

**Avrupa Mutabakatı
Döngüsel ve
Çalışma Grubu Raporu**

Eylül 2021

Türk Sanayisinin Yeşil Dönüşümü



İçindekiler

Giriş - Avrupa Yeşil Anlaşması.....	3
Karbon Sınır Ayarlama Mekanizması	4
Döngüsel Ekonomi Eylem Planı	6
Türkiye'nin Yeşil Mutabakat Eylem Planı.....	6
Türk Sanayisinin Yeşil Dönüşümü	8
Sanayinin Yeşil Dönüşümünde Enerji Verimliliği	8
Enerji Verimliliği Alanında Ulusal Hedefler ve Yatırım İhtiyaçları.....	9
EGD'den En Çok Etkilenecek Sektörlerde Enerji Verimliliğini Artıracak Uygulamalar	11
Enerji Verimliliğinde Yatırım Potansiyeli	23
Sanayinin Yeşil Dönüşümünde Su Verimliliği	25
Su Verimliliğinde Yatırım Potansiyeli	27
Sanayinin Yeşil Dönüşümünde Hammadde Verimliliği	29
Hammadde Verimliliğinde Yatırım Potansiyeli.....	31
Döngüsel Ekonomi Eylem Planının Plastik ve Ambalaj Sektörleri Üzerindeki Etkileri	32
Türk Sanayicilerinin Yeşil Dönüşüm İçin Yatırım Yapabileceği Diğer Alanlar.....	33
Sonuç ve TSKB Yol Haritası	34

Tarafından hazırlanmıştır

Danışma Hizmetleri ve Pazarlama Departmanı Kalkınma

Finansmanı Kurumları Departmanı Ekonomik

Araştırmalar Departmanı

Mühendislik ve Teknik Danışmanlık Bölümü Mali

Danışmanlık Bölümü

Kredi Analiz Departmanı

Giriş - Avrupa Yeşil Anlaşması

İklim değişikliğinden kaynaklanan risklerin ekonomik ve sosyal etkileri net bir şekilde görülmeye başlanırken, karbonsuzlaştırma yönünde yapılan düzenlemeler de ön plana çıkıyor. Bu eksende raporumuzda AB Yeşil Mutabakatı ve döngüsel ekonomi kavramının Türkiye'deki etkilerini incelemeyi amaçlıyoruz.

Avrupa Birliği'nin 2050 yılına kadar iklim nötr bir kıta olma hedefine giden yolda, iklim değişikliğinin önümüzdeki yıllarda sanayi ve ticaret politikaları da dahil olmak üzere AB'nin tüm politikalarına nüfuz edeceğini öngören Avrupa Yeşil Mutabakatı (EGD) 11 Aralık 2019 tarihinde yayımlandı.

EGD, AB ekonomisini (üretim ve tüketim kalıplarını) daha modern, kaynakları verimli kullanan ve rekabetçi hale getirecek bir yol haritası olarak tanımlanmaktadır. EGD tüm sektörleri kapsamakla birlikte en çok kaynak yoğun sektörleri (enerji, su ve hammadde) etkileyecek ve değiştirecektir.

Sera Gazı Emisyonlarının %55 oranında azaltılmasına yönelik bir tür eylem planı ve yol haritası olan "**Fit For 55 Paketi**" 14 Temmuz 2021 tarihinde yayımlandı. Paket, AB Emisyon Ticaret Sistemi ("ETS") kapsamında hayata geçirilmesi beklenen reformların yanı sıra tarım, enerji verimliliği, yenilenebilir enerji, arazi kullanımı, emisyon standartları ve enerjinin vergilendirilmesi gibi ETS dışı sektörleri düzenleyen karar ve kılavuzları da kapsıyor. Bu düzenlemeler arasında **Karbon Sınır Ayarlama Mekanizması** (CBAM) Türk sanayicileri için kritik bir öneme sahiptir. Avrupa Komisyonu, CBAM'ı karbon kaçağını önlemek, üçüncü ülkelere kaynaklanan sera gazı emisyonlarını azaltmak, yeşil politika uygulamaları geliştirmek ve AB'de yeşil dönüşüm için kaynak sağlamak amacıyla kullanmayı hedefliyor.

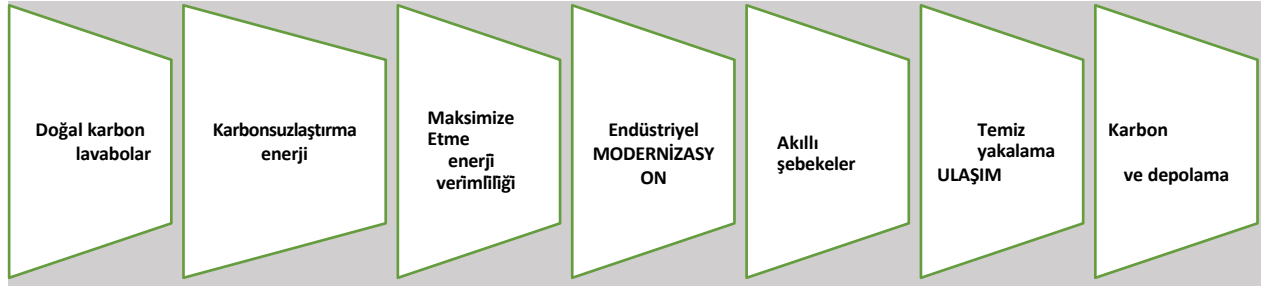
Avrupa Parlamentosu tarafından 10 Şubat 2021 tarihinde kabul edilen Döngüsel **Ekonomi Eylem Planı**, AB'nin dönüşüm programındaki en önemli yapı taşlarından biridir. Döngüsel Ekonomi Eylem Planı'nın yanı sıra EGD kapsamında farklı sektörleri ilgilendiren çok sayıda yeni-revize edilmiş yasa/yönetmelik, strateji ve eylem planı hazırlandı veya hazırlanıyor.

Şekil 1: EGD'nin Ana Politika Alanları



AB, 2050 yılına kadar ulaşmayı planladığı iklim nötrlüğüne ulaşmak için aşağıdaki alanlarda yatırım yapmayı hedeflemektedir.

Şekil 2: AB'nin İklim-Nötr Bir Kıta Olması İçin Temel Yatırım Alanları



Planlanan bu yatırımların AB ülkelerinde iklim değişikliği ile mücadele ve iklim değişikliğine uyum, biyoçeşitliliğin korunması ve geliştirilmesi, çevre kalitesinin iyileştirilmesi, kaynakların verimli kullanılması ve rekabet gücünün korunması, yeni istihdam yaratılması gibi alanlarda katkı sağlaması beklenmektedir.

Karbon Sınır Ayarlama Mekanizması

EGD, kıtayı iklim motivasyonunu artırmaya davet ederken, diğer ülkeleri de iklim kriziyle mücadele çabalarına katılmaya ve kendi katkılarını artırmaya davet ediyor. EGD bünyesinde ekonomik modelin dönüştürülmek istenmesi ve bu dönüşümün rekabet gücü kazanmakla ilişkilendirilmesi, gelecekteki düzenlemelerin, firmaların ve ülkelerin rekabet gücü arayışlarının yeşil gündem doğrultusunda şekilleneceğinin ipuçlarını veriyor. Ayrıca İDMY, ülkelerin dış ticaretteki rekabet gücünün yeniden şekillendirilmesinde önemli bir yeni araç olarak değerlendirilmektedir. Rekabet ortamının değiştirilmesi, uluslararası rekabetin bileşenlerinin yeniden tanımlanması ve emisyon fiyatlandırması yoluyla doğal sermaye kullanım maliyetinin üretim maliyetlerine eklenmesi çabaları da bir dizi sanayi politikası olarak hizmet etmektedir. Sonuç olarak, yeşil bir anlaşma arayışı (Atlantik'in her iki yakasında) sadece kirletici sanayi faaliyetleri için bir rehabilitasyon çabası olarak değil, aynı zamanda sanayi politikaları yoluyla istihdam kazanımları yaratmanın bir aracı olarak da görülebilir¹. EGD sadece firmaların yatırım yaptığı koşulları iyileştirmeyi değil, aynı zamanda gelecekteki büyüme fırsatlarının nerede olabileceğine dair beklentileri etkilemeyi ve talebi canlandırmayı da amaçlamaktadır.

AB son dönemde Emisyon Ticaret Sistemi (ETS) sayesinde emisyon azaltımında önemli kazanımlar elde etmiştir. Ancak Avrupa Komisyonu'nun EGD ile daha iddialı iklim hedefleri belirlemesinin karbon fiyatlarını artırarak karbon kaçağı riskini artırabileceği tahmin ediliyor. Bu riskin sınırlandırılması için İDMH, EGD'nin temel unsurlarından biri olarak dikkat çekiyor. İDAM, AB tarafından ithal edilen ürünlerin karbon ayak izlerine dayalı bir mali yükümlülükle karşı karşıya kalmasını ve böylece ithal malların fiyatlarının ürünlerin karbon içeriğini daha doğru bir şekilde yansıtmalarını sağlamayı amaçlamaktadır. Böylece, hem yatırım hem de ticaret sapması şeklindeki karbon kaçağı risklerini azaltmayı amaçlamaktadır.

CBAM'ın küresel emisyonları %0.1 oranında azaltılabileceğine dikkat çeken Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı (UNCTAD), AB'nin iklim değişikliği ile mücadele mekanizmasının küresel ticaret üzerindeki etkilerini dikkate alması gerektiğini vurguluyor. Nitekim UNCTAD, CBAM ile AB'nin küresel ticareti

¹Aiginger, K., & Rodrik, D. (2020). *Sanayi Politikasının Yeniden Doğuşu ve Yirmi Birinci Yüzyıl İçin Bir Gündem. Sanayi, Rekabet ve Ticaret Dergisi.*

Küresel ticaretin akışı, daha yüksek karbon verimliliğine sahip ülkelerin lehine ve gelişmekte olan ülkelerin aleyhine değişebilir.

Söz konusu düzenleme, **karbon kaçağı riskinin en yüksek olduğu demir-çelik, çimento, alüminyum, gübre ve elektrik** alanlarında CBAM uygulanmasını öneriyor. Komisyon tarafından yürütülen etki analizi çalışmasında CBAM kapsamındaki ticaretten en çok etkilenecek 3 ülke Rusya, Ukrayna ve Türkiye olarak sıralanıyor. Düzenleme teklifine göre CBAM, 2023-2025 döneminde herhangi bir mali yükümlülük olmaksızın geçiş dönemi olarak uygulanacak. Bu dönem boyunca ithalatçılar, ithalatlarının doğrudan ve dolaylı emisyonlarını üçer aylık dönemler halinde raporlayacak. İDAM kapsamında başlangıçta üretim sürecindeki doğrudan emisyonlar (Kapsam 1) değerlendirilirken, geçiş dönemi sonunda yapılacak değerlendirmeye göre dolaylı emisyonların da kapsama dahil edilebileceği ve böylece EU-ETS'deki yaklaşımla uyumlaştırılabileceği belirtiliyor. Geçiş aşamasını takiben, 2026 yılından itibaren İDMY'nin mali yükü yansıtılacaktır. Mali yük, AB-ETS kapsamında geçerli olan karbon fiyatına endeksleneyecektir. Mali yükün yansıtılmaya başlanmasıyla birlikte, İDAM kapsamındaki sektörler sunulan EU-ETS ücretsiz tahsisatlarından çıkış süreci de başlayacaktır. Ücretsiz tahsisattan kademeli olarak çıkış 2035 yılına kadar devam edecek ve CBAM'in kademeli olarak uygulamaya konulmasıyla koordine edilecektir. Böylece her iki düzenlemenin de AB üreticilerine çifte koruma sunacağı bir çerçeveden kaçınılarak Dünya Ticaret Örgütü (DTÖ) ile uyum sağlanmaya çalışıldığı anlaşıyor. Öte yandan, düzenlemenin detaylarına ilişkin olarak DTÖ nezdinde birçok sakıncalı hukuki konu bulunduğu yorumları yapılıyor. Tüzük teklifinde CBAM'den elde edilen gelirlerin önemli bir kısmının AB bütçesine aktarılacağı belirtilirken, bunun ne kadarının bütçede yer alacağı, bütçede yer alan gelirin iklim değişikliği ile mücadele amacıyla harcanıp harcanmayacağı ya da geri kalan kısmın ne olacağı konusunda net bir hüküm bulunmuyor.

Genel olarak açıklanan iklim düzenlemeleri, özelde ise İİA, hem AB hem de AB dışı paydaşlar tarafından uzun soluklu bir diplomatik çaba gerektirecek özelliklere sahiptir. Bu nedenle paydaşlar nezdinde siyasi kabul edilebilirliği önem arz etmektedir. Bu bakımdan önümüzdeki dönemde düzenleme önerilerinin nasıl evrilebileceğini anlamak için aşağıdaki başlıkların takip edilmesi faydalı olacaktır.

- Yönetmelikte en az gelişmiş ülkeler için herhangi bir istisna bulunmadığından, "Ortak Fakat Farklılaştırılmış Sorumluluk" ilkesine uygunluğunun sorgulanması şaşırtıcı olmayacaktır.
- Başta BASIC grubu (Brezilya, Güney Afrika, Hindistan, Çin) olmak üzere gelişmekte olan ülkelerin düzenlemeye tepkileri takip edilecektir.
- ABD'nin CBAM düzenlemesine mesafeli yaklaşımı hala hafızalarımızda tazeliğini korurken (ABD İklim Özel Başkanlık Temsilcisi John Kerry bunu "son çare" olarak değerlendirmişti), AB'nin İklim Kulübü çağrısı dikkat çekiyor. Karbon sınır vergisi tasarımı üzerinde çalışan Kanada ve Japonya'nın bu çağrıya ilk etapta yanıt verip vermeyeceği takip edilecek.
- Siyasi kabul edilebilirlik sadece uluslararası arenada değil AB içinde de önemli bir adım olarak görünmektedir. CBAM kapsamındaki bazı sektörel kuruluşlar CBAM ve serbest tahsislerin eş zamanlı olarak yürürlükte olması gerektiğini, aksi takdirde CBAM'ı tercih etmeyeceklerini açıkladı. Ayrıca EU-ETS'nin kapsamının genişletilmesi ile iklim krizi ile mücadele bir şekil alacaktır

hane halklarının yaşam maliyetlerini doğrudan artıracak ve bu da iklim adaletine ilişkin tartışmaları beraberinde getirecektir.

Döngüsel Ekonomi Eylem Planı

Kaynak verimliliği döngüsel ekonominin temelidir. **Döngüsel Ekonomi Eylem Planı**, bir ürünün yaşam döngüsü boyunca değerlendirilerek ürün tasarımını ve döngüsel ekonomi süreçlerini desteklemeyi, sürdürülebilir tüketimi güçlendirmeyi ve kullanılan kaynakları mümkün olan en uzun süre AB ekonomisi içerisinde tutmayı amaçlamaktadır. Döngüsellik potansiyeli daha yüksek olan kaynak yoğun sektörlere (elektronik, bilişim, pil-araç, ambalaj, plastik, tekstil, inşaat-bina, gıda, su ve besin maddeleri gibi) odaklanmayı amaçlamaktadır.

Bu anlamda, EGD kapsamında geliştirilen birçok strateji arasında döngüsel ekonominin de gündemin üst sıralarında yerini aldığı ve EGD'nin ana unsurlarından biri haline geldiği görülmektedir. Avrupa Komisyonu, döngüsel ekonomiye geçişi teşvik etmek için geri dönüşüm, ambalaj atıkları ve düzenli depolama alanlarına yönelik iddialı hedefler içeren ilk döngüsel ekonomi eylem planını 2015 yılında yayınladı². Mart 2020'de Avrupa Komisyonu, 2030 yılına kadar tüm ambalaj atıkları için %70 ve 2035 yılına kadar tüm belediye atıkları için %65 geri dönüşüm oranı hedefleyen yeni Döngüsel Ekonomi Eylem Planını kabul etmiştir³. Söz konusu planın, AB'nin 2050 yılına kadar iklim nötr olma hedefine ulaşmasında kritik bir rol oynaması bekleniyor. AB'nin 2030 yılına kadar daha katı geri dönüşüm düzenlemeleri ve malzeme kullanımı ve tüketimi için bağlayıcı hedefler belirleme ve 2050 yılına kadar tamamen döngüsel bir ekonomiye geçişi sağlama hedefleri bulunmaktadır. Bu bağlamda AB, yakın zamanda döngüsel ekonomiye geçişle ilgili çözüm ve öneriler geliştirmek üzere kamu, özel sektör, STK'lar ve uluslararası kuruluşların temsilcilerini bir araya getiren Döngüsel Ekonomi ve Kaynak Verimliliği Küresel İttifakı (GACERE) adlı bir organizasyon kurmuştur⁴. Görüldüğü üzere EGD, bir ekonomik yapının sürdürülebilir olabilmesi için döngüsel ekonomi yaklaşımı doğrultusunda yeniden şekillendirilmesi gerektiğinin altını net bir şekilde çizmektedir.

AB ayrıca döngüsel ekonomi süreçlerini teşvik ederek ve destekleyerek bölgenin rekabet gücünü arttırmayı ve yeni istihdam alanları yaratmayı hedeflemektedir. Projeksiyonlar, döngüsel ekonominin 2030 yılına kadar 4,5 trilyon ABD dolarına kadar ekonomik getiri sağlayabilecek bir alternatif sunduğunu göstermektedir⁵. Ayrıca 2021 Döngüsellik Açığı Raporu, döngüsel ekonominin küresel sera gazı emisyonlarını %39 ve hammadde kullanımını %28 oranında azaltma potansiyeline sahip olduğunu vurgulamaktadır⁶.

Türkiye'nin Yeşil Mutabakat Eylem Planı

Tüm politika alanlarında yeşil dönüşümü desteklemeyi amaçlayan bir yol haritası olan Yeşil Mutabakat **Eylem Planı**'na ilişkin Cumhurbaşkanlığı Genelgesi 16 Temmuz 2021 tarihinde yayımlandı. Bakanlık tarafından hazırlanan eylem planının uygulanmasını izlemek üzere bir Yeşil Mutabakat Çalışma Grubu oluşturulduğu da açıklandı.

² Avrupa Komisyonu. (2015). *İlk döngüsel ekonomi eylem planı*.

³ Avrupa Komisyonu. (2020). *Yeni bir Döngüsel Ekonomi Eylem Planı*.

⁴ Avrupa Komisyonu. (2021). https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling_en. Atık ve geri dönüşüm.

⁵ Dünya Ekonomik Forumu. (2021). *Döngüsel ekonomi gezegeni kurtarmaya yardımcı olabilir - eğer şimdi inovasyon yapmaya başlarsak*. <https://www.weforum.org/agenda/2021/02/the-circulars-acceleratorcircular-economy-zero-waste/>

⁶ Circle-Economy.com. (2021). *Döngüsel Boşluk Raporu. Döngüsel Ekonomiye Hızlandırma Platformu (PACE)*.

Ticaret ve gerekli koordinasyonu sağlamak. Ticaret Bakanlığının ilgili bakan yardımcısının başkanlığında kurulan çalışma grubu, Strateji ve Bütçe Başkan Yardımcısı ile Çalışma ve Sosyal Güvenlik, Çevre ve Şehircilik, Dışişleri, Enerji ve Tabii Kaynaklar, Hazine ve Maliye, Milli Eğitim, Sanayi ve Teknoloji, Tarım ve Orman, Ulaştırma ve Altyapı bakan yardımcılarında oluşacak.

Türkiye'nin **sürdürülebilir ve kaynak verimli bir ekonomiye** geçişine katkı sağlamak ve EGD'nin öngördüğü kapsamlı değişimlere, Türkiye-AB Gümrük Birliği kapsamında sunulan entegrasyonu koruyacak ve ilerletecek şekilde uyum sağlamak amacıyla hazırlanan Yeşil Mutabakat Eylem Planı, aşağıda sıralanan 9 adım altında 32 hedef ve 81 eylemden oluşuyor.

- Karbon sınır ayarlama düzenlemeleri,
- Yeşil ve döngüsel bir ekonomi,
- Yeşil finans,
- Temiz, ekonomik ve güvenli enerji arzı,
- Sürdürülebilir tarım,
- Sürdürülebilir akıllı ulaşım,
- İklim değişikliği ile mücadele,
- Diplomasi ve
- Avrupa Yeşil Mutabakatı bilgilendirme ve bilinçlendirme faaliyetleri

Yeşil Mutabakat Eylem Planı, Türkiye'de **yenilenebilir** enerji ve düşük karbonlu enerji kaynaklarının kullanımının artırılmaya devam edilmesinin ve **enerji verimliliğinin geliştirilmesinin** sera gazı emisyonlarının azaltılması için büyük önem taşıdığının altını çizmektedir. Ayrıca, CBAM ile ilgili bir etki analizi (2021 - 3^{üncü} Çeyrek) ve yol haritası (2021 - 4^{üncü} Çeyrek) hazırlanmasına ilişkin bir eylemi de kapsamaktadır. İDAM'a konu olabilecek öncelikli imalat sanayi sektörlerine ilişkin yol haritası veya faaliyetler belirlenecek, bunların enerji yoğun sektörler üzerindeki etkileri senaryolara dayalı olarak modellenerek sektörel bazda analiz edilecek ve alınması gereken aksiyonlar Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ile Çevre ve Şehircilik Bakanlığı koordinasyonunda değerlendirilecektir. **Yeşil ve döngüsel ekonomi**, Eylem Planı'nın en önemli alt başlıklarından biri. AB tarafından 11 Mart 2020 tarihinde yayımlanan "Döngüsel Ekonomi Eylem Planı" kapsamında uygulanacak politikalar doğrultusunda "Ulusal Döngüsel Ekonomi Eylem Planı" hazırlanması ve ulusal düzeyde döngüsel ekonomi çalışmalarının yürütülmesi için atılacak adımların belirlenmesinin büyük önem taşıdığı belirtiliyor.

Sektörlere yönelik temiz üretim uygulamalarının (mevcut en iyi teknikler) belirlenmesi için mevzuat çalışmaları yapılacağı ve AB Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol (IPPC) mevzuatının uygulanması için ulusal eylem planı ve uygulama takvimi hazırlanacağı belirtiliyor. Gelecekte tekstil ve deri sektörünün yanı sıra diğer sektörlerde **de su ve hammadde verimliliği** çalışmalarının hız kazanacağı anlaşılmaktadır.

Eylül 2021'de yayımlanan ve 2022-2024 yıllarını kapsayan Orta Vadeli Program, yeşil dönüşümün gerekliliğinin ve öneminin altını çizmektedir.

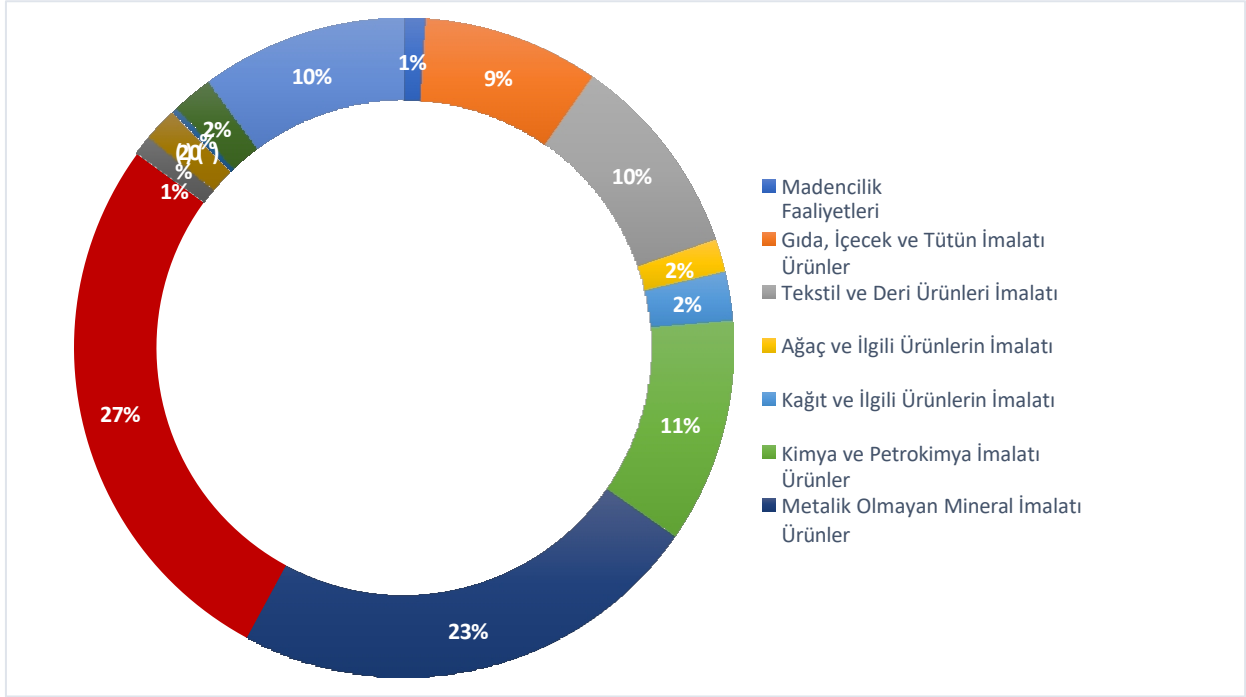
Türk Sanayisinin Yeşil Dönüşümü

Sanayinin Yeşil Dönüşümünde Enerji Verimliliği

Düşük karbonlu bir enerji sistemine geçiş, elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payını artırmayı hedeflerken, fosil yakıtlardan üretilen enerjinin payını azaltmayı, iletim ve dağıtım şebekelerindeki kayıpları azaltmayı ve tüketim tarafında elektriği verimli kullanmayı amaçlamaktadır.

Sanayi sektörü, Türkiye'nin nihai enerji tüketiminin yaklaşık %25,3'ünü oluşturmaktadır⁷. Sektörel bir analiz (Şekil 3), Türkiye'de en yüksek enerji tüketimine sahip imalat sektörlerinin çimento sektörü de dahil olmak üzere ana metal (%27) ve metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı (%23) olduğunu göstermektedir. Bunları takip eden sektörler ise kimya, tekstil ve kağıt ürünleri imalatı sektörleridir.

Şekil 3: Türkiye'de Sektörel Enerji Tüketimi (2019)



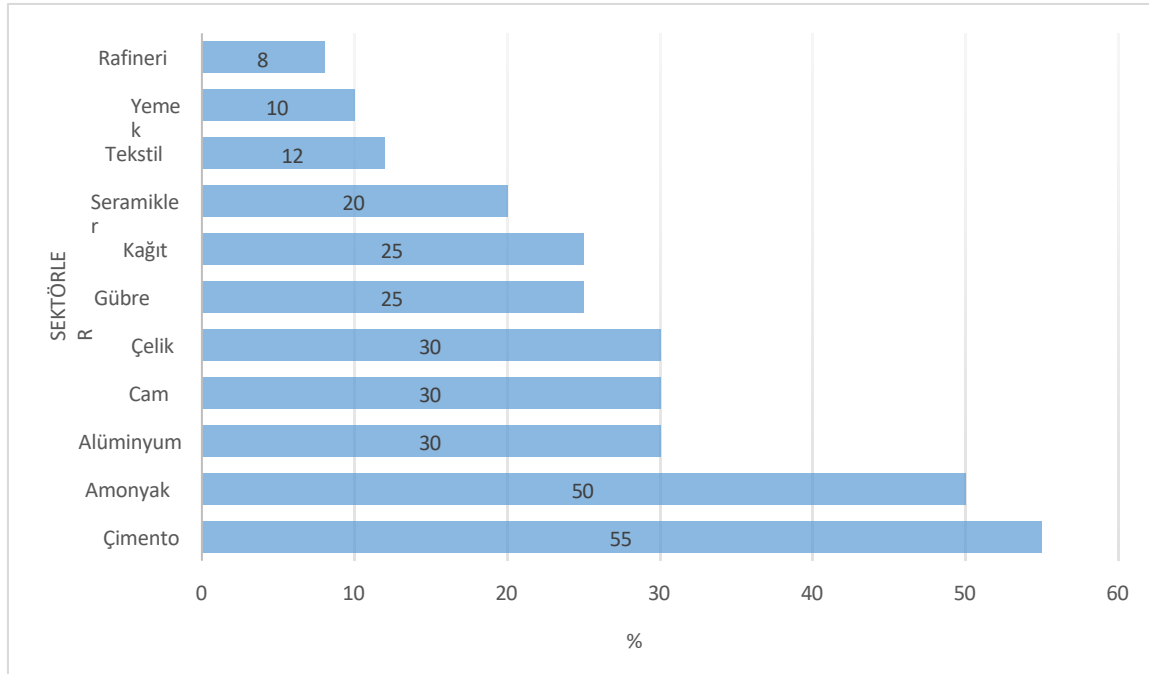
Kaynak: Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı⁸

Türkiye'de enerji maliyetlerinin toplam üretim maliyetlerine oranı incelendiğinde çimento (%55), amonyak (%50), alüminyum, cam ve çelik (%30) sektörlerinin ilk sıralarda yer aldığı görülmektedir (Şekil 4).

Şekil 4: Farklı Sektörlerde Enerji Maliyetlerinin Toplam Üretim Maliyetine Oranı (%)

⁷Daha fazla bilgi için lütfen <https://cevresehgostergeler.csb.gov.tr/sektorelere-gore-toplam-enerji-tuketimi-i-85800> adresini ziyaret edin

⁸<https://enerji.gov.tr/eigm-raporlari>



Kaynak: Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji Gazetesi

Gelişmiş ülkelerde yürürlüğe konulabilecek EGD ve benzeri düzenlemeler açısından rekabet gücünün korunması çerçevesinde düşünüldüğünde, enerji tüketiminin ve yoğunluğunun yüksek olduğu çimento, demir-çelik, kimya ve tekstil gibi sektörlerde enerji verimliliği ve birim ürün başına enerji tüketiminin (ve dolayısıyla sera gazı emisyonlarının) azaltılması, bu tür yatırımlarda kısa geri ödeme süreleri de dikkate alındığında avantajlı bir seçenektir.

SHURA tarafından yayımlanan "Türkiye'de Enerji Dönüşümünün Finansmanı" ⁹ başlıklı çalışmaya göre, 2002-2018 yılları arasında enerji verimliliği iyileştirmelerine en az 10 milyar ABD doları yatırım yapılmıştır. Raporda, söz konusu dönemde yapılan enerji verimliliği yatırımlarının başta demir-çelik, çimento, cam, seramik ve rafineri ürünleri sektörleri olmak üzere enerji tüketimi yüksek sektörlerdeki büyük sanayi kuruluşları tarafından gerçekleştirildiği belirtilmektedir. Bununla birlikte, küçük ve orta ölçekli sanayi kuruluşlarında enerji verimliliği uygulamalarının nispeten sınırlı olduğu belirtilmektedir. Bu işletmelerde de enerji verimliliği uygulamalarının yaygınlaştırılması önem taşımaktadır.

Aynı çalışmaya göre, 2002-2018 yılları arasındaki dönem incelendiğinde, çimento sektöründe atık ısı geri kazanımı, yakıt verimliliği ve atıktan yakıt kullanımına yönelik yatırımlar yapıldığı görülmektedir. Demir çelik sektöründe ise atık ısı ve gazların geri kazanımının yanı sıra elektrik ve yakıt verimliliğine yönelik yatırımlar yoğun olarak yapılmıştır. Tekstil sektöründe ise enerji verimliliği de sağlayan kaynak verimliliği yatırımları ön plandaydı.

Enerji Verimliliği Alanında Ulusal Hedefler ve Yatırım İhtiyaçları

Enerji verimliliği için gerekli önlemlere yönelik faaliyetler özellikle 2000'li yıllarda başlatılmıştır. 2007'de yürürlüğe giren 5627 sayılı "Enerji Verimliliği Kanunu" ile enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kullanımında verimliliğin artırılması amaçlanmıştır. 2012 yılında yayımlanan "Enerji Verimliliği Strateji Belgesi" ile 2023 yılı için enerji verimliliği hedefleri belirlenmiştir.

⁹Söz konusu rapora ulaşmak için https://www.shura.org.tr/turkiyede_enerji_donusumunun_f finansmani/ adresini ziyaret edebilirsiniz.

Ortaya çıkan ihtiyaçlar doğrultusunda ve 2012 stratejisini daha da geliştirmek amacıyla, dünyadaki en iyi uygulamalar dikkate alınarak 2017 yılında "**Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (UEVEP)**" hazırlanmış ve Ocak 2018'de yürürlüğe girmiştir. Binalar ve hizmetler, enerji, ulaştırma, sanayi ve teknoloji, tarım ve yatay konular kategorileri altında 2017-2023 yılları arasında uygulanacak 55 eylemi kapsayan UEVEP, 2023 yılına kadar birincil enerji tüketimini %14 oranında azaltmayı (23,9 milyon ton eşdeğer petrol (MTEP) tasarruf) hedeflemektedir. Bu tasarrufun sağlanması için **10,9 milyar ABD doları** yatırım yapılması öngörülmektedir. UEVEP 2017-2020 İlerleme Raporu'n^{a(10)} göre, söz konusu dönemde enerji verimliliğine **toplam 4,8 milyar ABD doları** yatırım yapılmış ve 3,2 MTEP tasarruf sağlanmıştır.

Temmuz 2019'da yayınlanan "**On Birinci Kalkınma Planı**" kesintisiz, kaliteli, sürdürülebilir, güvenilir ve uygun fiyatlı enerji arzını sağlamayı amaçlamaktadır. On Birinci Kalkınma Planı'nda enerji verimliliğine ilişkin hedefler aşağıda yer almaktadır:

1. Kamu tarafından işletilen enerji santrallerinin rehabilitasyonu tamamlanacaktır.
2. Kalkınma Ajansı destekleri yeniden yapılandırılacak ve kurumsallaşma, yenilik yönetimi, müşteri ilişkileri yönetimi, kurumsal kaynak planlaması, e-ticaret, dijital dönüşüm, dış ticaret ve yalın üretim, temiz ü r e t i m , enerji verimliliği ve endüstriyel simbiyoz gibi konulara öncelik verilecektir.
3. İmalat sanayinde enerji verimliliği artırılacaktır.
 - a. Sanayide kullanılan verimsiz elektrik motorlarının verimli olanlarla değiştirilmesi için sübvansiyon mekanizması oluşturulacaktır.
 - b. Isı kullanan büyük sanayi tesislerinde kojenerasyon sistemlerinin yaygınlaştırılması sağlanacaktır.
 - c. Örnek enerji verimliliği uygulamalarının teşvik edilmesi ve yaygınlaştırılması için enerji verimliliği projeleri yarışmalarla desteklenecek, uygulamaya yönelik mevzuat ve teknik altyapının oluşturulması sağlanacaktır.
 - d. Enerji verimli bölgesel ısıtma ve soğutma sistemlerinin ülke genelinde yaygınlaştırılması ve ısı ticaretinin etkinleştirilmesi için ısı piyasası mevzuatı oluşturulacaktır.
 - e. Verimlilik artırıcı proje uygulama süreçleri geliştirilerek tasarruf potansiyeli yüksek projeler desteklenecektir.
 - f. OSB'lerin Enerji Yönetim Birimi ve ISO 50001 E n e r j i Yönetim Sistemi kurumlarını tamamlayarak Verimlilik Eylem Planlarını hazırlamaları ve sunmaları için destek sağlanacaktır.
4. Elektrikli ekipman ve ev aletleri sektöründe enerji verimliliğini teşvik etmeyi amaçlayan faaliyetler yoluyla sektördeki yerli üretim geliştirilecektir.
 - a. Sanayi tesislerinde kullanılan enerji verimsiz motorların daha verimli motorlarla değiştirilmesi desteklenecektir.
 - b. Sanayi tesislerinde kullanılan elektrik motorlarına enerji etiketleri uygulanarak verimlilik artırma potansiyeli konusunda farkındalık yaratılacaktır.
5. Tekstil-giyim ve deri sektöründe yüksek katma değerli yapıya dönüşümde kilit alanlardan biri olan teknik tekstiller konusunda, şirketlerin optimum teknolojiyi seçmeleri, çevre koruma mevzuatına uymaları, enerji verimliliği ve atıkların yeniden kullanımı faaliyetleri ve değer zincirindeki diğer paydaşlarla (özellikle makine, elyaf ve teknik son kullanım üreticileri) işbirliği yapmaları desteklenecektir.
6. Enerji verimliliği kazanımları ve orman varlıklarının artırılması gibi ek önlemler yoluyla karbon emisyonlarının azaltılmasına yönelik tedbirler geliştirilecektir.
7. Daha verimli ve kendi enerjisini üreten binaların yaygınlaştırılması için mevcut binalarda enerji verimliliği destek sistemleri aracılığıyla teşvik edilecektir.

¹⁰Daha fazla bilgi için lütfen <https://enerji.gov.tr/evced-enerji-verimliliği-uevep> .adresini ziyaret edin

8. Liman operasyonlarında enerji verimliliğini artırmak, çevresel etkileri en aza indirmek ve sürdürülebilirliği sağlamak için "Yeşil Liman" uygulamaları desteklenecektir.
9. Konut üretiminde kalite, güvenlik, erişilebilirlik, enerji verimliliği ve afetlere dayanıklılık standartları geliştirilecek ve her düzeyde dikkate alınacaktır.

EGD'den En Çok Etkilenecek Sektörlerde Enerji Verimliliğini Artıracak Uygulamalar

Avrupa Komisyonu'nun Temmuz 2021 tarihli teklifinde yer alan CBAM, aşamalı olarak ve doğrudan sera gazı emisyonlarını (Kapsam 1) kapsayacak şekilde uygulanacak olup, ilk aşamada imalat sanayi içerisinde yer alan **çimento, demir-çelik, alüminyum ve gübre** sektörleri düzenlemeden etkilenecektir. CBAM'ın genişletilmesinden etkilenebilecek diğer enerji yoğun sektörler ise kimya, tekstil ve kağıt sektörleridir. Kapsamın genişletilmesi ile dolaylı sera gazı emisyonları (Kapsam 2) da kapsama alınacaktır.

CBAM'ın Türkiye ve diğer ülkelerdeki etkisinin gerçek boyutu, ürünlerin karbon yoğunluğuna ve ülkelerde halihazırda uygulanan/uygulanacak karbon vergisi seviyesine bağlı olacaktır.

Çimento Endüstrisi

Sektör Hakkında Bilgiler:

Sektördeki Toplam Çalışan Sayısı (2020)	11,201
AB'ye Yapılan İhracatın Toplam Miktarı/Miktarı (2020)	1,1 milyon ton / 153,3 milyon ABD Doları
Toplam İhracatta AB'nin Payı (Miktar/Tutar) (2020)	7% / 13%
GSYİH'ye Katkı (2019)	4 milyar TL (700 milyon ABD Doları)

AB ülkelerindeki çimento fabrikaları ile kıyaslandığında (Tablo 1), ülkemizdeki fabrikaların ortalama sera gazı emisyon yoğunluğu değerlerinin klinker, portland çimentosu ve beyaz çimento ürünleri için hem Kapsam 1 hem de Kapsam 1 ve 2 emisyon ortalamalarının üzerinde olduğu görülmektedir. Mevcut veriler, İDÇS'nin ülkemizde faaliyet gösteren ve AB pazarına ihracat yapan çimento üreticilerine ek maliyetler getireceğini göstermektedir. Bu nedenle sektörün emisyon yoğunluğunu azaltacak yatırımlar yapması önem arz etmektedir. Özellikle çimento üretiminde kullanılan toplam enerjinin yaklaşık %80'inin tüketildiği klinker pişirim sürecine ilişkin iyileştirmelerin yapılması sektör için kritik önem taşımaktadır. Klinker üretimindeki emisyonlar, çimento üretimindeki toplam proses emisyonlarının yaklaşık %65'ini oluşturmaktadır.

Tablo 1: Türkiye ve AB Ülkelerinde Çimento Sektöründeki Emisyon Yoğunluklarının Karşılaştırılması (Kaynak: Avrupa İklim Değişikliği ve Sürdürülebilir Gelecek Yuvarlak Masası - ERCST ¹¹)

CO ₂ yoğunluğu - tCO ₂ /ton ürün			
		Kapsam 1 emisyonları	Kapsam 1 ve 2 emisyonları
Klinker	EU27	0.813	0.835

¹¹Ayrıntılı bilgi <https://ercst.org/> adresinde mevcuttur

	Türkiye	0.843	0.875
Portland çimentosu	EU27	0.630	0.664
	Türkiye	0.731	0.783
Beyaz çimento	EU27	1.073	1.121
	Türkiye	1.001	1.077

Ege Bölgesi Sanayi Odası (EBSO) tarafından yayınlanan Yeşil Sanayi Rehberi'ne göre AB, geleneksel yöntemlerle (ısı verimliliği, alternatif yakıtlar, klinker verimli çimentolar, nakliye verimliliği, yenilenebilir elektrik, nakliye sistemlerinin elektrifikasyonu ve yeni bağlayıcı malzemelerin kullanımı) üretilen çimentoya ilişkin 2015 yılı sera gazı emisyon yoğunluğuna kıyasla 2050 yılında 530 kg CO₂/ton çimento değerine ulaşmak için sera gazı emisyon yoğunluğunu %32 oranında azaltmayı hedeflemektedir. Yenilikçi teknolojilerin (karbon yakalama, depolama ve kullanım teknolojileri) kullanılmasıyla %80'lik ek bir azaltım sağlanabileceği ve böylece 2050 yılına kadar 156 kg CO₂/ton çimento sera gazı yoğunluğuna ulaşılabilmesi planlanmaktadır¹².

EBSO'nun Yeşil Sanayi Rehberi'nde sera gazı emisyon yoğunluğunu azaltmak için ürün formülasyonundaki kireçtaşı miktarının azaltıldığı yeni tip çimento klinkerlerinin (SAC, FAZ, X-Clinker gibi) geliştirildiği ve %20-%30 oranında sera gazı emisyon azaltımı sağlanabildiği belirtilmektedir. Bu ürünlerin farklı özelliklere sahip olmaları nedeniyle sadece belirli uygulamalarda kullanılabileceği unutulmamalıdır.

Tablo 2, sektörde enerji verimliliğini artıran uygulamaları kapsamaktadır.

Tablo 2: Çimento Sektöründe Enerji Verimliliği Uygulamaları (Kaynak: AB MET Referans Belgesi)

A. Genel Tesislere İlişkin Tedbirler	
Süreç Kontrol Sistemleri	Enerji Yönetim Sistemleri ve Enstrümantasyon
Aydınlatma	Aydınlatmada enerji verimliliği ve aydınlatma kontrollerinin kullanımı
Elektrik	Enerji tasarruflu motorların, fanların ve değişken hızlı sürücülerin (VSD) kullanılması
B. Sürece Özel Önlemler	

¹²Rehberine erişmek için <http://ebso.org.tr/e-kitap/YesilSanayiRehberi.html> adresini ziyaret edebilirsiniz.

Klinker üretimi	Islak üretimden kuru üretim sürecine geçiş¹³Çok kademeli ön ısıtıcı ve ön kalsinatörlü kuru fırınlar Verimli soğutucu teknolojisi kullanımı Süreç kontrolünün iyileştirilmesi ve optimizasyonu Kojenerasyon tesisleri - Atık ısı geri kazanım tesisleri⁽¹⁴⁾ (15) Çimentodaki klinker içeriğinin azaltılması ve daha az kireçtaşı içeren yeni bir klinker türünün üretilmesi Alternatif yakıtların kullanımı¹⁶(örneğin klinker üretim sürecinde biyokütle ve hidrojen) (Biyokütlenin alternatif yakıt olarak kullanımı için ön ısıtma ve homojenizasyon sistemi yatırımları gerekebilir)
Hammaddeler	Geleneksel değirmenlerin yüksek verimli dikey valsli değirmenler ve horomilller ile değiştirilmesi Yüksek verimli separatörlerin ve sınıflandırıcıların kullanılması Hammadde karıştırma kontrolünün otomasyonu Bilyalı değirmenler için kapalı döngü sistemi Bilyalı değirmenlerde öğütme ortamının iyileştirilmesi
Fırınlar	Fırınlarda yanma verimliliğinin optimize edilmesi Fırın kabuğu ısı kayıplarının ve soğuk hava kaçaklarının azaltılması

¹³Türkiye'de sektörde kurulu tesislerin neredeyse tamamı yüksek enerji verimliliğine sahip kuru tip prosese sahiptir.

¹⁴Atık ısıdan elektrik üretiminde sektörün potansiyeli %15-30 iken, Türkiye'de gerçekleşme düzeyi %5 civarındadır. Ortalama klinker üretimi 3.200 ton/gün olan bir klinker üretim hattından, kullanılan teknolojiye ve hammaddenin nemine bağlı olarak 3,0 ila 6,0 MW arasında elektrik enerjisi elde edilebilmektedir.

¹⁵Yüksek kurulu kapasiteye sahip kojenerasyon tesislerinde yatırım maliyeti 0,8 ila 1,2 milyon Avro/MW arasında değişmektedir.

¹⁶Avrupa Çimento Birliği (CEMBUREAU) 2030 yılına kadar %60 oranında alternatif yakıt kullanmayı hedeflemektedir ve biyokütle bu hedefin %30'unu oluşturmaktadır.

Sektör Hakkında Bilgiler:

Toplam Çalışan Sayısı (2019)	103,932
AB'ye Yapılan İhracatın Toplam Miktarı/Miktarı (2020)	4,6 milyon ton / 2,7 milyar ABD Doları
Toplam İhracatta AB'nin Payı (Miktar/Tutar) (2020)	28% / 31%
GSYİH'ye Katkı (2019)	24,3 milyar TL / 4,3 milyar ABD Doları

Stratejik öneme sahip birçok sektöre girdi sağlayan demir çelik sektörü, iklim değişikliği ile mücadele kapsamında değişim ve dönüşüme ihtiyaç duyuyor. Dünya Çelik Birliği'nin verilerine göre, 2019 yılında küresel ham çelik üretimindeki CO₂ emisyonu 1 ton ham çelik başına yaklaşık 1,83 ton olup, demir çelik sektörü fosil yakıtların küresel kullanımından kaynaklanan CO₂ emisyonlarının yaklaşık %7-9'unu oluşturmaktadır¹⁷.

TÜİK verilerine göre 2020 yılında Türkiye'nin ihracatının değer bazında %41'ini AB'ye yapılan ihracat, AB'ye yapılan ihracatın ise yaklaşık %8'ini demir çelik ve demir çelikten eşya ihracatı oluşturmaktadır. 2020 yılında AB'nin Türkiye'nin demir-çelik ve demir-çelikten mamul eşya ihracatındaki payı %31 civarındadır. Buna göre, TÜSİAD (Türk Sanayicileri ve İşadamları Derneği) tarafından yayınlanan "Ekonomik Göstergeler Perspektifinden Yeni İklim Rejimi" raporunda⁽¹⁸⁾ 2020 yılında Türk demir-çelik sektörünün AB'ye ihracatında oluşacağı hesaplanan karbon maliyetinin 198 milyon Euro (50 Euro/ton CO₂ üzerinden hesaplandığında) olacağı tahmin edilmektedir.

Enerji verimliliği yüksek ve sera gazı emisyonları düşük kok ve kömür kullanan yüksek fırınlar (Bazık Oksijen Fırını; BOF) ile üretime (%30) kıyasla ülkemizde Elektrik Ark Ocağı (EAO) ile üretim oldukça yaygındır (%70). Dolayısıyla AB ülkelerindeki demir çelik tesislerinin ortalamaları ile karşılaştırıldığında (Tablo 3), ülkemizdeki tesislerin ortalama sera gazı emisyon yoğunluğu değerlerinin hem Kapsam 1 hem de Kapsam 1 ve 2 emisyon ortalamalarının altında olduğu görülmektedir. Bu nedenle, İDAM'ın her bir firma üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi daha sağlıklı olacaktır.

¹⁷Daha fazla bilgi için lütfen https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:7ec64bc1-c51c-439b-84b8-94496686b8c6/Position_paper_climate_2020_vfinal.pdf ve <https://www.worldsteel.org/steel-by-topic/sustainability/sustainability-indicators.html> adreslerini ziyaret ediniz

¹⁸İlgili TÜSİAD raporu için <https://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/10633-ekonomik-gostergeler-merceginden-yeni-iklim-rejimi-raporu> adresini ziyaret edebilirsiniz.

Tablo 3: Demir Çelik Sektöründe Türkiye ve AB Ülkelerindeki Emisyon Yoğunluklarının Karşılaştırılması (ERCST)

	CO ₂ yoğunluğu - tCO ₂ /ton ham çelik	
	Kapsam 1 emisyonları	Kapsam 1 ve 2 emisyonları
EU27	0.71	1.09
Türkiye	0.40	0.85

CBAM ile birlikte, Türkiye'de özellikle yüksek fırınlarla entegre üretim yapan demir çelik üretim tesislerinde enerji tüketiminin ve buna bağlı olarak ürün başına salınan CO₂ miktarının azaltılmasına ihtiyaç duyulabileceği düşünülmektedir. Bu bağlamda, enerji verimliliği ile ilgili çalışmalar yapılabilir:

- Yüksek fırınlar,
- Kok fabrikaları,
- Tavlama fırınları,
- Kazanlar, pompalar ve basınçlı hava sistemleri (kompresörler).

Son dönemde birçok çelik üreticisinin, çelik endüstrisinde karbon emisyonlarını azaltmak amacıyla başta hidrojen bazlı çelik üretimi olmak üzere farklı yöntemleri test etmek için pilot tesisler kurmaya ve işbirliği yapmaya başladığı gözlemlenmektedir. Bu doğrultuda "Yeşil Çelik" kavramı da son dönemde sıkça duyulan kavramlar arasında yer almaktadır¹⁹.

Önümüzdeki 10 yıl içinde AB çelik endüstrisinin, şu anda çoğunlukla pilot uygulama olarak kullanılan karbon yakalama, depolama ve kullanma teknolojilerine yönelik yatırımlarını ve kullanımını artırması beklenmektedir. Ancak 2050 yılına kadar teknolojilerin gelişmesi, hidrojen üretim maliyetlerinin düşmesi ve AB'de karbon fiyatlarının kademeli olarak yükselmesi ile proseslerde hidrojen bazlı çelik kullanımının ve hidrojen bazlı çelik üretiminin artması beklenmektedir (Örneğin, BOF tesislerinde yüksek fırında hidrojen enjeksiyonunun artması ve doğrudan indirgenmiş demir ve hidrojen kullanan EAF tesislerinde fosil yakıtların hidrojen ile değiştirilmesi).

Tablo 4, demir çelik sektöründe enerji verimliliğini artırmaya yönelik uygulamaları kapsamaktadır.

Tablo 4: Demir Çelik Sektöründe Enerji Verimliliği Uygulamaları (Kaynak: AB MET Referans Belgesi)

A. Genel Tesislere İlişkin Tedbirler	
Basınçlı hava	Sistem iyileştirmeleri ve optimizasyon sistemleri

¹⁹Fosil yakıt kullanmadan yeşil hidrojen ile çelik üretimi hakkında bilgi için lütfen <https://www.ssab.com/fossil-free-steel> adresini ziyaret ediniz

Elektrik	Güç dağıtım sistemlerinin rehabilitasyonu, tüm pompalar, fanlar, kaldırma ve taşıma sistemleri için VSD ve yumuşak yol vericili yüksek verimli motorların kullanılması
Süreç Kontrol Sistemleri	Enerji Yönetim Sistemleri, enstrümantasyon ve enerji izleme ve hedefleme sistemleri
Aydınlatma	Aydınlatmada enerji verimliliği ve aydınlatma kontrollerinin kullanımı
B. Sürece Özel Önlemler	
Koklaştırma	Kuru kok söndürme sistemlerinin kullanımı Kömür nem kontrolü Değişken hızlı tahrikli kok fırını gaz kompresörleri Otomasyon ve proses kontrol sistemi Emisyon Optimize Edilmiş Sinterleme Yeni nesil kok üretim teknolojisi
Sinterleme ve Peletleme	Sinter tesislerinde atık ısı geri kazanımı Geliştirilmiş malzeme şarjı Optimize edilmiş sinter pelet oranı
Demir Üretimi	Tepe gaz basıncı geri kazanım türbinleri Geliştirilmiş sıcak hava fırını proses kontrolü Geliştirilmiş yüksek fırın proses kontrolü Doğal gaz enjeksiyonu Pik gaz geri dönüşümlü yüksek fırın Yüksek fırın gaz geri kazanımının iyileştirilmesi Pulverize kömür enjeksiyonu Sıcak hava sobalarından ısı geri kazanımı
Çelik Üretimi	Bazik oksijen fırınlarında atık ısı ve gaz geri kazanımı Hurda ön ısıtma Alttan karıştırma/gaz enjeksiyonu Doğru Akım Ark Fırınlarının Kurulumu

	İkiz Kabuk DC Ark Ocağı Köpüklü cüruf uygulamaları Oksi-yakıt brülörü kullanımı Süreç kontrolünün iyileştirilmesi
Yuvarlama ve Son İşlem	Sıcak üretim hattında proses kontrolü Yeniden ısıtma fırınlarının yalıtımının iyileştirilmesi Yeniden ısıtma fırınları için rejeneratif brülörler Sıcak üretim hattında enerji verimli tahrik kurulumu Sıcak şarj Tavlama hattındaki kayıpların azaltılması (soğuk yuvarlama) Otomatik takip ve hedefleme sistemi (soğuk yuvarlama)

Alüminyum Endüstrisi

Sektör Hakkında Bilgiler:

Toplam Çalışan Sayısı (2019)	36,473
AB'ye Yapılan İhracatın Toplam Miktarı/Miktarı (2020)	467 bin ton / 1,5 milyar ABD doları
Toplam İhracatta AB'nin Payı (Miktar/Tutar) (2020)	52.2% / 51.6%
GSYİH'ye Katkı (2019)	6,4 milyar TL / 1,1 milyar ABD Doları

Alüminyum sektörü, Türk sanayisine mamul ve ara malı olarak girdi sağlayan ve ekonomi için sürekliliği olan bir sektördür. Üretim sürekliliği açısından destekleyici bir rol oynayan alüminyum sektörü, başta savunma, otomotiv ve inşaat olmak üzere Türkiye için öncü sektörlerle girdi sağlamaktadır. İşlenmemiş alüminyum, mamul ve yarı mamul alüminyum ürünlerin imalatında kullanılan temel hammadde girdisidir. Türkiye Alüminyum Sanayicileri Derneği'nin "Dünyada ve Türkiye'de Alüminyum 2020 Raporu "na göre dünyada birincil alüminyum üretimi 2020 yılında %5,2 büyüme ile 65,3 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Geri dönüşüm yoluyla üretim talebi ise %6,2'lik büyüme oranıyla 33 milyon tona ulaşmıştır²⁰.

Alüminyum doğası gereği döngüseldir ve çoklu geri dönüşüm için uygundur. Alüminyum, orijinal özelliklerini (hafiflik, iletkenlik, şekillendirilebilirlik, dayanıklılık, geçirgenlik) kaybetmeden tekrar tekrar geri dönüştürülebilir. Ayrıca, Avrupa Alüminyum Birliği'nin çalışmalarında da belirtildiği üzere, alüminyum geri dönüşümü, alüminyumun sadece %5'ini gerektirmektedir.

²⁰Türkiye Alüminyum Sanayicileri Derneği. http://talsad.org.tr/wp-content/uploads/2021/06/TALSAD_Aluminyum_Sektor_Raporu_2020_Ozet_compressed.pdf

birincil alüminyum üretmek için gereken enerjiyi azaltarak önemli ölçüde CO₂ tasarrufu sağlamaktadır²¹. Alüminyum için yapılan tahminler, talebin 2050 yılına kadar 240 milyon tona ulaşacağını göstermektedir. Bu güçlü talep artışının en az %50'sinin geri dönüşüm ile karşılanması ve alüminyum sektöründe enerji verimliliği odaklı geri dönüşüm faaliyetlerine hız verilmesi beklenmektedir.

Türkiye'de son yıllarda hurda ve geri dönüşüm yoluyla pazara girişin arttığı ve geri dönüşümün ülkemizde daha önemli bir rol oynamaya başladığı görülmektedir. Özellikle Türk alüminyum ihracat pazarının %50'sinden fazlasını oluşturan AB'de EGD kapsamında karbon nötr olma yönünde atılan adımların Türk alüminyum sektöründeki geri dönüşüm faaliyetlerine de ivme kazandırması beklenmektedir.

Ülkemizdeki birincil alüminyum üretim tesisleri AB ülkelerindeki tesislerle kıyaslandığında (Tablo 5), Kapsam 1 ve Kapsam 1 ve 2 sera gazı emisyon yoğunluğu ortalama değerlerinin AB ortalamalarının oldukça üzerinde olduğu görülmektedir. Bu açıdan mevcut veriler, İDÇS'nin ülkemizde faaliyet gösteren ve AB pazarına ihracat yapmayı planlayan alüminyum üreticilerine ek maliyetler getireceğini göstermektedir. Bu nedenle birincil alüminyum üreten tesislerin emisyon yoğunluklarını azaltacak yatırımlar yapmaları önem arz etmektedir.

Tablo 5: Alüminyum Sektöründe Türkiye ve AB Ülkelerindeki Emisyon Yoğunluklarının Karşılaştırılması (ERCST)

CO ₂ yoğunluğu - tCO ₂ /ton birincil alüminyum		
	Kapsam 1 emisyonları	Kapsam 1 ve 2 emisyonları
EU27	1.5	5.95
Türkiye	2.1	9.12

Sektörün %50'ye varan bir enerji verimliliği potansiyeline sahip olduğu belirtilmektedir. Yeni bir kazan ve kojenerasyon sistemi kurmak büyük ölçekli enerji verimliliği yatırımları arasında yer almaktadır (geri ödeme süresi 3 yıldan fazladır). Aşağıdaki tabloda alüminyum sektöründe enerji verimliliğini artırmaya yönelik uygulamalar yer almaktadır.

Tablo 6: Alüminyum Sektöründe Enerji Verimliliği Uygulamaları (Kaynak: Sektörel MET Referans Belgeleri)

A. Genel Tesislere İlişkin Tedbirler	
Basınçlı Hava	Sızıntı tespiti de dahil olmak üzere sistem iyileştirmeleri ve optimizasyonu
Elektrik	Güç dağıtım sistemlerinin rehabilitasyonu Tüm pompalar, fanlar ve taşıma sistemleri için değişken hız sürücülü ve yumuşak yol vericili yüksek verimli motorların kullanılması

²¹Çevre Profili Raporu. <https://www.european-aluminium.eu/media/2052/european-aluminium-environmental-profile-report-2018-executive-summary.pdf>

Süreç Kontrol Sistemleri	Enerji Yönetim Sistemleri, enstrümantasyon ve izleme ve hedefleme sistemleri
Aydınlatma	Aydınlatmada enerji verimliliği ve aydınlatma kontrollerinin kullanımı
B. Sürece Özel Önlemler	
Madencilik - Cevher Öğütme	Yüksek verimli motorların ve değişken hızlı sürücülerin kullanımı
Metal İşleme	Baca gazlarından ısı geri kazanımı için fırınlara rejeneratif veya reküperatif brülörlerin monte edilmesi Rejeneratif art yakıcı kullanımı
Metal İşleme - Fırınlarda	Yalıtım yoluyla fırın kabuğu ısı kayıplarının azaltılması, böylece contalardan ve açıklıklardan kaynaklanan kayıpların en aza indirilmesi Yanmanın programlanması ve kontrolü yoluyla fırın operasyonlarının optimize edilmesi Yakma işleminde oksijen-yakıt kullanımı Sirkülasyonlu akışkan yataklı kalsinatörler Yanma havasının oksijen ile zenginleştirilmesi
Metal İşleme (Birincil ve İkincil üretim)	İnert anot teknolojisi Hurda malzemenin geri dönüşümünün artırılması

Gübre Endüstrisi

Sektör Hakkında Bilgiler:

Sektördeki Toplam Firma Sayısı (2018)	1.284
AB'ye Yapılan İhracatın Toplam Miktarı/Miktarı (2020)	110,6 bin ton / 93,5 milyon ABD Doları
Toplam İhracatta AB'nin Payı (Miktar/Tutar) (2020)	16% / 25%
GSYİH'ye Katkı (2019)	2,3 milyar TL (399 milyon ABD Doları)

Gübre üretiminde kullanılan başlıca hammaddeler doğal gaz, amonyak, fosfat ve kükürt kayasıdır. Gübre üretimindeki toplam maliyetin %53-%58'i hammaddeden kaynaklanmaktadır. Sektör oyuncuları, hammadde tedarikiyle ilgili riskleri en aza indirmek için geriye dönük entegrasyon, ortak girişimler ve uzun vadeli anlaşmalar gibi çeşitli stratejiler izlemektedir. Türkiye'de tüketilen gübrenin %35'i üre gübresinden oluşmaktadır. Yıllık ortalama yurt içi üre tüketimi yaklaşık 2,5 milyon tondur.

Ülkemizdeki gübre üretim tesisleri için sera gazı emisyon yoğunluklarına ilişkin kıyaslama çalışmaları mevcut değildir. Bu nedenle AB ortalamaları ile karşılaştırma yapmak mümkün değildir.

Tablo 7, gübre endüstrisi de dahil olmak üzere kimya endüstrisindeki örnek enerji verimliliği uygulamalarını sunmaktadır.

Tablo 7: Kimya Sektöründe Enerji Verimliliği Uygulamaları (Kaynak: Sektörel MET Referans Belgeleri)

A. Genel Tesislere İlişkin Tedbirler	
Basınçlı Hava	Sızıntı tespiti de dahil olmak üzere sistem iyileştirmeleri ve optimizasyonu
Kojenerasyon	Baca gazı kullanımı ile kojenerasyon
Elektrik	Güç dağıtım sistemlerinin rehabilitasyonu Tüm pompalar, fanlar ve blowerlar ile taşıma sistemleri için VSD ve yumuşak yol vericili yüksek verimli motorların kullanılması; buhar kapılarının iyileştirilmesi
Süreç Kontrol Sistemleri	Enerji Yönetim Sistemleri; Enstrümantasyon ve M&T sistemleri; proses entegrasyonu ve sıkıştırma teknolojisi; entegre proses kontrol ve bakım teknikleri
Aydınlatma	Aydınlatmada enerji verimliliği ve aydınlatma kontrollerinin kullanımı
B. Sürece Özel Önlemler	
İşleme - Kazanlar ve Fırınlar	Entegre süreç kontrol ve bakım teknikleri Baca gazı izleme

	Gelişmiş ısıtma ve proses kontrolü
	Kojenerasyon
	Yüksek verimli brülör kullanımı Önleyici bakım
	Egzoz gazından ısı geri kazanımı

Diğer Enerji Yoğun Sektörlerde Enerji Verimliliğini Artırmak için En İyi Uygulamalar

Aşağıdaki tablolar, henüz CBAM kapsamında olmayan tekstil ve kağıt ve kağıt üretimi sektörlerinde enerji verimliliğini artırmaya yönelik bazı uygulamaları kapsamaktadır.

Tablo 8: Tekstil Sektöründe Mevcut En İyi Teknolojiler (Kaynak: Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı)

Sürece Özel Önlemler	
Eğirme Süreci	Enerji tasarruflu üfleyici fanların ve baş üstü gezer temizleyicilerin (OHTC'ler) kullanılması
Dokuma Süreci	Dokuma planlarında enerji verimliliği için önlemler alınması
Islak İşleme	Yıkama için ters akımların kullanılması Kontinü çamaşır makinelerinde enerji tasarrufu sağlamak
Boyama ve Baskı	Yüksek sıcaklık/yüksek basınç (HT/HP) boyama makinelerinde ısı yalıtımının sağlanması Sıcak durulama suyundan ısı geri kazanımının sağlanması

Tablo 9: Kağıt ve Kağıt Üretim Sektöründe Mevcut En İyi Teknolojiler (Kaynak: Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı)

Sürece Özel Önlemler	
Çiğ Malzeme Hazırlama	Pnömatik konveyörlerin bantlı konveyörlerle değiştirilmesi
Kimyasal Kağıt Hamuru Üretimi	Sürekli pişirme kazanı ve kontrol sistemi kullanımı
Ağartma	Geleneksel vakum basınç ünitelerinin yıkama presleri ile değiştirilmesi
Kağıt Üretimi	Kağıt kurutmadan atık ısı geri kazanımı Enerji tasarruflu vakum sistemlerinin kullanımı

Motor sistemlerinin değiştirilmesi ve proses ısıtma ve soğutma sistemlerinde enerji verimliliği uygulamaları tüm imalat sanayinde uygulanabilir. Tesislerin enerji tüketimini ve buna bağlı olarak sera gazı emisyonlarını azaltmada etkilidirler.

Motor Sistemleri

Fanlar, kompresörler ve pompalar gibi birçok farklı ekipmanda kullanılan motor sistemleri, sanayi sektöründeki en büyük elektrik tüketim kalemidir. IE1 (en verimsiz), IE2, IE3 ve IE4 (en verimli) olmak üzere dört verimlilik sınıfı belirlenmiştir. SHURA tarafından belirtildiği üzere, Türkiye'deki sanayi tesislerinde genellikle IE1 ve IE2 sınıfı motorlar kullanılmaktadır. IE3 ve IE4 sınıfı motorların kullanımı sanayide enerji verimliliğini artıran önemli bir faktördür. Ayrıca değişken yüke sahip proseslerde kullanılan motor ve sistemlerin (fan, pompa, kompresör gibi) değişken hızlı sürücülerle birlikte kullanılması, sistemlerin çalışma frekanslarını düzenleyerek enerjinin verimli kullanılmasını ve önemli miktarda elektrik tasarrufu yapılmasını sağlamaktadır.

Proses Isıtma ve Soğutma (Kojenerasyon ve Trijenerasyon ile)

Sanayi tesislerinde üretim ve depolama süreçlerinde kullanılan ısıtma ve soğutma sistemleri elektrik tüketiminde önemli bir paya sahiptir. Isıtma işlemi çoğunlukla fosil yakıtların kazan ve fırınlarda yakılmasıyla ortaya çıkan ısı veya bu işlemde üretilen buhar ile gerçekleştirilir. Ancak proses ısıtmasında elektriğin kullanıldığı prosesler de mevcuttur. Soğutma işlemleri tamamen elektrikle gerçekleştirilir.

Isı kaybının önlenmesi, ısıtma ve soğutma ihtiyacının karşılanması için yüksek verimli cihazların kullanılması, ısıtma ve soğutma yüklerinin doğru yönetilmesi önemli ölçüde elektrik tasarrufu sağlar.

Kojenerasyon sistemleri düşük proses sıcaklıklarına sahip endüstriyel tesisler için kullanılabilir ve tesisin hem elektrik hem de ısı ihtiyacını kısmen karşılayabilir. Dağıtılmış elektrik tarafından üretilen

Kojenerasyon sistemi şebekedeki talebi azaltarak şebeke kayıplarını azaltır. Kojenerasyon sistemleri absorpsiyonlu soğutma grupları ile birlikte kullanılarak kojenerasyon sistemlerinin verimliliği daha da artırılabilir (trijenerasyon tesisleri).

Kojenerasyon tesislerinde, petrokimya komplekslerinde, kimya tesislerinde, tekstil boyama tesislerinde, kağıt ve selüloz işleme tesislerinde, gıda üretim tesislerinde ve gübre tesislerinde kullanılabilir.

Enerji Verimliliğinde Yatırım Potansiyeli

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından desteklenen ve TÜBİTAK MAM tarafından yürütülen Sanayide Kaynak Verimliliği Potansiyelinin Belirlenmesi Projesi Sonuç Raporu'na⁽²²⁾ göre, 5 ana kaynak yoğun sektörde gerçekçi senaryolar ve ideal senaryolar için yapılması gereken toplam enerji verimliliği yatırım miktarları aşağıdaki grafikte sunulmaktadır (Şekil5). İDAM'dan etkilenecek olan demir-çelik ve alüminyum sektörleri aşağıdaki grafiklerde ana metal sanayi içerisinde yer almaktadır. Öte yandan, kimyasalların ve kimyasal ürünlerin imalatı sektörü, CBAM'den etkilenecek bir diğer sektör olan gübre sektörünü de içermektedir.

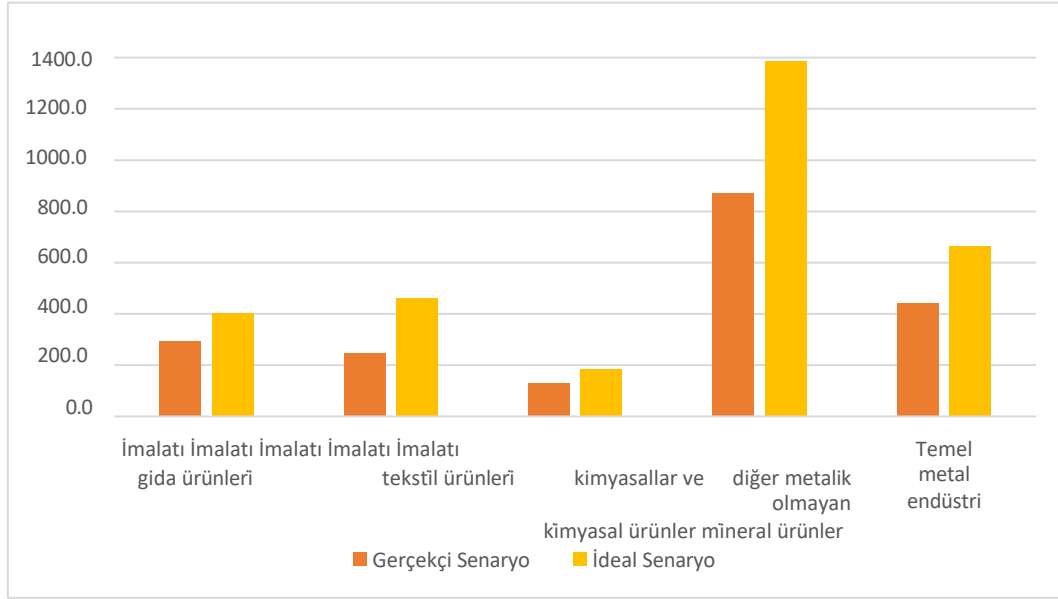
Diğer metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı sektörünün en yüksek yatırıma ihtiyaç duyduğu görülmektedir (gerçekçi senaryoda 871 milyon Avro ve ideal senaryoda 1,4 milyar Avro). Ana metal sanayinde enerji verimliliği alanında 442 milyon Avro ile 665 milyon Avro arasında bir yatırım potansiyeli bulunmaktadır. **Türk imalat sektöründe toplamda 2,8 milyar Avro (gerçekçi senaryo) ile 4,3 milyar Avro (ideal senaryo) arasında bir enerji verimliliği yatırım potansiyeli bulunmaktadır.**

Ana metal sanayindeki yatırımların %59'unun ve kimyasalların ve kimyasal ürünlerin imalatı sektöründeki yatırımların %53'ünün geri ödeme süresi 1 yıldan uzundur. Diğer sektörlerde yapılabilecek enerji verimliliği yatırımlarının çoğunun (%61-%77) geri ödeme süresi 1 yıldan azdır. Bu da enerji verimliliğinin sanayi tesislerinin enerji ve sera gazı emisyon yoğunluğunu azaltmada çok önemli bir araç olduğunu göstermektedir.

Şekil5: Sektörlerde Enerji Verimliliği Yatırım Potansiyeli (milyon Euro²³)

²²Rapora <https://www.temizuretimmerkezi.org/imagesbuyuk/6727d-Sonuc- Raporu.pdf> ziyaret edilebilir linkinden ulaşılabilir.

²³Bu çalışmada enerji, su ve hammadde verimliliği için verilen yatırım potansiyelleri, Sanayide Kaynak Verimliliği Potansiyelinin Belirlenmesi Projesi - Nihai Rapor'un yayın tarihi olan Eylül 2017'deki Avro/TL paritesi baz alınarak hesaplanmıştır.



SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi tarafından hazırlanan "Türkiye'de Enerji Dönüşümünün Finansmanı" raporuna göre, diğer metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı altında yer alan **çimento sektöründe 336 milyon Avro**, ana metal sanayi altında yer alan **demir çelik sektöründe ise 527 milyon Avro** yatırım potansiyeli bulunmaktadır. SHURA senaryosuna göre, çimento ve demir-çelik sektörlerindeki yatırımlar dışındaki sektörlerde yapılacak enerji verimliliği (motor değişimi, aydınlatma ve proses ısıtma ve soğutma) yatırımlarının toplamı **3,8 milyar Avro** civarındadır ve bu yatırımların büyük çoğunluğunun enerji yoğunluğu yüksek olan kimya, tekstil ve gıda tesislerinde yapılması beklenmektedir.

Çimento fabrikalarındaki atık ısı geri kazanım yatırımları ile ilgili olarak;

İstanbul Maden İhracatçıları Birliği (İMİB) tarafından Mayıs 2021'de düzenlenen Sanayide Mineral Panelleri-Çimento Sektörü toplantısında konuşan Türkçimento⁽²⁴⁾ (Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği) CEO'su Volkan Bozay, düşük karbonlu üretim modeline geçişte katkılı çimentonun daha da önem kazanacağını belirtti. Son on yılda atık ısıdan enerji üretimi için toplam 2 milyar ABD doları yatırım yapıldığı da vurgulandı. Ayrıca, Türkiye'de halihazırda 32 milyon ton atık bulunduğu ve bu miktarın yaklaşık %20'sinin yakıt olarak kullanılabileceği, böylece cari açığın 365 milyon ABD doları azaltılabileceği belirtildi.

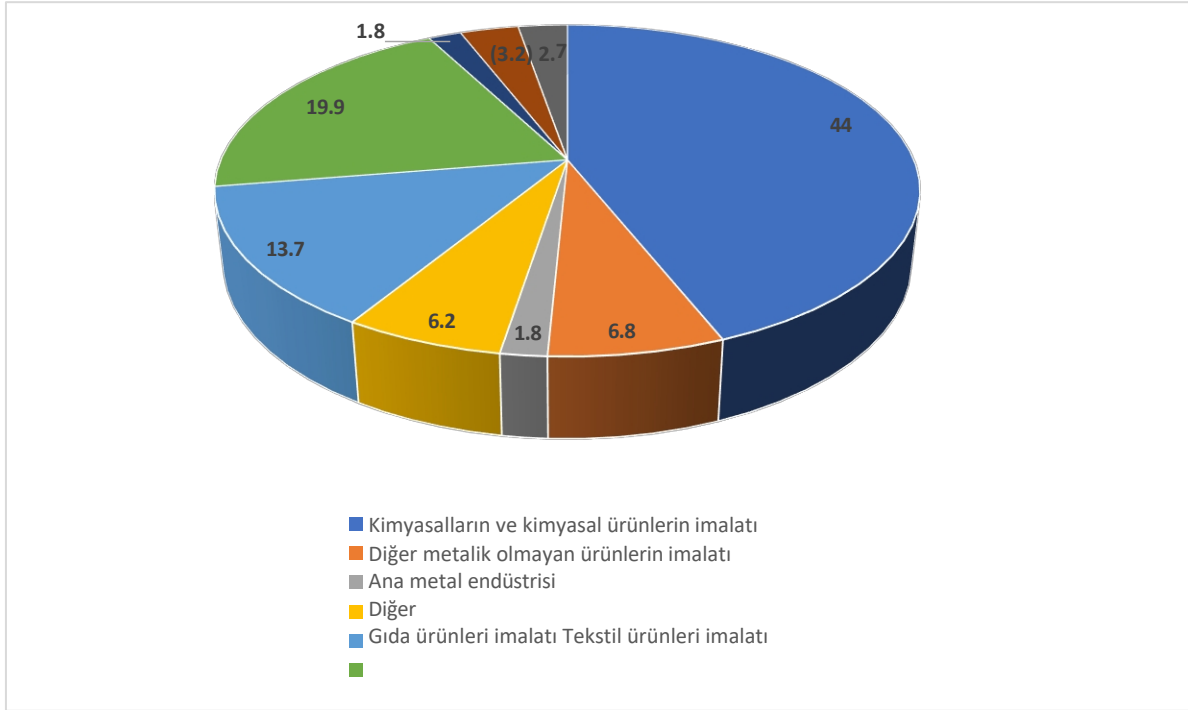
²⁴Türkçimento (eski adıyla Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği, TÇMB) 1957 yılında dernek olarak kurulmuş bir sivil toplum kuruluşudur. Türkiye'de 50'si entegre, 15'i öğütme tesisi olmak üzere toplam 65 fabrikayı temsil etmektedir. Türk çimento sektörünün uluslararası temsilcisi olarak 1972 yılından bu yana Avrupa Çimento Birliği üyesi olan Türkçimento, araştırma ve geliştirme hizmetlerinden eğitime, uluslararası işbirliğinden sertifikasyona, sektörel veri derlemeden üniversiteler, sivil toplum kuruluşları ve diğer ilgili kurumlarla işbirliğine kadar birçok faaliyette bulunmaktadır.

Sanayinin Yeşil Dönüşümünde Su Verimliliği

Tarım sektörü, su tüketiminin %73'ünü oluşturarak Türkiye'deki en büyük su tüketicisi sektördür. Türkiye'de sanayinin mevcut su kullanım oranı %13 civarındadır²⁵ve 2030 yılına kadar bu oranın %20'ye çıkacağı öngörülmektedir. İklim değişikliğinin yeraltı ve yerüstü su kaynakları üzerinde yarattığı baskı, su bağımlılığı yüksek olan sanayi sektörlerinde suyun çok daha verimli kullanılmasını gerektirmektedir. Özellikle gıda ürünleri imalatı, tekstil, metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı, ana metal sanayi ve kimyasal madde imalatı gibi yoğun su tüketimi olan sektörlerde su verimliliğine dayalı uygulamaların hayata geçirilmesi önemlidir. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı öncülüğünde 2021-2023 yılları arasında düzenlenen "NACE Kodlarına Göre Sanayide Su Kullanım Verimliliği" Projesi'nin çıktılarının sanayide suyun verimli kullanımına ilişkin önemli bir rehber doküman ve eylem planı olacağını düşünüyoruz.

Aşağıdaki grafikten (Şekil 6) de görülebileceği gibi, Türkiye'deki sanayi sektörlerinde su tüketiminde en büyük pay %44 ile kimyasalların ve kimyasal ürünlerin imalatına aittir. Bu sektörü sırasıyla %19,9 ve %13,7 ile tekstil ürünleri imalatı ve gıda ürünleri imalatı takip etmektedir.

Şekil 6: Su Tüketiminin Sektörel Dağılımı (%)



Kaynak: Doç Dr. Gökşen Çapar ve Prof Dr. Ülkü Yetiş, TÜİK

Su yoğun sektörlerde yüksek teknolojinin kullanılması ve su tüketimini azaltmak için Mevcut En İyi Teknikler (BAT) uygulamalarının yaygınlaştırılması önemli bir ihtiyaç olarak görülmektedir. Bu

²⁵Enerji sektöründeki (termik santraller) su kullanımı ile birlikte hesaplanmıştır. İmalat sanayi, organize sanayi bölgeleri ve maden işletmelerinin su tüketimi %4 civarındadır.

atıksu geri kazanımı ile birlikte MET uygulamalarının yaygınlaştırılmasının su verimliliği açısından sektöre önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir²⁶.

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ve TÜBİTAK MAM (Marmara Araştırma Merkezi) tarafından desteklenen Sanayide Kaynak Verimliliği Potansiyelinin Belirlenmesi Projesi Sonuç Raporu'na göre sanayide %17 ile %29 arasında su tasarrufu potansiyeli bulunmaktadır. Toplam su tasarrufu potansiyelinin yaklaşık %57'sinin yatırım gerektiren çalışmalardan elde edilebileceği tespit edilmiştir.

Genel olarak sanayi sektöründe yapılabilecek su verimliliği yatırımları;

- Islak endüstriyel süreçlerden kuru endüstriyel süreçlere geçişi sağlayacak teknolojilerin kullanılması,
- Kapalı döngü ortamında su kullanımı,
- Su sızıntılarının azaltılması,
- Atık su arıtma ve proses geri kazanım tesisleri,
- Yıkama suyunun yeniden kullanımı,
- Yağmur suyu toplama ve kullanma sistemi kurulması,
- Yüksek basınçlı ve düşük hacimli nozullar ve düşük su tüketimli spreyleyler (daha az su tüketen proses ekipmanları),
- Sıcak suyla yıkama yerine buhar ve ultrasonik temizleme,
- Otomatik su açma ve kapama sistemleri,
- Akış, kalite ve seviye ölçüm sistemleri ve
- Bir su izleme ve yönetim sisteminin kurulması.

Sektörlere göre su verimliliği incelendiğinde, gübre alt sektörü de dahil olmak üzere **kimyasalların ve kimyasal ürünlerin imalatı sektöründe** faaliyet gösteren tesislerde yoğun su tüketimine paralel olarak yüksek miktarlarda atık su olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, üretim süreçleri nedeniyle suya karışan kimyasalların yüksek seviyelerde olması, atık suyun taşıdığı kimyasal yüklerin artmasına neden olmaktadır. Üretim süreçlerine ilişkin alınacak çeşitli verimlilik önlemleri ile atık su miktarının %50-60 oranında azaltılması mümkündür.

Tekstil sektörüne ilişkin bir analiz, su kullanımının %70-80'inin terbiye ve boyama işlemlerinden kaynaklandığını ve buhar üretimi, tesis temizliği ve su yumuşatma gibi yardımcı işlemlerde de su tüketildiğini göstermektedir. Tekstil sektöründe su verimliliğine ulaşmak için aşağıdaki eylemler önerilmektedir:

- Tüm süreçler bazında su tüketiminin izlenmesi ve kontrol edilmesi,
- Atık su akışlarının ayrıştırılması ve karakterizasyonu ve su/malzeme geri kazanım ve yeniden kullanım tesislerinin değerlendirilmesi,
- Alkali içeren atık suyun merserizasyon prosesleri için diğer ön işlemlerde yeniden kullanımı,
- Mümkün olan yerlerde son işlem atık suyunun yeniden kullanımının sağlanması,

²⁶<http://suyonetimi.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/88/2018/10/Anahtar-Dergisi-Sanayide-Su-Verimlili%C4%9Finin-%C3%9Ckelenen-Durumu.pdf>

- Haşıl sökme atık suyundan haşıl kimyasallarının membran filtrasyonu ile geri kazanımı,
- Yıkama verimliliğinin artırılması ve ters akımlı yıkama ve
- Sürekli çalışan makinelerde su akış kontrol cihazlarının ve otomatik kapatma vanalarının kullanılması.

Gıda sektöründe su verimliliği sağlamak için aşağıdaki eylemler önerilmektedir:

- Su kullanımının süreçler bazında detaylı olarak izlenmesi,
- Yeraltı ve proses suyu kalitesinin rutin olarak izlenmesi,
- Su yumuşatma sisteminin optimizasyonu,
- Fark edilmeyen kayıpların önlenmesi (Boru ve pompaların bakımını yaparak kayıpların önlenmesi),
- Uygun kalitede proses atık suyunun geri kazanımı/yeniden kullanımı için tesislerin değerlendirilmesi,
- İşletmede kullanılan soğutma suyunun bir kısmının ön yıkama suyu olarak kullanılması ve
- Dolum sıvısının konserve ve turşu üretiminde tekrar kullanılması ile çevre kirliliğinin önlenmesi.

Çimento üretimi kapsamındaki kuru proseslerde suyun sadece değirmen atmosferinin soğutulması ve öğütme işlemleri sırasında fırın gazlarının soğutulması için tüketildiği görülmektedir. Sanayide Kaynak Verimliliği Potansiyelinin Belirlenmesi Projesi kapsamında yapılan çalışmalar, tesislerde yatak soğutması için suya ihtiyaç duyulmasına rağmen kapalı sistemlerin kullanılması nedeniyle buharlaşma kayıpları dışında bir tüketim olmadığını göstermektedir. Sektörde su tasarrufu sağlanması için tüm soğutma suyu sistemlerinin açık devreden kapalı devreye dönüştürülmesi, temizlik ve bahçe sulamada arıtılmış musluk suyu kullanılması ve atık ısı geri kazanım tesislerinin soğutma suyunun %100'ünün geri kazanılması önerilmektedir.

Türkiye'de **demir çelik sektöründe** faaliyet gösteren işletmelerde kapalı ve açık su sistemlerinin bir arada kullanıldığı görülmektedir. Özellikle tesislerin çelikhane bölümlerinde kapalı su sistemlerinin kullanıldığı görülmektedir. Aşağıdaki uygulamalar sektörde su verimliliğini artırabilir:

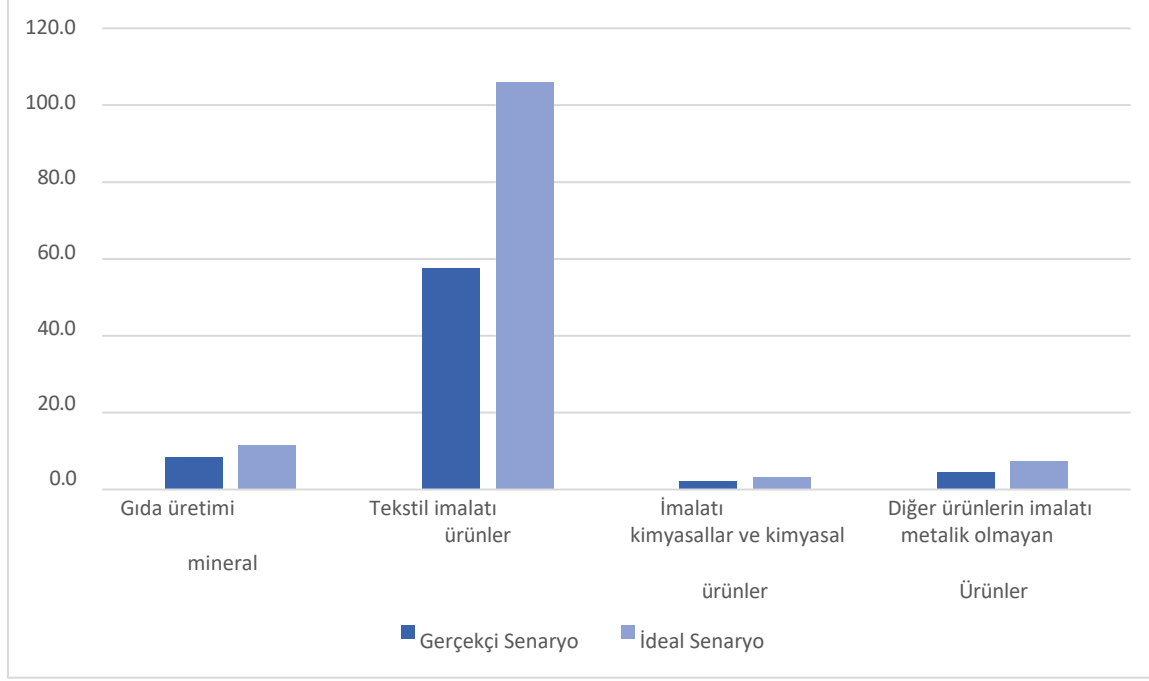
- Fırının soğutulması için mümkün olduğunca kapalı devre su soğutma sistemlerinin kullanılması, böylece elektrik ark ocağı (EAF) işleminden kaynaklanan su tüketiminin en aza indirilmesi,
- Arıtılmış ve arıtılmamış atık suyun ayrıştırılması ve kullanılması ve süreç boyunca mümkün olduğunca yağmur suyunun kullanılması,
- Katı maddelerin çöktürme, tortulaştırma ve/veya filtreleme yoluyla giderilmesi; sıyırma tanklarından veya diğer aktif cihazlardan yağ çıkarma yöntemlerini birleştirerek ve soğutma suyunu ve vakumla üretilen suyu mümkün olduğunca devridaim ettirerek sürekli dökümden kaynaklanan atık su deşarjının en aza indirilmesi ve
- Ters osmoz sistemi ve eşanjör kullanarak soğutma kulelerindeki su kayıplarının önlenmesi.

Su Verimliliğinde Yatırım Potansiyeli

Sanayide Kaynak Verimliliği Potansiyelinin Belirlenmesi Projesi Nihai Raporuna göre, su yoğun sektörlerde gerçekçi senaryolar ve ideal senaryolar için yapılması gereken toplam su verimliliği yatırım miktarları aşağıdaki grafikte sunulmaktadır (Şekil 7). Tekstil sektörünün en yüksek yatırıma ihtiyaç duyduğu görülmektedir (gerçekçi senaryoda 57,5 milyon Avro ve ideal senaryoda 106 milyon Avro). Tekstil sektöründe yapılması gereken yatırımların çoğunun (%92) geri ödeme süresi 1 yıldan uzundur. Tekstil sektörünü takip eden gıda sektöründe ise yatırım

potansiyeli 8,3 milyon Avro ile 11,7 milyon Avro arasındadır. **Türkiye imalat sektöründe toplamda 135 milyon Avro (gerçekçi senaryo) ile 222 milyon Avro (ideal senaryo) arasında su verimliliği yatırım ihtiyacı bulunmaktadır.**

Şekil 7: Sektörlere Göre Su Verimliliği Yatırım Potansiyeli (milyon Euro³⁰)



Sanayinin Yeşil Dönüşümünde Hammadde Verimliliği

Hammadde verimliliği, çevre kirliliğinin artması, yenilenemeyen doğal kaynakların hızla azalması ve kaynakların değerinin artması ile birlikte sanayi sektörü için rekabet edebilirlik açısından çok önemli bir konu haline gelmiştir. Bu nedenle Avrupa Birliği Üye Ülkeleri ve gelişmiş ülkelerde üretimde verimliliğin artırılması hedeflerinin yanı sıra, hem kaynak tüketimini azaltacak hem de çevresel etkileri en aza indirecek süreç ve ürünlerin kullanımına yönelik politikaların geliştirildiği ve yaygınlaştırıldığı görülmektedir.

Kaynakların verimli kullanılması, Türk imalat sanayinin rekabet gücünün artırılması ve çevresel etkilerin azaltılması amacıyla ülkemiz de üretim süreçleri boyunca minimum kaynak tüketimi ve minimum atık oluşumu ilkesine dayalı temiz üretim faaliyetlerini yaygınlaştırmayı hedeflemektedir.

Sanayide Kaynak Verimliliği Potansiyelinin Belirlenmesi Projesi kapsamında yürütülen çalışmalar çerçevesinde sektörel bazda hammadde verimliliği açısından iyi uygulama örnekleri ve/veya iyileştirme potansiyelleri aşağıda yer almaktadır:

Çimento sektöründe kaynak verimliliği açısından atık yakıt (alternatif yakıt) kullanımına öncelik verilmelidir. Türk çimento sektöründe termal enerji kaynağı olarak ithal fosil yakıtlar ve petrokok (petrol koku) kullanılmaktadır. Sektörde atıktan türetilmiş yakıt (ATY) kullanım oranı %4 civarındadır. Son yıllarda sağlanan artışa rağmen, atıktan türetilmiş yakıt kullanımının gelişmiş ülkelere kıyasla düşük olmasının temel nedeni, uygun kalitede ve yeterli miktarda sabit maliyetli kaynakların bulunmaması olarak değerlendirilmektedir. Uygun kaynakların bulunması ve doğru yönetilmesi halinde çimento sektöründe atıktan türetilmiş yakıt kullanım oranı artacaktır. ATY kullanmak üzere tasarlanmamış tesislerde maksimum atık kullanım oranı (yakma) %5'tir. Atıkların daha yüksek oranlarda değerlendirilmesi için ek yatırıma ihtiyaç vardır. Çimento sektörünün bu yatırımları yapabilmesi veya yatırımların ekonomik olabilmesi için atıktan türetilmiş yakıt temininde uzun vadeli güvence gerekmektedir. Atık kaynaklarının sürekliliğinin sağlanması ve atık kalitesindeki dalgalanmaların azaltılmasıyla çimento sektörü daha yüksek atık kullanım oranlarına ulaşacaktır.

Sera gazı emisyon yoğunluğunu azaltmak için üretilen çimentodaki klinker oranının azaltılması (Türkiye'de ortalama %80 civarındadır) ve klinker yerine yüksek fırın cürufu, uçucu kül, tras, kireçtaşı vb. kullanılması da sektör için önemlidir.

Toz, NO_x, SO₂, HCl ve HF emisyonları ile metal emisyonlarının azaltılmasına yönelik yatırımlar (torba filtre, elektro filtre ve hibrit filtre) çimento endüstrisinin çevresel etkilerinin azaltılmasına katkıda bulunacaktır. 2009'dan sonra kurulan tüm tesislerin mevcut ulusal sınır değere ulaşabildiği görülmektedir. Ancak, birçok tesis NO_x emisyonlarında AB - BAT uyumu (450 mg/Nm³) için seçici olmayan katalitik indirgeme teknolojisi (NSCR) yatırımı gerektirmektedir (74 fırından 5'i sınır değeri karşılamaktadır).

Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın çalışmasına göre, Türk Çimento Endüstrisinin AB - Endüstriyel Emisyonlar Direktifine uyum için toplam maliyeti 873 milyon ABD Doları olarak hesaplanmıştır. Enerji verimliliği yatırımlarının toplam maliyet içindeki payı %30'dur.

Demir çelik sektöründe kullanılan hammaddeler üretim yöntemine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bazik oksijen fırını (BOF) bazlı tesislerde demir cevheri, hurda metal ve taş kömürü birlikte kullanılır. Elektrik Ark Ocağı (EAF) tesisleri ise hurda metale dayalı üretim yapmaktadır. Demir-çelik sektöründeki kaynak verimliliği uygulamaları incelendiğinde şunlar görülmektedir:

- Prosese girdi sağlayabilecek malzemelerin geri kazanılması önemlidir. Cüruftaki metalin geri kazanımı, baca tozundan çinko geri kazanımı ve galvanizleme sonrası gibi süreçler hammadde tasarruf potansiyelini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu amaçla kurulan tesislerde baca tozundan çinko geri kazanılmaktadır,
- Ayrıca pota fırını cürufları, yüksek oranda Kalsiyum Oksit (CaO) içerdikleri için çelik üretiminde kireç yerine cüruf yapıcı olarak kullanılması düşünülmektedir.
- Regülasyon sistemlerindeki iyileştirmeler, ton ürün başına elektrot tüketiminde azalma sağlayabilir.
- Kaliteli hurda kullanımı ve hurda eleme-ayırma işlemleri ile sektörde hem hammadde hem de enerji verimliliği sağlanabilmektedir. Ancak ülkemizdeki tesislerin çok azı hurda eleme sistemi ile donatılmıştır.
- Çimento fabrikalarında olduğu gibi, atık lastiklerden enerji geri kazanımı mümkündür.

Kimya sektöründe (temel kimyasallar, kimyasal gübre ve azot bileşikleri, birincil form plastikler ve sentetik kauçuk üreten tesislerde) birincil ve yardımcı hammadde tüketimi üretim maliyetlerinde önemli bir paya sahiptir ve bu nedenle hammadde tüketiminin azaltılması sektör için kritik önem taşımaktadır. Bu sektör, üretim süreçleri boyunca tehlikeli, tehlikesiz ve kimya sektörüne özgü atıklar üretmektedir. Üretim süreçlerine ilişkin verimlilik artışı, katı atık miktarında yaklaşık %50'lik bir azalma sağlayabilir.

Döngüsel ekonomi açısından gübre **sektörü** incelendiğinde, Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından hazırlanan "Gübre Sektörü Politika Belgesi 2018-2022²⁷" belgesinde belirtildiği üzere tarımsal üretimde yeşil ve organik gübre kullanımına yönelik çalışmalar yürütüldüğü görülmektedir. Yakın geçmişte kimyasal gübrelere alternatif olarak sunulan organomineral gübrelere öncelik verildiği ve bu gübrelerin üretiminin teşvik edildiği vurgulanmıştır.

Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı tarafından yayımlanan Yeşil Mutabakat Eylem Planı'nda sürdürülebilir tarım başlığı altında kimyasal gübre kullanımının azaltılmasına vurgu yapılıyor. Türkiye'de organik tarımın geliştirilmesi ve bu sürecin Avrupa Birliği ile uyumlu bir şekilde yürütülmesi için çaba gösterileceği belirtiliyor.

Tekstil sektöründe kimyasal madde tüketimi oldukça yoğun. Çeşitli verimlilik önlemleri alınarak mevcut yardımcı kimyasalların tüketiminde yaklaşık %40-60, boyar maddelerin tüketiminde ise %26 tasarruf sağlanabileceği belirtiliyor. Tehlikeli, tehlikesiz ve tekstile özgü atıklar

²⁷Belgeye

<https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/G%C3%BCbre%20Sekt%C3%B6r%20Politika%20Belgesi%202018-2022.pdf>.adresinden ulaşılabilir

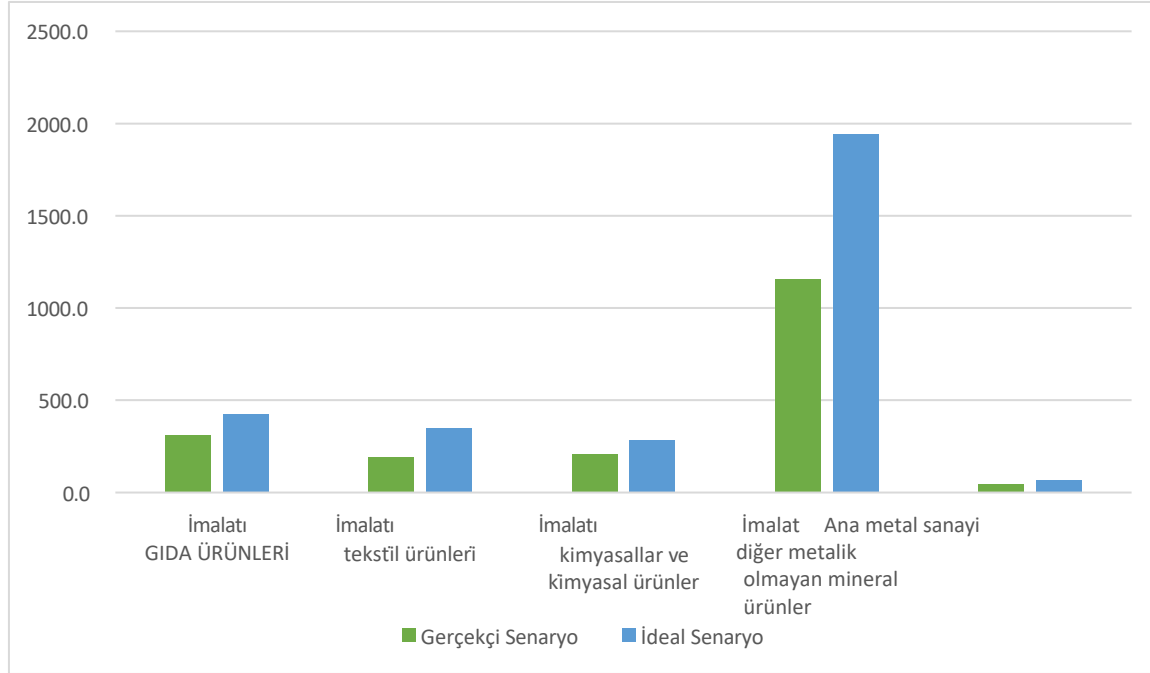
tekstil sektöründeki üretim süreçlerinde ortaya çıkmaktadır. Üretim süreçlerine ilişkin verimlilik artışının katı atık miktarında yaklaşık %54'lük bir azalmaya yol açabileceği gösterilmiştir.

Kağıt endüstrisinde kloruz ağartma teknolojilerinin kullanılması ile klorlu organik maddelerin su ortamına deşarjının önüne geçilmesi mümkün olmaktadır. EBSO tarafından yayınlanan Yeşil Sanayi Rehberi'ne göre, AB kağıt sanayinde geri kazanılmış hammadde kullanımı 1991 yılından bu yana iki katına çıkmıştır. Isı kazanlarında ve kireç fırınlarında fosil yakıtlar yerine biyokütle (Kraft tipi üretim tesislerinde elde edilen pulverize biyokütle) kullanımı uygulamaları son 2-3 on yılda giderek artmaktadır.

Hammedde Verimliliğinde Yatırım Potansiyeli

Sanayide Kaynak Verimliliği Potansiyelinin Belirlenmesi Projesi Sonuç Raporuna göre, 5 ana sektörde gerçekçi senaryolar ve ideal senaryolar için yapılması gereken hammadde verimliliği yatırımlarının toplam tutarı aşağıdaki grafikte sunulmaktadır (Şekil 8). Çimento sektörü de dahil olmak üzere diğer metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı sektörünün en yüksek yatırıma ihtiyaç duyduğu görülmektedir (gerçekçi senaryoda 1,1 milyar Avro ve ideal senaryoda 1,9 milyar Avro). Bu sektörde yapılması gereken yatırımların çoğunun (%65) geri ödeme süresi 1 yıldan uzundur. Gıda ürünleri imalatında 310-425 milyon Avro, kimyasallar ve kimyasal ürünler imalatında 209-286 milyon Avro ve tekstil ürünleri imalatında 190-352 milyon Avro yatırım potansiyeli bulunmaktadır. **Türk imalat sektöründe toplamda 4,5 milyar Avro (gerçekçi senaryo) ile 6,3 milyar Avro (ideal senaryo) arasında hammadde verimliliği yatırım ihtiyacı bulunmaktadır.**

Şekil 8: Sektörlerde Enerji Verimliliği Yatırım Potansiyeli (milyon Euro³⁰)



Çimento fabrikalarındaki Atıktan Türetilmiş Yakıt (ATY) yatırımlarına ilişkin olarak;

Dünya Gazetesi'nin Şubat 2021'de Mersin'de gerçekleştirdiği Anadolu Buluşmaları etkinliğinde Eren Holding bünyesinde faaliyet gösteren Medcem Çimento'nun CEO'su Murat Kahya, bir fabrikada alternatif yakıt dönüşümünün

ortalama 10-15 milyon ABD doları maliyetle gerçekleştirilebilecektir. Bu sayede belediyelerden temin edilen evsel atıklar tesiste atıktan türetilmiş yakıta dönüştürülebilecektir. Bu kapsamda Murat Kahya tarafından atık ithalatı için geçici ithalat desteğine ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir. TSKB'nin sektör temsilcilerinden aldığı bilgiye göre, henüz yatırım yapmamış tesislerde ATY dönüşümü için gerekli yatırım harcaması 10-12 milyon Euro aralığında.

Döngüsel Ekonomi Eylem Planının Plastik ve Ambalaj Sektörleri Üzerindeki Etkileri

AB tarafından 2019 yılında yayımlanan nihai Döngüsel Ekonomi Paketi²⁸, Döngüsel Ekonomi Eylem Planı ve atıklara ilişkin mevzuatın gözden geçirilmesini içeriyor. Döngüsel Ekonomi Eylem Planı kapsamında plastiklere yönelik stratejiler oluşturulurken, atıklara ilişkin mevzuatın revizyonu kapsamında ambalaj ve ambalaj atıklarının kontrolü direktifi güncelleniyor²⁹.

PAGEV'e⁽³⁰⁾ (Türk Plastik Sanayicileri Araştırma, Geliştirme ve Eğitim Vakfı) göre, Türkiye'de üretilen yıllık plastik miktarı 10 milyon tona yaklaşmakta ve yaklaşık 30 milyar Euro ciro elde edilmektedir. Resmi verilere göre ülkemizde yılda 3,7 milyon tonun üzerinde plastik ambalaj üretilmektedir³¹. Bu nedenle, AB Döngüsel Ekonomi Paketi'nin plastik ve ambalaj sektörleri üzerindeki potansiyel etkilerinin değerlendirilmesi önem taşımaktadır.

AB Döngüsel Ekonomi Eylem Planı kapsamında geliştirilen stratejiler birçok plastik ürüne yeni düzenlemeler getirmeyi hedefliyor. Özellikle plastik üreticilerinin, ürünlerin yaşam döngüsü sonunda ortaya çıkacak etkiler konusunda sorumluluğu paylaşmaları için belirli adımlar atıldığı açıkça görülüyor. Bununla birlikte deniz canlıları ve insan sağlığı için zararlı olan mikropplastik atıklar konusunda da ciddi önlemler alındığı görülüyor. Tek kullanımlık plastiklerle ilgili olarak 2019 yılında AB Parlamentosu tarafından alınan kararla 3 Temmuz 2021 tarihinden itibaren tek kullanımlık plastiklerin (tabak, çatal, bıçak, bardak, kulak çubuğu, pipet) kullanımının yasaklanması ve kullanıcıların sürdürülebilir alternatiflere yönlendirilmesi hedeflenmiştir. **Döngüsel ekonomi vizyonunun bir parçası olarak AB, 2030 yılına kadar tüm plastik ambalaj ürünlerini yeniden kullanılabilir veya uygun maliyetle geri dönüştürülebilir hale getirmeyi hedefliyor. AB, 2030 yılına kadar plastik atıkların %50'sinden fazlasını geri dönüştürmeyi ve toplama-ayırma ve geri dönüşüm kapasitesini 4 kat artırmayı hedefliyor. Benzer şekilde, geri dönüştürülmüş plastiklere olan talebi de 4 kat artırmayı hedefliyor.**

TMMOB Kimya Mühendisleri Odası tarafından hazırlanan "Türkiye'de Plastik Geri Dönüşümü ve Atık İthalatı Raporu"na göre, AB Üye Devletleri 2029 yılına kadar tek kullanımlık plastik şişelerin yüzde 90'ını toplama hedefi koyarken, bu şişeler için 2025 yılına kadar yüzde 25, 2030 yılına kadar ise yüzde 30 geri dönüştürülmüş içerik uygulamayı kabul etmiştir. Buna ek olarak, plastik ambalaj atıklarının vergilendirilmesi kararı ile 1 Ocak 2021 tarihinden itibaren kilogram başına 0,8 Avro vergi uygulanmaya başlanmıştır³².

"Sıfır Atık Projesi" kapsamındaki faaliyetler kapsamında, hem Çevre ve Şehircilik Bakanlığı hem de Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ile uyum sağlamak amacıyla "Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği" 26 Haziran 2021 tarihinde Resmi Gazete'de yayımlandı.

²⁸https://ec.europa.eu/environment/topics/circular-economy/first-circular-economy-action-plan_en

²⁹<https://ambalaj.org.tr/tr/bilgi-merkezi-ab-dongusel-ekonomi-paketi>

³⁰PAGEV'in raporuna <https://pagev.org/turkiye-plastik-sektor-izleme-raporu-2020-601b95c394d04> .adresinden ulaşılabilir

³¹<https://ticaret.gov.tr/data/5b8700813b8761450e18d7b/Ambalaj.pdf>

³²https://www.kmo.org.tr/resimler/ekler/d5e10e038d7b224_ek.pdf

Çevre mevzuatına ilişkin uygulamalardaki gelişmelerin yanı sıra 2872 sayılı Çevre Kanunu'nda yapılan değişiklikler ve 7261 sayılı Kanun ile Türkiye Çevre Kurumu'nun kurulması. Önümüzdeki dönemde AB'deki gelişmelere paralel olarak Türkiye'de de tek kullanımlık ve çok katmanlı (sorunlu) kompozit ambalajların azaltılmasını içeren yeni yönetmelik ve ikincil düzenlemelerin oluşturulması gündeme gelebilir ve Türkiye'deki plastik ve ambalaj sektörlerini etkileyebilecek çeşitli kısıtlamalar getirilebilir. Konuyla ilgili TÜSİAD tarafından yayınlanan çalışmada⁽³³⁾ da belirtildiği üzere, gıda ambalajlarında geri dönüştürülmüş plastik kullanımına imkan verecek koşulların gıda güvenliği sağlanarak oluşturulması için mevzuat çalışmalarının yapılması önemli olacaktır.

Başta plastikler olmak üzere tüm ambalaj atıklarının ayrıştırılması ve geri dönüştürülmesinde kapasitenin artırılması ve yüksek kaliteli geri dönüşüm için mevcut geri kazanım tesislerinin koşullarının iyileştirilmesi, AB'nin Döngüsel Ekonomi Eylem Planı'na uyum açısından kritik öneme sahip olacaktır. Plastik ve ambalaj endüstrilerinin geri dönüştürülmüş ürünleri kaynak olarak kullanma kapasitelerinin geliştirilmesi kilit bir rol oynamaktadır.

Türk Sanayicilerinin Yeşil Dönüşüm İçin Yatırım Yapabileceği Diğer Alanlar

Enerji, su ve hammadde verimliliğine ek olarak, enerji yoğunluğunu azaltacak, üretim ve operasyonlarda döngüsellik seviyesini artıracak ve iklim değişikliğinin neden olduğu fiziksel ve geçiş risklerine³⁴ karşı şirketlere olumlu katkılar sağlayacak aşağıdaki alanlarda yatırımlar yapılabilir:

- Yenilenebilir enerjinin doğrudan üretimde kullanılması (özellikle çatı üstü ve cephe GES uygulamaları⁽³⁵⁾ (ticari ve endüstriyel binalar için toplam 3.000 MW çatı üstü ve cephe GES potansiyeli bulunmaktadır) ve atık su arıtımı ve organik atık çıktısı yüksek olan sanayi ve işletmelerde yenilenebilir enerji (elektrik ve ısı) üretimi için biyogaz santrallerinin kurulması³⁶ vb,
- Yenilenebilir ısı uygulamaları (Jeotermal ve güneş enerjisi),
- Yeşil elektriğin üretimde dolaylı kullanımı (YEK-G³⁷ veya I-REC³⁸),
- Halihazırda kullanılan araçlarda elektrifikasyon,
- Sürdürülebilir ürün ve ambalaj tasarımı ve Ar-Ge (Örneğin, yeşil kimyasallar ve biyolojik bazlı ürünler),
- Ürünler için Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi çalışmalarının yürütülmesi ve iyileştirme fırsatlarının araştırılması,

(33) <https://tusiad.org.tr/yayinlar/raporlar/item/10790-avrupa-yesil-mutabakati-dongusel-ekonomi-eylem-plani-turk-is-dunyasina-neler-getirecek>

³⁴ Geçiş ve fiziksel iklim riskleri hakkında daha detaylı bilgi için; <https://www.fsb-tcfd.org/recommendations/>

³⁵ Türkiye'deki sanayi tesislerinde çatı ve cephe GES yatırım potansiyeli için lütfen <https://www.shura.org.tr/wp-content/uploads/2020/04/Binalarda-Cat%C4%B1-Ustu-Gunes-Enerjisi-Potansiyeli> adresini ziyaret ediniz.

³⁶ Türkiye'deki toplam biyogaz yatırım potansiyeli (9 milyar Avro) hakkında daha fazla bilgi https://www.vivis.de/wp-content/uploads/WM9/2019_WM_119-128_Azbar.pdf adresinde mevcuttur

³⁷ YEK-G hakkında daha fazla bilgi için; <https://www.epias.com.tr/yek-g-piyasasi/yek-g-sistemi-ve-organize-yek-g-piyasasi-tanitimi/>

³⁸ I-REC hakkında daha fazla bilgi için; <https://www.irecstandard.org/turkey/#/>

- Endüstriyel simbiyoz fırsatlarının araştırılması³⁹,
- Sürdürülebilir hammadde tedariki (Örneğin, kağıt endüstrisinde PEFC⁴⁰ve FSC⁴¹sertifikalı hammaddelerin kullanılması),
- İklim değişikliğine uyum yatırımları,
- Biyolojik karbon yutaklarının (ormanlar) korunması ve geliştirilmesi,
- Özellikle yeşil hidrojen yatırımları (hızla büyüyen bir alandır ve bazı AB ülkelerinde demir-çelik sektöründe uygulamaları mevcuttur⁴²) önümüzdeki dönemde (5-10 yıl içinde)
- Özellikle çimento, demir-çelik ve kimya-petrokimya sektörlerinde karbon yakalama, kullanma ve depolama uygulamalarındaki gelişmeler yakından takip edilmelidir.⁴³⁴⁴

Sonuç ve TSKB Yol Haritası

Aralık 2019'da başlayan Avrupa Yeşil Mutabakatı süreci ile birlikte AB Yeşil Mutabakatı ve Döngüsel Ekonomi temalarında özellikle sanayi sektörlerinde büyük bir değişim başladı. Önümüzdeki dönemde yürürlüğe girecek olan Sınır Karbon Yönetmeliği, Türk sanayileri ve Türkiye'nin ihracat stratejisi için önem arz etmektedir. Bu kapsamda gerek literatür araştırması gerekse portföyde yer alan firmalarla yapılan görüşmeler neticesinde sanayi ve kamu alanlarında Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Döngüsel Ekonomi konularında önemli yatırımlara ihtiyaç duyulabileceği ön plana çıkmaktadır. Türkiye özelinde düşünüldüğünde, sadece kamu kaynaklarının aktarılmasıyla önem kazanamayacak olan uyum yatırımlarına özel sektörün de dahil edilmesi büyük önem taşıyor. Bu nedenle hem kamu kurumları hem de sektör temsilcileri ile bir dizi toplantı yapılmaya devam edilecek, uyum yatırımlarının boyutları, planlanması ve finansmanına yönelik bir hedef belirlenmesi için çalışmalar yürütülecektir.

³⁹Daha fazla bilgi için BEBKA (Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı) tarafından hazırlanan doküman https://www.bebka.org.tr/admin/datas/Sayfas/files/EndustriyelSimbiyozBrosur_son.pdf adresinde mevcuttur.

⁴⁰<https://www.pefc.org/>

⁴¹<https://fsc.org/en>

⁴²Fosil yakıt kullanmadan yeşil hidrojen ile çelik üretimi hakkında bilgi için lütfen <https://www.ssab.com/fossil-free-steel> adresini ziyaret ediniz.

⁴³Heidelberg Cement ve Tata Steel tarafından yürütülen örnek karbon yakalama ve depolama uygulamalarına ilişkin ayrıntılı bilgilere <https://www.heidelbergcement.com/en/carbon-capture-and-storage-ccs> ve https://www.business-standard.com/article/companies/tata-steel-commissions-5-tonne-per-day-carbon-capture-plant-at-jamshedpur-121091400747_1.html adreslerinden ulaşılabilir.

⁴⁴Atmosferden doğrudan CO2 yakalama alanındaki gelişmelere ilişkin bilgilere <https://www.iea.org/reports/direct-air-capture> adresinden ulaşılabilir