıdır, kalp ritim bozukluklarına sebep olabilir) artışı görülmüştür [1, 14].

Bu bölümde Zn, Se ve I elementlerinin eksikliği ve uygulaması sonrasında nasıl değişimler olduğundan bahsedeceğiz. Dünya üzerinde yaklaşık 2 milyar insan tükettikleri bitkisel gıdalar içerisindeki element eksikliklerinden zarar görmektedir. Bu elementlerin eksikliğinin hayvan ve insan sağlığına zararları en çok belgelenmiş besinlerdir [14].

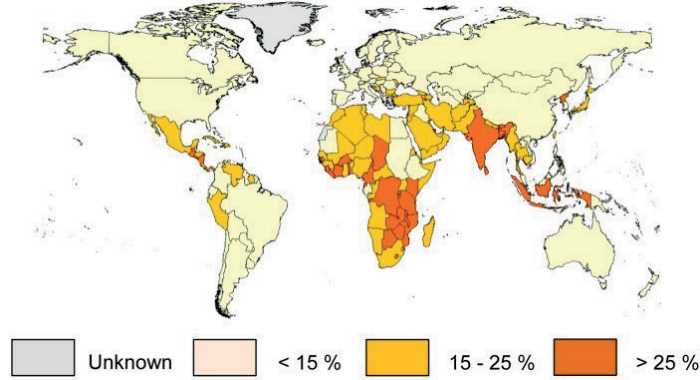
Selenyum (Se) ve iyot (I) eksiklikleri hem insan hem de hayvan sağlığını etkileyen ve aynı zamanda tarımsal verimliliği etkileyen iyi belgelenmiş problemlerdir. Verim, tohum oluşumu, karbonhidratların sentezi ve dağılımı, biyolojik azot fiksasyonu, biyotik ve abiyotik hastalıklara karşı bitki direnci ile ilgili fizyolojik süreçleri bozan eksikliklerden etkilenebilir.

Dünya yüzeyinin çoğu iyottan yoksundur[3]. Toprak selenyum konsantrasyonlarına iklim-toprak etkileşimleri hakimdir ve iklim değişikliğinin selenyum eksikliği riskini daha da artırması muhtemeldir [4]. Hayvancılık sağlığı, üretkenliği ve ürün kalitesi, doğrudan otlatma için kullanılan hayvanlara ve meralara beslenen mahsullerden dengeli bir mikro besin kaynağına bağlıdır [5]. Şekil 1'de dünya yüzeyindeki iyot eksikliği yer almaktadır.



Şekil 1 : İyot eksikliği haritası (Wikipedia)

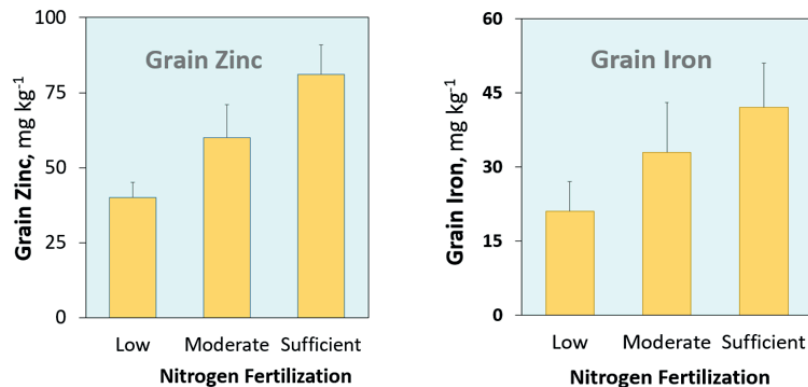
Şekil 2'de görüldüğü gibi, çinko eksikliği dünya genelinde buğday ekilen toprakların %50'sine kadar yaygındır. Tarım topraklarının geniş alanları da demirden yoksundur [2]. İnsanlarda Zn eksikliğinin başlıca nedeni yetersiz beslenmedir. Buğday ve pirinç gibi tahıllar birçok ülkede en önemli kalori kaynakları olduğundan, tahıl tanelerinin Zn konsantrasyonlarını artırmak şu anda yüksek öncelikli bir araştırma alanıdır [13].



Şekil 2 : Çinko eksikliği haritası [16]

Bu kapsamda tarım sektörünün en büyük paydaşları olan gübre üreticilerine ve ilgili devlet kurumlarına da sorumluluk düşmektedir. Temel gıda ürünlerinin eksik olduğu bölgelerde 4D kurallarına uygun gübrelemeyi teşvik etmek ve yönlendirmek bağlamında politikalar yapılmalıdır. Beslenme ve sağlık sonuçlarının, çiftçileri ve tüketicileri hedefleyen eğitim ve yayım programlarının entegrasyonu da dahil olmak üzere tarım ve diğer politikalara sistematik olarak yerleştirilmesi gerekir [6]. Bunu yaparken kullanılan gübrelerin birbirleri ile olan ilişkilerden de faydalanmak gerekmektedir. Örnek olarak, Şekil 3'de, optimum azot kullanımına bağlı olarak çinko ve demir alımlarının arttığı gözlemlenmiştir [14].

Çok sayıda araştırma, dengeli gübrelemenin, yani tüm makro besinlerin ve mikro besinlerin ekinlerin büyümesi boyunca dengeli bir oranda sağlanmasının, ekinlerin kuraklığa, sıcağa, rüzgârlara, fırtınalara, zararlılara ve hastalıklara karşı daha dayanıklı hale gelmesine yardımcı olduğunu göstermiştir.



Şekil 3: Farklı dozlarda azot gübrelemesinin çinko ve demir alımına etkisi (IFA Reports)

## BİOFORTİFİKASYON ÇÖZÜMLERİ

İnsan popülasyonlarındaki mikro besin eksikliklerinin boyutunu hedeflenen bir şekilde en aza indirmeye yönelik önemli bir strateji, temel gıda ürünlerinin genetik iyileştirme (üreme), gübrelerin zenginleştirilmesi veya bunların bir kombinasyonu yoluyla yapılabilen mikro besinler ile (biyo-zenginleştirme) zenginleştirilmesidir. Örneğin, Sub-Saharan bölgesinde Vitamin-A eksikliğini gidermek için çinkoca zengin gübreleme ile tatlı patates üretiminin yapılarak kadın doğumlarında görülen sıkıntılar, bodurluk, zayıflık ve çocuk ölümlerinin önüne geçilmek hedeflenmiştir. Agronomik biyozenginleştirme ise bitkilerin yenilebilir kısımlarındaki mikro besin içeriğini artırmak amacıyla mineral mikro besin gübrelerinin toprağa veya bitki yapraklarına uygulanması (yaprak uygulaması) olarak tanımlanır.

Uygulanan mikro besinlerin iyi biyoyararlanımı ile nispeten hızlı bir yanıt alma avantajına sahip olup, genetik veya gıda takviyesi ile tamamlayıcı bir şekilde (örneğin; mikro besinlerle tuz, un veya işlenmiş gıda takviyesi) kullanılabilir.

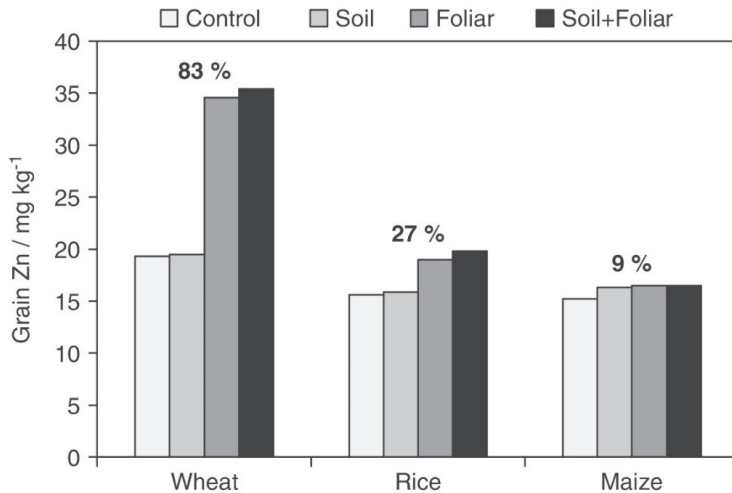
## AGRONOMİK BİYOZENGİNLEŞTİRME İÇİN YAPILAN ÇALIŞMALAR

### • Selenyumlu Gübre Takviyesi

Kuzey Avrupa ülkelerindeki topraklarda selenyum doğal olarak düşüktür. 1984'te Finlandiya, tüm mineral gübrelerin 15 mg Se/kg içermesi gerektiğini şart koşan ülke çapında bir önlemlerle insanlardaki yaygın selenyum (Se) eksikliklerini ele aldı. Bu zorunlu uygulama, baharlık tahılların Se konsantrasyonunda 15 kat artışa yol açarak Se alımında ve tüm nüfusun sağlığında etkili ve güvenli artışlara yol açmıştır [8]. Günlük alım ise mevcut beslenme tavsiyelerinin üzerinde 0,04 mg Se/Gün'den 0,08 mg Se/günlük yeni bir platoya yükseldi. Birleşik Krallık ayrıca insan sağlığını iyileştirmek için Se ile gübrelemeyi ara sıra kullanır. Yeni Zelanda ise hayvan sağlığını iyileştirmek için gübreleri Se ile desteklemektedir [14].

### • Çinko Bakımından Zengin Gübrelerin Kullanılması

Çinko biyolojik sistemlerde çeşitli fizyolojik fonksiyonlara sahiptir. Vücuttaki çok sayıda enzim ve diğer proteinlerle etkileşime girer ve kritik yapısal, işlevsel ve düzenleyici roller üstlenir. Yaklaşık 3000 proteine karşılık gelen insan vücudundaki tüm proteinlerin yaklaşık %10'unun Zn'ye bağımlı olduğu tahmin edilmektedir [16]. Zn ile zenginleştirilmiş gübre kullanımı (örneğin; Zn kaplı üre, Zn ile zenginleştirilmiş NPK veya yapraktan uygulama için sıvı gübreler), farklı bölgelerde yetiştirilen pirinç ve buğdayda verim ve Zn konsantrasyonlarında önemli artışlar göstermiştir [8]. Tanedeki çinko yoğunluğundaki hızlı artışlar, özellikle kritik büyüme aşamalarında yapraktan uygulamalarla elde edilmektedir [2, 9]. Şekil 4'te, Türkiye'de dört lokasyonda yetiştirilen buğday, pirinç ve mısıra ZnSO<sub>4</sub> formundaki Zn'nin toprak, yaprak ve toprak+yaprak uygulamalarının neden olduğu tane Zn konsantrasyonundaki ortalama değişimler görülmektedir. Buğdayın yaygın olarak tüketildiği Pakistan ve Hindistan'da, birincil alım yolu gıda kaynaklarından olduğu için, insan Zn eksiklikleri ile mücadele etmek için çabalar "Yüksek Çinko" çeşitlerinin serbest bırakılmasına odaklanmaktadır. En iyi Zn zenginleştirme seviyeleri, genetik ve Agronomik biyolojik güçlendirmenin bir kombinasyonu ile elde edilebilir, yani Zn içeren gübrelerle birlikte yüksek Zn çeşitlerinin sahaya özel kullanımı [10]. Filipinler'de biyolojik olarak güçlendirilmiş pirinç genotipleri, yalnızca Zn açısından yeterli toprak ve gübre koşulları altında yetiştirildiğinde tane verimi ve tane Zn hedeflerine (kahverengi pirinç için 30 mg/kg) ulaşmıştır [11].



Şekil 4: Türkiye'de dört lokasyonda yetiştirilen buğday, pirinç ve mısıra ZnSO<sub>4</sub> formundaki Zn'nin toprak, yaprak ve toprak + yaprak uygulamalarının neden olduğu tane Zn konsantrasyonundaki ortalama değişimler [2]

## ÜNİVERSİTE SANAYİ İŞ BİRLİĞİNE YÖNELİK DESTEK VE UYGULAMALAR

Melike Oğuz, Yüksek Biyokimyager / ARGE UZMANI



### DÜNYADA ÜNİVERSİTE SANAYİ İŞ BİRLİĞİNE YÖNELİK ÖRNEK BİR UYGULAMA

Üniversite sanayi iş birliğinin iyi bir uygulamasına güzel bir örnek olarak ABD'nin Silikon Vadisi verilebilir. Silikon Vadisi, Kuzey Kaliforniya'daki San Francisco Körfez Bölgesi'nin güneyinde kalan; ileri teknoloji, inovasyon, risk sermayesi ve sosyal medya şirketlerinin küresel merkezi olarak görülen bölgenin gayri resmi adıdır. Bölgenin adı, silikon tabanlı Metal Oksit Yarı İletken Alan Etkili Transistör (MOSFET) ve yonga tasarımında ve üretiminde uzmanlaşmış çok sayıda firmanın burada kurulmasından ileri gelmektedir. Bölge günümüzde dünyanın en büyük teknoloji şirketinin çoğuna, Fortune 1000 listesindeki 30'dan fazla şirketin genel merkezine ve binlerce start-up şirketine ev sahipliği yapmaktadır. ABD'deki risk sermayesi yatırımlarının üçte biri Silikon Vadisi şirketlerine yapılmaktadır. Bu nedenle girişimcilik ekosisteminin ve bilimsel gelişimin merkezi haline gelmiştir. Silikon tabanlı entegre devre, mikroişlemci, mikrobilgisayar ve daha birçok teknoloji Silikon Vadisi'nde icat edilmiştir.

Silikon Vadisi'nin tüm bu başarılarının ardında Silikon Vadisi şirketleriyle Stanford Üniversitesi'nin iş birliği yer almaktadır. Silikon Vadisi'nde 2013 yılı itibari ile Stanford çalışanı ve mezunları 39.900 şirket kurmuş ve bu şirketlerde 5.4 milyon kişiye çalışan istihdamı sağlanarak yıllık 2.7 trilyon ciro elde edilmiştir.

Silikon Vadisi ile Stanford Üniversitesi'nin iş birliği programları ile şirketler mühendislerini üniversiteye göndermekte, bilim adamları ve öğrenciler ile buluşturmaktadır. Böylece mühendisler teknik bilgide tazelenmekte ve profesyonelleşmekte, bilim adamları

ve öğrenciler de teknik bilgilerinin teoriden pratiğe geçişini gözlemleyebilmektedir.

Stanford Üniversitesi'nde üretilen yenilikçi fikirler Stanford Teknoloji Ofisi ve çeşitli araştırma merkezleri aracılığıyla endüstri alanına aktarılmaktadır. Yaklaşık 50 araştırma merkezi vasıtasıyla üniversitelerdeki araştırma sonuçlarının ve bilgi birikiminin endüstriye akışı için Stanford Üniversitesi ile Silikon Vadisi arasında bir köprü oluşturularak iş dünyası ile üniversite birbirine bağlanmış olmaktadır.

Endüstrileşmenin temel etkenleri bilim, teknoloji ve ekonomidir. Günümüzde teknoloji bilimsel bilgi temelli olup, sürekli yenilikçi bir yaklaşımı gerektirmektedir. Üniversiteler yenilikçi bilimin üreticisi iken endüstriler yeni teknolojilerin ve ekonomik büyümenin yaratıcısıdır. Devlet ise özellikle bilimsel çalışmalara mali destek sağlama görevini üstlenmektedir. Üniversite, sanayi ve devlet arasındaki bu üçlü ilişki ekonomik büyümeyi besleyen önemli bir yapı taşı arasında yer almakta olup, bu iş birliği tarafların ortak faydaları doğrultusunda her düzeyde en iyi şekilde iyileştirilmesi gereken bir konudur. Ülkemizde üniversite-sanayi iş birliğinin gelişmesine yönelik TÜBİTAK'ın ulusal ve uluslararası destek programları bulunmaktadır.

Ar-Ge Bülteni'ndeki bu sayıda TÜBİTAK ile birlikte gerçekleştirilmekte olan iş birliklerimiz doğrultusunda, 2244 Sanayi Doktora Programı ve 1505 Üniversite-Sanayi İş Birliği Destek Programı'nın kapsamlarına yer vereceğiz.





## TÜBİTAK 2244 SANAYİ DOKTORA PROGRAMI

Program kapsamında özel sektörde daha fazla araştırmacının istihdam edilmesini teşvik etmek amacı doğrultusunda doktora öğrencilerine yönelik burs ve özel sektöre yönelik istihdam desteği verilmektedir. Bu sayede hibe, destekler ve yatırım destekleri ile hedeflenen teknolojik dönüşümün sağlanması ve değer zincirinde istenilen seviyelere ulaşılması için kritik önem arz eden insan kaynağının, nicelik ve nitelik olarak iyileştirilmesi ön görülmektedir. Bu amaç doğrultusunda firmaların ihtiyaçları merkeze alınarak, firmalar ile iş birliği içinde kritik doktoralı insan kaynağının yetiştirilmesi hedeflenmektedir.

Bu program kapsamında üniversite/araştırma altyapısı ile özel sektör kuruluşları arasında oluşturulabilen iş birliği modelleri geliştirilmektedir.

**1. Üniversite-Sanayi İş Birliği Modeli:** Bir üniversite/araştırma altyapısı ile bir özel sektör kuruluşunun bir araya geldiği ortaklı projelerdir.

**2. Rekabet Öncesi Üniversite-Sanayi İş Birliği Modeli:** Bir üniversite/araştırma altyapısı ile en az iki özel sektör kuruluşunun bir araya geldiği ortaklı projelerdir.

Proje kapsamında yapılacak başvurularda Üniversite/Araştırma altyapısı ile Özel Sektör Kuruluşu/Kuruluşları arasında yapılacak her bir iş birliği için taraflar arasındaki iş birliğinin kapsam ve kurallarını kapsayan bir protokol oluşturularak başvurular gerçekleştirilmektedir.

Sanayi Doktora Programı kapsamında 2018 ve 2019 yıllarında çağrıyla çıkmış olup, bu kapsamda Toros Tarım Ar-Ge Merkezi olarak Mersin Üniversitesi ile 2 proje, Ankara Üniversitesi ile 1 proje olmak üzere toplamda 3 proje "Sanayi Doktora Programı" kapsamında TÜBİTAK tarafından kabul edilerek desteklenmeye hak kazanmıştır. Toros Tarım ARGE Merkezi'nde doktora eğitimini gerçekleştiren toplam 9 bursiyer bulunmaktadır.



## TÜBİTAK 1505 ÜNİVERSİTE-SANAYİ İŞ BİRLİĞİ DESTEK PROGRAMI

Bu program kapsamında üniversite, araştırma altyapısı, kamu araştırma merkez ve enstitülerindeki bilgi birikimi ve teknolojinin, Türkiye’de yerleşik ve proje sonuçlarını Türkiye’de uygulamayı taahhüt eden kuruluşların ihtiyaçları doğrultusunda, ürüne ya da sürece dönüştürülerek sanayiye aktarılması yoluyla ticarileştirilmesine katkı sağlaması amaçlanmıştır.

Programın uygulama esaslarında; Müşteri Kuruluş olarak özel sektör kuruluşu ve Yürütücü Kuruluş olarak üniversite, araştırma altyapısı ya da kamu araştırma merkez ve enstitüsü ile İş Birliği Sözleşmesi imzalamaktadır. Bu sözleşme çerçevesinde Yürütücü Kuruluş tarafından yapılacak; yeni bir ürün üretilmesi, mevcut bir ürünün geliştirilmesi, iyileştirilmesi, ürün kalitesi veya standardının yükseltilmesi veya maliyet düşürücü nitelikte yeni tekniklerin, yeni üretim teknolojilerinin geliştirilmesi projesi TÜBİTAK ve Müşteri Kuruluş tarafından finanse edilmektedir.

Sektörüne bakılmaksızın firma düzeyinde katma değer yaratan, Türkiye’de yerleşik ve proje sonuçlarını Türkiye’de uygulamayı taahhüt eden sermaye şirketleri ile Yükseköğretim Kanunu kapsamında yer alan yükseköğretim kurumları, vakıf üniversiteleri, eğitim ve araştırma hastaneleri ve ilgili mevzuatında Ar-Ge yapmakla görevlendirilmiş kamu araştırma merkez ve enstitüleri ortak proje başvurusunda bulunabilmektedir.

Projeler, destek karar yazısında belirtilen raporlama takvimine göre belirlenen altışar aylık dönemler halinde izleyiciler tarafından izlenerek desteklenmektedir. Projenin son döneminde, kuruluş tarafından proje sonuç raporu sunulmaktadır.



### Kaynaklar:

Kurt, Ü., Yavuz, M., 2013. Üniversite-Sanayi İş birliği: Dünü, Bugünü, Geleceği. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 17(1), 50-57.

<https://www.tubitak.gov.tr/tr/burslar/lisansustu/egitim-burs-programlari/icerik-2244-sanayi-doktora-programi>

<https://www.tubitak.gov.tr/tr/destekler/sanayi/ulusal-destek-programlari/icerik-1505-universite-sanayi-isbirligi-destek-programi> (Görsel içindir.)

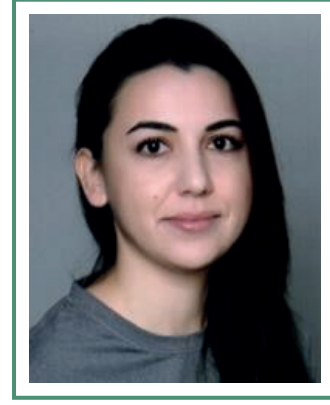
<https://www.tubitak.gov.tr/tr/burslar/lisansustu/egitim-burs-programlari/icerik-2244-sanayi-doktora-programi> (Görsel içindir.)

<https://www.yasad.org.tr/m/Sayfa/niversite-sanayi-ibirlili> (Görsel içindir.)

[https://tr.wikipedia.org/wiki/Silikon\\_Vadisi](https://tr.wikipedia.org/wiki/Silikon_Vadisi) (Görsel içindir.)

## YEŞİL MUTABAKAT (GREEN DEAL) HEDEFLERİ VE TARIMSAL ÜRETİM ALANINDAKİ YENİ STRATEJİLERE YÖNELİK AR-GE ÇALIŞMALARI

Tuğba Tecim Gelen, Yüksek Kimya Mühendisi / ARGE Uzmanı



Avrupa Birliği Yeşil Mutabakatı (Green Deal), Avrupa ekonomisinin sürdürülebilir ekonomik bir modele geçişini sağlayacak yeni bir büyüme stratejisi olarak tanımlanmaktadır. Temelde insanların sağlık ve esenlik içinde yaşaması için, Avrupa'nın iklim-nötr bir halde, doğal habitatı koruyarak ekonomik olarak sürdürülebilirliğini hedeflemektedir.

Bu strateji Aralık 2019'da yayınlanmış olup, Avrupa kıtasının 2050 yılı itibari ile ilk iklim nötr kıta haline gelmesini amaçlayan bir dizi hedefler içermektedir. Sonuç olarak; daha temiz çevre hedefi ile insan hayatının korunması, daha uygun maliyetli enerji, akıllı ulaşım, yeni iş alanları yaratılması için şirketlerin temiz ürün ve teknolojiler konusunda dünya lideri olması için desteklenmesi, genel olarak daha iyi hayat kalitesi elde edilmesi ve bu süreçte adil ve kapsayıcı bir geçişin sağlanması konusunda destek verilmesi planlanmaktadır.

Bu stratejinin hedeflerinin gerçekleştirilebilmesi için 1 trilyon Euro'luk bütçe ayrılmış olup, Avrupa İnovasyon Konseyi tarafından bütçenin 300 milyon Euro'luk kısmı ise, Avrupa Birliği Yeşil Mutabakat hedeflerine katkıda bulunacak yeni pazarlar oluşturabilecek inovasyonlar için ayrılmıştır.

Green Deal hedefleri 10 ana başlık altında toplanmıştır:

- İklim Eylemi
- Temiz Enerji
- Sürdürülebilir Endüstri
- Binalar ve Tadilatlar
- Sürdürülebilir Ulaşım
- Kirliliğin Ortadan Kaldırılması
- Çiftlikten Çatala (Tarlardan sofraya sürdürülebilir gıda sistemleri)
- Biyoçeşitliliğin Korunması
- Araştırma ve Geliştirme
- Karbon Kaçağı Kaynaklı Haksız Rekabetin Önlenmesi

### İKLİM EYLEMİ

Avrupa Birliği genelinde sera gazı salımları 1990-2018 yılları arasında %23 oranında azaltılmış olup, 2050 yılına kadar Avrupa Birliği'nin iklim nötr hale gelmesi amaçlanmaktadır. Bu kapsamda 2030'a kadar sera gazı salımlarının 1990 yılına göre %55 oranında azaltılmış olması hedeflenmektedir. Bu hedefler Avrupa İklim Yasası ile de yürürlüğe konulmuş ve bu doğrultuda, ilgili AB yasalarının tamamının revizyonu da hedeflere yönelik olarak revize edilmektedir. Emisyonların azaltılması için oluşturulan hedefler aşağıdaki yönetmeliklerle (AB direktifleri) ile de düzenlenmiştir.

- Yenilenebilir Enerji Direktifi
- Enerji Etkinlik Direktifi
- Emisyon Ticaret Sistemi
- Emek Paylaşımı Yönetmeliği
- Arazi Kullanımı, Arazi Kullanımı Değişikliği ve Orman Yönetmeliği
- Binaların Enerji Performans Direktifi
- Enerji Vergilendirme Direktifi

### TEMİZ ENERJİ

Üretim ve ekonomi sektörlerinin enerji kullanımı AB'nin sera gazı emisyonlarının %75'inin kaynağı olup; temiz enerji politikası, bu sektörlerde kullanılan enerjinin yenilenebilir kaynaklardan elde edilmesi ve entegre, birbirine bağlı dijitalleşmiş bir enerji pazarı oluşturulmasını hedeflemektedir.

Bu hedefler arasında, açık deniz (off-shore) yenilenebilir enerji kapasitelerinin artırılması, temiz hidrojen inovasyonlarına yatırım, tüm enerji sistemlerinin entegrasyonu, planlaması, akıllı ve entegre sistemlerle son kullanım noktasına ulaştırılması bulunmaktadır.





## SÜRDÜRÜLEBİLİR ENDÜSTRİ

Endüstri günümüz Avrupa Birliği'ndeki sera gazı salımlarının %20'sinin kaynağıdır. Bu nedenle AB Yeşil Mutabakatı, son ürünün sürdürülebilirliğinden, hammadde kaynaklarına kadar karbon azaltımı konusunda eylemler gerçekleştirmektedir.

Bu eylemler arasında, Döngüsel Ekonomi Eylem Planı kapsamında da bulunan doğal kaynakların tüketimini azaltmak için ürün raf ömürlerini artırma, Sürdürülebilir Ürünler Politikası ile ürünlerin tekrar kullanımı, onarılması ve geri dönüştürülmüş içeriklerin entegrasyonu bulunmaktadır. Ayrıca iklim nötr ve döngüsel ürünlerin pazarlarının geliştirilmesi ve dijital dönüşüm de bu kapsamda desteklenmektedir. Bu önlemler sayesinde temiz enerji sistemleri ve temiz teknolojiler gibi alanlarda ihtiyaç duyulan kritik hammaddelerin tedariği sağlanabilecektir.



## BİNALAR VE TADİLATLAR

Avrupa Birliği sınırları içerisindeki enerji tüketiminin %40'ı binalarda gerçekleştirilmekte olup, bu enerji tüketimi sera gazı salımlarının %36'sına karşılık gelmektedir. Avrupa Birliği Yeşil Mutabakatı daha temiz binalar ve inşaat sektörü hedefi ile binaların enerji tüketimini azaltacak tadilatları desteklemektedir. Isıtma ve soğutma kaynaklı karbon salımı azaltılması için öncelikle en kötü performansı gösteren binalarla okul ve hastane gibi yapıların tadilatlarının gerçekleştirilmesine karar verilmiştir.

Ayrıca İnşaat Ürünleri Yönetmeliği de bu kapsamda gözden geçirilerek inşaat malzemeleri için ek koşullar getirilmiştir.



## SÜRDÜRÜLEBİLİR ULAŞIM

Ulaşım kaynaklı emisyonlar AB sera gazı salımlarının %25'lik bölümüne karşılık gelmektedir. Sürdürülebilir ve Akıllı Hareketlilik (Ulaşım ve Taşıma) Stratejisi ile AB'nin ulaşım sektörünün akıllı, güvenli, erişilebilir ve ekonomik hale getirilerek ulaşım kaynaklı sera gazı emisyonlarının 2050 yılı itibarıyla %90 azaltılması hedeflenmektedir.

2030 yılına kadar gerçekleştirilmesi öngörülen hedefler arasında;

- 30 milyon 0 emisyonlu arabanın Avrupa trafiğinde olması,
- 100 Avrupa şehrinin iklim nötr hale gelmesi,
- Avrupa'daki yüksek hızlı tren ray sisteminin 2 katına çıkarılması,
- 500km altı yolculuklar için tarifeli toplu seyahatlerin karbon nötr hale gelmesi,
- Otomatikleşmiş ulaşımın büyük ölçüde hayata geçmesi,
- Sıfır emisyonlu gemilerin piyasaya hazır olması yer almaktadır.



## KİRLİLİĞİN ORTADAN KALDIRILMASI

Avrupa Birliği Yeşil Mutabakatı ile birçok zihinsel ve fiziksel hastalığın, erken ölümlerin ve biyoçeşitliliğin azalmasının nedenleri arasında olan çevresel kirliliğin ortadan kaldırılmasına yönelik önlemlerin tüm alanlarda uygulanması ve kirliliği ekonomik büyümenin önünde engel teşkil etmeyecek hale getirecek adımların atılması amaçlanmaktadır.

Bu kapsamda, ilk olarak çevreyi tehlikeli kimyasallara karşı koruma amacıyla sürdürülebilirlik için Kimyasal Strateji oluşturulmuştur. İkinci olarak, su, hava ve toprak için sıfır kirliliği hedefleyen eylemler belirlenmiştir. Son olarak, büyük ölçekli endüstri kuruluşları kaynaklı kirliliğin ölçüm kriterlerinin revizyonu ile AB Yeşil Mutabakat hedeflerine katkıda bulunulması sağlanması hedeflenmiştir. Ayrıca bu kapsamda, Ozon Tabakasını İncelten Maddelere Yönelik Yönetmeliğin revize edilmesi de öngörülmektedir.

## TARLADAN SOFRAYA

Gıda sistemleri küresel sera gazı salımının %21-37'lik kısmını oluşturmaktadır. Tarladan sofraya stratejisi, gıda sektörünün sebep olduğu çevresel sorunların yanı sıra, adil ve sürdürülebilir gıda sistemini, Avrupalıların sağlığını destekleyecek çözümler ile birlikte ele almayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda, gıda israfını azaltma, gıdaların üretimi, işlenmesi, satışı, paketlenmesi ve lojistiği gibi konularda bir dizi dönüşüme odaklanılmaktadır. Tarım, su ürünleri, çevre konularında araştırmalar ile bu alanlardaki dijital teknolojiler ve doğaya dayalı çözümler de Ufuk Avrupa çağrılarını desteklenmektedir. Ayrıca gıda ticareti yapılan, etkileşimde bulunan ülkelerle de hayvan refahı, pestisit kullanımı ve antimikrobiyal dirençle mücadele konularında taahhütler almak için ticaret politikaları geliştirilecektir.

Bunların yanı sıra, iklim değişikliğinin en büyük etkenlerinden biri olan tarımsal metan gazı salımının azaltılması için ise doğru ölçüm ve raporlamaların sağlanması ve biyogaz üretimi fırsatlarının değerlendirilmesi temel hedefler arasında yer almaktadır.

Tarımsal sera gazı salımlarının azaltılmasına organik, organomineral ve kimyasal gübrelerin etkin ve doğru kullanımı da önemli katkı sağlayabilir. Toprağa uygulanan gübrelerdeki temel besin elementlerinin önemli bir kısmı bitkiler tarafından kullanılmamaktadır. Söz konusu olan bitki besin elementi kullanım etkinliklerindeki bu düşüş, bu kayıp, toprağa karışmadan buharlaşarak atmosfere karışan amonyak gazı salımları, doğal azot döngüleri (topraktaki azot bakterilerinin faaliyetleri), azot döngüleri sonucunda veya gübreden gelen nitrat iyonlarının yağış ve sulama sebebiyle yıkanarak yer altı sularına karışıp kirliliğe sebep olması ve toprak yapısı itibarıyla topraktaki metal iyonlarının (Fe, Al, Ca, Cu gibi) gübredeki fosfat moleküllerini bağlaması (fosfor fiksasyonu) ile oluşmaktadır.

Bu noktada, Avrupa Birliği Yeşil Mutabakatı kapsamında, hem sera gazı salımlarının azaltılması (gübre uygulamalarındaki kayıplar ve kayıpları telafi etmek için yapılan fazla gübreleme sonucu dolaylı olarak ortaya çıkan gübre üretim endüstrisi sera gazı salımları), hem de sürdürülebilir tarım ve gıda üretimi için tarımda bitki besin elementi alımının artırılması önemli hedefler arasında yer almaktadır.

Toros Tarım'ın içinde bulunduğu sektörü direkt olarak etkileyen bu amaçlar doğrultusunda, Ar-Ge Merkezinde 2017 yılından itibaren yavaş salımlı gübreler üzerine çalışmalar yapılmakta olup, bu çalışmalar hem topraktaki azot döngüsü ile bitki beslemenin yavaş salımlı hale getirilmesi, hem kontrollü salım ile gübre içeriğindeki besin maddelerinin zamana yayılmış olarak çözünmesi, hem de fosfor fiksasyonuna sebep olan iyonların inhibe edilmektedir. Aynı zamanda toprakta halihazırda fikse olmuş fosfor bileşiklerinin de bitkilerin kullanabileceği formda salımının sağlanması konularında çalışmalar yürütülmektedir.

Gübre fiyatları, sektörde hammadde olarak kullanılan amonyak ve doğalgaz fiyatlarıyla doğru orantılıdır. Son yıllarda hem ülkemizdeki amonyum nitrat kısıtlamaları, hem de dünyada artan hammadde fiyatları nedeniyle gübre maliyetleri ve dolayısıyla tarımsal ürünlerin ve bu ürünlere bağlı gıda sektörlerinin ürünlerinin fiyatlarında artışlar görülmektedir. Gübre fiyatlarındaki artış, yetiştiriciliği yapılan bitkilerin verimini artıracak olan gübre kullanımının ciddi ölçüde azalmasına, bunun doğal sonucu olarak da verimde önemli düşümlere neden olmaktadır. Ar-Ge faaliyetleri doğrultusunda geliştirilecek yavaş/kontrollü salımlı akıllı sistemlerle, daha az gübreleme ihtiyacı ile mahsul veriminde artış sağlanabilir ve gıda sektörünün sürdürülebilirliğine katkıda bulunulabilir.

## BIYOÇEŞİTLİLİĞİN KORUNMASI

Son 40 yılda, vahşi türlerin popülasyonu insan faaliyetleri nedeniyle %60 azalmıştır. AB Biyoçeşitlilik Stratejisi, biyoçeşitliliğin azalmasındaki temel faktörleri kara-deniz kullanımındaki değişiklikler, aşırı kullanım, iklim değişikliği, kirlilik ve istilacı yabancı türlerin artışı olarak tanımlamış ve iklim değişikliğini hafifletmenin biyoçeşitlilik kaybını azaltacağını öngörmektedir. Bu strateji ile, ormanları, toprağı ve sulak alanları restore etmek ve şehirlerde yeşil alanlar yaratmaya odaklanarak Tarladan Sofraya Stratejisi ile birlikte çalışacak önlemler alınmasına odaklanılmıştır. Habitatlar Direktifi ile de zarar gören ve tehlike altında bulunan doğal habitatların korunması sağlanarak biyoçeşitliliğin azalmasının önüne geçilecektir.

## Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge)

Ar-Ge faaliyetleri AB Yeşil Mutabakat ana hedeflerinin her birinde yer almakta olup, iklim

değişikliği verilerinin takibi ve analizi, sürdürülebilir ürünler, sistemler ve teknolojiler geliştirilmesi ve dijitalleşme adımlarında uygulanacak temel faaliyetler içerisindedir.

## KARBON KAÇAĞI KAYNAKLI HAKSIZ REKABETİN ÖNLENMESİ

AB Yeşil Mutabakatı ile geçilecek düşük karbon modeli ile gelen karbon kaçağı riski de bu mutabakat içerisinde değerlendirilmiş ve bu noktada iki temel risk tanımlanmıştır:

- Üretimin, AB içindeki kısıtlamalara tabi olmayan ve emisyon azaltımı konusunda isteksiz ülkelere kayması,
- AB ürünlerinin yerini karbon yoğun ithalatlara bırakması.

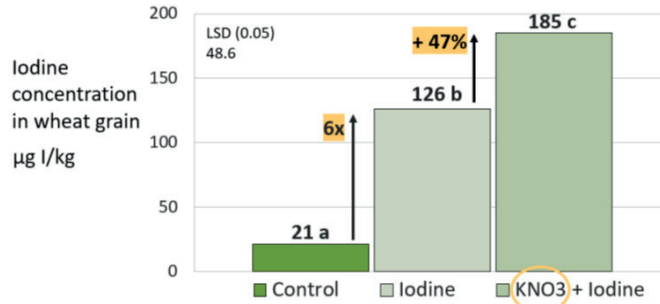
Bu risklerin önüne geçmek için Karbon Sınırı Ayarlama Mekanizması önerilmekte ve ithalat ürünlerinin fiyatlarının karbon içeriğini daha doğru yansıtması beklenmektedir.

### • Tahıllarda İyot Yoğunluğunun Artırılması

Tarım topraklarında ve yaygın olarak tüketilen diyetlerde mikrobesein miktarının düşük olması gibi insan popülasyonlarındaki mikro besin eksikliklerinin temel nedenleri, beslenmeyi odak alan tarım ve gıda politikalarında ele alınmalıdır [6]. Gıda zenginleştirme önlemleri her zaman yerel bağlama uyarlanmalı ve mikro besin eksikliklerinin gerçek nedenlerini ele alacak şekilde tasarlanmalıdır. Bu bitki besleme yeniliklerinin besinsel faydalarından tam olarak yararlanmak, daha fazla politika desteği, iyi hedefleme, diğer müdahalelerle entegrasyon ve gübre endüstrisi ile stratejik iş birliği gerektirecektir. Şekil 5'te buğday bitkisinde kontrol, sadece iyot ve potasyum nitrat iyot uygulamasının neden olduğu konsantrasyon farkları gösterilmektedir.

Çiftçiler tarafından biyolojik zenginleştirme uygulamalarının daha geniş çapta benimsenmesi, gerekli aktarım ve güvenceyi sağlayan, tarımsal ve beslenme eğitimi ile yayımı birbirine bağlayan ekonomik teşviklere, yasal zorunluluklara ve yayım hizmetlerine bağlıdır.

Son olarak; gübre endüstrisi, sadece gıda güvenliği, kırsal kalkınma ve çevre için üretkenliğe odaklanmayan, aynı zamanda gıda sistemleri ilkelerinden biri olarak beslenme ve sağlığı da içeren yeni bir bitki besleme paradigmasını desteklemektedir. Gıda üreten ve işleyen şirketler, son tüketiciye besin açısından daha zengin gıda üretir, tedarik eder ve satar. Bu yöntem ile en uygun beslenmenin yolu olan tarımsal beslenme ile mikro element eksikliklerinin de önüne bir nebze geçilmiş olur.



Şekil 5 : Buğday bitkisinde kontrol, sadece iyot ve potasyum nitrat + iyot uygulamasının neden olduğu konsantrasyon farkları [14]



Şekil 6 : Potasyum nitrat + iyot uygulamasının üretimdeki yolculuğu [14] (IFA, 2021)

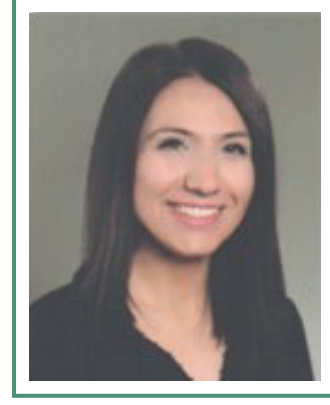
#### Kaynaklar:

1. FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO, The State of Food Security and Nutrition in the World 2020 (2020) (available at <http://www.fao.org/documents/card/en/c/ca9692en/>).
2. I. Cakmak, U. B. Kutman, Agronomic biofortification of cereals with zinc: a review. *Eur. J. Soil Sci.* 69, 172–180 (2018), doi:10.1111/ejss.12437.
3. R. Fuge, C. C. Johnson, Iodine and human health, the role of environmental geochemistry and diet, a review. *Applied Geochemistry*. 63, 282–302 (2015), doi:10.1016/j.apgeochem.2015.09.013.
4. G. D. Jones et al., Selenium deficiency risk predicted to increase under future climate change. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 114, 2848–2853 (2017), doi:10.1073/pnas.1611576114.
5. P. T. Kao et al., Factors influencing elemental micronutrient supply from pasture systems for grazing ruminants. *Adv. Agronomy*. 164, 161–229 (2020), doi:10.1016/bs.agron.2020.06.004.
6. J. C. Fanzo et al., Educating and training a workforce for nutrition in a post-2015 world. *Advances in Nutrition*. 6, 639–647 (2015), doi:10.3945/an.115.010041.
7. G. Alfthan et al., Effects of nationwide addition of selenium to fertilizers on foods, and animal and human health in Finland: From deficiency to optimal selenium status of the population. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 31, 142–147 (2015), doi:10.1016/j.jtemb.2014.04.009.
8. T. W. Bruulsema, P. Heffer, M. R. Welch, I. Cakmak, K. Moran, Fertilizing crops to improve human health: a scientific review (International Fertilizer Industry Association (IFA), Paris, 2012).
9. N. Phattarakul et al., Biofortification of rice grain with zinc through zinc fertilization in different countries. *Plant Soil*. 361, 131–141 (2012), doi:10.1007/s11104-012-1211-x.
10. M. H. Zia et al., Site-specific factors influence the field performance of a Zn-biofortified wheat variety. *Front. Sustain. Food Syst.* 4, 135 (2020), doi:10.3389/fsufs.2020.00135.
11. J. B. Goloran et al., Grain Zn concentrations and yield of Zn-biofortified versus Zn-efficient rice genotypes under contrasting growth conditions. *Field Crops Res.* 234, 26–32 (2019), doi:10.1016/j.fcr.2019.01.011.
12. I. Cakmak, C. Prom-u-thai, L. R. G. Guilherme, A. Rashid, K. H. Hora, A. Yazici, E. Savasli, M. Kalayci, Y. Tutus, P. Phuphong, M. Rizwan, F. A. D. Martins, G. S. Dinali & L. Ozturk Iodine biofortification of wheat, rice and maize through fertilizer strategy
13. Emin Bulent Erenoglu, Umit Baris Kutman, Yasemin Ceylan, Bahar Yildiz, Ismail Cakmak Improved nitrogen nutrition enhances root uptake, root-to-shoot translocation and remobilization of zinc (65Zn) in wheat
14. Food Systems Summit 2021 Action Track 1: Ensuring Access to Safe and Nutritious Food for All
15. K Ryan Wessells, Kenneth H Brown. Estimating the Global Prevalence of Zinc Deficiency: Results Based on Zinc Availability in National Food Supplies and the Prevalence of Stunting
16. Andreini, C., Banci, L. & Rosato, A. 2006. Zinc through the three domains of life. *Journal of Proteome Research*, 5, 3173–3178.



## ENDÜSTRİYEL ATIKLARIN YÖNETİMİ VE ATIK MİNİMİZASYONUNUN ÖNEMİ

Cemre Avşar, Yüksek Kimya Mühendisi / ARGE UZMANI



Günümüz dünyası 77 milyar insana ev sahipliği yapmaktadır. Toplam nüfusun 2030 yılına kadar %15 oranında büyüme göstermesi ve 2050 yılına kadar 9 milyara ulaşacağı öngörülmektedir. Dünya nüfusunda gözlemlenen sürekli artış eğilimi ile özellikle temel tüketim ihtiyaçlarını kapsayan enerji, gıda ve su alanlarında da kalıcı bir talep artışına neden olmaktadır (Cheong vd. 2020; Ulusal ve Avşar, 2020). Dolayısıyla, kaynakların bulunabilirliğini sağlayabilmek amacıyla sürdürülebilir kalkınma hedeflerine uyum büyük önem arz etmektedir.

Artan dünya nüfusunun temel yaşamsal ihtiyaçlarını karşılayabilmek adına dünyanın sınırlı olan kaynakları sürekli tüketilirken aynı zamanda düzenli bir kirlilik oluşumu yaşanmaktadır. Günümüzde mevcut üretim ve tüketim sistemi göz önüne alındığında, tüketilen kaynakların yenilenmesi için 1.7 Dünya'ya eşdeğer kaynak gerektiği ortaya çıkmaktadır (Mhatre vd. 2020). Bu gerçek doğrultusunda, dünyanın sınırlı kaynaklara sahip olduğu ve bu kaynakların en verimli şekilde kullanılması gerektiği göz ardı edilmemesi gereken bir konudur.

Sanayileşme alanında gerçekleşen gelişmeler beraberinde sera gazı emisyonlarında artış kaynaklı küresel ısınma, ağır metal ve zararlı diğer materyallerin ekosisteme sızması sebebiyle biyoçeşitliliğin zarar görmesi ve doğal kaynakların azalması gibi çeşitli çevresel sorunlarla karşılaşmaktadır (Albores vd., 2016). Günümüzde gitgide çok daha önemli bir hale gelen çevre sorunları ise hükümetler için kritik bir konudur. Hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler sanayileşme, nüfus artışı ve kaynakların sınırlı olması

sebebiyle kaynakların korunması ve atık yönetimi anlamında önemli sorunlarla karşı karşıya kalmaktadırlar (Li vd., 2019). Kaynakları koruyan ve çevre dostu bir tedarik zinciri elde ederek ekonomik kalkınmayı başarabilmek ülkelerin öncelikli hedefleri arasındadır. Bu alanda çeşitli uluslararası yönetmelikler ve yasalar bulunmaktadır. Kyoto Protokolü, 1997'de karbon emisyonlarına yönelik devreye girmiş ve 1997-2012 yıllarını kapsayan süreç için planlanmıştır. 2015 yılında imzalanan ve 2016 yılında yürürlüğe giren, 2021 yılı Mart ayı itibarıyla 101 üyenin taraf olduğu Paris İklim Anlaşması ise iklim değişikliğinin azaltılması, adaptasyonu ve finansmanı konularını içermektedir (Du vd., 2016). Sanayileşmenin çevre üzerinde oluşturduğu etkiyi azaltmaya yönelik aksiyonlar için ülkeler döngüsel ekonomi konsepti çerçevesinde kendi çevre politikalarını dizayn edip uygulamaya almıştır. Yeni Zelanda'nın karbon vergisi planı veya Çin'in 11. Beş yıllık planı çerçevesinde kentsel atıkların zararsız bertaraf edilmesini sağlayan tesislerin kurulumu bu aksiyonlara örnek olarak verilebilmektedir.

En genel anlamda atık; insan faaliyetlerinin ve endüstriyel faaliyetlerin yürütülmesi sürecinde oluşan ve oluşum yerindeki amacını kaybetmiş veya tüketim özelliklerini kısmen veya tamamen kaybeden malzeme olarak tanımlanmaktadır. Endüstriyel atık ise üretim sürecinde oluşan atık olarak tanımlanmaktadır. Atıkların sınıflandırılması menşei, fiziksel durumu, geri kullanım olasılığı gibi farklı kategorilere göre yapılmaktadır. Yasal düzenlemelerde atık sınıflandırma yaklaşımları kapsamındaki çalışmalara dayanılarak tanımlanan kategoriler doğrultusunda, tüm atık türleri için temel ve ortak olarak alınan atık düzeyleri Tablo 1'de özetlenmiştir (Vegeera vd., 2018).

Sınıflandırma Şekli	Atık Türü
Menşesine göre	Üretim atığı, tüketim atığı
Fiziksel duruma göre	Katı atık, sıvı atık
Oluşum faaliyetlerine göre	Bu atıkların oluştuğu spesifik prosese bağlı olarak; inşaat, maden, petrokimya vb.
Geri kullanım olasılığına göre	İkincil hammadde kaynağı
Daha sonra tekrar işleme ihtiyacı durumuna göre	Kullanım sonrası geri dönüştürülebilir veya tekrar kullanılamaz
Tehlike durumuna göre	Tehlikeli, tehlikesiz, inert vb.

Tablo 1. Atık Sınıflandırma Kategorileri

Atık karakterizasyonu, atığın oluştuğu endüstriyel prosesin anlaşılması ile başlamaktadır. Atığın uygun şekilde karakterizasyonunun sağlanabilmesi için oluştuğu proses hakkında prosesin süreç akım şemalarını gözden geçirmek veya tüm girdi ve çıktılarını belirlemek gibi yeterli bilgiye sahip olunması gerekmektedir. Ayrıca atığın durumu, oluşan atığın miktarı ve atığın kimyasal yapısı gibi fiziksel ve kimyasal bilgilerine de aşına olmak gerekmektedir. Çoğu endüstri, prosesi gereği oluşan atığının bileşenleri, potansiyel kirletici konsantrasyonları gibi konular çerçevesinde detaylı karakterizasyonları gerçekleştirilmektedir.

Atıkların bütüncül ve çevreye zarar vermeden bertaraf edilmesine yönelik çalışmalar 1990'lı yıllarda başlamıştır (EPA, 2020). Bu konuda yürürlüğe giren çeşitli yasalar, direktifler, Koyoto Protokolü ve Paris İklim Anlaşması gibi yürürlüğe giren anlaşmalar, atık yönetimi planlarının uygulamasına yönelik belirlenen standartlar ve bütün bu aksiyonlar doğrultusunda ulaşılması planlanan hedefler belirlenmiş durumda olmasına rağmen, ülkeler bazında atık yönetimi konusunda elde edilen başarılar değişkenlik göstermektedir.

Atık yönetimi hiyerarşisi ABD Çevre Koruma ajansı tarafından geliştirilmiştir ve atık yönetimi stratejilerini en çok tercih edilenden en az tercih edilene göre sıralamaktadır. Aynı zamanda, atığın

oluşturduğu lokasyona özgü tasarlanmış bir atık yönetimi oluşturmak amacına hizmet etmektedir ve atık yönetimi alanındaki performansı etkileyen en önemli unsur olma özelliğini göstermektedir. Hiyerarşinin ülkeler bazında dikkate alınması ise 2008 yılında yürürlüğe giren AB Atık Çerçeve Direktifi ile başlamıştır.

Şekil 2'de gösterilen atık yönetimi hiyerarşisine göre; atığın oluşumunu azaltma, yeniden kullanma ve geri dönüşüm/kompostlama yöntemleri etkili bir atık yönetimi planında öncelikli uygulanması tercih edilen yöntemler olarak sıralanmıştır. Endüstriyel faaliyetler devam ettiği müddetçe atığın oluşumunu önlemek mümkün olmayacağı için, atık oluşumunu azaltmaya yönelik alınan aksiyonlar önem kazanmıştır.

Kaynağında azaltılamayan veya yeniden kullanım için uygun olmayan atıklar için uygulanması gereken en uygun seçenek ise geri dönüşüm veya kompostlama yöntemleridir. Bu yöntemlere uygun olmayan atıklar ise öncelikli olarak enerji geri kazanımında değerlendirilebilir potansiyeli açısından incelenmelidir. Depolama yöntemi, hiyerarşide en az tercih edilen yöntem olmakla birlikte; önlenmesi, azaltılması, yeniden kullanımı, geri dönüşümü veya enerji alanında geri kazanımı yöntemlere uygun olmayan atıklar için tercih edilen yöntem olarak değerlendirilmelidir.

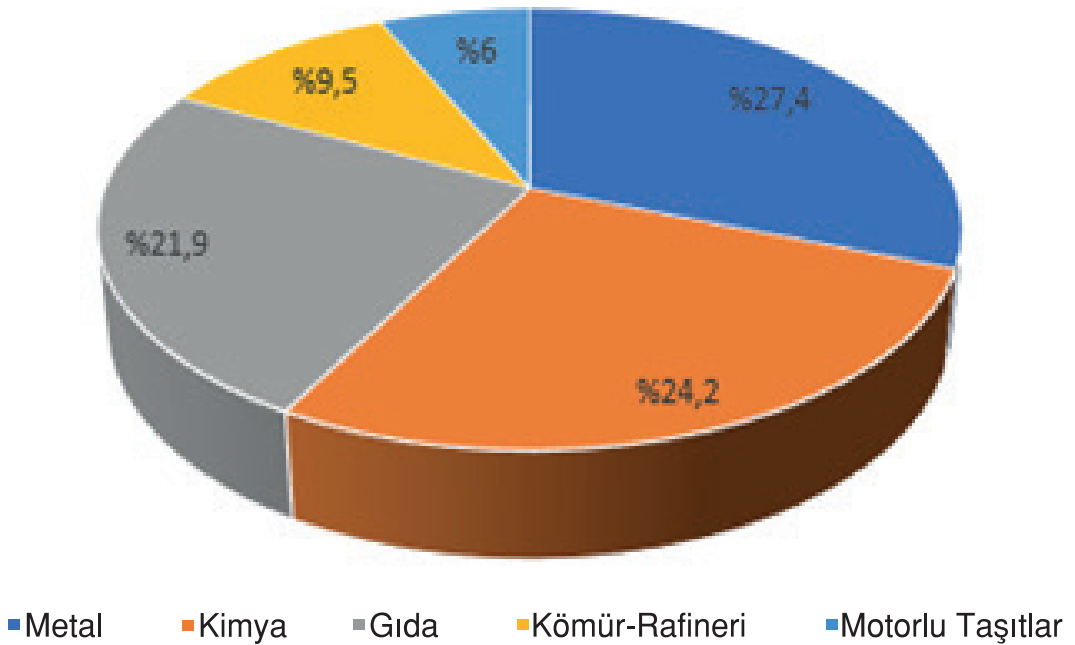


Şekil 2. Atık yönetimi hiyerarşisi (İzmir Kalkınma Ajansı, 2021)

Atıkların toplanması, sınıflandırılması, depolanması ve depolama sonrası açığa çıkan çevresel sorunların ortadan kaldırılması gibi süreçler uygulanmaktadır, fakat çoğu yönetimler bu işlemlerin yüksek maliyetli olduğunu bildirmektedir. Sürdürülebilir bir atık yönetim modeline geçiş, mevcut kurumların atık içeriklerine göre uygun yöntemleri içerecek atık stratejileri geliştirmeleri ile mümkün olmaktadır. Fakat, bu stratejilerin geliştirilme aşamasında önemli olan, her atığın aynı işleme tabi tutulmaması gerektiği ve atığın türüne uygun olan stratejilerin geliştirilmesidir (İzmir Kalkınma Ajansı, 2021).

Türkiye’de oluşan endüstriyel atıklarla ilgili kısıtlı bilgi bulunmakla birlikte, bu alanda hazırlanan en kapsamlı raporlar Türkiye İstatistik Kurumu tarafından hazırlanmaktadır. 2010 yılının verisine göre Türkiye’de en fazla endüstriyel atık oluşturan sanayi kategorileri %27.4’ü metal endüstrisi, %24.2’si kimya endüstrisi, %21.9’u gıda ve içecek endüstrisi, %9.5’i kömür ve petrol rafinerisi, %6’sı motorlu taşıtlar olmak üzere sıralanmıştır (Salihoğlu, 2010).

TÜİK tarafından 2018 yılında yayınlanan İmalat Sanayi Atık Göstergeleri Tablosu ise, 2016 ve 2018 yıllarının özetini göstermektedir. Tablo 2 incelendiğinde, 2018 yılında daha fazla endüstriyel atık oluştuğu, fakat 2016 yılı ile karşılaştırıldığında oluşan atıkların bertaraf/geri kazanım yöntemlerinin daha kontrollü şekilde uygulandığı gözlemlenmektedir. Türkiye’de 2018 yılında endüstriyel faaliyetler sonucu toplamda 22,9 Mton atık oluşmuştur. Oluşan atığın %57.3’ü satılmış veya lisanslı atık bertaraf ve geri kazanım firmalarına gönderilmiş, %21’i düzenli depolama tesislerinde depolanmış, %9.2’si tesis bünyesinde geri kazanılmış, %5.5’i işyeri sahasında depolanmış, %4.5’i belediye veya OSB yönetimleri tarafından toplanmış, %2’si beraber yakma ya da yakma tesislerinde yakılmış ve %0.5’i diğer yöntemlerle bertaraf edilmiştir (TÜİK, 2018).



Şekil 3. Türkiye’de en fazla endüstriyel atık oluşturan sektörler (Salihoğlu, 2010)



Tablo 2. Türkiye İmalat Sanayi Atık Göstergeleri (TÜİK, 2018)

	2016			2018		
	Toplam	Tehlikeli	Tehlikesiz	Toplam	Tehlikeli	Tehlikesiz
Oluşan atık miktarı	16 266 735	1 194 328	15 072 407	22 881 144	3 677 320	19 203 824
<b>Bertaraf geri kazanım yöntemlerine göre atık</b>						
Tesis bünyesinde geri kazanılan	1 931 606	5 653	1 925 953	2 100 077	776	2 099 300
Satılan/lisanslı firmalara gönderilen	8 958 235	847 099	8 111 136	13 109 284	1 187 410	11 921 873
Dolgu malzemesi olarak kullanılan	116 395	0	116 395	93 038	0	93 038
Beraber yakma (ko-insinerasyon) yakma tesisinde yakılan	473 520	47 437	426 083	465 615	45 010	420 605
Belediye/OSB tarafından toplanan	595 725	c	c	1 023 502	3 613	1 019 888
Düzenli depolama tesislerine gönderilen	2 311 287	c	c	4 794 790	2 436 308	2 358 482
İşyeri sahasında depolanan	1 857 687	1 086	1 856 601	1 257 265	4 202	1 253 063
Diğer yöntemlerle bertaraf edilen <sup>(d)</sup>	22 280	10	22 270	37 575	0	37 575

Yerel birimlerinde 50 ve üzeri çalışan olan imalat sanayi işyerlerini kapsamaktadır.

Tablodaki rakamlar yuvarlamadan dolayı toplamı vermeyebilir.

c Gizli veri

Türkiye'nin lisanslı endüstriyel atık bertaraf tesisleri oluşan atıkların küçük bir miktarını bertaraf etme kapasitesine sahiptir, bertaraf edilmeyen atıklar ile ilgili çeşitli sorular gündeme gelmektedir. Ülkemizde etkin bir atık yönetiminin sağlanabilmesi için sadece kurumsal düzenlemeler değil, aynı zamanda bu düzenlemelerin yönetsel bazında denetlenmesi, bilgi alışverişi platformlarının kurulması, geri dönüşüm ve endüstriyel atıkların bertaraf mekanizmalarının izlenebilir olması gerekmektedir. Endüstriyel atık yönetiminin uygun şekilde uygulanması için hem ulusal hem de AB Mevzuatları'nın izlenmesi gerekmektedir. Ek olarak, mevcut kurumsal altyapının geliştirilmesi ve/veya iyileştirilmesi de acil ihtiyaçlar arasında bulunmaktadır. Bu noktada özel sektörün de etkin bir rol üstlenmesi için farklı yönetim mekanizmalarının geliştirilmesi gerekmektedir. Ülkeler bazında farklılıklar yaşanıyor olsa da Türkiye'de de çoğu büyüme ve sanayileşme yaşayan ülkeye benzer olarak endüstriyel atık sorunları yaşanmaktadır. Ülkemizde endüstriyel atık yönetimi programının geliştirilebilmesi için atık ve bertaraf tesislerinin sayısı ve kapasitesinin artırılması, müteakip yasa ve politikaların ise endüstriyel atık minimizasyonu ve atıkların yeniden kullanımı veya geri dönüşümü konularını teşvik edici olması gerekmektedir.

İleriki sayılarda ise fosfatlı gübre üretim tesislerinde fosforik asit üretimi esnasında oluşan "fosfojips" konusu ele alınacaktır.

Kaynaklar: Cheong, J. C., Lee, J. T. E., Lim, J. W., Song, S., Tan, J. K. N., Chiam, Z. Y., Yap, K. Y., Lim, E. Y., Zhang, J., Han, H. T. W., Tong, Y. W. (2020). Closing the food waste loop: Food waste anaerobic digestate as fertilizer cementi cultivation of the leafy vegetable, xiao bai cai (Brassica rapa), Science of the Total Environment, 715, 136789–126809.

Ulusal, A., Avşar, C. (2020). Understanding caking phenomena in industrial fertilizers: A review, Chemical and Biochemical Engineering Quarterly, 34, 209–222.

Mhatre, P., Panchal, R., Singh, A., Bibyan, S. (2020). A systematic literature review on the circular economy initiatives in the European Union, Journal of sustainable Production and Consumption, e00384.

Albores, P., Petridis, K., Dey, P. K. (2016). Analysing efficiency of waste to energy systems: Using data envelopment analysis in municipal solid waste management, Procedia Environmental Sciences, 35, 265-278.

Li, D., Wang, M., Lee, C. (2020). The waste treatment and recycling efficiency of industrial waste processing based on two-stage data envelopment analysis DEA with undesirable inputs, Journal of Cleaner Production, 242, 118279.

Du, S., Hu, L., Song, M. (2016). Production optimization considering environmental performance and preference in the cap- and- trade system, Journal of Cleaner Production, 112, 1600-1607.

Vegara, S., Malei, A., Sopera, I., Sushko, V. (2018). Information support of the circular economy: The objects of accounting at recycling technological cycle stages of industrial waste, The International Journal of Entrepreneurship and Sustainability Issues, 6(1), 190-210.

US Environmental Protection Agency (2020). Guide for industrial waste management,

<https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-03/documents/industrial-waste-guide.pdf> (son erişim tarihi: 3 Aralık 2021)

İzmir Kalkınma Ajansı (2021).

<https://kalkinmaguncesi.izka.org.tr/index.php/2021/08/24/cope-attigimiz-servet-2-surdurulebilir-bir-atik-yonetim-modeli-icin-oneriler/> (son erişim tarihi: 3 Aralık 2021)

Salihoğlu, G. (2010). Industrial hazardous waste management in Turkey: Current state of the field and primary challenges, Journal of Hazardous Materials, 177, 42-56.

Türkiye İstatistik Kurumu (2018). İmalat sanayi atık göstergeleri. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=İmalat-Sanayi-Su,-Atiksu-ve-Atik-Istatistikleri-2018-30669> (son erişim tarihi: 3 Aralık 2021).

## YEŞİL KİMYA

Özlem Öner, Yüksek Kimyager / ARGE UZMANI



M.Ö. 1000'li yıllardan bu yana insan yaşamı için önemli buluşların ortaya çıkmasında, tıpta, enerjide, yeni endüstrilerin gün ışığına çıkmasında ve daha birçok alanda (plastik, pestisit, medikal ürünler, kozmetik, vb.) hayatımızı kolaylaştıran "Kimya" çıktılarının yanında maalesef hızla gelişen teknolojinin beraberinde getirdiği ozon tabakasının incelmeye, çevre kirliliği, küresel ısınma, eko-toksinite gibi pek çok problemle karşılaşmıştır. Her ne kadar bütün bu avantajların yanında dezavantajlar bulunsun da bu sorunlara çözüm yolları bulmakta yine kimya biliminin elindedir. Tam olarak bu noktada, sorunların oluştuğundan sonra çözülmesinden önce gelen geleneksel kimya yöntemleri ile meydana gelen olumsuzlukların kaynağında yok edilmesi için yeni ve güncel bir yöntem olan "Yeşil Kimya" karşımıza çıkmaktadır [1, 2].

Yeşil kimya, kimyasal ürünlerin tasarımında, imalatında ve uygulamalarında tehlikeli maddelerin kullanımını veya oluşumunu azaltan veya ortadan kaldıran bir dizi ilkenin kullanılmasıdır. Yeşil kimya ideolojisi, kaynak verimliliği, enerji verimliliği, ürün seçiciliği, sağlık ve çevre güvenliği açısından yeni kimyasal sistemlerin geliştirilmesini gerektirmektedir [3].

### Yeşil Kimyanın 12 Prensipleri

İnsan sağlığını ve çevreyi birincil öncelikte ele alan Anastas & Warner (1998) tarafından listelenen yeşil kimyanın 12 prensibi şu şekilde özetlenebilir.

#### 1. ATIK ÖNLEMİ

Atık önleme, Yeşil Kimya'nın on iki ilkesinden ilkidir. Atıkları oluşturduktan sonra temizlemektense kaynağında önlemek önemlidir. Atık birçok şekil alabilir ve doğasına, zehirliliğine, miktarına veya salınma şekline bağlı olarak çevreyi farklı şekillerde etkileyebilir.

E-faktörü (çevresel faktör), bir reaksiyonun ne kadar "yeşil" olduğunun basit bir ölçüsüdür. Ürün kütlesi

başına atık kütlesinin oranı olarak tanımlanır. Kimya endüstrisinde birçok kişi tarafından benimsenen çevresel faktör, bazı endüstriyel süreçlerin aslında ne kadar verimsiz olduğunun altını çiziyor ve yaratıcı çözümlere kapı açıyor. Örneğin, klorohidrin ara ürünü ile hazırlanan etilen oksidinin resimde gösterildiği gibi tüm sentez için E-Faktörü 5'e eşittir. Her bir kilogram ürün için 5 kg atık bir yöntemle bertaraf edilmiştir. Sentez, moleküler oksijen kullanacak şekilde değiştirilmiş ve böylece klor ihtiyacını ortadan kaldırdığında, E-Faktörü 0,3 Kg atık miktarına düşmüştür. Yeni süreç, orijinalinden 16 kattan daha az atık üretmiş olup atık oluşumunu da ortadan kaldırmıştır [4, 5].

Yan ürünlerden kaçınılamadığı durumlarda ise başka yenilikçi ve verimli çözümler düşünülmelidir. Örneğin, bir atık yaşam döngüsüne yeniden girerken başka bir süreç için önemli bir değere sahip yeni bir hammadde haline gelebilir. Bu yaklaşım şu anda biyoyakıt üretimine uygulanmaktadır [6].

#### Traditional preparation of ethylene oxide

Step 1



Step 2



E-factor = 5  
over two steps

#### New route to ethylene oxide



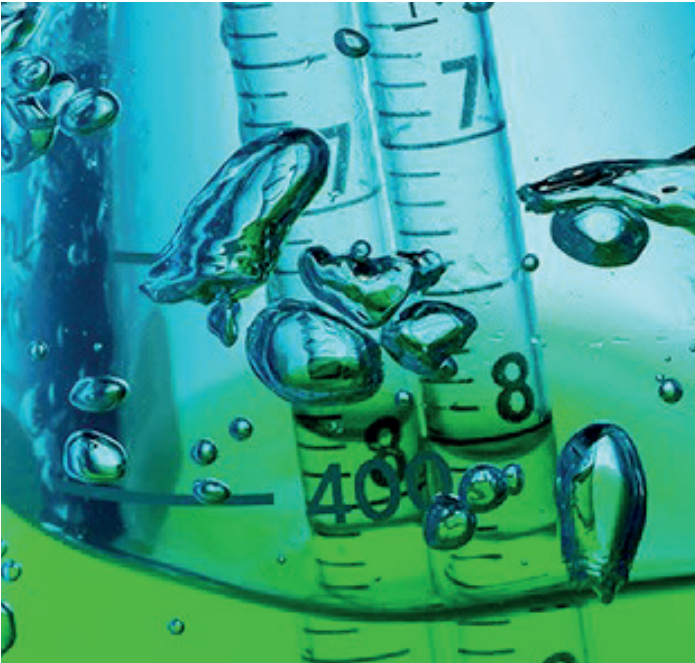
E-factor = 0.3

## 2. ATOM EKONOMİSİ

Atom ekonomisi (AE), istenen ürünün moleküler ağırlığının, reaksiyonda kullanılan tüm reaktantların moleküler ağırlıklarına oranı olarak ölçülür. Bir reaksiyonun ne kadar verimli olacağını hızlı bir şekilde değerlendirmeyi amaçlayan teorik bir değerdir.

## 3. MİNİMUM TEHLİKEYLE KİMYASAL SENTEZ

Uygulanabilir olduğu takdirde, sentetik metodolojiler, insan sağlığı ve çevre için çok az veya hiç toksik olmayan maddeleri kullanmak ve üretmek için tasarlanmalıdır. Son on yılda geliştirilen yeni reaksiyonların çoğu, geçtiğimiz yüzyılda keşfedilen mevcut yeşil reaksiyonların içerisine girmiştir.



## 4. DAHA GÜVENLİ KİMYASALLARIN TASARIMI

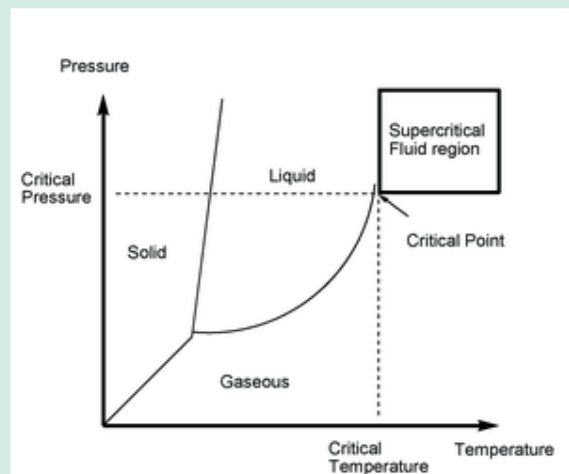
Kimyasal ürünlerde, toksisite azaltılırken işlevin etkinliğini koruyacak şekilde tasarlanmalıdır. Çevre üzerinde etkisi olan bir molekülün özelliklerini ve biyosferde meydana gelen dönüşümleri anlamak, sürdürülebilirlik için esastır. Bu anlayışa hâkim olunmasıyla kimya, insanlar ve çevre için daha güvenli molekülleri gerçekten tasarlayabilecektir.

## 5. DAHA GÜVENLİ ÇÖZÜCÜLER

Çözücüler, Yeşil Kimya araştırmasının belki de en aktif alanıdır [7]. Yeşil Kimya için önemli bir zorluğu temsil ederler çünkü genellikle sentezlerde ve işlemlerde boşa harcanan kütlelerin büyük çoğunluğunu oluştururlar [8]. Ayrıca, birçok geleneksel çözücü zehirli, yanıcı ve/veya aşındırıcı olabilir. Mümkün olduğunda geri kazanım ve yeniden kullanımı önerilir fakat bu durumda da genellikle yoğun enerji kullanımı gerekir. Tüm bu eksiklikleri gidermek için daha güvenli çözümler aranmaya başlanmıştır. Solventsiz sistemler, su, süper kritik akışkanlar, (SCF) ve iyonik sıvılar, bu yeni "yeşil" çözücülerin bazı örnekleridir [9, 10, 11, 12].

Su, gezegende en bol bulunan moleküldür ve bazen "evrensel çözücü" olarak adlandırılır. Bu nedenle, su içinde veya üzerinde bir reaksiyonu yürütebilmenin önemli avantajları vardır [13]. Su güvenlidir ve herhangi bir tehlike oluşturmaz. Büyük ölçekli proses kimyası için faydalı bir çözücü olduğu bilinir. Suyun özellikleri, hidrofobik etki yoluyla iyileştirilmiş reaksiyon hızlarına ve birçok organik madde suda çözünmediği için daha kolay ayırmaya bile yol açmıştır.

Süper kritik akışkanlar (SCF), geleneksel organik çözücülere başka bir alternatiftir ve geçtiğimiz yıllarda kapsamlı bir şekilde incelenmiştir [14]. Bunlar, aynı anda ısıtılan ve kritik noktalarının üzerinde sıkıştırılan maddelerdir. Yaygın olan SCF türleri; su, karbondioksit, metan, metanol, etanol veya asetonan üretilir.





Karbondiyoksit en yaygın kullanılan SCF'lerden biridir. Elde edilen süper kritik karbondiyoksitin (scCO<sub>2</sub>) çok yönlü, güvenli ve kullanımı kolay bir solvent olduğu kanıtlanmıştır.

SCF'yi genel olarak ve özellikle scCO<sub>2</sub>'yi bu kadar çekici yapan şey, kabı soğuturken veya basıncı düşürürken meydana gelen durum değişikliğidir. Kritik noktaların üstünde CO<sub>2</sub> reaksiyonların gerçekleştirilebileceği bir sıvı, altında ise gaz olacaktır. Sistemin gazdan arındırılması, solventin tamamen çıkarılması demektir. ScCO<sub>2</sub> ile yapılan en yaygın uygulamalar, yeşil kahve çekirdeklerinin kafeinsizleştirilmesi ve kuru temizlemede perkloretilenin değiştirilmesidir [15]. Süper kritik akışkanların geleneksel çözücülere karşı değerli bir alternatif olduğu kanıtlanmıştır.

Yeşil çözücülere başka bir örnek, iyonik sıvılardır. Adlarından da anlaşılacağı gibi, iyonik sıvılar veya bazen oda sıcaklığında iyonik sıvılar olarak adlandırılanlar, oda sıcaklığındaki sıvı tuzlardır. Neredeyse hiç buhar basıncına sahip olmayıp çok düşük yanıcılığa sahiplerdir. Jessop ve arkadaşları tarafından yakın zamanda keşfedilen şey "değiştirilebilir" iyonik bir sıvıdır [16]. Aslında, scCO<sub>2</sub>'e benzeyen bir çözücüdür. Organik bir karışıma basınçlı karbon dioksitin eklenmesiyle onu iyonik bir sıvıya dönüştürerek olduğu yerde daha güvenli bir çözücü üretir. Basıncın serbest bırakılması olayı tersine çevirir ve iyonik sıvı yeniden orijinal karışıma dönüştürülür, böylece çözücü tamamen ortadan kalkar ve saflaştırma ile ekstraksiyon adımlarını ortadan kaldırır.

## 6. ENERJİ VERİMLİLİĞİ

Petrol hammaddelerinin tükenmesine ve enerji tüketimindeki artışa ilişkin büyüyen endişeler, enerji açısından daha verimli süreçlerin geliştirilmesini ve yenilenebilir enerji arayışlarını teşvik etmiştir [17]. Birinci bölümde (birinci ilke) bahsedildiği gibi, kullanılmayan enerji de israf olarak kabul edilebilir. Yoğun enerji kullanımı gerektirmeyen kimyasal reaksiyonların veya sistemlerin tasarımı oldukça arzu edilir. Bir kimyasal reaksiyonun enerji bariyerini azaltmak veya dönüşümün oda sıcaklığında devam edebilmesi için uygun reaktantları seçmek, kimyagerlerin enerji ihtiyacını azaltmak için yapabileceklerinin bir örneğidir ve bununla bağlantılı tüm doğrudan ve dolaylı faydaları vardır [18].

Enerji tasarrufu sağlayan ürünler geliştirilerek enerji tüketiminin kontrol altına alınması, sera gazı yoğunluğunun azaltılması gibi yeşil kimyanın birçok yoluyla iklim değişikliğinin önüne geçilebilir. Küresel iklim değişikliği politikalarının en önemli anlaşmalarından olan 2015 yılında Paris Sözleşmesi'nin onaylanmasının ardından yeşil dönüşümün konuşulduğu bir dünyaya girmiş bulunmaktayız. Paris İklim Anlaşması'nın uzun dönemli hedefi, küresel sıcaklık artışının 2°C'nin olabildiğince altında tutulmasıdır. Bu hedef fosil yakıt (petrol, kömür) kullanımının tedricen azaltılarak, yenilenebilir enerjiye yönelmeyi gerektirmektedir [29, 30].



## 7. YENİLENEBİLİR KAYNAKLARIN KULLANIMI

İmalat ürünlerimizin büyük çoğunluğunun petrol hammaddesi veya doğal gazdan elde edildiği tahmin edilmektedir. Bu kaynakların tükenmesi, tüketici yaşamımızın ve ekonomimizin birçok yönüne dokunacaktır. Hem malzeme hem de yakıt için yenilenebilir hammaddelere yönelmek artık daha acil hale gelmiştir. Hem malzeme hem de enerji için gezegendeki başlıca yenilenebilir hammadde biyokütledir (canlı organizmalardan elde edilebilen malzemeler). Buna odun, ekinler, tarımsal kalıntılar, yiyecek vb. dahildir [20].

## 8. TÜREVLERİ AZALTMA

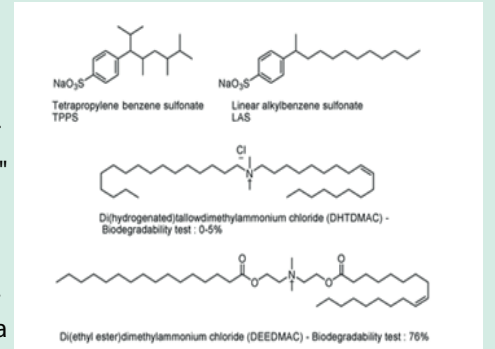
Kovalent türevlendirme, organik sentez veya analitik kimya için kullanılan kimyada her yerde bulunan bir tekniktir [23]. Gereksiz türevlendirme (blokaj gruplarının kullanımı, koruma/korumanın kaldırılması, fiziksel/kimyasal süreçlerin geçici olarak değiştirilmesi) en aza indirilmeli veya mümkünse kaçınılmalıdır, çünkü bu tür adımlar ek reaktifler gerektirir ve atık üretebilir.

## 9. KATALİZ

Çoğu durumda, atık oluşumu, stokiometrik miktarda reaktiflerin geleneksel kullanımıyla bağlantılıdır. Kataliz, stokiometrik miktarda reaktif kullanımından kaçınarak ve daha fazla ürün seçiciliği ile gereken enerji girdisini azaltarak bir reaksiyonun verimliliğini artırabilir. Bu, daha az enerji, daha az hammadde ve daha az atık anlamına gelir. Ayrıca, genellikle yenilikçi kimyasal reaksiyonlara kapı açar ve geleneksel kimyasal zorluklara alışılmadık çözümler getirir [24].

## 10. BOZUNABİLİRLİK

Kimyasal ürünler, işlevlerinin sonunda zararsız bozunma ürünlerine dönüşecek ve çevrede kalıcı olmayacak şekilde tasarlanmalıdır. Örneğin 1950'lerde tetrapropilen alkilbenzen sülfonat (TPPS) çamaşır deterjanları için bir yüzey aktif madde olarak kullanılmış ve suda birikmiştir. Yanlış bir bozunma nedeniyle "suyun musluktan çıkarken köpürme eğiliminde olduğu" gözlemlenmiştir. Halkın tepkisi endüstriyi acil bir çözüm aramaya sevk etmiş ve TPPS'nin metil dallı zincirinin yerine, doğrusal bir karbon zincirinin biyolojik kalıcılığı azaltacağı düşünülmüştür, nitekim öyle de olmuştur. Örneğin, TPPS'nin lineer alkilbenzen sülfonat (LAS) ile değiştirilmesi sonucunda biyobozunurluk yüzdesi artmıştır [25].



## 11. KİRLİLİĞİ ÖNLEMELER İÇİN GERÇEK ZAMANLI ANALİZ

Yeşil analitik kimyanın amaçlarından biri de kimyasalları atık üretmeden analiz etmektir [26]. Bu prensip, tehlikeli maddeler oluşmadan önce süreçler için izleme ve kontrol sistemleri kurarak gerçek zamanlı analitik metotlar ile kirlenmenin anında tespit edilip önlenmesi esasına dayanmaktadır.

## 12. KAZALARIN ÖNLENMESİ

Çalışma ortamımızda tehlikeli maddeler ve süreçler çoğalmıştır. "Kimyasal kazaların önlenmesi ve 1990 tarihli temiz hava kanunu değişikliklerine" göre, kazaların önlenmesi, tehlikelerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi ile başlar [27]. Toksikite olsun her türlü tehlike, patlayıcılık veya alevlenebilirlik gibi fiziksel tehlikeler ve küresel tehlikeler dikkate alınmalıdır.

Bu tehlikelerin ve tehlikelerin yakın tarihli ve şok edici bir örneği Ocak 2009'da meydana gelen UCLA kazasında bulunabilir [28]. Çok yaygın ve oldukça yanıcı butilliyum reaktifinin ele alınması, ne yazık ki ilgili araştırma görevlisinin ölümüyle birlikte korkunç bir sonuçla sonuçlandı. Bu kaza, bilim camiasına, halen kullandığımız birçok kimyasalın ciddi tehlikeler taşıdığını ve mümkün olan her yerde kazaları önlemek için daha güvenli alternatiflerle değiştirilmesi gerektiğini güçlü bir şekilde hatırlatmalı.



## YEŞİL KİMYA'DAKİ ENDÜSTRİYEL UYGULAMALAR DÜNYAMIZI NASIL DEĞİŞTİRİYOR?

Yeşil Kimya çok eski bir alan olmamasına rağmen endüstrideki uygulama örnekleri oldukça fazladır. Örneğin, paklitaksel isimli kemoterapi ilacı önceleri çok fazla çözücü kullanımı ile porsuk ağacının kabuğuna uygulanan işlemlerle elde edilebiliyorken Yeşil Kimya uygulamasına geçerek ilaç artık bir fermantasyon kazanında ağaç hücrelerinin yetiştirilmesiyle az miktarda çözücü kullanımıyla gerçekleşiyor [31].

Kumaş boyamada ise geleneksel yöntemler ile bu işlemi gerçekleştirmek çok fazla su gerektirir. Örneğin, bir tişört boyamak için yaklaşık 7 galon suya ihtiyaç vardır, ayrıca boyanmış malzemenin kurutulması gerektiği için oldukça da fazla enerji gerekir. Hollandalı bir firma kısa süre önce basınç altında ve hafif yüksek sıcaklıkta süper kritik karbondioksiti çözücü olarak kullanarak su içermeyen endüstriyel ölçekli bir boyama ekipmanı icat etmiştir. Böylece, yeşil kimyanın ilkelerinden olan hem çözücü hem de enerji kullanımını azaltmayı başarmıştır [32].

## YEŞİL KİMYANIN TARIM ALANINDAKİ UYGULAMALARI

İçeriklerinden dolayı çevreyi ve insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen çamaşır deterjanı, sprey temizleyici ve diğer temizlik ürünleri üreticilerinden bazıları tarımsal atığı değerlendirerek bu ürünlerin içerisine yeşil çözücüler eklemeye başladılar. Örneğin, etanolün sentezi için bazı ünlü şirketler yeni bir fabrika kurarak, mısırın taneleri yerine mısır koçanı ve saplarından selülozik etanol elde etmeyi planlamışlardır. Ardından, ürettikleri deterjanların içerisine karıştırarak yılda 7000 tondan fazla tarımsal atığı yeniden değerlendirebileceklerini ve Kaliforniya'daki evlerde bir ay boyunca tüm giysileri yıkamak için gereken enerji miktarını azaltacağını beyan etmişlerdir [32].

2008 yılında Dow AgroSciences araştırmacıları yeşil pestisit tasarımı için ödüllendirilmiştir. Doğal biyopestisitlerin yapı-aktivite ilişkilerini anlamaya çalışırken daha aktif olabilecek analogları tahmin etme çabasıyla Spinetoram isimli pestisit tasarlamışlardır. Şirket, bu yeni pestisitün üretiminin ilk beş yıllık kullanım süresi boyunca yaklaşık 1,8 milyon pound organofosfatlı insektisitleri ortadan kaldırmayı planlamıştır [33].

Özetle, Yeşil Kimya, atık miktarını azaltmayı, yenilenebilir hammaddelerin kullanılmasını, maksimum atom ekonomisini, stokiometrik değil, katalitik miktarların kullanılmasını ve kaza ihtimalini en düşük seviyeye çekmeyi hedeflemektedir. Ortam ve enerji konusunda, güvenli, tehlikesiz çözücüler kullanılmasını, enerji verimliliği artırmayı, daha yeşil kimyasal sentezlerin dizayn edilmesi gerektiğini savunmaktadır. Yeşil Kimya bunu yaparken, inovasyon yoluyla şirketlerin ekonomik olarak daha karlı ve aynı zamanda daha çevre dostu olabileceklerini göstermiştir.



### Kaynaklar

1. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1711495>
2. Paul Anastas \* and Nicolas Eghbali, Green Chemistry: Principles and Practice; Royal Society of Chemistry, 2010
3. Anastas, P.T.; Warner, J. C. Green Chemistry: Theory and Practice; Oxford University Press: Oxford, 1998.
4. R. A. Sheldon, Chem. Commun., 2008, 3352.
5. R. A. Sheldon, Green Chem., 2007, 9, 1273
6. S. K. Khanal, M. Rasmussen, P. Shrestha, H. V. Leeuwen, C. Visvanathan and H. Liu, Water Environ. Res., 2008, 80, 1625; G. Centi and R. A. Van Santen, in Catalysis for Renewables, From Feedstocks to Energy Production, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co., KGaA, Weinheim, 2007; F. Cavani, G. Centi, S. Perathoner and F. Trifirò, in Sustainable Industrial Chemistry, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co., KGaA, Weinheim, 2009.
7. P. T. Anastas, in Clean Solvent Alternative Media for Chemical Reactions and Processing, ACS Symposium series 819, Washington, DC, 2002, ch. 1; J. M. DeSimone, Science, 2002, 297, 799; R. A. Sheldon, Green Chem., 2005, 7, 267 ; C.-J. Li and B. Trost, Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A., 2008, 105, 13197.



8. A. D. Curzons, D. J. C. Constable, D. N. Mortimer and V. L. Cunningham, *Green Chem.*, 2001, 3, 1; D. J. C. Constable, A. D. Curzons and V. L. Cunningham, *Green Chem.*, 2002, 4, 521.
9. F. M. Kerton, in *Alternative Solvents for Green Chemistry*, RSC Green Chemistry Book Series, Royal Society of Chemistry, 2009, ch. 2, p. 23; K. Tanaka, in *Solvent-free Organic Synthesis*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co KGaA, Weinheim, Germany, 2003;
10. R. Breslow, *Green Chem.*, 1998, 225; C.-J. Li and T.-H. Chan, in *Comprehensive Organic Reactions in Aqueous Media*, ed. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2nd edn, 2007
11. F. M. Kerton, in *Alternative Solvents for Green Chemistry*, RSC Green Chemistry Book Series, Royal Society of Chemistry, 2009, ch. 8, p. 68 Search PubMed; Y. Arai, T. Sako and Y. Takebayashi, in *Supercritical Fluids*, Springer series in materials processing, Springer, New York, 2002; C. M. Gordon and W. Leitner, in *Catalyst Separation Recovery and Recycling*, Springer, Netherlands, 2006, ch. 8, p. 215; J. R. Hyde, P. Licence, D. Carter and M. Poliakoff, *Appl. Catal., A*, 2001, 222, 119.
12. T. Welton, *Chem. Rev.*, 1999, 99, 2071 CAS; M. J. Earle and K. R. Seddon, in *Clean Solvents: Alternative Media for Chemical Reactions and Processing—Ionic liquids: green solvents for the future*, ACS Symposium Series, American Chemical Society, 2002, vol. 819, pp. 10–25.
13. F. M. Kerton, in *Alternative Solvents for Green Chemistry*, RSC Green Chemistry Book Series, Royal Society of Chemistry, 2009, ch. 3, p. 44; C.-J. Li and L. Chen, *Chem. Soc. Rev.*, 2006, 35, 68; C.-J. Li, *Chem. Rev.*, 2005, 105, 3095.
14. F. M. Kerton, in *Alternative Solvents for Green Chemistry*, RSC Green Chemistry Book Series, Royal Society of Chemistry, 2009, ch. 8, p. 68
15. J. M. DeSimone and W. Tumas, in *Green Chemistry Using Liquid and Supercritical Carbon Dioxide*, Green Chemistry Series, Oxford University Press, Inc., 2003
16. P. G. Jessop, D. J. Heldebrant, X. Li, C. A. Eckert and C. L. Liotta, *Nature*, 2005, 436, 1102.
17. W. C. Turner, in *Energy Management Handbook*, The Fairmont Press, Inc., Lilburn, USA, 5th edn, 2005; F. Kreith and D. Y. Goswami, in *Handbook of Energy Efficiency and Renewable Energy*, CRC Press, Taylor & Francis Group, LLC, Boca Raton, USA, 2007.
18. P. T. Anastas and J. C. Warner, in *Green Chemistry: Theory and Practice*, Oxford University Press, New York, 1998; I. Horvath and P. T. Anastas, *Chem. Rev.*, 2007, 107, 2167.
19. W. Vielstich, A. Lamm and H. A. Gasteiger, in *Handbook of Fuel Cells: Fundamentals, Technology, Applications*, John Wiley & Sons, 2003; B. Sørensen, in *Hydrogen and Fuel Cells*, Elsevier Academic Press, 2005.
20. B. Kamm, P. R. Gruber and M. Kamm, in *Biorefineries—Industrial Processes and Products, Status Quo and Future Directions*, Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, 2006, vol. 1.
21. M. N. Belgacem and A. Gandini, in *Monomers, Polymers and Composites from Renewable Resources*, Elsevier Ltd., Oxford, 2008; A. Gandini, *Macromolecules*, 2008, 41, 9491; M. A. R. Meier, J. O. Metzger and U. S. Schubert, *Chem. Soc. Rev.*, 2007, 36, 1788; Y. Tokiwa and B. P. Calabia, *Can. J. Chem.*, 2008, 86, 54860.
22. T. Q. Hu, in *Chemical Modifications, Properties, and Usage of Lignin*, ed. Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2002; M. Hofrichter and A. Steinbüchel, in *Biopolymers, Lignin, Humic Substances and Coal*, Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, 2001.
23. D. R. Knapp, in *Handbook of Analytical Derivatization Reactions*, John Wiley & Sons, Inc., 1979.
24. I. T. Horvath, in *Encyclopedia of Catalysis*, Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, 2007.
25. R. S. Boethling, E. Sommer and D. DiFiore, *Chem. Rev.*, 2007, 107, 2207.
26. P. T. Anastas, *Crit. Rev. Anal. Chem.*, 1999, 29, 167
27. Solid Waste and Emergency response CEPPPO, Chemical accident prevention and the clean air act amendments of 1990, US Environmental Protection Agency, Washington DC EPA 550K94001, 1994
28. J. N. Kemsley, *Chem. Eng. News*, 2009, 87, 29–31
29. <https://fikirturu.com/toplum/paris-iklim-anlasmasi-her-seyi-degistirecek-turkiyenin-yesil-donusumune-kararli-adim/>
30. <https://home.kpmg/tr/tr/home/gorusler/2017/07/kimya-endustrisi-iklime-ayak-uydurmal.html>
31. <https://www.acs.org/content/dam/acsorg/membership/acs/benefits/discovery-reports/green-chemistry-applications.pdf>
32. Ritter, S.K. "Seeing the Green Side of Innovation." *Chemical & Engineering News* 2014, 92 (26) 24-28.
33. Office of Pollution Prevention and Toxics, The Presidential Green Chemistry Challenge Awards Program, Summary of 2008 Award Entries and Recipients, US Environmental Protection Agency, Washington DC, EPA 744R08002, 2008.
34. <https://www.solar.ist/enerji-guvenligi-ve-verimlilik-icin-yenilenebilir-enerji-sart/> (resim)
35. <https://www.turkchem.net/yesil-kimya-ve-tabaklamada-yesil-kimya-uygulamalari.html> (resim)
36. [https://www.turkcebilgi.com/patlay%C4%B1c%C4%B1\\_madde](https://www.turkcebilgi.com/patlay%C4%B1c%C4%B1_madde) (resim)
- [https://tr.123rf.com/photo\\_66437785\\_industry-earth-concept-vector-illustration-for-global-industrial-flat-cartoon-city-building-plane.html](https://tr.123rf.com/photo_66437785_industry-earth-concept-vector-illustration-for-global-industrial-flat-cartoon-city-building-plane.html)