

MUSIAD

TÜRKİYE’NİN SANAYİ VE TEKNOLOJİ RAPORU



TÜRKİYE'NİN SANAYİ VE TEKNOLOJİ RAPORU

EKİM 2025

MÜSİAD Genel Başkanı
Burhan ÖZDEMİR

Sanayi Politikaları ve Yatırım Komisyonu Başkanı
Dr. Abdullah ERİŞ

Koordinatör
Prof. Dr. Deniz TUNÇALP

Bölüm Yazarları
Prof. Dr. Bayram ŞAHİN
Prof. Dr. Bülent GÜLOĞLU
Prof. Dr. Enes DERTLİ
Prof. Dr. Hatice Camgöz AKDAĞ
Prof. Dr. Hasan MANDAL
Prof. Dr. İlhan KOCAARSLAN
Prof. Dr. Mustafa Evren ERŞAHİN
Prof. Dr. Nazan OKUR
Prof. Dr. Nevin Çiğdem GÜRSOY
Prof. Dr. Selin Hanife ERYÜRÜK
Doç. Dr. Fatih ORTAKCI
Doç. Dr. Gaye KARAÇAY
Doç. Dr. Hasan KARSLIOĞLU
Doç. Dr. Muhammet Mustafa KAHRAMAN
Dr. Abdullah ERİŞ
Dr. Hakan BAŞDOĞAN

Genel Yayın Yönetmeni
Ahmet DİLSİZ

Yayın Kurulu
Ahmet Emre KÜME
Abdulfettah İsmail ŞENBAŞ
Emir Furkan GÜNDOĞDU
Mustafa Halil AYDIN

Tasarım
Yusuf DİLBER

Baskı / Cilt
Mavi Ofset

ISBN
978-625-93737-0-6

Her türlü yayın hakkı MÜSİAD'a aittir.
MÜSİAD'dan izin almak veya MÜSİAD kaynak gösterilmek suretiyle telif mevzuatı çerçevesinde alıntı yapılabilir.

İÇİNDEKİLER

Bölüm 1: Giriş: Türkiye'nin Sanayi ve Teknoloji Raporu

Prof. Dr. Hasan Mandal, Dr. Abdullah Eriş **15**

Bölüm 2: Sanayi Sektörü Analizi

Prof. Dr. Bülent Güloğlu, Prof. Dr. Deniz Tunçalp **31**

Bölüm 3: Teknoloji ve İnovasyon

Prof. Dr. Bayram Şahin, Prof. Dr. Deniz Tunçalp **57**

Bölüm 4: İmalat Sektörlerinde Derinlemesine İncelemeler

4.1. Otomotiv Sektörü

Prof. Dr. İlhan Kocaarslan **83**

4.2. Tekstil ve Hazır Giyim Sektörleri

Prof. Dr. Nevin Çiğdem Gürsoy, Prof. Dr. Selin Hanife Eryürük,
Prof. Dr. Nazan Okur **121**

4.3. Kimya ve Plastik Sektörleri

Prof. Dr. Deniz Tunçalp **137**

4.4. Savunma Sanayi

Prof. Dr. Deniz Tunçalp **153**

4.5. Tarım ve Gıda Teknolojileri

Doç. Dr. Fatih Ortakçı, Prof. Dr. Enes Dertli **177**

4.6. Maden Sanayi

Doç. Dr. Muhammet Mustafa Kahraman **191**

Bölüm 5: Ekonomik ve Ticari Perspektifler

Prof. Dr. Bülent Güloğlu, Prof. Dr. Deniz Tunçalp **209**

Bölüm 6: Sanayi ve Teknolojide İnsan Kaynağı

Prof. Dr. Deniz Tunçalp, Doç Dr. Gaye Karaçay **231**

Bölüm 7: Çevre ve Sürdürülebilirlik

Prof. Dr. Mustafa Evren Erşahin, Prof. Dr. Hatice Camgöz Akdağ **259**

Bölüm 8: Mevzuat ve Destekler

Doç. Dr. Hasan Karsıloğlu **273**

Bölüm 9: Afetlere Hazırlık

Dr. Abdullah Eriş, Dr. Hakan Başdoğan **327**

Bölüm 10: Gelecek Eğilimleri ve Stratejik Öneriler

Prof. Dr. Deniz Tunçalp, Prof. Dr. Bülent Güloğlu **345**

Bölüm 11: Sonuç ve Değerlendirme

Prof. Dr. Hasan Mandal, Dr. Abdullah Eriş **353**

BAŞKANDAN**Değerli Okurlar,**

MÜSİAD olarak, Türkiye'nin üretim gücüne, teknolojik kapasitesine ve girişimci ruhuna olan inancımızla hazırladığımız “Türkiye'nin Sanayi ve Teknoloji Raporu”, yalnızca bir değerlendirme değil; aynı zamanda bir yön pusulası, bir kalkınma çağrısıdır.

Bugün artık biliyoruz ki; kalkınma, yalnızca ekonomik değil, teknolojik, sosyal ve kültürel boyutlarıyla bir bütün olarak ele alınmak zorundadır. Türkiye'nin sanayisi, yüksek katma değerli üretimle küresel rekabette daha güçlü bir yere sahip olmalı; teknolojik dönüşümle beraber üretim yapısında verimliliği esas alan bir anlayış tesis edilmelidir.

Bu raporun ortaya koyduğu temel gerçek şudur: Türkiye'nin genç ve dinamik nüfusu, üretim çeşitliliği ve jeopolitik konumu en büyük avantajlarımızdır. Ancak bu avantajları kalıcı başarıya dönüştürebilmek için sanayi ve teknolojiyi, stratejik öncelik hâline getirmek mecburiyetindeyiz. MÜSİAD olarak bizler, bu sürecin tam merkezindeyiz.

Ülkemizin bölgesel kalkınma hedeflerine ulaşabilmesi için organize sanayi bölgeleri ve teknoparkların tüm Anadolu'ya dengeli şekilde yayılması gerekmektedir. Dijitalleşme, yapay zekâ, sürdürülebilir üretim ve yeşil dönüşüm gibi kavramlar artık gelecek vizyonumuzun değil, bugünkü sorumluluğumuzun parçasıdır. Bu sorumluluk bilinciyle “MÜSİAD Sanayi ve Teknoloji Endeksi” olarak kurguladığımız MUST Endeksi'ni önerisini de kamuoyu ve politika yapıcıların dikkatine sunuyoruz. MUST Endeksi'nin hayata geçmesi ile birlikte sanayi ve teknoloji politikalarının etkinliğini ölçebileceğiz, gelişmeleri veriye dayalı takip edebileceğiz.

Raporun ortaya koyduğu önerilerin hayata geçirilmesinde kamunun yön gösterici, özel sektörün ise taşıyıcı güç olması gerektiğine inanıyoruz. Üniversite-sanayi iş birliklerinin derinleştirilmesi, yüksek teknoloji ürünlerde ihracat kapasitesinin artırılması ve beşerî sermayenin güçlendirilmesi MÜSİAD'ın öncelikli gündemindedir.

MÜSİAD olarak inancımız tamdır: Türkiye, yeni bir üretim paradigmasına geçişin eşiğindedir. Sanayide verimlilik, teknolojiye atılım ve istihdamda kapsayıcılık ilkeleriyle yürüdüğümüz bu yolda, hep birlikte Türkiye Yüzyılı'nın icrasını sürdüreceğiz.

Burhan ÖZDEMİR

MÜSİAD Genel Başkanı

YÖNETİCİ ÖZETİ

Bu rapor, Türkiye'nin sanayi ve teknoloji alanındaki mevcut durumu, dönüşüm gereksinimleri ve geleceğe yönelik stratejik yönelimlerini bütüncül bir bakışla analiz etmek amacıyla hazırlanmıştır. Türkiye'nin tarihsel olarak devletçilikten serbest piyasa uygulamalarına, ardından dijital dönüşüme evrilen sanayi politikasının izleri ilk bölümde kapsamlı biçimde ortaya konmuş, yüksek teknoloji üretimi, dijitalleşme ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri çerçevesinde genel bir stratejik çerçeve sunulmuştur.

İkinci bölümde sanayi sektörü; imalat, inşaat, enerji ve madencilik alt başlıklarında analiz edilerek, özellikle imalat sanayinin lokomotif rolü, bölgesel dengesizlikler ve iş gücü niteliği gibi yapısal sorunlara dikkat çekilmiş, bölgesel kalkınma, dijitalleşme ve iş gücü gelişimi için stratejik adımlar önerilmiştir. Üçüncü bölüm, teknoloji ve inovasyon politikalarını dijitalleşme, yapay zekâ, Ar-Ge ve girişimcilik bağlamında incelemiş; üniversite-sanayi iş birliği, ticarileşme kapasitesi ve bölgesel uzmanlaşma eksikliklerine öneriler sunmuştur.

Dördüncü bölümde, imalat sanayine dair altı stratejik sektör (otomotiv, tekstil, kimya-plastik, savunma, tarım-gıda, maden) ayrıntılı biçimde ele alınmıştır. Otomotiv sektörü, yeşil ve dijital dönüşüm bağlamında değerlendirilirken; tekstil sektörü, Avrupa Yeşil Mutabakatı ve düşük katma değer sorunlarıyla öne çıkmıştır. Kimya ve plastik sektörlerinde döngüsel ekonomi ve ithalat bağımlılığına dikkat çekilirken, savunma sanayiinde yerleşme, Ar-Ge kabiliyeti ve ihracat potansiyeli vurgulanmıştır. Tarım ve gıda teknolojileri dijitalleşme ile dönüşürken; maden sektörü ise zengin rezervlere karşın katma değerli üretim ve çevresel sürdürülebilirlik alanlarında yapısal eksiklikler taşımaktadır.

Beşinci bölümde, Türkiye'nin sanayi ve teknoloji sektörlerinin ekonomik ve ticari boyutu değerlendirilmiş; ihracat artışına rağmen yüksek teknoloji ithalatına bağlı dış ticaret açığı, bölgesel yatırım dengesizlikleri ve yatırım ortamı reformu gerekliliği öne çıkarılmıştır. Altıncı bölüm, nitelikli iş gücü açığına ve eğitim sisteminin sanayi ile yeterli entegrasyon kuramamasına dikkat çekmiş, üniversite-sanayi iş birlikleri, yaşam boyu öğrenme ve teknik beceri gelişimi için öneriler sunmuştur.

Yedinci bölümde, sanayi sektörlerinin çevresel etkileri, emisyon yükü, döngüsel ekonomi uygulamaları ve ESG (çevresel, sosyal ve yönetim) performansı analiz edilmiş; sürdürülebilirlik odaklı politika reformları vurgulanmıştır. Sekizinci bölüm, Ar-Ge ve teknoloji yatırımlarını destekleyen mevzuat ve teşvik sistemini detaylandırmış; TÜBİTAK, KOSGEB gibi kurumların sunduğu destek mekanizmalarının daha etkili ve kapsayıcı kurgulanması gerektiği belirtilmiştir.

Dokuzuncu bölüm, afetlere karşı sanayi tesislerinin dayanıklılığını artıracak stratejik çerçeveyi sunmuş; risk yönetimi, kriz planlaması ve iş sürekliliği uygulamalarının kurumsallaşmasının önemine dikkat çekmiştir. Onuncu bölüm, yeşil dönüşüm, Endüstri 4.0, yapay zekâ ve girişimcilik ekosisteminin güçlendirilmesi gibi küresel eğilimlerle uyumlu stratejik hedefleri ortaya koymuş ve bu dönüşümün takibi için önerilen MÜSİAD Sanayi ve Teknoloji Endeksi (MUST Endeksi) modelini tanıtmıştır.

Son bölüm olan on birinci bölüm, tüm analizlerin sentezini yaparak Türkiye'nin sanayi ve teknoloji politikalarında sürdürülebilir, kapsayıcı ve rekabetçi bir dönüşüm için dijitalleşme, yüksek katma değerli üretim, insan kaynağı gelişimi ve kurumsal kapasite artışı alanlarında bütüncül politika uygulamalarına ihtiyaç duyduğunu vurgulamıştır.

ÖZET

1. Giriş

Bu bölüm, Türkiye'nin sanayi ve teknoloji alanındaki tarihsel gelişimini, mevcut durumunu ve geleceğe yönelik stratejik yönelimlerini kapsamlı şekilde ele almaktadır. Sanayi ve teknolojinin ekonomik kalkınmadaki merkezi rolü vurgulanırken, raporun amacı Türkiye'nin bu alanlardaki güçlü ve zayıf yönlerini belirlemek, fırsatları değerlendirmek ve sürdürülebilir büyüme için stratejik öneriler sunmak olarak tanımlanmıştır. Tarihsel süreçte Cumhuriyet'in ilk yıllarından günümüze kadar devletçilikten liberalleşmeye, ardından dijital dönüşüm dönemine kadar uzanan dört ana dönem ayrıntılı olarak incelenmiştir. Güncel veriler ışığında Türkiye'nin sanayi sektörünün GSYİH ve ihracattaki belirleyici rolü ortaya konmuş; sektörde kadın istihdamının artırılması ihtiyacı ve bölgesel sanayi altyapısı eşitsizliklerine dikkat çekilmiştir. Yüksek teknoloji üretimi, Ar-Ge yatırımları ve dijitalleşme gibi alanlarda atılacak adımların önemi vurgulanmış, GZFT analizi ile Türkiye'nin sanayi ve teknoloji ekosistemine ilişkin stratejik bir değerlendirme sunulmuştur. Bölüm, Türkiye'nin 2030 Sanayi ve Teknoloji Stratejisi ve Millî Teknoloji Hamlesi vizyonu ile uyumlu biçimde, yüksek katma değerli üretim, yeşil kalkınma ve bölgesel entegrasyon hedeflerine katkı sağlamayı amaçlayan bir çerçeve ortaya koymaktadır.

2. Sanayi Sektörü Analizi

Bu bölüm, Türkiye'nin sanayi sektörünü imalat, inşaat, enerji ve madencilik alt sektörleri üzerinden çok boyutlu biçimde analiz etmektedir. 2015–2023 dönemi verileri ışığında, sanayi üretimi ve istihdamında özellikle imalat sektörünün lokomotif rolü belirginleşmiştir. Enerji ve madencilik sektörlerinde yüksek verimlilik artışları gözlemlenirken, sanayi üretim endeksleri 2018 ve 2022 yıllarında ekonomik dalgalanmalara bağlı olarak düşüşler göstermiştir. İşçi başına üretim değeri tüm sektörlerde ciddi artış sergilemiş, bu gelişmede Ar-Ge harcamaları ve yerli patent başvurularındaki artış etkili olmuştur. Bölgesel analizlerde Marmara, Ege ve İç Anadolu bölgeleri öne çıkarken, Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri sanayi altyapısı ve üretim kapasitesi bakımından geride kalmıştır. Kadın ve genç istihdamı düşük seviyelerde kalırken, sanayi iş gücünün büyük bölümü düşük ve orta eğitim düzeyindedir. Uluslararası karşılaştırmalar, Türkiye'nin verimlilik ve nitelikli iş gücü alanlarında OECD ülkelerinin gerisinde olduğunu ortaya koymaktadır. Bölüm, yapısal reformların gerekliliğini vurgulamakta ve bölgesel kalkınma, dijitalleşme, yeşil dönüşüm ve iş gücü niteliklerini artırmaya yönelik çok katmanlı stratejik öneriler sunmaktadır.

3. Teknoloji ve İnovasyon

Bu bölüm, Türkiye'nin bilgi temelli kalkınma hedefi doğrultusunda teknoloji ve inovasyon alanında kat ettiği mesafeyi kapsamlı biçimde değerlendirmektedir. Girişte, dijitalleşme, Ar-Ge faaliyetleri, yapay zekâ uygulamaları ve girişimcilik ekosistemleri gibi alanların stratejik önemine vurgu yapılmakta; bu unsurların ekonomik büyüme ve toplumsal refah üzerindeki etkileri ele alınmaktadır. Türkiye'nin teknoparklar, Ar-Ge merkezleri ve teknoloji geliştirme bölgeleriyle örülü yapısı bölgesel dağılım ve istihdam verileriyle analiz edilmiş, ihracat gelirlerinde ve patent sayılarında önemli artışlar kaydedildiği gösterilmiştir. Bununla birlikte, üniversite-sanayi işbirliğinin yeterince derinleşmediği, desteklerin büyükşehir merkezli olduğu ve ticarileşme kapasitesinin sınırlı kaldığı vurgulanmaktadır. Dijital altyapı yatırımları ve akıllı imalat uygulamalarının sektörel etkileri detaylı biçimde incelenmiş, KOBİ'lerin bu dönüşümde geride kaldığı tespit edilmiştir. Start-up ekosistemi, unicorn başarıları ve yatırım eğilimleriyle öne çıkarken, girişimlerin bölgesel olarak İstanbul'a sıkıştığı ve küresel ölçeklenme stratejilerinin sınırlı olduğu ifade edilmiştir. Son olarak, yapay zekâ ve veri bilimi alanlarındaki stratejik açılımlar değerlendirilmiş; eğitim, etik çerçeve, açık veri yönetimi ve kamu-özel iş birliği bağlamında öneriler sunulmuştur. Bölüm, performans odaklı teşvik sistemleri, bölgesel uzmanlaşma, ticarileşme odaklı kamu politikaları ve YZ alanında insan kaynağı yatırımları ile Türkiye'nin küresel rekabetçiliğini artırabileceğini ortaya koymaktadır.

4. İmalat Sektörlerinde Derinlemesine İncelemeler

Bu bölüm, Türkiye imalat sanayisinin stratejik sektörlerinde yapılan ayrıntılı analizlere giriş niteliğindedir. TÜİK, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı gibi kurumlardan alınan veri setlerine dayanarak hazırlanan analizlerde; otomotivden kimya sanayisine, tekstilden tarım ve gıdaya kadar çeşitli sektörlerin mevcut durumu, dönüşüm ihtiyaçları ve küresel eğilimlerle uyum düzeyi değerlendirilmiştir. Her alt bölüm, sektöre özgü yapısal sorunlar, rekabet gücü, sürdürülebilirlik kapasitesi ve teknolojiye adaptasyon düzeyini bütüncül bir yaklaşımla ortaya koyarak, kamu politikalarına ve strateji geliştirme süreçlerine somut katkılar sunmayı hedeflemektedir.

4.1 Otomotiv Sektörü

Otomotiv sektörü, yüksek katma değer yaratma kapasitesi ve istihdama katkısıyla Türkiye ekonomisinin taşıyıcı sektörlerinden biridir. Sektör ithalata olan bağımlılığı, teknolojik rekabet ve altyapı eksiklikleri gibi yapısal zorluklarla karşı karşıya kalmakta; bu sorunlara karşı Ar-Ge yatırımları, dijital entegrasyon ve kamu destekli politikalar çözüm olarak sunulmaktadır. On İkinci Kalkınma Planı ile uyumlu olarak, otomotiv sektörünün stratejik yönelimi ve sürdürülebilir büyüme potansiyeli detaylı biçimde tartışılmıştır.

4.2 Tekstil ve Hazır Giyim Sektörü

Türkiye'nin ihracata dayalı büyüme stratejisinde kilit rol oynayan tekstil ve hazır giyim sektörü, kapasite fazlası üretim yapısıyla büyük oranda AB ve ABD pazarlarına odaklanmıştır. Sektörün tarihsel gelişimi, üretim değerleri, dış ticaret dengesi ve istihdam yapısı detaylı biçimde analiz edilmiş; çevresel düzenlemeler ve Avrupa Yeşil Mutabakatı ile uyum sağlama süreçlerine özel önem verilmiştir. Düşük katma değerli üretim, dışa bağımlı hammadde yapısı ve çevresel standartların yükselmesi gibi unsurlar, sektörde dönüşüm ihtiyacını beraberinde getirmekte ve çok katmanlı politika önerileri gerektirmektedir.

4.3 Kimya ve Plastik Sektörleri

Kimya ve plastik sektörleri, Türkiye'nin sanayi ekosisteminde stratejik birer alan olarak konumlanmakta ve birçok sektöre ara girdi sağlayarak ekonomik kalkınmaya katkı sunmaktadır. 2022 yılı itibarıyla kimya sektörünün ticaret hacmi 67 milyar dolara, plastik sektörünün üretim değeri ise 40,9 milyar dolara ulaşmıştır. Sektörel dönüşümün, yeşil kimya ve geri dönüşüm teknolojileriyle desteklenmesi gerekliliği vurgulanmıştır.

4.4 Savunma Sanayi

Bu bölüm, Türkiye'nin savunma sanayiindeki yerleşme sürecini, Ar-Ge odaklı gelişimini ve İHA/SİHA gibi ürünlerle artan küresel etkinliğini incelemektedir. 5 milyar doları aşan ihracatla uluslararası pazarda güçlenen sektör, teknolojik inovasyon ve kamu-özel iş birlikleriyle öne çıkarken; insan kaynağı, ihracat çeşitliliği ve tedarik zinciri gibi alanlarda zorluklarla karşılaşmaktadır. Yapay zekâ, dijital savaş sistemleri ve NATO uyumu gibi stratejik önerilerle savunma sanayiinin ekonomik ve jeopolitik kaldıraç rolü vurgulanmaktadır.

4.5 Tarım ve Gıda Teknolojileri

Türkiye'nin tarım ve gıda sektörü, dijitalleşme ve akıllı tarım uygulamaları sayesinde dönüşüm sürecine girmiştir. Bu bölümde, Ar-Ge yatırımları, ihracat artışı ve sürdürülebilir tarım politikaları ön plana çıkarılmış; sektörün hem milli gelir hem de istihdam üzerindeki katkısı rakamlarla desteklenmiştir. Kadın istihdamındaki artış ve bölgesel kalkınma üzerindeki etkiler detaylandırılmış; SWOT analizi aracılığıyla sektörel güçlü yönler ve zayıflıklar belirlenmiştir. Sektörün geleceğinde kamu politikalarının, özel girişimciliğin ve üniversite tabanlı araştırmaların bütüncül biçimde desteklenmesi gerekliliği vurgulanmaktadır.

4.6 Maden Sanayi

Bu bölüm, Türkiye'nin zengin maden rezervlerine rağmen madencilik sektöründe dijitalleşme, sürdürülebilirlik ve katma değerli üretim konularında geri kaldığını ortaya koymaktadır. Bor, feldispat, krom ve doğal taşlarda dünya liderliği potansiyeli vurgulanırken, ithalatın ihracattan hızlı artması dış ticaret açığını büyütmektedir. Sektörün düşük teknoloji kullanımı, yetersiz eğitim seviyesi ve çevresel algı sorunları gelişimi sınırlamaktadır. Katma değerli üretim, yerli teknoloji, yeşil madencilik ve nitelikli insan kaynağı gelişimi bu alanda öncelikli stratejik adımlar olarak sunulmuştur.

5. Ekonomik ve Ticari Perspektifler

Bu bölüm, Türkiye'nin sanayi ve teknoloji sektörlerini ekonomik büyüme, dış ticaret ve yatırım ortamı açısından çok boyutlu biçimde değerlendirmektedir. Sanayi sektörü, özellikle imalat sanayi, yüksek katma değer, istihdam ve ihracat gücüyle ekonomik büyümenin temel taşıdır. Bilgi ve iletişim teknolojileri sektörü ise dijitalleşmenin etkisiyle istikrarlı bir büyüme sergilemekte, ancak yüksek teknoloji üretiminde dışa bağımlılık sürmektedir. Türkiye'nin sanayi ihracatı artış gösterirken ithalat, özellikle makine, kimyasal ve elektronik ürünlerde yüksek düzeyde seyretmekte; bu da dış ticaret açığını artırmaktadır. Yatırım teşvikleri sayesinde Marmara ve Ege bölgelerinde yatırım yoğunluğu oluşurken, Doğu ve Güneydoğu bölgeleri geride kalmaktadır. Bölümde, yüksek teknoloji üretimi, ithalat bağımlılığının azaltılması, bölgesel kalkınmanın dengelenmesi ve yatırım ortamının iyileştirilmesine yönelik bütüncül politika önerileri sunulmaktadır.

6. Sanayi ve Teknolojide İnsan Kaynağı

Bu bölüm, dijitalleşme ve otomasyonun hız kazandığı sanayi ve teknoloji sektörlerinde Türkiye'nin karşılaştığı nitelikli iş gücü açığını analiz etmektedir. Savunma, otomotiv, yazılım ve enerji gibi stratejik sektörlerde %30-40'lara varan eleman açığı, eğitim sisteminin sanayi ile uyumsuzluğu ve hızla değişen beceri gereksinimleriyle derinleşmektedir. Üniversite-sanayi iş birlikleri, sürekli eğitim programları ve teknoloji geliştirme bölgeleri bu açığı kapatmak için kritik mekanizmalar sunarken; TÜBİTAK ve ASELSAN gibi kurumların yürüttüğü programlar örnek teşkil etmektedir. Ulusal İstihdam Stratejisi ve OSB'lerdeki mesleki eğitim merkezleri, hem yeni iş gücü yetiştirilmesine hem de mevcut iş gücünün beceri dönüşümüne katkı sağlamaktadır. Türkiye'nin küresel rekabetçiliği için eğitim politikalarının güncellenmesi, yaşam boyu öğrenmenin kurumsallaşması ve ileri teknik becerilere sahip iş gücünün yetiştirilmesi stratejik öncelik haline gelmiştir.

7. Çevre ve Sürdürülebilirlik

Bu bölüm, Türkiye sanayisinin iklim değişikliği, doğal kaynak kullanımı ve emisyon yönetimi bağlamında çevresel sürdürülebilirlik performansını çok boyutlu biçimde incelemektedir. Paris Anlaşması ve Avrupa Yeşil Mutabakatı gibi küresel düzenlemeler ışığında; döngüsel ekonomi, emisyon ticareti, karbonsuzlaşma teknolojileri, dijitalleşme ve yeşil finansman politikaları değerlendirilmiştir. Sanayi sektörünün su, enerji ve hammadde tüketimi ile sera gazı salımlarına dair güncel veriler sunulmuş; demir-çelik, çimento ve alüminyum gibi emisyon yoğun sektörlerdeki ESG (çevresel, sosyal ve yönetim) performansı analiz edilmiştir. Atıksu arıtımı, kadın istihdamı, iş sağlığı ve yönetim eksiklikleri gibi sosyal ve kurumsal sürdürülebilirlik alanlarında zayıf yönler dikkat çekilmiştir. Politika önerileri arasında döngüsel ekonomi uygulamalarının yaygınlaştırılması, yeşil finansman araçlarının artırılması, uluslararası düzenlemelere uyumun hızlandırılması ve sürdürülebilirlik odaklı kapasite geliştirme programlarının hayata geçirilmesi öne çıkmaktadır.

8. Mevzuat ve Destekler

Bu bölüm, Türkiye'nin sanayi ve teknoloji alanındaki yapısal dönüşümünü desteklemek amacıyla geliştirilen mevzuat ve teşvik sistemlerini kapsamlı biçimde ele almaktadır. Dijitalleşme, yeşil dönüşüm, yapay zekâ, ileri üretim teknolojileri ve veri regülasyonu gibi çağdaş yönelimler çerçevesinde, küresel örneklerle karşılaştırmalı olarak Türkiye'nin mevcut uyum kapasitesi analiz edilmektedir. 5746 Sayılı Kanun ve 4691 Sayılı Teknoloji Geliştirme Bölgeleri Kanunu başta olmak üzere birçok düzenleme, Ar-Ge ve tasarım faaliyetlerini teşvik eden vergi muafiyetleri, prim destekleri ve doğrudan hibeler sağlamaktadır.

Ayrıca TÜBİTAK (ARDEB ve TEYDEB) ve KOSGEB destek programlarıyla girişimciler, araştırmacılar ve sanayi kuruluşlarına yönelik çok katmanlı destek mekanizmaları sunulmaktadır. Bu bölümde, söz konusu düzenlemelerden kimlerin nasıl yararlanabileceği açık biçimde özetlenmiş ve politika önerileriyle birlikte stratejik yol haritası çizilmiştir.

9. Afet Hazırlığı

Bu bölüm, sanayi tesislerinin afetlere karşı hazırlık kapasitesini artırmak amacıyla kapsamlı bir risk yönetimi çerçevesi sunmaktadır. Deprem, sel, yangın, endüstriyel kazalar ve siber saldırılar gibi afet türlerinin sanayi üretimine, çevreye ve tedarik zincirlerine etkileri analiz edilmiş; bu tehditlere karşı risk tanımlama, önceliklendirme, hassas altyapıların belirlenmesi ve dayanıklılık stratejileri detaylandırılmıştır. Erken uyarı sistemleri, senaryo temelli acil durum planları, kriz iletişimi ve iş sürekliliği yönetimi gibi kritik unsurlar, uluslararası standartlar ışığında yapılandırılmıştır.

Eğitim, tatbikat ve toplumsal farkındalık programlarıyla kurumsal ve bölgesel afet dayanıklılığının güçlendirilmesi vurgulanmış; altyapı güçlendirme yatırımları ve disiplinler arası yönetim önerileriyle sürdürülebilir bir hazırlık modeli sunulmuştur. Bölüm, sanayi politikalarının afet direnciyle bütünlüklü bir şekilde yeniden yapılandırılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

10. Gelecek Eğilimleri ve Stratejik Öneriler

Bu bölüm, Türkiye'nin sanayi ve teknoloji alanında sürdürülebilir kalkınma vizyonuna ulaşabilmesi için dijitalleşme, yapay zekâ, yeşil üretim ve yenilikçi üretim teknikleri gibi küresel trendler doğrultusunda bütüncül bir yol haritası sunmaktadır. Endüstri 4.0, yeşil dönüşüm, yüksek katma değerli üretim ve beşerî sermaye gelişimi gibi öncelikli alanlarda stratejik hedefler ve politika önerileri detaylandırılmıştır. Girişimcilik ekosisteminin desteklenmesi, dijital altyapının güçlendirilmesi ve nitelikli iş gücünün yetiştirilmesi, Türkiye'nin küresel rekabetçiliğini artıracak temel unsurlar arasında gösterilmektedir. Bölüm, ayrıca bu dönüşümün sistematik takibi için MÜSİAD Sanayi ve Teknoloji Endeksi (MUST Endeksi) önerisini sunmakta; üretim, dijitalleşme, Ar-Ge, sürdürülebilirlik ve insan kaynağı gibi beş temel boyutta performans ölçümünü kurumsallaştırmayı önermektedir. Böylece Türkiye'nin 2030 ve 2053 vizyonlarına yönelik ilerlemesi veri temelli, izlenebilir ve stratejik olarak yönlendirilebilir hâle gelecektir.

11. Sonuç ve Değerlendirme

Bu bölüm, Türkiye'nin sanayi ve teknoloji politikalarında kapsamlı dönüşüm ihtiyacını vurgulayarak, raporun genel analizlerini stratejik bir çerçevede özetlemektedir. Dijitalleşme, yeşil dönüşüm, yüksek teknoloji üretimi ve beşerî sermaye gelişimi temel öncelikler olarak belirlenirken, 2030 Sanayi ve Teknoloji Stratejisi ile uyumlu bir kalkınma vizyonu sunulmaktadır. Sanayi sektörlerinin potansiyelini açığa çıkarmak için yapısal reformlar, teknoloji odaklı yatırımlar ve nitelikli iş gücü gelişimi gereklidir. Ayrıca, MÜSİAD tarafından önerilen MUST Endeksi aracılığıyla, bu dönüşüm sürecinin veri temelli izlenmesi ve değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Türkiye'nin küresel ölçekte rekabetçi, sürdürülebilir ve kapsayıcı bir sanayi toplumuna dönüşümü için ortak akla ve bütüncül politika uygulamalarına ihtiyaç duyulduğu vurgulanmaktadır.

1. GİRİŞ: TÜRKİYE’NİN SANAYİ VE TEKNOLOJİ RAPORU

Prof. Dr. Hasan Mandal

İstanbul Teknik Üniversitesi Rektörü

Dr. Abdullah Eriş

MÜSİAD Sanayi Politikaları ve Yatırım Komisyonu Başkanı

Türkiye'nin ekonomik kalkınma hedefleri içerisinde sanayi ve teknoloji sektörleri kritik bir öneme sahiptir. Son yıllarda yaşanan küresel dönüşümler, teknolojik gelişmeler ve ekonomik belirsizlikler, sanayi ve teknolojiye ilişkin ilerlemenin sürdürülebilirliği için derinlemesine analizleri ve stratejik yol haritalarını zorunlu kılmaktadır. Bu rapor, Türkiye'nin sanayi ve teknoloji alanlarında mevcut durumunu kapsamlı bir şekilde analiz etmek, gelişim potansiyellerini belirlemek ve sürdürülebilir kalkınmaya yönelik stratejik öneriler sunmak amacıyla hazırlanmıştır.

1.1. Amaç ve Kapsam

1.1.1. Raporun Hazırlanma Amacı

Bu raporun temel amacı, Türkiye'nin sanayi ve teknoloji alanlarındaki mevcut durumunu sistematik bir biçimde inceleyerek, ülkenin ekonomik kalkınmasına katkı sağlayabilecek potansiyel alanları net bir şekilde ortaya koymaktır. Bu çerçevede sanayi ve teknoloji sektörlerinin güçlü ve zayıf yönleri tespit edilerek, sürdürülebilir ekonomik büyümeye ulaşabilmek adına uygulanabilir stratejik öneriler sunulacaktır. Ayrıca, Türkiye'nin bölgesel ve küresel rekabet gücünü artırabilmesi için gerekli adımların belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Sanayi ve teknoloji sektörleri, sadece ekonomik büyümeyi değil, aynı zamanda istihdam yaratımı, ihracat performansı, bölgesel kalkınma ve sürdürülebilirlik gibi geniş kapsamlı alanlarda da belirleyici rol oynamaktadır. Bu nedenle, söz konusu sektörlerdeki mevcut durumun net bir şekilde analiz edilmesi ve geleceğe yönelik stratejilerin titizlikle belirlenmesi, Türkiye'nin uzun vadeli ekonomik hedeflerine ulaşmasında kilit öneme sahiptir.

1.1.2. Raporun Kapsamı

Bu rapor, öncelikle Türkiye'nin sanayi ve teknoloji tarihçesini inceleyerek, ülkenin bugünkü sanayi altyapısının nasıl şekillendiğini ve teknoloji gelişim süreçlerini ele alacaktır. Böylelikle, geçmişten günümüze uzanan süreçte, sektörlerin yaşadığı dönüşümler ve uygulanan politikaların etkinliği değerlendirilecektir. Ardından, güncel ekonomik ve teknolojik durumun kapsamlı bir değerlendirmesi yapılacaktır. Bu değerlendirme sırasında Türkiye'nin sanayi sektörünün Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH) içindeki payı, sektörlerin ihracat performansı, istihdam oranları ve Ar-Ge yatırımları gibi temel göstergeler ayrıntılı şekilde analiz edilecektir. Böylece, Türkiye ekonomisinin mevcut yapısı sayısal verilerle ortaya konularak güçlü ve zayıf yönleri netleştirilecektir.

Rapor kapsamında ayrıca Türkiye'nin bölgesel ve küresel ekonomilerdeki yeri ve rekabet gücü ele alınacaktır. Ülkenin küresel pazarlarda rekabet avantajı sağlayabileceği alanlar belirlenecek ve Türkiye'nin bölgesel düzeydeki sanayi ve teknoloji altyapısı detaylı olarak incelenecektir. Bu değerlendirme, organize sanayi bölgeleri, teknoparklar ve yüksek teknoloji ürünlerinin ihracatı gibi alanları içerecektir.

Raporun bir diğer önemli boyutu ise sektörel karşılaştırmalar ve sayısal analizlere odaklanacaktır. Türkiye'nin sektörel bazda gelişim potansiyelleri ortaya konulurken, sanayi ve teknoloji alanlarında ileriye yönelik hedeflere ulaşabilmek için ihtiyaç duyulan stratejik adımlar belirlenecektir. Bu analizler, kamu kurumları ve özel sektör aktörleri için yol gösterici niteliğinde olacaktır.

Son olarak, rapor kapsamında ortaya konan analiz ve değerlendirmelere dayalı olarak stratejik ve operasyonel düzeyde öneriler geliştirilecektir. Bu öneriler, hem politika yapıcılar hem de sektör temsilcileri için sürdürülebilir ekonomik büyüme ve teknolojik gelişimi sağlayacak somut ve uygulanabilir adımları içerecektir.

Özetle, bu rapor, Türkiye'nin sanayi ve teknoloji sektörlerinde mevcut durumunun kapsamlı analizini sunarak, ülkenin ekonomik kalkınmasını destekleyecek potansiyel alanları belirlemek ve bu alanlarda sürdürülebilir büyüme için stratejik öneriler geliştirmek amacıyla hazırlanmıştır. Raporun takip eden bölümlerinde sunulacak detaylı analizler, Türkiye'nin ekonomik ve teknolojik kalkınmasında belirleyici olacak stratejik bir çerçeveyi ortaya koyacaktır.

1.2. Türkiye'nin Sanayi ve Teknoloji Tarihçesi

Türkiye'nin sanayi ve teknoloji tarihçesi, farklı dönemlerde uygulanan ekonomi politikaları ve stratejik yaklaşımlarla biçimlenmiş, belirli dönüm noktalarıyla ülkenin ekonomik kaderini önemli ölçüde değiştirmiştir. Türkiye'nin sanayileşme serüvenini ve teknoloji alanındaki gelişimini anlayabilmek için dört temel dönemden bahsetmek mümkündür. Bunlar; Cumhuriyet'in ilk yılları (1923-1950), 1950'lerden itibaren planlı kalkınmanın benimsendiği dönem (1950-1980), 1980'lerden itibaren uygulanan liberalleşme politikaları dönemi (1980-2000) ve nihayetinde 2000'lerden günümüze uzanan dijitalleşme ve teknoloji odaklı büyüme dönemidir.

1.2.1. Cumhuriyet'in İlk Yıllarında Sanayileşme (1923-1950)

Türkiye'nin sanayi ve teknoloji alanındaki gelişim sürecini doğru anlayabilmek için, Cumhuriyet'in ilan edildiği 1923 yılından başlayarak ilk dönem politikalarının da incelenmesi gerekmektedir. 1923-1950 arasındaki bu erken dönem, Türkiye'nin ekonomik bağımsızlığını sağlamak ve ulusal ekonomiyi güçlendirmek adına yoğun bir sanayileşme çabasıyla geçmiştir. Cumhuriyet'in kuruluşu ile birlikte benimsenen ekonomik yaklaşım, özellikle Mustafa Kemal Atatürk'ün liderliğinde "İktisadi bağımsızlık olmadan siyasi bağımsızlığın mümkün olmadığı" ilkesi doğrultusunda şekillenmiştir.

Bu dönemde yerli sanayinin geliştirilmesi öncelikli hale gelmiş; devlet, özel sektörün yeterli sermaye ve girişim gücüne henüz sahip olmaması nedeniyle sanayi yatırımlarında aktif rol üstlenmiştir. Özellikle 1930'larda uygulanan Devletçilik politikası ile birçok önemli sanayi kuruluşu devlet eliyle kurulmuştur. Sümerbank, Etibank gibi kurumlar bu dönemde sanayileşmenin temel taşı olarak konumlandırılmış, tekstil, demir-çelik, şeker ve çimento fabrikaları başta olmak üzere birçok büyük ölçekli tesis inşa edilmiştir. 1933 yılında uygulamaya konulan Birinci Beş Yıllık Sanayi Planı, Türkiye'nin ekonomik tarihindeki ilk kapsamlı planlama girişimidir ve sanayileşme sürecine yön vermiştir.

Bu dönemdeki temel yaklaşım, ülkenin kendi ihtiyaç duyduğu temel malları üretebilecek kapasiteye ulaşmasını hedefleyen ithal ikameci sanayileşme stratejisinin ilk uygulamalarıdır. Kurulan fabrikalar sayesinde, iç pazarın ihtiyaçları karşılanarak dışa bağımlılık azaltılmış, ekonomide tarımdan sanayiye geçiş süreci başlatılmıştır. Ayrıca, demiryolu ve liman yatırımları gibi altyapı projeleri, sanayi üretimini destekleyecek şekilde hızlandırılmıştır.

Kısacası, 1923-1950 dönemi, Türkiye'nin sanayi altyapısının oluşturulması açısından kritik öneme sahiptir ve daha sonraki dönemlerde gerçekleşen hızlı sanayileşme hamlelerine güçlü bir temel hazırlamıştır. Bu dönemdeki politikalar ve yatırımlar, Türkiye ekonomisinin modernleşmesi ve sanayi tabanının oluşması açısından belirleyici olmuştur.

1.2.2. Sanayileşmenin İlerlemesi ve Planlı Kalkınma Dönemi (1950-1980)

1950'li yıllardan başlayarak Türkiye, sanayileşme sürecinde daha planlı ve devlet kontrolünde bir politika izlemeye başlamıştır. Bu dönemde devletin ekonomideki rolü oldukça belirgindir ve sanayi yatırımları, devlet eliyle gerçekleştirilen büyük ölçekli girişimlerle ön plana çıkmıştır. Özellikle 1960 sonrası hazırlanan Beş Yıllık Kalkınma Planları ile Türkiye ekonomisinde sistematik bir kalkınma hamlesi başlamıştır. Bu planlar, ülkenin ekonomik gelişimini yönlendirmek ve özellikle sanayi sektörünün ekonomideki payını artırmak amacıyla hazırlanmıştır.

Bu dönem, ithal ikameci sanayileşme stratejisinin benimsendiği bir dönemdir. İthal ikameci sanayileşme yaklaşımının temelinde, ülke içinde üretilebilecek malların ithalatının sınırlandırılması ve böylece yerli üretimin teşvik edilmesi yatmaktadır. Bu doğrultuda devlet, çeşitli sektörlerde büyük çaplı yatırımlara imza atmıştır. Örneğin Ereğli Demir-Çelik Fabrikası, Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO), Petkim Petrokimya ve Tüpraş gibi tesisler bu dönemde kurulmuş ve ekonominin sanayi altyapısını güçlendirmiştir. Ayrıca organize sanayi bölgelerinin kurulmasına da bu dönemde başlanmıştır. Böylelikle, sanayinin belirli bölgelerde kümelenmesi ve üretim verimliliğinin artırılması hedeflenmiştir. Özetle, 1950-1980 yılları arasında uygulanan politikalar, Türkiye'nin tarımsal ağırlıklı ekonomiden sanayi odaklı ekonomiye geçişinde temel rol oynamıştır.

1.2.3. Liberalleşme ve Dışa Açılma Dönemi (1980-2000)

1980 yılı, Türkiye ekonomisi için kritik bir dönüm noktasıdır. 24 Ocak 1980 kararları ile Türkiye ekonomide liberalizasyon politikalarını uygulamaya koymuş, devlet müdahalesini azaltarak piyasa mekanizmalarına daha fazla alan açmıştır. Bu politikalar, dış ticaret rejiminin serbestleştirilmesi, ihracata yönelik büyüme stratejisi ve yabancı sermaye yatırımlarının teşviki gibi unsurları içermiştir.

Bu dönemde Türkiye'nin sanayi sektörü de önemli dönüşümler yaşamıştır. Daha önce devlet ağırlıklı olan sanayi yatırımları, bu dönemde özel sektör girişimlerine daha fazla açılmıştır. Özellikle yabancı yatırımcıların ülkeye gelişi, teknoloji transferini hızlandırmış ve üretim teknolojilerinin modernizasyonuna katkı sağlamıştır. Otomotiv, tekstil ve beyaz eşya gibi sektörler, liberalleşmenin etkisiyle hızla gelişmiş ve ihracatta önemli bir rol oynamaya başlamıştır. Böylece Türkiye ekonomisi küresel ekonomiye daha entegre hale gelmiş, uluslararası rekabete açılarak daha rekabetçi bir üretim altyapısı oluşturulmuştur.

Bu dönüşümün en önemli kilometre taşlarından biri, Türkiye'nin 1 Ocak 1996 tarihinde Avrupa Birliği ile gerçekleştirdiği Gümrük Birliği anlaşmasıdır. Gümrük Birliği sayesinde Türkiye, Avrupa Birliği ülkeleri ile ticaretindeki gümrük tarifelerini kaldırmış, böylece Avrupa pazarına daha kolay erişim imkânı bulmuştur. Bu anlaşma, Türkiye'nin ihracatında sanayi ürünlerinin ağırlığının artmasında önemli rol oynamış, Avrupa standartlarına uyum sürecini hızlandırmış ve yerli sanayinin rekabet gücünün yükselmesine katkı sağlamıştır.

1980-2000 yılları arasında serbest piyasa reformları ve Gümrük Birliği'nin sağladığı avantajlarla birlikte Türkiye'nin ihracat yapısında sanayi ürünlerinin payı ciddi ölçüde yükselmiştir. Ekonomik büyüme ihracat artışıyla desteklenmiş, sanayi sektörünün ekonomideki ağırlığı istikrarlı biçimde artış göstermiştir. Bu dönemde küresel ekonomik trendlerle daha uyumlu, dinamik ve rekabetçi bir ekonomik yapı ortaya çıkmıştır.

1.2.4. Dijitalleşme ve Teknoloji Odaklı Büyüme (2000 - Günümüz)

2000'li yıllarla birlikte Türkiye ekonomisi yeni bir dönüşüm sürecine girmiştir. Bu süreçte, dijital teknolojiler, bilgi ve iletişim teknolojileri ile inovasyon kavramları ekonomik gelişimin merkezine oturmuştur. 2000'lerin başından itibaren küresel ölçekte gerçekleşen dijital devrim ve teknolojik gelişmeler, Türkiye ekonomisini de yakından etkilemiştir. Türkiye, küresel rekabet gücünü artırabilmek amacıyla dijital dönüşüm politikalarını benimsemiş ve uygulamaya koymuştur.

Bu dönemde devlet tarafından teknoloji geliştirme bölgeleri (teknoparklar), Ar-Ge merkezleri ve inovasyon destekleri gibi mekanizmalar hayata geçirilmiştir. Böylece sanayi sektörü, üretim süreçlerinde ileri teknolojileri daha fazla kullanarak üretkenlik ve katma değer yaratma kapasitesini artırmaya yönelmiştir. Savunma sanayi, otomotiv, elektronik, yazılım ve biyoteknoloji gibi ileri teknoloji alanlarında önemli gelişmeler yaşanmış ve bu alanlardaki ihracat önemli ölçüde artmıştır. Özellikle savunma sanayi sektöründe yerlilik oranının artması ve yerli üretim İHA, SİHA, milli savunma sistemleri gibi teknolojilerin geliştirilmesi önemli başarı hikâyeleri olarak göze çarpmaktadır.

Türkiye'nin Ar-Ge altyapısının güçlendirilmesi de bu dönemin önemli hedeflerinden biri olmuştur. Kamu ve özel sektörün yaptığı Ar-Ge harcamaları artmış, üniversite-sanayi iş birliği desteklenmiş ve teknoloji odaklı girişimcilik faaliyetleri teşvik edilmiştir. Bu süreçte TÜBİTAK ve KOSGEB gibi kuruluşların rolü büyümüş, finansal teşvikler ve destek mekanizmalarıyla teknoloji odaklı girişimciliğin önü açılmıştır.

1.3. Türkiye Sanayisinin Gelişimine Genel Bakış

Türkiye'nin sanayi sektörünün ekonomideki önemini tarihsel olarak anlamak için sektörün gayrisafi yurt içi hasıladaki (GSYİH) payının yıllar içindeki değişimine bakmak faydalı olacaktır. Bu amaçla oluşturulan Grafik 1.1, Türkiye'nin 1998'den günümüze kadar sanayi sektörünün ekonomik büyüklük içerisindeki payının nasıl değiştiğini göstermektedir (Tablo 1.1'den türetilmiştir). Tablo 1.1 ise bu verileri ayrıntılı bir şekilde sunmakta, yıllar içindeki değişimi daha net bir biçimde ortaya koymaktadır. Grafik ve tablodan anlaşılabacağı üzere, Türkiye sanayi sektörünün GSYİH içerisindeki payında dalgalanmalar yaşanmakla birlikte genel olarak artış eğilimi göstermekte ve ekonomideki kritik rolünü sürdürmektedir.

Tablo 1.1. Türkiye'nin GSYİH İçindeki Sanayi Sektörünün Payı(1998-2023)

	Tarım, orman ve balık %	Sanayi %	İnşaat %	Hizmetler %	Vergi & Sübvansiyon %	Gayrisafi yurt içi hasıla (alıcı fiyatlarıyla) (Bin TL)
1998	12.5	25.0	6.0	48.6	7.9	71,944,700
1999	10.5	22.8	5.5	52.5	8.7	107,374,258
2000	10.0	21.5	5.3	52.8	10.4	171,494,210
2001	8.8	20.9	4.6	55.0	10.7	247,266,207
2002	10.2	20.1	4.5	53.6	11.6	362,109,648
2003	9.8	20.2	4.6	53.1	12.3	472,171,775
2004	9.3	19.8	5.3	53.1	12.5	582,852,799
2005	9.2	19.7	5.5	53.0	12.6	680,275,847
2006	8.1	19.8	6.3	53.4	12.4	795,757,109
2007	7.5	19.6	6.7	54.9	11.3	887,714,414
2008	7.4	19.4	6.8	55.5	10.9	1,002,756,496
2009	8.1	18.4	5.6	57.2	10.7	1,006,372,482
2010	9.0	18.4	6.1	54.5	12.0	1,167,664,479
2011	8.2	19.7	7.1	53.0	11.9	1,404,927,615
2012	7.7	19.2	7.4	54.0	11.7	1,581,479,251
2013	6.7	19.7	8.0	53.3	12.3	1,823,427,315
2014	6.6	20.1	8.1	53.8	11.5	2,054,897,828
2015	6.9	19.7	8.1	53.5	11.8	2,350,941,343
2016	6.1	19.6	8.5	54.0	11.8	2,626,559,710
2017	6.0	20.6	8.5	53.5	11.3	3,133,704,267
2018	5.8	22.3	7.1	54.4	10.3	3,761,165,557
2019	6.4	21.9	5.4	56.3	10.0	4,317,809,824
2020	6.7	22.8	5.2	54.2	11.1	5,048,567,945
2021	5.5	26.1	5.1	52.8	10.6	7,256,141,737
2022	6.5	26.4	4.9	51.7	10.5	15,011,775,979
2023	6.2	22.9	5.5	54.1	11.3	26,545,721,797

Kaynak: TÜİK, Gayrisafi yurtiçi hasıla, iktisadi faaliyet kollarına (A21) göre cari fiyatlarla (değer, pay, değişim oranı) - 02 Eylül 2024

Türkiye'nin sanayi ve teknoloji tarihçesi, farklı dönemlerde uygulanan politikaların doğrudan bir sonucu olarak şekillenmiştir. Başlangıçta devletçi politikalar ve ithal ikameci yaklaşımlarla başlayan süreç, zamanla liberalizasyon politikaları ve küresel entegrasyon ile derinleşmiş, son olarak dijitalleşme ve inovasyon odaklı stratejilerle yeni bir aşamaya taşınmıştır. Bugün geline nokta, küresel rekabette avantaj sağlamak için sanayi sektörünün dijital dönüşümünü sağlamak ve ileri teknolojilere yatırım yapmak kaçınılmaz hale gelmiştir. Türkiye'nin gelecekteki ekonomik büyümesi ve sürdürülebilir kalkınması, bu dönüşümü başarıyla gerçekleştirmesine bağlı olacaktır.

1.4. Mevcut Durumun Genel Değerlendirmesi

Türkiye ekonomisinin mevcut yapısında sanayi ve teknoloji sektörleri kritik bir rol üstlenmekte ve ekonomik büyümenin temel dinamikleri arasında yer almaktadır. Sanayi sektörü, Türkiye'nin sürdürülebilir büyüme hedeflerine ulaşması, istihdam yaratılması ve uluslararası rekabet gücünün korunması açısından stratejik bir önem taşımaktadır. Son yıllarda, ülke ekonomisinin yaşadığı hızlı dönüşüm ve küresel piyasalarda artan rekabet koşulları göz önüne alındığında, sanayinin ve teknolojinin önemi daha da belirginleşmiştir.

Türkiye'nin ekonomik büyümesi içinde sanayi sektörü tarihsel olarak önemli bir paya sahiptir. 1998'den 2023 yılına kadarki süreçte, sanayi sektörünün gayrisafi yurt içi hasıladaki (GSYİH) payında çeşitli dönemlerde dalgalanmalar yaşanmakla birlikte, genel olarak güçlü bir konumu sürdürdüğü gözlenmektedir. Özellikle 2021 ve 2022 yıllarında sanayi sektörünün GSYİH içindeki payı %26'nın üzerine çıkarak son dönemlerin en yüksek seviyelerine ulaşmıştır. Bu durum, sanayi sektörünün ülke ekonomisinin ana taşıyıcı unsurlarından biri olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

Sanayi sektörünün Türkiye ekonomisindeki önemini belirginleştiren bir diğer unsur ise ihracattaki ağırlığıdır. Son yıllarda Türkiye'nin toplam ihracatının büyük çoğunluğu imalat sanayi tarafından gerçekleştirilmektedir. Tablo 1.2'de sunulan verilere göre, 2013-2024 yılları arasında Türkiye'nin toplam ihracatı içindeki imalat sanayi payının %90'ın altına hiç düşmediği ve genellikle %94 civarında gerçekleştiği görülmektedir. Bu yüksek oran, sanayi sektörünün Türkiye ekonomisinin dış ticaret performansı üzerinde kritik bir rol oynadığının açık bir göstergesidir.

İmalat sanayinin ihracat içerisindeki yüksek payı, Türkiye'nin dış ticaretteki stratejik konumunu güçlendiren ve ülkenin küresel tedarik zincirlerindeki rolünü artıran önemli bir faktördür. Bunun yanında tarım, madencilik ve hizmet sektörlerinin ihracattaki paylarının oldukça sınırlı kalması, ülkenin ihracat stratejisinde imalat sanayine aşırı bir bağımlılık oluşturduğuna işaret etmektedir. Bu durum, sanayi sektörünün uluslararası piyasalardaki rekabet gücünün korunmasını ve artırılmasını ekonomik sürdürülebilirlik açısından daha kritik hale getirmektedir.

Uluslararası rekabet gücü açısından değerlendirildiğinde, Türkiye'nin imalat sanayi birçok alanda küresel ölçekte önemli başarılarla imza atmıştır. Tekstil, otomotiv, savunma sanayi, beyaz eşya ve makine gibi sektörler, Türkiye'nin ihracatında önemli bir ağırlığa sahiptir ve uluslararası arenada rekabetçi konumlarını korumaktadırlar. Ancak yüksek teknoloji içeren ürünlerin ihracat payının halen düşük olması, rekabet gücünün sürdürülebilirliği açısından bir risk oluşturmaktadır.

Türkiye'nin küresel ekonomide daha sağlam bir konuma gelmesi için sanayi sektöründe teknoloji yoğunluğunun ve katma değerin artırılması kritik bir gereklilik olarak karşımıza çıkmaktadır.

Sonuç olarak, Türkiye ekonomisinde sanayi ve teknoloji sektörleri gerek büyüme gerekse dış ticaret açısından hayati öneme sahiptir. İmalat sanayinin ihracattaki yüksek payı, ülkenin küresel rekabet gücüne katkı sağlarken, bu durumun sürdürülebilirliği açısından teknoloji yoğun ve katma değeri yüksek üretim yapılarına geçiş büyük önem taşımaktadır. Önümüzdeki dönemlerde Türkiye'nin uluslararası rekabetçiliğini koruyabilmesi ve güçlendirebilmesi için dijitalleşme, Ar-Ge yatırımları ve yüksek teknolojiye dayalı üretim politikalarının etkin bir şekilde uygulanması gerekmektedir.

Tablo 1.2. Türkiye'nin GSYİH İçindeki Sanayi Sektörünün Payı(1998-2023)

	Tarım, ormancılık ve balıkçılık	Madencilik ve taş ocaklığı	İmalat	Hizmetler
2024	3.63%	1.72%	94.15%	0.51%
2023	3.77%	1.49%	94.24%	0.50%
2022	3.06%	1.82%	94.57%	0.55%
2021	3.18%	1.80%	94.49%	0.53%
2020	3.51%	1.73%	94.29%	0.47%
2019	3.09%	1.77%	94.68%	0.46%
2018	3.30%	1.92%	94.30%	0.49%
2017	3.39%	2.13%	94.04%	0.44%
2016	3.81%	1.78%	94.04%	0.37%
2015	3.51%	1.84%	94.23%	0.43%
2014	3.43%	2.04%	93.99%	0.54%
2013	3.31%	2.34%	90.98%	0.46%

Kaynak: TÜİK Dış Ticaret İstatistikleri, Nisan 2024, Ekonomik Faaliyetlere (ISIC, Rev. 4) Göre İhracat

1.5. İstihdam Yapısı ve Sanayi Sektörünün İşgücü Üzerindeki Etkileri

Türkiye'nin ekonomik büyüme ve gelişme sürecinde sanayi sektörü, istihdam yaratma ve iş gücünün nitelikli hale getirilmesinde önemli bir rol üstlenmektedir. Özellikle son 20 yılda, ekonominin genelinde yaşanan yapısal dönüşümler, istihdamın sektörler arası dağılımını belirgin biçimde değiştirmiştir. Sanayi sektörünün, bu dönüşüm sürecinde sağladığı istihdam artışı ve çalışma hayatının niteliğine yaptığı katkılar, ülkenin sosyal ve ekonomik gelişiminde önemli bir faktör olarak ön plana çıkmaktadır.

2005-2024 yılları arasındaki istihdam verileri incelendiğinde (Tablo 1.3), sanayi sektörünün genel istihdam içindeki payının %20 civarında istikrarlı seyrettiği, ancak yıllara göre belirli dalgalanmaların da olduğu gözlenmektedir.

Bu dönemde Türkiye ekonomisinin hizmet sektörüne doğru kayması ile birlikte, sanayi sektörünün payında büyük bir sıçrama olmamakla birlikte, genel olarak istikrarlı bir seyir korunmuştur. Özellikle 2022 ve 2023 yıllarında, sanayi sektörünün toplam istihdam içindeki oranı sırasıyla %21,7 ve %21,3 seviyelerinde gerçekleşerek, sektörün ekonomideki önemini koruduğunu göstermiştir.

İstihdamın cinsiyet dağılımı açısından değerlendirildiğinde, sanayi sektöründe erkek çalışan oranının kadın çalışan oranından önemli ölçüde yüksek olduğu ortaya çıkmaktadır. 2024 yılı itibarıyla Türkiye’de, erkek istihdamının %22,8’i sanayi sektöründe, kadın istihdamının ise %16,5’i sanayi sektöründe çalışmaktadır. Kadın çalışanların sanayi sektöründeki payı yıllar içerisinde hafif bir artış eğilimi gösterse de, halen erkek çalışanların payının oldukça gerisinde kalmıştır. Bu durum, sanayi sektöründe cinsiyet temelli iş gücü eşitsizliklerinin varlığını ortaya koymaktadır ve kadınların iş gücü piyasasına katılımının artırılması yönünde önemli politika adımlarının atılması gerektiğini vurgulamaktadır.

Tablo 1.3’te sunulan “Sektörlere Göre İstihdam - Kadın ve Erkek Çalışan Sayıları (2005-2024)” verileri üzerinden oluşturulan Grafik 1.3, sanayi sektörü başta olmak üzere sektörler arası ve cinsiyet temelli istihdam dağılımlarındaki uzun vadeli eğilimleri net biçimde göstermektedir. Grafik, özellikle son dönemde kadınların sanayi sektöründeki istihdam oranında kısmi artış olduğunu ortaya koymakla birlikte, hâlâ erkeklerin çok gerisinde kaldığını net olarak ortaya koymaktadır. Bu durum, işgücü piyasasının daha kapsayıcı hale getirilmesi ve sanayide kadın çalışan oranının artırılması için ek tedbirlerin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Sanayi sektörünün Türkiye ekonomisindeki rolünün güçlendirilmesi için nitelikli iş gücüne duyulan ihtiyaç, kadın ve erkek işgücü katılımını teşvik eden politikaların uygulanmasını gerekli kılmaktadır. Bu bağlamda, teknik eğitim ve mesleki eğitim programlarının cinsiyet eşitliği perspektifiyle güçlendirilmesi önemlidir. Özellikle sanayi sektörünün dijitalleşmesi ve teknoloji yoğun yapısının gelişimi, kadınların iş gücüne katılımını artırmak için yeni fırsatlar yaratabilir.

Sonuç olarak, Türkiye ekonomisinde sanayi sektörünün iş gücü piyasasındaki mevcut payı önemini korurken, cinsiyet bazlı eşitsizliklerin giderilmesi yönünde atılacak adımlar, sanayinin sürdürülebilir ve kapsayıcı büyümesi açısından kritik olacaktır. Bu hedeflere ulaşmak için eğitim politikalarından çalışma hayatına yönelik düzenlemelere kadar geniş bir alanda çok boyutlu ve kapsayıcı bir politika setine ihtiyaç bulunmaktadır.

1.6. Bölgesel Düzeyde Sanayi ve Teknoloji Altyapısı

Türkiye'nin ekonomik kalkınması ve sürdürülebilir büyümesi açısından sanayi ve teknoloji altyapısının bölgesel dağılımı kritik önem taşımaktadır. Ülkenin farklı bölgeleri arasında sanayi yatırımları, Ar-Ge faaliyetleri ve teknoloji odaklı girişimler açısından önemli farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılıklar, bölgeler arasındaki ekonomik gelişmişlik düzeyleri üzerinde doğrudan etkilidir.

Tablo 1.3. Sektörlere Göre İstihdam - Kadın ve Erkek Çalışan Sayıları (2005-2024).

	Toplam Bin Kişi	Tarım %	Sanayi %	İnşaat %	Hizmet %	Erkek Bin Kişi	Tarım %	Sanayi %	İnşaat %	Hizmet %	Kadın Bin Kişi	Tarım %	Sanayi %	İnşaat %	Hizmet %
2005	19,357	25.5	21.4	5.6	47.4	14,584	18.6	23.0	7.3	51.1	4,773	46.6	16.6	.5	36.4
2006	19,717	23.3	21.8	6.0	48.9	14,827	16.9	23.6	7.7	51.9	4,890	42.9	16.6	.7	39.8
2007	20,001	22.0	22.0	6.1	49.9	15,069	15.8	23.7	7.9	52.6	4,932	41.0	16.7	.7	41.7
2008	20,399	21.7	22.2	6.1	50.0	15,250	15.7	24.2	7.9	52.3	5,150	39.4	16.4	.8	43.5
2009	20,534	23.2	20.3	6.3	50.2	15,077	17.3	21.8	8.4	52.6	5,457	39.8	16.0	.7	43.7
2010	21,810	23.2	21.2	6.5	49.1	15,870	16.9	23.0	8.6	51.5	5,940	40.1	16.5	.9	42.6
2011	23,166	22.8	21.0	7.2	49.0	16,759	16.7	22.9	9.7	50.8	6,407	38.9	16.0	.8	44.4
2012	23,738	21.7	20.6	7.2	50.5	17,037	16.2	22.6	9.7	51.5	6,702	35.7	15.7	.8	47.8
2013	24,486	20.6	21.0	7.3	51.2	17,437	15.4	22.9	9.9	51.8	7,049	33.4	16.1	.9	49.7
2014	25,774	20.2	20.7	7.4	51.7	18,181	15.5	22.5	10.1	51.9	7,594	31.4	16.4	1.1	51.1
2015	26,501	20.2	20.2	7.2	52.4	18,496	15.7	22.2	10.0	52.1	8,006	30.6	15.5	.9	53.1
2016	27,126	19.5	19.6	7.4	53.7	18,823	15.5	21.6	10.1	52.9	8,303	28.5	14.9	1.0	55.6
2017	28,075	19.2	19.2	7.5	54.1	19,369	15.3	21.2	10.5	53.1	8,706	27.9	14.8	1.0	56.3
2018	28,691	18.4	19.8	7.0	54.8	19,674	14.9	21.9	9.8	53.4	9,018	26.0	15.2	.9	57.9
2019	28,042	18.2	19.9	5.6	56.4	19,117	14.9	22.1	7.9	55.2	8,926	25.2	15.2	.8	58.9
2020	26,685	17.7	20.6	5.8	56.0	18,391	15.4	22.7	8.0	54.0	8,294	23.0	15.9	.9	60.3
2021	28,827	17.2	21.4	6.1	55.3	19,804	14.7	23.6	8.5	53.3	9,023	22.7	16.8	.9	59.6
2022	30,725	15.7	21.7	6.0	56.6	20,810	13.4	23.9	8.4	54.3	9,915	20.4	17.1	1.0	61.5
2023	31,607	14.6	21.3	6.3	57.8	21,280	12.8	23.3	8.9	55.1	10,327	18.5	17.1	1.0	63.4
2024	32,567	14.6	20.7	6.6	58.1	21,788	12.6	22.8	9.3	55.3	10,779	18.7	16.5	1.1	63.7

Kaynak: TÜİK İşgücü İstatistikleri, Sektörlere göre istihdam edilenler, Çeyreklik sonuçlar, 18 Kasım 2024. Yıllar için çeyrek ortalamaları alınmıştır.

Türkiye genelinde faaliyet gösteren 290 Organize Sanayi Bölgesi (OSB) ve 105 Teknopark, bölgesel kalkınmada sanayi ve teknoloji yatırımlarının lokomotifi konumundadır. Bölgesel dağılıma bakıldığında, Marmara Bölgesi'nin sanayi ve teknoloji altyapısı açısından Türkiye'nin lider bölgesi olduğu görülmektedir. Marmara Bölgesi'nde 2024 yılı itibarıyla faaliyet gösteren 70 OSB ve 31 teknopark bulunmaktadır. Bölge, güçlü altyapısı ve yüksek düzeyde sanayi yatırımları ile Türkiye ekonomisinin öncüsü olmaya devam etmektedir.

Marmara'yı, sanayi ve teknolojik altyapı açısından sırasıyla Ege ve İç Anadolu bölgeleri takip etmektedir. Ege Bölgesi'nde faaliyette olan 55 OSB ve 15 teknopark, bölgenin ekonomik ve teknolojik gelişimini önemli ölçüde desteklemektedir. İç Anadolu Bölgesi ise sahip olduğu 51 OSB ve 27 teknopark ile özellikle teknoloji temelli sektörlerin gelişimine önemli ölçüde katkı sağlamaktadır. Bu üç bölge; sanayi, teknoloji ve Ar-Ge faaliyetlerinin yoğunlaştığı, Türkiye ekonomisinin temel üretim merkezlerini oluşturmaktadır.

Doğu Anadolu, Karadeniz, Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz bölgelerinde ise OSB ve teknoparkların sayısının daha sınırlı kaldığı görülmektedir. Bu bölgeler, Marmara, Ege ve İç Anadolu bölgelerine kıyasla daha az sayıda organize sanayi bölgesi ve teknoparka sahip olmaları nedeniyle ekonomik kalkınma açısından dezavantajlı durumdadırlar. Bölgesel farklılıkların giderilmesi ve ekonomik kalkınmanın ülke geneline yayılması açısından bu bölgelerdeki sanayi ve teknoloji altyapısının güçlendirilmesi stratejik önem taşımaktadır.

Sonuç olarak, Türkiye'nin sürdürülebilir ekonomik kalkınma hedefleri doğrultusunda, bölgesel farklılıkları azaltmak ve daha dengeli bir sanayi ve teknoloji altyapısı oluşturmak stratejik önceliklerden biri olarak görülmektedir. Bu doğrultuda, Marmara bölgesi dışındaki bölgelerde organize sanayi bölgeleri, teknoparklar ve Ar-Ge merkezlerine yapılan yatırımların artırılması, ülke genelindeki ekonomik kalkınmanın eşit ve sürdürülebilir biçimde gerçekleşmesini sağlayacaktır. Böylece Türkiye, bölgesel kalkınma farklılıklarını azaltarak ekonomik ve teknolojik açıdan daha güçlü bir ülke konumuna ulaşabilecektir.

1.7. Teknoloji Seviyesi ve Yüksek Teknoloji Üretim Kapasitesi

Türkiye ekonomisinin sürdürülebilir büyüme hedefleri arasında, yüksek teknolojiye dayalı ürünlerin üretim ve ihracat kapasitesinin artırılması öncelikli bir yere sahiptir. Bu hedef doğrultusunda son yıllarda uygulanan politikalar ve destek mekanizmaları sayesinde yüksek teknoloji ürünleri üretimi ve ihracatında belirgin gelişmeler yaşanmıştır. Türkiye'nin yüksek teknoloji ürünleri ihracatı ve bu ihracatın ekonomideki yeri, ülkenin sanayi yapısının dönüşümünü anlamak için önemli bir gösterge niteliğindedir.

Türkiye'nin ihracatında yüksek teknoloji ürünlerin payı, özellikle son on yıl içinde artan bir eğilim sergilemektedir. Ancak bu artışa rağmen, genel ihracat içindeki payının hâlâ düşük kaldığını ve orta gelir tuzağından çıkış için yeterli olmadığını söylemek mümkündür. Türkiye'nin 2010-2022 döneminde yüksek teknoloji ürün ihracatının Gayrisafi Yurtiçi Hasıla (GS-YİH) içindeki payı incelendiğinde, önemli artışlara rağmen, genel ihracatın içindeki payının hâlâ sınırlı olduğu görülmektedir. Bu durum, Türkiye'nin yüksek teknoloji üretiminde gelişmiş ülkelerle rekabet edebilmesi için daha güçlü adımlar atmasının önemini vurgulamaktadır.

Özellikle 2015 yılı sonrası dönemde Türkiye, teknoloji tabanlı sanayi yatırımlarına yönelik politikalar ve destek mekanizmaları ile yüksek teknolojiye dayalı ürünlerin üretimini ve ihracatını artırmayı hedeflemiştir. Ancak, yapılan yatırımlar ve uygulanan politikaların etkinliğine rağmen, yüksek teknoloji ürünlerin ihracatının toplam ihracata oranı, gelişmiş ülkeler ve birçok gelişmekte olan ülkeye kıyasla daha düşük seviyelerde kalmaktadır. Bu durum, Türkiye'nin hâlâ daha çok orta teknoloji ürünlerine dayalı bir üretim ve ihracat yapısına sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Yüksek teknoloji ürünlerinin GSYİH içindeki payının artırılması, Türkiye ekonomisinin küresel rekabette avantajlı konuma gelmesi açısından kritik önem taşımaktadır. Bu bağlamda Türkiye'nin özellikle savunma sanayi, elektronik, havacılık ve otomotiv sektörlerinde yüksek teknoloji ürün üretimine yönelik yatırımları, son yıllarda dikkat çekici gelişmeler göstermiştir. Savunma sanayiinde milli İHA ve SİHA gibi ileri teknolojilere dayalı ürünlerin ihracatı, Türkiye'nin bu alandaki potansiyelini açıkça ortaya koymuştur.

Türkiye'nin yüksek teknoloji üretim kapasitesini artırmak ve küresel rekabet gücünü yükseltmek amacıyla, mevcut Ar-Ge altyapısının güçlendirilmesi, teknoloji girişimlerinin desteklenmesi ve nitelikli insan gücü yetiştirilmesine yönelik stratejik adımların atılması önem taşımaktadır. Özellikle yüksek teknoloji sektörlerine yönelik teşvik mekanizmalarının artırılması, üniversite-sanayi iş birliklerinin derinleştirilmesi ve girişimcilik ekosisteminin geliştirilmesi, Türkiye'nin yüksek teknoloji üretim kapasitesini ve ihracatını gelecekte daha ileri noktalara taşıyacak temel adımlar olacaktır. Bu kapsamda, devlet destekli teşvik politikalarının artırılması ve özel sektör yatırımlarının Ar-Ge faaliyetlerine yönlendirilmesi büyük önem arz etmektedir.

1.8. Türkiye'nin Sanayi ve Teknoloji Alanında Güçlü ve Zayıf Yönleri, Fırsatları, Tehditleri (GZFT Analizi)

Türkiye'nin sanayi ve teknoloji alanındaki mevcut konumu ve geleceğe yönelik potansiyelini daha iyi anlayabilmek için ülkenin güçlü ve zayıf yönlerini, karşı karşıya olduğu fırsatları ve tehditleri değerlendiren bir SWOT analizi yapmak yararlı olacaktır.

Güçlü Yönler	Zayıf Yönler
- Dinamik genç nüfus ve yüksek iş gücü potansiyeli - Gelişmiş imalat sanayi altyapısı ve yüksek üretim kapasitesi - Stratejik coğrafi konumun sağladığı avantajlar	- Düşük seviyede Ar-Ge harcamaları ve teknoloji yatırımları - Yüksek teknoloji ürünlerinde sınırlı ihracat kapasitesi - Eğitim sistemi ile sanayi iş gücü ihtiyaçları arasındaki uyumsuzluklar
Fırsatlar	Tehditler
- Dijital dönüşüm ve akıllı imalat döneminin getirdiği yenilik fırsatları - Yeşil sanayi ve yenilenebilir enerji sektöründeki büyüme potansiyeli - Uluslararası ortaklıklar ve yabancı yatırımcı ilgisi	- Küresel ekonomik dalgalanmalar ve piyasa belirsizlikleri - Enerji maliyetlerindeki yükseliş ve çevresel düzenlemeler - Teknolojik bağımlılığın artması ve dış kaynaklı riskler

1.8.1. Güçlü Yönler

Türkiye'nin sanayi ve teknoloji sektöründe öne çıkan güçlü yönlerinin başında sahip olduğu genç ve dinamik nüfus gelmektedir. Genç nüfus, iş gücü piyasasında hem nicelik hem de nitelik açısından önemli avantajlar sunmakta, yenilikçilik ve teknolojik değişime uyum yeteneği açısından ülkeye avantaj sağlamaktadır. Türkiye'nin genç nüfusu, özellikle dijital teknolojiler ve inovasyon alanlarında hızlı öğrenme kapasitesi ve adaptasyon yeteneği ile küresel ekonomide rekabet avantajı yaratmaktadır.

Türkiye ekonomisinin bir diğer güçlü yönü, üretim altyapısının çeşitliliği ve imalat sanayi kapasitesinin büyüklüğüdür. Türkiye, tekstil, otomotiv, savunma sanayi, beyaz eşya ve makine gibi sektörlerde, bölgesel ve küresel ölçekte önemli üretim merkezlerinden biri konumundadır. İhracatta imalat sanayinin payının yüksek olması, ülkenin uluslararası pazarlardaki rekabet gücünü ortaya koymaktadır. Türkiye'nin coğrafi olarak stratejik konumu, özellikle Avrupa ve Asya arasında köprü görevi görerek küresel tedarik zincirleri açısından avantaj sağlamaktadır.

1.8.2. Zayıf Yönler

Türkiye'nin sanayi ve teknoloji alanındaki zayıf yönlerinin başında düşük Ar-Ge harcamaları ve yüksek teknoloji yatırımlarının yetersizliği gelmektedir. Türkiye'nin Ar-Ge harcamalarının GSYİH'ye oranı %1,3 civarında seyretmekte ve bu oran gelişmiş ülkelerin ortalamasının oldukça altında kalmaktadır. Bu durum, yüksek katma değerli ürün üretiminde ve ihracatta Türkiye'nin küresel rekabet gücünü sınırlandırmaktadır.

Bunun yanı sıra, yüksek teknolojili ürünlerin ihracatının toplam ihracat içindeki payının sınırlı olması, Türkiye'nin dış ticaret performansında önemli bir zayıflık olarak değerlendirilmektedir. Sanayi sektöründe hâlâ orta ve düşük teknoloji seviyesindeki ürünlerin ihracatı ağırlıktadır ve bu durum küresel pazarlardaki rekabet gücünü olumsuz yönde etkilemektedir.

Türkiye'de eğitim sistemi ile sanayi sektörünün ihtiyaç duyduğu iş gücü profili arasındaki uyumsuzluk da önemli bir sorun olarak öne çıkmaktadır. Eğitim sisteminin sanayinin ihtiyaç duyduğu niteliklere sahip iş gücü yetiştirme konusundaki yetersizliği, üretimde verimliliği azaltmakta ve işletmelerin rekabet gücünü zayıflatmaktadır.

1.8.3. Fırsatlar

Küresel ölçekte dijital dönüşüm ve akıllı imalat uygulamalarının yaygınlaşması, Türkiye sanayi sektörü için önemli fırsatlar sunmaktadır. Dijital teknolojilerin sanayi üretimine entegrasyonu ile üretim verimliliğinin artırılması, maliyetlerin düşürülmesi ve daha yüksek katma değerli ürünlerin üretilmesi mümkün hale gelmektedir. Bu doğrultuda, dijital dönüşüm politikalarının etkin biçimde hayata geçirilmesi Türkiye ekonomisi için büyük bir fırsat yaratacaktır.

Ayrıca, küresel ölçekte artan çevre bilinci ve sürdürülebilirlik odaklı üretim trendleri Türkiye'nin üretim süreçlerini çevre dostu teknolojilere adapte ederek uluslararası rekabette avantaj elde etmesine olanak sağlayabilir. Endüstride sürdürülebilirlik odaklı üretim yaklaşımlarının benimsenmesi, Türkiye'nin Avrupa Yeşil Mutabakatı gibi yeni küresel düzenlemelere uyumunu kolaylaştıracak ve uluslararası pazarlarda rekabet gücünü artıracaktır.

1.8.4. Tehditler

Türkiye sanayi sektörü için önemli tehditlerin başında küresel ekonomik belirsizlikler ve piyasalarda yaşanan volatiliteler gelmektedir. Dünyada ekonomik büyümenin yavaşlaması, ticaret savaşları ve uluslararası piyasalardaki belirsizlikler, Türkiye'nin sanayi sektörünün dış ticaret performansını ve rekabet gücünü olumsuz yönde etkileyebilir.

Enerji maliyetlerinin yüksek seyretmesi ve çevresel regülasyonların giderek sıkılaşması, sanayi sektörünün üretim maliyetlerini artırmakta ve küresel rekabet gücünü tehdit etmektedir. Özellikle enerji yoğun sektörler için bu tehdit çok daha belirgin hale gelmekte ve sürdürülebilir üretim stratejilerini zorunlu kılmaktadır.

Son olarak, yüksek teknoloji alanında dış kaynaklara bağımlılığın devam etmesi, Türkiye sanayisinin sürdürülebilir büyümesini riske atan bir başka faktördür. Özellikle yüksek teknoloji bileşenlerinin ithalatına bağımlılık, dış kaynaklı ekonomik ve politik riskleri artırmaktadır. Bu durum, yerli teknoloji üretiminin artırılması ve sanayinin ithal bağımlılığının azaltılması için stratejik adımların atılmasını gerekli kılmaktadır.

Yapılan bu GZFT analizinde öne çıkan güçlü yönler, zayıflıklar, fırsatlar ve tehditler, yalnızca mevcut durumun fotoğrafını çekmekle kalmayıp, aynı zamanda önümüzdeki yıllara yönelik stratejik yönelimlerin belirlenmesine de katkı sağlamaktadır. Bu noktada, Millî Teknoloji Hamlesi vizyonu ile şekillenen 2030 Sanayi ve Teknoloji Stratejisi ile güçlü bir keşişim alanı olduğu dikkat çekmektedir.

Söz konusu strateji belgesinde yer verilen yüksek teknolojiye dayalı üretim, dijitalleşme, yeşil dönüşüm ve bölgesel kalkınma gibi temel hedefler, bu raporda sunulan analizlerle önemli ölçüde örtüşmektedir (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2025). Bu bağlamda, stratejik yönelimlerin etkinleştirilmesi açısından, GZFT bulgularının 2030 hedefleriyle birlikte okunması önem arz etmektedir.

1.9. Özet ve Sonraki Bölümler

Bu bölümde Türkiye'nin sanayi ve teknoloji alanındaki mevcut durumu kapsamlı bir şekilde ele alınmış, ülkenin ekonomik büyümesinde sanayi sektörünün ve teknolojik altyapının oynadığı rol derinlemesine incelenmiştir. Türkiye'nin güncel ekonomik göstergeleri, GSYİH büyüklüğü, ihracat kapasitesi, Ar-Ge yatırımları ve dijital altyapısı incelenmiş; bu çerçevede ülkenin ekonomik ve teknolojik gelişimini destekleyen unsurlar açıkça ortaya konmuştur. İstihdam açısından ise sanayi sektörünün genel iş gücü içerisindeki konumu ve cinsiyet bazlı dağılımı incelenmiş; bu doğrultuda sektörde kadınların iş gücüne katılımının artırılması yönünde adımların önemine işaret edilmiştir. Bölgesel dengesizliklerin azaltılmasının Türkiye'nin genel ekonomik kalkınması açısından kritik olduğu belirtilmiştir.

GZFT analizi aracılığıyla, Türkiye'nin sanayi ve teknoloji alanındaki güçlü yönleri (dinamik genç nüfus, gelişmiş üretim kapasitesi ve stratejik coğrafi konumu) ve zayıf yönleri (düşük Ar-Ge harcamaları, yüksek teknoloji ürünlerde sınırlı ihracat kapasitesi ve eğitim sistemindeki uyumsuzluklar) ayrıntılı bir biçimde ortaya konmuştur. Ayrıca, dijital dönüşüm, yeşil sanayi ve uluslararası ortaklıklar gibi fırsatlar ile küresel ekonomik belirsizlikler, enerji maliyetleri ve dış kaynaklara teknolojik bağımlılık gibi tehditler analiz edilerek, geleceğe yönelik stratejik planlamanın önemi vurgulanmıştır.

Bu bağlamda, raporumuzun 2030 Sanayi ve Teknoloji Stratejisi ile uyumlu biçimde, sanayi ve teknoloji alanlarında mevcut durumu inceleyerek yüksek teknolojiye dayalı üretim, dijital dönüşüm, yeşil kalkınma ve bölgesel entegrasyon gibi öncelikli alanlara katkı sağlamaktadır. Raporumuz da, 2030 Sanayi ve Teknoloji Stratejisi gibi Millî Teknoloji Hamlesi vizyonu doğrultusunda hazırlanmış olup, ülkemizin ekonomik ve teknolojik bağımsızlığını artırmaya, sanayi ve teknoloji altyapısını sürdürülebilir ve yenilikçi bir zeminde dönüştürmeye dönük politikalara katkı sağlamayı hedeflemektedir (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2025). Prof. Dr.

Kaynaklar

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2025). 2030 Sanayi ve Teknoloji Stratejisi. <https://www.sanayi.gov.tr/assets/pdf/plan-program/2030SanayiveTeknolojiStratejisi.pdf>

2. SANAYİ SEKTÖRÜ ANALİZİ

Prof. Dr. Bülent Güloğlu
İTÜ Ekonomi Bölümü

Prof. Dr. Deniz Tunçalp
İTÜ İşletme Mühendisliği Bölümü

2.1. Giriş

Türkiye'nin sanayi sektörü, ekonomik büyüme ve istihdam yaratma kapasitesi açısından ülke ekonomisinin temel dinamiklerinden biridir. Sanayi sektörü, GSYİH'ya sağladığı katkı, ihracat performansı ve teknolojik gelişmelerin tetikleyicisi olması sebebiyle kritik bir öneme sahiptir. Bu bölümde, Türkiye'nin sanayi sektörünün genel durumu, üretim endeksleri, bölgesel farklılıklar ve işgücü yapısı kapsamlı bir şekilde analiz edilmektedir.

2.1.1. Yöntem

Bu çalışmada, Türkiye sanayi sektörünün mevcut durumu çeşitli alt sektörler (imalat, inşaat, enerji, madencilik) düzeyinde çok boyutlu olarak analiz edilmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan veriler, başta Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) olmak üzere çeşitli kamu kurumları ve sektörel veri sağlayıcılarından derlenmiştir. Veriler, yıllar arası karşılaştırmalı analiz yapılmasına olanak tanıyacak şekilde 2015–2023 dönemini kapsayacak biçimde seçilmiştir.

Kullanılan başlıca veri kaynakları şunlardır:

- **TÜİK Ulusal Hesaplar:** Ekonomik faaliyet kollarına göre üretim değeri, bölgesel GSYİH verileri
- **TÜİK Sanayi İstatistikleri:** Sektör bazında istihdam verileri, üretim endeksleri, çalışan başına verimlilik hesaplamaları
- **TÜİK Hanehalkı İşgücü İstatistikleri Mikro Verileri:** Eğitim düzeyi, cinsiyet ve yaş kırımlarına göre sanayi çalışanlarının dağılımı
- **Türk Patent ve Marka Kurumu (TÜRKPATENT):** Yerli ve yabancı patent başvuruları
- **Organize Sanayi Bölgeleri Üst Kuruluşu (OSBÜK):** Bölgesel OSB sayıları ve dağılımı

Çalışma betimleyici (descriptive) nitelikte olup, nicel veriler grafikler, oranlar ve karşılaştırmalı tablolar ve grafikler ile özetlenmiştir. Aşağıdaki yöntemler kullanılmıştır:

- **Zaman Serisi Karşılaştırmaları:** Sektörel üretim ve istihdam göstergeleri 2015–2023 dönemi için yıllık olarak karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar, sanayi alt sektörlerinin büyüme eğilimlerini ve dönemsel değişimleri ortaya koymak amacıyla yapılmıştır.
- **Oransal Dağılım ve Pay Hesaplamaları:** Alt sektörlerin toplam üretim içindeki payları, istihdamdaki ağırlıkları ve bölgesel katkı düzeyleri yüzdesel olarak hesaplanmıştır.

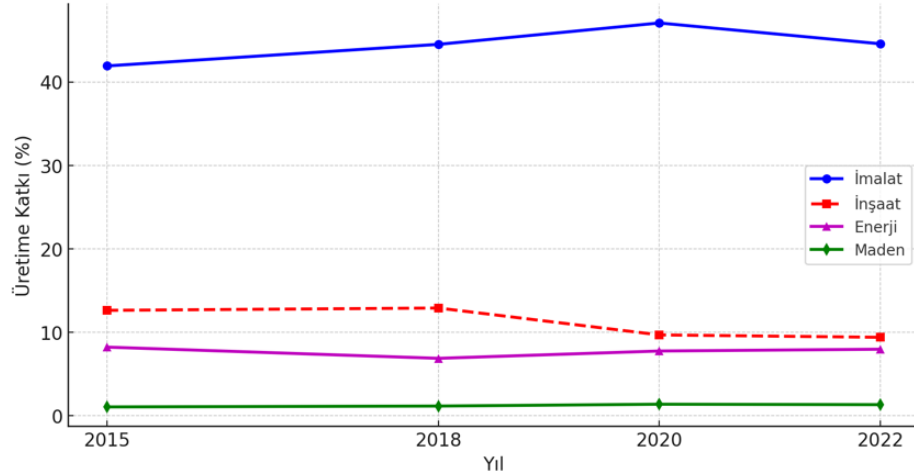
Bu hesaplamada kullanılan üretim değerleri TÜİK Ulusal Hesaplar ve Sanayi İstatistikleri veri setlerinden, çalışan sayıları ise aynı döneme ait TÜİK istihdam istatistiklerinden alınmıştır. Verimlilik analizleri, sektörlerin toplam faktör verimliliğine katkısını değerlendirmek amacıyla yapılmıştır.

- **Bölgesel GSYİH Katkı Analizi:** TÜİK'in iktisadi faaliyet kollarına göre il bazlı GSYİH verileri, 7 coğrafi bölgeye göre yeniden sınıflandırılarak her bölgenin sanayi sektörü katkısı hesaplanmıştır.
- **Haritalama ve Görselleştirme:** Bölgesel farklılıkları daha açık biçimde gösterebilmek amacıyla, sanayi üretim değerleri ve istihdam yoğunluğu görsel haritalar ve grafik panellerle desteklenmiştir.

2.2. Sanayi Sektörlerinin Genel Görünümü

Türkiye'nin sanayi sektörü imalat, inşaat, enerji ve madencilik gibi alt sektörlerden oluşmaktadır. İmalat sanayi, sanayi sektörünün lokomotifi konumundadır. Özellikle otomotiv, tekstil, gıda ve savunma sanayii gibi alanlar Türkiye'nin ihracata yönelik temel sektörlerdir. TÜİK verilerine göre, imalat sektörü 2015 yılında toplam sanayi üretiminin %41,9'unu oluştururken, 2022 yılında bu oran %44,6 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 2.1). İnşaat sektörü tarihsel olarak Türkiye ekonomisinde önemli bir rol oynamasına rağmen, son yıllarda büyüme oranında bir düşüş yaşamıştır. 2015 yılında %12,6 olan sektör payı, 2022'de %9,4 seviyesine gerilemiştir (Şekil 2.1). İnşaat sektörünün gelişimi, büyük ölçüde ekonomik istikrar ve finansmana erişim imkanlarına bağlıdır. Madencilik sektörü, özellikle bor, kömür ve mermer gibi doğal kaynaklar açısından zengin olmasına rağmen, işleme kapasitesindeki eksiklikler nedeniyle sınırlı bir büyüme yaşamıştır. Buna rağmen, madencilik sektörünün toplam üretime katkısı, 2015'te %1,06'dan 2022'de %1,33'e yükselmiştir (Şekil 2.1). Enerji sektörü, Türkiye'nin artan enerji talebini karşılamak üzere yenilenebilir enerji yatırımlarını artırmıştır. Buna karşın enerji sektörünün toplam üretimdeki payı 2015'te %8,2 iken, 2022'de %7,97'ye düşmüştür (Şekil 2.1). Bu durum, enerji sektöründe dışa bağımlılık ve maliyetlerin yüksekliliği gibi faktörlerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Şekil 2.1 : Sanayi Sektörlerinin Toplam Üretime Katkısı



Kaynak: TÜİK, Sanayi İstatistikleri, Ekonomik faaliyetlere göre çalışanlar sayısı, 2009-2023.

2.2.1. Sanayi Sektörlerinin Üretim Değerlerindeki Artış (2015-2023)

Sanayi sektörlerinin üretim değerleri, 2015-2023 yılları arasında önemli bir büyüme sergilemiştir. Bu dönemde özellikle imalat sektörü, dikkat çekici bir büyüme ivmesi yakalamıştır. 2015 yılında 1,1 trilyon TL olan üretim değeri, 2023 yılında yaklaşık 15 trilyon TL'ye ulaşarak Türkiye'nin sanayi üretimindeki güçlü ivmeyi ve imalat sanayisinin ekonomideki payının giderek arttığını ortaya koymaktadır.

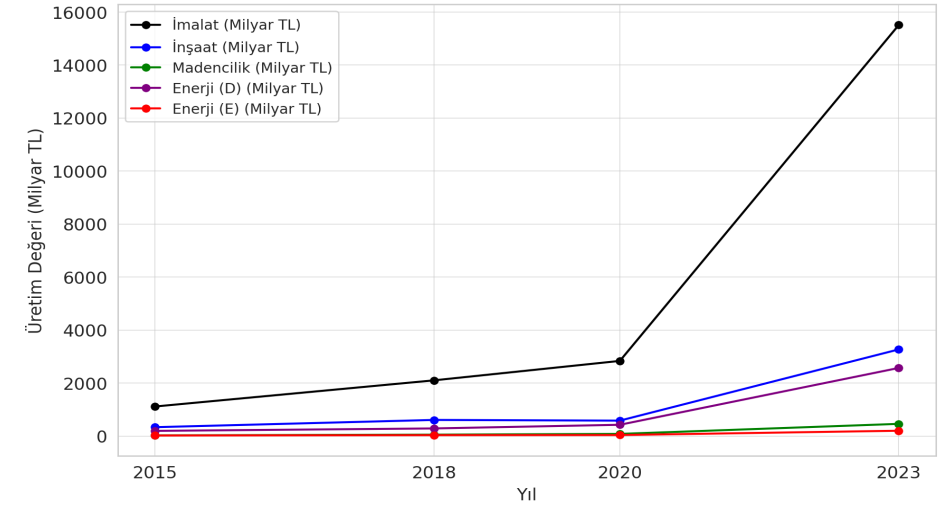
İnşaat sektörü de benzer şekilde belirgin bir artış göstermiştir. 2015 yılında 336,5 milyar TL olan üretim değeri, 2023 yılında 3,2 trilyon TL'ye yükselmiştir. Bu durum, sektördeki yatırımların hızla sürdüğünü ve ekonomideki ağırlığının giderek arttığını göstermektedir.

Madencilik sektörü, diğer sektörlerle kıyasla daha istikrarlı ancak daha düşük bir büyüme sergilemiştir. 2015 yılında 28,1 milyar TL seviyesindeki üretim değeri, 2023 yılı itibarıyla 462 milyar TL'ye ulaşmıştır. Bu artış, sektörün üretim kapasitesindeki gelişmeye işaret etmektedir.

Enerji sektörü ise iki alt kategori halinde değerlendirilmiştir: Elektrik, gaz, buhar ve iklimlendirme üretimi ve dağıtımı (D) ile Su temini, kanalizasyon, atık yönetimi ve iyileştirme (E).

- Elektrik, gaz, buhar ve iklimlendirme üretimi ve dağıtımı sektörü (D), 2015 yılında 197,2 milyar TL olan üretim değerini 2023 yılında 2,5 trilyon TL'ye yükselterek sanayinin artan enerji ihtiyacını karşılamak üzere enerji altyapısında önemli yatırımlar yapıldığını ve arz güvenliğinin güçlendiğini ortaya koymuştur.
- Su temini, kanalizasyon, atık yönetimi ve iyileştirme sektörü (E) ise çevresel sürdürülebilirlik ve su kaynaklarının etkin yönetimi açısından kritik rol oynamaktadır. Bu sektör, 2015 yılında 22,05 milyar TL'den, 2023 yılında 202,6 milyar TL'ye ulaşarak önemli bir büyüme göstermiştir. Bu artışın temelinde nüfus artışı, kentleşme ve çevresel düzenlemelerin tetiklediği yatırımlar bulunmaktadır (Şekil 2.3).

Şekil 2.2 : Sanayi Sektörlerindeki Üretim Değerleri



Kaynak: TÜİK, Sanayi İstatistikleri, Ekonomik Faaliyetlere Göre Üretim Değeri, 2009-2023.

2.3. Sanayi Üretim Endeksleri ve Verimlilik

Türkiye'nin sanayi üretim endeksleri, ekonomik performans ve sektörlerin üretim kapasitesini ölçmede önemli göstergelerden biridir. TÜİK tarafından sektör bazında hesaplanan ve aylık olarak yayımlanan sanayi üretim endeksleri, yıllık değişim oranlarıyla sektörlerdeki büyüme eğilimlerini ortaya koymaktadır. Bu endekslerin yıllık değişimleri, ilgili yılın Aralık ayı verileri temel alınarak hesaplanmıştır (Şekil 2.4).

Genel sanayi üretimi, 2015 yılında pozitif bir büyüme kaydetmiş, ancak 2018 yılında ekonomik dalgalanmaların etkisiyle keskin bir düşüş yaşamıştır. İmalat sektörü de benzer bir seyir izleyerek, 2018'de ciddi bir daralma yaşamış, ancak 2020 yılında güçlü bir toparlanma göstermiştir. Madencilik sektörü ise 2015 yılında en yüksek artış oranına ulaşırken, 2018 yılında önemli ölçüde daralmış ve 2022 yılına gelindiğinde büyüme negatif bölgeye gerilemiştir. Enerji sektörü, 2015 yılında pozitif büyüme göstermesine rağmen, 2018'den sonra genel bir düşüş eğilimine girerek 2022 yılında en düşük seviyesine ulaşmıştır. Bu veriler, sanayi üretiminin genel olarak 2018 yılında ciddi bir daralma yaşadığını, 2020 yılında toparlandığını fakat 2022'de tekrar ivme kaybettiğini göstermektedir.

2.3.1. Sanayi Sektörlerinde Verimlilik Artışları

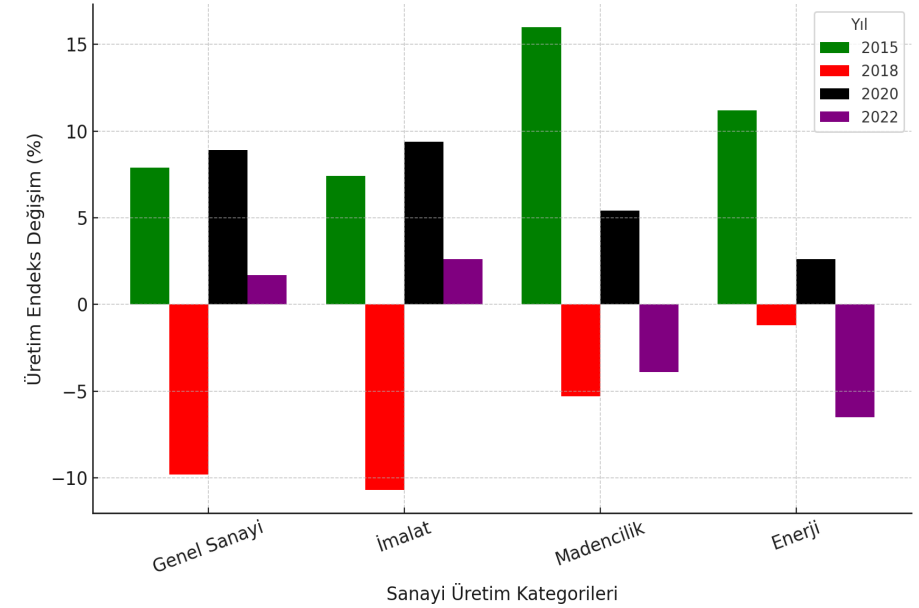
Sanayi sektöründeki verimlilik, Türkiye'nin küresel rekabet gücünü artırması açısından kritik öneme sahiptir. Verimlilik artışı, altyapı yatırımları, teknolojik yenilikler ve nitelikli iş gücünün geliştirilmesiyle yakından ilgilidir. 2015-2023 döneminde tüm sanayi sektörlerinde işçi başına üretim değerinde önemli artışlar gözlemlenmiştir (Şekil 2.5).

Enerji sektörü, iş gücü verimliliğinde en dikkat çekici yükselişi sergileyen sektör olmuştur. 2015 yılında 2035 TL/işçi olan enerji sektörü verimlilik seviyesi, 2023 yılında 18506 TL/işçi'ye yükselerek sanayi sektörleri arasındaki en büyük artışı göstermiştir.

İmalat sektöründe de iş gücü verimliliği ciddi oranda artmıştır; 2015 yılında 285 TL/işçi olan seviye, 2023 yılında 3071 TL/işçi'ye ulaşmıştır. Ancak, imalat sektörünün performansı enerji maliyetlerinin yüksekliği ve üretim süreçlerindeki verimlilik sorunları nedeniyle potansiyelinin altında kalmıştır.

Verimlilik artışlarında önemli rol oynayan unsurların başında Ar-Ge yatırımları ve patent başvurularındaki artış gelmektedir. Türkiye'de 2015 yılında 22,7 milyar TL olan Ar-Ge harcamaları, 2022 yılında 198,6 milyar TL'ye yükselmiş, aynı dönemde yerli patent başvuruları da 5512 adetten 9009 adede çıkmıştır (Şekil 2.6). Bu durum, sanayi sektörünün yenilikçilik kapasitesinin geliştiğini ve verimlilik artışlarında teknoloji ve inovasyonun etkili olduğunu göstermektedir.

Şekil 2.3 : Sanayi Üretim Endekslerinin Yıllara Göre Değişimi



Kaynak: TÜİK, Sanayi İstatistikleri, Sanayi üretim endeksi ve değişim oranları, 2005-2024.

2.3.2. Sanayi Sektörlerinde İşçi Başına Verimlilik Analizi (2015-2023)

Sanayi sektörlerinde işçi başına verimlilik düzeyi, TÜİK tarafından yayımlanan ekonomik faaliyetlere göre üretim değerlerinin, ilgili sektörlerde çalışan işçi sayısına bölünmesiyle hesaplanmaktadır. Bu hesaplamalara göre, 2015-2023 yılları arasında tüm sanayi sektörlerinde işçi başına düşen üretim değeri önemli ölçüde artmıştır.

İmalat sektörü, 2015 yılında 285 TL/işçi olan verimlilik seviyesini düzenli bir artışla 2023 yılında 3071 TL/işçi seviyesine yükseltmiştir. Bu artış, imalat sektörünün işgücü verimliliği açısından önemli gelişmeler kaydettiğini göstermektedir.

İnşaat sektörü ise başlangıçta en düşük verimlilik düzeyine sahip sektör konumundayken, bu dönemde önemli bir gelişme kaydetmiştir. 2015 yılında 198 TL/işçi olan işgücü verimliliği, 2023 yılında 1778 TL/işçi seviyesine ulaşarak sektördeki gelişimin net bir göstergesi olmuştur.

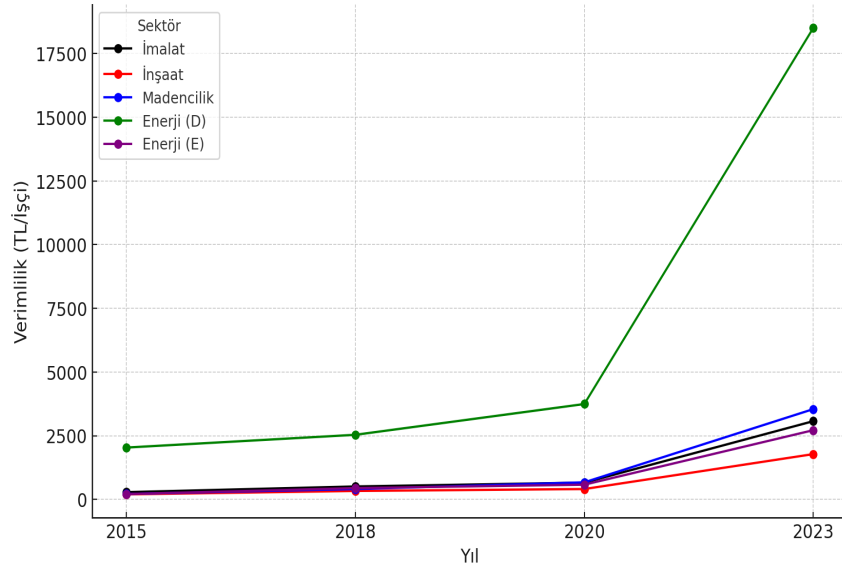
Madencilik sektöründe de belirgin bir verimlilik artışı gerçekleşmiştir. Sektördeki işgücü başına üretim değeri 2015 yılında 214 TL/işçi iken, 2023 yılında 3544 TL/işçi seviyesine çıkarak güçlü bir yükseliş göstermiştir.

Enerji sektörü, verimlilik açısından en dikkat çekici artışı gösteren sektördür. Özellikle “Elektrik, gaz, buhar ve iklimlendirme üretimi ve dağıtımı” alt sektörü (D), 2015 yılında 2035 TL/işçi ile sektörler arasındaki en yüksek verimlilik seviyesine sahipken, 2023 yılı itibarıyla 18506 TL/işçi seviyesine ulaşarak sanayi sektörleri içerisindeki en büyük artışı kaydetmiştir.

Benzer şekilde, enerji sektörünün diğer alt kolu olan “Su temini, kanalizasyon, atık yönetimi ve iyileştirme” sektörü (E) de 2015 yılında 210 TL/işçi seviyesinden, 2023 yılında 2717 TL/işçi seviyesine yükselmiştir. Bu yükseliş, özellikle çevresel sürdürülebilirlik ve su yönetimi alanında yapılan yatırımların etkisini ortaya koymaktadır.

Özetle, sanayi sektörlerinin tamamında işçi başına düşen verimlilik düzeyi belirgin biçimde artmıştır. Bu durum, özellikle enerji ve madencilik gibi sektörlerde çok daha net gözlemlenmekte olup, Türkiye'nin sektörel rekabet gücünü artırmada önemli bir gelişme sağlamıştır (Şekil 2.5).

Şekil 2.4 : Sektörel Verimlilik Göstergeleri



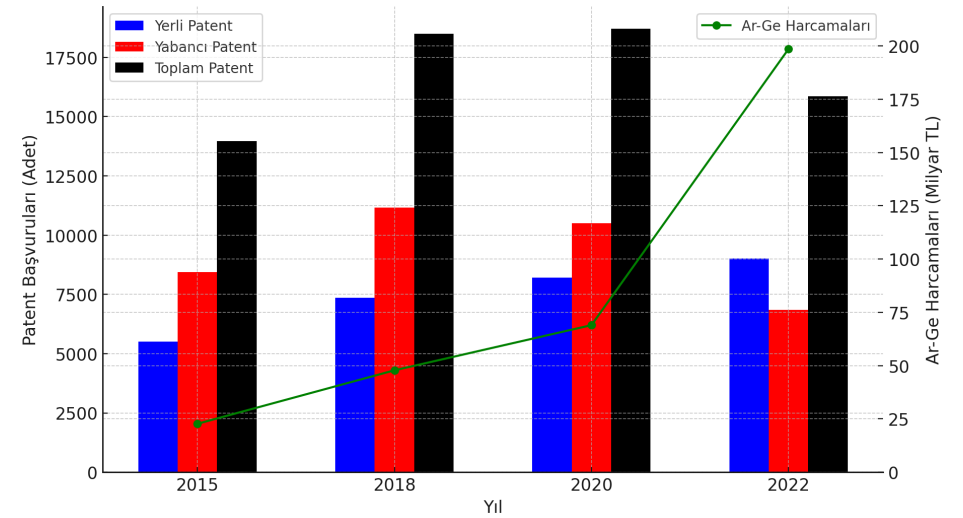
Kaynak: TÜİK tarafından sanayi istatistikleri başlığı altında yayınlanan ekonomik faaliyetlere göre üretim değeri ile sanayi sektöründe çalışanlar verileri kullanılarak hesaplanmıştır.

Sanayi sektöründeki verimlilik artışlarının temelinde, araştırma geliştirme (Ar-Ge) ve teknoloji yatırımları yatmaktadır. Türkiye'deki inovasyon göstergeleri incelendiğinde, yerli patent başvurularında istikrarlı bir artış yaşanırken, yabancı patent başvurularında düşüş eğilimi gözlemlenmiştir. Yerli patent başvuruları, 2015 yılında 5512 adet iken yıllar içinde artarak 2022 yılında 9009 adede ulaşmıştır. Buna karşılık, yabancı patent başvuruları aynı dönemde 8446 adetten 6847 adede gerilemiştir. Toplam patent başvuruları ise 2018 ve 2020 yıllarında zirveye ulaşmasına rağmen 2022 yılında kısmi bir gerileme göstermiştir.

Ar-Ge harcamaları da dikkat çekici bir büyüme sergilemiştir. 2015 yılında 22,7 milyar TL olan Ar-Ge harcamaları, 2022 yılında 198,6 milyar TL'ye yükselerek çarpıcı bir artış kaydetmiştir. Bu durum, sanayi sektöründe inovasyon ve teknoloji odaklı yatırımların hız kazandığını açıkça ortaya koymaktadır.

Yerli patent başvurularındaki sürekli artış ve Ar-Ge harcamalarındaki güçlü yükseliş, sanayi sektörünün teknoloji üretme kapasitesinin geliştiğini ve yerli firmaların inovasyona yönelik yatırımlarını artırdığını göstermektedir (Şekil 2.6). Bu eğilim, sektörün genel verimlilik artışında önemli bir rol oynamıştır.

Şekil 2.5 : Verimlilik ve İnovasyon Göstergeleri



Kaynak: Türk Patent, Patent Yıllık İstatistikler, <https://www.turkpatent.gov.tr/patent-istatistik>, TÜİK, Sektöre ve harcama grubuna göre toplam Ar-Ge harcaması.

2.4. Bölgesel Sanayi Dağılımı

Türkiye’de sanayi faaliyetleri bölgesel olarak büyük farklılıklar göstermekte olup, belirli bölgelerde yoğunlaşmış bir yapı sergilemektedir.¹ Bu farklılıklar, TÜİK tarafından yayımlanan İstatistiki Bölge Birimleri Sınıflandırması (İBBS-2) Düzey 2 sektör verileriyle daha net biçimde görülmektedir (Şekil 2.7).

2.4.1. Marmara Bölgesi

Sanayi üretimi açısından Türkiye’nin en önemli bölgesi olan Marmara, toplam sanayi üretiminin %40’tan fazlasını karşılamaktadır. İstanbul (TR10), Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova (TR42) ve Bursa, Eskişehir, Bilecik (TR41) sanayi üretiminin yoğunlaştığı bölgelerdir (Şekil 2.7, Panel A). Bu bölgelerde otomotiv, kimya, tekstil, beyaz eşya ve makine sanayileri güçlü kümelenmeler oluşturmaktadır. Marmara Bölgesi, limanlara ve ana ulaşım hatlarına yakınlığıyla lojistik avantajlara ve Türkiye’nin en gelişmiş altyapısına sahiptir. Ayrıca, bölgedeki nitelikli işgücü oranı diğer bölgelere kıyasla yüksektir. Türkiye genelindeki OSB sayısı açısından da Marmara Bölgesi 78 OSB ile ilk sırada yer almaktadır (Şekil 2.8).

2.4.2. Ege ve İç Anadolu Bölgeleri

Ege Bölgesi, özellikle tarıma dayalı sanayi ve gıda sektörlerinde güçlüdür. İzmir bölgenin sanayi merkezi olarak enerji, petrokimya ve gıda sektörlerinde önemli yatırımlara sahiptir. Denizli gibi şehirlerde ise tekstil sanayisi gelişmiştir. Ege Bölgesi, Marmara’nın ardından OSB sayısı açısından ikinci sıradadır (49 OSB).

İç Anadolu Bölgesi’nde Ankara merkezli olarak savunma, makine ve kimya sanayileri öne çıkmaktadır. Bölgenin sanayi üretimi Marmara ve Ege bölgelerinin gerisinde olsa da, savunma sanayindeki gelişmeler bölgenin ekonomik yapısına önemli katkı sağlamaktadır. Bölgenin OSB sayısı ise 48 olarak gerçekleşmiştir.

2.4.3. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri

Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde sanayi faaliyetleri sınırlıdır ve bölgesel GSYİH’ye katkıları düşüktür. Özellikle Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan (TRA2) ile Erzurum, Erzincan, Bayburt (TRA1) bölgelerinde altyapı eksiklikleri, yatırım ortamının zayıflığı ve ulaşım zorlukları nedeniyle sanayi faaliyetleri kısıtlı kalmıştır (Şekil 2.7, Panel A).

¹ Yoğunluk haritaları, iktisadi faaliyet kollarına bölgesel gayrisafi yurt içi hasıla değerinin logaritması alınarak oluşturulmuştur. Kırmızı en yoğun, mavi en az yoğun bölgeleri belirtmektedir.

Güneydoğu Anadolu bölgesinde Şanlıurfa, Diyarbakır (TRC2) ile Mardin, Batman, Şırnak, Siirt (TRC3) bölgelerinde tekstil ve gıda sektörlerinde sınırlı üretim gerçekleşmektedir. Ancak, bu üretim düzeyleri Marmara ve Ege bölgelerine kıyasla oldukça düşüktür.

2.4.4. Sektörel Bazda Bölgesel Farklılıklar

İmalat sektörü ağırlıklı olarak Marmara ve Ege bölgelerinde yoğunlaşmıştır (Şekil 2.7, Panel B). Özellikle İstanbul, Kocaeli ve Bursa bölgelerinde otomotiv ve makine sanayisi, İstanbul ve Manisa’da beyaz eşya ve elektronik sanayi, Denizli ve Gaziantep gibi şehirlerde ise tekstil sektörleri öne çıkmaktadır.

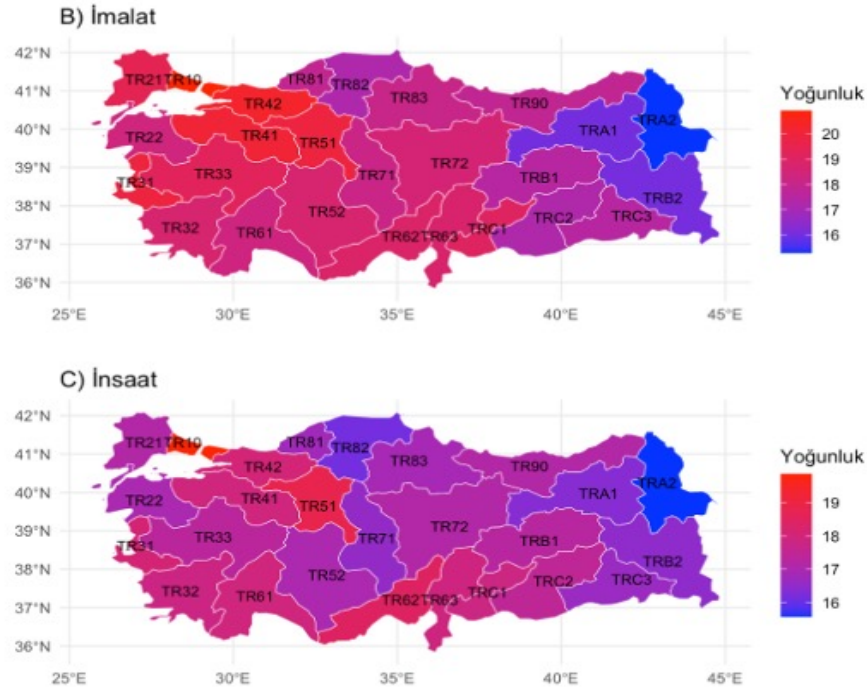
İnşaat sektörü diğer sanayi alt sektörlerine kıyasla daha geniş bir coğrafi alana yayılmıştır (Şekil 2.7, Panel C). Büyükşehirlerdeki hızlı nüfus artışı ve kamu yatırımları, İstanbul (TR10), Ankara (TR51), Adana ve Mersin (TR62) gibi bölgelerde inşaat sektörünü ön plana çıkarmaktadır. Ayrıca, Gaziantep, Adıyaman, Kilis (TRC1) ve Şanlıurfa, Diyarbakır (TRC2) bölgelerinde, 6 Şubat 2023 deprem felaketi sonrası yeniden yapılanma faaliyetleri nedeniyle inşaat sektöründe hareketlilik artmıştır.

2.4.5. Bölgesel GSYİH’ye Katkı

Bölgesel GSYİH’ye katkı açısından Marmara Bölgesi %9,69 ile lider konumdadır. İç Anadolu (%3,18) ve Ege (%2,94) bölgeleri onu takip ederken, Doğu Anadolu (%0,60) ve Güneydoğu Anadolu (%1,37) bölgeleri ise en düşük seviyelerde kalmaktadır (Şekil 2.9).

Şekil 2.6 : Bölgesel Sanayi Dağılımı, 2023





Kaynak: TÜİK, Ulusal Hesaplar, Bölgesel gayrisafi yurt içi hasıla, iktisadi faaliyet kollarına (A10) göre, cari fiyatlarla, 2004-2023

2.4.6. Bölgesel Sanayi Dağılımının OSB'ler ile Analizi

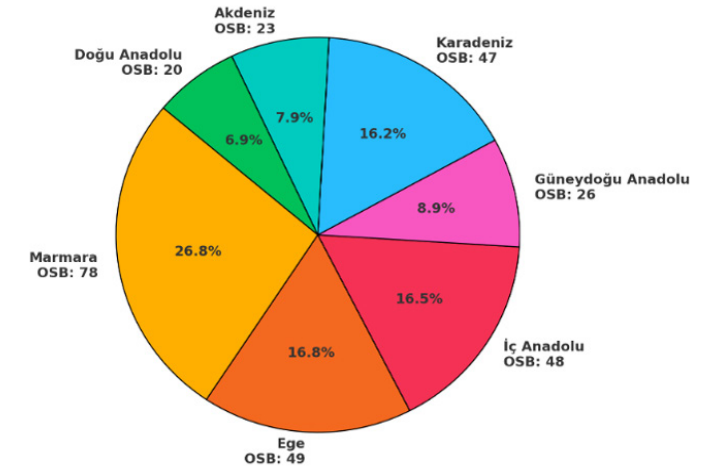
Sanayi sektörünün bölgesel dağılımındaki farklılıklar, Organize Sanayi Bölgeleri (OSB) istatistikleriyle de net bir şekilde ortaya konmaktadır. Türkiye genelinde toplam 291 organize sanayi bölgesi mevcut olup, bunların en büyük payı Marmara Bölgesi'ne aittir. Marmara Bölgesi, sahip olduğu 78 OSB ile Türkiye'deki OSB'lerin en yoğun olduğu bölge konumundadır. Bu durum, bölgenin sanayi altyapısının gücünü ve ekonomik üretimdeki lider rolünü vurgulamaktadır.

Marmara'yı OSB sayıları açısından Ege Bölgesi (49 OSB) ve İç Anadolu Bölgesi (48 OSB) takip etmektedir. Bu bölgeler, Marmara'ya kıyasla daha düşük yoğunluğa sahip olsa da Türkiye sanayisinin gelişiminde kritik roller üstlenmektedir. Özellikle Ege Bölgesi tarım ve gıda, İç Anadolu Bölgesi ise savunma ve makine sanayilerinde önemli üretim merkezlerini barındırmaktadır.

Karadeniz Bölgesi (47 OSB), sanayi açısından dikkate değer bir altyapıya sahip olsa da Marmara, Ege ve İç Anadolu gibi bölgelerin gerisinde kalmıştır. Öte yandan Güneydoğu Anadolu (26 OSB), Akdeniz (23 OSB) ve Doğu Anadolu (20 OSB) bölgeleri ise OSB altyapısı açısından oldukça zayıf kalmıştır. Bu bölgelerde OSB sayısının düşük olması, sanayi yatırımlarının sınırlı kaldığını ve bölgesel kalkınmanın henüz yeterli düzeye ulaşmadığını ortaya koymaktadır.

Bu durum, Türkiye'nin sanayi yatırımlarında ve bölgesel kalkınma politikalarında bölgesel dengesizliği azaltacak yeni stratejilerin önemini vurgulamaktadır (Şekil 2.8).

Şekil 2.7 : Organize Sanayi Bölgeleri (OSB) Sayıları, 2025



Kaynak: Organize Sanayi Bölgeleri Üst Kuruluşu, <https://osbuk.org/view/sayilarlaosb/osbliste.php?utm>

2.4.7. Bölgesel Sanayi Dağılımının GSYİH'ye Katkısı

Bölgesel düzeyde sanayi sektörlerinin Türkiye'nin GSYİH'ye katkısı önemli farklılıklar göstermektedir (Şekil 2.9). Bu farklılıkların temelinde bölgesel sanayi altyapısının gelişmişlik düzeyi, üretim merkezlerinin konumu ve lojistik olanaklar gibi faktörler bulunmaktadır.

Marmara Bölgesi'nin Öncülüğü

Sanayi üretiminde Türkiye'nin en önemli bölgesi olan Marmara, %9,69'luk katkısıyla GS-YİH'ye en yüksek payı sağlamaktadır. Bölgenin bu yüksek katkısının başlıca nedenleri arasında gelişmiş sanayi altyapısı, büyük üretim merkezleri ve limanlara yakın lojistik avantajları yer almaktadır.

İç Anadolu ve Ege Bölgelerinin Rolü

İç Anadolu Bölgesi (%3,18) ve Ege Bölgesi (%2,94) de bölgesel sanayi katkısı açısından önemli konumdadır. İç Anadolu, özellikle savunma ve makine sanayisi gibi yüksek katma değerli sektörlerle ev sahipliği yaparak dikkat çekmektedir. Ege Bölgesi ise, tarım ve gıda sanayi başta olmak üzere çeşitli sektörlerde sanayi faaliyetlerinin yoğunlaştığı merkezleri barındırmaktadır.

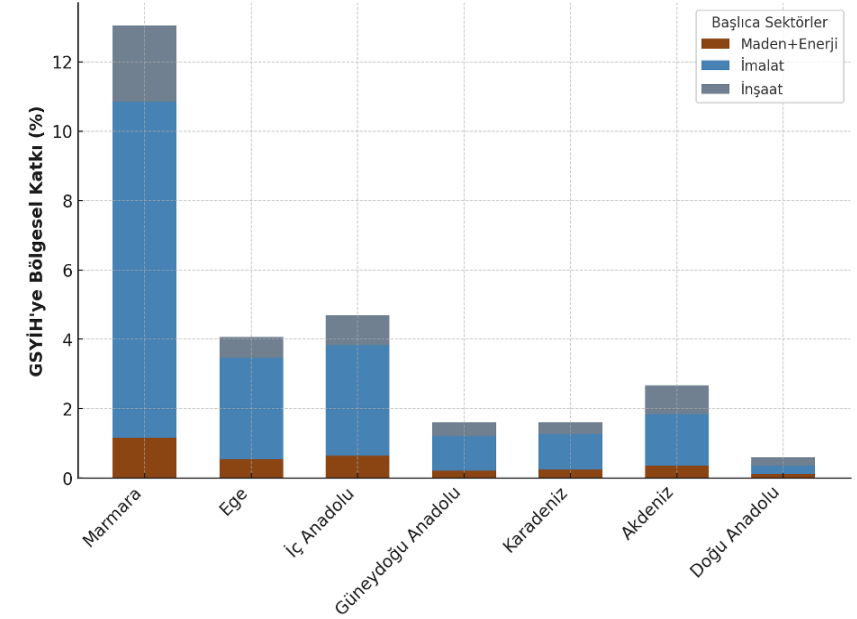
Doğu ve Güneydoğu Anadolu'nun Kısıtlı Katkısı

Sanayi faaliyetlerinin nispeten sınırlı kaldığı Doğu Anadolu (%0,60) ve Güneydoğu Anadolu (%1,37) bölgeleri ise Türkiye'nin bölgesel GSYİH'sine düşük katkılar sağlamaktadır. Bu bölgelerde sanayileşmenin sınırlı kalmasının temel sebepleri, altyapı eksiklikleri, yatırım ortamının zayıflığı ve nitelikli iş gücünün yetersizliğidir.

2.4.8. Sektörel Katkılar ve Bölgesel Farklılıklar

Sanayi sektörleri arasında en büyük katkıyı sağlayan sektör imalat sektörüdür. İmalat sektörü, tüm bölgelerde öne çıkmakla birlikte, sağladığı katkı miktarı bölgeden bölgeye büyük farklılıklar göstermektedir. Madencilik ve enerji sektörleri tüm bölgelerde daha düşük paylara sahip olup, Marmara (%1,16) ve İç Anadolu (%0,65) bu sektörlerde görece daha yüksek paylar sağlamaktadır. İnşaat sektörü ise geniş bir coğrafyada faaliyet göstermesine rağmen, ekonomik etki açısından imalat sektörüyle kıyaslandığında daha sınırlı kalmaktadır (Şekil 2.9).

Şekil 2.8 : Bölgesel Sanayi Sektörlerinin Dağılımı, 2023



Kaynak: TÜİK, Sanayi İstatistikleri, iktisadi faaliyet kollarına göre, il bazında gayrisafi yurt içi hasıla verileri 7 coğrafi bölge seviyesinde toplanarak yazar tarafından hesaplanmıştır.

Yüksek Sanayi İstihdamına Sahip Bölgeler

Türkiye'de sanayi sektörünün bölgesel istihdam kapasitesi önemli farklılıklar göstermektedir. İstanbul (TR1) ve Doğu Marmara (TR4) bölgeleri, sanayi sektöründe en fazla istihdam sağlayan bölgeler olarak öne çıkmaktadır. İstanbul'da 1,92 milyon kişi sanayi sektöründe çalışmakta olup, bu sayı bölgedeki toplam istihdamın %29,3'ünü oluşturmaktadır. Doğu Marmara bölgesi ise toplam istihdam içinde %39,24'lük bir oranla Türkiye'nin en yüksek sanayi istihdam yoğunluğuna sahiptir ve bölgede yaklaşık 1,36 milyon kişi sanayide istihdam edilmektedir. Bölgenin otomotiv, metal, kimya ve makine sanayi-lerindeki güçlü konumu, bu yüksek istihdam oranının temel nedenlerindendir.

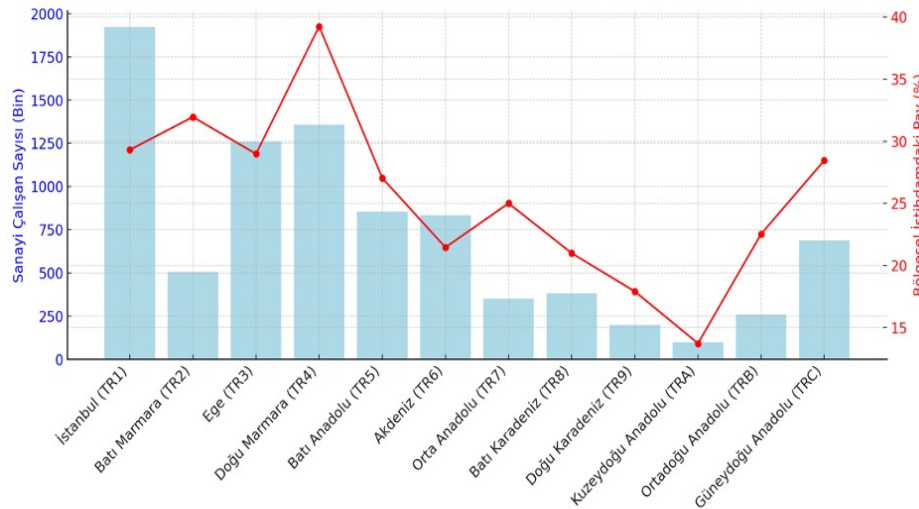
Orta Seviyede Sanayi İstihdamına Sahip Bölgeler

Ege (TR3) ve Batı Marmara (TR2) bölgeleri de sanayi istihdamında güçlü konumlarını sürdürmektedir. Ege Bölgesi'nde yaklaşık 1,25 milyon kişi sanayi sektöründe istihdam edilirken, bölgesel istihdam içindeki pay %28,98'dir. İzmir ve Manisa gibi gelişmiş sanayi şehirleri bu bölgenin ekonomik gücünü desteklemektedir. Batı Marmara'da ise yaklaşık 504 bin kişi sanayide çalışmakta ve bölgedeki toplam istihdamın %31,95'ini oluşturmaktadır. Bu bölgeler, Türkiye'deki sanayi üretimine önemli katkı sağlamaktadır.

Düşük Sanayi İstihdamına Sahip Bölgeler

Kuzeydoğu Anadolu (TRA) ve Doğu Karadeniz (TR9) bölgelerinde ise sanayi sektörünün istihdam kapasitesi görece düşüktür. Kuzeydoğu Anadolu'da sanayi sektöründe çalışanların toplam istihdama oranı %13,72 gibi düşük bir seviyededir. Bu bölgede yalnızca 98 bin kişi sanayi sektöründe istihdam edilmektedir. Bu düşük oranların temel nedenleri olarak bölgedeki sanayi altyapısının yeterince gelişmemiş olması, nitelikli iş gücü eksikliği ve ekonomik faaliyetlerin daha çok tarım ve hizmet sektörlerine odaklanması gösterilebilir (Şekil 2.10).

Şekil 2.9 : Bölgesel İstihdam Kapasiteleri



Kaynak: TÜİK İstihdam, İşsizlik ve Ücret, sektöre göre istihdam edilenler Düzey 2 (İBBS-2) verilerinin Düzey 1 (İBBS-1) seviyesinde toplulaştırılması ile hesaplanmıştır. 2023 verileri kullanılmıştır.

2.5. Sanayi Sektöründe İstihdam ve İşgücü Analizi

2.5.1. Genel İstihdam ve Eğitim Seviyesi

Sanayi sektörü Türkiye'nin toplam istihdamının yaklaşık %25'ini oluşturmakta ve ekonomik büyüme açısından kritik bir rol oynamaktadır. Bununla birlikte, sektör genelindeki işgücünün eğitim seviyesi nispeten düşüktür. 2023 yılı itibarıyla sanayi çalışanlarının yalnızca %18,60'ı yükseköğretim mezunu iken, en büyük payı %32,89 ile lise mezunları oluşturmaktadır (Şekil 2.13). Bu durum, sektörün teknolojik dönüşümü ve rekabet gücünün artırılması için nitelikli iş gücüne olan ihtiyacın önemini ortaya koymaktadır.

2.5.2. Cinsiyet Dağılımı ve Gençlerin Katılımı

Sanayi iş gücünün büyük kısmını erkekler (%73,05) oluştururken, kadınların sektördeki payı sadece %26,95 ile sınırlı kalmaktadır (Şekil 2.12). Bu durum, kadınların sanayi sektörüne katılımını artıracak politika ve uygulamaların önemini göstermektedir. Ayrıca, genç iş gücünün sanayi sektörüne ilgisinin düşük olması, sektörün gelecekteki sürdürülebilirliği açısından ciddi bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.

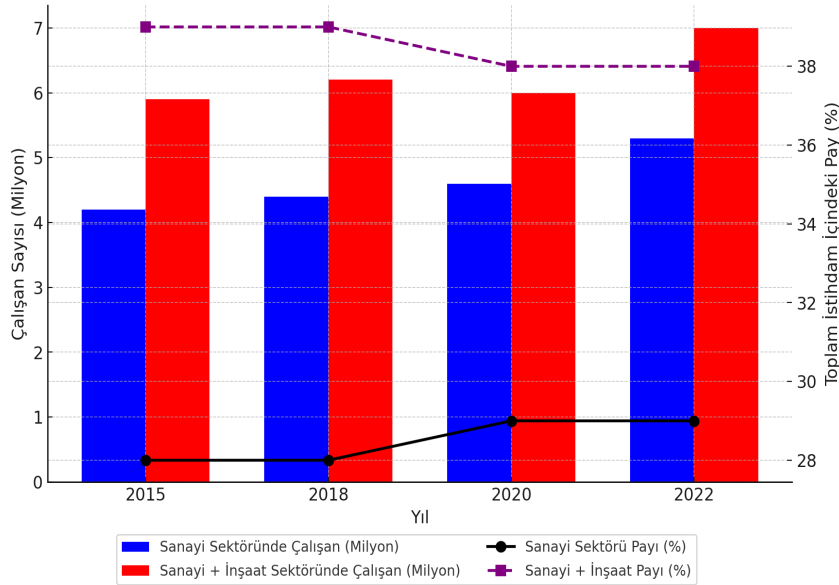
2.5.3. Bölgesel İstihdam Dağılımı

Bölgesel olarak değerlendirildiğinde, sanayi sektöründeki istihdamın yoğunlaştığı bölgeler İstanbul (TR1) ve Doğu Marmara (TR4) bölgeleridir. İstanbul'da sanayi çalışanlarının bölgesel istihdam içindeki payı %29,3, Doğu Marmara'da ise %39,24'tür (Şekil 2.10). Bu durum, bu bölgelerdeki güçlü sanayi altyapısı ve sektörel yoğunlaşmanın sonucudur. Buna karşın Kuzeydoğu Anadolu (%13,72) ve Doğu Karadeniz (%17,9) bölgelerinde sanayi istihdamının payı oldukça düşük kalmaktadır. Bu farklılıklar, bölgesel kalkınma politikalarının önemini ve dengeli ekonomik büyümeyi desteklemek amacıyla bu bölgelere yönelik yatırımların artırılması gerektiğini vurgulamaktadır.

2.5.4. Yıllara Göre İstihdam Değişimi

2015-2022 yılları arasında sanayi sektöründe istikrarlı bir istihdam artışı yaşanmıştır. Bu dönemde sanayide çalışan kişi sayısı artarken, sektörün toplam istihdam içindeki payı 2015-2018 döneminde sabit kalmış, ancak 2020 ve 2022 yıllarında %29 seviyesine yükselmiştir. İnşaat sektörü de dahil edildiğinde genişletilmiş sanayi istihdamının toplam istihdam içindeki payı ise, 2015-2018 döneminde %39 iken, 2020 ve 2022 yıllarında %38'e gerilemiştir (Şekil 2.11). Bu durum, sanayi sektörünün istihdam yaratma kapasitesindeki artışa rağmen, inşaat sektöründeki dalgalanmaların genişletilmiş sanayi istihdam oranını olumsuz etkilediğini göstermektedir.

Şekil 2.10 : Sanayi Sektöründe Çalışan Sayısı



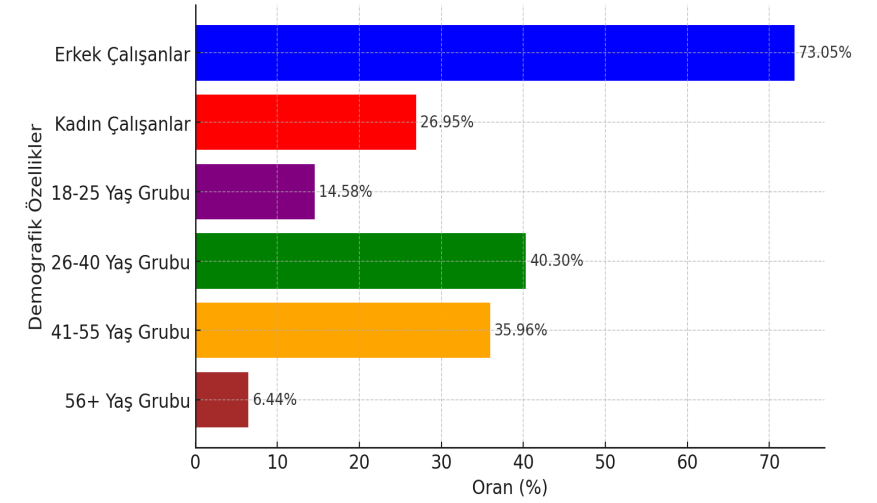
Kaynak: TÜİK, Sanayi İstatistikleri, Ekonomik Faaliyetlere göre çalışanlar sayısı, 2009-2023.

2.5.5. Sanayi İşgücünün Demografik Yapısı

Sanayi sektöründeki işgücü demografik olarak belirgin özelliklere sahiptir. 2023 yılı Hanehalkı İşgücü İstatistikleri'ne göre, sektörde istihdam edilen bireylerin büyük bir kısmı erkeklerden (%73,05) oluşmakta, kadınların payı ise %26,95 ile sınırlı kalmaktadır.

Yaş grupları açısından bakıldığında, sanayi sektöründeki çalışanların yoğunluğu 26-40 yaş (%40,30) ve 41-55 yaş (%35,96) gruplarında toplanmaktadır. Bu durum, sektördeki işgücünün büyük ölçüde deneyimli ve aktif çalışanlardan oluştuğunu göstermektedir. Genç çalışanların (18-25 yaş aralığı) oranı ise %14,58 ile sınırlı kalırken, 56 yaş ve üzerindeki çalışanlar sadece %6,44'lük paya sahiptir (Şekil 2.12). Bu durum, sanayi sektöründe gençlerin istihdamının artırılması gerektiğini ve sektöre gençlerin katılımını teşvik edecek politikaların önemini ortaya koymaktadır.

Şekil 2.11 : Sanayi Sektöründeki İşgücünün Demografik Özellikleri



Kaynak: TÜİK İşgücü İstatistikleri Mikro Veri Seti, 2023.

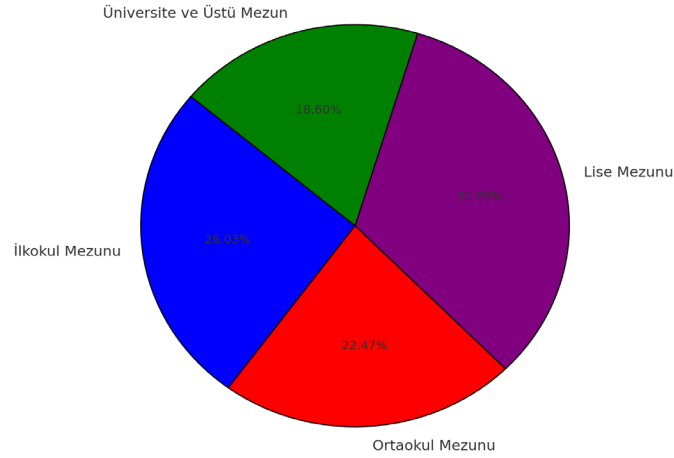
2.5.6. Sanayi Sektöründe Çalışanların Eğitim Durumu

Sanayi sektöründe çalışanların sayısı yıllar içinde artış göstermesine rağmen iş gücünün eğitim düzeyi halen düşüktür. 2023 yılı itibarıyla sektörde istihdam edilenlerin büyük bir çoğunluğu lise ve altı eğitim düzeyindedir. Çalışanların eğitim durumuna göre dağılımı incelendiğinde en büyük payın %32,89 ile lise mezunlarına ait olduğu görülmektedir (Şekil 2.13). Bu durum, sanayi sektörünün genellikle teknik bilgi ve orta düzeyde uzmanlık gerektiren işlere yönelik bir yapıya sahip olduğuna işaret etmektedir.

Lise mezunlarını %26,03 ile ilkökul mezunları takip etmektedir. İlkokul mezunlarının önemli bir paya sahip olması, sanayi sektöründe düşük eğitim seviyesine sahip iş gücünün yaygın olarak istihdam edildiğini ortaya koymaktadır. Ortaokul mezunlarının oranı ise %22,47 ile ilkökul mezunlarına oldukça yakındır.

Yükseköğrenim mezunlarının oranı ise %18,60 ile sektör genelinde en düşük seviyede kalmaktadır. Bu düşük oran, sanayi sektöründe yüksek eğitim düzeyi gerektiren pozisyonların sınırlı olduğunu ve sektörün ağırlıklı olarak lise ve altı eğitim düzeyindeki çalışanlara dayandığını göstermektedir (Şekil 2.13). Bu veriler, sektörde teknolojik dönüşüm ve nitelikli iş gücü ihtiyacının karşılanabilmesi için eğitim ve mesleki gelişim politikalarının önemini vurgulamaktadır.

Şekil 2.12 : Sanayi Sektöründeki İşgücünün Eğitim Seviyesi



Kaynak: TÜİK İşgücü İstatistikleri Mikro Veri Seti, 2023.

2.6. Değerlendirme: Türkiye Sanayi Sektörünün Gelişimi ve Uluslararası Bağlam

Türkiye sanayi sektörü, son on yıllık dönemde istikrarlı üretim artışı, ihracat hacminde büyüme ve bölgesel kümelenmelerdeki gelişmeler ile dikkat çekici bir dönüşüm geçirmiştir. Bu dönüşüm, nicel büyümenin ötesinde; verimlilik, yenilikçilik, iş gücü yapısı ve bölgesel dengeler gibi alanlarda daha karmaşık bir görünüm arz etmektedir. Bu bölümde, elde edilen bulgular eleştirel bir perspektifle yeniden değerlendirilecek ve Türkiye sanayi sektörünün gelişimi uluslararası bağlamda konumlandırılacaktır.

Çalışmada elde edilen veriler, özellikle imalat sektöründe güçlü bir büyüme performansı olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak bu büyüme, sıklıkla nominal artışlar üzerinden değerlendirilmiş, reel bazda üretim artışı ve katma değer yaratma kapasitesi sınırlı kalmıştır. Verimlilik göstergelerindeki yükselişe rağmen, Türkiye'nin birim iş gücü başına üretim düzeyi hâlâ OECD ve AB ortalamalarının oldukça altındadır. Örneğin 2022 yılı itibarıyla Almanya'da imalat sektöründe işçi başına üretim 40.000 USD seviyesindeyken, Türkiye'de bu değer yaklaşık 8.000 USD dolayındadır (OECD, 2023a). Bu durum, yapısal reformların derinleştirilmesi ihtiyacına işaret etmektedir.

Sanayi sektöründeki toplam istihdam artışına rağmen, çalışanların büyük kısmının düşük veya orta düzey eğitim seviyesinde olması, sektörel dönüşümün önünde bir engel oluşturmaktadır. Türkiye'de sanayi iş gücünün yalnızca %18,6'sı yükseköğretim mezunu iken, bu oran Güney Kore'de %41, Almanya'da ise %34 düzeyindedir (ILO, 2022). Teknoloji tabanlı üretim süreçlerinin yaygınlaşması için iş gücü yapısının dijital beceriler ve teknik uzmanlıklarla uyumlu hâle getirilmesi gereklidir.

Türkiye'de Marmara, Ege ve İç Anadolu bölgeleri sanayi üretiminin ve istihdamın büyük bölümünü oluşturmaya devam etmektedir. Bu durum, Myrdal'ın kümülatif nedensellik teorisine ile tutarlıdır: gelişmiş bölgeler daha fazla yatırım çekerken, geri kalan bölgeler sanayi faaliyetlerinden mahrum kalmaktadır (Myrdal, 1957). Avrupa'da uygulanan Smart Specialisation Strategy (S3) benzeri bölgesel kalkınma politikalarının Türkiye'de daha sistematik biçimde uygulanması, bu eşitsizliğin giderilmesine katkı sağlayabilir (Foray et al., 2012).

Enerji ve madencilik sektörlerinde görülen yüksek verimlilik artışlarına rağmen, genel olarak Türkiye sanayisi dijitalleşme ve yeşil dönüşüm süreçlerinde uluslararası rakiplerinin gerisinde kalma riskiyle karşı karşıyadır. Avrupa Yeşil Mutabakatı çerçevesinde karbon sınır vergilerinin devreye girmesiyle, Türkiye'nin enerji yoğun sektörleri ciddi maliyet baskısı altına girebilir (European Commission, 2020). Bununla birlikte dijital üretim teknolojileri (ör. siber-fiziksel sistemler, yapay zekâ tabanlı kalite kontrol) çoğunlukla büyük ölçekli firmalarla sınırlı kalmakta, KOBİ'lerin bu dönüşüme katılımı oldukça düşüktür. OECD'ye göre, Türkiye'de KOBİ'lerin yalnızca %11'i üretim süreçlerinde dijital teknolojiler kullanmaktadır (OECD, 2022).

COVID-19 sonrası dönemde tedarik zincirlerinde yaşanan küresel kırılmalar, Türkiye'nin coğrafi ve lojistik avantajlarını öne çıkarmıştır. Ancak bu avantajlar henüz sistematik bir sanayi politikası ile desteklenmemiştir. Tayvan ve Vietnam gibi ülkeler, küresel firmaları çekmek için teknoloji kümeleri, vergi avantajları ve hızlandırılmış yatırım izinleri gibi stratejilerle proaktif davranmışlardır (World Bank, 2021). Türkiye'nin de bu yönde küresel tedarik zincirlerine entegre olmak adına daha net bir konumlandırmaya ve sanayi diplomasisine ihtiyaç duyduğu açıktır.

2.7. Sanayi Sektörünün Mevcut Durumu

Bu bölümde, Türkiye'nin sanayi sektörünün mevcut durumu detaylı biçimde analiz edilmiş; imalat, enerji, inşaat ve madencilik gibi temel alt sektörler üretim değerleri, istihdam kapasitesi, verimlilik düzeyleri ve bölgesel dağılım açısından değerlendirilmiştir. TÜİK ve ilgili kurumlardan elde edilen veriler, sektörel büyümenin yönünü ve yapısını

anlamada önemli bir kaynak oluşturmıştır. Bulgular, sanayi sektöründe güçlü bir büyüme ivmesinin yanı sıra yapısal eşitsizliklerin ve verimlilik farklılıklarının da belirgin olduğunu ortaya koymaktadır.

Sanayi sektörünün sürdürülebilir büyümesi, yalnızca makroekonomik göstergelerle değil, aynı zamanda yapısal dönüşümle mümkündür. Bu bağlamda, Solow'un büyüme modeli çerçevesinde değerlendirildiğinde, Ar-Ge yatırımları ve patent başvurularındaki artışlar, toplam faktör verimliliğini artırarak büyümeye katkı sağlayan önemli dinamikler arasında yer almaktadır (Solow, 1956). Özellikle enerji ve madencilik sektörlerinde gözlemlenen yüksek verimlilik artışları, bu dönüşümün göstergesi olarak değerlendirilebilir.

Bununla birlikte, Türkiye'de sanayi faaliyetlerinin bölgesel dağılımı, Myrdal'ın kümülatif nedensellik ve Hirschman'ın kutup etkisi yaklaşımlarıyla açıklanabilir. Marmara gibi gelişmiş bölgelerde yatırımların artması, doğu ve güneydoğu bölgelerindeki sanayileşmenin geride kalmasına neden olmakta; bu da bölgesel kalkınma farklarını derinleştirmektedir (Myrdal, 1957; Hirschman, 1958). Bu nedenle, bu bölgelerdeki altyapı eksikliklerinin giderilmesi, teşviklerin artırılması ve yatırım ortamının güçlendirilmesi gerekmektedir.

Sanayide kümelenme stratejileri de önem taşımaktadır. Porter'ın kümelenme teorisi bağlamında, Marmara Bölgesi'nde otomotiv, makine, kimya gibi sektörlerde gelişen kümeler, rekabetçiliği ve yenilikçiliği teşvik eden bir yapı sunmaktadır (Porter, 1998). Benzer kümelerin İç Anadolu, Ege ve Güneydoğu Anadolu gibi bölgelerde de oluşturulması, sanayi tabanının ülke genelinde yaygınlaştırılması açısından kritik öneme sahiptir.

Ayrıca, teknolojik dönüşüm ve dijitalleşme, sanayi sektörünün küresel rekabet gücünü artırmada belirleyici rol oynamaktadır. Akıllı İmalat uygulamalarının yaygınlaştırılması, üretim süreçlerinde verimliliği artırırken aynı zamanda enerji tasarrufu ve sürdürülebilir üretim hedeflerini desteklemektedir (Schwab, 2017). Bu süreçte, kadınların ve gençlerin sanayiye entegrasyonunun artırılması da toplumsal kapsayıcılık açısından stratejik bir öncelik olmalıdır.

Türkiye sanayi sektörünün mevcut gücü ve büyüme potansiyeli, yapısal reformlarla desteklendiği takdirde hem ekonomik hem de bölgesel kalkınma hedeflerine ulaşmada güçlü bir kaldıraç işlevi görecektir.

2.7.1. Sanayi Politikası İçin Stratejik Öneriler

Türkiye'nin sanayi sektörünün sürdürülebilir büyüme ve yapısal dönüşüm hedeflerine ulaşabilmesi için çok katmanlı ve bütüncül sanayi politikaları geliştirilmesi gerekmektedir. Aşağıda, bulgular doğrultusunda geliştirilen stratejik öneriler sunulmaktadır:

• Bölgesel Sanayi Dönüşüm Programları Tasarlanmalı

Hedef: Doğu ve Güneydoğu Anadolu gibi sanayi altyapısı zayıf bölgelerde üretim kapasitesinin artırılması.

Öneri: OSB'lere ek olarak "Bölgesel Sanayi İnovasyon Merkezleri" kurulmalı, bu merkezler kamu-üniversite-sanayi işbirliğini teşvik etmelidir. Örneğin Almanya'daki "Fraunhofer Enstitüleri" benzeri yapıların bu bölgelere özgü versiyonları oluşturulabilir.

• Sektörel Tematik Teşvik Paketleri Oluşturulmalı

Hedef: Akıllı imalat, savunma, yenilenebilir enerji, ileri malzeme ve biyoendüstri gibi stratejik sektörlerde kümelenmenin teşviki.

Öneri: Tüm sektörleri aynı şekilde destekleyen genel teşvik sistemleri yerine, her stratejik sektör için özel tasarlanmış teşvik ve kredi paketleri sunulmalı. Ayrıca kümelenen firmalar için vergi indirimi, hızlı izin süreçleri ve kamusal altyapı desteği sağlanmalıdır.

• Sanayide Dijital ve Yeşil Dönüşüm Hızlandırılmalı

Hedef: Üretimde verimlilik artışı ve uluslararası pazarlarda rekabet gücü.

Öneri: "Yeşil Dönüşüm ve Dijitalleşme Fonu" oluşturularak, enerji verimliliği yatırımları, üretim süreçlerinde dijitalleşme ve sürdürülebilir üretim teknolojilerinin adaptasyonu desteklenmelidir. Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamındaki dönüşüme uyum, ihracatçı firmalar için kritik hale gelmiştir.

• Sanayi İşgücü İçin Yeni Nesil Mesleki Eğitim Reformu Yapılmalı

Hedef: Nitelikli ve genç iş gücünün sanayiye entegrasyonu.

Öneri: Mevcut mesleki teknik liseler ve MYO'lar, sanayi bölgeleriyle eşleştirilerek yeniden yapılandırılmalı, modüler eğitim programları ve staj zorunlulukları artırılmalıdır. Finlandiya'nın mesleki mükemmeliyet merkezleri bu bağlamda örnek olabilir.

• Kadınların Sanayiye Katılımını Teşvik Eden Politikalar Geliştirilmeli

Hedef: Kadın istihdamının artırılması ve toplumsal cinsiyet eşitliğinin sağlanması.

Öneri: Kadın girişimcilere ve KOBİ'lere özel finansman mekanizmaları (mikro kredi, faizsiz girişim fonu), bakım destekleri ve kadın istihdamı şartı ile verilen teşvikler artırılmalıdır. Ayrıca üretim merkezlerinde kreş, esnek çalışma ve güvenli ulaşım desteklenmelidir.

• Ar-Ge, Patent ve Ticarileşme Ekosistemi Güçlendirilmeli

Hedef: Yüksek katma değerli üretim ve teknoloji temelli büyüme.

Öneri: Üniversitelerde geliştirilen patentlerin sanayiye aktarılmasını sağlayan teknoloji transfer ofisleri desteklenmeli, ticarileşmeye yönelik vergisel avantajlar (örneğin patent box uygulamaları) sunulmalıdır. Güney Kore'nin KOTEC modeli bu bağlamda referans alınabilir.

Bu çok boyutlu stratejik yaklaşım, Türkiye sanayi sektörünün hem ulusal hem de küresel düzeyde rekabetçi ve sürdürülebilir bir yapıya kavuşmasına olanak sağlayacaktır.

Kaynaklar

European Commission. (2020). A new Industrial Strategy for Europe. Brussels: European Commission. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0102>

Foray, D., David, P. A., & Hall, B. (2012). Smart specialisation: From academic idea to political instrument, the surprising career of a concept and the difficulties involved in its implementation. MTEI Working Paper.

Hirschman, A. O. (1958). The Strategy of Economic Development. Yale University Press.

International Labour Organization (ILO). (2022). Skills for a greener future: Key findings and policy messages. <https://www.ilo.org>

Myrdal, G. (1957). Economic Theory and Underdeveloped Regions. London: Duckworth.

OECD. (2022). SME and Entrepreneurship Outlook 2022: Strengthening SMEs in the face of external shocks. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9ee00155-en>

OECD. (2023a). STI Scoreboard: Productivity Indicators. <https://www.oecd.org/sti/scoreboard>

Porter, M. E. (1998). Clusters and the New Economics of Competition. Harvard Business Review, 76(6), 77-90.

Schwab, K. (2017). The Fourth Industrial Revolution. Crown Publishing Group.

Solow, R. M. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. Quarterly Journal of Economics, 70(1), 65-94.

World Bank. (2021). World Development Report 2021: Data for Better Lives. Washington, DC: World Bank.

3. TEKNOLOJİ VE İNOVASYON

Prof. Dr. Bayram Şahin

İTÜ Makina Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. Deniz Tunçalp

İTÜ İşletme Mühendisliği Bölümü

3.1. Giriş

Küresel rekabetin belirleyici unsurlarından biri haline gelen teknoloji ve inovasyon, sadece ekonomik büyümeyi değil aynı zamanda ülkelerin stratejik özerkliğini, toplumsal refahını ve sürdürülebilir kalkınmasını doğrudan etkilemektedir. Bilgi temelli ekonomiye geçişle birlikte, dijitalleşme, araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) faaliyetleri, yapay zekâ uygulamaları ve girişimcilik ekosistemleri kalkınma politikalarının merkezine yerleşmiştir. Türkiye de bu dönüşüm sürecinde teknoloji üreticisi ve ihracatçısı bir ülke olma hedefi doğrultusunda çeşitli politika araçları ve teşvik mekanizmaları geliştirmiştir (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2023).

Bu bağlamda, Teknoloji Geliştirme Bölgeleri (TGB'ler), Ar-Ge ve tasarım merkezleri, teknoparklar ve start-up girişimleri Türkiye'nin teknolojik kapasitesinin somut göstergeleri olarak öne çıkmaktadır. Öte yandan, dijital dönüşümün yaygınlaşması, Akıllı imalat uygulamalarının sanayiye entegrasyonu ve yapay zekâ temelli çözümlerin kamu ve özel sektörde kullanım alanı bulmasıyla birlikte teknoloji ve inovasyon politikaları daha bütüncül ve çok katmanlı bir hâl almıştır.

Bu bölümde, Türkiye'nin teknoloji ve inovasyon ekosistemi farklı boyutlarıyla ele alınmakta; teknoparklar ve Ar-Ge yatırımlarından dijital dönüşüme, start-up ekosisteminde yapay zekâ uygulamalarına kadar uzanan geniş bir çerçeve sunulmaktadır. Amaç, Türkiye'nin mevcut potansiyelini, ilerleme alanlarını ve politika önerilerini değerlendirerek, sürdürülebilir ve kapsayıcı bir teknoloji vizyonu için yol haritası oluşturmaktır.

3.1.1. Yöntem

Bu bölümde sunulan analiz, Türkiye'nin teknoloji ve inovasyon ekosistemine ilişkin güncel durumunu değerlendirmek amacıyla nicel ve nitel veri kaynaklarının birlikte kullanıldığı bir yöntemle hazırlanmıştır. Temel yaklaşım, kamuya açık veri setlerinin derlenmesi, politika belgelerinin incelenmesi ve mevcut literatürle karşılaştırmalı bir yorumlamanın yapılması esasına dayanmaktadır.

Analizde kullanılan başlıca veri kaynakları şunlardır:

- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından yayımlanan Ar-Ge istatistikleri
- T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın Teknoloji Geliştirme Bölgeleri ve Ar-Ge Merkezleri veritabanı
- Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK) dijital altyapı ve internet penetrasyonu verileri

- Startups.watch, KOSGEB ve TÜBİTAK gibi kurumların girişimcilik ve yatırım verileri
- 2021-2025 Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi ve Dijital Türkiye Yol Haritası gibi stratejik politika belgeleri

Rapor kapsamında bu veriler, açıklayıcı istatistiksel yöntemler ve grafik/tablo temelli görselleştirme teknikleriyle desteklenmiştir. Ayrıca sektörel gelişmeleri yorumlamak amacıyla seçilmiş örnek uygulamalardan yararlanılmış ve mevcut literatürle uyumlu bir analiz dili kullanılmıştır (Akçomak & Tuncel, 2022; OECD, 2023).

Yöntemsel sınırlılıklar bağlamında, raporda kullanılan bazı yatırım ve girişimcilik verileri özel sektör kaynaklı platformlara dayandığından dolayı resmi veri tabanlarıyla birebir karşılaştırma yapılması her zaman mümkün olmamıştır. Ayrıca sektörler arası karşılaştırmalar bazı durumlarda veri eksikliği nedeniyle eş zamanlı yapılamamıştır. Bununla birlikte kullanılan çok kaynaklı yaklaşım sayesinde elde edilen bulguların genel geçerlik ve temsiliyet gücü önemli ölçüde korunmuştur.

3.2. Türkiye'de Teknoloji Ekosistemi

Türkiye'nin bilgi temelli ekonomik yapıya geçiş süreci, kamu politikaları, üniversiteler, özel sektör ve girişimcilik odaklı yapılanmaların eşgüdümüyle şekillenmiştir. Teknoloji Geliştirme Bölgeleri (TGB'ler), Ar-Ge merkezleri, inovasyon destek programları ve teknoparklar bu yapının taşıyıcı kolonlarını oluşturmaktadır. Son yıllarda yapılan stratejik yatırımlar ve uygulanan teşvik mekanizmaları sayesinde Türkiye'nin teknoloji ekosistemi önemli bir gelişim göstermiştir (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2023). Bu bölümde, ekosistemin temel yapı taşları olan teknoparklar ve Ar-Ge merkezleri, Ar-Ge yatırımları ve inovasyon destekleri detaylı biçimde ele alınmaktadır.

3.2.1. Teknoparklar, İnovasyon ve Ar-Ge Merkezleri

2001 yılında yürürlüğe giren 4691 sayılı Teknoloji Geliştirme Bölgeleri Kanunu ile birlikte Türkiye'de teknoparkların ve TGB'lerin kurulması yasal zemin kazanmıştır. Bu bölgeler, üniversite-sanayi iş birliğini güçlendirme, bilgi ve teknoloji transferini hızlandırma ve girişimciliği teşvik etme amacı taşımaktadır. Türkiye'de Teknoloji Geliştirme Bölgesi (TGB) sayısı yıllar içinde artış göstermiştir. Mart 2020 itibarıyla, 69 faal, 15 altyapı çalışması devam eden toplam 84 TGB ilan edilmişken, Şubat 2025 itibarıyla toplam 105 adet Teknoloji Geliştirme Bölgesi ilan edilmiş olup, bunların 91'i faaliyetine devam etmekte, 14 adedi ise alt yapı çalışmalarına devam etmektedir.

TGB'lerin bölgelere göre dağılımı incelendiğinde Marmara Bölgesi 32 adet ile en fazla bölgeye sahipken, İç Anadolu Bölgesi 28, Ege Bölgesi 12, Karadeniz Bölgesi 11, Akdeniz Bölgesi 11, Güneydoğu Bölgesi 6 ve Doğu Anadolu Bölgesi 5 adet TGB'ye ev sahipliği yapmaktadır (Bkz. Şekil 1 ve Tablo 1).

Şekil 3.1. Şehirler ve Teknoloji Geliştirme Bölgesi Adetleri

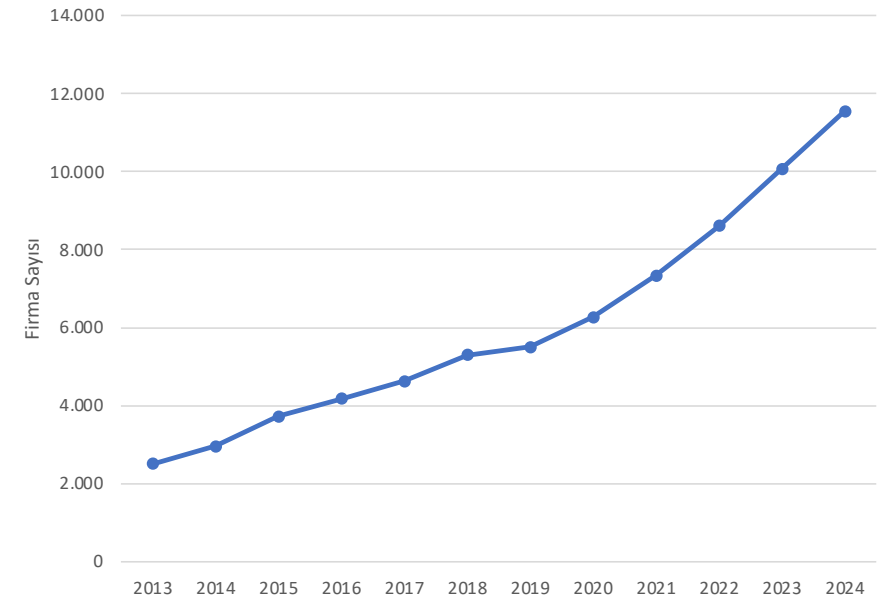


Tablo 3.1. Türkiye'deki TGB'lerin Bölgesel Dağılımı (2025)

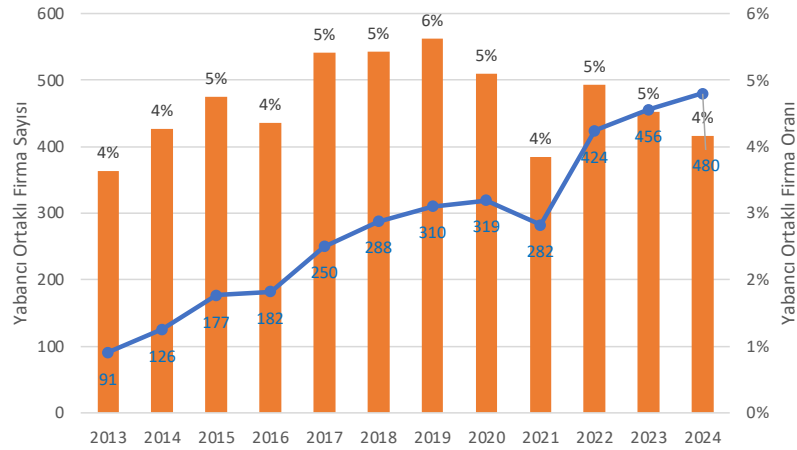
Bölge	TGB Sayısı
Marmara	32
İç Anadolu	28
Ege	12
Karadeniz	11
Akdeniz	11
Güneydoğu Anadolu	6
Doğu Anadolu	5
Toplam	105

Bu bölgelerde faaliyet gösteren firma sayısı 11.550 'ye ulaşmış (Bkz Şekil 2), bunların yaklaşık %18'i akademisyenler tarafından kurulmuş ya da onların ortak olduğu firmalardır. Bu oran, üniversitelerde üretilen bilginin ticarileştirilmesi konusunda halen önemli bir gelişim alanına işaret etmektedir. Şubat 2025 itibarıyla 102.607 Ar-Ge personeli, 1.220 tasarım personeli, 7.539 destek personeli ve 7.134 destek kapsam dışı olmak üzere toplam 118.500 kişiye istihdam sağlanmaktadır. Ayrıca 3.131 adet kuluçka firma bulunmaktadır. Dalgalı bir seyir izleyen yabancı menşei firma sayısı da 2024 yılsonu itibarıyla 480 olarak raporlanmıştır (Bkz. Şekil 3).

Şekil 3.2. Şehirler ve Teknoloji Geliştirme Bölgesi Adetleri



Şekil 3.3. Teknoparklarda Yeralan Yabancı Firma Sayısı

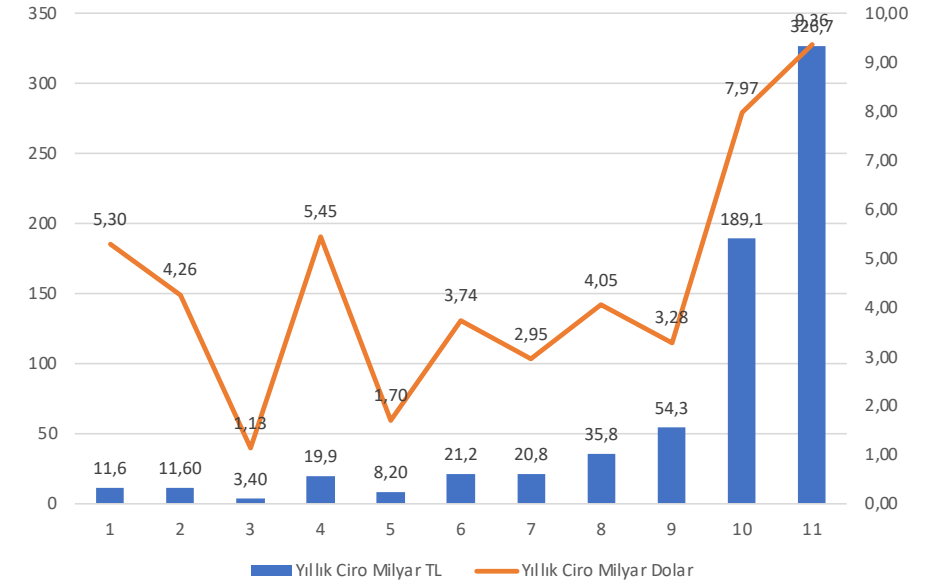


TGB'lerde tamamlanan proje sayısı 64.876'ya ulaşmış, devam eden proje sayısı ise 16.677'dir. Toplam satış geliri 2020 yılında 90.7 milyar TL iken 2025 yılında 812 milyar TL'ye ulaşmış, ihracat geliri ise 4.6 milyar dolardan 13.2 milyar dolara yükselmiştir (Bkz. Şekil 3). Tescil edilen patent sayısı 2.133 olup, başvuru süreci devam eden patent sayısı 4.257'dir.

Akademisyenler tarafından kurulan firma oranının %18 civarında kalması, TGB'lerin üniversite-sanayi arayüzü rolünü henüz arzu edilen düzeyde gerçekleştiremediğine işaret etmektedir. Bu, akademik bilginin ticarileşme hızının yavaşlığına ve TGB'lerin bilgi transferi performansında sınırlılıklara neden olmaktadır.

Ticarileşme ve ihracat açısından, TGB'lerde 2014 yılında 11,6 milyar TL olan ciro, 2024 yılı Aralık ayında 326,7 milyar TL'ye ulaşarak önemli bir artış göstermiştir. Bu nominal büyümenin yüksekliği dikkat çekicidir; ancak dolar bazında değerlendirildiğinde 2017'deki 5,45 milyar \$ seviyesinden 2018'de 1,70 milyar \$'a düşüş olduğu, 2023 ve 2024 yıllarında ise yeniden artış eğilimine girildiği gözlemlenmektedir (Bkz. Şekil 4). Bu durum, döviz kurundaki türbülansın firma cirolarına etkisini ve TL bazlı büyümelerin kur dalgalanmaları karşısında sınırlı yansımaları göstermektedir.

Şekil 3.4. Teknoparklarda Yeralan Yabancı Firma Sayısı



3.2.2. Araştırma ve Geliştirme Yatırımları

Türkiye'de Ar-Ge ve inovasyon ekosistemi, kamu destek programları, hibe fonları ve girişim sermayesi araçlarıyla desteklenmiştir. Bu desteklerin başında TÜBİTAK'ın Bireysel Genç Girişimci (BİGG) programı, KOSGEB'in Ar-Ge ve inovasyon programları, T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı teşvikleri ve Tech-InvesTR programı gelmektedir (TÜBİTAK, 2024). Bu destek mekanizmaları, erken aşama girişimlerin finansmana erişimini kolaylaştırmış ve Ar-Ge faaliyetlerini teşvik etmiştir.

Ayrıca "Yatırım Teşvik Belgeleri" kapsamında teknolojik ürün yatırımlarına sağlanan vergi indirimleri, sigorta primi işveren desteği ve faiz desteği gibi araçlarla teknoloji yatırımları cazip hâle getirilmiştir. Teknokent firmalarına yönelik sağlanan vergi avantajları (kurumlar vergisi, gelir vergisi, KDV istisnası gibi) da önemli teşvik unsurları arasında yer almaktadır (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2023).

Bununla birlikte, destek programlarının proje bazlı ve dağınık yapısı, bütüncül bir teknoloji politikası eksikliğini gündeme getirmektedir. Performans odaklı, uzun vadeli değerlendirme sistemlerinin yaygınlaştırılması, kamu kaynaklarının daha etkin kullanımı açısından kritik önemdedir. Ayrıca yatırım desteklerinin sadece büyük şehirlerde yoğunlaşması, bölgesel teknoloji eşitsizliklerini artırma riskini taşımaktadır.

Tablo 3.2. Seçilmiş Kamu Destek Programları ve Hedefleri

Destek Programı	Sağlayan Kurum	Hedef Kitle	Odak Alanlar
TÜBİTAK BİGG	TÜBİTAK	Genç girişimciler	Derin teknoloji girişimleri, prototipleme
KOSGEB Ar-Ge Programı	KOSGEB	KOBİ'ler	Proje bazlı Ar-Ge yatırımları
Tech-InvesTR	T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	Erken aşama girişimler	Girişim sermayesi fonları üzerinden yatırım
TGB Vergi Teşvikleri	T.C. Hazine ve Maliye Bakanlığı	Teknokent firmaları	Vergi istisnaları (KDV, GV, KV vb.)

3.3. Dijital Dönüşüm ve Akıllı İmalat

Dijital dönüşüm, yalnızca teknolojik bir değişim süreci değil, aynı zamanda iş yapma biçimlerinden toplumsal yaşama kadar birçok alanda dönüşümü tetikleyen yapısal bir paradigma değişimidir. Türkiye, özellikle son on yılda dijital altyapı yatırımları, kamu hizmetlerinin dijitalleşmesi ve özel sektörün Akıllı İmalat teknolojilerini benimsemesi açısından önemli mesafeler kaydetmiştir. Bununla birlikte dijitalleşmenin hem sektörel hem de bölgesel düzeyde eşitsiz bir şekilde ilerlediği gözlemlenmektedir (TÜSİAD, 2023; BTK, 2024). Bu bölümde, Türkiye'nin dijital altyapısı, internet penetrasyonu ve Akıllı İmalat uygulamalarının mevcut durumu ve etkileri kapsamlı biçimde ele alınmaktadır.

3.3.1. Dijital Altyapı ve İnternet Penetrasyonu

Türkiye'nin dijital altyapısı, son yıllarda yapılan yatırımlarla önemli ölçüde gelişmiştir. 2024 yılı itibarıyla genişbant internet kullanıcı sayısı 93 milyona ulaşmış; sabit genişbant abonelerinin sayısı 20 milyonu aşmıştır (BTK, 2024). Fiber optik altyapı uzunluğu 550 bin km'ye çıkarılmış ve mobil internet kullanım oranı artarak, toplam veri tüketimi 11,5 milyon TB seviyesine ulaşmıştır. 5G altyapısına yönelik test aşamaları tamamlanmış ve bazı pilot bölgelerde ticari kullanım başlamıştır.

Tablo 3.3. Türkiye'de Dijital Altyapı Göstergeleri (2024)

Gösterge	Değer
Toplam genişbant İnternet abonesi	93 milyon
Sabit genişbant abonesi	20,1 milyon
Fiber altyapı uzunluğu	550.000 km
Mobil veri tüketimi	11,5 milyon TB
E-devlet kullanıcı sayısı	66 milyon
5G hazırlık durumu	Pilot uygulama

Dijital hizmetlerin vatandaşlar tarafından kullanımında da artış görülmektedir. 66 milyon kişinin aktif olarak e-Devlet Kapısı hizmetlerinden yararlanması, dijital vatandaşlık bilincinin güçlendiğini göstermektedir. Ancak kırsal bölgelerde hâlâ düşük hızda internet altyapısı, dijital uçurumu besleyen bir unsur olarak varlığını sürdürmektedir (OECD, 2023).

3.3.2. Akıllı İmalat Uygulamaları ve Etkileri

Akıllı İmalat, yalnızca bir üretim devrimi değil; veri odaklı, bağlantılı ve otonom sistemler aracılığıyla üretimin tüm süreçlerinde verimliliği, esnekliği ve kaliteyi artıran bir dönüşüm paradigmasıdır. Türkiye'de bu dönüşüm özellikle otomotiv, savunma sanayi, makine imalatı, tekstil ve gıda sektörlerinde etkili olmaya başlamıştır.

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın öncülüğünde hazırlanan "Dijital Türkiye Yol Haritası" ve "Milli Yapay Zekâ Stratejisi (2021-2025)", Akıllı İmalat teknolojilerinin sanayide adaptasyonuna yönelik önemli stratejik yönelimler sunmaktadır. Ayrıca TÜBİTAK destekli projeler, Model Fabrikalar ve Verimlilik Merkezleri gibi uygulamalar ile firmalara dijital dönüşüm rehberliği sağlanmaktadır (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2023). Bununla birlikte, TÜSİAD ve Türkiye Bilişim Vakfı'nın araştırmalarına göre, Türkiye'deki KOBİ'lerin önemli bir kısmı henüz akıllı imalat olgunluk seviyesinin başlangıç aşamasındadır. Dijital farkındalık, uzman insan kaynağı eksikliği ve yüksek yatırım maliyetleri, dönüşüm sürecinin önündeki başlıca engeller olarak öne çıkmaktadır (TÜSİAD, 2023).

Başlıca Akıllı İmalat uygulamaları şunlardır:

- **Otonom üretim sistemleri:** CNC makineler ve robotik kolların akıllı yazılımlarla yönetimi.
- **IoT (Nesnelerin İnterneti):** Fabrika içi makinelerin birbirine bağlı çalışarak veri üretmesi ve analiz edilmesi.
- **Siber-fiziksel sistemler:** Fiziksel üretim hatlarının dijital ikizleri ile simülasyon yapılması.

- Yapay zekâ ve makine öğrenmesi: Bakım, kalite kontrol ve talep tahmininde öngörücü algoritmaların kullanımı. çıkmaktadır.

Tablo 3.4. Türkiye'de Akıllı İmalat Uygulama Yaygınlığına Göre Sektörler

Sektör	Yaygınlık Derecesi	Öne Çıkan Teknolojiler
Otomotiv	Yüksek	IoT, robotik otomasyon, yapay zekâ
Gıda	Orta	Veri analitiği, sensör teknolojileri
Tekstil	Orta	Akıllı üretim hatları
Kimya	Düşük	SCADA sistemleri
İnşaat	Çok düşük	BIM, dijital ikiz

Yaygın uygulanan akıllı imalat bileşenleri arasında nesnelerin interneti (IoT), büyük veri analitiği, robotik sistemler, bulut bilişim ve siber fiziksel sistemler yer almaktadır. Ancak KOBİ'lerin bu dönüşüme katılımı oldukça sınırlı kalmakta; yatırım maliyetleri, nitelikli iş gücü eksikliği ve dönüşümün getirdiği belirsizlikler bu süreci yavaşlatmaktadır (Akçomak & Tuncel, 2022).

Türkiye'nin sanayi yapısının büyük ölçüde KOBİ'lerden oluşması, Akıllı İmalat teknoloji ve uygulamalarının tabana yayılmasını zorlaştırmakta; bu da bölgesel ve sektörel uyum programlarının daha fazla desteklenmesini gerekli kılmaktadır. Özellikle düşük teknoloji düzeyine sahip sektörlerin dijital dönüşüm süreçlerine entegrasyonu için yeni teşvik modelleri ve eğitim programları tasarlanmalıdır.

3.4. Start-up Ekosistemi ve Girişimcilik

Dijitalleşme, küresel bağlantılılık ve teknolojiye dayalı iş modellerinin yaygınlaşmasıyla birlikte start-up ekosistemleri, ekonomik kalkınmanın ve rekabetçiliğin temel aktörleri haline gelmiştir. Türkiye de bu dönüşümün bir parçası olarak, özellikle son on yılda girişimcilik odaklı birçok politika, teşvik programı ve yapısal düzenleme uygulamaya koymuştur. Start-up'lar, sadece istihdam yaratmakla kalmayıp aynı zamanda bilgi tabanlı yeniliklerin ticarileştirilmesinde ve uluslararası yatırım çekilmesinde kilit rol oynamaktadır (EY Türkiye, 2023).

3.4.1. Start-up Ekosisteminin Yapısı ve Dinamikleri

Türkiye'deki girişimcilik ekosistemi; teknoparklar, kuluçka merkezleri, hızlandırıcı programlar, Girişim Sermayesi Yatırım Fonları (GSYF), melek yatırımcı ağları ve devlet destekli fonlama yapıları aracılığıyla şekillenmektedir. 2024 yılı itibarıyla Türkiye genelinde

3.200'ün üzerinde aktif start-up bulunduğu tahmin edilmektedir. Bu girişimlerin önemli bir bölümü İstanbul, Ankara ve İzmir gibi büyük şehirlerde konumlanmış olup, fintech, SaaS (yazılım hizmeti), oyun, siber güvenlik ve e-ticaret gibi alanlarda yoğunlaşmaktadır (Startups.watch, 2024).

Tablo 3.5. Türkiye Start-up Ekosisteminin Temel Bileşenleri (2024)

Bileşen	Sayı / Bilgi
Tahmini aktif start-up sayısı	3.200+
Teknoloji odaklı girişim oranı	%78
Kuluçka merkezi sayısı	100+ (üniversite ve teknopark destekli)
Hızlandırıcı program sayısı	50+ (İTÜ Çekirdek, KWORKS, Albaraka Garaj vb.)
Melek yatırımcı ağı	14 (resmi olarak kayıtlı)
2024 toplam yatırım hacmi	1,2 milyar USD
Unicorn sayısı (2024 itibarıyla)	6 (Peak Games, Getir, Trendyol, Dream Games vb.)

Türkiye'nin 2020'li yıllarda unicorn çıkarmaya başlaması, ekosistemin küresel yatırımcılar nezdinde daha görünür hâle gelmesini sağlamıştır. Özellikle Peak Games'in 2020 yılında Zynga tarafından 1,8 milyar dolara satın alınması, Türkiye'deki girişimciler için moral verici bir örnek teşkil etmiştir (EY Türkiye, 2023). Ancak bölgesel düzeyde girişimcilik faaliyetleri hâlen İstanbul merkezlidir ve ekosistemde mekânsal dengesizlik dikkat çekmektedir.

3.4.2. Yatırım Ortamı ve Fon Kaynakları

Türkiye'de girişimlerin finansmana erişimi giderek çeşitlenen mekanizmalarla mümkün olmaktadır. GSYFler, melek yatırımcı ağları ve kamu destekli girişim sermayesi yapıları, girişimciler için finansal kaynaklar sunmaktadır.

Tablo 3.6. Türkiye'de Akıllı İmalat Uygulama Yaygınlığına Göre Sektörler

Yıl	Toplam Yatırım Tutarı (USD milyon)	Ortalama Yatırım Başına Tutar (USD)	Yatırım Sayısı
2019	101	0,9 milyon	112
2020	158	1,1 milyon	143
2021	1.5 milyar	5,2 milyon	294
2022	1.6 milyar	5,7 milyon	323
2023	1.1 milyar	4,5 milyon	250
2024	1.2 milyar	4,8 milyon	267

Kaynak: Startups.watch veritabanı, 2024.

Yatırım hacmindeki dalgalanmalar, küresel ekonomik koşullara paralel olarak şekillenmektedir. Ancak genel eğilim, Türkiye’de start-up yatırımlarının ivme kazandığına ve yatırımcı ilgisinin arttığına işaret etmektedir. Özellikle oyun ve fintech sektörleri bu yatırımların büyük bir kısmını çekmektedir.

3.4.3. Karşılaşılan Zorluklar ve İyileştirme Alanları

Her ne kadar Türkiye’de girişimcilik ortamı hızla gelişmekte olsa da yapısal bazı sınırlılıklar hâlen varlığını sürdürmektedir:

- Girişimlerin büyük ölçüde İstanbul merkezli olması nedeniyle bölgesel yaygınlık sınırlıdır.
- Başarısızlık sonrası yeniden girişime teşvik eden ikinci şans politikaları yetersizdir.
- Girişimlerin küresel pazara ölçeklenme stratejileri zayıftır.
- Girişim sermayesi yatırımlarında çıkış mekanizmaları (exit) hâlen sınırlıdır.
- Girişimci eğitimi çoğunlukla teorik düzeyde kalmakta; mentorluk ve uygulama ağı zayıf kalmaktadır (Akçomak & Tuncel, 2022).

Bu sorunları aşmak için önerilen başlıca politika adımları şunlardır:

- Anadolu şehirlerinde bölgesel hızlandırıcı programların yaygınlaştırılması
- Üniversitelerde girişimcilik derslerinin pratiğe dayalı yapılandırılması
- Girişim fonlarına uzun vadeli vergi teşviklerinin sağlanması
- Kamu-özel sektör iş birliği ile ölçeklenebilirlik eğitimlerinin artırılması

3.5. Yapay Zekâ ve Veri Bilimi Uygulamaları

Yapay zekâ (YZ) ve veri bilimi, son yıllarda yalnızca teknoloji sektörünü değil, üretimden eğitime, finanstan kamu hizmetlerine kadar tüm sektörleri dönüştürme potansiyeline sahip stratejik alanlar haline gelmiştir. Türkiye, bu dönüşümün gerisinde kalmamak için çeşitli strateji belgeleri, destek programları ve teknoloji girişimleri aracılığıyla YZ ekosistemi güçlendirmeye çalışmaktadır. Veri temelli karar alma süreçlerinin artmasıyla birlikte veri bilimi uygulamaları da YZ’nin tamamlayıcı bileşeni olarak önem kazanmaktadır.

3.5.1. Ulusal Yapay Zekâ Politikaları ve Stratejiler

2021 yılında yayımlanan “Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi (2021–2025)”, Türkiye’nin bu alandaki ilk kapsamlı politika belgesi olmuştur. Strateji belgesinde YZ’nin kamu hizmetleri, sağlık, finans, üretim ve eğitim gibi temel alanlarda kullanımını yaygınlaştırmak; bu alanda uzman insan kaynağı yetiştirmek ve ekosistemi yerli çözümlerle desteklemek hedeflenmiştir (T.C. Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi, 2021)

Tablo 3.7. Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi’nde Belirlenen Hedefler (2025’e kadar)

Hedef	Ölçüt / Beklenti
YZ alanında istihdam edilen uzman sayısı	50.000
YZ’nin GSYH’ye katkısı	%5
Yerli YZ girişim sayısı	1.000+
YZ alanında üniversite-sanayi iş birliği projeleri	1.500+
Açık veri kaynaklarının kamu tarafından erişime açılması	600 veri seti
Etik ve hukuki çerçevenin tamamlanması	Ulusal YZ Etik İlkeleri belgesi

Stratejinin uygulanmasından T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ile Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi sorumludur. Stratejiye paralel olarak İTÜ gibi bazı üniversitelerde YZ mühendisliği lisans programları açılmış; TÜBİTAK, YÖK ve özel sektör iş birlikleri ile burs, proje ve sertifika programları yürürlüğe girmiştir (TÜBİTAK, 2024).

3.5.2. Sektörel Uygulamalar ve Veri Bilimi Kullanımı

Türkiye’de YZ uygulamaları başta büyük ölçekli kamu kurumları ve teknoloji firmaları olmak üzere çeşitli sektörlerde yaygınlaşmaktadır. Özellikle savunma sanayi (otonom sistemler), bankacılık (risk analitiği), perakende (öneri sistemleri), sağlık (görüntü analizi), ulaşım (akıllı trafik yönetimi) ve tarım (akıllı sulama) gibi alanlarda YZ’nin katma değer yarattığı örnekler artmaktadır.

Veri bilimi ise kamu politikası analizi, müşteri davranış tahmini, dolandırıcılık tespiti ve operasyonel verimlilik gibi alanlarda kullanılmaktadır. Büyük veri altyapısı ve açık veri politikaları bu alandaki yaygınlaşmayı doğrudan etkilemektedir.

Tablo 3.8. Türkiye’de Sektörel Yapay Zekâ Uygulama Örnekleri

Sektör	Uygulama Örneği	YZ Teknolojisi
Sağlık	Radyolojik görüntü analizi	Görüntü işleme, Derin öğrenme
Bankacılık	Kredi skorlama, dolandırıcılık tespiti	Makine öğrenmesi
E-ticaret	Ürün öneri sistemleri	Doğal dil işleme, Öneri algoritmaları
Ulaşım	Akıllı trafik ışığı optimizasyonu	IoT, gerçek zamanlı veri analizi
Savunma sanayi	Otonom hava araçları, hedef tanıma sistemleri	Bilgisayarla görü, yapay sinir ağları

Bunlara ek olarak, Türkiye’de faaliyet gösteren bazı özel teknoloji firmaları, büyük veri ile entegre çalışan yapay zekâ çözümlerini ihracat odağıyla geliştirmekte; YZ tabanlı SaaS ürünleri Avrupa, Orta Doğu ve Asya pazarlarında rekabet gücü kazanmaktadır (EY Türkiye, 2023).

3.5.3. Karşılaşılan Zorluklar ve Gelişim Alanları

Türkiye’de YZ ve veri bilimi uygulamaları için güçlü bir potansiyel olmasına rağmen aşağıdaki sınırlılıklar göze çarpmaktadır:

- Nitelikli insan kaynağı açığı ve yüksek beyin göçü oranı
- Veriye erişimde kamu-özel sektör arasındaki eşitsizlik
- Veri kalitesi, mahremiyet ve etik kullanım konularında kurumsal farkındalık eksikliği
- KOBİ’lerin YZ adaptasyonu için düşük farkındalık ve yatırım gücü
- Üniversitelerde veri bilimi eğitimlerinin yeterince uygulamaya dayalı olmaması

Bu zorluklara yönelik olarak aşağıdaki öneriler geliştirilebilir:

- Üniversitelerde disiplinler arası YZ ve veri bilimi programlarının yaygınlaştırılması
- Açık veri portallarının güvenli ve etkili şekilde işletilmesi
- KOBİ’ler için erişilebilir YZ çözümleri sunan platformların geliştirilmesi
- Ulusal düzeyde etik, hukuki ve teknik standartların belirlenmesi ve denetim mekanizmalarının kurulması
- Kamu alımlarında yerli YZ çözümlerine öncelik verilerek girişimlerin ticarileşmesinin desteklenmesi.

Yapay zekâ ve veri bilimi, Türkiye’nin teknoloji temelli kalkınma vizyonu için kritik stratejik alanlardır. Son yıllarda atılan adımlar ve yayımlanan politika belgeleri önemli bir kurumsal çerçeve sunsa da, uygulamada hâlen insan kaynağı, altyapı ve veri yönetimi alanlarında yapısal boşluklar bulunmaktadır. Bu alanlara yapılacak hedefli yatırımlar, Türkiye’nin sadece YZ tüketicisi değil aynı zamanda YZ geliştiricisi bir ülke olmasını sağlayacaktır.

3.6. Sonuç ve Öneriler

Son yıllardaki güncel küresel gelişmeler, yüksek teknoloji odaklı sanayi politikalarının yönünü belirleyen önemli bir dönüm noktası olmuştur. Özellikle yapay zekâ, malzeme bilimi ve biyoteknoloji gibi alanlarda gelişmiş ülkelerin bilgi üretiminde liderlik rolünü sürdürmesi; bu alanlarda teknoloji transferine bağımlı gelişmekte olan ülkelerle olan rekabet farkını daha da derinleştirmiştir. Bu bağlamda Türkiye, bu uçurumu kapatmak ve teknoloji üreten ülkeler liginde yer almak amacıyla strateji belgeleri, teşvik programları ve kurumsal altyapılar geliştirmiştir. 1990’ların ortasında yalnızca iki olan teknopark sayısının 2025 itibarıyla 105’e ulaşması, 2016’da 334 olan Ar-Ge merkezi sayısının 45 farklı sektöre yayılmış biçimde 1.340’a ulaşması, bu dönüşümün göstergelerindendir.

Bu kurumsal ve politik gelişmeler, Türkiye’nin Ar-Ge harcamalarının GSYH içindeki payının artmasına, kişi başı gelirde yükselme eğilimine ve iş gücü verimliliğinin iyileşmesine katkıda bulunmuştur. Ancak tüm bu kazanımlara rağmen, küresel rekabet endekslerinde istenilen sıçrama sağlanamamıştır. Türkiye’nin mevcut pozisyonunu yükseltmesi için yalnızca niceliksel büyümeyi değil, niteliksel dönüşümü ve sistematik yapılandırmayı odağa alan politikalar benimsemesi gerekmektedir.

Türkiye’de teknoloji ve inovasyon politikalarının üç temel yapısal gelişme alanına işaret etmektedir:

1. Niceliksel büyümeye karşı niteliksel derinlik eksikliği,
2. Bölgesel yoğunlaşmaya karşı mekânsal eşitsizlikler,
3. Kamu odaklı destek yapısına karşı özel sektör öncülüğünün sınırlılığı.

Bu doğrultuda geliştirilen temel politika önerileri aşağıda sunulmuştur:

1. Teknoloji ve Etki Odaklı Teşvik Sistemleri

- Türkiye'deki teknopark ve TGB'lerde faaliyet gösteren firmalar, sadece proje sayısı ve harcama tutarlarına göre değil, ürün bazlı çıktı ve somut başarı kriterleriyle değerlendirilmeli; bu doğrultuda performans odaklı ve sonuç temelli teşvik sistemleri tasarlanmalıdır.
- Bu değerlendirme süreçleri üniversite öğretim üyelerinden oluşan komisyonlarla değil; bağımsız kamu denetçileri ve teknoloji politikası uzmanları tarafından yürütülmelidir.
- Uluslararası örneklerde olduğu gibi (Güney Kore, Çin, ABD, Almanya), TGB'ler belirli teknolojilere (YZ, biyoteknoloji, dijital üretim vb.) odaklı uzmanlaşmış kümeler haline dönüştürülmelidir (OECD, 2023).

2. Bölgesel İhtiyaçlara Yönelik Uzmanlaşma

- Türkiye genelinde 7 bölgeye yayılmış TGB'lerin gelişimi, bölgesel ekonomik ve sektörel önceliklere göre uzmanlaşma temelli olarak planlanmalıdır.
- Örneğin, Doğu Anadolu'daki bir TGB tarım teknolojilerine; Ege'deki biyoteknolojiye; Marmara'daki akıllı imalat çözümlerine odaklanabilir.
- Bölge kalkınma ajansları, TGB'lerin uzmanlık temelli dönüşümünü koordine edici bir yapıya kavuşturulmalıdır (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2023).

3. Bilgi-Ticaret Eşleşmesini Güçlendirme

- TGB'lerde yer alan firmaların üniversiteler, araştırma merkezleri ve kamu kurumları ile düzenli ve ölçülebilir iş birlikleri geliştirmeleri zorunlu hale getirilmelidir.
- Ticarileşmeye konu olacak fikrî mülkiyet üretimi, ortak Ar-Ge projeleri ve lisanslama faaliyetleri için öncelikli destek kategorileri oluşturulmalıdır.
- Rutin üretim yapan firmaların sistem dışına çıkarılması veya yeniden yapılandırılması gerekmektedir.

4. Ar-Ge Performansında Kalite Odaklı Dönüşüm

- Ar-Ge merkezleri ve teknopark firmalarının yıllık değerlendirme sistemleri, yayın sayısından çok patent ticarileşmesi, ihracat katkısı ve uluslararası ortaklık gibi göstergelere dayanmalıdır.
- Bu amaçla, teknoloji puanı ve etki katsayısı gibi yeni ölçüm sistemleri geliştirilerek ulusal Ar-Ge derecelendirme endeksi oluşturulabilir (TÜİK, 2024).
- Kamu destekleri bu skorlamaya göre dağıtılarak teşviklerin verimliliği artırılabilir.

5. Dijital Dönüşümün KOBİ'lere Yaygınlaştırılması

- Dijital altyapı yatırımları büyükşehir odaklı olmaktan çıkarılmalı; kırsal ve sanayi bölgeleri için dijital eşitlik planı hazırlanmalıdır (BTK, 2024).
- Akıllı imalat teknolojilerine ve uygulamalarına geçişte model fabrikalar her bölgeye yayılmalı, KOBİ'ler için dönüşüm danışmanlık kuponları ve yazılım destekleri sağlanmalıdır.
- Dijital olgunluk değerlendirme araçları yaygınlaştırılarak sanayi firmalarının dönüşüm kapasiteleri ölçülmeli ve destek buna göre belirlenmelidir (TÜSİAD, 2023).

6. Girişimcilik Ekosisteminde Sıçrama Etkisi Yaratmak

- İstanbul dışındaki şehirlerde, üniversiteler bünyesinde girişim laboratuvarları ve hızlandırıcılar kurulmalı; yerel fon sahipleri girişimcilik ağlarına entegre edilmelidir (Startups.watch, 2024).
- Başarısız girişimcilere ikinci şans sağlayan vergi erteleme ve sosyal güvenlik destekleri uygulanmalıdır.
- Üniversitelerde girişimcilik eğitimi uygulamalı hale getirilmeli, mezun girişimcilere koçluk sağlayan mezun mentor ağları oluşturulmalıdır (EY Türkiye, 2023).

7. Yapay Zekâ ve Veri Bilimi Alanında Stratejik Atılımlar

- Ulusal YZ Stratejisi'nin başarı ölçütleri yıllık olarak raporlanmalı ve TBMM Teknoloji Komisyonu'na sunulmalıdır.
- YZ konusunda uzman yetiştirmek için lisansüstü burs programları genişletilmeli, veri bilimi eğitimleri sosyo-teknik alanlarla birleştirilmelidir (Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi, 2021).
- Açık veri platformları üzerinden girişimlere veri sağlayan kamu sistemleri, veri kalitesi ve güvenliği standartlarına göre denetlenmeli; vatandaş mahremiyeti güvence altına alınmalıdır (OECD, 2023).

Türkiye, teknoloji temelli kalkınma yolunda önemli bir yapısal dönüşüm sürecinden geçmektedir. Ancak bu sürecin sürdürülebilir olması, performans odaklı, bölgesel eşitliği gözetken, kaliteye ve ticarileşmeye dayalı yeni nesil teşvik ve yönetim mekanizmalarının inşasını gerektirmektedir. Üniversite, sanayi ve kamu arasındaki iş birliği zinciri güçlendirilirken, teknolojinin toplumsal etkileri, etik kullanım ilkeleri ve küresel ölçekte rekabetçilik de ihmal edilmemelidir. Bu öneriler doğrultusunda Türkiye, yalnızca teknoloji kullanan değil; teknoloji üreten, ihraç eden ve küresel çözümler geliştiren bir ekosistem inşa edebilir.

Kaynaklar

- Akçomak, I. S., & Tuncel, H. (2022). Türkiye'de Bilgi Ekonomisine Geçiş: Üniversite-Sanayi İşbirliği, Girişimcilik ve Yenilikçilik Ekosistemi. İstanbul: TEPAV Yayınları.
- BTK. (2024). 2024 Yılı I. Çeyrek Elektronik Haberleşme Sektör Verileri Raporu. Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu. <https://www.btk.gov.tr>
- Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi. (2021). Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi (2021-2025). <https://cbddo.gov.tr>
- EY Türkiye. (2023). Girişimcilik Ekosistemi Raporu: Türkiye 2023. Ernst & Young Türkiye Yayınları.
- OECD. (2023). Artificial Intelligence and the Productivity Divide in Emerging Economies. OECD Publishing. <https://www.oecd.org>
- Startups.watch. (2024). Türkiye Girişimcilik Ekosistemi Yıllık Değerlendirme Raporu. <https://startups.watch>
- T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2023). Dijital Türkiye Yol Haritası. Ankara: T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Yayınları.
- TÜBİTAK. (2024). Girişimcilik ve Yenilik Destek Programları İzleme ve Değerlendirme Raporu 2023. Ankara: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Yayınları.
- TÜİK. (2024). Araştırma-Geliştirme Faaliyetleri İstatistikleri 2023. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://www.tuik.gov.tr>
- TÜSİAD. (2023). Sanayide Dijital Dönüşüm Endeksi Raporu. Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği Yayınları.

4. İMALAT SEKTÖRLERİNDE DERİNLEMESİNE İNCELEMELER

Türkiye'nin imalat sektörü, ekonomik büyüme, istihdam ve ihracat açısından kritik bir öneme sahiptir. Otomotiv, tekstil ve hazır giyim, kimya ve plastik, savunma sanayi, gıda teknolojileri ve madencilik gibi önde gelen sektörler, hem iç pazarda hem de uluslararası arenada Türkiye'nin rekabet gücünü belirlemektedir. Bu bölümde, her bir sektörün dinamikleri, yenilikçi uygulamaları ve sektörel fırsatları detaylı bir şekilde incelenmektedir.

Bu bölümde yer alan imalat sektörlerine ilişkin derinlemesine analizler, hem sektörel önceliklere hem de veri temelli değerlendirme imkanlarına dayanarak seçilmiş ve yapılandırılmıştır. Çalışmanın temel amacı, Türkiye'nin imalat sanayisinde stratejik öneme sahip sektörlerdeki güncel durumunu, yapısal özelliklerini ve gelecek potansiyelini kapsamlı biçimde ortaya koymaktır.

Sektörlerin seçimi, üç temel kriter esas alınarak gerçekleştirilmiştir:

- **Ekonomik Katkı:** Söz konusu sektörlerin Türkiye'nin gayri safi yurt içi hasılasına, ihracat hacmine ve istihdam düzeyine katkısı.
- **Stratejik Öncelik:** Ulusal kalkınma planları, sektörel strateji belgeleri ve yatırım teşvik programlarında öncelikli olarak tanımlanan sektörler.
- **Dönüşüm Potansiyeli:** Dijitalleşme, sürdürülebilirlik ve küresel rekabetçilik açısından yapısal dönüşüm kapasitesi yüksek sektörler.

Bu çerçevede incelenen başlıca imalat sektörleri; otomotiv, tekstil ve hazır giyim, kimya ve plastik, savunma sanayi, gıda ve tarım teknolojileri ile madencilik olmuştur.

Analizlerde kullanılan yöntemsel yaklaşımlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- **İkincil Veri Analizi:** TÜİK, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Ticaret Bakanlığı, CBRT, TÜBİTAK ve sektörel birliklerin (OSD, ISO, TİM vb.) yayınladığı istatistiksel veriler değerlendirilmiştir.
- **Politika Belgesi İncelemesi:** 11. Kalkınma Planı, Orta Vadeli Plan (OVP), 2023 Sanayi ve Teknoloji Stratejisi, Yeşil Mutabakat Eylem Planı ve sektörel yol haritaları analiz edilmiştir.
- **Temsili Saha Bulguları:** Sektörel raporlar, sektör temsilcileriyle yapılan açık kaynaklı görüşmeler ve medya taramalarıyla elde edilen nitel bilgiler, analizlere bağlamsal zenginlik katmak amacıyla kullanılmıştır.

Bu analitik yaklaşım, hem nicel göstergelere dayalı karşılaştırmalı bir değerlendirme sunmakta hem de sektörlerin dönüşüm gereksinimlerini daha derinlikli bir perspektifle ortaya koymaktadır. İzleyen alt bölümlerde, her sektör özelinde mevcut durum, karşılaşılan yapısal sorunlar, küresel eğilimlerle uyum düzeyi ve stratejik gelişim fırsatları detaylı biçimde ele alınacaktır.

Bölüm 4.1., küresel ve yerel düzeyde otomotiv sektörünün geçirdiği dönüşüm sürecini kapsamlı bir şekilde ele almaktadır. Özellikle elektrikli ve otonom araçlar, dijitalleşme, sürdürülebilirlik, yeni enerji kaynakları ve V2X gibi ileri teknoloji alanlarında yaşanan gelişmeler, otomotiv endüstrisinin geleceğini şekillendiren başlıca temalar arasında yer almaktadır. Türkiye özelinde, üretim hacmi, ihracat gücü, istihdam etkisi ve teknolojik altyapı düzeyi bakımından sektörün güncel durumu detaylı biçimde analiz edilmiştir.

Ayrıca, sektörün karşılaştığı zorluklar (ithalata bağımlılık, teknolojik rekabet, altyapı eksiklikleri vb.) ile bu zorlukları aşmak için geliştirilebilecek fırsatlar (Ar-Ge yatırımları, dijital dönüşüm, tedarik zinciri entegrasyonu vb.) ayrıntılı olarak ortaya konulmuştur. Bölüm, aynı zamanda On İkinci Kalkınma Planı çerçevesinde Türkiye'nin otomotiv sektörüne yönelik hedeflerini ve kamu politikalarının yönünü değerlendirmektedir.

Tüm bu değerlendirmelerin ardından gelen tartışma kısmında, otomotiv sektörünün hem mevcut küresel konjonktürde hem de Türkiye özelinde nasıl bir konumlanma ve stratejik yeniden yapılandırma içinde olduğuna dair bütüncül bir yorum sunulmaktadır. Bu çatı altında, tartışma bölümüne geçiş yapılacak ve elde edilen bulgular, politika önerileri ve geleceğe yönelik yönelimler çerçevesinde bütünsel olarak ele alınacaktır.

Bölüm 4.2., tekstil ve hazır giyim sektörlerinin tarihsel gelişimi, üretim dinamikleri, ihracat performansı, ithalat bağımlılığı, istihdam yapısı ve bölgesel dağılımı detaylı verilerle ele alınmaktadır. Ayrıca kapasite kullanım oranları ve sektördeki firma ölçek dağılımı analiz edilerek, yapısal eğilimler ortaya konulmaktadır. Sektörün yeşil dönüşüm sürecine adaptasyon çabaları da kapsamlı şekilde değerlendirilmiş; özellikle Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamında karşı karşıya kalınan çevresel düzenlemeler ve bu bağlamda geliştirilen stratejilere yer verilmiştir.

Analizlerde, sektörün ihracata dayalı büyüme modelinin sürdürülebilirliği sorgulanmakta; dışa bağımlı hammadde yapısı, düşük katma değerli üretim sorunu ve yükselen çevresel standartların sektörde bir dönüşüm ihtiyacını zorunlu kıldığı vurgulanmaktadır. Tartışma bölümünde bu sorunlar neden-sonuç ilişkileriyle ele alınmakta; sonuç ve politika önerileri kısmında ise sektörel rekabetçiliği güçlendirmeye yönelik çok katmanlı çözüm önerileri sunulmaktadır.

Bu yönleriyle, bu bölüm Türkiye tekstil ve hazır giyim sektörünün mevcut durumunu bütüncül bir yaklaşımla analiz ederek, sektörel strateji geliştirme süreçlerine bilgi temelli bir katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

Bölüm 4.3.'te, Türkiye'deki kimya ve plastik sektörlerinin mevcut durumu kapsamlı bir şekilde analiz edilmekte; ihracat-ithalat dengesi, teknolojik eğilimler, çevresel etkiler ve döngüsel ekonomi uygulamaları mercek altına alınmaktadır. Sektörlerin küresel rekabetçiliği, Ar-Ge ve inovasyon kapasitesinin artırılması, dijitalleşme ve yeşil üretim süreçlerinin entegrasyonu gibi stratejik yönlerle güçlendirilmektedir.

Çalışmada öne çıkan bulgular, çevresel sürdürülebilirliğin hem kimya hem de plastik sektörlerinde kaçınılmaz bir dönüşüm ihtiyacını beraberinde getirdiğini ortaya koymaktadır. Plastik atıklar ve karbon emisyonları gibi çevresel sorunlar, sektörel politikaların yeniden yapılandırılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu çerçevede, döngüsel ekonomi modelleri, geri dönüşüm altyapısının güçlendirilmesi, biyoplastiklerin teşviki ve karbon ayak izinin azaltılması gibi politika önerileri geliştirilmiştir.

Bölüm, yalnızca mevcut durumu değerlendirmekle kalmamakta; aynı zamanda Türkiye'nin 2053 karbon nötr hedefiyle uyumlu sanayi politikaları geliştirmesi için somut öneriler de sunmaktadır. Ar-Ge teşviklerinden sertifikasyon programlarına, AB düzenlemeleriyle uyumdan eğitim ve farkındalık stratejilerine kadar geniş bir yelpazede politika araçları önerilmektedir.

Bu kapsamda, kimya ve plastik sektörlerinin dönüşümü yalnızca sanayi üretimi ve dış ticaret açısından değil, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik, iklim hedefleri ve toplumsal farkındalık bağlamında da bütünsel bir yaklaşımla ele alınmaktadır. Bu bölüm, politika yapıcılara, sanayicilere ve yatırımcılara hem sektörel analiz hem de stratejik yönlendirme açısından rehberlik edecek niteliktedir.

Bölüm 4.4.'te öncelikle savunma sanayiinin tarihsel dönüşümü ve politika değişimleri incelenmiş, ardından yerli üretim kapasitesinin artışı sağlayan kurumsal yapılar, stratejik projeler ve Ar-Ge faaliyetleri ele alınmıştır. Türkiye'nin insansız hava araçları, füzeler ve denizaltı sistemleri gibi alanlarda geliştirdiği yüksek teknoloji ürünleri, ihracat başarısının arkasındaki temel faktörler olarak değerlendirilmiştir.

Devlet destek mekanizmaları (örneğin Savunma Sanayii Destekleme Fonu) ve dış pazarlara açılma stratejileri çerçevesinde geliştirilen uluslararası işbirlikleri, Türkiye'nin bu sektördeki büyümesini desteklemektedir. Bununla birlikte, motor, radar ve mikroelektronik gibi kritik teknolojilerde süregelen dışa bağımlılık, sektörün stratejik kırılganlıklarını ortaya koymaktadır.

Bölüm, ayrıca Türkiye'nin karşı karşıya olduğu zorluklar ile gelecekte değerlendirebileceği fırsatları dengeleyen bir analiz sunmakta; ihracat pazarlarını çeşitlendirme, özel sektör ve girişimcilik ekosistemini güçlendirme, tedarik zinciri yerelleştirmesi, NATO ve AB işbirliklerini artırma, yapay zeka destekli dijital harp sistemlerine yatırım yapma ve savunma sanayiinde yönetim mekanizmalarını iyileştirme yönünde sekiz somut stratejik öneri sunmaktadır.

Türkiye'nin küresel bir savunma gücü olabilmesi için, bu stratejik önerilerin zamanlı, kararlı ve bütüncül biçimde uygulanması gerektiği vurgulanmaktadır. Bu analiz, hem politika yapıcılara hem de sektörel aktörlere yol gösterici bir kaynak olmayı amaçlamaktadır.

Bölüm 4.5.'te ilk olarak, Ar-Ge yatırımlarında yaşanan kayda değer artışın sektöre getirdiği yenilikçilik ve dijital dönüşüm kapasitesi değerlendirilmiştir. Ardından, Türkiye'nin tarım ve gıda ihracatındaki istikrarlı yükseliş eğilimi ve küresel pazar payındaki artış, ülkenin rekabetçiliğini artıran önemli bir gelişme olarak sunulmaktadır. Sektörün milli gelir ve istihdam üzerindeki doğrudan katkısı rakamsal verilerle desteklenmiş, akıllı tarım projeleri ise örnek uygulamalar üzerinden detaylandırılarak teknoloji kullanımındaki çeşitlilik ve derinlik gösterilmiştir.

Ayrıca, sektördeki istihdam dinamikleri incelenmiş, özellikle kadınların tarımsal istihdama katılım oranındaki artış vurgulanmıştır. Bölümün son kısmında yer alan SWOT (GZFT) analizi ise Türkiye'nin tarım ve gıda sektöründeki güçlü yönlerini, yapısal zayıflıkları, önündeki fırsatları ve karşı karşıya olduğu tehditleri bütüncül bir perspektifle değerlendirmektedir.

Bu bölümde yapılan analizler, yalnızca mevcut durumu belgelemekle kalmayıp, aynı zamanda geleceğe dair politika geliştirme ve strateji belirleme süreçlerine de katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Türkiye'nin tarım ve gıda sektöründe sürdürülebilir, dijitalleşmiş ve küresel ölçekte rekabetçi bir yapıya kavuşması için teknoloji odaklı kamu politikalarının, özel sektör girişimciliğinin ve bilimsel araştırmaların eşgüdümünde desteklenmesi gerekmektedir.

Bu Bölüm 4.6'da, Türkiye maden sanayisinin yapısal özelliklerini, ekonomik katkısını ve gelişim alanlarını çok boyutlu bir yaklaşımla ele almaktadır. Üretim hacmi, ihracat potansiyeli, dış ticaret dengesi ve sektörel istihdam gibi temel göstergeler üzerinden sektörün mevcut durumu kapsamlı biçimde değerlendirilmiştir.

Bor, altın, krom, kömür ve doğal taş gibi öne çıkan maden türleri; rezerv büyüklükleri, dünya pazarındaki yerleri ve kullanım alanlarıyla birlikte ayrıntılı olarak incelenmektedir. Türkiye'nin bazı ürünlerde dünya lideri konumunda olması dikkat çekmekle birlikte, teknolojik dönüşüm, işgücü niteliği ve katma değerli üretim konularında gelişim ihtiyacı da öne çıkmaktadır.

Dijitalleşme ve sürdürülebilirlik başlıkları altında, özellikle küçük ve orta ölçekli işletmelerin teknolojiye adaptasyonundaki yetersizlikler ile çevresel sorumluluk uygulamalarının mevcut durumu analiz edilmiştir. Ayrıca, sektörde insan kaynağı yapısı, eğitim düzeyi ve toplumsal algıya ilişkin sorunlara da yer verilmiş; çözüm önerileri sunulmuştur. Bölüm sonunda, Türkiye madencilik sektörünün daha rekabetçi, verimli ve sürdürülebilir bir yapıya kavuşabilmesi için stratejik adımlar ve politikalar önerilmektedir.

4.1. OTOMOTİV SEKTÖRÜ

Prof. Dr. İlhan Kocaarslan

İTÜ Elektrik Elektronik Fakültesi

4.1.1. Giriş

Otomotiv sektörü, yüksek katma değer üretme kapasitesi, geniş istihdam alanı yaratması ve ileri teknoloji kullanımına dayalı yapısıyla sanayileşmenin temel dinamiklerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Hem ekonomik kalkınmada oynadığı rol hem de stratejik önemi açısından, dünya genelinde olduğu gibi Türkiye'de de otomotiv endüstrisi, üretim, ihracat ve teknoloji geliştirme alanlarında öncü sektörlerden biri haline gelmiştir. Sektör; motorlu taşıtlar, yedek parça ve komponent üretimi gibi çeşitli alt dallarıyla yalnızca bir üretim alanı olmakla kalmayıp aynı zamanda araştırma-geliştirme (Ar-Ge), lojistik, yazılım ve hizmet sektörleriyle iç içe geçmiş çok boyutlu bir ekosistemi temsil etmektedir.

Bu bölümde, küresel otomotiv sanayisinin genel görünümüyle birlikte Türkiye'nin sektördeki mevcut konumu ve üretim trendleri ele alınacaktır. Ayrıca sektörü etkileyen küresel gelişmeler, pandemi sonrası toparlanma süreci, tedarik zinciri kırılganlıkları, teknolojik dönüşüm süreçleri ve sürdürülebilirlik odaklı değişimler çerçevesinde değerlendirmeler sunulacaktır. Türkiye'nin otomotiv sektöründeki performansı, küresel üretim ve ihracat trendleriyle karşılaştırmalı olarak incelenecek, sektördeki fırsatlar ve yapısal zorluklar ortaya konulacaktır. Böylece hem küresel hem de ulusal ölçekte otomotiv sektörünün dinamikleri daha derinlemesine anlaşılacak ve geleceğe dönük stratejik yönelimler için sağlam bir zemin hazırlanacaktır.

4.1.2. Dünyada Otomotiv Endüstrisi

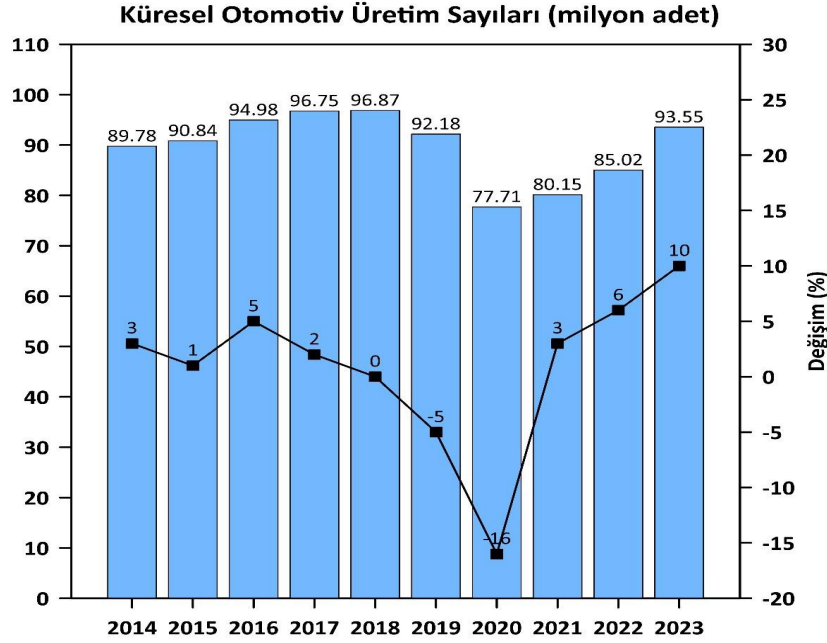
Otomotiv sektörü, yüksek sermaye gerektiren yapısı ve geniş istihdam kapasitesi ile ülkelerin ekonomik kalkınmasında stratejik bir konuma sahiptir. 2019 itibarıyla küresel ölçekte yaklaşık 4,5 trilyon ABD doları büyüklüğe ulaşan sektör, dünya ekonomisinin yaklaşık %5'ini oluşturmaktadır (Statista, 2020) ve doğrudan ya da dolaylı olarak 80 milyona yakın kişiye istihdam sağlamaktadır. OECD tarafından hazırlanan bir rapora göre (Lejarraga, Kouzul-Wright, Primi, Toselli ve Wermelinger, 2016), dünya genelinde gerçekleşen otomotiv üretiminin %90'ı yalnızca ilk 20 ülke tarafından gerçekleştirilmektedir. Avrupa Birliği ülkeleri, küresel otomotiv ticaretinde merkezi bir rol oynayarak dünya pazarında belirleyici aktörler arasında yer almaktadır. Başlıca ihracat destinasyonları arasında Almanya, Fransa ve ABD gibi ülkeler bulunurken, toplam ihracatın %75-80'lik bir kısmı bu pazarlara yönelmektedir. Türkiye, Polonya ve Çekya gibi ülkelerde ihracatın toplam üretime oranı %35-40 seviyelerinde kalmaktadır (Trademap, 2021).

Otomotiv endüstrisi, sürekli büyüme gösteren ve küresel ekonomiler üzerinde giderek daha fazla etki yaratan dinamik bir sektördür. Artan rekabet koşulları, üretim verimliliğini artırma, kaynak yönetimini optimize etme ve yönetsel ile teknik süreçleri iyileştirme ihtiyacını beraberinde getirmektedir. Rekabet gücünü belirleyen temel unsurlar arasında; stratejik yatırımlar, etkin kalite yönetimi sistemleri, ana üreticiler ile tedarikçiler arasındaki iş birliklerinin güçlendirilmesi, nitelikli iş gücünün istihdam edilmesi, esnek üretim modellerinin uygulanması ve etkili pazarlama stratejilerinin geliştirilmesi yer almaktadır.

COVID-19 pandemisinin başlangıcında otomotiv sektöründe, talepteki azalmaya bağlı olarak siparişlerde de ciddi bir düşüş yaşanmıştır. Bu durum, 2020'nin ilk yarısında üretimin 2010 seviyelerine gerilemesine neden olmuştur. Pandemi sürecinde elektronik cihazlara yönelik artan talep, yarı iletken tedarikinde küresel ölçekte sıkıntılara yol açmış ve sektördeki krizi daha da derinleştirmiştir. Yarıiletken Endüstrisi Birliği'nin raporuna göre, 2020 yılında yarı iletken satışları artış göstermiş ve Mayıs 2021 itibarıyla bir önceki yıla kıyasla %26'lık bir yükseliş kaydedilmiştir.

Bu tedarik krizi, otomotiv üreticilerini doğrudan etkileyerek, üretim hatlarının durmasına ve yeniden faaliyete geçiş süreçlerinde gecikmelere sebep olmuştur. Özellikle elektrikli araç segmentleri, öncelikli olarak yarı iletken tahsisi yapıldığından üretim avantajına sahip olurken, içten yanmalı motorlara sahip daha uygun fiyatlı modeller için bekleme süreleri uzamıştır. Bunun sonucunda sektör, 2022 boyunca toparlanma sürecinde zorluklarla karşılaşmıştır. Küresel tedarik zincirindeki kesintilerin de etkisiyle çip krizi derinleşmiş, birçok ülkenin ekonomisi üzerinde olumsuz etkiler yaratmıştır. ABD, yerli çip üretimini artırmaya yönelik girişimlerini hızlandırırken, Çin ve Güney Kore gibi ülkeler bu sektördeki yatırımlarına devam etmektedir (OICA, 2023).

Şekil 4.1.1 2014-2023 yılları arasında küresel otomotiv üretim sayıları (OICA).

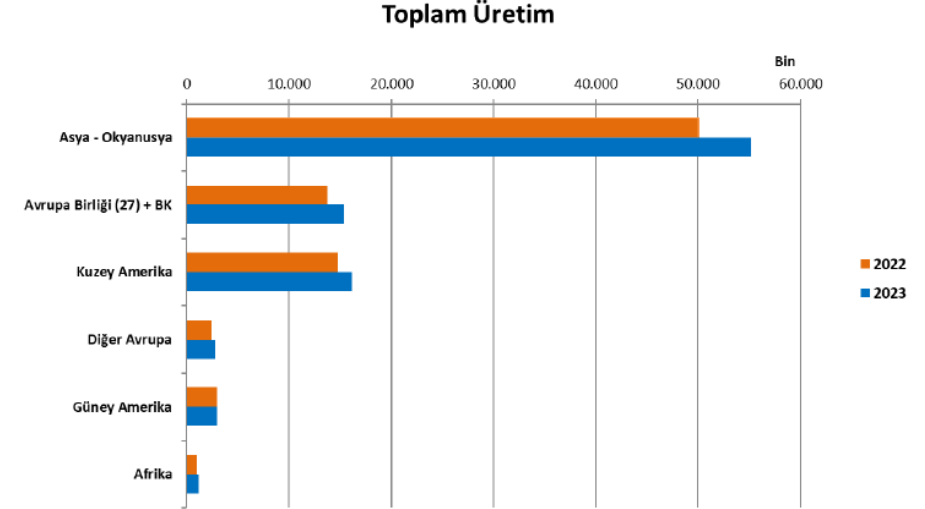


2023 yılında dünyada otomotiv üretiminin yarısından fazlası (% 59) Asya-Okyanusya bölgesinde gerçekleşmiştir. Bölgede otomotiv üretimi 2022 yılına oranla % 10 artmış ve 55 milyon 115 bin adet düzeyinde gerçekleşmiştir.

Bölgeler Bazında Dünya Otomotiv Üretimi 2023/2022

Toplam Otomotiv Üretim	2022	2023	Değişim 23/22
Asya-Okyanusta	50.020.793	55.115.837	%10
Avrupa Birliği (27)+BK	13.801.210	15.344.611	%11
Kuzey Amerika	14.798.146	16.166.628	%9
Diğer Avrupa	2.415.678	2.777.838	%15
Güney Amerika	2.958.117	2.970.263	0
Afrika	1.022.783	1.171.422	%15
Toplam	85.016.727	93.546.599	%10

Şekil 4.1.2. 2022-2023 yılları arasında bölgelere göre otomotiv üretim sayıları (OICA).



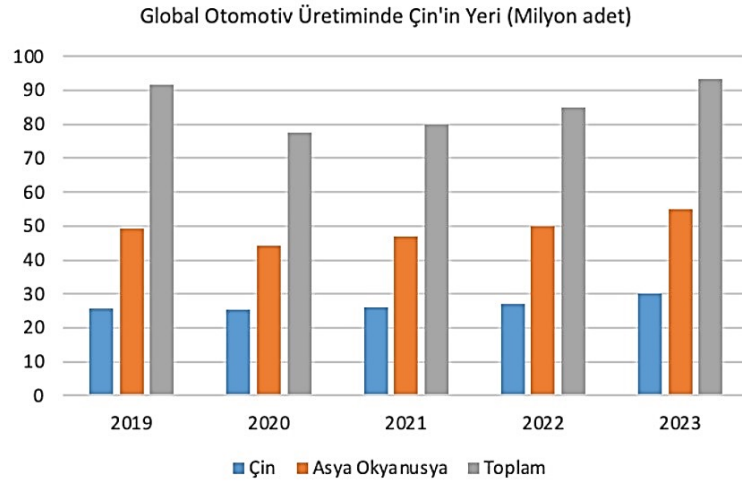
Bölge bazında Asya-Okyanusya'dan sonra en büyük üreticiler, %17 pay ile Kuzey Amerika ve %16 pay ile Avrupa Birliği (27) + BK bölgeleri olmuştur. 2022 yılına oranla Avrupa Birliği (27) + BK üretimi %11, Kuzey Amerika üretimi %9 artış gerçekleşmiştir. 2023 yılında otomotiv üretiminde Güney Amerika geçen yıla paralel ilerken, Diğer Avrupa %15, Afrika %15 oranlarında artış gerçekleşmiştir.

Pandemi sürecinin etkilerinin azalmasıyla birlikte, 2020-2021 döneminde sektörde %3'lük bir büyüme yaşanmış ve küresel üretim toparlanma sürecine girmiştir. 2021-2022 yılları arasında ise toparlanma hız kazanarak %6'lık bir artış kaydedilmiştir. Bu süreçte üretimdeki büyüme, küresel tedarik zincirlerinin yeniden yapılandırılması ve talebin kademeli olarak artmasıyla desteklenmiştir.

2023 yılında küresel otomotiv üretimi yaklaşık 93,5 milyon adede ulaşmıştır. Bu dönemde Asya-Okyanusya bölgesi, toplam üretimin %59'unu gerçekleştirerek sektördeki lider konumunu korumuştur. Bölgeyi, %21'lik payla Amerika takip ederken, Avrupa ise %19'luk üretim oranıyla üçüncü sırada yer almıştır.

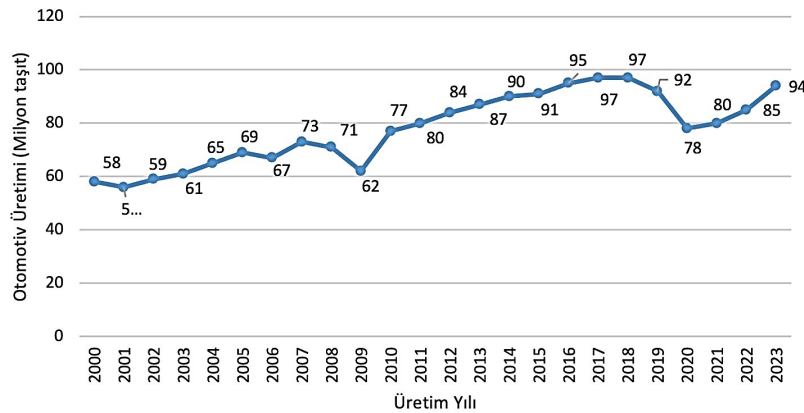
Özellikle Çin'in otomotiv sektöründeki büyümesi dikkat çekici olup, 2023 yılında ülkenin araç üretimi 2019 seviyesine kıyasla %17 oranında artış göstermiştir. Bu gelişme, Çin'in üretim kapasitesini artırmaya yönelik yatırımları ve otomotiv sanayisindeki güçlü konumunu pekiştirme stratejileri ile doğrudan ilişkilendirilmektedir.

Şekil 4.1.3. 2019-2023 yılları arasında global üretimde Çin'in yeri [15].

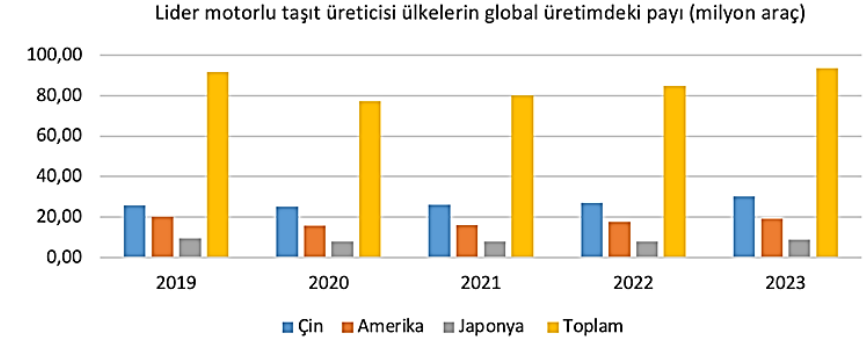


Buna karşın, Avrupa Birliği ve Japonya, 2023 yılında üretimlerini bir önceki yıla kıyasla artırmalarına rağmen, 2019 seviyelerine ulaşamamıştır. Avrupa'da otomobil üretimi, 2023 yılında 2019'a göre %14,8 oranında azalarak 18,12 milyon adet olarak kaydedilmiştir. Bu rakam, Avrupa'daki üretimin 2019 seviyesine kıyasla 3,14 milyon adet daha düşük olduğunu göstermektedir. Bu durum, küresel tedarik zinciri aksaklıkları, enerji maliyetlerindeki artış ve sektördeki yapısal dönüşümler gibi faktörlerin Avrupa otomotiv sanayisi üzerindeki etkilerini ortaya koymaktadır.

Şekil 4.4. 2000'den 2023'e kadar dünya çapında motorlu taşıt üretimi (milyon taşıt) [16]



Şekil 4.1.5. Küresel otomotiv üretiminde Çin, Amerika ve Japonya'nın payı (2019-2023)



2023 yılı itibarıyla küresel otomotiv imalat sanayi geliri 2,56 trilyon ABD doları olarak gerçekleşmiştir (Statista, 2023). 2019-2023 döneminde sektör gelirlerinde genel bir düşüş eğilimi gözlemlense de, yıllık bazda dalgalanmalar yaşanmıştır. 2020'den 2021'e geçiş sürecinde gelirlerde sınırlı bir artış kaydedilmiş, ancak 2022 yılında tekrar bir düşüş meydana gelmiştir. 2023 yılı itibarıyla ise sektör, yeniden bir büyüme trendine girmiştir. Bu dalgalanmalar, küresel ekonomik koşullar, tüketici talebindeki değişimler ve tedarik zinciri aksaklıkları gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir.

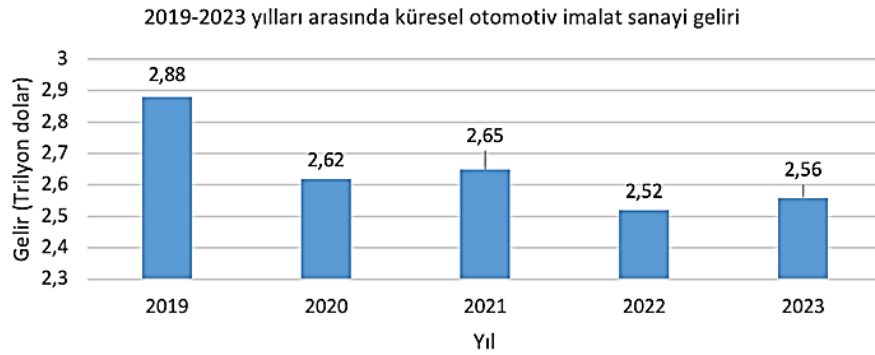
Bu tür dalgalanmalar, küresel ekonomik koşullar, tüketici taleplerindeki değişimler, düzenleyici çerçevede meydana gelen yenilikler, teknolojik ilerlemeler ve COVID-19 gibi küresel çapta etkili olaylar nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Otomotiv sanayisindeki gelir düşüşü, tüketicilerin otomobil harcamalarındaki azalmaya, rekabetin artmasına, alternatif ulaşım çözümlerine yönelim eğilimine ve tedarik zincirinde yaşanan aksaklıklara bağlı olarak şekillenmektedir.

Önümüzdeki yıllarda bu dalgalanmaların devam edip etmeyeceğini, sektörün istikrara kavuşup kavuşmayacağını veya tamamen farklı bir yönde gelişip gelişmeyeceğini izlemek kritik öneme sahiptir. Bu tür analizler, otomotiv endüstrisinde faaliyet gösteren şirketlerin yatırımlarını yönlendirmelerine, stratejik planlamalarını güçlendirmelerine ve değişen pazar dinamiklerine uyum sağlamalarına olanak tanıyacaktır.

Otomotiv sektöründe yan sanayi ve tedarikçilerin rolü giderek daha kritik hale gelmektedir. Bir tedarikçinin pazardaki etkisi; üretim kapasitesi, kullanılan malzemelerin niteliği, kalite-maliyet dengesi ve alternatif üreticilerin sınırlılığı gibi çeşitli faktörlere bağlıdır.

Orijinal ürün üreticileri (OEM) ile yakın çalışmak, tedarikçilere pazara daha kolay erişim ve güçlü müzakere avantajları sağlarken, OEM'lere özgü satış politikaları zaman zaman tedarikçilerin pazardaki hareket alanını kısıtlayabilmektedir. Bazı OEM'ler kendi iç süreçlerinde parça üretimi gerçekleştirdiğinden, tedarikçi iş birliklerinde operasyonel verimlilik ve lojistik mükemmellik giderek daha fazla önem kazanmaktadır.

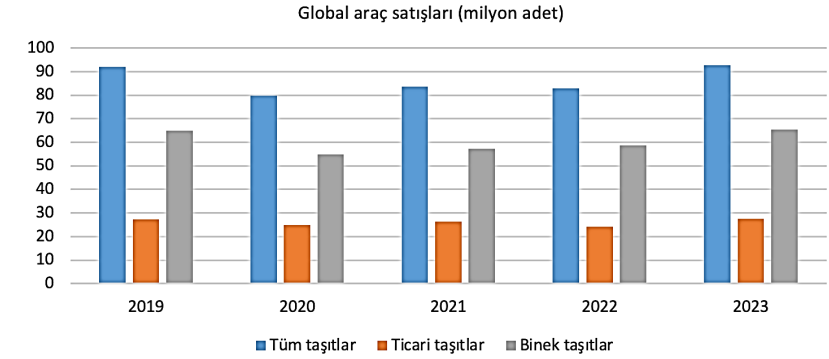
Şekil 4.1.6. 2019 ve 2022 yılları arasında küresel otomobil imalat sanayi geliri, 2023 tahmini (trilyon ABD doları cinsinden) (Statista, 2023)



Tedarikçi ilişkilerinde müşteri entegrasyonu, zamanında teslimat ve üretim süreçlerinde esneklik temel unsurlar olarak öne çıkmaktadır. Küresel pazarda metal ve alüminyum gibi stratejik hammaddelerin fiyatlarındaki dalgalanmalar, tedarikçileri operasyonel verimliliklerini artırmaya ve maliyet yönetimini daha etkin hale getirmeye zorlamaktadır. Bu rekabet ortamında bazı tedarikçilerin doğrudan otomobil üretimine yönelerek dikey entegrasyon stratejilerini hayata geçirdiği gözlemlenmektedir.

Öte yandan, otomotiv endüstrisinde içten yanmalı motor sistemlerine yönelik bileşenlerin üretimi azalırken, elektronik sistemlerin üretim payı artmaktadır. Elektrikli aktarma organları, batarya ve yakıt hücreleri ile otonom sürüş sistemleri giderek daha fazla önem kazanırken, yakıt ve egzoz sistemleri gibi geleneksel bileşenlerde daralma beklenmektedir. Elektrikli ve otonom araçların yaygınlaşması, içten yanmalı motorlu araçlara olan talebin kademeli olarak azalacağı öngörüsüyle desteklenmektedir (Kolay İhracat, 2023).

Şekil 4.1.7. 2019-2023 yılları arasında global otomotiv satış sayıları (OICA)



4.1.3. Otomotiv Tedarikçilerinin Benimsediği Stratejiler

OEM'lere (Orijinal Ekipman Üreticileri) yönelik hizmet seviyelerinin sektörde belirleyici bir rol oynamasıyla birlikte, otomotiv tedarikçileri büyük bir dönüşüm sürecine girmiştir. Rekabetçi bir yapıda kalabilmek için tedarikçiler, sektördeki gelişmeleri yakından takip etmeli ve bu gelişmelere uyum sağlamalıdır. Otomotiv tedarikçilerinin gelecek planlaması, altı temel stratejik öncelik üzerine kurulmaktadır:

4.1.3.1. Ürün Portföyünün Yeniden Yapılandırılması:

Tedarikçiler, artan taleplere uyum sağlamak için ürün portföylerini gözden geçirmekte ve yeniden yapılandırmaktadır. Özellikle elektrikli araçların yaygınlaşmasıyla birlikte, yüksek ağırlıklı metallerden daha hafif ve çevre dostu malzemelere (örneğin karbon fiber takviyeli plastikler) geçiş yapılmaktadır. Bu, hem performansı artırmakta hem de çevresel etkileri azaltmaktadır.

4.1.3.2. İşbirlikleri ve Platform Stratejileri:

Riskleri azaltmak ve inovasyonu teşvik etmek amacıyla tedarikçiler, OEM'ler ve diğer paydaşlarla stratejik ortaklıklar kurmaktadır. Bu işbirlikleri, maliyetleri düşürme ve karlılığı artırma hedefiyle şekillenmektedir. Odaklı veya geniş kapsamlı olabilen bu ortaklıklar, sektördeki rekabet gücünü artırmaya yöneliktir.

4.1.3.3. Konsolidasyon ve Ölçeklendirme:

Maliyet verimliliği sağlamak amacıyla tedarikçiler, ölçek ve kapsam ekonomilerinden yararlanmaktadır. Bu strateji, şirket satın almaları ve birleşmeler yoluyla otomotiv değer zincirindeki varlıklarını genişletmeyi içermektedir. Kapsamlı hizmetler sunmak isteyen tedarikçiler, bu yolla pazar paylarını artırmaktadır.

4.1.3.4. Konum Stratejisi

Tedarikçiler, gelecekteki pazar taleplerini karşılamak ve maliyetleri minimize etmek için düşük maliyetli bölgelerde üretim tesisleri kurmaktadır. Bu strateji, hem lojistik maliyetlerini düşürmekte hem de müşteri ihtiyaçlarına daha hızlı yanıt vermeyi sağlamaktadır.

4.1.3.5. Dijitalleşme ve Entegre Tedarik Zinciri Yönetimi

Maliyet optimizasyonu ve operasyonel verimlilik için tedarikçiler, dijital dönüşüme yatırım yapmaktadır. Örneğin, “Karanlık Fabrika” uygulamalarıyla insansız üretim süreçleri hayata geçirilmekte ve bu sayede üretimde devrim niteliğinde değişiklikler yaşanmaktadır. Dijitalleşme, tedarik zincirinin daha esnek ve şeffaf olmasını sağlamaktadır.

4.1.3.6. Yetenek Geliştirme ve İnovasyon

Tedarikçiler, gelişen endüstri ihtiyaçlarına uyum sağlamak için yetenekli işgücüne yatırım yapmaktadır. Yeni teknolojilerin benimsenmesi, şirket ortaklıkları ve inovatif iş modelleri, tedarikçilerin rekabetçi kalmasını sağlamaktadır. Ayrıca, geleceğin teknolojilerine yönelik araştırma ve geliştirme faaliyetleri, sektördeki liderlik pozisyonunu korumak için kritik öneme sahiptir (Kolay İhracat, 2023).

4.1.4. Türkiye’de Otomotiv Endüstrisinin Mevcut Durumu

Türkiye, küresel otomotiv üretiminde önemli bir paya sahip olup, bu pay son yıllarda belirgin bir istikrar sergilemiştir. 2019 yılında küresel üretimin %1,59’unu gerçekleştiren Türkiye, 2020 yılında bu oranı %1,68’e yükseltmiş, 2021 yılında %1,60’a, 2022 yılında %1,59’a ve 2023 yılında ise %1,57’ye düşürmüştür. Aşağıdaki grafikte, bu yıllara ait üretim miktarları detaylı bir şekilde görülmektedir. Grafikten anlaşılabacağı üzere, küresel otomotiv üretimi 2020 yılında önemli bir düşüş yaşamıştır. 2019 yılında 92 milyon seviyelerinde olan küresel üretim, 2020 yılında 77 milyon seviyelerine gerilemiş, 2022 yılında 85 milyon seviyelerine ulaşmış ancak 2019 yılındaki seviyeyi yakalayamamıştır. 2023 yılında ise üretim 93,55 milyon adede ulaşarak 2019 yılındaki seviyeyi aşmıştır.

Küresel otomotiv üretimindeki değişim incelendiğinde; 2020 yılında 2019 yılına göre %15,7’lik bir düşüş yaşanmış, 2021 yılında 2020 yılına göre %3,3’lük bir artış gerçekleşmiş, 2022 yılında 2021 yılına göre %6’lık bir yükseliş kaydedilmiş ve 2023 yılında ise 2022 yılına göre %10,3’lük bir artış gözlemlenmiştir.

Türkiye’nin otomotiv üretim trendi ise küresel trendden bazı farklılıklar göstermektedir. 2019 yılında 1,46 milyon adet olan üretim, 2020 yılında %11,2’lik bir düşüşle 1,30 milyon adede gerilemiştir. 2021 yılında ise bir önceki yıla göre %1,70’lik bir azalışla 1,28 milyon adet olarak gerçekleşmiştir. 2022 yılında üretim %6’lık bir artışla 1,35 milyon adede yükselmiş, 2023 yılında ise %8,6’lık bir artışla 1,47 milyon adede ulaşarak 2019 yılındaki seviyeyi aşmıştır.

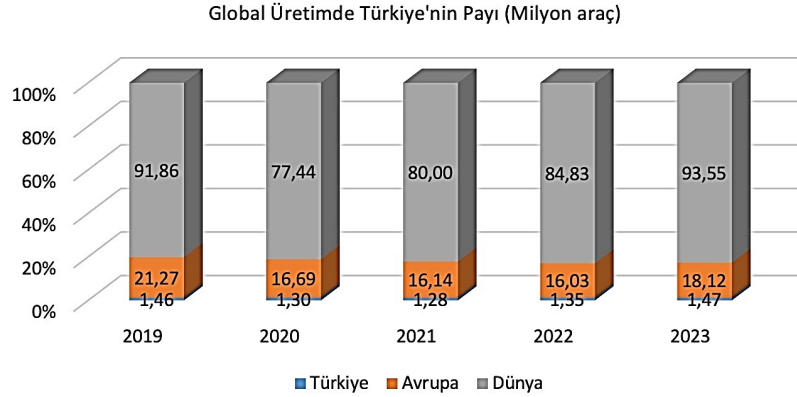
4.1.4.1. Küresel ve Türkiye Üretim Trendlerinin Karşılaştırılması

Küresel üretim trendi ile Türkiye’nin üretim trendi arasında belirgin farklılıklar bulunmaktadır. 2020 yılında, küresel üretim %15,7 oranında düşerken, Türkiye’deki üretim %11,2 oranında azalmıştır. Bu, Türkiye’nin küresel düşüşe kıyasla daha az etkilendiğini göstermektedir. 2021 yılında ise küresel üretim %3,3 artarken, Türkiye’deki üretim %1,70 oranında azalmıştır. Bu durum, Türkiye’nin küresel toparlanma sürecine tam olarak ayak uyduramadığını ortaya koymaktadır.

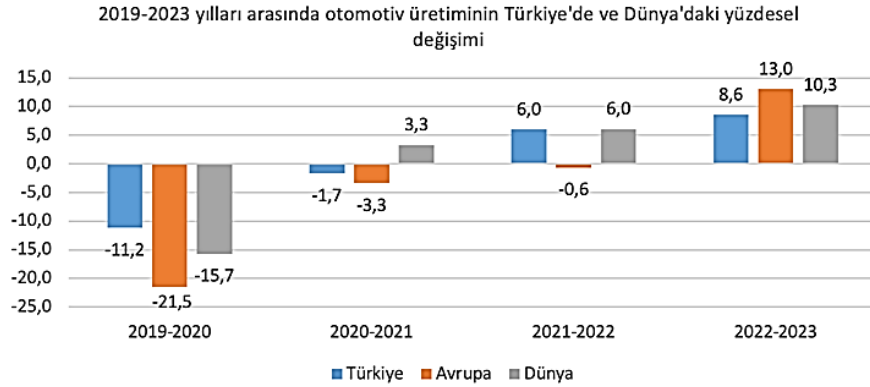
2022 yılında hem Türkiye hem de küresel üretim %6’lık bir artış göstermiştir. Ancak 2023 yılında Türkiye’deki üretim %8,6 oranında artarken, küresel üretim %10,3’lük bir artış kaydetmiştir. Bu da Türkiye’nin küresel üretim artış hızının biraz gerisinde kaldığını göstermektedir.

Türkiye, küresel otomotiv üretiminde istikrarlı bir paya sahip olmakla birlikte, pandemi ve küresel tedarik zincirindeki aksamalar gibi zorluklardan etkilenmiştir. Ancak 2023 yılında üretimini artırarak 2019 seviyelerini aşmayı başarmıştır. Küresel trendlere kıyasla daha az dalgalanma gösteren Türkiye, otomotiv sektöründe önemli bir oyuncu olma konumunu korumaktadır. Gelecekte, elektrikli ve otonom araçlara yönelik yatırımlar ve dijital dönüşüm süreçleri, Türkiye’nin bu alandaki rekabet gücünü daha da artırabilir.

Şekil 4.1.8. Global üretimde Türkiye'nin payı (OICA)



Şekil 4.1.9. 2019-2023 yılları arasında otomotiv üretiminin Türkiye'de ve Dünya'daki yüzdesel değişimi (OICA)



4.1.4.2. Türkiye'de Motorlu Kara Taşıtları ve Parça İmalat Sektörü

Türkiye'de motorlu kara taşıtları ve parça imalat sektörü, 2019 yılı itibarıyla 42 milyar doları aşan bir büyüklüğe ulaşmıştır. Sektörün geleceğine yönelik tahminler, 2030 yılına kadar yıllık %6,7 oranında istikrarlı bir büyüme öngörmekte ve sektörün 87 milyar dolarlık bir büyüklüğe ulaşması beklenmektedir. Türkiye otomotiv sektörü, ağırlıklı olarak Almanya, İtalya ve Fransa gibi köklü Avrupa ekonomilerine yaklaşık 37 milyar dolarlık ihracat gerçekleştirmektedir.

2022 yılı üretim verilerine göre (OICA), Türkiye dünyanın en büyük 12. araç üreticisi konumunda yer almaktadır. 2022 yılında 1,35 milyon motorlu araç üreten Türkiye, önemli yerel üreticiler arasında Ford Otosan, Oyak Renault, Toyota Türkiye (Japon Toyota'nın bir yan kuruluşu), Tofaş ve Hyundai (Güney Kore) gibi firmalara ev sahipliği yapmaktadır. Türkiye'deki otomotiv yatırımları son yıllarda artış göstermekte olup, Ford Otosan'ın Mart 2021'de ticari araç ve akü üretimine yönelik 2,4 milyar dolarlık yatırım açıklaması bu duruma örnek teşkil etmektedir (Kolay İhracat, 2023).

4.1.4.3. Sektörün İstihdam ve İhracat Boyutu

Türkiye'de motorlu taşıt imalatında faaliyet gösteren 5.000'den fazla işletme bulunmaktadır ve bu sektörde doğrudan istihdam edilen kişi sayısı yaklaşık 200.000'dir. İhracatın önde gelen sektörlerinden biri olan Türkiye'nin otomotiv endüstrisi, üretilen araçların yaklaşık %75'ini ihraç etmektedir. 2022 yılında en çok ihracat gerçekleştiren ilk üç sektör sırasıyla; 33,5 milyar dolar ile Kimyevi Maddeler ve Mamulleri, 31,0 milyar dolar ile Otomotiv ve 21,2 milyar dolar ile Hazırgiyim ve Konfeksiyon sektörü olmuştur (TİM, 2023). 2022 yılında toplam otomotiv ihracatı yaklaşık 31 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir.

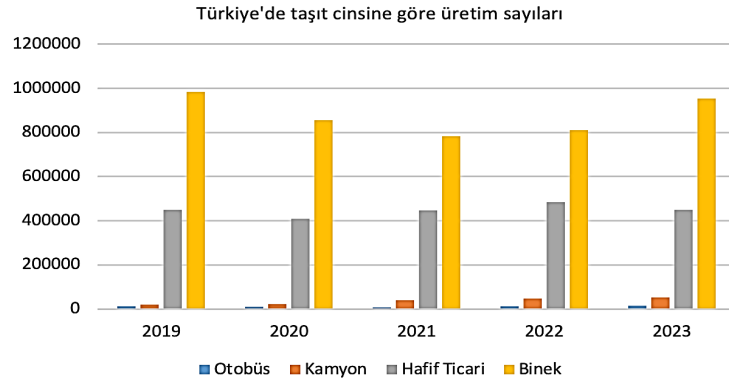
Türkiye'deki Orijinal Ekipman Üreticileri (OEM'ler), sadece binek araç değil, aynı zamanda otomotiv sektörünün önemli bir bölümünü oluşturan ticari araç üretimi de gerçekleştirmektedir. Otomotiv Sanayicileri Derneği'nin istatistiklerine göre, 2022 yılında otomotiv ihracatı toplam ihracatın yaklaşık %13'ünü oluşturmuştur. Otomotiv ihracatında en büyük pay, yaklaşık %43 ile otomobil üreticilerine aittir. Bunu sırasıyla kamyonet, kamyon, otobüs, yedek parça, minibüs, traktör ve midibüs üretimi takip etmektedir (Kolay İhracat, 2023).

4.1.4.4. Taşıt Üretimine Türlerine Göre Dağılımı

Türkiye'de 2019-2023 yılları arasında üretilen taşıtların türlerine göre dağılımı incelendiğinde, 2023 yılında en fazla üretilen otomotiv çeşidinin %64,87 oranla binek taşıt olduğu görülmektedir. Bunu %30,5 ile hafif ticari araçlar, %3,55 ile kamyonlar ve %1,05 ile otobüsler takip etmektedir. Bu dağılım, Türkiye'nin otomotiv üretiminde binek araçların ön planda olduğunu, ancak ticari araç üretiminin de sektörde önemli bir paya sahip olduğunu göstermektedir.

Türkiye, otomotiv sektöründe hem üretim hem de ihracat açısından önemli bir konumda bulunmaktadır. Sektör, özellikle Avrupa pazarlarına yönelik ihracatıyla dikkat çekmekte ve yerel üreticilerin yanı sıra uluslararası markaların yatırımlarıyla büyümeye devam etmektedir. Gelecekte, elektrikli ve otonom araçlara yönelik yatırımların artması ve dijital dönüşüm süreçlerinin hızlanması, Türkiye'nin otomotiv sektöründeki rekabet gücünü daha da artırabilir.

Şekil 4.1.10. 2019-2023 yılları arasında Türkiye'deki taşıt cinsine göre üretim sayıları



4.1.5. Otomotiv Sektörünün Türkiye Ekonomisi Açısından Önemi

Türkiye'nin otomotiv endüstrisi, ülkenin ekonomik yapısının temel taşlarından birini oluşturmakta ve ekonomik büyüme, istihdam ve küresel rekabet gücüne önemli katkılar sağlamaktadır. Güçlü ve entegre bir yapıya sahip olan otomotiv sektörü, Türkiye'yi sadece küresel üretim haritasında önemli bir konuma taşımakla kalmamış, aynı zamanda ekonomik refahın da önemli bir itici gücü haline getirmiştir.

4.1.5.1. İstihdam ve Ekonomik Katkı

Otomotiv sektörü, önemli bir işgücü istihdam ederek ve tedarikçi-imalatçı ağını güçlendirerek, çok çeşitli nitelikli profesyonellere geçim kaynağı sağlamakta ve iş olanakları yaratmada kilit bir rol oynamaktadır. Sektörün kapsamlı tedarik zinciri, istihdam üzerindeki doğrudan etkisinin ötesinde, hammaddelerden hizmetlere kadar birçok sektöre ekonomik faydalar sağlayarak genel ekonomik ekosistemin gelişimine katkıda bulunmaktadır. 2022 yılı itibarıyla Türkiye'deki 13 otomotiv fabrikasının toplam istihdamı 56.722 kişiye ulaşmıştır. Bu fabrikalar arasında Ford Otosan, Mercedes-Benz Türk, Oyak Renault, Tofaş ve Toyota gibi markalar, önde gelen istihdam sağlayıcılar olarak öne çıkmaktadır.

4.1.5.2. Küresel Rekabet Gücü ve Ekonomik Büyüme

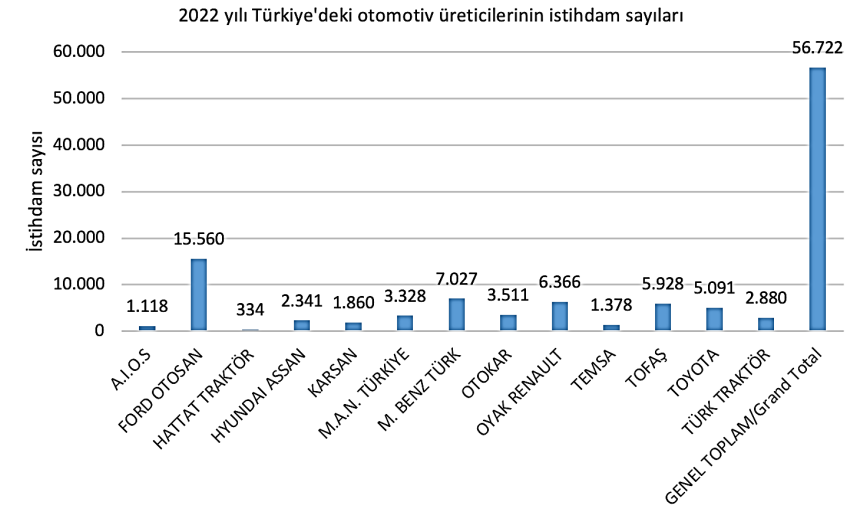
Türkiye'nin otomotiv sektörü, küresel rekabet gücünü artırarak ülkenin ihracat performansına önemli katkılar sağlamaktadır. Ayrıca, otomotiv sektöründe gerçekleştirilen Ar-Ge faaliyetleri ve teknolojik yenilikler, Türkiye'nin küresel otomotiv endüstrisindeki konumunu güçlendirmektedir.

4.1.5.3. Sektörün Ekonomik Ekosisteme Etkisi

Otomotiv endüstrisi, sadece üretim ve ihracatla sınırlı kalmayıp, yan sanayi ve hizmet sektörleri üzerinde de önemli bir etkiye sahiptir. Sektörün geniş tedarik zinciri, metal, plastik, elektronik ve diğer birçok sektördeki firmalar için önemli bir pazar oluşturmaktadır. Bu durum, otomotiv sektörünün Türkiye'nin ekonomik ekosistemindeki merkezi rolünü daha da pekiştirmektedir.

Türkiye'nin otomotiv endüstrisi, ülkenin ekonomik büyümesine, istihdamına ve küresel rekabet gücüne önemli katkılar sağlayan stratejik bir sektördür. Sektör, güçlü tedarik zinciri, geniş istihdam olanakları ve yüksek ihracat potansiyeli ile Türkiye'nin ekonomik refahının önemli bir itici gücü olmaya devam etmektedir. Gelecekte, elektrikli ve otonom araçlara yönelik yatırımların artması ve dijital dönüşüm süreçlerinin hızlanması, sektörün Türk ekonomisi üzerindeki etkisini daha da artırabilir.

Şekil 4.1.11. Türkiye'deki lider otomotiv üreticisi fabrikaların 2022 yılı istihdam sayıları (OSD)



4.1.6. Türk Otomotiv Sektörünün İhracat ve Ekonomik Katkısı

Türk otomotiv sektörü, ülkenin ihracat gelirlerine sürekli ve önemli bir katkı sağlamaktadır. Hem yurt içi tüketimi karşılamak hem de uluslararası pazarlara yönelik araç ve yedek parça üretmek suretiyle, Türkiye'nin küresel otomotiv ticaretindeki rekabetçi konumunu güçlendirmiştir. Bu durum, sektörün hem yerel hem de küresel ölçekte ne kadar stratejik bir role sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

4.1.6.1. Sektörün Dayanıklılığı ve Uyum Yeteneği

Otomotiv sektörü, küresel ekonomik dalgalanmalar, teknolojik aksaklıklar ve değişen tüketici tercihleri gibi zorluklar karşısında gösterdiği dayanıklılık ve uyum yeteneği ile öne çıkmaktadır. Bu özellikler, sektörün sadece mevcut koşullara adapte olmasını değil, aynı zamanda gelecekteki değişimlere de hazırlıklı olmasını sağlamaktadır. Özellikle elektrikli ve otonom araçlar gibi yeni teknolojilere yönelik yatırımlar, sektörün bu dinamik yapısını daha da güçlendirmektedir.

4.1.6.2. Hükümet Politikaları ve Destekler

Türk hükümeti, otomotiv sektörünün stratejik öneminin farkında olarak, sektörün gelişimini destekleyecek politikalar uygulamaktadır. Yenilikçiliği, sürdürülebilir uygulamaları ve küresel entegrasyonu teşvik eden bu politikalar, sektörün hem yerel hem de uluslararası pazarlardaki rekabet gücünü artırmayı hedeflemektedir. Ayrıca, hükümetin Ar-Ge ve teknoloji yatırımlarına verdiği destek, sektörün ileri üretim ve teknoloji odaklı çözümlerde öncü bir rol üstlenmesine katkıda bulunmaktadır.

4.1.6.3. On İkinci Kalkınma Planı (2024-2028) ve Otomotiv Sektörü

Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı tarafından hazırlanan ve Türkiye Büyük Millet Meclisi tarafından onaylanarak yürürlüğe giren “On İkinci Kalkınma Planı (2024-2028)”, otomotiv sektörünün geliştirilmesine yönelik çeşitli hedefler ve politikalar içermektedir. Bu plan, sektörün sürdürülebilir büyümesini sağlamak, ihracat kapasitesini artırmak ve teknolojik dönüşümü hızlandırmak amacıyla önemli adımlar atmayı öngörmektedir. Plan kapsamında, elektrikli ve otonom araçlar gibi yeni nesil teknolojilere yönelik yatırımların artırılması, Ar-Ge faaliyetlerinin desteklenmesi ve sektörün küresel tedarik zincirindeki rolünün güçlendirilmesi hedeflenmektedir.

Türk otomotiv sektörü, ülkenin ihracat gelirlerine önemli katkılar sağlayan, küresel rekabet gücünü artıran ve ekonomik büyümeyi destekleyen stratejik bir sektördür. Sektörün dayanıklılığı, uyum yeteneği ve hükümet tarafından sağlanan destekler, Türkiye'nin otomotiv endüstrisindeki konumunu daha da güçlendirmektedir. “On İkinci Kalkınma Planı” gibi politikalarla sektörün geleceğe yönelik hedefleri belirlenmiş olup, bu hedefler doğrultusunda Türkiye'nin otomotiv sektöründe küresel bir merkez haline gelmesi beklenmektedir [22].

4.1.7. Türkiye Otomotiv Sektörüne Yönelik Politikaları

Türkiye, otomotiv sektörünün geliştirilmesi ve küresel rekabet gücünün artırılması amacıyla kararlılıkla politikalar üretmeye ve uygulamaya devam etmektedir. Bu kapsamda, “On İkinci Kalkınma Planı (2024-2028)”nda otomotiv sektörüne yönelik önemli hedefler belirlenmiş ve bu hedeflere ulaşmak için 2030 Sanayi ve Teknoloji Strateji Belgesi ile ortaya konmuştur [22, 23]. Aşağıda, bu hedeflerin ana başlıkları ve sektöre yönelik öngörülen politikalar özetlenmiştir:

On İkinci Kalkınma Planı (2024-2028) Otomotiv Sektörü Hedefleri

Hedef Alanı	Açıklama
Elektrikli ve Otonom Araçlar	Elektrikli ve otonom araç üretimine yönelik yatırımların artırılması, bu alanda Ar-Ge faaliyetlerinin desteklenmesi ve yerli teknolojilerin geliştirilmesi.
Sürdürülebilir Üretim	Çevre dostu ve enerji verimliliği yüksek üretim süreçlerinin teşvik edilmesi, karbon ayak izinin azaltılması ve yeşil dönüşümün desteklenmesi.
İhracatın Artırılması	Otomotiv sektörünün ihracat kapasitesinin genişletilmesi, yeni pazarlara erişim sağlanması ve küresel tedarik zincirindeki payının artırılması.
Yerli Üretim ve Teknoloji	Yerli otomotiv markalarının ve teknolojilerinin geliştirilmesi, yedek parça ve aksam üretiminde yerli katkının artırılması.
İstihdam ve Nitelikli İşgücü	Sektördeki istihdamın artırılması, nitelikli işgücünün yetiştirilmesi ve mesleki eğitim programlarının güçlendirilmesi.
Dijital Dönüşüm ve İnovasyon	Otomotiv sektöründe dijitalleşme ve inovasyonun teşvik edilmesi, akıllı üretim sistemlerinin yaygınlaştırılması.
Altyapı ve Lojistik	Otomotiv sektörüne yönelik altyapı ve lojistik hizmetlerinin iyileştirilmesi, üretim ve ihracat süreçlerinin verimliliğinin artırılması.

4.1.7.1. Politikalar ve Uygulamalar

Hükümet, belirlenen hedeflere ulaşmak için aşağıdaki politikaları uygulamayı planlamaktadır:

- **Elektrikli Araçlara Yönelik Teşvikler:** Elektrikli araç üretimine yönelik vergi indirimleri, Ar-Ge destekleri ve yatırım teşvikleri sağlanacaktır. Ayrıca, şarj altyapısının yaygınlaştırılması için projeler hayata geçirilecektir.
- **Sürdürülebilir Üretim İçin Destekler:** Çevre dostu üretim süreçlerine geçişi teşvik edecek finansal destekler ve yeşil teknolojilere yönelik yatırımlar artırılabilecektir.
- **İhracatın Çeşitlendirilmesi:** Yeni pazarlara erişim için ticaret anlaşmaları yapılacak ve ihracatçı firmalara yönelik finansal destekler artırılabilecektir.
- **Yerli Teknoloji Geliştirme:** Yerli otomotiv teknolojilerinin geliştirilmesi için Ar-Ge merkezleri kurulacak ve bu alanda çalışan firmalara mali destekler sağlanacaktır.
- **Nitelikli İşgücünün Yetiştirilmesi:** Mesleki eğitim programları güçlendirilecek ve sektörün ihtiyaç duyduğu nitelikli işgücünün yetiştirilmesi için üniversite-sanayi işbirlikleri teşvik edilecektir.
- **Dijital Dönüşüm ve Akıllı Üretim:** Otomotiv sektöründe dijital dönüşümü hızlandırmak için akıllı fabrika uygulamaları ve otomasyon sistemleri desteklenecektir.
- **Altyapı ve Lojistik Yatırımları:** Otomotiv üretim ve ihracat süreçlerini kolaylaştırmak için liman, depolama ve lojistik altyapısı iyileştirilecektir.

Türkiye Cumhuriyeti hükümeti, otomotiv sektörünün stratejik önemini göz önünde bulundurarak, bu sektörün gelişimini destekleyecek kapsamlı politikalar üretmekte ve uygulamaktadır. “On İkinci Kalkınma Planı” kapsamında belirlenen hedefler, sektörün sürdürülebilir büyümesini, ihracat kapasitesinin artırılmasını ve teknolojik dönüşümün hızlandırılmasını amaçlamaktadır. Bu hedefler doğrultusunda atılacak adımlar, Türkiye'nin otomotiv endüstrisinde küresel bir merkez haline gelmesine önemli katkılar sağlayacaktır.

	2022	2023	2028
İmalat Sanayii İhracatı İçindeki Pay (%)	11,7	13,25	16,2
İhracat (Milyar Dolar)	28,0	32,6	57,8
İthalat (Milyar Dolar)	21,4	33,6	41,3
Sanayii Katma Değeri İçindeki Pay, Reel (%)	6,3	7,9	10,0

Kaynak: 2023 yılı verileri gerçekleşme tahmini olup 2028 yılı verileri On İkinci Kalkınma Planları Hedefleridir [22].

4.1.8. Türkiye’de Otomotiv Sektörünün Karşılaştığı Zorluklar

Türk otomotiv sektörü, küresel ekonomik belirsizlikler, yoğun rekabet ve sürdürülebilir uygulamalara duyulan ihtiyaç gibi birçok zorlukla karşı karşıyadır. Bu zorluklar, sektörün büyümesini ve küresel pazarda rekabet gücünü korumasını etkilemektedir. Aşağıda, Türkiye'nin otomotiv endüstrisinin karşılaştığı başlıca zorluklar detaylı bir şekilde ele alınmıştır:

4.1.8.1. İthalata Bağımlılık

Türkiye, otomotiv üretiminde önemli bir oyuncu olmasına rağmen, üretim süreçlerinde kullanılan parça ve teknolojilerin büyük bir kısmını ithal etmektedir. Bu durum, sektörü döviz kurlarındaki dalgalanmalara ve uluslararası ticaret dinamiklerindeki değişimlere karşı savunmasız hale getirmektedir. İthalata bağımlılık, üretim maliyetlerini artırmakta ve sektörün kârlılığını olumsuz yönde etkilemektedir.

4.1.8.2. Küresel Rekabet Baskısı

Küresel otomotiv pazarı, Almanya, Japonya ve Amerika Birleşik Devletleri gibi ülkelerdeki köklü markaların hakimiyeti altındadır. Türk otomotiv firmaları, bu markalarla kalite, inovasyon ve marka bilinirliği açısından rekabet etmekte zorlanmaktadır. Özellikle yüksek teknolojiye sahip ürünlerde ve lüks segmentteki araçlarda Türk üreticilerin rekabet gücü sınırlı kalmaktadır.

4.1.8.3. Teknolojik Yenilik ve Ar-Ge İhtiyacı

Otomotiv endüstrisi, elektrikli ve otonom araçlar, bağlantılı araç teknolojileri ve alternatif yakıtlar gibi alanlarda hızlı bir dönüşüm yaşamaktadır. Türk şirketlerinin bu teknolojik gelişmelere ayak uydurabilmeleri için araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) faaliyetlerine daha fazla yatırım yapmaları gerekmektedir. Ayrıca, yerli teknoloji üretiminin artırılması, sektörün küresel rekabetteki konumunu güçlendirecektir.

4.1.8.4. Altyapı ve Lojistik Sorunları

Türkiye, altyapı geliştirme konusunda önemli ilerlemeler kaydetmiş olsa da, özellikle mal ve hammadde taşımacılığında etkinlik sorunları devam etmektedir. Lojistik altyapısındaki eksiklikler, üretim maliyetlerini artırmakta ve sektörün rekabet gücünü zayıflatmaktadır. Bu nedenle, ulaşım ağlarının iyileştirilmesi ve lojistik hizmetlerinin modernize edilmesi büyük önem taşımaktadır.

4.1.8.5. Düzenleyici Ortam ve Çevre Standartları

Giderek sıklaşan çevre düzenlemeleri ve güvenlik standartları, Türk otomotiv üreticileri için önemli bir zorluk teşkil etmektedir. Özellikle Avrupa Birliği'nin emisyon standartlarına uyum sağlamak, üretim süreçlerinde önemli değişiklikler ve yatırımlar gerektirmektedir. Bu durum, maliyetleri artırmakta ve şirketlerin rekabet gücünü olumsuz etkilemektedir.

4.1.8.6. Nitelikli İşgücü Eksikliği

Türkiye, nispeten iyi eğitilmiş bir işgücüne sahip olmasına rağmen, otomotiv sektörünün ihtiyaç duyduğu mühendislik, tasarım ve ileri imalat teknolojileri gibi uzmanlık alanlarında nitelikli işgücü sıkıntısı yaşanmaktadır. Bu beceri açığının kapatılması için mesleki eğitim programlarının güçlendirilmesi ve üniversite-sanayi işbirliklerinin artırılması gerekmektedir.

4.1.8.7. Siyasi ve Ekonomik İstikrarsızlık

Türkiye'nin jeopolitik konumu ve dönemsel ekonomik istikrarsızlıklar, yatırımcı güvenliğini olumsuz etkileyebilmekte ve tedarik zincirlerinde aksamalara neden olabilmektedir. Döviz kurlarındaki dalgalanmalar, hükümet politikalarındaki belirsizlikler ve ticari ilişkilerdeki riskler, otomotiv şirketleri için önemli zorluklar yaratmaktadır.

4.1.8.8. Sürdürülebilirlik ve Çevresel Kaygılar

Çevre sorunlarına ilişkin farkındalığın artmasıyla birlikte, otomotiv endüstrisi üzerinde sürdürülebilir uygulamaları benimseme ve karbon emisyonlarını azaltma yönünde artan bir baskı bulunmaktadır. Türk otomotiv şirketlerinin, hem tüketici tercihlerine hem de mevzuat gerekliliklerine uyum sağlamak için çevre dostu teknolojilere ve uygulamalara yatırım yapması gerekmektedir. Bu durum, özellikle elektrikli ve hibrit araçlar gibi alternatif teknolojilere yönelik yatırımları zorunlu kılmaktadır.

Türk otomotiv sektörü, küresel ekonomik belirsizlikler, teknolojik dönüşüm, rekabet baskısı ve çevresel gereklilikler gibi birçok zorlukla karşı karşıyadır. Bu zorlukların üstesinden gelmek için sektörün ithalata bağımlılığını azaltacak, Ar-Ge faaliyetlerini artıracak, nitelikli işgücünü yetiştirecek ve sürdürülebilir uygulamaları benimseyecek politikaların hayata geçirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, altyapı ve lojistik sorunlarının çözülmesi, sektörün rekabet gücünü artıracak ve Türkiye'nin küresel otomotiv pazarındaki konumunu güçlendirecektir.

4.1.9. Türkiye'de Otomotiv Sektörünün Büyümesi İçin Potansiyel Fırsatlar

Türk otomotiv sektörü, küresel pazarda rekabet gücünü artırmak ve sürdürülebilir bir büyüme sağlamak için birçok fırsatla karşı karşıyadır. Bu fırsatlar, sektörün teknolojik dönüşümünü hızlandırabilir, ihracat kapasitesini genişletebilir ve yerel üretimin katma değerini artırabilir. Aşağıda, Türkiye'nin otomotiv endüstrisinin büyümesi için öne çıkan potansiyel fırsatlar detaylı bir şekilde ele alınmıştır:

4.1.9.1. Ar-Ge ve İnovasyona Yatırım

Türk otomotiv şirketleri, yeni teknolojiler ve ürünler geliştirmek için araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) faaliyetlerine yatırım yapma fırsatına sahiptir. Özellikle elektrikli araçlar, otonom sürüş sistemleri, dijital bağlantılı araçlar ve alternatif yakıt teknolojileri gibi alanlarda inovasyon, sektörün küresel pazarda farklılaşmasını sağlayabilir. Bu tür yatırımlar, Türk şirketlerinin yeni pazarlara açılmasına ve rekabet gücünü artırmaya yardımcı olacaktır.

4.1.9.2. Tedarik Zinciri Entegrasyonu

Türkiye'de otomotiv tedarik zincirinin entegrasyonunun güçlendirilmesi, üretim süreçlerinin verimliliğini artıracak ve maliyetleri düşürecektir. Bileşen üreticileri, orijinal ekipman üreticileri (OEM'ler) ve diğer sektör paydaşları arasındaki işbirliğinin geliştirilmesi, yüksek kaliteli bileşenlerin zamanında teslimini sağlayarak rekabet gücünü artıracaktır. Ayrıca, yerli tedarik zincirinin güçlendirilmesi, ithalata bağımlılığı azaltacak ve sektörün kırılganlıklarını minimize edecektir.

4.1.9.3. İhracat Pazarının Genişletilmesi

Türkiye, geleneksel olarak otomotiv parçaları ve araçları için önemli bir üretim merkezi olmuştur ve ihracata odaklanmıştır. Özellikle gelişmekte olan ekonomilerde ve otomobil talebinin arttığı bölgelerde yeni ihracat pazarlarına açılma fırsatı bulunmaktadır. Stratejik ortaklıklar kurmak ve serbest ticaret anlaşmalarından yararlanmak, Türk otomotiv şirketlerinin yeni pazarlara erişimini kolaylaştıracak ve ihracat gelirlerini artıracaktır.

4.1.9.4. Altyapıya Yatırım

Ulaşım ağları, limanlar ve lojistik merkezleri gibi altyapıya yapılacak yatırımlar, otomotiv tedarik zincirinin verimliliğini artıracak ve üretim maliyetlerini düşürecektir. Ayrıca, elektrikli araç şarj istasyonları ve akıllı ulaşım sistemleri gibi yeni teknolojilerin benimsenmesi, sektörün büyümesini hızlandıracaktır. Altyapıdaki iyileştirmeler, Türkiye'yi küresel otomotiv tedarik zincirinde daha çekici bir merkez haline getirecektir.

4.1.9.5. Devlet Desteği ve Teşvikler

Türk hükümeti, otomotiv sektörünün büyümesini desteklemek için çeşitli politikalar, teşvikler ve düzenlemeler uygulamaktadır. Ar-Ge yatırımlarına sağlanan mali teşvikler, üretim tesisleri için vergi indirimleri ve elektrikli araçların benimsenmesine yönelik destekleyici politikalar, sektörün gelişimine önemli katkılar sağlamaktadır. Devlet desteklerinin artırılması, yabancı yatırımların çekilmesine ve olumlu bir iş ortamının oluşturulmasına yardımcı olacaktır.

4.1.9.6. Beceri Geliştirme ve Eğitim

Otomotiv endüstrisindeki nitelikli işgücü eksikliğini gidermek için beceri geliştirme ve eğitim programlarına yatırım yapılması büyük önem taşımaktadır. Mühendisler, teknisyenler ve diğer profesyonellerin ileri üretim teknolojileri, otomasyon ve dijitalleşme konularında eğitilmesi, sektörün üretkenliğini ve yenilikçiliğini artıracaktır. Ayrıca, üniversite-sanayi işbirliklerinin güçlendirilmesi, sektörün ihtiyaç duyduğu nitelikli işgücünün yetiştirilmesine katkıda bulunacaktır.

4.1.9.7. Ürün Portföyünün Çeşitlendirilmesi

Türk otomotiv şirketleri, ürün portföylerini geleneksel araçların ötesinde çeşitlendirme fırsatlarını değerlendirebilir. Elektrikli bisikletler, ticari araçlar ve mobilite hizmetleri gibi komşu pazarlara doğru genişleme, sektörün büyümesine katkıda bulunabilir. Ürün çeşitlendirmesi, piyasa dalgalanmalarından kaynaklanan riskleri azaltacak ve şirketlerin uzun vadeli sürdürülebilirliğini sağlayacaktır.

Türk otomotiv sektörü, Ar-Ge ve inovasyona yatırım, tedarik zinciri entegrasyonu, ihracat pazarının genişletilmesi, altyapı yatırımları, devlet destekleri, beceri geliştirme ve ürün çeşitlendirmesi gibi birçok fırsatla karşı karşıyadır. Bu fırsatların değerlendirilmesi, sektörün küresel pazarda rekabet gücünü artıracak ve Türkiye'yi otomotiv endüstrisinde önemli bir merkez haline getirecektir. Ayrıca, sürdürülebilir büyüme ve teknolojik dönüşüm, sektörün gelecekteki başarısını şekillendirecektir.

4.1.10. Küresel Otomotiv Sektörünü Etkileyen Teknolojik Gelişmeler

4.1.10.1. Elektrikli Araçlar (EV'ler)

Küresel otomotiv endüstrisi, pil teknolojisindeki ilerlemeler, çevresel sürdürülebilirlik kaygıları ve hükümetlerin düzenleyici politikaları nedeniyle elektrikli araçlara (EV'ler) yönelik

önemli bir dönüşüm sürecine girmiştir. Dünya genelinde önde gelen otomobil üreticileri, elektrikli araçların geliştirilmesi ve üretimi için yoğun yatırımlar gerçekleştirmektedir. Bu eğilim, Türk otomotiv endüstrisi için hem fırsatlar hem de zorluklar barındırmaktadır. Türkiye, elektrikli araçlara yönelik artan talebe uyum sağlamakla birlikte, bu araçların bileşenleri için gerekli altyapı eksikliklerini gidermek ve tedarik zincirini entegre etmek gibi önemli sorunlarla karşı karşıyadır.

4.1.10.2. Otonom Sürüş Teknolojisi

Otonom sürüş teknolojisi, trafik güvenliğini artırma, kaza oranlarını azaltma ve ulaşım sistemlerini kökten dönüştürme potansiyeliyle otomotiv sektöründe devrim niteliğinde bir etki yaratmaktadır. Küresel ölçekte faaliyet gösteren şirketler, otonom araçların ticarileştirilmesi amacıyla araştırma ve geliştirme faaliyetlerine önemli kaynaklar ayırmaktadır. Türk otomotiv firmaları, rekabet avantajı elde etmek ve otonom araçlara yönelik yenilikçi çözümler geliştirmek için bu teknolojik gelişmelerden etkin bir şekilde yararlanmalıdır.

4.1.10.3. Dijital Bağlantılı Araçlar

Nesnelerin İnterneti (IoT) teknolojisinin otomotiv sektörüne entegrasyonu, diğer araçlarla, altyapı sistemleriyle ve harici platformlarla iletişim kurabilen bağlantılı araçların geliştirilmesine öncülük etmektedir. Dijital bağlantılı araçlar, gerçek zamanlı navigasyon, uzaktan teşhis ve araçtan araca iletişim gibi ileri düzey özellikler sunmaktadır. Türk otomotiv şirketleri, bu teknolojileri araçlarına entegre ederek ve tüketicilere katma değerli hizmetler sunarak, küresel dijital bağlantılı araç trendinden faydalanabilir.

4.1.10.4. Gelişmiş Sürücü Destek Sistemleri (ADAS)

Uyarlanabilir hız sabitleyici, şerit takip asistanı ve otomatik acil frenleme gibi Gelişmiş Sürücü Destek Sistemleri (ADAS), modern araçlarda giderek yaygınlaşmaktadır. Bu sistemler, sürücülere çeşitli sürüş görevlerinde yardımcı olarak kaza riskini azaltmakta ve genel trafik güvenliğini artırmaktadır.

4.1.10.5. Dijitalleşme ve Akıllı İmalat

Otomotiv endüstrisi, robotik, otomasyon ve veri analitiği gibi Akıllı İmalat teknolojilerinin benimsenmesiyle kapsamlı bir dijital dönüşüm sürecinden geçmektedir. Dijitalleşme, üreticilerin üretim süreçlerini optimize etmesine, ürün kalitesini artırmasına ve maliyetleri düşürmesine olanak tanımaktadır. Türk otomotiv şirketleri, küresel pazarda üretim verimliliğini, çevikliğini ve rekabet gücünü artırmak için bu dijital dönüşümü benimsemelidir.

4.1.10.6. Alternatif Yakıtlar

Artan çevresel kaygılar ve sera gazı emisyonlarının azaltılması ihtiyacı, hidrojen, biyoyakıtlar ve sıkıştırılmış doğal gaz (CNG) gibi alternatif yakıtlara olan ilgiyi artırmaktadır. Küresel otomotiv şirketleri, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak ve ürün portföylerini çeşitlendirmek amacıyla alternatif yakıtlarla çalışan araçların geliştirilmesine yatırım yapmaktadır.

4.1.10.7. 3D Baskı ve Eklemeli Üretim

3D baskı gibi eklemeli üretim teknolojileri, otomotiv endüstrisinde daha esnek ve verimli üretim süreçleri için önemli fırsatlar sunmaktadır. Bu teknoloji, karmaşık parça ve bileşenlerin hızlı prototiplenmesine, özelleştirilmesine ve talep üzerine üretilmesine olanak tanımaktadır. Türk otomotiv şirketleri, küresel eklemeli üretim trendlerine uyum sağlayarak teslim sürelerini kısaltabilir, üretim maliyetlerini düşürebilir ve ürün inovasyonunu geliştirebilir.

Bu teknolojik gelişmeler, küresel otomotiv sektörünü dönüştürürken, Türk otomotiv endüstrisinin de bu değişimlere uyum sağlaması ve rekabetçi kalabilmesi için stratejik adımlar atması gerekmektedir.

4.1.11. Otomotiv Alanındaki Son Yenilikler ve Bilimsel Çalışmalar

Son yıllarda otomotiv teknolojisindeki bilimsel araştırmalar, mühendislik, malzeme bilimi, yapay zeka ve sürdürülebilirlik gibi disiplinlerin kesişimiyle önemli ilerlemeler kaydetmiştir. Bu gelişmeler, ulaşımın geleceğini şekillendirirken araç performansını, güvenliğini, verimliliğini ve çevresel sürdürülebilirliğini artırmayı hedeflemektedir. Aşağıda, bu alandaki önemli araştırma konuları ve yenilikler özetlenmiştir:

4.1.11.1. Hidrojen Yakıt Teknolojisi

Hidrojen, yüksek enerji içeriği ve düşük karbon emisyonu potansiyeli nedeniyle geleneksel fosil yakıtlara alternatif olarak giderek daha fazla ilgi görmektedir. Özellikle ulaşım sektöründe petrolün yerini alabilecek temiz bir yakıt olarak kabul edilmektedir.

Avantajları: Hidrojen, içten yanmalı motorlarda kullanıldığında termal verimliliği artırırken, yakıt tüketimini azaltmaktadır. Ayrıca hidrokarbon ve karbon monoksit emisyonlarını önemli ölçüde düşürmektedir. Bununla birlikte, azot oksit (NOx) emisyonlarında artışa neden olabilmektedir. Hidrojen, hem birincil yakıt olarak hem de geleneksel yakıtlarla birlikte kullanılarak emisyonların azaltılması ve verimliliğin artırılması amacıyla değerlendirilmektedir.

Zorluklar: Hidrojenin sıkıştırılmış gaz veya sıvı olarak depolanması ve taşınması, araç tasarımı ve yakıt altyapısı açısından önemli zorluklar oluşturmaktadır. Bu zorlukların üstesinden gelmek için buhar reformasyonu ve kısmi oksidasyon gibi yöntemlerle gemide hidrojen üretimi üzerine araştırmalar devam etmektedir.

Yakıt Hücreleri: Hidrojen yakıtlı yakıt hücreleri, özellikle proton değişim membranlı yakıt hücreleri, otomotiv tahriki için yüksek verimlilik sunmaktadır. Metanol ve doğal gaz, araç içi hidrojen üretimi için potansiyel kaynaklar olarak değerlendirilmektedir.

4.1.11.2. Saf Hidrojen Motorları Üzerine Çalışmalar

Chun Lu ve arkadaşları (2024) tarafından yapılan bir çalışma, saf hidrojen motorlarında gaz yakıt enjeksiyon stratejilerinin yanma özellikleri ve NOx emisyon performansı üzerindeki etkilerini incelemiştir. Bu çalışmada, hidrojen port enjeksiyonu (HPI) ve hidrojen direkt enjeksiyonu (HDI) stratejileri karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, HDI modunun yanma performansı ve güç çıkışı açısından HPI modundan daha üstün olduğunu göstermiştir. Ayrıca, enjeksiyon zamanlamasının optimize edilmesiyle NOx emisyonlarının EURO 5 standartlarını karşıladığı tespit edilmiştir.

4.1.11.3. Doğrudan Enjeksiyonlu Hidrojen Motorları

Zhen Hu ve arkadaşları (2024), doğrudan enjeksiyonlu (DI) hidrojen motorlarında enjeksiyon basıncının karışım oluşumu ve yanma dinamikleri üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Çalışma, düşük basınçlı enjeksiyonun, özellikle geç enjeksiyon stratejisi altında, yanma performansını artırdığını ortaya koymuştur. Ayrıca, nozul çapının artırılmasıyla düşük basınçlı enjeksiyonun yüksek basınçlı enjeksiyona benzer performans sağlayabileceği gösterilmiştir.

4.1.11.4. Hidrojen Enjeksiyon Zamanlaması ve Basıncının Etkileri

Zeyuan Huang ve arkadaşları (2024), hidrojen enjeksiyon zamanlaması ve basıncının, doğrudan enjeksiyonlu bir motorun karışım oluşumu ve yanma özellikleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışma, enjeksiyon basıncının düşürülmesinin, karışım dağılımını iyileştirerek yanma hızını artırdığını ve NOx emisyonlarını yükselttiğini göstermiştir. Ayrıca, nozul çapının artırılmasının, karışım homojenliği üzerinde sınırlı bir etkisi olduğu tespit edilmiştir.

4.1.11.5. Akıllı İmalat ve Dijitalleşme

Otomotiv endüstrisi, robotik, otomasyon ve veri analitiği gibi Akıllı İmalat teknolojilerinin benimsenmesiyle dijital dönüşüm sürecindedir. Bu teknolojiler, üretim süreçlerinin optimizasyonu, ürün kalitesinin artırılması ve maliyetlerin düşürülmesi açısından büyük fırsatlar sunmaktadır.

4.1.11.6. Sürdürülebilirlik ve Alternatif Yakıtlar

Çevresel kaygılar ve emisyon düzenlemeleri, hidrojen, biyoyakıtlar ve sıkıştırılmış doğal gaz (CNG) gibi alternatif yakıtlara olan ilgiyi artırmaktadır. Bu yakıtlar, sürdürülebilir ulaşım çözümleri sunarak otomotiv sektörünün çevresel etkisini azaltmayı hedeflemektedir.

4.1.11.7. 3D Baskı ve Eklemeli Üretim

3D baskı teknolojisi, otomotiv endüstrisinde karmaşık parçaların hızlı prototiplenmesi ve talep üzerine üretimi için kullanılmaktadır. Bu teknoloji, üretim süreçlerinin esnekliğini ve verimliliğini artırarak maliyetleri düşürmektedir.

Otomotiv sektöründeki bilimsel çalışmalar ve teknolojik yenilikler, özellikle hidrojen yakıt teknolojisi, elektrikli araçlar, otonom sürüş ve dijitalleşme alanlarında hızla ilerlemektedir. Bu gelişmeler, sektörün sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmasını ve küresel rekabet gücünü artırmasını sağlamaktadır. Türk otomotiv endüstrisi, bu trendlere uyum sağlayarak Ar-Ge yatırımlarını artırmalı ve yenilikçi çözümler geliştirmelidir.

4.1.11.8. Hibrit Araçlar

İklim değişikliği ve hava kirliliği gibi çevresel sorunların artması, otomotiv endüstrisini elektrikli ve hibrit araç teknolojilerine yönlendirmiştir. Bu alandaki araştırmalar, enerji yoğunluğu yüksek, hızlı şarj edilebilen ve uzun ömürlü pil sistemlerinin geliştirilmesine odaklanmaktadır. Ayrıca, araç şasisi ve gövde yapılarında hafif ancak dayanıklı malzemelerin kullanımı, menzil ve enerji verimliliğini artırmak için önemli bir araştırma alanıdır.

- **Hibrit Elektrikli Araçlar (HEV'ler):** Hibrit elektrikli araçlar (HEV'ler), geleneksel içten yanmalı motorlar ile elektrikli tahrik sistemlerini birleştirerek yakıt verimliliğini artırmayı, emisyonları azaltmayı ve enerji tasarrufu sağlamayı hedeflemektedir. HEV'ler, yüksek performans, düşük emisyon ve genişletilmiş menzil gibi avantajlarla öne çıkmaktadır. Büyük otomotiv üreticileri, bu teknolojileri geliştirerek pazara sunmaktadır.

- **Enerji Yönetim Sistemleri:** HEV'lerde birden fazla enerji kaynağını koordine eden enerji yönetim sistemleri, yakıt ekonomisini optimize ederken performansı ve sürüş menzili korumayı amaçlamaktadır. Bu sistemler, dinamik programlama ve eşdeğer tüketim minimizasyonu gibi optimal kontrol teorileriyle desteklenmektedir.

- **Yüksek Güçlü Bataryalar:** HEV'ler için geliştirilen yüksek güçlü bataryalar, araç menzili artırırken batarya boyutlarının küçültülmesine olanak tanımaktadır. Bu alandaki araştırmalar, sistem optimizasyonu ve batarya teknolojilerinin iyileştirilmesine odaklanmaktadır.

- **Yeni Teknolojiler:** Termoelektrik atık ısı geri kazanım sistemleri, entegre marş jeneratörleri ve elektronik sürekli değişken şanzımanlar gibi enerji verimliliğini artıran teknolojiler, HEV'lerin performansını daha da geliştirmek için araştırılmaktadır.

- **Lityum Titanat (LTO) Pillerin Ağır Hizmet Araçlarında Kullanımı:** Guoju Dang ve arkadaşları (2023), hibrit elektrikli ağır hizmet araçlarında lityum titanyum oksit (LTO) pillerin kullanımını incelemiştir. Bu çalışmada, LTO pillerinin yüksek hızlı şarj ve deşarj özellikleri nedeniyle ağır hizmet araçları için uygun olduğu tespit edilmiştir.

- **Makine Öğrenimi ile Enerji Yönetimi Stratejileri:** Julakha Jahan Jui ve arkadaşları (2024), hibrit elektrikli araçlar için enerji yönetimi stratejilerini (EMS) makine öğrenimi teknikleriyle geliştirmeye odaklanmıştır. Geleneksel optimal kontrol teorisine dayalı EMS'lerin yanı sıra, makine öğrenimi ve yapay zeka (AI) tekniklerinin kullanımı, HEV'lerin yakıt tüketimini azaltırken performansını artırmada önemli bir potansiyel sunmaktadır. Bu çalışma, makine öğrenimi algoritmalarının dinamik çalışma ortamlarına uyum sağlama ve karmaşık sistem davranışlarını yönetme yeteneklerini vurgulamaktadır.

- **HEV Güç Aktarma Sistemlerinin İzlenmesi:** Weichen Hao ve arkadaşları (2024), hibrit elektrikli araçların güç aktarma sistemlerinin performansını izlemek için yeni bir yöntem geliştirmiştir. Bu yöntem, temel performans göstergeleri (KPI'ler) kullanılarak güç aktarma sistemindeki arızaların tespit edilmesini ve nedenlerinin analiz edilmesini sağlamaktadır. Simülasyon sonuçları, bu yöntemin motor ve motor aşırı ısınma hatalarını doğru bir şekilde teşhis etme yeteneğini göstermektedir.

Hibrit elektrikli araçlar, sürdürülebilir ve verimli bir ulaşım sistemi oluşturma hedefiyle geleneksel ve elektrikli tahrik sistemlerini birleştiren önemli bir teknolojik adımdır. HEV'lerin geliştirilmesi, enerji yönetimi stratejileri, batarya teknolojileri ve yeni malzemeler üzerine yapılan araştırmalar, otomotiv endüstrisinin çevresel etkilerini azaltma ve enerji verimliliğini artırma konusundaki kararlılığını göstermektedir. Hükümetler, endüstri ve araştırma kurumları arasındaki iş birliği, bu teknolojilerin daha da geliştirilerek tüketiciler için erişilebilir hale getirilmesinde kritik bir rol oynamaktadır.

4.1.11.9. Otonom Sürüş ve Gelişmiş Sürücü Destek Sistemleri (ADAS)

Otonom sürüş teknolojileri, insan müdahalesi olmadan araçların yön bulma, çevreyi algılama ve karar verme yeteneklerini geliştirmeyi hedeflemektedir. Bu teknolojiler, LiDAR, radar ve kameralar gibi gelişmiş sensörler ile yapay zeka tabanlı algoritmaların entegrasyonu sayesinde gerçek zamanlı veri işleme ve karar alma yeteneklerine sahiptir. Otonom sürüş, trafik kazalarını azaltma, sürüş konforunu artırma ve ulaşım verimliliğini iyileştirme potansiyeliyle otomotiv endüstrisinde devrim niteliğinde bir dönüşümü temsil etmektedir.

Gelişmiş Sürücü Destek Sistemleri (ADAS): ADAS teknolojileri, sürücü güvenliğini ve konforunu artırmak için çeşitli özellikler sunmaktadır. Bu sistemler, sürücülere çeşitli sürüş görevlerinde yardımcı olarak kaza riskini azaltmayı ve sürüş deneyimini iyileştirmeyi hedeflemektedir. ADAS'ın öne çıkan özellikleri şunlardır:

- **Uyarlanabilir Hız Sabitleyici (Adaptive Cruise Control - ACC):** Araç, öndeki aracın hızını algılayarak otomatik olarak hızını ayarlar ve güvenli bir mesafeyi korur.
- **Şerit Takip Yardımı (Lane Keeping Assist - LKA):** Araç, şeritten çıkmaya başladığında sürücüyü uyarır veya otomatik olarak şeride geri döner.
- **Otomatik Park Sistemleri:** Araç, park etme işlemini sürücü müdahalesi olmadan gerçekleştirir.
- **Çarpışma Önleme Sistemleri:** Araç, olası bir çarpışma riskini algıladığında sürücüyü uyarır veya otomatik olarak fren yapar.

ADAS sistemleri, doğruluk, güvenilirlik ve farklı sürüş koşullarına uyum sağlama açısından sürekli olarak geliştirilmektedir. Bu sistemler, otonom sürüşün temelini oluşturan kritik teknolojilerdir.

4.1.11.10. Araçtan Her Şeye (V2X) İletişim

V2X (Vehicle-to-Everything) iletişimi, araçların çevrelerindeki diğer varlıklarla iletişim kurmasını sağlayan bir teknolojidir. Bu teknoloji, yol güvenliğini artırma, trafik verimliliğini iyileştirme ve sürüş deneyimini geliştirme potansiyeliyle öne çıkmaktadır. V2X iletişimi, dört ana bileşenden oluşmaktadır:

- **Araçtan Araca (V2V - Vehicle-to-Vehicle) İletişim:** V2V iletişimi, araçlar arasında doğrudan veri alışverişini sağlar. Araçlar, hız, konum, yön ve durum gibi bilgileri birbirleriyle paylaşarak çarpışma önleme, trafik akışını optimize etme ve acil durum uyarıları gibi uygulamaları mümkün kılar. Örneğin, bir aracın ani fren yapması durumunda arkadaki araçlar otomatik olarak uyarılabilir.

- **Araçtan Altyapıya (V2I - Vehicle-to-Infrastructure) İletişim:** V2I iletişimi, araçların trafik ışıkları, yol işaretleri ve gişeler gibi yol kenarı altyapısıyla veri alışverişinde bulunmasını sağlar. Bu teknoloji, trafik ışığı optimizasyonu, kavşak çarpışma uyarıları ve yol durumu izleme gibi uygulamalarla trafik akışını iyileştirir.

- **Araçtan Yayaya (V2P - Vehicle-to-Pedestrian) İletişim:** V2P iletişimi, araçların yayalar, bisikletliler ve diğer korunmasız yol kullanıcılarıyla iletişim kurmasını sağlar. Bu teknoloji, özellikle sürücülerin fark edemeyeceği durumlarda yayaların varlığını tespit ederek kazaları önlemeyi hedefler.

- **Araçtan Ağa (V2N - Vehicle-to-Network) İletişim:** V2N iletişimi, araçların hücre-şel ağlar veya özel V2X ağları üzerinden bulut tabanlı hizmetlere erişmesini sağlar. Bu bağlantı, gerçek zamanlı trafik ve hava durumu güncellemeleri, merkezi trafik yönetim sistemleriyle iletişim ve kablosuz yazılım güncellemeleri gibi özellikleri mümkün kılar.

V2X iletişimi, araçların giderek daha bağlantılı ve akıllı hale gelmesiyle birlikte yol güvenliğini artırma, trafik sıkışıklığını azaltma ve ulaşım verimliliğini iyileştirme konusunda büyük bir potansiyele sahiptir. Ancak, bu teknolojinin yaygın bir şekilde benimsenmesi için aşağıdaki zorlukların aşılması gerekmektedir:

- **Teknik Zorluklar:** V2X sistemlerinin farklı araçlar ve altyapılar arasında uyumlu çalışması için standartların belirlenmesi gerekmektedir.
- **Düzenleyici Zorluklar:** V2X teknolojisinin yaygınlaşması için hükümetler ve düzenleyici kurumlar tarafından uygun politikaların ve yönetmeliklerin oluşturulması gereklidir.
- **Güvenlik ve Gizlilik:** V2X iletişimi sırasında veri güvenliği ve kullanıcı gizliliğinin sağlanması büyük önem taşımaktadır. Siber saldırılara karşı koruma mekanizmalarının geliştirilmesi gerekmektedir.
- **Altyapı Yatırımları:** V2X teknolojisinin etkin bir şekilde kullanılabilmesi için akıllı altyapı yatırımlarının yapılması gerekmektedir.

Otonom sürüş ve V2X iletişim teknolojileri, otomotiv endüstrisinde devrim yaratma potansiyeline sahiptir. Bu teknolojiler, yol güvenliğini artırma, trafik verimliliğini iyileştirme ve sürüş deneyimini geliştirme açısından önemli fırsatlar sunmaktadır. Ancak, bu teknolojilerin yaygınlaşması için otomotiv üreticileri, altyapı sağlayıcıları, düzenleyiciler ve diğer paydaşlar arasında iş birliği yapılması ve teknik, düzenleyici ve güvenlikle ilgili zorlukların aşılması gerekmektedir. Bu adımlar atıldığında, otonom sürüş ve V2X teknolojileri, geleceğin akıllı ve sürdürülebilir ulaşım sistemlerinin temelini oluşturacaktır.

4.1.11.11. Enerji Verimliliği ve Sürdürülebilirlik

Otomotiv endüstrisi, enerji verimliliğini artırmak ve çevresel sürdürülebilirliği sağlamak için çeşitli teknolojik çözümler üzerinde çalışmaktadır. Bu çalışmalar, hem içten yanmalı motorların performansını iyileştirmeyi hem de alternatif enerji kaynaklarının kullanımını yaygınlaştırmayı hedeflemektedir.

4.1.11.12. İçten Yanmalı Motorların Verimliliğini Artırma

- **İleri Yanma Teknikleri:** Araştırmacılar, içten yanmalı motorların verimliliğini artırmak için homojen dolgu sıkıştırma ateşlemesi (HCCI) ve düşük sıcaklık yanması gibi ileri yanma tekniklerini geliştirmektedir. Bu teknikler, yakıt tüketimini azaltırken emisyonları da düşürmeyi amaçlamaktadır.
- **Hibrit Güç Aktarma Organları:** Hibrit sistemler, içten yanmalı motorlar ile elektrikli tahrik sistemlerini birleştirerek yakıt verimliliğini artırmaktadır. Bu sistemler, özellikle şehir içi sürüş koşullarında enerji tasarrufu sağlamaktadır.

4.1.11.13. Alternatif Yakıtlar ve Sürdürülebilir Çözümler

- **Hidrojen Yakıt Hücreleri:** Hidrojen yakıt hücreleri, sıfır emisyonlu bir enerji kaynağı olarak otomotiv endüstrisinde giderek daha fazla ilgi görmektedir. Bu teknoloji, özellikle uzun menzilli ve ağır hizmet araçları için uygun bir çözüm sunmaktadır.
- **Biyoyakıtlar:** Biyoyakıtlar, fosil yakıtlara kıyasla daha düşük karbon ayak izine sahip olmaları nedeniyle sürdürülebilir bir alternatif olarak değerlendirilmektedir. Araştırmalar, biyoyakıtların performansını artırmak ve maliyetlerini düşürmek üzerine yoğunlaşmaktadır.

4.1.11.14. Bağlantılı ve Akıllı Araçlar

Bağlantılı ve akıllı araç teknolojileri, sürüş deneyimini geliştirmek, güvenliği artırmak ve enerji kullanımını optimize etmek için çeşitli yenilikler sunmaktadır. Bu teknolojiler, internet bağlantısı, araçtan buluta iletişim ve yapay zeka gibi bileşenleri kapsamaktadır.

Bağlantılı Araç Teknolojileri

- **Araçtan Buluta (V2C) İletişim:** Araçlar, bulut tabanlı sistemlere bağlanarak gerçek zamanlı trafik bilgisi, hava durumu güncellemeleri ve yazılım güncellemeleri gibi hizmetlere erişebilmektedir.

- **Araç İçi Bilgi-Eğlence Sistemleri:** Bağlantılı araçlar, sürücülere ve yolculara gelişmiş navigasyon, eğlence ve kişiselleştirilmiş hizmetler sunmaktadır.

Akıllı Araçlar ve Yapay Zeka

- **Tahmine Dayalı Modelleme:** Yapay zeka ve makine öğrenimi algoritmaları, araçların sürücü davranışını tahmin etmesini, enerji kullanımını optimize etmesini ve güvenliği artırmasını sağlamaktadır.
- **Tahmine Dayalı Bakım:** Akıllı araçlar, sensör verilerini analiz ederek olası arızaları önceden tespit edebilmekte ve bakım süreçlerini optimize etmektedir.

4.1.11.15. Gelişmiş Malzemeler ve Üretim Süreçleri

Otomotiv endüstrisi, araçların performansını artırmak ve çevresel etkilerini azaltmak için gelişmiş malzemeler ve üretim süreçleri üzerinde çalışmaktadır.

Hafif ve Sürdürülebilir Malzemeler

- **Kompozit Malzemeler:** Karbon fiber ve cam elyaf gibi kompozit malzemeler, araçların ağırlığını azaltarak yakıt verimliliğini artırmaktadır.
- **Geri Dönüştürülebilir Malzemeler:** Otomotiv üreticileri, geri dönüştürülebilir ve çevre dostu malzemelerin kullanımını yaygınlaştırmaktadır.

Katmanlı Üretim (3D Baskı)

- **Tasarım Esnekliği:** 3D baskı teknolojisi, karmaşık geometriye sahip parçaların üretimini mümkün kılarak tasarım esnekliğini artırmaktadır.
- **Atık Azaltma:** Katmanlı üretim süreçleri, geleneksel üretim yöntemlerine kıyasla daha az malzeme atığı üretmektedir.
- **Hızlı Prototipleme:** 3D baskı, yeni tasarımların hızlı bir şekilde prototip haline getirilmesine olanak tanımaktadır.

Otomotiv endüstrisi, enerji verimliliği, sürdürülebilirlik, bağlantılı araç teknolojileri ve gelişmiş malzemeler alanındaki araştırmalarla hızla dönüşmektedir. Bu yenilikler, araçların performansını artırırken çevresel etkilerini azaltmayı ve sürüş deneyimini iyileştirmeyi hedeflemektedir. Özellikle alternatif yakıtlar, yapay zeka tabanlı sistemler ve katmanlı üretim teknikleri, geleceğin otomotiv teknolojilerinin temelini oluşturmaktadır. Bu alandaki çalışmalar, otomotiv endüstrisinin daha sürdürülebilir ve akıllı bir geleceğe doğru ilerlemesine katkıda bulunmaktadır.

4.1.12. Tartışma

Otomotiv sektörü, küresel düzeyde yaşanan yapısal dönüşüm süreçlerinden doğrudan etkilenen stratejik bir sanayi koludur. Elektrikli araçlara (EV) geçiş, bağlantılı ve otonom sürüş teknolojileri, sürdürülebilir üretim pratikleri ve döngüsel ekonomi uygulamaları gibi trendler, sektörün hem üretim süreçlerini hem de rekabet dinamiklerini köklü biçimde dönüştürmektedir. Bu dönüşüm, yalnızca ürün bazında değil, aynı zamanda değer zincirinin tüm halkalarında – Ar-Ge, tedarik, üretim, satış ve satış sonrası hizmetlerde – yeniden yapılanmayı zorunlu kılmaktadır.

Küresel ölçekte yaşanan bu değişimlere paralel olarak Türkiye otomotiv sektörü de dönüşüm baskısı altındadır. Türkiye, otomotiv üretiminde uzun yıllardır önemli bir üretim ve ihracat üssü olarak konumlanmakla birlikte, sektördeki yeni teknolojilere geçişte yapısal bazı zorluklarla karşı karşıyadır. Elektrikli araç üretim kapasitesinin artırılması, batarya teknolojileri konusunda yerli know-how eksikliği, kritik ham madde tedarikine bağımlılık ve şarj altyapısının yetersizliği, sektördeki yenilikçi dönüşümün önündeki başlıca engeller arasında yer almaktadır. Ayrıca, küresel otomotiv firmalarının tedarik zinciri stratejilerini gözden geçirmesiyle birlikte Türkiye'nin rekabetçi konumunun sürdürülebilirliği de yeniden değerlendirilmektedir.

Öte yandan, Türkiye'nin sahip olduğu güçlü yan sanayi yapısı, deneyimli işgücü, üretim kalitesi ve coğrafi konumu gibi avantajlar, dönüşüm sürecinde önemli kaldıraçlar sunmaktadır. Özellikle yerli otomobil projesi (TOGG), sektördeki dönüşüm dinamiklerini hızlandırabilecek sembolik ve stratejik bir adımdır. Bununla birlikte, bu tür girişimlerin başarıya ulaşması, sadece üretim değil; aynı zamanda yenilikçilik, Ar-Ge yetkinliği, uluslararası ortaklıklar ve iç pazarda dönüşümün desteklenmesiyle mümkün olacaktır.

Sektörün karşı karşıya olduğu bir diğer önemli tartışma alanı ise sürdürülebilirlik ile ekonomik rekabet arasındaki dengeyi kurmaktır. Avrupa Birliği başta olmak üzere pek çok ülke, karbon nötr hedefleri doğrultusunda emisyon standartlarını sertleştirirken, üreticilerin bu standartlara uyum sağlaması büyük yatırım ve teknoloji dönüşümünü zorunlu kılmaktadır. Türkiye'nin bu dönüşüme hem mevzuat uyumu hem de altyapı yatırımları ile yanıt vermesi gerekmektedir. Aksi takdirde, dış pazarlarda rekabetçiliğin zayıflaması ve ihracatta daralma gibi riskler gündeme gelebilecektir.

Türkiye otomotiv sektörünün geleceği, küresel teknolojik ve çevresel dönüşüme ne derece hazırlıklı olduğu ve bu dönüşümü yönetecek stratejik iradeyi ne ölçüde kurumsallaştırabildiğiyle doğrudan bağlantılıdır. Sektördeki yapısal dönüşümün sadece sanayi politikalarıyla değil, aynı zamanda iş gücü yetkinliklerinin geliştirilmesi, üniversite-sanayi iş birliğinin artırılması, girişimcilik ekosisteminin güçlendirilmesi ve finansal erişimin desteklenmesi gibi çok boyutlu stratejilerle ele alınması gerekmektedir.

4.1.13. Otomotiv Sanayi İçin Öneriler

4.1.13.1. Araştırma ve Geliştirmeye (Ar-Ge) Yatırım:

Türkiye otomotiv sektörü, yenilikçiliği ve teknolojik ilerlemeyi teşvik etmek için Ar-Ge faaliyetlerine daha fazla kaynak ayırmalıdır. Üniversiteler, araştırma kurumları ve endüstri paydaşlarıyla iş birlikleri güçlendirilerek, uzmanlık ve son teknolojilere erişim sağlanmalıdır.

4.1.13.2. Elektrikli ve Hibrit Araçlara Odaklanma

Elektrikli ve hibrit araç teknolojilerinin geliştirilmesine yönelik yatırımlar artırılmalı ve elektrifikasyona geçiş süreci hızlandırılmalıdır. Elektrikli araçların yaygınlaşmasını desteklemek için şarj istasyonu altyapısı ve pil üretim tesislerinin kurulumu teşvik edilmelidir.

4.1.13.3. Tedarik Zinciri Verimliliğinin Artırılması

Otomotiv tedarik zincirinde verimliliği artırmak için teslim sürelerinin kısaltılması, envanter yönetiminin iyileştirilmesi ve maliyetlerin optimize edilmesi gerekmektedir. Tedarikçilerle kurulacak güçlü ortaklıklar, bileşen ve malzemelerin güvenilir ve sürdürülebilir bir şekilde temin edilmesini sağlayacaktır.

4.1.13.4. İhracat Odaklı Büyümenin Teşvik Edilmesi

Türkiye otomotiv sektörü, mevcut pazarlardaki varlığını korurken, gelişmekte olan pazarlara yönelik ihracat stratejileri geliştirmelidir. Rekabetçi fiyatlandırma, kalite güvencesi ve satış sonrası hizmetler sunarak uluslararası müşterilerin ilgisini çekmek ve pazar payını genişletmek önemlidir.

4.1.13.5. Beceri Geliştirmeye Yatırım Yapılması

Gelişmiş üretim, otomasyon ve dijitalleşme gibi alanlarda iş gücünün yetkinliklerini artırmak için eğitim programları ve beceri geliştirme girişimleri hayata geçirilmelidir. Meslek liseleri ve meslek yüksekokulları, sektörün ihtiyaç duyduğu nitelikli iş gücünün yetiştirilmesinde kilit rol oynamalıdır.

Bu kapsamda:

- Mesleki eğitim programlarının içerikleri, iş dünyası ile iş birliği içinde güncellenmeli.
- Yerel ihtiyaçlara uygun eğitim programları oluşturulmalı ve atölye/laboratuvar alt-yapıları modernize edilmeli.
- Öğrencilerin üretim süreçlerine aktif katılımı sağlanarak, ekonomik döngüye katkıda bulunmaları teşvik edilmeli.
- Mezunlara iş garantisi sağlanması ve mesleki yeterlilik belgelerinin verilmesi için yasal düzenlemeler yapılmalı.

4.1.13.6. Akıllı İmalat Teknolojilerinin Benimsenmesi

Otomotiv üretim süreçlerinde dijitalleşme ve otomasyonun benimsenmesi, üretkenlik, kalite ve verimliliği artıracaktır. Nesnelerin İnterneti (IoT), yapay zeka ve veri analitiği gibi teknolojilerin kullanımı, üretim operasyonlarının optimize edilmesini ve tahmine dayalı bakım süreçlerinin uygulanmasını mümkün kılacaktır.

4.1.13.7. Çevresel Sorumluluğun Sürdürülmesi

Sürdürülebilir üretim uygulamaları benimsenerek, çevresel etki en aza indirilmelidir. Emisyonların azaltılması, atık yönetimi ve geri dönüştürülebilir malzemelerin kullanımı gibi çevre dostu uygulamalar, sektörün sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmasını sağlayacaktır. Elektrikli aktarma organları ve diğer çevre dostu teknolojilerin geliştirilmesi de bu kapsamda önemlidir.

4.1.13.8. Devlet Desteği ve Politika Uyumlaması

Otomotiv sektörünün büyümesini destekleyen vergi teşvikleri, Ar-Ge sübvansiyonları ve ticaret anlaşmaları gibi politikaların oluşturulması için devlet kurumlarıyla iş birliği yapılmalıdır. Küresel pazarda yenilikçiliği ve rekabetçiliği teşvik eden politikaların savunulması, sektörün uluslararası arenada güçlenmesine katkıda bulunacaktır.

4.1.13.9. Çeşitlendirme ve Dikey Entegrasyon

Otomotiv elektroniği, bağlantı çözümleri ve mobilite hizmetleri gibi ilgili sektörlerle yönelik çeşitlendirme fırsatları değerlendirilmelidir. Dikey entegrasyon stratejileriyle, değer zincirinin kritik bileşenleri üzerinde kontrol sağlanarak dış tedarikçilere bağımlılık azaltılmalıdır.

4.1.13.10. Sürekli Pazar Analizi ve Stratejik Planlama

Otomotiv endüstrisindeki trendler, tüketici tercihleri ve rekabet dinamikleri düzenli olarak analiz edilmelidir. Uzun vadeli stratejik planlar, pazar öngörülerine ve uyarlanabilirliğe dayalı olarak geliştirilmeli, böylece belirsizliklerin üstesinden gelinerek büyüme fırsatlarından maksimum düzeyde yararlanılmalıdır. Bu stratejik önerilerin uygulanması, Türk otomotiv sektörünün küresel pazarda rekabet gücünü artırarak sürdürülebilir büyüme sağlamasına ve öne çıkmasına yardımcı olacaktır.

Kaynaklar

- [1] OICA – International Organization of Motor Vehicle Manufacturers.
- [2] Müsiad Otomotiv ve Ulaşım Araçları Sektör Kurulu Raporu 2024.
- [3] Karagöz, K. (2021). Türkiye'de otomotiv sektörünün ekonomiye etkisi: Ekonometrik bir analiz. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 6(12), 126-143.
- [4] İçingür, Y. ve Çengelci, A. (2001). Türkiye'de Otomotiv Endüstrisinin Sektörel Analizi, Selçuk Teknik Online Dergisi, cilt 1, SA 3, 1-8.
- [5] Dolanay, S. S. ve Oğuztürk, B. S. (2019). Otomotiv Sanayinde Teknoloji Geliştirme Yeteneğinin Kazanılması ve Patika Bağlılığı (Güney Kore – Türkiye), Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt 24, SA 3, 495-511.
- [6] Altuğ, M. (2010). 1960 ile 1980 Yılları Arası Türk Otomotiv Sektörünün Gelişmesi, Marmara Üniversitesi SBE, Doktora Tezi, İstanbul.
- [7] Çetin, B., Barış, S. ve Sarıoğlu, S. (2011). Türkiye'de Karayollarının Gelişimine Tarihsel Bir Bakış, Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi. Cilt:1, SA 1, 123-150.
- [8] Yücel, İ. (2018). Marshall Planı ve Türkiye'ye Etkisi, Ankara Üniversitesi SBE, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- [9] Bedir, A. (2002). Türkiye'de Otomotiv Sanayii Gelişme Perspektifi Devlet Planlama Teşkilatı Yayın No: DPT 2660, Ankara.
- [10] Black, A., Roy, P., El-Haddad, A. ve Yılmaz, K. (2020). The political economy of automotive industry development policy in middle income countries: A comparative analysis of Egypt, India, South Africa and Turkey, ESID Working Paper No. 143.
- [11] <https://tr.wikipedia.org/wiki/TOGG>.
- [12] Statista, 2023.
- [13] Lejarraga, I., Kouzul-Wright, A., Primi, A., Toselli, M., & Wermelinger, M. (2016, November). Upgrading pathways in the automotive value chain. In Background document for the 7th Plenary Meeting of the OECD Initiative for Policy Dialogue on GVCs, Production Transformation and Upgrading, OECD.
- [14] Trademap, 2021.
- [15] www.oica.net/category/production-statistics/2023-statistics/
- [16] www.statista.com/statistics/262747/worldwide-automobile-production-since-2000/
- [17] www.statista.com/statistics/574151/global-automotive-industry-revenue/
- [18] www.kolayihracat.gov.tr/sektorler/otomotiv
- [19] www.oica.net/category/sales-statistics/
- [20] Türkiye İhracatçılar Meclisi 2023 Raporu.
- [21] data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Motorlu-Kara-Tasitlari-Aralik-2022-49436

- [22] On İkinci Kalkınma Planı (2024-2028), T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji Ve Bütçe Başkanlığı.
- [23] 2030 Sanayi ve Teknoloji Strateji Belgesi, T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Stratejik Araştırmalar ve Verimlilik Genel Müdürlüğü (Mart 2025).
- [24] Jamal, Y., & Wyszynski, M. (1994). On-board generation of hydrogen-rich gaseous fuels—a review. *International Journal of Hydrogen Energy*, 19, 557-572. [https://doi.org/10.1016/0360-3199\(94\)90213-5](https://doi.org/10.1016/0360-3199(94)90213-5).
- [25] Finegold, J. (1976). Hydrogen: Primary or Supplementary Fuel for Automotive Engines. *International Journal of Hydrogen Energy*, 3, 83-104. [https://doi.org/10.1016/0360-3199\(78\)90058-7](https://doi.org/10.1016/0360-3199(78)90058-7).
- [26] Dimitriou, P., Kumar, M., Tsujimura, T., & Suzuki, Y. (2018). Combustion and emission characteristics of a hydrogen-diesel dual-fuel engine. *International Journal of Hydrogen Energy*. <https://doi.org/10.1016/J.IJHYDENE.2018.05.062>.
- [27] Brown, L. (2001). A comparative study of fuels for on-board hydrogen production for fuel-cell-powered automobiles. *International Journal of Hydrogen Energy*, 26, 381-397. [https://doi.org/10.1016/S0360-3199\(00\)00092-6](https://doi.org/10.1016/S0360-3199(00)00092-6).
- [28] Schlapbach, L. (2009). Technology: Hydrogen-fuelled vehicles. *Nature*, 460, 809-811. <https://doi.org/10.1038/460809a>.
- [29] Wolf, J. (2002). Liquid-Hydrogen Technology for Vehicles. *Mrs Bulletin*, 27, 684-687. <https://doi.org/10.1557/MRS2002.222>.
- [30] Kumar, R., Loganathan, M., & Gunasekaran, E. (2015). Performance, emission and combustion characteristics of CI engine fuelled with diesel and hydrogen. *Frontiers in Energy*, 9, 486 - 494. <https://doi.org/10.1007/s11708-015-0368-4>.
- [31] T-Raissi, A., & Block, D. (2004). Hydrogen: automotive fuel of the future. *IEEE Power and Energy Magazine*, 2, 40-45. <https://doi.org/10.1109/MPAE.2004.1359020>.
- [32] Lu, C., Chen, W., Zuo, Q., Kou, C., Wang, H., Xiao, G., ... & Ma, Y. (2024). Numerical investigation on gaseous fuel injection strategies on combustion characteristics and NO emission performance in a pure hydrogen engine. *Fuel*, 363, 130911.
- [33] Hu, Z., Yuan, S., Wei, H., Huang, Z., Wei, H., Chan, S. H., & Zhou, L. (2024). High-pressure injection or low-pressure injection for a direct injection hydrogen engine?. *International Journal of Hydrogen Energy*, 59, 383-389.
- [34] Huang, Z., Yuan, S., Wei, H., Zhong, L., Hu, Z., Liu, Z., ... & Zhou, L. (2024). Effects of hydrogen injection timing and injection pressure on mixture formation and combustion characteristics of a hydrogen direct injection engine. *Fuel*, 363, 130966.
- [35] Chan, C. (2007). The State of the Art of Electric, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles. *Proceedings of the IEEE*, 95, 704-718. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2007.892489>.
- [36] Chan, C. (2002). The state of the art of electric and hybrid vehicles. *Proc. IEEE*, 90, 247-275. <https://doi.org/10.1109/5.989873>.
- [37] Fathy, H. (2018). Hybrid Electric Vehicles: Energy Management Strategies [Bookshelf]. *IEEE Control Systems*, 38, 97-98. <https://doi.org/10.1109/MCS.2017.2786449>.
- [38] Liu, J., & Peng, H. (2008). Modeling and Control of a Power-Split Hybrid Vehicle. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 16, 1242-1251. <https://doi.org/10.1109/TCST.2008.919447>.
- [39] Ehsani, M., Gao, Y., & Miller, J. (2007). Hybrid Electric Vehicles: Architecture and Motor Drives. *Proceedings of the IEEE*,

- 95, 719-728. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2007.892492>.
- [40] Chau, K., & Wong, Y. (2002). Overview of power management in hybrid electric vehicles. *Energy Conversion and Management*, 43, 1953-1968. [https://doi.org/10.1016/S0196-8904\(01\)00148-0](https://doi.org/10.1016/S0196-8904(01)00148-0).
- [41] Chau, K., & Chan, C. (2007). Emerging Energy-Efficient Technologies for Hybrid Electric Vehicles. *Proceedings of the IEEE*, 95, 821-835. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2006.890114>.
- [42] Chau, K., & Wong, Y. (2001). Hybridization of energy sources in electric vehicles. *Energy Conversion and Management*, 42, 1059-1069. [https://doi.org/10.1016/S0196-8904\(00\)00128-X](https://doi.org/10.1016/S0196-8904(00)00128-X).
- [43] Miller, J. (2006). Hybrid electric vehicle propulsion system architectures of the e-CVT type. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 21, 756-767. <https://doi.org/10.1109/TPEL.2006.872372>.
- [44] Fellner, C., & Newman, J. (2000). High-power batteries for use in hybrid vehicles. *Journal of Power Sources*, 85, 229-236. [https://doi.org/10.1016/S0378-7753\(99\)00344-4](https://doi.org/10.1016/S0378-7753(99)00344-4).
- [45] Dang, G., Zhang, M., Min, F., Zhang, Y., Zhang, B., Zhang, Q., ... & Mao, S. S. (2023). Lithium titanate battery system enables hybrid electric heavy-duty vehicles. *Journal of Energy Storage*, 74, 109313.
- [46] Jui, J. J., Ahmad, M. A., Molla, M. I., & Rashid, M. I. M. (2024). Optimal Energy Management Strategies for Hybrid Electric Vehicles: A Recent Survey of Machine Learning Approaches. *Journal of Engineering Research*.
- [47] Hao, W., Wang, Y., Wang, Y., Lu, S., Lou, Z., Lan, Y., & Hou, W. (2024). KPI-related monitoring approach for powertrain system in hybrid electric vehicles. *Energy Reports*, 11, 3245-3255.
- [48] Lopes, J., Soares, F., & Almeida, P. (2011). Integration of Electric Vehicles in the Electric Power System. *Proceedings of the IEEE*, 99, 168-183. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2010.2066250>.
- [49] Emadi, A., Lee, Y., & Rajashekara, K. (2008). Power Electronics and Motor Drives in Electric, Hybrid Electric, and Plug-In Hybrid Electric Vehicles. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 55, 2237-2245. <https://doi.org/10.1109/TIE.2008.922768>.
- [50] Chan, C. (2002). The state of the art of electric and hybrid vehicles. *Proc. IEEE*, 90, 247-275. <https://doi.org/10.1109/5.989873>.
- [51] Chan, C. (1993). An overview of electric vehicle technology. *Proc. IEEE*, 81, 1202-1213. <https://doi.org/10.1109/5.237530>.
- [52] Hori, Y. (2004). Future vehicle driven by electricity and Control-research on four-wheel-motored "UOT electric march II". *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 51, 954-962. <https://doi.org/10.1109/TIE.2004.834944>.
- [53] Ehsani, M., Gao, Y., & Miller, J. (2007). Hybrid Electric Vehicles: Architecture and Motor Drives. *Proceedings of the IEEE*, 95, 719-728. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2007.892492>.
- [54] Chan, C., & Chau, K. (1997). An overview of power electronics in electric vehicles. *IEEE Trans. Ind. Electron.*, 44, 3-13. <https://doi.org/10.1109/41.557493>.
- [55] Chau, K., & Wong, Y. (2002). Overview of power management in hybrid electric vehicles. *Energy Conversion and Management*, 43, 1953-1968. [https://doi.org/10.1016/S0196-8904\(01\)00148-0](https://doi.org/10.1016/S0196-8904(01)00148-0).

[56] Coffman, M., Bernstein, P., & Wee, S. (2017). Electric vehicles revisited: a review of factors that affect adoption. Transport Reviews, 37, 79 - 93. <https://doi.org/10.1080/01441647.2016.1217282>.

[57] Affanni, A., Bellini, A., Franceschini, G., Guglielmi, P., & Tassoni, C. (2005). Battery choice and management for new-generation electric vehicles. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 52, 1343-1349. <https://doi.org/10.1109/tie.2005.855664>.

[58] Nasab, M. A., Al-Shibli, W. K., Zand, M., Ehsan-maleki, B., & Padmanaban, S. (2024). Charging management of electric vehicles with the presence of re- newable resources. Renewable Energy Focus, 48, 100536.

[59] Pennington, A. F., Cornwell, C. R., Sircar, K. D., & Mirabelli, M. C. (2024). Electric vehicles and health: A scoping review. Environmental Research, 118697. [60] Tuncer, D., & Ulu, E. Y. (2024). Contribution of regenerative suspension module to charge effi and range in hydrogen fuel cell electric vehicles. International Journal of Hydrogen Energy.

4.2. TEKSTİL VE HAZIR GİYİM SEKTÖRLERİ

Prof. Dr. Nevin Çiğdem Gürsoy

İTÜ Tekstil Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. Selin Hanife Eryürük

İTÜ Tekstil Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. Nazan Okur

İTÜ Tekstil Mühendisliği Bölümü

4.2.1. Giriş

Tekstil ve hazır giyim sektörleri, Türkiye'nin sanayileşme sürecinde hem tarihsel derinliği hem de ekonomik katkısı bakımından özel bir yere sahiptir. Sanayi politikalarının yön verdiği yapısal dönüşümlere yüksek adaptasyon kapasitesiyle yanıt verebilmiş bu sektör, uzun yıllardır dış ticaret fazlası veren ve yüksek istihdam sağlayan stratejik bir alan olarak konumlanmaktadır. İhracata dayalı kalkınma stratejilerinin 1980'li yıllarda uygulamaya konulmasıyla birlikte tekstil ve hazır giyim sanayi, Türkiye'nin küresel tedarik zincirlerine entegrasyonunda öncü sektörlerden biri haline gelmiştir.

Bugün itibarıyla sektör, yalnızca üretim hacmiyle değil, aynı zamanda tasarım, markalaşma, teknik tekstiller ve sürdürülebilir üretim gibi katma değerli alanlardaki gelişim potansiyeliyle de dikkat çekmektedir. Avrupa Birliği ve ABD başta olmak üzere gelişmiş ekonomilerle güçlü ticari ilişkiler kuran sektör, bu pazarların çevresel ve sosyal regülasyonlarına uyum sağlama yönünde de önemli bir dönüşüm sürecindedir. Yeşil Mutabakat, sınırda karbon düzenlemeleri ve döngüsel ekonomi politikaları, Türk tekstil ve hazır giyim sektörünü çevresel sürdürülebilirlik ekseninde yeniden yapılandırma baskısı yaratmaktadır.

Bu bölümde, Türkiye'de tekstil ve hazır giyim sanayisinin tarihsel gelişimi, üretim yapısı, dış ticaret performansı, istihdam dinamikleri ve sürdürülebilirlik odaklı dönüşüm eğilimleri kapsamlı biçimde analiz edilmekte; karşılaşılan yapısal sorunlar ve fırsatlar veriye dayalı bir yaklaşımla ele alınmaktadır. Böylece sektörün mevcut durumu ortaya konularak, politika yapıcılara ve sektör paydaşlarına stratejik öneriler sunulması amaçlanmaktadır.

4.2.2. Geçmişten Bugüne

1980 yılında uygulamaya konulan ihracata yönelik kalkınma politikası ile Tekstil ve hazır giyim sektörü hızla büyümeye başlamış ve yatırımlar artmıştır. Türk tekstil ve hazır giyim sektörü büyük oranda ihracat odaklı bir sektör olup, mevcut kapasiteler yurt içi talepten oldukça fazladır. Sektörlerde faaliyet gösteren işletmelerin çoğu küçük ve orta büyüklükteki işletmeler niteliğindedir. Sosyal Güvenlik Kurumu 2022 yılı Aralık dönemi istatistiklerine göre, Türkiye genelinde giyim eşyaları imalatı, tekstil ve deri sektöründe faaliyet gösteren yaklaşık 71.959 iş yeri bulunmakta olup büyük çoğunluğunu (43.607) giyim eşyalarının imalatında faaliyet gösteren kaplamaktadır. Giyim eşyaları imalat tesislerinde 738.426 kişi çalışmakta olup toplamda tekstil, giyim eşyaları ve deri ürünleri imalatı tesislerinde kayıtlı yaklaşık 1.304.927 kişi istihdam edilmektedir (T.C. Ticaret Bakanlığı, Hazır Giyim Sektör raporu, 2022).

Tekstil ve Hazır Giyim sektörleri yüksek oranda ABD ve AB pazarlarına ihracat ağırlıklı üretim yapmaktadır. 1996 yılında AB ile yapılan Gümrük Birliği Anlaşması ile AB pazarlarına kotasız ihracat yapma imkânı oluşmuştur. Tekstil, Hazır Giyim ve Deri sektörleri imalat sanayi içerisinde üretim değerinin yaklaşık %15'ini ve yaratılan katma değer %16'sını sağlamaktadır. Tablo 4.1. de tekstil ve hazır giyim sektörlerine ait üretim değerleri görülmektedir. Tekstil üretimi toplam üretimin %60'ını oluştururken, hazır giyim üretimi %40'ını oluşturmaktadır (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Tekstil, Hazır giyim ve Deri Ürünleri Sektör Raporları, 2021).

Tablo 4.2.1. Türkiye'nin Tekstil ve Hazır Giyim Üretimi

Yıl	Tekstil Üretimi (milyar TL)	Hazır Giyim Üretimi (milyar TL)	Toplam Üretim (milyar TL)	Tekstil Üretimi (%)	Hazır Giyim Üretimi (%)
2018	174	118	292	60	40
2020	234	154	388	60	40
2022	803	499	1302	62	38

Kaynak: T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Tekstil, Hazır giyim ve Deri Ürünleri Sektör Raporları

Tablo 4.2.'de Tekstil ve Hazır giyim sektörlerinin 2019-2023 yılları arasında gerçekleştirdiği ihracat değerleri ile küresel ihracattan aldığı paylar görülmektedir. 2023 yılında tekstil sektörü 12,3 milyar dolar, hazır giyim sektörü 19,3 milyar dolar ihracat rakamına sahip olup, başlıca hedef pazarlar İtalya, Almanya, ABD, Birleşik Krallık, Almanya, İspanya, Birleşik Krallık, Hollanda'dır. Küresel ticaretten aldığı pay ise her iki sektör için 2023 yılında %3,4 dür.

Tablo 4.2.2. Tekstil & Hazır Giyim - Küresel Pazarlardaki Performans

Yıl	Sektör	İhracat Değeri (Milyar \$)	Küresel İhracattan Aldığı Payı (%)
2019	Tekstil	10,5	3,6
	Hazır Giyim	17,7	3,3
2020	Tekstil	9,9	3,4
	Hazır Giyim	17,1	3,6
2021	Tekstil	13,3	4,2
	Hazır Giyim	20,3	3,7
2022	Tekstil	13,1	4,0
	Hazır Giyim	21,2	3,5
2023	Tekstil	12,3	3,4
	Hazır Giyim	19,3	3,4

Hazır giyim ve konfeksiyon sektörü genel ihracat içinde %14,2'lik paya sahip olan otomotiv endüstrisi ve %12'lik paya sahip olan kimyevi maddeler sektörü ardından üçüncü sektör konumunu korumuştur. Tablo 4.3'de 2019-2024 yılları arasında gerçekleşen Türkiye Dış Ticaret değerleri görülmektedir. 2020 yılı dışında ihracat değerleri artış eğiliminde olup, ithalat değerleri 2023 ve 2024 yıllarında azalış göstermektedir.

Tablo 4.2.3. Türkiye Genel Dış Ticareti (2019-2023)

Yıl	İhracat	Değişim %	İthalat	Değişim%
Birim 1000 \$				
2019	180.832.722	7,7	210.345.203	-5,7
2020	169.637.755	-6,2	219.516.807	4,4
2021	225.214.458	32,8	271.425.553	23,6
2022	254.169.748	12,9	363.710.575	34,0
2023	255.627.429	0,6	361.966.913	-0,5

Kaynak: İHKİB Türkiye Hazır Giyim ve Tekstil Dış Ticareti (1000 dolar)

2018-2024 yılları arasında tekstil ve hammaddeleri ihracatında dalgalanmalar yaşanmış olup, 2020'de tekstil ve hammaddeleri ihracatında görülen düşüşte küresel ekonomik dalgalama ve pandeminin etkilerinden söz etmek mümkündür. Pandemi talebin düşmesi, üretimin aksaması ve hammadde tedariğinde yaşanan problemler dolayısıyla ihracat rakamlarına yansımıştır. Öte yandan, pandemi sonrası ekonomik toparlanma sürecinin başlamasıyla Küresel ölçekte tekstil ve hammaddeleri ihracatında talep yeniden yükselmiştir. 2022'de hızlı bir yükseliş yaşadıktan sonra 2024'te tekstil ihracatında hafif bir düşüş gözlenmiştir. 2020'deki değerlerin yine de üzerinde kalan bu düşüşte küresel enflasyon ve artan maliyetler (hammadde, enerji, işçilik vb.) etkisinin olduğu söylenebilir.

2019-2023 yıllarına ait verilere göre, Türkiye'nin tekstil sektörü genel olarak ihracat odaklı büyümeye devam etmiştir. Ancak 2022'de ithalatın yükselmesi, sektörün girdi maliyetlerinde artış yaşadığının ve dışa bağımlılığın arttığına göstergesi olabileceği düşünülmektedir. Öte yandan, 2023 yılındaki tekstil ithalatı %27,3 oranında azalarak 9,2 milyar dolar değerinde kaydedilmiştir. Türkiye küresel tekstil ithalatından aldığı %2,9 pay ile en büyük 6. ithalatçı konumundadır (Tablo 4.4).

Tablo 4.2.4. Yıllar İtibariyle Tekstil Sektörü Dış Ticaretimiz

Yıl	İhracat Değeri (milyon \$)	İthalat Değeri (milyon \$)
2019	9.958	8.976
2020	9.721	7.728
2021	12.923	9.925
2022	12.980	12.647
2023	11.742	9.190

Kaynak: İTHİB Dünya Tekstil ve Hammaddeleri Sektörü Dış Ticaret Raporu, 2023

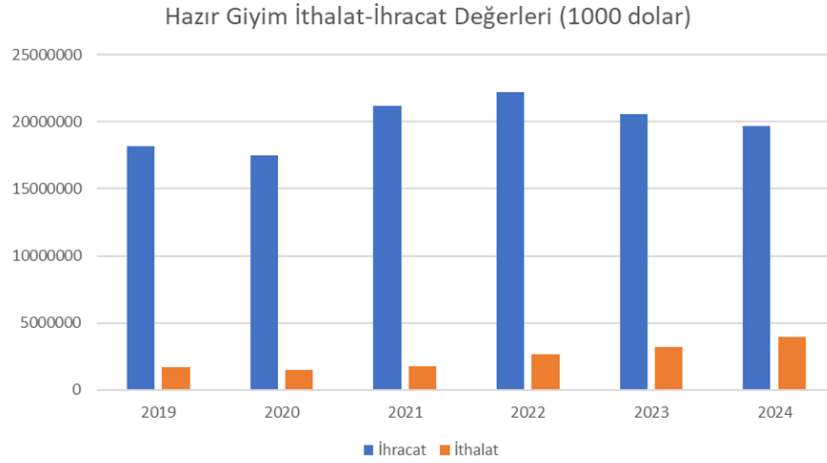
2019-2024 yılları arasında gerçekleşen Türkiye Hazır Giyim ve Konfeksiyon Dış Ticareti Tablo 4.5'de ve Şekil 4.1'de sunulmuştur.

Tablo 4.2.5. Türkiye Hazır Giyim ve Konfeksiyon Dış Ticareti

Yıl	İhracat Değeri (1000 \$)	İthalat Değeri (1000 \$)
2019	18.185.462	1.713.344
2020	17.504.972	1.513.637
2021	21.188.730	1.738.288
2022	22.229.483	2.614.174
2023	20.603.008	3.215.071
2024	19.711.178	3.957.151

Kaynak: İHKİB Türkiye Hazır Giyim ve Tekstil Dış Ticareti, 2024 (1000 dolar)

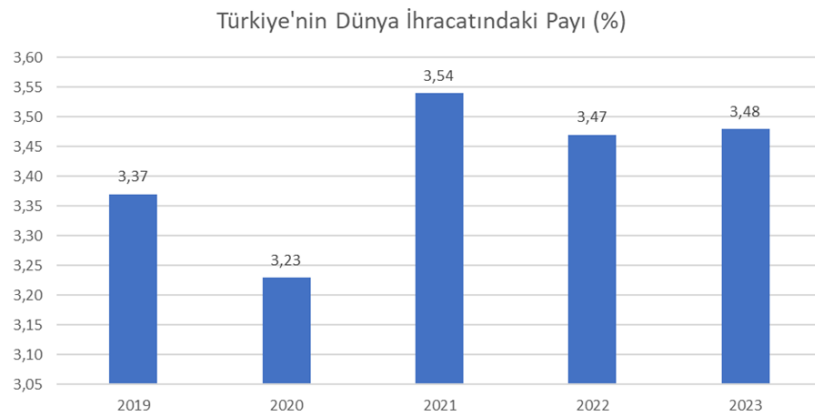
Şekil 4.2.1. .Hazır giyim ithalat ihracat oranları



Kaynak: İHKİB Türkiye Hazır Giyim ve Tekstil Dış Ticareti (1000 dolar)

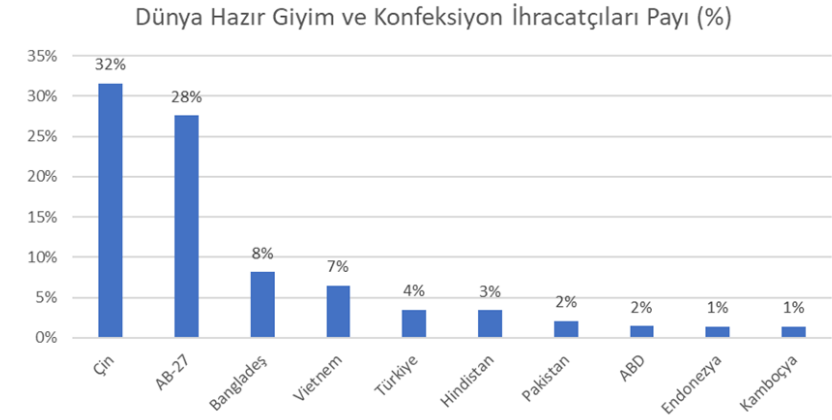
Şekil 4.2'ye göre dünyada Türkiye'nin ihracat payı 2023 yılında %3,48'e yükselmiştir. Türkiye hazır giyim ihracatında dünyada 5.'inci büyük ihracatçı durumundadır(Şekil 4.3)

Şekil 4.2.2. .Hazır giyim ithalat ihracat oranları



Kaynak: İHKİB Türkiye Hazır Giyim ve Tekstil Dış Ticareti (1000 dolar)

Şekil 4.2.3. .Türkiye'nin Dünya Hazır Giyim İhracatçıları içindeki yeri



Kaynak: İHKİB Türkiye Hazır Giyim ve Tekstil Dış Ticareti (1000 dolar)

Tablo 4.6'da, yıllara göre ülkelere yapılan tekstil ihracat değerlerini ve bu ülkelerin toplam ihracat içindeki paylarını göstermektedir. Genel olarak, Türkiye'nin toplam tekstil ihracatı ve özellikle bazı ülkelere olan ihracatın hacmi zamanla önemli seviyede artmıştır. 2019'dan 2022'ye kadar en büyük ihracat yapılan ülke ABD olmakla birlikte, İtalya ve Almanya da önemli pazarlar arasında yer almaktadır. Birleşik Krallık, İspanya ve Belarus'a yapılan ihracatta istikrarlı bir artış gözlenmiştir.

Tablo 4.2.6. .Ten Fazla Tekstil İhracatı Yaptığımız Ülkeler ve Değerleri (milyon \$)

ÜLKE	2019		2020		2021		2022	
	İhracat Değeri	Pay (%)	İhracat Değeri	Pay (%)	İhracat Değeri	Pay (%)	İhracat Değeri	Pay (%)
ABD	1.262	10,1	1.585	12,8	2.085	12,9	1.756	11,1
İtalya	829	6,6	765	6,2	1.169	7,2	1.174	7,4
Almanya	1.009	8,1	1.107	9,0	1.237	7,7	1.162	7,4
Birleşik Krallık	591	4,7	628	5,1	783	4,8	663	4,2
İspanya	348	2,8	324	2,6	521	3,2	591	3,7
Belarus	236	1,9	280	2,3	489	3,0	568	3,6
Rusya	320	2,6	325	2,6	369	2,3	507	3,2
Mısır	427	3,4	369	3,0	544	3,4	445	2,8
Fransa	263	2,1	286	2,3	387	2,4	404	2,6
İran	338	2,7	261	2,1	296	1,8	402	2,5
Hollanda	335	2,7	370	3,0	479	3,0	392	2,5
11 Ülke Toplamı	5.958	47,6	6.300	51,0	8.359	51,7	8.064	51,0
Genel Toplam	12511		12.342		16.163		15.799	

Tablo 4.7'de, yıllara göre ülkelere yapılan Hazır Giyim ihracat değerlerini ve bu ülkelerin toplam ihracat içindeki paylarını göstermektedir. Genel olarak, Türkiye'nin toplam hazır giyim ihracatı ve özellikle bazı ülkelere olan ihracatın hacmi zamanla önemli seviyede artmıştır. 2019'dan 2022'ye kadar en büyük ihracat yapılan ülke Almanya olmakla birlikte, İspanya ve Birleşik Krallık da önemli pazarlar arasında yer almaktadır. Hollanda, Fransa ve ABD'ye yapılan ihracatta istikrarlı bir artış gözlenmiştir.

Türkiye 2023 yılında 19,3 milyar dolar ile en fazla ihracatı geçmiş yıllarda olduğu gibi bu yıl da Almanya'ya gerçekleştirmiştir. Almanya'yı 14,7 milyar dolar ile ABD, 13,7 milyar dolar ile Birleşik Krallık, 11,5 milyar dolar ile İtalya ve 11,1 milyar dolar ile Irak takip etmektedir. 2022'de AB'ye ihracatımız 103,1 milyar dolar olmuş ve ihracatımızdaki payı %40,6'ya ulaşmıştır. Bu duruma Ukrayna-Rusya savaşı ve küresel enflasyonist ortamın neden olduğu değerlendirilmektedir. İlk 20 ülke arasından ihracatımızın en çok azalış gösterdiği ülke ise yüzde 38,2 ile Rusya olmuştur. Rusya'yı 26,6 ile Romanya, yüzde 19,1 ile Irak, yüzde 16,3 ile Bulgaristan ve 15,7 ile Hollanda takip etmiştir.

2023 yılında 127,1 milyar dolar ile en fazla ihracat gerçekleştiren ilimiz İstanbul olmuştur. İstanbul'u 17,2 milyar dolar ile İzmir, 13 milyar dolar ile Kocaeli, 12,8 milyar dolar ile Ankara ve 12,8 milyar dolar ile Bursa takip etmektedir. Yine bu iller arasında 2022 yılına kıyasla ihracatını en çok artıran il %6,8 ile Ankara olurken, en çok düşüşü yaşayan il %10 ile Kocaeli olmuştur. İstanbul'da ise %1,9 oranında artış gözlemlenmiştir.

Tablo 4.2.7. En Fazla Hazır Giyim İhracatı Yaptığımız Ülkeler ve Değerleri (milyon \$)

ÜLKE	2019		2020		2021		2022	
	İhracat Değeri	Pay (%)	İhracat Değeri	Pay (%)	İhracat Değeri	Pay (%)	İhracat Değeri	Pay (%)
Almanya	2.783	17.31	2.694	17.97	3.084	16.85	3.243	16.65
İspanya	2.351	14.62	2.007	13.39	2.691	14.70	2.538	13.03
Birleşik Krallık	1.860	11.57	1.767	11.79	1.991	10.88	1.960	10.06
Hollanda	1.060	6.59	1.148	7.66	1.429	7.81	1.638	8.41
Fransa	767	4.77	671	4.48	877	4.79	1.005	5.16
ABD	436	2.71	548	3.66	691	3.78	823	4.23
İtalya	506	3.15	487	3.25	580	3.17	694	3.56
Irak	647	4.02	492	3.28	511	2.79	482	2.47
İsrail	347	2.16	316	2.11	464	2.54	466	2.39
Danimarka	407	2.53	380	2.54	441	2.41	481	2.47
Polonya	278	1.73	284	1.89	363	1.98	357	1.83
Rusya	266	1.65	214	1.43	274	1.50	338	1.74
12 Ülke Toplamı	11.708	72.81	11.008	73.45	13.396	73.20	14.025	72.01
Genel Toplam	16.081		14.988		18.300		19.476	

2019'da 9,03 milyar dolar olan toplam tekstil ithalatı, 2020'de pandeminin etkisiyle 7,77 milyar dolara gerilemiş, 2021'de 9,98 milyar dolara, 2022'de ise 12,72 milyar dolara yükselmiş ve son 4 yılın en yüksek seviyesine ulaşmıştır. Çin, 2022'de Türkiye'nin toplam ithalatının %19,9'unu (2,53 milyar \$) karşılamış. 2021'e kıyasla Çin'den ithalat %43 artmıştır. ABD'den 2021'de sadece 623 milyon \$ olan ithalat 2022'de yaklaşık olarak 2 katına çıkmıştır.

Hindistan, Brezilya, İtalya ve Özbekistan'ın da payları yıllar içerisinde artmıştır. 2022'de ithalatın en yüksek seviyeye ulaşmış olması hammadde ve ara mal ihtiyacının arttığını göstermektedir. Aynı zamanda döviz kuru dalgalanmalarının ithalat maliyetlerini artırdığı da söylenebilir. 2022 yılında 12,7 milyar dolarlık tekstil sektörü ithalatında; pamuk elyafı ve ipliği, suni-sentetik elyaf ve iplik en önemli ithalat kalemleridir (Tablo 4.8).

Tablo 4.2.8. En Fazla Hazır Giyim İhracatı Yaptığımız Ülkeler ve Değerleri (milyon \$)

ÜLKE	2019		2020		2021		2022	
	İthalat Değeri	Pay (%)	İthalat Değeri	Pay (%)	İthalat Değeri	Pay (%)	İthalat Değeri	Pay (%)
Çin	1839	20,4	1.400	18,0	1770	17,7	2.531	19,9
ABD	708	7,8	642	8,3	623	6,2	1.234	9,7
Hindistan	578	6,4	505	6,5	683	6,8	971	7,6
Brezilya	233	2,6	350	4,5	512	5,1	646	5,1
İtalya	518	5,7	450	5,8	509	5,1	618	4,9
Özbekistan	217	2,4	243	3,1	503	5,0	595	4,7
Kore Cumhuriyeti	453	5,0	367	4,7	425	4,3	547	4,3
Mısır	317	3,5	302	3,9	352	3,5	457	3,6
Endonezya	489	5,4	254	3,3	329	3,3	376	3,0
Yunanistan	327	3,6	286	3,7	516	5,2	372	2,9
10 Ülke Toplamı	5.679	62,9	4.799	61,8	6.222	62,3	8.347	65,6
Genel Toplam	9.034		7.771		9.982		12.723	

Kaynak: İHKİB Türkiye Hazır Giyim ve Tekstil Dış Ticareti (1000 dolar)

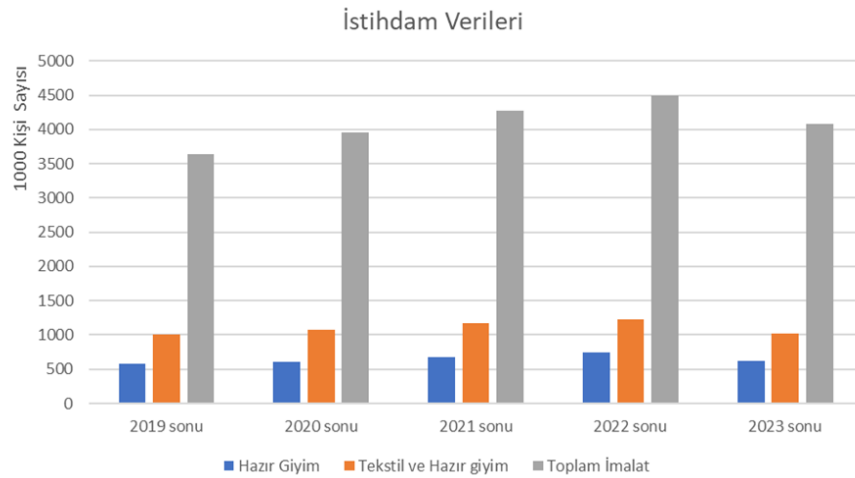
Tablo 4.9'da en fazla hazır giyim ithalatı yaptığımız ülkeler ve değerleri görülmektedir. Hazır giyim ithalatında Çin ve Bangladeş ilk sıralarda yer almaktadır. İtalya, Gürcistan, Mısır, İspanya ve Vietnam diğer ülkeler arasında yer almaktadır. İlk 7 ülke toplam ithalatın yaklaşık % 65'ini oluşturmaktadır.

Tablo 4.2.9. En Fazla Hazır Giyim İthalatı Yaptığımız Ülkeler ve Değerleri (milyon \$)

ÜLKE	2019		2020		2021		2022	
	İthalat Değeri	Pay (%)	İthalat Değeri	Pay (%)	İthalat Değeri	Pay (%)	İthalat Değeri	Pay (%)
Çin	320	20.89	255	19.72	290	19.33	478	20.13
Bangladeş	241	15.73	223	17.25	191	12.73	382	16.08
İtalya	129	8.42	97	7.50	116	7.73	174	7.33
Gürcistan	80	5.22	82	6.34	129	8.60	160	6.74
Mısır	78	5.09	76	5.88	71	4.73	126	5.31
İspanya	94	6.14	69	5.34	102	6.80	124	5.22
Vietnam	80	5.22	67	5.18	73	4.87	121	5.09
7 Ülke Toplamı	1.022	66.71	869	67.21	972	64.80	1.565	65.89
Genel Toplam	1.532		1.293		1.500		2.375	

Kaynak: T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Tekstil, Hazır giyim ve Deri Ürünleri Sektör Raporları

Şekil 4.4.'de 2019-2023 yılları arasında Hazır giyim, tekstil ve hazır giyim ile toplam imalat sektörü için istihdam verileri sunulmuştur. Tablo 4.10'da toplam çalışan sayıları görülmektedir.

Şekil 4.2.4. Tekstil ve Hazır Giyim İstihdam Verileri

Kaynak: İTİB

Tablo 4.2.10. Tekstil ve Hazır Giyim İstihdam Verileri

Gösterge	2018	2019	2020	2021	2022
Toplam Çalışan Sayısı					
- Tekstil	413.041	430.571	460.399	499.569	484.183
- Hazır Giyim	525.146	579.474	608.587	677.395	738.426

Kaynak: T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Tekstil, Hazır giyim ve Deri Ürünleri Sektör Raporları

Tablo 4.11'de Tekstil ve Hazır Giyim Sektöründe Ölçek Bazında İşyeri Sayısı (2022 yılı) görülmektedir. Sektör %70'in üzerinde mikro işletmelerden oluşmaktadır.

Tablo 4.2.11. Tekstil ve Hazır Giyim İstihdam Verileri

	Mikro işletme	Küçük işletme	Orta Büyüklükte İşletme	Büyük İşletme	Toplam İşletme Sayısı
Tekstil (sayı) (oran)	14.490 (%70,9)	4.066 (%19,9)	1.534 (%7,5)	353 (%1,7)	20.443
Hazır Giyim (sayı) (oran)	32.116 (%73,6)	8.304 (%19,0)	2.845 (%6,5)	342 (%0,8)	43.607

Kaynak: T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Tekstil, Hazır giyim ve Deri Ürünleri Sektör Raporları

Tablo 4.2.12. Tekstil ve Hazır Giyim Sektöründe Kapasite Kullanım Oranları

Kapasite kullanım oranı (%)	2018	2019	2020	2021	2022
Tekstil	79,4	78,6	69,0	79,3	76,3
Hazır Giyim	80,2	83,8	67,0	77,3	83,2

Kaynak: T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Tekstil, Hazır giyim ve Deri Ürünleri Sektör Raporları

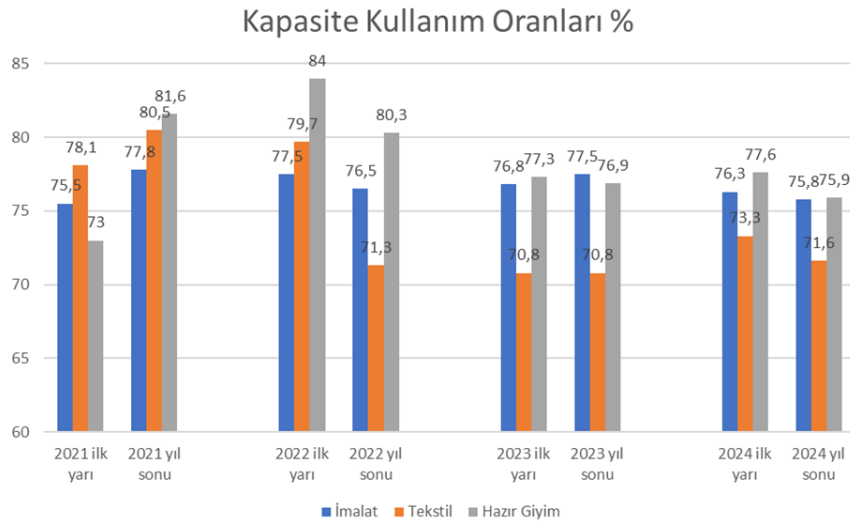
2022 yılında; tekstil sektöründe kapasite kullanım oranı %76,3, hazır giyim sektöründe ise %83,2 olarak belirlenmiştir. İlgili yılda imalat sanayi kapasite kullanım oranı ortalaması %77,2 olarak kaydedilmiştir. Tekstil ve hazır giyim sektörlerinin her ikisi de ortalamasının üzerinde kapasite kullanım oranına sahiptir. 2020 yılında pandemi dolayısıyla yaşanan düşüşten sonra her iki sektörde de toparlanmanın gerçekleştiği görülmektedir. Öte yandan, tekstil sektöründe 2018 yılının kullanım oranına henüz ulaşamamış olması tekstil sektörünün önemli bir alt dalı olan iplik üretiminde son dönemlerde kapasite kullanım oranının düşüşler gözlenmesinden kaynaklanmaktadır.

Pamuk ipliği ithalatı, 2021 yılı ve 2022'nin ilk dokuz ayında dolar bazında %82 oranında artmıştır. Benzer şekilde, sentetik-suni kesik elyaf ipliğinde ise dolar bazında %70 artış olduğu ve söz konusu ithalat artışlarının büyük oranda dahilde işleme rejimi kapsamında olduğu kaydedilmiştir.

Bu durum, yerli üreticilerin kapasite kullanım oranlarının düşmesine neden olmuştur (Türkiye Tekstil Sanayii İşverenleri Sendikası, 2023). Bununla birlikte, 2024 yılında iplik sektöründe önemli bir dönüşüm yaşanmıştır. 2024 yılında bir önceki yıla göre iplik ihracatında %5 artış kaydedilerek 2,2 milyar dolarlık ihracata karşılık, iplik ithalatı, %20'ye yakın düşüş göstererek 2,4 milyar dolara gerilemiştir.

Dış ticaret verilerindeki bu iyileşmelere rağmen iplik sektörünün toplamda küçüldüğü, hazır giyimdeki daralma dolayısıyla yerli üreticilerin ihracata ağırlık vermesi neticesinde dış ticaret açığı önemli ölçüde azalmıştır (Karadeniz, 2025).

Şekil 4.2.5. Kapasite kullanım oranları



Tekstil ve hazır giyim sektörü, Ar-Ge çalışmaları açısından büyük gelişim potansiyeline sahiptir. Son yıllarda özellikle ekolojik ve teknik tekstil ürünlerindeki yenilikler, işletmelere önemli değerler katmaktadır.

Hazır giyim ve tekstil sektörünün yeşil mutabakata uyum sürecinde öncelikle yenilenebilir enerji yatırımlarına ağırlık verilmektedir. AB Yeşil Mutabakatına uyum sağlamak adına, sektörde enerji tasarrufu sağlayan çevre dostu teknolojilerin kullanılması ve iklim değişikliğine uyum sağlayacak projelerin desteklenmesi, sektörün en büyük pazarı olan AB açısından büyük bir önem arz etmektedir.

Sanayi sektörlerinin elektrik tüketimleri içerisinde Tekstil, Hazır Giyim ve Deri sektörlerinin payı yaklaşık olarak %15 seviyesindedir (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Tekstil, Hazır giyim ve Deri Ürünleri Sektör Raporları). Sanayi Sektörü Nihai Enerji Tüketim Araştırması sonuçlarına göre; sanayi sektöründe 2023 yılında toplam nihai enerji tüketimi 1 milyon 706 bin 480 TJ olmuştur. Alt sektörler itibarıyla nihai enerji tüketiminde “tekstil ürünlerinin imalatı” sektörünün payı %7,5 olmuştur (TÜİK).

4.2.3. Tartışma

Türkiye tekstil ve hazır giyim sanayi, 1980 sonrası ihracata dayalı kalkınma politikalarıyla ivme kazanarak, özellikle Avrupa Birliği ve ABD pazarlarına yönelik üretimle küresel değer zincirinde önemli bir konum edinmiştir. 2023 yılı itibarıyla her iki sektörün toplam ihracatının 31,6 milyar dolara ulaşması ve küresel ihracattan %3,4 oranında pay alması, rekabetçiliğin sürdüğünü göstermektedir. Ancak bu veriler, yalnızca mutlak büyüklükler üzerinden değil, yapısal dönüşümler ve dış çevreyle ilişkili faktörler bağlamında da değerlendirilmelidir.

COVID-19 pandemisi sonrasında küresel talebin toparlanması, 2021 ve 2022 yıllarında ihracat performansında belirgin artışlar yaratmış, ancak 2023'te bu eğilim yavaşlamıştır. Bu durum, özellikle küresel enflasyon, artan üretim maliyetleri ve jeopolitik belirsizlikler (örneğin Rusya-Ukrayna savaşı) gibi dışsal faktörlerin sektörel performans üzerindeki belirleyici rolünü ortaya koymaktadır. Ayrıca, ithalat bağımlılığı yüksek olan iplik ve hammadde girdilerinde maliyet artışları, sektörün dış ticaret dengesini doğrudan etkilemektedir. Nitekim iplik ithalatında görülen artışlar kapasite kullanım oranlarını da aşağı çekmiş; bu durum yerli üretimin baskı altında olduğunu göstermektedir.

Tekstil ve hazır giyim sektöründe istihdam artışı sürmekteyse de, bu artışın büyük ölçüde mikro ve küçük işletmeler ekseninde gerçekleştiği görülmektedir. 2022 verilerine göre, işletmelerin %70'inden fazlası mikro ölçeklidir. Bu yapı, esnek üretim ve düşük sabit maliyet avantajları sunmakla birlikte, teknoloji yatırımları, markalaşma, dijitalleşme ve sürdürülebilirlik uygulamaları açısından sınırlı kapasitelere sahip olunabileceğine işaret etmektedir. Sürdürülebilirlik bağlamında, Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın getirdiği çevresel standartlara uyum zorunluluğu, sektörde dönüşüm baskısı yaratmaktadır. Özellikle enerji verimliliği, su tasarrufu, atık yönetimi ve karbon ayak izi azaltımı gibi alanlarda başarılı örnekler dikkat çekmekle birlikte, bu uygulamaların yaygınlaştırılması gerektiği anlaşılmaktadır.

Bölümdeki bulgular, aynı zamanda tekstil ve hazır giyim sektörlerinin ihracata dayalı bir büyüme modeli ile uzun yıllar rekabet üstünlüğü sağladığını, ancak bu modelin sürdürülebilirliği açısından çeşitli riskler taşıdığını da göstermektedir.

Dolayısıyla bu bölümde sunulan veriler, Türkiye'nin tekstil ve hazır giyim sanayisinin küresel konumunun güçlü olduğunu teyit etmekle birlikte, dönüşüm ihtiyacını da açık biçimde ortaya koymaktadır. Bu dönüşüm, yalnızca teknik ve teknolojik gelişmelere değil, aynı zamanda kurumsal kapasitenin güçlendirilmesi, finansmana erişim kolaylıkları ve insan kaynağı gelişimi gibi çok boyutlu stratejilere dayandırılmalıdır.

4.2.4. Sonuç ve Öneriler

Türkiye tekstil ve hazır giyim sektörü, ihracata dayalı kalkınma modelinin öncü alanlarından biri olarak uzun yıllardır ekonomik büyümenin ve dış ticaretin taşıyıcı gücü olmuştur. 2023 yılı itibarıyla tekstil ve hazır giyim sektörlerinin toplam ihracatı 31,6 milyar doları aşarken, Türkiye dünyanın en büyük beşinci hazır giyim ihracatçısı konumunu korumaktadır. Bununla birlikte, dışa bağımlı hammadde yapısı, artan maliyet baskıları, küresel ekonomik dalgalanmalar ve Avrupa Yeşil Mutabakatı gibi çevresel düzenlemeler, sektörde yapısal dönüşüm ihtiyacını açıkça ortaya koymaktadır.

Aşağıdaki politika önerileri, mevcut eğilimleri gözетerek sektörün rekabet gücünü sürdürülebilir biçimde artırmaya yönelik bir çerçeve sunmaktadır:

1. Katma Değerli ve Yenilikçi Üretimin Teşviki

- Geleneksel ve düşük katma değerli üretim yapısından, teknik tekstil, fonksiyonel kumaşlar ve moda-tasarım odaklı ürünlere geçiş desteklenmelidir.
- Tasarım merkezleri ve markalaşma destekleri artırılarak Türk tekstil ve hazır giyim ürünlerinin küresel pazarda konumlandırılması güçlendirilmelidir.

2. İthalat Bağımlılığını Azaltmaya Yönelik Stratejiler

- İplik ve hammadde üretiminde yerli üretimi teşvik edecek vergi indirimi, yatırım teşviki ve Ar-Ge destekleri devreye alınmalıdır.
- Dahilde işleme rejiminin sektöre etkileri gözden geçirilerek yerli üreticilerin rekabet dezavantajına uğramaması sağlanmalıdır.

3. Sürdürülebilirlik Uyum Süreci

- Avrupa Yeşil Mutabakatı çerçevesinde, karbon ayak izi, sınırda karbon düzenlemesi ve döngüsel ekonomi alanlarında eğitim ve rehberlik mekanizmaları yaygınlaştırılmalıdır.
- Çevre dostu üretim teknolojilerine geçişi kolaylaştıracak fon mekanizmaları (yeşil dönüşüm fonları, yeşil kredi imkanları) artırılmalıdır.
- Geri dönüşüm ve atık yönetimi altyapısının güçlendirilmesi ve sektörel ölçekte ortak atık geri kazanım merkezleri kurulması desteklenmelidir.

4. KOBİ Odaklı Dijitalleşme ve Verimlilik Artırımı

- Sektörde büyük çoğunluğu oluşturan mikro ve küçük işletmelerin dijital dönüşüme uyumu için özel teşvik programları ve eğitim destekleri sağlanmalıdır.
- Akıllı üretim teknolojileri (IoT, RFID, otomasyon) ile üretim süreçlerinde verimlilik artırımı ve enerji tasarrufu sağlanmalıdır.

5. İşgücü ve Kurumsal Kapasitenin Geliştirilmesi

- Kadın istihdamının yüksek olduğu hazır giyim sektöründe mesleki eğitim programları artırılmalı, nitelikli işgücü arzı güvence altına alınmalıdır.
- Sektörel kümelenmelerin ve işbirliği ağlarının yaygınlaştırılması ile kurumsal kapasitenin güçlendirilmesi desteklenmelidir.

6. Bölgesel Denge ve İhracatın Coğrafi Çeşitlendirilmesi

- İstanbul merkezli ihracat yapısının dışına çıkılarak, Anadolu'daki üretim bölgelerinin uluslararası ticaret zincirlerine entegrasyonu sağlanmalıdır.
- Alternatif pazarlara (Afrika, Orta Doğu, Latin Amerika) yönelik ihracat destek programları ile coğrafi risklerin azaltılması hedeflenmelidir.
- Tekstil ve hazır giyim sektörü yalnızca üretim ve dış ticaret açısından değil, aynı zamanda istihdam, teknoloji ve çevresel sürdürülebilirlik açısından da stratejik bir öneme sahiptir. Bu nedenle, sektörün küresel rekabetçiliğini koruyarak yeşil dönüşüm ve dijitalleşme hedeflerine ulaşabilmesi için bütüncül, çok katmanlı ve vizyoner politikalar hayata geçirilmelidir.

Kaynaklar

İstanbul Hazır Giyim ve Konfeksiyon İhracatçıları Birliği (İHKİB). (t.y.). Sürdürülebilir Üretim. <https://www.ihkib.org.tr/surdu-rulebilirlik/hazir-giyim-ve-konfeksiyon-sektoru-icin-surdurulebilirlik/surdurulebilir-uretim>

İstanbul Hazır Giyim ve Konfeksiyon İhracatçıları Birliği (İHKİB). (n.d.). Çeyrek Dönem İhracat Performans Raporları. <https://www.ihkib.org.tr/bilgi-bankasi/raporlar/ceyrek-donem-ihracat-performans-raporlari>

İstanbul Tekstil ve Hammaddeleri İhracatçıları Birliği (İTHİB). (2023). Dünya Tekstil ve Hammaddeleri Sektörü Dış Ticaret Raporu 2023. <https://www.ithib.org.tr/storage/33156/D%C3%BCnya-Tekstil-ve-Hammaddeleri-D%C4%B1%C5%9F-Ticare-ti-Raporu-2023.pdf>

İzmir Kalkınma Ajansı (İZKA). (2022). İzmir Tekstil Sanayisinin Yeşil Mutabakata Hazırlık Seviyesinin Tespiti ve Alınacak Ön-lemeler Araştırması: Tekstil Sektörü Sonuç Raporu. <https://izka.org.tr/wp-content/uploads/pdf/tekstil-raporu.pdf>

Karadeniz, Y. (2025). Talebin daralması iplikte dış açığı azalttı. Ekonomi Gazetesi. <https://www.ekonomigazetesi.com/sek-tor-haberleri/talebin-daralmasi-iplikte-dis-acigi-azaltti-59901>

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2020). Tekstil, Hazırgiyim ve Deri Ürünleri Sektörleri Raporu. <https://www.sanayi.gov.tr/assets/pdf/plan-program/TekstilHazirgiyimveDeriUrunleriSektorleriRaporu2020.pdf>

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2021). Tekstil, Hazırgiyim ve Deri Ürünleri Sektörleri Raporu. <https://www.sanayi.gov.tr/assets/pdf/plan-program/TekstilHazirgiyimveDeriUrunleriSektorleriRaporu2021.pdf>

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2022). Tekstil, Hazırgiyim ve Deri Ürünleri Sektörleri Raporu. [https://www.sanayi.gov.tr/assets/pdf/plan-program/TekstilHazirgiyimveDeriUrunleriSektorRaporu\(2022\).pdf](https://www.sanayi.gov.tr/assets/pdf/plan-program/TekstilHazirgiyimveDeriUrunleriSektorRaporu(2022).pdf)

T.C. Ticaret Bakanlığı. (2022). Hazır Giyim Sektör Raporu 2022. <https://ticaret.gov.tr/data/5b87000813b8761450e18d7b/Haz%C4%B1r%20Giyim%20Sekt%C3%B6r%20Raporu%202022.pdf>

T.C. Ticaret Bakanlığı. (t.y.). AB Sürdürülebilir Tekstil Stratejisi. <https://ticaret.gov.tr/dis-iliskiler/yesil-mutabakat/ab-dongu-sel-ve-surdurulebilir-sanayi-politikalari/ab-surdurulebilir-tekstil-stratejisi>

Türkiye İhracatçıları Meclisi. (2024). İhracat 2024 Raporu. https://tim.org.tr/files/downloads/Strateji_Raporlari/ihra-cat_2024_raporu.pdf

Türkiye Tekstil Sanayii İşverenleri Sendikası. (2023). İplikte dalgalanma devam ediyor. <https://www.tekstilisveren.org.tr/ha-berler/iplikte-dalgalanma-devam-ediyor>

4.3. KİMYA VE PLASTİK SEKTÖRLERİ

Prof. Dr. Deniz Tunçalp
İTÜ İşletme Mühendisliği Bölümü

4.3.1. Giriş

Kimya ve plastik sektörleri, Türkiye'nin imalat sanayisi içinde stratejik bir konuma sahiptir. Çok çeşitli sektörlerle temel girdiler sağlayan bu alanlar, üretim kapasitesi, ihracat potansiyeli ve istihdam yaratma gücüyle Türkiye'nin ekonomik kalkınmasında kritik rol oynamaktadır. T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın 2021 raporuna göre, bu sektörlerin imalat sanayisi içindeki payı artış göstermekte, ihracat performansları ise istikrarlı şekilde yükselmektedir (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2021). Örneğin, PAGEV (2024) verilerine göre 2024 yılında plastik mamul üretimi 9,9 milyon tona, parasal değeri ise 40,9 milyar dolara ulaşmıştır. En yüksek üretim plastik ambalajlarda (3,96 milyon ton), ardından inşaat malzemelerinde (2,2 milyon ton) gerçekleşmiştir" (PAGEV, 2024, s. 8).

Kimya sektörü hammaddeden nihai ürüne kadar uzanan geniş bir üretim zincirine sahipken, plastik sektörü özellikle ambalaj, otomotiv, inşaat ve sağlık gibi alanlarda yoğun şekilde kullanılmaktadır. Her iki sektör de Türkiye'nin endüstriyel dönüşümünü destekleyerek küresel tedarik zincirlerine entegrasyonunu güçlendirmektedir.

4.3.2. Üretim Kapasitesi, İhracat ve Katma Değer

Kimya sanayisi, temel kimyasallar, petrokimya ürünleri, ilaç ve özel kimyasalları kapsayan çok çeşitli alt sektörleriyle büyüyen bir pazar yapısına sahiptir. 2022 yılı itibarıyla Türkiye'nin kimya sektörü toplam ticaret hacmi 67 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2022). 2020 yılında sektörün GSYH içindeki payı %1,09 olarak kaydedilmiştir (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2021).

Sektör aynı zamanda ihracat açısından da Türkiye'nin önde gelen alanlarından biridir. 2023 yılında "kimyevi maddeler ve mamulleri" ihracatı 30,5 milyar dolara ulaşarak otomotivden sonra ikinci sırada yer almıştır (Türkiye İhracatçıları Meclisi, 2024). İhracatın bileşimine bakıldığında mineral yakıtlar, plastikler, kauçuk ve inorganik kimyasallar ön plana çıkmaktadır (Strategy&, 2022). Ancak, Türkiye'nin kimya ihracatı küresel toplamdan yalnızca %1 pay almaktadır (Başkol, 2022, aktaran Onay et al., 2021), bu da sektörde büyüme potansiyelinin sürdürüğünü göstermektedir.

Plastik sektörü ise kimya sanayisinin alt bileşeni olarak, Türkiye'de yıllık yaklaşık 10 milyon tonluk üretimle Avrupa'da Almanya'dan sonra ikinci sırada yer almaktadır (Plastik Sanayicileri Federasyonu, 2015, aktaran Ekotürk, 2025). 2024 yılı itibarıyla üretim değeri 40,9 milyar dolara ulaşmıştır ve sektör yaklaşık 200 ülkeye ihracat yaparak 15 milyar dolar gelir elde etmiştir (Ekotürk, 2025). Öte yandan yine 2024 yılında iç pazar tüketimi 7,9 milyon tona ulaşmıştır. Bunun 3,2 milyon tonu ihracatçı sektörlerce dolaylı şekilde kullanılmış,

kalan 4,7 milyon tonu doğrudan tüketilmiştir" (PAGEV, 2024, s. 20). Kimya sektörü ihracatında plastik ürünlerin payı %30'un üzerindedir. Plastik hammadde arzının %87'si ithalatla karşılanmakta olup 2024 yılı dış ticaret açığı 6,3 milyon ton ve 8,2 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir" (PAGEV, 2024, s. 27-28). Türkiye, yüksek katma değerli plastik mamulleri ithal ederken, daha düşük katma değerli ürünleri ihraç etmektedir. Örneğin GTİP 3920 ve 3923 ürün gruplarının ihracattaki katma değer oranı %47,5 civarındadır" (PAGEV, 2024, s. 17-18).

Kimya ve plastik sektörleri çevresel sürdürülebilirlik açısından da özel bir yönelim taşımaktadır. Türkiye İhracatçıları Meclisi tarafından yayımlanan Kimya Sektörü Sürdürülebilirlik Eylem Planı, çevresel etkilerin azaltılmasına ve sürdürülebilir büyümeye odaklanmaktadır (Türkiye İhracatçıları Meclisi, 2023). Plastik üretimi ve tüketiminde döngüsel ekonomi uygulamaları, karbon emisyonlarının azaltılması, geri dönüşüm teknolojilerinin entegrasyonu ve yeşil kimya pratiklerinin yaygınlaştırılması, sektörlerin dönüşümünde öncelikli konulardır. Türkiye'nin bu dönüşümü nasıl yöneteceği, hem çevresel hem de ekonomik sürdürülebilirlik açısından önemli bir araştırma alanıdır.

4.3.3. İstihdam, Teknoloji ve Sanayi Entegrasyonu

Kimya sektörü, 300'ün üzerinde alt sektörü ve on binlerce ürün çeşidiyle tarım, otomotiv, tekstil ve inşaat gibi alanlara geniş yelpazede girdi sağlamaktadır. 2020 yılı itibarıyla sektörde faaliyet gösteren 25 binden fazla işletme bulunmaktadır ve toplam imalat istihdamının yaklaşık %9'u bu sektörde yer almaktadır (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020). Bu durum, sektörün yalnızca ekonomik değil, aynı zamanda toplumsal kalkınma açısından da taşıdığı önemi ortaya koymaktadır.

Benzer şekilde plastik sektörü, ileri teknoloji makineler ve otomasyon sistemleri kullanarak yüksek katma değerli üretim gerçekleştirmektedir. PAGEV'in 2024 raporuna göre, sektör Türkiye GSYH'sine %4 oranında katkı sağlamaktadır (PAGEV, 2024). Sektör aynı zamanda geniş bir istihdam alanı yaratmakta, nitelikli işgücü talebini artırmaktadır.

Her iki sektör, yüksek ithalat bağımlılığı nedeniyle cari açık üzerinde baskı oluşturmaktadır. Özellikle kimya sektöründe 2023 yılı itibarıyla ithalat 50,8 milyar dolar olarak kaydedilmiştir (PAGEV, 2023). Bu durum, üretimde kullanılan hammaddelerin büyük ölçüde dışa bağımlı olmasıyla açıklanabilir. Plastik sektöründe de benzer bir yapı mevcuttur; yerli üretimin artırılması ve geri dönüşüm oranlarının yükseltilmesi, bu dışa bağımlılığı azaltmak açısından stratejik önem taşımaktadır. "2024 yılı itibarıyla Türkiye, plastik hammaddelerinin %87'sini ithal etmekte olup bu yapısal dışa bağımlılık sektörel kırılganlık yaratmaktadır" (PAGEV, 2024, s. 28).

Yine de son dönemde yerli üretim kapasitesindeki artış, ithalat-ihracat dengesinde olumlu yönde bir eğilim yaratmıştır (Strategy&, 2022). Bu gelişmeler, Türkiye'nin sanayi politikalarında yerli üretim, stratejik hammaddelerin yerelleştirilmesi ve yeşil dönüşüm yatırımlarına öncelik vermesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

4.3.4. Temel Teknolojik Trendler ve Dönüşüm

Küresel ölçekte hızlanan sanayileşme ve teknolojik değişim, kimya ve plastik sektörlerini doğrudan etkileyen başlıca dinamikler arasında yer almaktadır. Özellikle dijitalleşme, otomasyon ve yeşil üretim tekniklerinin entegrasyonu, bu sektörlerin hem rekabet gücünü hem de çevresel sürdürülebilirliğini artırma potansiyeline sahiptir. Akıllı İmalat uygulamaları sayesinde üretim süreçleri daha verimli hale gelirken, çevresel etkiler azaltılmakta ve yeni iş modelleri gelişmektedir. Bu kapsamda, küresel trendler ile Türkiye'deki uygulamalar ve sektörün geleceğine yönelik teknolojik çözümler birlikte değerlendirilmelidir.

Bu kapsamda, kimya ve plastik sanayilerinde sürdürülebilirlik odaklı teknolojik dönüşüm giderek önem kazanmaktadır. Yeşil kimya uygulamaları, çevresel etkiyi minimize eden üretim süreçlerinin geliştirilmesini hedeflemekte olup karbon ayak izini azaltmada kritik rol sahibidir (Karaaslan, 2024). Geleneksel yöntemlerin yerini alan düşük atıklı ve enerji verimli sistemler, hem çevresel duyarlılığı artırmakta hem de uluslararası sürdürülebilirlik standartlarına uyumu kolaylaştırmaktadır.

Plastik sektöründe ise biyoplastikler, biyobazlı hammaddeler ve döngüsel ekonomi çözümleri ön plana çıkmaktadır. Özellikle Avrupa Birliği'nin Tek Kullanımlık Plastikler Direktifi gibi düzenlemeler, firmaları yenilenebilir kaynak temelli üretime geçmeye zorlamaktadır. Bu gelişmeler, Türkiye'deki üreticiler açısından da uyum ve dönüşüm baskısını artırmaktadır.

4.3.4.1. Dijitalleşme ve Akıllı İmalat Entegrasyonu

Dijital dönüşüm, kimya ve plastik sektörlerinin geleceğini belirleyecek temel eksenlerden biridir. Akıllı imalat dönüşümü kapsamında yapay zekâ, büyük veri analitiği, nesnelerin interneti (IoT) ve blok zinciri teknolojileri, üretimden tedarik zinciri yönetimine kadar tüm süreçlerde köklü değişiklikler yaratmaktadır. Dünyada, büyük ölçekli tesislerde ileri seviye sensörler ve yapay zekâ destekli kontrol sistemleri süreç verimliliğini artırmakta, maliyetleri düşürmekte ve kalite kontrolünü iyileştirmektedir. Plastik sanayisinde de robotik otomasyon ve 3D baskı teknolojileri, özellikle prototipleme ve düşük hacimli üretim alanlarında yaygınlaşmaktadır. Tedarik zincirinde dijital izlenebilirlik sağlayan platformlar, şirketlerin kaynak temininden dağıtıma kadar olan süreçlerini gerçek zamanlı ve veriye dayalı olarak optimize etmelerini mümkün kılmaktadır.

Türkiye'de bu dönüşüm, kamu politikalarıyla da desteklenmektedir. TÜBİTAK ve T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın Teknoloji Odaklı Sanayi Hamlesi programı, yüksek teknolojlili üretimi teşvik etmektedir. Ar-Ge destekleri, Kimya Teknoloji Merkezleri ve teknoparklar aracılığıyla inovasyon ekosistemi genişletilmektedir. Buna rağmen dijital dönüşümün istenen hızda gerçekleşmemektedir ve sektör aktörleri dijital yetkinliklerini artırmaları gereklidir (Strategy&, 2022).

4.3.4.2. Üretim Yapısında Katma Değerli Dönüşüm

Türkiye, kimya ve plastik gibi stratejik sektörlerde geleneksel olarak düşük katma değerli ve hammaddeye dayalı üretim yapısından daha ileri seviyedeki üretim yapılarına geçmeye başlamıştır. Petrokimya, özel kimyasallar, ilaç hammaddeleri ve kompozit malzemeler gibi alanlara yapılan yatırımlar, üretim yelpazesinin genişletilmesine ve küresel değer zincirlerinde daha yukarıya konumlanmaya hizmet etmektedir. Bu kapsamda STAR Rafinerisi, Petkim'in kapasite artışı ve Ceyhan Petrokimya Endüstri Bölgesi gibi büyük ölçekli yatırımlar, ithalat bağımlılığını azaltarak yerli üretim kapasitesini artırmayı hedeflemektedir.

Nitekim 2016-2021 döneminde kimya sektöründe üretim artışı, ithalat artış hızını geride bırakmıştır. 2021 yılında sektör üretimi 56 milyar dolara yükselirken, ithalat 64 milyar dolara gerilemiştir (Strategy&, 2022). Bu gelişmeler, Türkiye'nin kimya sanayinde kademeli bir dönüşüm sürecine girdiğini göstermektedir.

Ancak bu yapısal dönüşümün sürdürülebilirliği açısından dikkatle değerlendirilmesi gereken bazı gelişmeler de mevcuttur. Örneğin, Petkim gibi stratejik öneme sahip tesislerin finansal performansı kamuoyunda eleştiri konusu olmaktadır. 2023 yılı verilerine göre, Petkim yaklaşık 7 milyar TL zarar açıklamış ve bu durum kamuoyunda tartışmalara yol açmıştır (Şimşek, 2023). Bu tür örnekler, sektörde gerçekleştirilen büyük ölçekli yatırımların sadece kapasite artışı ve dışa bağımlılığı azaltma potansiyeliyle değil, aynı zamanda yönetim etkinliği, finansal sürdürülebilirlik ve verimlilik açısından da dikkatle izlenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

4.3.4.3. Yeşil Dönüşüm: Karbonsuzlaşma ve Döngüsel Ekonomi

Yaşanan yüksek öneme sahip bir diğer dönüşüm alanı yeşil dönüşümdür. Avrupa Yeşil Muhabakatı'nın yürürlüğe girmesiyle birlikte, çevresel yükümlülükler kimya ve plastik sanayilerinde dönüşüm baskısını artırmıştır. Türkiye'de sektör aktörleri, karbon salınımının azaltılması, döngüsel ekonomi modellerinin yaygınlaştırılması ve enerji verimliliği gibi alanlarda adımlar atmaktadır. Elektrifikasyon, yeşil hidrojen kullanımı ve karbon yakalama-depolama (CCS) teknolojileri konusunda Ar-Ge faaliyetleri yürütülmektedir (TİM, 2023).

Plastik sektöründe ise geri dönüştürülmüş hammadde kullanımı ve biyobozunur malzeme geliştirme çalışmaları hız kazanmıştır. 2019 yılında başlayan ücretli plastik poşet uygulaması sonucunda plastik poşet kullanımı %75 oranında azalmıştır (Onay et al., 2021). Depozito iade sistemi ve tek kullanımlık plastiklerin sınırlandırılması gibi yeni düzenlemeler de gündemdedir (Onay, v.d., 2021). Bu bağlamda PAGEV Başkanı Yavuz Eroğlu'nun da belirttiği gibi, Türkiye'nin yeşil dönüşüm sürecinde proaktif davranması, düzenleyici çerçevenin hızla oluşturulması ve teşvik mekanizmalarının güncellenmesi gerekmektedir (Ekotürk, 2025).

4.3.4.4. Zorluklar ve Stratejik Uyarlanabilirlik

Tüm bu olumlu gelişmelere karşın, kimya ve plastik sektörlerinin dönüşüm süreci bazı zorluklarla karşı karşıyadır. Yüksek enerji maliyetleri, finansmana erişim güçlükleri ve özellikle KOBİ'lerin dijitalleşme ya da sürdürülebilirlik gerekliliklerine uyum sağlama kapasiteleri sınırlayıcı faktörlerdir. Avrupa Birliği'nin Sınırdan Karbon Düzenleme Mekanizması (CBAM), ihracat yapan Türk firmalarını düşük karbonlu üretim tekniklerine geçmeye zorlamaktadır. Bu da teknolojik dönüşümün hızlandırılmasını daha da elzem hale getirmektedir.

Türkiye'deki kimya ve plastik sanayileri, geleneksel üretim modellerinden daha inovatif, çevresel sorumluluğu yüksek ve dijital teknolojilere entegre yapılar haline dönüşmektedir. Bu dönüşüm; uluslararası rekabet gücünü artırmak, sürdürülebilir büyüme sağlamak ve dışa bağımlılığı azaltmak açısından stratejik bir gereklilik halini almıştır. Sektörün geleceği, bu dönüşümün ne kadar hızlı, kapsayıcı ve dirençli biçimde hayata geçirileceğine bağlıdır (Strategy&, 2022).

4.3.5. Türkiye Kimya Sektöründe Yenilikçi Teknolojiler

Türkiye, küresel kimya ve plastik sektöründeki teknolojik dönüşüme uyum sağlamak adına çeşitli stratejiler geliştirmektedir. Bu kapsamda, sürdürülebilir kimya uygulamalarının benimsenmesi, otomasyon sistemlerinin entegrasyonu ve dijitalleşmenin artırılması sektör için öncelikli hedefler arasındadır.

4.3.5.1. Yeşil Kimya ve Sürdürülebilir Üretim Uygulamaları

Yeşil kimya, çevresel etkileri en aza indiren, enerji verimliliğini artıran ve atık üretimini azaltan üretim süreçlerini ifade etmektedir. Türkiye'de bu alanda faaliyet gösteren şirketler, sürdürülebilir üretim tekniklerine yönelik yatırımlar yapmaktadır. Örneğin, T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın 2021 yılı raporuna göre, Ak-Kim Kimya, su arıtma ve çevre dostu kimyasallar üretimi konusunda önemli adımlar atmaktadır.

(T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2021). Bu tür yatırımlar, hem sanayinin çevresel sürdürülebilirliğini artırmakta hem de Türkiye'nin yeşil sanayi politikalarına uyum sağlamasına katkıda bulunmaktadır. Türkiye'deki kimya sanayisinin sürdürülebilir üretim kapasitesini artırabilmesi için biyoteknoloji tabanlı malzeme üretimi, karbon emisyonlarını azaltan yenilikçi prosesler ve döngüsel ekonomi modellerinin yaygınlaştırılması gerekmektedir. Özellikle, biyobozunur plastikler, yenilenebilir hammaddeler ve düşük karbon salımlı üretim süreçleri kimya ve plastik sektörlerinde önemli gelişim alanları olarak değerlendirilmektedir.

4.3.5.2. Dijitalleşme, Otomasyon ve Akıllı Fabrikalar

Akıllı İmalat dönüşümünün kimya ve plastik sanayisine etkisi, üretim süreçlerinin daha verimli ve düşük maliyetli hale getirilmesini sağlamaktadır. Dijitalleşme ile birlikte, büyük veri analitiği, sensör teknolojileri ve yapay zeka destekli karar alma mekanizmaları işletmelerin operasyonel süreçlerinde önemli rol oynamaktadır. Türkiye'de bu alanda yenilikçi çözümleri benimseyen firmalar giderek artmaktadır. Örnek vermek gerekirse, Noordzee firmasının SAP S/4HANA kullanarak tedarik zinciri yönetimini iyileştirdiği ve üretim süreçlerini daha verimli hale getirdiği belirtilmektedir. Bu tür dijital çözümler, kimya ve plastik sektörlerinde verimlilik artışını destekleyerek global pazarlarda rekabet avantajı sağlamaktadır.

Türkiye'de kimya sektörünün dijitalleşme sürecini hızlandırmak adına aşağıdaki uygulamalar yaygınlaştırılmalıdır:

- Yapay zeka destekli üretim sistemleri ile kalite kontrol süreçlerinin iyileştirilmesi
- Blok zinciri teknolojisi kullanılarak tedarik zinciri yönetiminin şeffaf ve güvenilir hale getirilmesi
- Sensör tabanlı üretim ve otomasyon çözümleri ile enerji verimliliğinin artırılması
- Büyük veri analitiği sayesinde üretim süreçlerinin daha iyi optimize edilmesi

Bu yenilikçi teknolojiler, Türkiye'nin kimya ve plastik sanayisini küresel pazarda daha rekabetçi hale getirecek ve sürdürülebilir sanayi politikalarının uygulanmasını destekleyecektir. Türkiye'de kimya ve plastik sektörleri, küresel sanayi dönüşümüne uyum sağlamak için dijitalleşme, yeşil üretim ve otomasyon sistemlerine yönelik yatırımlarını artırmalıdır. Sürdürülebilir kimya uygulamalarının yaygınlaştırılması, çevresel etkilerin minimize edilmesine katkı sağlarken, dijitalleşme ve Akıllı İmalat çözümleri üretim süreçlerini daha verimli hale getirecektir. Böylece, hem ekonomik kalkınma sağlanacak hem de sürdürülebilir büyüme hedeflerine ulaşılabilecektir.

4.3.6. Çevresel Etkiler ve Sürdürülebilirlik

Kimya sektörü, yüksek sıcaklık ve basınçla yürütülen prosesleri, yoğun enerji kullanımı ve çeşitli toksik emisyonları ile çevresel sürdürülebilirlik açısından dönüştürülmesi gereken bir üretim alanıdır. Petrokimya, ilaç, gübre ve plastik hammadde üretimi gibi alt sektörlerde karbon dioksit ve diğer sera gazlarının yanı sıra uçucu organik bileşikler (VOC), kü-kürt ve azot oksitler gibi kirleticiler de açığa çıkmaktadır (TÜİK, 2023). Ayrıca atık suların ağır metaller ve toksik bileşikler içermesi, su ve toprak kirliliğine yol açmaktadır.

Bu nedenle kimya tesisleri, baca gazı ve atık su arıtma sistemleri kurmakla yükümlü olup, Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü (IPPC) çerçevesinde en iyi tekniklerin kullanımı teşvik edilmektedir. 2017 yılında yürürlüğe giren “Kimyasalların Kaydı, Değerlendirilmesi, İzni ve Kısıtlanması (KKDİK)” yönetmeliği, Avrupa Birliği REACH düzenlemesiyle paralel bir sistem olarak, piyasaya sürülen kimyasalların insan sağlığı ve çevre üzerindeki etkilerini kayıt altına almayı ve kullanımını düzenlemeyi amaçlamaktadır.

Temiz üretim uygulamaları da sektörde yaygınlaşmaktadır. Bu kapsamda, proses verimliliği artırılarak atık oluşumu kaynağında azaltılmakta, toksik girdilerin yerine daha az zararlı hammaddeler tercih edilmekte ve yan ürünler yeniden kazanılmaktadır. Örneğin, proses kaynaklı ısı geri kazanımı ya da solvent yerine su bazlı boyaların kullanımı bu yaklaşıma örnek oluşturmaktadır. ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi standardı ise sektörde giderek daha fazla benimsenmekte, çevresel performansın izlenmesini ve sürekli iyileştirilmesini desteklemektedir. Türkiye’de ayrıca karbon emisyonlarının piyasa temelli düzenlenmesi amacıyla emisyon ticareti sistemine yönelik hazırlıklar da devam etmektedir (Sabancı Üniversitesi IPC, 2021).

4.3.6.1. Plastik Sektöründe Kirlilik, Atık ve Döngüsel Ekonomi

Plastik sektörü, doğrudan çevreye etkisi en fazla hissedilen sanayi kollarından biridir. Özellikle plastik atıklar, hem kara hem de deniz ekosistemlerinde ciddi kirlilik yaratmakta, biyolojik çeşitliliği tehdit etmekte ve insan sağlığı açısından da risk oluşturmaktadır. Yapılan bir araştırmaya göre Türkiye plastik kirliliğinde dünya genelinde 9. sırada yer almaktadır (Onay v.d., 2021).

Akdeniz’e kıyısı olan ülkeler arasında Türkiye, denize en fazla plastik atık sızdıran ilk üç ülke arasındadır. Yıllık yaklaşık 150 bin ton plastik atığın Akdeniz’e karıştığı tahmin edilmektedir (Onay et al., 2021). Kentsel atıkların %70’inin tek kullanımlık plastiklerden oluştuğu tespit edilmiştir. Bu atıkların önemli bir kısmı kontrolsüz döküm alanlarına ya da doğrudan çevreye bırakılmakta, mikroplastiklere dönüşerek toprak ve su kaynaklarını kirletmektedir.

Bu kapsamda plastik sektöründe sürdürülebilirliği artırmaya yönelik bazı stratejik öncelikler öne çıkmaktadır:

- Geri dönüşüm oranlarının artırılması: Etkin plastik atık toplama ve işleme sistemlerinin kurulması ve genişletilmiş üretici sorumluluğu (EPR) politikalarının uygulanması gerekmektedir.
- Biyoplastiklerin teşvik edilmesi: Biyobozunur ve biyobazlı malzemelerin yaygınlaştırılması, geleneksel petrol bazlı plastiklere alternatif oluşturacaktır.
- Plastik atık ithalatının sınırlandırılması: Türkiye’nin plastik atık ithalatına yönelik politikaları gözden geçirilmeli, iç piyasadaki plastik atık yönetimi güçlendirilmelidir.
- Tek kullanımlık plastiklerin yasaklanması veya sınırlandırılması: AB’nin Tek Kullanımlık Plastikler Direktifi’ne benzer mevzuatlarla plastik poşet, çatal, tabak ve şişe gibi ürünlerin kullanımının azaltılması sağlanmalıdır.

Türkiye, 2019’da yürürlüğe koyduğu ücretli plastik poşet uygulamasıyla bu alanda önemli bir adım atmış; tüketimi %75’ten fazla azaltmayı başarmıştır (Onay et al., 2021). Depozito-iade sistemine geçiş, plastik ambalajların yeniden kullanım oranlarını artırmak için kritik bir adımdır.

4.3.6.2. Karbon Nötrlük ve Sürdürülebilir Gelecek Hedefi

Türkiye’nin 2053 Net Sıfır Emisyon Hedefi doğrultusunda, sanayi sektörlerinde karbon emisyonlarını azaltmak amacıyla çeşitli mekanizmaların hayata geçirilmesi planlanmaktadır. Bu kapsamda, Türkiye’nin ilk İklim Kanunu Teklifi’nde Emisyon Ticaret Sistemi (ETS) ve karbon kredileriyle ilgili düzenlemeler öngörülmektedir. Teklife göre, işletmelerin sera gazı emisyon izni almaları zorunlu hale getirilecek ve T.C. Ticaret Bakanlığı tarafından “Sınırdı Karbon Düzenleme Mekanizması” kurulacaktır (Anadolu Ajansı, 2025).

Bu bağlamda, sanayi kuruluşlarının ETS’ye uyum sağlamaları ve düşük karbonlu üretim süreçlerine geçiş yapmaları teşvik edilmelidir. Yeşil finansman araçları, özellikle düşük faizli krediler ve yeşil tahviller, bu dönüşüm sürecinde önemli bir destek mekanizması olarak kullanılabilir. Ayrıca, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırmak ve enerji verimliliğini teşvik etmek amacıyla finansal destekler sağlanmalıdır. Bu adımlar, Türkiye’nin yeşil kalkınma hedeflerine ulaşmasına katkı sağlayacaktır. Türkiye İhracatçılar Meclisi’nin 2023 yılı raporuna göre, kimya sektörü 2053 yılına kadar karbon nötr olmayı hedeflemektedir (Türkiye İhracatçılar Meclisi, 2023).

Bu hedef doğrultusunda, enerji verimliliği yatırımları, yenilenebilir enerji kullanımı, karbon yakalama ve depolama (CCS) teknolojileri gibi alanlarda stratejik dönüşüm gerekmektedir. Ayrıca temiz teknolojilerin kullanımının teşvik edilmesi, emisyonların azaltılmasında temel rol oynayacaktır. Plastik sektörü açısından ise döngüsel ekonomi ilkelerinin yaygınlaştırılması ve kimyasal geri dönüşüm gibi ileri teknolojilere yatırım yapılması, atık yönetiminin etkinliğini artıracaktır. Sektör içindeki firmaların kapalı döngü üretim sistemlerine geçişi, hem kaynak tüketimini azaltacak hem de atıkların çevreye zararını minimize edecektir.

4.3.7. Plastik Atık Yönetimi ve Döngüsel Ekonomi

Plastik atık yönetimi, küresel sürdürülebilirlik politikalarının merkezinde yer alan temel alanlardan biri haline gelmiştir. Türkiye, hem plastik üretimi hem de tüketimi açısından yüksek kapasiteye sahiptir; bu durum, plastik atıkların yönetimini çevresel ve ekonomik açıdan stratejik bir öncelik haline getirmektedir. "Türkiye'de yılda 9,6 milyon ton plastik üretilmekte, üretilen plastiklerin 2,2 milyon tonu ambalaj olarak piyasaya sürülmekte ve bu ambalajların sadece yarım milyon tonu geri dönüştürülmektedir" (Onay v.d., 2021, s.15). Ancak bu atıkların yalnızca sınırlı bir kısmı geri dönüşüme dahil edilmekte, önemli bir bölümü ya doğrudan çevreye karışmakta ya da düzenli depolama sahalarına gönderilmektedir.

4.3.7.1. Altyapı, Sorunlar ve Fırsatlar

Avrupa Çevre Ajansı'na göre, AB ülkelerinde ortalama plastik geri dönüşüm oranı %42 iken, Türkiye'de bu oran %20-25 aralığındadır. Geri dönüşüm altyapısının yetersizliği, atık toplama sistemlerinin dağınıklığı ve tüketici düzeyinde ayrıştırma kültürünün yeterince gelişmemiş olması temel sorunlardandır. Ayrıca, geri dönüştürülmeyen plastiklerin önemli bir kısmı çevreye karışmakta veya yakılmaktadır. Türkiye'de belediye atıklarının %65-70'i hâlâ düzenli depolama sahalarına gitmektedir (Euronews Türkçe, 2022).

Türkiye'de plastik geri dönüşüm sanayisi gelişmektedir. PAGEV'e göre, 2024 itibarıyla lisanslı geri dönüşüm tesislerinin sayısı 1000'i aşmıştır (PAGEV, 2024). İstanbul, Adana, Gaziantep ve İzmir gibi şehirler geri dönüşüm sektörünün kümelendiği merkezlerdir. Bu tesislerde plastik türlerine göre (PET, PE, PP vb.) ayrıştırma, yıkama, granül üretimi gibi işlemler gerçekleştirilmekte ve bu granüller yeniden üretimde kullanılmaktadır.

Ayrıca, yüksek kapasiteli kimyasal geri dönüşüm tesisleri, plastiklerin monomerlerine ayrılarak tekrar hammaddeye dönüştürülmesini mümkün kılmaktadır (Turkish Time, 2023). Bu gelişmeler, döngüsel ekonomiye geçişte önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir. Plastik atıkların kaynağında azaltılması ve geri dönüştürülmesi için çeşitli politika araçları uygulanmaktadır:

- **Genişletilmiş Üretici Sorumluluğu (EPR):** Üreticilerin piyasaya sürdükleri ürünlerin geri dönüşümünden sorumlu olmalarını sağlar. Özellikle ambalaj üreticileri, belli bir oranda geri toplama veya lisanslı kuruluşlar aracılığıyla toplama yükümlülüğüne sahiptir.

- **Depozito İade Sistemi:** 2023 itibarıyla içecek ambalajlarında uygulanmaya başlanmıştır. Bu sistem, plastik şişelerin toplanarak geri dönüşümde kullanılmasını teşvik etmektedir.

- **Sıfır Atık Yönetmeliği (2019):** Tüm kamu kurumlarında, AVM'lerde ve büyük işletmelerde atıkların kaynağında ayrıştırılarak toplanması zorunlu hale getirilmiştir. Bu kapsamda 2022 itibarıyla 27 bin kurum/kuruluş sisteme dahil olmuş ve 8 milyon ton atık geri kazanılmıştır (ÇŞİDB, 2023).

4.3.7.2. Plastik Atık İthalatı ve Uluslararası Yükümlülükler

Türkiye, Çin'in plastik atık ithalatını durdurmasının ardından Avrupa'dan gelen plastik atıkların en büyük ithalatçılarından biri haline gelmiştir. 2020 yılında AB ülkelerinden yaklaşık 450 bin ton plastik atık ithal edildiği tahmin edilmektedir. Ancak ithal atıkların kalitesizliği ve kontrolsüz işlenmesi çevre ve halk sağlığı açısından önemli riskler doğurmuştur. Mevcut durumda ithalat için lisanslı tesis zorunluluğu ve resmi beyan süreçleri devrededir.

Türkiye ayrıca BM Küresel Plastik Anlaşması, Barselona Sözleşmesi ve Basel Sözleşmesi gibi uluslararası düzenlemelere taraftır ve plastik kirliliğiyle mücadelede küresel sorumluluk üstlenmektedir.

4.3.7.3. Gelişme Alanları ve Gereksinimler

Plastik atık yönetimi ve geri dönüşüm alanındaki temel sorunlar şu şekilde özetlenebilir:

- **Yetersiz ayrıştırma:** Evsel ve ticari kaynaklı atıklar karışık toplanmakta, bu da geri dönüşüm verimliliğini düşürmektedir.

- **Lisanssız işletmeler:** Kalitesiz ve çevreye zararlı yöntemlerle faaliyet gösteren küçük geri dönüşüm atölyeleri yaygındır.

- **Yüksek düzenli depolama oranı:** AB ortalaması %24 iken Türkiye'de bu oran %65-70 seviyesindedir.

- **Toplumsal bilinç eksikliği:** Tüketicilerde ayrıştırma kültürünün geliştirilmesi hâlâ zaman almaktadır.

- **Hammadde temininde ithalata bağımlılık:** Yerli atık toplama oranları yeterince yüksek değildir.

2019'da yürürlüğe giren ücretli plastik poşet uygulaması, poşet tüketimini %80 oranında düşürmüştür (Onay et al., 2021). Depozito iade sisteminin yaygınlaştırılması, Yeşil Kamu Alımları uygulamasının devreye girmesi ve Global Recycled Standard (GRS) gibi sürdürülebilirlik sertifikalarının yaygınlaşması da sektör dönüşümünü hızlandıran önemli gelişmelerdendir. Perakende zincirleri, plastik kullanımını azaltma yönünde kampanyalar düzenlemekte; içecek firmaları %100 geri dönüştürülmüş PET şişe hedefleri açıklamaktadır.

4.3.8. Sonuç ve Öneriler

Giriş bölümünde de vurgulandığı üzere, Türkiye'nin sanayi ve teknoloji politikalarının temel hedefi, küresel rekabet gücü yüksek, çevresel sürdürülebilirliği önceleyen, yenilikçi ve dirençli bir üretim altyapısına sahip olmaktır. Kimya ve plastik sektörleri, hem ekonomik katkıları hem de çevresel etkileri bakımından bu hedeflerin gerçekleştirilmesinde stratejik bir role sahiptir. Dolayısıyla bu sektörlerin yeşil dönüşüm sürecine aktif biçimde dâhil edilmesi ve sektörel kalkınma stratejilerinin sürdürülebilirlik ilkeleriyle uyumlu hale getirilmesi, politika yapımcılar ve sektör temsilcileri açısından artık bir tercih değil, bir gerekliliktir.

Kimya ve plastik sanayileri, Türkiye ekonomisinin üretim kapasitesi, ihracat hacmi ve istihdam yaratma gücü açısından temel taşlarından biridir (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2021). Ancak bu güçlü konum, aynı zamanda yüksek çevresel etkiler ve sürdürülebilirlik baskılarıyla da karşı karşıyadır. Türkiye'nin 2053 karbon nötr hedefi ve Avrupa Yeşil Mutabakatı gibi dışsal düzenlemeler doğrultusunda bu sektörlerin dönüşüm süreci artık kaçınılmazdır (Türkiye İhracatçıları Meclisi, 2023; Onay v.d., 2021).

4.3.8.1. Stratejik Öncelikler

Aşağıdaki öneriler, sektörel dönüşümün çok yönlü doğasına uygun şekilde bütüncül bir çerçevede hazırlanmıştır:

Ar-Ge ve Katma Değerli Üretim

- Ar-Ge yatırımlarının yeşil kimya, biyoplastikler ve geri dönüşüm teknolojileri gibi alanlara yönlendirilmesi.
- Üniversite-sanayi işbirliklerinin Fraunhofer benzeri yapılarla kurumsallaştırılması.
- Katma değeri yüksek ürünlere (ör. özel kimyasallar, mühendislik plastikleri) odaklanması.

Döngüsel Ekonomi ve Atık Yönetimi

- Genişletilmiş Üretici Sorumluluğu (EPR) sistemlerinin zorunlu hale getirilmesi.
- Yerel yönetimlerle birlikte akıllı atık toplama sistemlerinin kurulması.
- Depozito iade sisteminin kapsamının genişletilmesi ve kimyasal geri dönüşümün teşviki.

Düşük Karbonlu Üretim ve Yeşil Finansman

- Emisyon Ticaret Sistemi (ETS) altyapısının kurulması ve işletmeler için sera gazı emisyon izni zorunluluğu getirilmesi.
- Yeşil tahviller ve çevresel sertifikalara dayalı teşvik sistemleri kurulması.
- SO 14001 (Çevre Yönetim Sistemi) ve ISO 50001 (Enerji Yönetim Sistemi) sertifikalarının sektör genelinde yaygınlaştırılması.

AB Yeşil Mutabakatı ve REACH Uyum Süreci

- AB regülasyonlarına (CBAM, REACH, CLP) tam uyum için sektörel destek programlarının geliştirilmesi.
- Türkiye Yeşil Mutabakat Eylem Planı'nda öngörülen adımların hızlandırılması.

Nitelikli İş Gücü ve Eğitim Reformu

- Mesleki eğitim müfredatlarının yeşil üretim, döngüsel ekonomi ve dijitalleşme temalarıyla güncellenmesi.
- Üniversitelerde sürdürülebilir kimya, çevre mühendisliği ve malzeme bilimi alanlarında kapasite artırımı.
- Sanayi ile işbirliği içinde uygulamalı eğitim ve çıraklık modellerinin yaygınlaştırılması.

Finansman, OSB Gelişimi ve Yapısal Reformlar

- KOBİ'lere yönelik düşük faizli kredi ve hibe desteklerinin genişletilmesi.
- Kimya ve plastik sektörüne özel organize sanayi bölgelerinin kurulması.
- Ortak arıtma ve lojistik altyapılarla ölçek ekonomisi yaratılması.

Sektörel Yönetişim ve Veri Altyapısı

- Kamu-özel sektör diyalog mekanizmalarının etkinleştirilmesi.
- TÜİK, İSO, PAGEV gibi kurumlar arası veri paylaşımının dijital platformlarla iyileştirilmesi.
- Dünya Bankası gibi kuruluşlardan sağlanan yeşil dönüşüm fonlarının etkin kullanımı.

4.3.8.2. Genel Değerlendirme

Kimya ve plastik sanayileri, çevresel etkileri dikkate alındığında sürdürülebilir üretim modellerine geçişte önemli bir dönemeçtedir. 2050'ye kadar net-sıfır emisyon, 2030'a kadar yüksek geri dönüşüm oranları gibi hedefler doğrultusunda politikalar uygulanmakta ve sektörün yönü yeniden şekillenmektedir (TİM, 2023; Onay v.d., 2021).

Eğer bu öneriler bütüncül şekilde hayata geçirilirse, Türkiye hem ekonomik büyümeyi sürdürebilecek hem de yeşil dönüşüm yolunda bölgesel liderlik konumuna yükselebilecektir. Bu, yalnızca sektörlerin değil, Türkiye'nin genel sanayi stratejisi ve sürdürülebilir kalkınma vizyonu açısından da stratejik bir kazanım olacaktır.

Kaynaklar

Anadolu Ajansı. (2025). Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı 14 soruda "İklim Kanunu Teklifi"ni anlattı. <https://www.aa.com.tr/tr/gundem/cevre-sehircilik-ve-iklim-degisikligi-bakanligi-14-soruda-iklim-kanunu-teklifini-anlatti/3531636>

Ekotürk. (2025). Türkiye plastik sektörü, ihracatını toplam 15 milyar dolara çıkardı. Ekoturk.com Ekonomi Haberleri. <https://www.ekoturk.com/haber/turkiye-plastik-sektoru-ihracatini-toplam-15-milyar-dolara-cikardi/>

Onay, T. T., Küçüker, M. A., Vardar, S., & Yücel, T. (2021). Türkiye'de Plastik Atık Sorunu ve Politika Önerileri. Boğaziçi Üniversitesi Çevre Bilimleri Enstitüsü & WWF, 76. <https://www.wwf.org.tr/?11580/Turkiyede-Plastik-Atik-Sorunu-ve-Politika-Onerileri>

Strategy& (2022). 2030 ve Sonrası: Türkiye Kimya Sanayisi (Rapor, Haziran 2022). PwC Türkiye, İstanbul. <https://www.strategyand.pwc.com/tr/tr/pdf/tr-2030-ve-sonrasi-kimya-sanayisi.pdf>

Şimşek, G. (2024). Petkim'in 7 milyar zararı nasıl izah edilecek? Habertürk. <https://www.haberturk.com/ozel-icerikler/guntay-simsek-1019/3772937-petkimin-7-milyar-zarari-nasil-izah-edilecek>

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB). (2023). Sıfır Atık ile geri kazanım oranı %35'e ulaştı. T.C. ÇŞİDB Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü. <https://cygm.csb.gov.tr/sifir-atik-ile-geri-kazanim-orani-35e-ulasti.-haber-286897>

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2020). Kimya Sektörü Raporu 2020. T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Sanayi Genel Müdürlüğü, Ankara. <https://www.sanayi.gov.tr/assets/pdf/plan-program/KimyaSektorRaporu2020.pdf>

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2021). Kimya Sektör Raporu 2021. Ankara: T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Yayınları. <https://www.sanayi.gov.tr/assets/pdf/plan-program/KimyaSektorRaporu2021.pdf>

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2022). Kimya Sektör Raporu 2022. Ankara: T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Yayınları. [https://www.sanayi.gov.tr/assets/pdf/plan-program/KimyaSektorRaporu\(2022\).pdf](https://www.sanayi.gov.tr/assets/pdf/plan-program/KimyaSektorRaporu(2022).pdf)

Turkish Time. (2022). Biotrend Enerji, Türkiye'de kuracağı ileri seviye plastik geri dönüşüm tesisi için Honeywell teknolojisini seçti. <https://turkishtimedergi.com/is-dunyasi/biotrend-enerji-turkiyede-kuracagi-ileri-seviye-plastik-geri-donum-te-sisi-icin-honeywell-teknolojisini-secti/>

Türk Plastik Sanayicileri Araştırma Geliştirme Eğitim Vakfı (PAGEV). (2024). Türkiye Plastik Sektör İzleme Raporu 2024. İstanbul: PAGEV Yayınları. https://pagev.net/dosyalar/2025/02/1739862084_14b9f8ee07.pdf

Türkiye İhracatçılar Meclisi (TİM). (2024). Türkiye 2023'te 255,8 Milyar Dolarla İhracatta Yeni Bir Rekora İmza Attı. <https://tim.org.tr/tr/turkiye-2023te-255-8-milyar-dolarla-ihracatta-yeni-bir-rekora-imza-atti>

Türkiye İhracatçılar Meclisi. (2023). Kimya Sektörü Sürdürülebilirlik Eylem Planı Raporu. <https://tim.org.tr/files/downloads/T%C4%B0M%20S%C3%BCrd%C3%BCr%C3%BClebilirlik%20B%C3%BClteni%20ve%20Planlar%C4%B1/Kimya%20Sekt%C3%B6r%C3%BC%20S%C3%BCrd%C3%BCr%C3%BClebilirlik%20Eylem%20Plan%C4%B1.pdf>

Karaaslan, R. (2024). Yeşil Kimya İçin Sürdürülebilir Yaklaşımlar [Sunum]. ÜSİMP. https://www.usimp.org.tr/uploads/Webinar/rezzan_karaaslan_yesil_kimya_ic_.pdf

4.4. SAVUNMA SANAYİ

Prof. Dr. Deniz Tunçalp

İTÜ İşletme Mühendisliği Bölümü

4.4.1. Giriş

Türkiye'nin savunma sanayii, son yirmi yılda köklü bir dönüşüm yaşamış ve 2023 yılı itibarıyla 15 milyar dolar ciroya, 5.5 milyar dolar ihracata ve 91.000 kişilik istihdama ulaşmıştır (SSB, 2024, s. 21). Bu büyüme savunma ihtiyaçlarının yerli üretimle karşılanması, ileri teknolojilerin geliştirilmesi ve ihracat pazarlarında rekabet gücünün artırılması politikalarıyla desteklenmiştir. 2024 yılı itibarıyla, Türkiye savunma sanayii projelerinde yerlilik oranı %70'e ulaşmış, böylece ülkenin savunma alanındaki dışa bağımlılığı azalmıştır (AA, 2024; MUSIAD, 2025).

Bu dönüşüm, ülkenin ulusal güvenliğini güçlendirmenin yanı sıra, askeri ve stratejik bağımsızlığını pekiştirme hedefiyle de yakından ilişkilidir. Savunma sanayiinin güçlenmesi, aynı zamanda Türkiye'nin küresel silah ihracatçısı olarak rekabet gücünü artırmasına olanak tanımaktadır. 2024 yılı itibarıyla savunma sanayii ihracat gelirleri 7.1 milyar dolara ulaşarak Türkiye'yi dünyadaki en büyük 11. savunma ihracatçısı konumuna taşımıştır (Defence News, 2025; Helou, 2025). Bu artış, Türkiye'nin uluslararası savunma piyasasında giderek daha fazla kabul gören bir aktör haline geldiğini ve ihracat hacminin büyük oranda genişlediğini göstermektedir.

Savunma sanayiinin bu büyüme trendi, yalnızca ulusal güvenlik politikaları açısından değil, aynı zamanda ekonomik kalkınma, teknolojik ilerleme ve uluslararası ilişkiler bağlamında da büyük önem taşımaktadır. Yerli savunma sanayiini güçlendirmek, yalnızca dış tehditlere karşı daha dirençli bir yapı oluşturmakla kalmaz, aynı zamanda yeni iş fırsatları yaratmak, yüksek teknoloji alanlarında bilgi birikimi sağlamak ve ülkenin küresel savunma ekosistemindeki rolünü genişletmek açısından kritik bir araçtır (Egeli et al., 2025). Türkiye'nin bu alandaki stratejisi, yalnızca askeri üstünlük sağlamaya yönelik değil, aynı zamanda sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşma ve uluslararası pazarlarda rekabet edebilme kapasitesini artırma doğrultusunda şekillenmektedir (Serveta, 2024).

Bu çalışmada, Türkiye'nin savunma sanayiindeki gelişimi, sanayi politikaları, inovasyon yönetimi ve uluslararası ticaret teorileri çerçevesinde incelenecektir. Savunma sanayiinin dönüşümü, devlet destekli yatırımlar, kamu-özel sektör işbirlikleri, uluslararası ortaklıklar ve teknolojik yenilikler gibi çeşitli faktörler üzerinden ele alınacaktır. Ayrıca, Türkiye'nin savunma sanayii modelinin Güney Kore ve İsrail gibi diğer başarılı örneklerle karşılaştırmalı bir analizle değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

4.4.2. Türkiye Savunma Sanayiinin Evrimi

4.4.2.1. Tarihsel Arka Plan ve Politika Değişimleri

Türkiye'nin savunma sanayii, tarihsel olarak büyük ölçüde dış tedarikçilere bağımlı bir yapıya sahipken, 1980'lerden itibaren dışa bağımlılığı azaltmaya yönelik kapsamlı bir dönüşüm sürecine girmiştir. Soğuk Savaş dönemi boyunca Türkiye, NATO'nun güneydoğu kanadındaki stratejik konumu nedeniyle Batılı müttefiklerden önemli askeri yardımlar almış ve savunma ihtiyaçlarının büyük bir kısmını ithalat yoluyla karşılamıştır. Ancak, 1974 Kıbrıs Barış Harekati sonrasında uygulanan silah ambargosu, Türkiye'nin savunma sanayii politikalarında köklü bir değişikliğe gitmesine neden olmuştur. Bu ambargo, savunma ihtiyaçlarını karşılamak için yerli üretime öncelik verilmesi gerektiğini gösteren bir dönüm noktası olmuş ve 1985 yılında Savunma Sanayii Geliştirme ve Destekleme İdaresi'nin (SAGEB) kurulmasına zemin hazırlamıştır (Egeli et al., 2025).

1980'lerden itibaren Türkiye, kendi savunma sanayii altyapısını geliştirme konusunda bilinçli adımlar atarak, yerli üretimi artırmaya yönelik politikalar uygulamaya başlamıştır. Bu kapsamda, 1985 yılında kurulan Savunma Sanayii Müsteşarlığı (SSM), 2018'de Savunma Sanayii Başkanlığı (SSB) olarak yeniden yapılandırılmış ve savunma sektöründe devletin yönlendirici rolü daha da güçlenmiştir (Egeli et al., 2025). SSB'nin temel hedefi, Türk Silahlı Kuvvetleri'nin (TSK) ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla yerli ve milli üretimi teşvik etmek, kritik teknolojilere yatırım yapmak ve dışa bağımlılığı azaltmaktır (SSB, 2024). Türkiye, savunma sanayii politikasını belirlerken yalnızca askeri gereklilikleri değil, aynı zamanda ekonomik büyüme ve ihracat hedeflerini de dikkate alarak savunma sanayii sektörünü bir kalkınma aracı olarak görmüştür.

Savunma sanayii politikalarını desteklemek amacıyla oluşturulan bir diğer önemli mekanizma ise Savunma Sanayii Destekleme Fonu'dur (SSDF). SSDF, Türkiye'nin savunma projelerinin finansmanında kullanılan en önemli kaynaklardan biri olup, savunma sektörüne devlet tarafından sağlanan fonlarla yatırım yapılmasını kolaylaştırmaktadır (Saleh, 2023). Fon, doğrudan Ar-Ge projelerini desteklemek, kritik teknolojileri geliştirmek ve savunma şirketlerine uzun vadeli finansman sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. Özellikle 2000'li yıllardan sonra hız kazanan fon destekli projeler sayesinde Türkiye, savunma sanayii alanında büyük ölçekli üretim süreçlerini yönetebilir hale gelmiştir.

Türkiye'nin savunma sanayii politikasındaki değişimler yalnızca ulusal güvenliği artırmakla sınırlı kalmamış, aynı zamanda savunma sanayii ürünlerinin ihracat potansiyelini de genişletmiştir. Son yıllarda, savunma ihracatına yönelik teşviklerin artırılması ve uluslararası işbirlikleri sayesinde Türkiye, kendi savunma sanayii ürünlerini dünya pazarına sunan önemli bir aktör haline gelmiştir. Ancak, bu sürecin tam anlamıyla başarıya ulaşması için bazı kritik teknolojilerdeki dışa bağımlılığın giderilmesi gerekmektedir.

4.4.2.2. Yerli Üretim Kapasitesi ve Stratejik Alanlar

Savunma sanayiinin yerleşme süreci 2024 itibarıyla %70 yerlilik oranına ulaşmıştır. (MUSIAD, 2025; Türkiye Today, 2024). Bu gelişme, Türk savunma sanayii ekosisteminin hızla büyüdüğünü ve kendi kendine yeterliliğe doğru ilerlediğini göstermektedir. Yerli üretim kapasitesinin artışı, hem savunma sanayii şirketlerinin üretim kabiliyetlerinin gelişmesi hem de devlet tarafından sağlanan destek mekanizmaları sayesinde mümkün olmuştur. Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş. (TUSAŞ), ASELSAN, ROKETSAN ve Baykar gibi firmalar, ulusal güvenlik stratejileri doğrultusunda büyük ölçekli projeler geliştirerek sektörde öncü konuma gelmişlerdir. Ancak bu oranın artırılması için hâlâ motor sistemleri, radarlar, mikroişlemciler ve yarı iletkenler gibi kritik alanlarda dışa bağımlılığın azaltılması gerekmektedir. 2024-2028 Savunma Sanayii Sektörel Strateji Dokümanı da bu alanlarda teknoloji kazanım yükümlülüklerinin yaygınlaştırılmasını ve yerli yüklenicilerin en az %2 oranında yerli firmalara destek vermesini zorunlu kılmıştır (SSB, 2024, s. 37).

Özellikle insansız hava araçları (İHA) alanında Türkiye, uluslararası pazarda rekabet edebilen ürünler geliştirmekte ve bu alanda teknoloji ihracatçısı konumuna yükselmektedir. Bayraktar TB2 gibi sistemler, etkin performansları sayesinde birçok ülkenin envanterine girmiş ve Türkiye'nin savunma sanayii ihracatında önemli bir yer edinmiştir. Bununla birlikte, kara ve deniz platformlarında da büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. MİLGEM projesi kapsamında üretilen savaş gemileri, Türk Deniz Kuvvetleri'nin modernizasyon sürecinde kritik bir rol oynamaktadır.

Ancak, Türkiye'nin savunma sanayii üretim kapasitesindeki ilerlemeye rağmen, bazı kritik bileşenlerde dışa bağımlılık devam etmektedir. Özellikle motor teknolojileri, yarı iletkenler ve mikroişlemciler gibi yüksek teknoloji gerektiren alanlarda Türkiye, henüz tam bağımsız bir üretim süreci oluşturamamıştır (Çubukçuoğlu, 2025). Örneğin, Altay Ana Muharebe Tankı için geliştirilen motor sistemlerinde yaşanan dışa bağımlılık sorunu, projenin tamamlanmasını geciktiren en büyük faktörlerden biri olmuştur. Benzer şekilde, Türkiye'nin beşinci nesil savaş uçağı KAAN için kullanılan motor teknolojilerinin büyük ölçüde yabancı ortaklıklara bağlı olması, uzun vadeli savunma stratejileri açısından önemli bir risk oluşturmaktadır.

Savunma sanayiinde yerleştirme hedeflerine ulaşmak için, devlet destekli Ar-Ge projelerinin daha fazla teşvik edilmesi ve yerli üreticilerin kritik teknolojilere yatırım yapmasının sağlanması gerekmektedir. Bu bağlamda, Türkiye'nin özellikle mikroelektronik, radar sistemleri, otonom sistemler ve yapay zeka destekli askeri çözümler gibi ileri teknoloji alanlarına odaklanması büyük önem taşımaktadır.

Türkiye'nin savunma sanayiindeki yerlilik oranının sürdürülebilir şekilde artırılması, yalnızca askeri alanda bağımsızlığı sağlamakla kalmayacak, aynı zamanda ülkenin savunma ihracat gelirlerini de artırarak küresel pazardaki rekabet gücünü yükseltecektir.

Türkiye'nin savunma sanayiindeki ilerlemeleri dikkate değer olmakla birlikte, kritik teknolojilerde bağımsızlığın tam anlamıyla sağlanamaması önemli bir zorluk oluşturmaktadır. Türkiye'nin bu eksiklikleri gidermek adına uzun vadeli Ar-Ge yatırımlarına yönelmesi, üniversite-sanayi işbirliklerini teşvik etmesi ve savunma teknolojileri alanında uluslararası ortaklıklara stratejik bir bakış açısıyla yaklaşması gerekmektedir.

4.4.3. Teknoloji Geliştirme ve Ar-Ge Çalışmaları

4.4.3.1. Stratejik Ar-Ge Yatırımları

Türkiye, savunma sanayiindeki bağımsızlığını artırmak ve küresel ölçekte rekabet gücünü yükseltmek için stratejik Ar-Ge yatırımlarına büyük önem vermektedir. Son yıllarda, grafen bazlı malzemeler, nanoteknoloji ve yapay zeka destekli sistemler gibi ileri teknoloji alanlarında önemli atılımlar gerçekleştirilmiştir (MUSIAD, 2025; SSB, 2021; 2024). Özellikle yüksek dayanıklılığa sahip malzemeler, radar görünmezlik özellikleri ve otonom sistemlerin geliştirilmesine yönelik araştırmalar, Türk savunma sanayiinin geleceğini şekillendiren temel faktörler arasında yer almaktadır. Bu yatırımların temel amacı, yerli üretim kapasitesini artırarak dışa bağımlılığı azaltmak ve Türkiye'yi savunma teknolojilerinde yenilikçi bir aktör haline getirmektir.

Türkiye'nin savunma sanayii Ar-Ge yatırımlarında öncelikli alanlarından biri de yapay zeka destekli otonom sistemlerdir. Son yıllarda, yapay zeka (YZ) ve büyük veri analitiği savunma sistemlerinin etkinliğini artırmak amacıyla yaygın şekilde kullanılmaktadır. Türkiye, yapay zeka tabanlı otonom sistemler ve savaş yönetim sistemleri geliştirme konusunda önemli projelere imza atmaktadır. Çelik Kubbe hava savunma sistemi, yapay zeka destekli radar algılama ve tehdit önleme teknolojileri ile Türkiye'nin savunma sanayiindeki ileri teknolojiye yaptığı yatırımların somut bir örneğidir (Moyeuvre, 2025). Çelik Kubbe gibi sistemler, düşman tehditlerini önceden tespit ederek hava savunma sistemlerinin daha hızlı ve etkili çalışmasını sağlamaktadır. Türkiye'nin bu alandaki yatırımları, gelecekteki savunma doktrinlerini şekillendiren unsurlar arasında yer almaktadır. Bu kapsamda ATMACA, SOM, BORA ve TAYFUN gibi füze sistemlerinde kullanılan radar, motor ve seyrüsefer teknolojilerinin yerleştirilmesi, öncelikli hedefler arasında yer almaktadır. Strateji belgesi, bu sistemlerde yüksek sıcaklığa dayanıklı malzeme, katı yakıtlı roket motorları ve veri bağı teknolojilerinde özgülleştirme çalışmalarına öncelik verilmesini öngörmektedir (SSB, 2024, s. 27).

Ar-Ge yatırımları sadece savunma sanayiindeki yerli kapasiteyi artırmakla kalmamakta, aynı zamanda ülkenin savunma ihracat potansiyelini de yükseltmektedir. Türkiye'nin geliştirdiği yüksek teknolojiye sahip savunma ürünleri, özellikle Orta Doğu, Güneydoğu Asya ve Afrika ülkelerinin ilgisini çekmekte ve uluslararası pazarda rekabet gücünü artırmaktadır. Bununla birlikte, Türkiye'nin savunma sanayiindeki Ar-Ge faaliyetlerinin sürdürülebilir olması için nitelikli insan kaynağı yetiştirilmesi ve üniversite-sanayi işbirliklerinin güçlendirilmesi gerekmektedir. Türkiye, bu doğrultuda çeşitli üniversitelerle savunma teknolojileri alanında ortak araştırma projeleri yürütmekte ve özel sektörü Ar-Ge projelerine dahil etmektedir. TUSAŞ, ASELSAN, ROKETSAN ve HAVELSAN gibi büyük savunma şirketleri, teknoloji geliştirme süreçlerinde üniversitelerle iş birliği yaparak yenilikçi çözümler üretmektedir.

Türkiye'nin savunma sanayii Ar-Ge yatırımları, yerli ve milli teknolojilerin geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Yapay zeka destekli otonom sistemler, nanoteknoloji tabanlı malzemeler ve ileri mühendislik çözümleri, Türkiye'nin küresel savunma sanayii piyasasında rekabetçi bir aktör haline gelmesini sağlayan temel bileşenlerdir. Ancak, uzun vadede dışa bağımlılığı tamamen ortadan kaldırmak için kritik bileşenlerin üretimine yönelik yatırımların artırılması ve tedarik zincirinin güçlendirilmesi gerekmektedir.

Bu amaçla, savunma sanayiinde tedarik zinciri, piramit yapıda organize edilerek, ana yüklenicilerden alt yüklenicilere ve KOBİ'lere kadar tüm paydaşların entegre çalışması teşvik edilmesine yönelik politikalar izlenmektedir. SSB tarafından 2024-2028 döneminde KOBİ'lerin ihracat ve yerileştirme projelerinde daha aktif rol alması hedeflenmekte; bu bağlamda EYDEP iş payı uygulaması ile KOBİ'lerin sistem seviyesinde daha fazla yer alması desteklenmektedir (SSB, 2024, s. 34).

4.4.3.2. Yerli Askeri Ürünler ve Teknoloji Transferi

Türkiye'nin savunma sanayiinde ulaştığı en büyük başarılarından biri, yerli askeri platformların geliştirilmesi ve bunların uluslararası pazarda kabul görmesidir. Bayraktar TB2 ve KIZILELMA gibi insansız hava araçları (İHA), Türkiye'nin savunma teknolojilerinde dışa bağımlılığını azaltmasının yanı sıra, ülkenin küresel savunma sanayii aktörleri arasına girmesini sağlamıştır (Baykar, t.y.a; Kasapoglu & Kırdemir, 2018). Bayraktar TB2, savaş sahasında elde ettiği başarılarla birçok ülke tarafından tercih edilen bir sistem haline gelmiş, KIZILELMA ise insansız savaş uçağı olarak Türkiye'nin ileri teknoloji geliştirme kabiliyetini gözler önüne sermiştir. Bu tür platformlar, Türkiye'nin sadece savunma ihtiyaçlarını karşılamakla kalmamakta, aynı zamanda askeri ihracat alanında yeni fırsatlar yaratmaktadır.

Türkiye, askeri mühimmat alanında da önemli projeler geliştirmiştir. ATMACA gemisavar füzesi, Bora balistik füzesi ve AKYA torpidosu, Türkiye'nin savunma sanayiinde kritik öneme sahip mühimmatları yerli olarak üretme yeteneğini artırmaktadır. ATMACA, Türkiye'nin deniz gücünü artırmak için geliştirdiği bir sistem olup, uzun menzilli hassas vuruş kapasitesine sahiptir. Bora balistik füzesi, Türkiye'nin stratejik caydırıcılık kabiliyetini güçlendirmekte, AKYA torpidosu ise Türk Deniz Kuvvetleri için geliştirilmiş modern bir denizaltı silah sistemidir. Bu projeler, Türkiye'nin savunma sanayiinde ileri mühimmat teknolojileri üretme kapasitesini geliştirdiğini ve özellikle bölgesel güç projeksiyonunda önemli bir rol oynadığını göstermektedir.

Türkiye'nin yerli savunma sanayii projelerinde ulaştığı başarı, aynı zamanda teknoloji transferi stratejileri ile de desteklenmektedir. Türkiye, özellikle savunma sanayii alanında teknoloji transferine dayalı ortak projeler geliştirmekte ve uluslararası işbirlikleriyle yeni nesil sistemler üretmektedir. Bu kapsamda, Endonezya, Pakistan, Katar ve Azerbaycan gibi ülkelerle savunma sanayii işbirlikleri kurulmuş ve çeşitli ortak üretim anlaşmaları imzalanmıştır. Teknoloji transferi, Türkiye'nin kritik bileşenlerde dışa bağımlılığı azaltmasına ve yeni nesil askeri sistemlerin üretim süreçlerini hızlandırmasına olanak tanımaktadır. Özellikle motor teknolojileri ve radar sistemleri gibi alanlarda uluslararası ortaklıklar, Türkiye'nin teknolojik bağımsızlığını destekleyen stratejik hamleler olarak değerlendirilmektedir.

Bununla birlikte, Türkiye'nin teknoloji transferine dayalı stratejisi, bazı zorlukları da beraberinde getirmektedir. Yüksek teknolojiye sahip ülkeler, kritik askeri teknolojilerin transferinde kısıtlamalar getirmekte ve lisanslama süreçlerini kontrol altında tutmaktadır. Türkiye'nin savunma sanayiinde tam bağımsızlığı sağlaması için, teknoloji transferinin ötesine geçerek özgün tasarım ve üretim kabiliyetlerini geliştirmesi gerekmektedir. Bu nedenle, ileri teknoloji alanlarında milli Ar-Ge projelerine daha fazla yatırım yapılmalı ve savunma sanayii şirketlerinin araştırma kapasitesi genişletilmelidir.

Türkiye'nin savunma sanayiinde ulaştığı noktada yerli askeri ürünler ve teknoloji transferi büyük bir rol oynamaktadır. Ancak, kritik askeri teknolojilerde dışa bağımlılığın tamamen ortadan kaldırılması için daha fazla özgün tasarım geliştirilmesi ve Ar-Ge yatırımlarının sürdürülebilir kılınması gerekmektedir. Türkiye'nin bu süreçte izlemesi gereken strateji, ileri teknoloji yatırımlarını artırarak uzun vadede uluslararası rekabette güçlü bir konuma ulaşmak olmalıdır.

4.4.4. Türkiye'nin Savunma Sanayii İhracat Yönelimi

4.4.4.1. Küresel Pazarda Türkiye'nin Konumu

Türkiye, 2023'te 185 ülke ile işbirliği yapmış ve dünyanın 11. büyük savunma ihracatçısı konumuna yükselmiştir (SSB, 2024, s. 35). 2024-2028 döneminde ihracatın 11 milyar dolara çıkarılması ve Türkiye'nin en büyük 10 ihracatçı ülke arasına girmesi hedeflenmektedir. Bu kapsamda "Devletten Devlete Askerî Satış (DEDAS)" yöntemi, çok uluslu konsorsiyumlar ve çift kullanım ürünlerinin sivil pazarlara sunumu gibi yeni ihracat modelleri benimsenmiştir (SSB, 2024, s. 36).

Hedeflere paralel şekilde, Türkiye, 2024 yılında savunma sanayii ihracatında rekor kırmış ve 7.1 milyar dolarlık gelir elde etmiştir (Defence News, 2025; Yaylali, 2025). Bu rakam, Türkiye'nin uluslararası savunma sanayii pazarında giderek daha fazla kabul gören bir aktör haline geldiğini ve savunma teknolojilerinde dış pazarlara açılma stratejisinin başarılı olduğunu göstermektedir. Türkiye, ihracat yaptığı ülkelerin çeşitliliğini artırarak, Avrupa, Orta Doğu, Asya-Pasifik ve Afrika gibi farklı bölgelerde savunma sanayi ürünlerine yönelik talebi karşılamaktadır. Özellikle, insansız hava araçları (İHA), zırhlı kara araçları, mühimmat ve savaş gemileri gibi farklı kategorilerdeki savunma sistemleri, Türkiye'nin savunma ihracatının lokomotif ürünleri arasında yer almaktadır.

Türkiye'nin İHA ihracatı, özellikle Bayraktar TB2'nin Ukrayna, Azerbaycan, Katar ve Polonya gibi ülkeler tarafından aktif olarak kullanılmasıyla küresel çapta büyük ilgi görmüştür. İHA teknolojilerindeki yenilikler ve operasyonel başarısı, Türkiye'nin savunma sanayii ihracatını daha da ileriye taşıyan faktörlerden biri olmuştur. Öte yandan, Türkiye'nin zırhlı araç üreticileri ve mühimmat üreticileri de Afrika ve Güneydoğu Asya gibi bölgelerde rekabet avantajı yakalamış ve Türkiye'yi bu pazarlarda önemli bir oyuncu haline getirmiştir.

Ancak, Türkiye'nin küresel pazardaki konumunu koruyabilmesi için savunma ihracat stratejisini sürdürülebilir kılacak yeni işbirlikleri geliştirmesi, teknoloji transfer anlaşmaları yapması ve savunma ürünlerini NATO ve AB pazarlarına entegre etmesi gerekmektedir. Avrupa'daki savunma sanayii projelerine katılımın artırılması, Türkiye'nin NATO ülkeleriyle savunma sanayii alanındaki entegrasyonunu güçlendirecek ve Batılı müttefiklerle daha geniş işbirlikleri geliştirmesine olanak sağlayacaktır.

4.4.4.2. İhracat Başarısının Arkasındaki Faktörler

Türkiye'nin savunma sanayii ihracat başarısının arkasında, maliyet etkinliği, esnek tedarik zinciri yönetimi ve operasyonel saha deneyimi gibi kritik faktörler bulunmaktadır. Türk

savunma sanayii şirketleri, Batılı üreticilere kıyasla daha düşük maliyetli ve aynı zamanda kaliteli ürünler sunabilme kapasitesine sahiptir. Bu durum, özellikle orta ve küçük ölçekli askeri bütçelere sahip ülkeler için Türkiye'yi cazip bir tedarikçi haline getirmektedir (Sidhu, 2024). Örneğin, Bayraktar TB2, ABD yapımı MQ-9 Reaper gibi daha pahalı sistemlere karşı maliyet avantajı sunarak birçok ülkenin tercih ettiği bir platform haline gelmiştir.

Bununla birlikte, Türkiye'nin esnek tedarik zinciri yönetimi, savunma sanayiinde hızlı üretim ve teslim süreçlerini desteklemektedir. Batılı üreticilerin uzun süren üretim ve teslimat süreçlerine kıyasla, Türkiye daha hızlı üretim ve teslim kabiliyeti sunarak, ihracat pazarlarında rekabet avantajı sağlamaktadır. Özellikle, Ukrayna ve Azerbaycan gibi ülkeler, Türkiye'nin savaş koşullarında bile kısa sürede tedarik sağlayabilme kapasitesine sahip olduğunu göstermiştir.

Bir diğer önemli faktör ise, Türk savunma sanayii ürünlerinin operasyonel saha deneyimine sahip olmasıdır. Türkiye, son yıllarda Suriye, Libya, Dağlık Karabağ ve Ukrayna gibi çatışma bölgelerinde aktif olarak kullanılan savunma sistemlerini geliştirmiştir. Bu operasyonel saha deneyimi, Türkiye'nin savunma sanayii ürünlerinin gerçek savaş koşullarında test edilmesini ve performanslarının kanıtlanmasını sağlamıştır. Türkiye'nin bu alandaki başarısı, potansiyel alıcı ülkelerin güvenini artırarak, Türkiye'yi küresel savunma sanayiinde güvenilir bir tedarikçi haline getirmiştir.

Türkiye'nin savunma sanayii ihracatındaki başarısını sürdürebilmesi için yeni nesil teknolojilere yatırım yapması, Batı pazarlarına entegrasyonunu artırması ve uluslararası işbirliklerini çeşitlendirmesi gerekmektedir. Türkiye, maliyet etkinliği, hızlı tedarik süreçleri ve savaş sahasında kanıtlanmış teknolojileriyle küresel pazardaki konumunu güçlendirmeye devam edebilir. Ancak, teknolojik bağımsızlığını artırarak, kritik bileşenlerde dışa bağımlılığı azaltması ve rekabet avantajını koruyacak yeni nesil savunma teknolojilerine yatırım yapması gerekmektedir.

4.4.5. Devlet Politikaları ve Uluslararası İşbirlikleri

4.4.5.1. Savunma Sanayii Destekleme Mekanizmaları

Türkiye'nin savunma sanayii politikaları, devletin uzun vadeli stratejik hedefleri doğrultusunda şekillendirilmiş ve çeşitli destek mekanizmaları ile güçlendirilmiştir. Savunma sanayii gelişimi açısından en önemli devlet politikalarından biri Milli Teknoloji Hamlesidir. Bu politika, Türkiye'nin savunma ve teknoloji sektörlerinde dışa bağımlılığını azaltmayı, yerli üretimi teşvik etmeyi ve küresel pazarda rekabet edebilir teknolojiler geliştirmeyi hedeflemektedir. Milli Teknoloji Hamlesi, sadece savunma sanayiinde değil, genel olarak

Türkiye'nin sanayi politikalarında da büyük bir dönüşümün parçası olmuş, yerli üretime dayalı bir sanayi ekosisteminin oluşmasına katkı sağlamıştır. Savunma sanayii destekleme mekanizmalarının en önemlilerinden biri, Savunma Sanayii Destekleme Fonu (SSDF)'dur. SSDF, Savunma Sanayii Başkanlığı (SSB) tarafından yönetilmekte ve Türkiye'nin kritik askeri projelerini finanse etmektedir. Bu fon, ASELSAN, ROKETSAN, HAVELSAN ve TUSAŞ gibi savunma sanayii şirketlerine büyük ölçekli Ar-Ge yatırımları yapmaları için destek sağlamaktadır. SSDF'nin sağladığı finansman ile Türkiye, son yıllarda birçok stratejik projeyi hayata geçirmiştir. Bu projeler arasında KAAAN savaş uçağı, Altay ana muharebe tankı, Bayraktar TB3 ve KIZILELMA gibi insansız hava araçları (İHA) bulunmaktadır. Devlet tarafından sağlanan bu finansal destek, savunma sanayii projelerinin sürdürülebilirliğini sağlamak ve sektördeki büyüme hızını artırmaktadır.

Türkiye'de savunma sanayiine yönelik devlet destekleri yalnızca fon mekanizmalarıyla sınırlı kalmamaktadır. Devlet, savunma sanayii şirketlerine yönelik vergi teşvikleri, altyapı destekleri ve kamu alımları gibi çeşitli politikalar da uygulamaktadır. Özellikle kamu ihaleleri aracılığıyla yerli üreticilerin desteklenmesi, sektörün büyümesini ve sürdürülebilir olmasını sağlamaktadır. Türkiye'de savunma sanayii üreticilerinin kamu projelerinden aldığı destek, sanayinin uluslararası pazarda rekabet edebilmesi için kritik öneme sahiptir. Bununla birlikte, Türkiye, stratejik teknolojilere yönelik bağımsız bir Ar-Ge ekosistemi kurarak uluslararası pazarda daha güçlü bir konuma ulaşmayı hedeflemektedir.

4.4.5.2. Türkiye'nin Stratejik İşbirlikleri

Türkiye, savunma sanayiinde sadece yerli üretim kapasitesini artırmakla kalmamış, aynı zamanda uluslararası savunma işbirlikleri ve teknoloji transferi anlaşmaları yoluyla küresel ölçekte stratejik ortaklıklar kurmuştur. Türkiye'nin savunma sanayii ihracatında en büyük pazarlarından biri, Asya ve Orta Doğu bölgesindeki ülkeler olmuştur. Türkiye, özellikle Endonezya, Pakistan ve Katar gibi ülkelerle askeri işbirlikleri geliştirmekte ve teknoloji transferi anlaşmaları imzalamaktadır (Middle East Monitor, 2024). Bu işbirlikleri, Türkiye'nin savunma sanayii ihracatını artırmasına yardımcı olurken, aynı zamanda teknoloji paylaşımı ve ortak üretim projeleri ile sektördeki bilgi birikimini genişletmektedir.

Türkiye'nin savunma sanayii alanındaki uluslararası ortaklıklarının önemli bir örneği, Endonezya ile yapılan ortak denizaltı üretimi anlaşmalarıdır. Türkiye ve Endonezya, modern denizaltı teknolojileri konusunda ortak projeler geliştirerek savunma sanayiinde işbirliğini derinleştirmiştir. Benzer şekilde, Pakistan ile yapılan ortak savaş gemisi üretimi projeleri, Türkiye'nin savunma sanayiinde uluslararası düzeyde işbirliklerini güçlendirmeye yönelik önemli bir adımdır. Türkiye'nin savunma sanayii ihracatındaki önemli ortaklarından biri de Katar'dır. Katar ile yapılan askeri işbirliği anlaşmaları sayesinde Türkiye, zırhlı araçlar,

İHA sistemleri ve hava savunma sistemleri gibi çeşitli savunma ürünlerini Katar ordusuna ihraç etmektedir. Türkiye'nin uluslararası savunma sanayii işbirliklerindeki en dikkat çekici hamlelerinden biri, Baykar'ın İtalyan Piaggio Aerospace firmasını satın alması olmuştur. Bu satın alma, Türkiye'ye motor üretimi konusunda stratejik bir avantaj kazandırmış ve savunma sanayii projelerinde bağımsız motor üretimine yönelik önemli bir adım atılmasını sağlamıştır. Motor teknolojileri, Türkiye'nin savunma sanayiinde dışa bağımlı olduğu kritik alanlardan biridir. Baykar'ın Piaggio Aerospace'i satın alması, Türkiye'nin havacılık ve savunma sanayii alanında motor üretiminde dışa bağımlılığı azaltma yönündeki stratejik hamlelerinden biri olarak görülmektedir. Bu tür yatırımlar, Türkiye'nin savunma teknolojilerinde kendi kendine yetebilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Türkiye, aynı zamanda NATO ve Avrupa Savunma Fonu (EDF) gibi uluslararası askeri kuruluşlarla işbirliği yaparak savunma sanayii projelerini desteklemektedir. NATO üyesi olarak Türkiye, NATO'nun savunma sanayii projelerine aktif olarak katılmakta ve bu projeler kapsamında yeni nesil askeri sistemler geliştirmektedir. Ayrıca, Avrupa Savunma Fonu kapsamında Türkiye, bazı Avrupa ülkeleriyle ortak savunma projeleri yürütmektedir. Türkiye'nin ABD ve Avrupa ile olan ilişkilerinde savunma sanayii işbirliklerinin zaman zaman siyasi gerilimler nedeniyle etkilendiği görülmektedir, ancak uzun vadede Türkiye, savunma sanayii işbirliklerini çeşitlendirerek küresel pazarda daha güçlü bir konum elde etmeye çalışmaktadır.

Türkiye'nin savunma sanayiinde devlet destekleme mekanizmaları ve uluslararası işbirlikleri, sektörün büyümesine ve küresel pazarda rekabet edebilmesine önemli katkılar sağlamaktadır. Milli Teknoloji Hamlesi ve Savunma Sanayii Destekleme Fonu gibi devlet politikaları, Türkiye'nin yerli üretim kapasitesini artırmasına olanak tanırken, uluslararası askeri işbirlikleri ve teknoloji transferi anlaşmaları, küresel savunma sanayiindeki rekabet gücünü artırmaktadır. Türkiye, gelecekte daha bağımsız ve güçlü bir savunma sanayii ekosistemi oluşturabilmek için kritik teknolojilere yönelik yatırımlarını artırmalı ve uluslararası ortaklıklarını stratejik bir perspektifle yönetmeye devam etmelidir.

4.4.6. Gelecekteki Zorluklar ve Fırsatlar

4.4.6.1. Zorluklar

Türkiye'nin savunma sanayii, son yıllarda büyük bir gelişim göstermesine rağmen, bazı kritik teknolojilerde dışa bağımlılığın devam etmesi, sektörün tam bağımsızlık elde etmesini engelleyen temel faktörlerden biri olarak öne çıkmaktadır. Motor, yarı iletken ve radar teknolojileri, Türkiye'nin savunma sanayii altyapısındaki en büyük kırılganlık alanları arasında yer almaktadır (Çubukçuoğlu, 2025). Örneğin, Altay Ana Muharebe Tankı'nın motor üretimi sürecinde yaşanan sıkıntılar, Türkiye'nin kara platformlarında dış tedarikçilere

olan bağımlılığını ortaya koymuştur. Benzer şekilde, KAAN savaş uçağı projesinde motor bileşenlerinin büyük oranda yabancı ortaklıklara dayanması, Türkiye'nin havacılık sanayiinde bağımsız bir üretim süreci oluşturmada zorlaştırmaktadır. Radar ve elektronik harp sistemleri alanında ise ASELSAN gibi şirketler önemli ilerlemeler kaydetmiş olsa da, kritik bileşenlerin üretimi için hâlâ dış tedarikçilere olan bağımlılık sürmektedir.

Türkiye'nin savunma sanayiinde karşılaştığı bir diğer önemli zorluk ise, küresel pazardaki rekabetin giderek artmasıdır. Özellikle yükselen silah ihracatçıları, Türkiye'nin hedeflediği pazarlarda daha agresif bir strateji izlemekte ve bu durum Türkiye'nin ihracat hacmini artırmasını zorlaştırmaktadır. İran, balistik füze sistemleri, insansız hava araçları ve asimetrik savaş çözümleri konusunda büyük ilerlemeler kaydederek, Orta Doğu ve Afrika pazarlarında etkili bir aktör haline gelmiştir. İran'ın, özellikle insansız hava araçları (İHA) alanındaki gelişmeleri ve Rusya gibi büyük güçlerle olan askeri işbirlikleri, Türkiye'nin bu pazarlardaki rekabet gücünü zorlamaktadır. Türkiye'nin, rekabet avantajını koruyabilmesi için savunma sanayii stratejilerini daha proaktif bir yaklaşımla şekillendirmesi ve yeni teknolojilere yatırım yaparak fark yaratması gerekmektedir.

Bir diğer önemli zorluk ise, uluslararası yaptırımlar ve siyasi risklerdir. Türkiye'nin savunma sanayii, Batılı ülkeler tarafından zaman zaman yaptırımlarla karşı karşıya kalmakta ve bu durum kritik bileşenlerin temin edilmesini zorlaştırmaktadır. Örneğin, Türkiye'nin S-400 hava savunma sistemi alımı sonrasında ABD tarafından uygulanan CAATSA yaptırımları, F-35 programından çıkarılmasına ve bazı kritik savunma teknolojilerine erişiminin kısıtlanmasına yol açmıştır. Benzer şekilde, Türkiye'nin savunma sanayii ihracatına yönelik bazı Avrupa ülkelerinin ambargo ve lisans kısıtlamaları getirmesi, sektörün küresel genişlemesini sınırlayan bir faktör olarak öne çıkmaktadır.

Son olarak, nitelikli insan kaynağı ve Ar-Ge ekosistemi geliştirme ihtiyacı, Türkiye'nin savunma sanayiinde uzun vadeli büyümesini sürdürebilmesi için çözülmesi gereken konular arasında yer almaktadır. Türkiye'de savunma sanayii Ar-Ge faaliyetleri büyük oranda devlet destekli projelerle ilerlemekte, ancak özel sektörün inovasyon süreçlerine katılımı sınırlı kalmaktadır. ABD ve İsrail gibi ülkelerde savunma sanayii inovasyonları büyük ölçüde özel sektör ve girişimcilik ekosistemi tarafından desteklenirken, Türkiye'nin bu alanda daha güçlü bir model geliştirmesi gerekmektedir.

4.4.6.2. Fırsatlar

Türkiye, savunma sanayii alanında karşılaştığı zorluklara rağmen, birçok önemli fırsata sahiptir. Bu fırsatlar arasında en dikkat çekici olanı, İHA (İnsansız Hava Araçları) teknolojisinde elde edilen küresel liderlik konumudur. Türkiye, Bayraktar TB2 ve ANKA gibi İHA sistemleri ile dünya çapında tanınan bir üretici haline gelmiş ve bu alanda ABD ve İsrail gibi ülkelerle rekabet edebilir bir seviyeye ulaşmıştır. Bayraktar TB2'nin özellikle Suriye, Libya, Dağlık Karabağ ve Ukrayna'daki operasyonlardaki başarısı, Türkiye'nin İHA ihracatını artırmasına önemli bir katkı sağlamıştır. Bu durum, Türkiye'nin savunma sanayii ihracatında yüksek katma değerli ürünlere yönelmesini teşvik etmekte ve daha geniş bir pazar erişimi sunmaktadır.

Türkiye'nin önündeki bir diğer önemli fırsat, Suudi Arabistan'ın Vizyon 2030 savunma stratejisidir. Suudi Arabistan, savunma sanayii yatırımlarını artırmak ve askeri modernizasyon sürecini hızlandırmak için büyük bütçeler ayırmaktadır. Türkiye, Suudi Arabistan'ın bu stratejik hedeflerine paralel olarak askeri işbirliği anlaşmaları imzalamakta ve ortak üretim projeleri geliştirmektedir (Amwaj.media, 2025). Özellikle zırhlı araçlar, insansız sistemler ve mühimmat üretimi konularında Türkiye ve Suudi Arabistan arasında güçlü işbirlikleri kurulması beklenmektedir. Bu işbirlikleri, Türkiye'nin savunma sanayii ihracatını artırmasına katkı sağlarken, aynı zamanda bölgesel güvenlik stratejilerine yönelik yeni fırsatlar sunmaktadır.

Türkiye'nin savunma sanayii açısından bir diğer büyük fırsat, Afrika ve Güneydoğu Asya pazarlarında büyüme potansiyelidir. Son yıllarda Türkiye, Afrika ülkeleriyle askeri işbirliklerini artırmış ve birçok Afrika ülkesine insansız hava araçları, zırhlı araçlar ve mühimmat tedarik etmeye başlamıştır. Özellikle Sahra Altı Afrika bölgesinde Türkiye, Fransa ve Çin gibi büyük oyuncularla rekabet etmeye başlamış ve savunma ihracatında giderek daha büyük bir pay almaktadır. Benzer şekilde, Güneydoğu Asya'da Endonezya ve Malezya gibi ülkelerle yapılan savunma anlaşmaları, Türkiye'nin bu bölgelerde daha fazla varlık göstermesini sağlamaktadır.

Türkiye'nin savunma sanayiinde sürdürülebilir büyüme sağlaması için teknoloji geliştirme süreçlerini hızlandırması ve küresel işbirliklerini çeşitlendirmesi gerekmektedir. Özellikle yapay zeka destekli askeri sistemler, siber güvenlik çözümleri ve hipersonik mühimmat gibi geleceğin savaş teknolojilerine yönelik yatırımlar, Türkiye'nin uluslararası rekabette avantaj elde etmesine katkı sağlayacaktır. Savunma sanayii alanındaki mevcut potansiyelin tam anlamıyla değerlendirilebilmesi için özel sektör yatırımlarının teşvik edilmesi, girişimcilik ekosisteminin desteklenmesi ve üniversite-sanayi işbirliklerinin daha etkin

hale getirilmesi büyük önem taşımaktadır. Halen, sektörel Ar-Ge stratejileri, Odak Teknoloji Ağı (OTAĞ), Savunma Sanayii Ar-Ge Geniş Alan Çağrısı (SAGA) ve Ar-Ge Paneli gibi mekanizmalar üzerinden yürütülmekte; bu süreçlerde üniversiteler, KOBİ'ler ve araştırma merkezlerinin birlikte çalışması teşvik edilmektedir. Böylelikle, kritik teknoloji alanlarında bilgi birikiminin artırılması, çift kullanımlı ürünlerin geliştirilmesi ve ileri düzey harp teknolojilerinin hayata geçirilmesi hedeflenmektedir (SSB, 2024, s. 26-29).

Türkiye'nin savunma sanayii büyüme sürecinde karşılaşılabileceği bazı zorluklar olsa da, mevcut fırsatları değerlendirerek küresel pazardaki yerini güçlendirmesi mümkündür. Dışa bağımlılığı azaltmaya yönelik politikaların hızlandırılması, uluslararası işbirliklerinin çeşitlendirilmesi ve yenilikçi teknolojilere yatırım yapılması, Türkiye'nin gelecekte savunma sanayii alanında daha güçlü bir konuma ulaşmasını sağlayacaktır.

4.4.7. Sonuç ve Öneriler

Türkiye'nin savunma sanayii, son yıllarda büyük ilerlemeler kaydederek küresel pazarda önemli bir aktör haline gelmiştir. Yerli üretim kapasitesinin artırılması, teknoloji geliştirme süreçlerinin hızlandırılması ve ihracat hacminin genişletilmesi sayesinde Türkiye, savunma sanayii alanında bölgesel ve küresel ölçekte etkili bir oyuncu konumuna ulaşmıştır. Ancak, bu ilerlemelere rağmen, bazı kritik teknoloji alanlarında süregelen dışa bağımlılık, Türkiye'nin tam anlamıyla bağımsız bir savunma sanayii oluşturmasını engelleyen temel faktörlerden biri olmaya devam etmektedir. SSB tarafından pek çoğu halen uygulanan stratejiler şu şekilde özetlenebilir:

- **Kritik Ar-Ge Yatırımlarının Artırılması:** OTAĞ temelli teknoloji yol haritaları doğrultusunda mikroelektronik, radar ve motor teknolojilerine özel Ar-Ge fonları ayrılmalı; SAGA çağrıları bu önceliklerle uyumlu olarak genişletilmelidir (SSB, 2024, s. 28-29).
- **İhracatın Çeşitlendirilmesi:** NATO, AB ve Afrika gibi pazarlarda DEDAS ve konsorsiyum modelleri yaygınlaştırılmalı; Türk savunma ürünlerinin tanıtımı için uluslararası fuar ve organizasyonlara katılım desteklenmelidir (SSB, 2024, s. 36-37).
- **Yerli Tedarik Zincirinin Güçlendirilmesi:** Tedarik zincirinde yerleştirme yükümlülükleri genişletilmeli; savunma sanayiinde bölgesel kümelenmeler (özellikle teknoloji geliştirme bölgeleri ve teknoparklar) öncelikli destek kapsamına alınmalıdır (SSB, 2024, s. 31-32).
- **Yapay Zeka ve Dijital Harp Sistemleri:** Büyük veri, askeri bulut, siber güvenlik ve yapay zekâ destekli sürü İHA sistemleri gibi dijital harp çözümlerine yatırım yapılmalıdır. HAVELSAN liderliğinde geliştirilen projeler stratejik öncelikli programlar olarak belirlenmiştir (SSB, 2024, s. 19-21).

- **Şeffaflık ve Hesap Verebilirlik:** Büyük ölçekli savunma projelerinde bağımsız denetim mekanizmaları oluşturulmalı; kamu-özel sektör işbirliğinde "çözüm ortağı" kavramı çerçevesinde şeffaflık kriterleri uygulanmalıdır (SSB, 2024, s. 38).
- **NATO ve AB ile Uyum:** Türkiye, Avrupa Savunma Fonu (EDF) ve NATO İnovasyon Hızlandırıcı programlarında daha aktif katılım göstermelidir. Özellikle sistem seviyesinde ortak üretim projeleri ve teknoloji paylaşımı hedeflenmelidir (SSB, 2024, s. 36).

Yukarıda listelenen stratejilere yönelik olarak aşağıdaki vurguların Türkiye'nin savunma sanayiinde sürdürülebilir büyüme sağlaması ve küresel rekabet gücünü artırması için önemli olduğu düşünülmektedir.

4.4.7.1. Kritik Teknolojilerde Ar-Ge Yatırımlarını Güçlendirmek

Savunma sanayii için en kritik teknoloji alanları motor sistemleri, radar teknolojileri, mikroişlemciler ve yarı iletkenlerdir (Çubukçuoğlu, 2025). Türkiye, Altay Ana Muharebe Tankı ve KAAAN savaş uçağı gibi büyük projelerde motor bağımsızlığını tam olarak sağlayamamış, bu durum projelerin ilerleyişinde önemli gecikmelere yol açmıştır. Benzer şekilde, mikroişlemci ve yarı iletken üretiminde yerli kapasitenin yetersiz olması, Türkiye'nin radar ve elektronik harp sistemlerinde tam bağımsız hareket etmesini zorlaştırmaktadır.

Bu eksiklikleri gidermek için Türkiye'nin üniversite-sanayi işbirliklerini artırması ve kritik teknolojilere yönelik özel Ar-Ge fonları oluşturması gerekmektedir (MUSIAD, 2025). Savunma Sanayii Destekleme Fonu (SSDF) kapsamında, motor teknolojileri ve yarı iletken üretimi gibi alanlara özel uzun vadeli finansman sağlanmalı, bu sektörlerde faaliyet gösteren şirketlere teşvikler verilmelidir. Ayrıca, Türkiye'nin uluslararası teknoloji transferi mekanizmalarını daha etkin kullanarak, kritik teknolojilerde bilgi birikimini artırması gerekmektedir. Örneğin, Güney Kore ve Japonya gibi ülkelerle ortak Ar-Ge projeleri geliştirilmesi, mikroişlemci ve radar teknolojileri alanında Türkiye'nin kapasitesini artırabilir.

Türkiye, savunma sanayii alanında daha büyük bir teknolojik bağımsızlık elde edebilmek için yerli üretim altyapısını güçlendirmeli ve yüksek teknoloji alanlarında sürdürülebilir bir inovasyon ekosistemi oluşturmalıdır. Bunun için savunma sanayii şirketleri, üniversiteler ve araştırma merkezleri arasında daha güçlü işbirlikleri kurulmalı ve özel sektörün savunma teknolojileri geliştirme süreçlerine daha aktif katılımı teşvik edilmelidir. Bu stratejik adımların atılması, Türkiye'nin savunma sanayii alanında tam bağımsız bir üretim ve teknoloji geliştirme kapasitesine ulaşmasını sağlayacaktır.

4.4.7.2. İhracat Pazarlarını Çeşitlendirme ve Batılı Pazarlarla Entegrasyon

Türkiye'nin savunma sanayii ihracat hacmi son yıllarda hızla artarak Orta Doğu, Asya-Pasifik ve Afrika pazarlarında önemli bir yer edinmiştir. Türkiye, Bayraktar TB2 gibi insan-sız hava araçları (İHA), MİLGEM sınıfı savaş gemileri, ATMACA gemisavar füzesi ve zırhlı araçlar gibi savunma sistemlerini birçok ülkeye ihraç etmektedir (Defence News, 2025). Ancak, Türkiye'nin ihracat yaptığı pazarlar büyük ölçüde Orta Doğu ve Asya-Pasifik bölgeleriyle sınırlı kalmaktadır. Bu bölgelerdeki savunma sanayii talepleri yüksek olmakla birlikte, küresel ölçekte daha büyük bir etki yaratabilmek için Batı pazarlarıyla entegrasyonun artırılması ve Avrupa ile NATO ülkeleriyle işbirliklerinin genişletilmesi gerekmektedir.

Türkiye, NATO üyesi bir ülke olarak ittifak içindeki savunma işbirliklerini derinleştirerek, Avrupa ve Kuzey Amerika pazarlarında daha fazla varlık göstermelidir (Egeli et al., 2025). NATO ülkeleri, yüksek standartlara sahip savunma sistemleri talep etmekte ve ortak üretim projeleri geliştirmeye öncelik vermektedir. Türkiye, NATO ve Avrupa Birliği (AB) ülkeleriyle ortak üretim anlaşmaları yaparak savunma sanayii ürünlerini Batı pazarlarında rekabetçi hale getirebilir. Özellikle Almanya, Fransa ve İtalya gibi Avrupa ülkeleriyle geliştirilecek ortak projeler, Türk savunma sanayii şirketlerinin Batı pazarıyla entegrasyonunu hızlandıracaktır.

Türkiye'nin savunma sanayii ihracatını çeşitlendirmesi için savunma ataşeleri mekanizmasının genişletilmesi büyük önem taşımaktadır. Savunma ataşeleri, ülkeler arası askeri işbirliklerini ve ihracat süreçlerini yönlendiren önemli aktörlerdir. Türkiye, Batı Avrupa ülkeleri ve Kuzey Amerika'da savunma ataşelerini artırarak bu bölgelerdeki hükümetler ve savunma sanayii aktörleriyle daha yakın ilişkiler kurmalıdır. Aynı zamanda, Batılı ülkelerde ortak girişimler ve teknoloji transferine dayalı işbirlikleri kurulması, Türkiye'nin savunma sanayii ihracatını yeni pazarlara taşımasını sağlayacaktır.

Türkiye'nin savunma sanayii ihracatının uzun vadeli sürdürülebilirliği için pazar çeşitliliğinin artırılması ve Batı ülkeleriyle daha güçlü ortaklıkların oluşturulması gerekmektedir. Türkiye, NATO ve AB ülkeleriyle stratejik işbirliklerini derinleştirerek, ortak üretim projelerini geliştirmeli ve savunma ataşeleri mekanizmasını genişleterek küresel savunma sanayii pazarında daha güçlü bir konuma ulaşmalıdır.

4.4.7.3. Savunma Sanayiinde Özel Sektör ve Girişimcilik Ekosistemini Güçlendirmek

Türkiye'nin savunma sanayii büyük ölçüde kamu teşebbüsleri tarafından yönlendirilmekte ve devlet destekli büyük ölçekli şirketlerin basın olduğu bir yapıya sahiptir (SSB, 2024).

Bu yapının kapsamlı bir ekosisteme dönüşmesi yolunda özel sektör katılımının artırılması ve girişimcilik ekosisteminin güçlendirilmesi gerekmektedir. ABD ve İsrail gibi ülkeler, savunma sanayiinde özel sektör liderliğinde inovasyon ekosistemleri geliştirmiş ve küçük ölçekli teknoloji girişimlerinin savunma sanayii için kritik çözümler üretmesini sağlamıştır. Özellikle İsrail, start-up ekosistemi sayesinde savunma sanayiinde yapay zeka, siber güvenlik ve insansız sistemler gibi alanlarda hızla ilerleyerek küresel çapta rekabetçi bir konuma ulaşmıştır. ABD'de ise savunma sanayii inovasyonları, büyük firmaların yanı sıra girişim sermayesi fonları ve teknoloji hızlandırıcıları tarafından desteklenen yenilikçi girişimler sayesinde gelişmiştir. Türkiye'nin de benzer bir model oluşturarak savunma sanayii girişimciliğini desteklemesi, sektörde daha esnek ve yenilikçi çözümler üretebilmesini sağlayacaktır.

Türkiye, savunma sanayiinde özel sektörün daha aktif rol alabilmesi için Ar-Ge teşviklerini özel şirketlere yönelik olarak genişletmeli ve girişimcilik ekosistemini destekleyecek mekanizmalar oluşturmalıdır. Özel sektörün Ar-Ge yatırımlarını artırmak amacıyla, devlet destekli fonlardan özel girişimlerin daha fazla yararlanması sağlanmalı ve start-up şirketlerine yönelik savunma teknolojileri hızlandırıcı programları teşvik edilmelidir (Her zaman-Teknoparklar ve savunma sanayii kuluçka merkezleri kurarak özel sektör inovasyonlarını teşvik etmeli, girişimcilerin savunma sanayii projelerine katılımını desteklemelidir).

Türkiye'nin savunma sanayiinde sürdürülebilir bir inovasyon ekosistemi oluşturabilmesi için özel sektörün Ar-Ge faaliyetlerine daha fazla dahil edilmesi, start-up ekosisteminin desteklenmesi ve girişimcilik hızlandırıcı programlarının teşvik edilmesi gerekmektedir. Özel sektör liderliğinde savunma sanayii inovasyonlarının geliştirilmesi, Türkiye'nin küresel rekabet gücünü artırarak daha bağımsız bir savunma teknolojileri ekosistemi oluşturmaya katkı sağlayacaktır.

4.4.7.4. Yerli ve Milli Tedarik Zincirinin Güçlendirilmesi

Türkiye'nin savunma sanayiindeki en büyük zorluklardan biri, kritik bileşenler konusunda hâlâ dışa bağımlı olmasıdır. Özellikle elektronik bileşenler, tahrik sistemleri, mikroişlemciler ve radar teknolojileri gibi alanlarda Türkiye'nin yerli üretim kapasitesi yetersiz kalmaktadır (Egeli et al., 2025). Bu durum, Türkiye'nin savunma sanayii projelerinde tam bağımsız hareket etmesini zorlaştırmakta ve dış tedarikçilere olan bağımlılığı artırmaktadır. Örneğin, Altay Ana Muharebe Tankı'nın motor sistemlerinde dış tedarikçilerin rolü, projenin ilerleyişini ciddi şekilde geciktirmiştir. Benzer şekilde, KAAN savaş uçağı için kritik bileşenlerin üretimi, yerli imkanlarla tam olarak sağlanamadığı için yabancı ortaklara bağımlılık devam etmektedir.

Küresel ölçekte bakıldığında, Çin, ABD ve Almanya gibi büyük üretici ülkeler, savunma sanayiinde tamamen yerli bir tedarik zinciri oluşturarak dış baskılara karşı daha dirençli hale gelmiştir. Bu ülkeler, kritik bileşenlerde yerli üretimi artırarak savunma sanayiinde sürdürülebilir bir kalkınma modeli geliştirmiş ve jeopolitik risklere karşı bağımsızlıklarını güçlendirmişlerdir. Türkiye de benzer bir strateji benimseyerek, savunma sanayiindeki tedarik zincirini yerelleştirmeli ve kritik bileşenler konusunda kendi üretim altyapısını geliştirmelidir.

Bu doğrultuda, Türkiye'nin yerli üretimi artırmak için tedarik zinciri destek paketleri oluşturması ve kritik bileşenler için yerli sanayicilere uzun vadeli teşvikler sağlaması gerekmektedir (Middle East Monitor, 2024). Motor sistemleri, radar teknolojileri ve elektronik bileşenler gibi kritik alanlarda üretim yapan şirketlere yönelik özel teşvikler verilerek, bu bileşenlerin yurt içinde üretilmesi teşvik edilmelidir. Ayrıca, savunma sanayii alanında faaliyet gösteren KOBİ'lerin desteklenmesi ve tedarik zincirinde daha fazla yer almasının sağlanması, sektörün sürdürülebilir büyümesine katkı sağlayacaktır.

Türkiye'nin savunma sanayiinde bağımsız bir tedarik zinciri oluşturabilmesi için ayrıca sanayi-üniversite işbirlikleri güçlendirilerek Ar-Ge çalışmalarına yatırım yapılmalıdır. Özel sektörün bu süreçte daha aktif bir rol alması sağlanarak, tedarik zincirinde esneklik ve yenilikçilik artırılmalıdır. Bu stratejiler uygulandığında, Türkiye kritik bileşenlerde dışa bağımlılığı azaltabilir ve savunma sanayii projelerinde daha güçlü bir konuma ulaşabilir.

4.4.7.5. Türkiye'nin İHA Teknolojisinde Küresel Liderliği Korumak

Türkiye, Bayraktar TB2 ile insansız hava araçları (İHA) alanında küresel çapta büyük bir başarı elde etmiş ve bu alandaki rekabet gücünü önemli ölçüde artırmıştır (Baykar, t.y.b). TB2'nin Ukrayna, Azerbaycan, Suriye ve Libya gibi savaş alanlarında gösterdiği üstün performans, Türkiye'yi bu alanda önde gelen ülkelerden biri haline getirmiştir. Türkiye'nin insansız hava araçları alanındaki başarısı, savunma sanayiinin küresel pazardaki en önemli ihracat kalemlerinden biri haline gelmesini sağlamış ve Türk savunma sanayii şirketlerinin uluslararası alanda tanınırlığını artırmıştır.

Ancak, Türkiye'nin İHA teknolojisinde liderliğini sürdürebilmesi için daha ileri teknolojilere yatırım yapması gerekmektedir. ABD ve Çin gibi ülkeler, yeni nesil insansız sistemler geliştirme konusunda büyük yatırımlar yapmakta ve yapay zeka tabanlı İHA çözümleri üzerine yoğunlaşmaktadır (Defence News, 2025). ABD'nin MQ-9 Reaper gibi yüksek teknoloji insansız hava araçları ve Çin'in Wing Loong serisi, Türkiye'nin Bayraktar TB2 ve Anka gibi sistemleriyle rekabet etmektedir. Küresel pazarın giderek daha sofistike hale gelmesi, Türkiye'nin İHA teknolojisinde liderliğini koruması için daha yenilikçi çözümler geliştirmesini zorunlu kılmaktadır.

Türkiye, yeni nesil İHA'larda yapay zeka destekli karar alma, sürü sistemleri ve hipersonik mühimmat entegrasyonu gibi alanlara yatırım yapmalıdır (Research and Markets, 2023; Aerospace and Defense Review, 2025). Yapay zeka destekli insansız hava araçları, gelecekte savaş sahasında daha büyük bir rol oynayacak ve otonom hareket kabiliyetine sahip sistemler, Türkiye'nin askeri gücünü daha da artıracaktır. Ayrıca, İHA'ların elektronik harp yeteneklerinin geliştirilmesi ve siber güvenlik entegrasyonunun sağlanması, Türkiye'nin bu alandaki rekabet avantajını güçlendirecektir.

Bunun yanı sıra, Türkiye İHA üretiminde kritik bileşenlerde dışa bağımlılığı azaltmalı ve yerli motor, optik sistemler ve radar teknolojileri geliştirmeye odaklanmalıdır. Yerli üretim altyapısının güçlendirilmesi, Türkiye'nin İHA teknolojisinde tam bağımsız bir konuma ulaşmasını sağlayacaktır. Türkiye ayrıca, İHA'larını sadece askeri kullanım için değil, sivil ve ticari amaçlarla da genişletmeli ve insansız hava araçlarını tarım, lojistik ve afet yönetimi gibi alanlarda da kullanarak küresel pazardaki fırsatları artırmalıdır.

Türkiye'nin İHA teknolojisindeki mevcut liderliğini sürdürebilmesi için Ar-Ge yatırımlarını artırması, yapay zeka ve otonom sistemler alanına daha fazla odaklanması ve yerli üretim kapasitesini güçlendirmesi gerekmektedir. Bu stratejiler uygulandığında, Türkiye küresel İHA pazarında uzun vadeli bir liderlik konumunu koruyabilir ve yeni nesil savunma teknolojilerinde daha güçlü bir aktör haline gelebilir.

4.4.7.6. NATO ve Avrupa Savunma Programlarına Daha Fazla Katılım Sağlamak

Türkiye, NATO üyesi bir ülke olarak ittifakın belirlediği savunma sanayii standartlarına uyum sağlamakta ve askeri teknolojilerini NATO'nun gerekliliklerine uygun şekilde geliştirmektedir. Bu durum, Türkiye'nin savunma ürünlerini uluslararası pazarda rekabetçi hale getirmesini sağlarken, NATO ülkeleriyle ortak projelerde daha fazla işbirliği yapmasına olanak tanımaktadır. Ancak, Türkiye'nin NATO içindeki savunma sanayii entegrasyonu, zaman zaman siyasi ve stratejik faktörler nedeniyle sınırlı kalabilmektedir.

Türkiye'nin Avrupa Savunma Fonu (EDF) ve NATO işbirliği projelerine daha fazla katılım göstermesi, hem savunma sanayiinde teknolojik ilerlemeyi destekleyecek hem de Türkiye'nin Batılı müttefikleriyle olan askeri ve sanayi ilişkilerini güçlendirecektir. Özellikle ortak üretim projeleri, teknoloji transfer anlaşmaları ve savunma sanayii tedarik zinciri işbirlikleri Türkiye'nin Avrupa'daki savunma pazarında daha fazla yer almasını mümkün kılacaktır. Ancak Güney Kıbrıs faktörü böyle bir anlaşmayı geciktirebilir veya süresiz engelleyebilir (Lawrenson & Sabatino, 2024).

Türkiye, gelecekte NATO ve Avrupa savunma programlarına daha fazla katılım sağlayarak, savunma sanayiinde küresel rekabet gücünü artırmalı ve müttefik ülkelerle teknoloji paylaşımını geliştirmelidir. Bunun için Türkiye'nin Avrupa Savunma Fonu'na üye ülkelerle ortak projeler geliştirmesi, NATO'nun savunma inovasyon fonlarına daha fazla yatırım yapması ve Avrupa'daki savunma fuarlarında aktif rol alması gerekmektedir. Bu stratejiler uygulandığında, Türkiye savunma sanayii alanında daha güçlü bir konuma ulaşarak, küresel güvenlik mimarisinde etkin bir aktör olmayı sürdürecektir.

4.4.7.7. Dijital ve Yapay Zeka Tabanlı Savaş Sistemlerine Yatırım Yapmak

Dijital harp sistemleri, modern askeri operasyonların temel bileşenlerinden biri haline gelmiş ve savunma sanayiinde yapay zeka (YZ) tabanlı çözümler giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Askeri bulut bilişim, büyük veri analitiği ve yapay zeka destekli savaş sistemleri, savaş alanındaki karar alma süreçlerini daha hızlı ve etkili hale getirmekte, tehdit tespiti ve savunma mekanizmalarının otomatikleştirilmesine katkı sağlama potansiyeli taşımaktadır (Markets and Markets, 2023; Davis, 2019). Türkiye'nin savunma sanayiinde küresel rekabet gücünü sürdürebilmesi için dijital harp teknolojilerine ve yapay zeka destekli otonom sistemlere yatırım yapması gerekmektedir.

Türkiye'nin dijital harp sistemleri konusundaki ilerlemeleri, özellikle siber güvenlik, elektronik harp ve ağ merkezli savaş yetenekleri üzerine yoğunlaşmalıdır. Siber güvenlik çözümleri, Türkiye'nin savunma sanayiinde stratejik altyapılarını koruyabilmesi ve askeri sistemlerini siber saldırılara karşı daha dirençli hale getirebilmesi açısından kritik bir yatırım alanıdır. Türkiye ayrıca, insansız hava ve kara araçları için yapay zeka destekli hedef tespit sistemleri geliştirmeli ve savaş yönetim sistemlerinde veri analitiğini daha etkin bir şekilde kullanmalıdır.

Bu doğrultuda Türkiye, dijital harp sistemleri, siber güvenlik çözümleri ve veri analitiği alanında yeni yatırımlar yapmalıdır. ASELSAN, HAVELSAN ve TUSAŞ gibi büyük savunma sanayii şirketleri, yapay zeka destekli karar alma sistemlerine yönelik Ar-Ge projelerine öncelik vermeli ve Türkiye'nin bu alandaki kapasitesini artırmak için uluslararası işbirliklerini güçlendirmelidir. Dijital harp ve yapay zeka destekli savaş sistemlerine yönelik yatırımlar, Türkiye'nin gelecekte askeri operasyonlarını daha etkili yönetmesini sağlayacak ve savunma sanayiindeki küresel rekabet gücünü artıracaktır.

4.4.7.8. Son Değerlendirme

Türkiye'nin savunma sanayii, yerli üretim, ihracat hacmi ve teknoloji geliştirme süreçlerinde son yıllarda büyük ilerlemeler kaydetmiştir. Türkiye, Bayraktar TB2 gibi insansız hava araçları (İHA), Altay ana muharebe tankı, KAAK savaş uçağı ve MİLGEM savaş gemileri

gibi projelerle küresel ölçekte dikkat çeken bir aktör haline gelmiştir. Ancak, sürdürülebilir büyüme ve küresel rekabet gücünün korunması için bazı stratejik alanlarda iyileştirmeler yapılması gerekmektedir. Kritik teknolojilerde bağımsızlık sağlanması, özel sektörün daha fazla dahil edilmesi, savunma ihracatının çeşitlendirilmesi ve uluslararası işbirliklerinin dengeli yönetilmesi, Türkiye'nin savunma sanayiinde uzun vadeli başarısını garanti altına almak için öncelikli hedeflerdir.

Türkiye'nin savunma sanayiindeki yerlilik oranını artırmak için özellikle motor, radar ve mikroelektronik teknolojilerine odaklanması gerekmektedir. Bu alanlarda dışa bağımlılığın devam etmesi, stratejik projelerin sürdürülebilirliğini tehdit eden en büyük risklerden biridir (MUSIAD, 2025). Türkiye, devlet destekli Ar-Ge fonlarını artırarak ve sanayi-üniversite işbirliklerini teşvik ederek, yerli üretim kapasitesini güçlendirmelidir. ABD, Çin ve Almanya gibi ülkeler, kritik teknolojilerde tam bağımsızlık sağlamak için uzun vadeli teknoloji yatırımları gerçekleştirmiştir. Türkiye de benzer bir strateji izleyerek motor üretimi, mikroilemci tasarımı ve radar sistemleri gibi alanlarda milli projeleri önceliklendirmelidir.

Bununla birlikte, Türkiye'nin savunma sanayii ihracat pazarlarını çeşitlendirmesi ve NATO ile AB pazarlarında daha etkin bir rol alması büyük bir gerekliliktir (Defence News, 2025). Türkiye, şu anda savunma ihracatının büyük bir kısmını Orta Doğu, Afrika ve Asya-Pasifik bölgesine yapmaktadır. Ancak, Batılı pazarlarda daha fazla yer almak için NATO ve Avrupa Savunma Fonu (EDF) projelerine daha fazla katılım sağlamalı ve ortak üretim anlaşmalarını artırmalıdır. Türkiye'nin savunma sanayii ürünlerinin NATO standartlarına uyumluluğunu artırması, bu pazarlarda daha fazla söz sahibi olmasını sağlayacaktır.

Türkiye, İHA teknolojilerinde küresel liderliği korumak için yapay zeka destekli karar alma sistemleri, hipersonik mühimmat entegrasyonu ve sürü İHA teknolojileri gibi alanlara yatırım yapmalıdır. Bayraktar TB2, ANKA ve KIZILELMA gibi platformlarla küresel bir başarı yakalayan Türkiye, bu başarının sürdürülebilir olması için bir sonraki nesil insansız hava araçlarında yenilikçi teknolojilere yönelmelidir. ABD ve Çin gibi ülkelerin, İHA teknolojilerinde otonom sistemlere ve yapay zeka tabanlı savaş yönetim mekanizmalarına yaptığı yatırımlar dikkate alındığında, Türkiye'nin bu trendleri yakından takip etmesi ve bu alanlara daha fazla kaynak ayırması gerekmektedir.

Türkiye'nin savunma sanayiinde küresel bir güç haline gelebilmesi için kritik teknoloji yatırımlarını artırması, özel sektör katılımını teşvik etmesi, yeni pazarlara açılması ve uluslararası ortaklıklarını stratejik bir perspektifle yönetmesi gerekmektedir. Bu stratejik hedeflerin başarılı bir şekilde uygulanması, Türkiye'yi küresel savunma sanayiinde güçlü bir oyuncu haline getirecek ve uluslararası rekabette lider konuma taşıyacaktır.

Kaynaklar

Aerospace and Defense Review. (2025, February 7). The next frontier in electronic warfare and autonomous drone technology. Aerospace and Defense Review. <https://www.aerospacedefensereview.com/news/the-next-frontier-in-electronic-warfare-and-autonomous-drone-technology-nwid-2033.html>

Anadolu Ajansı (AA.). (2024). Turkish defense industry reaches 70% domestic production capacity. Anadolu Ajansı. <https://www.aa.com.tr/en/economy/turkish-defense-industry-reaches-70-domestic-production-capacity/3436325>

Baykar. (t.y.a). Bayraktar KIZILELMA. <https://baykartech.com/tr/uav/bayraktar-kizilelma/>

Baykar. (t.y.b). Bayraktar TB2. <https://baykartech.com/tr/uav/bayraktar-tb2/>

Çubukçuoğlu, S. S. (2025). Turkish defense exports surge to \$7.15B, up 29 percent from 2023. Breaking Defense. <https://breakingdefense.com/2025/02/turkish-defense-exports-surge-to-7-15b-up-29-percent-from-2023/>

Davis, Z. S. (2019). Artificial intelligence on the battlefield: An initial survey of potential implications for deterrence, stability, and strategic surprise. Center for Global Security Research, Lawrence Livermore National Laboratory. https://cgsr.llnl.gov/sites/cgsr/files/2024-08/CGSR-AI_BattlefieldWEB.pdf

Defence News. (2025). Turkey's defense exports hit record high of \$7.1 billion in 2024. <https://www.defensenews.com/global/europe/2025/02/04/turkeys-defense-exports-hit-record-high-of-71-billion-in-2024/>

Egeli, S., Güvenç, S., Kurç, Ç., & Mevlütoğlu, A. (2024). From client to competitor: The rise of Türkiye's defence industry. The International Institute for Strategic Studies. https://www.iiss.org/globalassets/media-library---content--migration/files/research-papers/2024/05-new/iiss_from-client-to-competitor-the-rise-of-turkiyes-defence-industry_010520242.pdf

Helou, A. (2025). Turkish defense exports surge to \$7.15B, up 29 percent from 2023. Breaking Defense. <https://breakingdefense.com/2025/02/turkish-defense-exports-surge-to-7-15b-up-29-percent-from-2023/>

Kasapoğlu, C., & Kırdemir, B. (2018). The rising drone power: Turkey on the eve of its military breakthrough. EDAM. https://edam.org.tr/wp-content/uploads/2018/06/CAN-the-rising-drone_word.docx.pdf

Lawrenson, T., & Sabatino, E. (2024). The impact of the European Defence Fund on cooperation with third-country entities. The International Institute for Strategic Studies. https://www.iiss.org/globalassets/media-library---content--migration/files/research-papers/2024/10/euro-defence/iiss_the-impact-of-the-european-defence-fund-on-cooperation-with-third-country_24102024.pdf

Markets and Markets. (2023). Artificial Intelligence (AI) in Military Market Size, Share and Industry Growth Analysis Report by Offering (Software, Hardware, Services), Technology (Machine Learning, Natural Language Processing), Platform (Airborne, Land, Space), Application, Installation Type, Geography - Global Growth Driver and Industry Forecast to 2028. <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/artificial-intelligence-military-market-41793495.html>

Middle East Monitor. (2024). Turkish defence industry reaches 70% domestic production capacity. <https://www.middleeast-monitor.com/20241228-turkish-defense-industry-reaches-70-domestic-production-capacity/>

Moyeuve, P. (2025). Turkey: The "Steel Dome" project. IRIS. <https://www.iris-france.org/en/turquie-le-projet-dome-dacier/>

MÜSİAD. (2025). Türkiye'de savunma sanayinde kullanılan stratejik ürünler. MÜSİAD. <https://www.musiad.org.tr/uploads/press-473/savunma-sanayii.pdf>

Research and Markets. (2023). Drone Warfare: Global Strategic Business Report. <https://www.researchandmarkets.com/reports/6042506/drone-warfare-global-strategic-business-report>

Saleh, D. (2023). An economic perspective on Turkey arms production. PRISM. <https://prismeinitiative.org/blog/economic-perspective-turkey-arms-production-deena-saleh/>

Savunma Sanayii Başkanlığı (SSB). (2021). The SSB Steps Up to the Challenge with New R&D Projects. Defence Turkey. <https://www.defenceturkey.com/en/content/the-ssb-steps-up-to-the-challenge-with-new-r-d-projects-4477>

Savunma Sanayii Başkanlığı. (2024). 2024-2028 Savunma Sanayii Sektörel Strateji Dokümanı. https://www.ssb.gov.tr/Images/Uploads/MyContents/F_20240917164305314800.pdf

Serveta, M. (2024). Chasing the Red Apple: Turkey's Quest for Strategic Autonomy. Swedish Defence Research Agency (FOI). <https://www.foi.se/rest-api/report/FOI%20Memo%208568>

Sidhu, A. (2024). Türkiye's defense industry emerges as a global player. Geopolitical Monitor. <https://www.geopoliticalmonitor.com/turkiyes-defense-industry-emerges-as-a-global-player/>

Türkiye Today. (2024). Türkiye's defense industry reaches 70% domestic production capacity in 2024. <https://www.turkiye-today.com/turkiye/turkiyes-defense-industry-reaches-70-domestic-production-capacity-in-2024-98245/>

4.5. TARIM VE GIDA TEKNOLOJİLERİ

Prof. Dr. Enes Dertli

İTÜ Gıda Mühendisliği Bölümü

Doç. Dr. Fatih Ortakçı

İTÜ Gıda Mühendisliği Bölümü

4.5.1. Giriş

Türkiye, coğrafi konumu, iklim çeşitliliği ve verimli toprakları sayesinde tarım ve gıda sektöründe önemli bir potansiyele sahiptir. Bu rapor, Türkiye'nin tarım ve gıda sektörüne ilişkin son yıllardaki gelişmeleri, Ar-Ge yatırımları, ihracat performansı, ekonomik katkılar, akıllı tarım projeleri ve istihdam göstergeleri gibi çeşitli alanlarda detaylı bir analiz sunmayı amaçlamaktadır. Rapor, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) ve diğer kurumlar tarafından sağlanan verilere dayanmaktadır.

4.5.2. Ar-Ge Yatırımları ve Desteklenen Projeler

Türkiye'de tarım ve gıda sektörüne yönelik Ar-Ge yatırımları son yıllarda önemli bir artış göstermiştir (Tablo 1). 2020 yılında 95.422.000 TL olan Ar-Ge sermaye giderleri, 2024 yılında 860.814.000 TL'ye yükselmiştir. Bu artış, sektördeki yenilikçi yaklaşımların ve teknolojik gelişmelerin desteklenmesi açısından önemlidir. Desteklenen ulusal faaliyet sayısı da 2020'de 1240 iken, 2024'te 4097'ye çıkmıştır. Uluslararası proje sayısı ise 85 ile 92 arasında değişmektedir. Bu veriler, Türkiye'nin tarım sektöründe hem ulusal hem de uluslararası düzeyde aktif bir rol oynadığını göstermektedir.

Ar-Ge yatırımlarının artması, tarım sektöründe inovasyonun teşvik edilmesi ve yeni teknolojilerin benimsenmesi açısından kritik öneme sahiptir. Bu yatırımlar, özellikle tarımda dijital dönüşüm, sürdürülebilir tarım uygulamaları ve verimlilik artışı gibi alanlarda önemli projelerin hayata geçirilmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca, uluslararası projelerin sayısının artması, Türkiye'nin küresel tarım ve gıda pazarındaki etkisini artırmaktadır.

Tablo 4.5.1. Tagem Türkiye Gıda ve Tarım Araştırma Yatırımları²

Yıl	Ar-Ge Sermaye Giderleri (Bin TL)*	Toplam Desteklenen Ulusal Faaliyet Sayısı	Desteklenen Uluslararası Proje Sayısı
2020	95.422	1240	85
2021	126.399	1697	92
2022	309.700	3523	85
2023	504.752	3757	83
2024	860.814	4097	82

² T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2020). 2020 yılı birim faaliyet raporu. Ankara: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı.
T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2021). TOB 2021 yılı idare faaliyet raporu. Ankara: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı.
Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM). (2022). 2022 yılı faaliyet raporu. Ankara: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı.
Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM). (2023). 2023 yılı TAGEM faaliyet raporu. Ankara: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı.
Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM). (2024). TAGEM ve TÜBİTAK iş birliği faaliyet raporu. Ankara: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı

4.5.3. İhracat Performansı

Türkiye'nin tarım ve gıda ürünleri ihracatı, 2020 yılında 19.672.758.000 ABD doları iken, 2024 yılında 31.506.876.000 ABD dolarına yükselmiştir (Tablo 2). Bu artış, sektörün küresel pazarlardaki rekabet gücünü artırmaktadır. Başlıca hedef pazarlar arasında AB, Orta Doğu, Rusya ve Afrika bulunmaktadır. Küresel pazar payı ise 2020'de %1,6 iken, 2024'te %1,9'a yükselmiştir. Bu veriler, Türkiye'nin tarım ve gıda ürünlerinin uluslararası pazarlarda giderek daha fazla tercih edildiğini göstermektedir.

İhracat performansındaki artış, Türkiye'nin tarım ve gıda ürünlerinin kalitesinin yanı sıra, pazarlama ve lojistik alanındaki gelişmelerle de yakından ilişkilidir. Özellikle AB ve Orta Doğu gibi bölgelerdeki talep artışı, Türkiye'nin ihracatını desteklemektedir. Ayrıca, Rusya ve Afrika gibi pazarlarda da Türk ürünlerine olan ilgi artmaktadır. Bu durum, Türkiye'nin tarım ve gıda sektöründe küresel bir oyuncu olma yolunda ilerlediğini göstermektedir.

Tablo 4.5.2. Türkiye'nin Tarım Gıda ve İçecek Ürünleri İmalatı İhracatı³

Yıl	İhracat Değeri (Bin ABD \$)	Başlıca Hedef Pazarlar	Küresel Pazar Payı (%)
2020	19.672.758	AB, Orta Doğu, Rusya, Afrika	%1,6
2021	24.173.450	AB, Orta Doğu, Rusya, Afrika	%1,6
2022	29.027.340	AB, Orta Doğu, Çin, Rusya	%1,7
2023	30.170.064	AB, Orta Doğu, ABD, Çin	%1,8
2024	31.506.876	AB, Orta Doğu, ABD, Rusya	%1,9

4.5.4. Ekonomik Katkılar

Gıda ve içecek sanayisi, Türkiye ekonomisine önemli katkılar sağlamaktadır. 2020 yılında 430.092.305.045 TL olan toplam üretim değeri, 2023 yılında 2.291.413.061.670 TL'ye yükselmiştir (Tablo 3). Bu artış, sektörün ekonomik büyüme üzerindeki olumlu etkisini ortaya koymaktadır. İstihdam edilen kişi sayısı ise 2020'de 555.230 iken, 2023'te 609.021'e çıkmıştır. GSYİH'ya katkı oranı ise 2020'de %8,52 iken, 2022'de %9,38'e yükselmiştir. Bu veriler, sektörün ekonomik büyüme ve istihdam üzerindeki olumlu etkisini ortaya koymaktadır.

³ Türkiye İstatistik Kurumu. (2025, 27 Şubat). Ekonomik Faaliyetlere (ISIC, Rev. 4) Göre İhracat. TÜİK. Erişim Tarihi: 06.03.2025
Türkiye İstatistik Kurumu. (2025, 27 Şubat). Ekonomik Faaliyetlere (ISIC, Rev. 4) Göre İthalat. TÜİK. Erişim Tarihi: 06.03.2025
T.C. Ticaret Bakanlığı. (2025). Performans Programı 2025. T.C. Ticaret Bakanlığı Yayınları
Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO). (2025). Global food trade statistics report 2018-2024. FAO Yayınları. Erişim Tarihi: 06.03.2025

Gıda ve içecek sanayisi, Türkiye ekonomisine önemli katkılar sağlamaktadır. 2020 yılında 430.092.305.045 TL olan toplam üretim değeri, 2023 yılında 2.291.413.061.670 TL'ye yükselmiştir (Tablo 3). Bu artış, sektörün ekonomik büyüme üzerindeki olumlu etkisini ortaya koymaktadır. İstihdam edilen kişi sayısı ise 2020'de 555.230 iken, 2023'te 609.021'e çıkmıştır. GSYİH'ya katkı oranı ise 2020'de %8,52 iken, 2022'de %9,38'e yükselmiştir. Bu veriler, sektörün ekonomik büyüme ve istihdam üzerindeki olumlu etkisini ortaya koymaktadır.

Gıda ve içecek sanayisinin ekonomik katkıları, sadece üretim değeri ve istihdam ile sınırlı değildir. Sektör, tarım ürünlerinin işlenmesi ve pazarlanması süreçlerinde de önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca, gıda sanayisindeki gelişmeler, tarım sektöründeki üreticiler için de yeni fırsatlar yaratmaktadır. Bu durum, tarım ve gıda sektörleri arasındaki entegrasyonun güçlenmesine katkıda bulunmaktadır.

Tablo 4.5.3. Gıda ve İçecek Sanayisinin Ekonomik Katkıları⁴

Yıl	Toplam Üretim Değeri (TL)	İstihdam (Kişi)	GSYİH'ye Katkı (%)
2020	430.092.305.045	555.230	8.52%
2021	627.453.713.217	583.927	8.65%
2022	1.408.667.315.240	608.879	9.38%
2023	2.291.413.061.670	609.021	8.72%

4.5.5. Akıllı Tarım Projeleri

Türkiye, tarım sektöründe dijital dönüşümü hızlandırmak amacıyla çeşitli akıllı tarım projeleri yürütmektedir. Bu projeler, tarımda verimliliği artırmayı, kaynak kullanımını optimize etmeyi ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını yaygınlaştırmayı hedeflemektedir. Örneğin, "Türk Tarımının Global Entegrasyonu ve Akıllı Tarım Projesi", nesnelerin interneti (IoT), büyük veri analitiği ve yapay zeka gibi teknolojileri kullanarak tarımda verimlilik ve kalite artışı sağlamayı amaçlamaktadır. Bu proje, tarım sektöründe dijital dönüşümün öncü uygulamalarından biridir.

Benzer şekilde, "Türkiye İklim Akıllı ve Rekabetçi Tarımsal Büyüme Projesi (TUCSAP)", iklim akıllı tarım uygulamalarını yaygınlaştırarak tarımsal verimliliği artırmayı hedeflemektedir. Bu proje, özellikle iklim değişikliğinin tarım üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmayı amaçlamaktadır. Proje kapsamında, çiftçilere iklim akıllı tarım teknolojileri konusunda eğitimler verilmekte ve bu teknolojilerin benimsenmesi teşvik edilmektedir.

"Dijital Tarım Pazarı (DİTAP)" projesi ise küçük ve orta ölçekli çiftçilerin desteklenmesini amaçlamaktadır. Bu proje, çiftçilerin ürünlerini dijital platformlar üzerinden pazarlamasına olanak sağlamakta ve aracı maliyetlerini düşürmektedir. Ayrıca, üretici-tüketici etkileşimini artırarak, tarım ürünlerinin daha adil fiyatlarla pazarlanmasını sağlamaktadır.

"Bozkır Ekosistemlerinde, İklim Değişikliğine Ekosistem Temelli Adaptasyona Yönelik Tarım Uygulamaları Projesi (EBA)", iklim değişikliğine uyum sağlamayı amaçlayan bir diğer önemli projedir. Bu proje, bozkır ekosistemlerinin korunması ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının yaygınlaştırılmasına odaklanmaktadır. Proje kapsamında, dijital haritalama ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) gibi teknolojiler kullanılarak, tarım alanlarının iklim değişikliğine uyum sağlaması hedeflenmektedir.

"Akıllı Tarım Platformu" projesi ise tarım teknolojileri ve dijital tarım sistemlerinin geliştirilmesini amaçlamaktadır. Bu proje, çiftçilerin bilgilendirilmesi ve eğitilmesi yoluyla tarımsal üretimde verimliliği artırmayı hedeflemektedir. Ayrıca, kamu-özel sektör işbirlikleriyle inovasyon destekleri sağlanarak, tarım sektöründeki teknolojik gelişmelerin hızlandırılması amaçlanmaktadır.

⁴ Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2025). Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri (NACE Rev.2): Ekonomik faaliyetlere göre üretim değeri. 31 Aralık 2024 verisi. 07.03.2025 tarihinde <https://data.tuik.gov.tr/Search/Search?text=%C3%BCretim%20de%C4%9Feri> adresinden alındı.
Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2025). Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri (NACE Rev.2): Ekonomik faaliyetlere göre çalışanlar sayısı. 31 Aralık 2024 verisi. 07.03.2025 tarihinde <https://data.tuik.gov.tr/Search/Search?text=ekonomik%20faaliyetlere%20g%C3%B6re> adresinden alındı.
Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2025). Üretim Yöntemiyle Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (2009 bazlı): Tablo-6 Gayrisafi yurtiçi hasıla üretim yöntemiyle mevsim ve takvim etkisinden arındırılmış zincirlenmiş hacim endeksi ve değişim oranları (2009=100). 31 Aralık 2024 verisi. 06.03.2025 tarihinde <https://data.tuik.gov.tr> adresinden alındı.
Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2023). Dönemsel Gayrisafi Yurt İçi Hasıla, IV. Çeyrek: Ekim - Aralık, 2022. Erişim adresi: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Donemsel-Gayrisafi-Yurt-İci-Hasila-IV--Ceyrek-Ekim---Aralik,-2022-49664>. Tablo-1: Gayrisafi yurtiçi hasıla, iktisadi faaliyet kollarına (A10) göre cari fiyatlarla (değer, pay, değişim oranı).

Tablo 4.5.4. Başarı Örnekleri: Türkiye'den Akıllı Tarım ve Gıda Projeleri⁵

Proje Adı	Odak Alanı	Teknolojiler	Avantajlar
Türk Tarımının Global Entegrasyonu ve Akıllı Tarım Projesi	- Akıllı Tarım Uygulamaları - Akıllı Tarım Sistemleri - Hayvansal ve Bitkisel Üretim Verimliliği - Uluslararası Rekabet Gücü - Dijital Dönüşüm ve Entegrasyon	- Nesnelerin İnterneti (IoT) - Büyük Veri ve Analitik - Yapay Zeka ve Makine Öğrenmesi - İklim Akıllı Tarım Uygulamaları - Dijital Tarım Teknolojileri - Robotik ve Otomasyon Sistemleri	- Tarımda Verimlilik ve Kalite Artışı - Uluslararası Piyasalarda Rekabet Gücü Kazanımı - Kaynak Kullanımında Optimizasyon - Sürdürülebilir Tarım Uygulamaları - Dijital Dönüşüm ve Kapasite Geliştirme
Türkiye İklim Akıllı ve Rekabetçi Tarımsal Büyüme Projesi (TUCSAP)	- İklim Akıllı Tarım (İAT) - Toprak ve Arazi Yönetimi - Hayvan Sağlığı - Tarımsal Verimlilik - Proje Yönetimi ve İzleme	- Dijital Tarım Teknolojileri - İklim Akıllı Tarım Uygulamaları - Laboratuvar Teknolojileri - Yenilenebilir Enerji ve Sera Teknolojileri - Bilgi ve İletişim Teknolojileri (BİT)	14 milyon hektarlık tarım arazisi için sürdürülebilir planlama 42.500 çiftçinin İklim Akıllı Tarım (İAT) teknolojilerini benimsemesi - Hayvan hastalıkları teşhis testlerinde %100 artış - 22.5 milyon hektar alanda toprak analizi ve haritalama
Dijital Tarım Pazarı (DİTAP)	- Küçük ve Orta Ölçekli Çiftçilerin Desteklenmesi - Tarımsal Ürün Pazarlama - Dijital Platform Üzerinden Ticaret	- Dijital Pazar Yeri - Sözleşmeli Tarım Uygulamaları - Online Tarım Kredileri	- Küçük ölçekli çiftçilerin gelirlerinde artış - Aracı maliyetlerinin düşmesi - Üretici-tüketici etkileşiminin artması
Bozkır Ekosistemlerinde, İklim Değişikliğine Ekosistem Temelli Adaptasyona (EBA) Yönelik Tarım Uygulamaları Projesi	- İklim Değişikliği Adaptasyonu - Bozkır Ekosistemlerinin Korunması - Sürdürülebilir Tarım Uygulamaları	- Dijital Haritalama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) - İklim Modelleme ve Analiz Araçları - TARBİL ve İDEBİS (İklim Değişikliği Bilgi Sistemi)	- Bozkır ekosistemlerinin iklim değişikliğine uyum sağlaması - Tarım alanlarında sürdürülebilirlik artışı - Dijital veri tabanları ile gelecekteki tarım planlamalarına altlık oluşturulması
Akıllı Tarım Platformu	- Tarım Teknolojileri ve Dijital Tarım Sistemleri - Çiftçi Bilgilendirme ve Eğitim - Kamu-Özel Sektör İş birlikleri	- Nesnelerin İnterneti (IoT) - Büyük Veri Analitiği - Uydu ve Sensör Destekli Tarım Yönetimi	- Tarımsal üretimde verimlilik artışı - Çiftçilerin bilinçlenmesi ve eğitim - Kamu-özel sektör ortaklıklarıyla inovasyon destekleri

5 FAO. (2020). The State of Food Security and Nutrition in the World. Rome: FAO.

Saygılı, F., Kaya, A. A., Çalışkan, E. T., & Kozal, Ö. E. (2019). Türk Tarımının Global Entegrasyonu ve Tarım 4.0. İzmir: Ege Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi ve İzmir Ticaret Borsası.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2019). Türkiye'nin Biyoçeşitliliği: Genetik Kaynakların Sürdürülebilir Tarım ve Gıda Sistemlerine Etkisi. Ankara: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2021). Sürdürülebilir Gıda Sistemleri Ülke Raporu. Ankara: Tarım ve Orman Bakanlığı.

Türkiye Climate Smart and Competitive Agricultural Growth Project (TUCSAP) - Project operational manual.

4.5.6. İstihdam Göstergeleri

Tarım sektörü, Türkiye'de önemli bir istihdam kaynağıdır. 2021 yılında toplam çalışan sayısı 4.570.000 iken, 2024 yılında 4.156.000 olarak tahmin edilmektedir. Kadın çalışan oranı ise 2021'de %41,38 iken, 2024'te %42,1'e yükselmiştir. Mesleki eğitim alan çalışan oranına ilişkin veriler eksik olsa da, sektördeki eğitim ve beceri geliştirme faaliyetlerinin artırılması gerektiği açıktır.

Tarım sektöründeki istihdamın azalma eğilimi, özellikle genç nüfusun tarım dışı sektörlerle yönelmesiyle ilişkilendirilebilir. Ancak, kadın çalışan oranındaki artış, tarım sektöründe kadınların rolünün giderek önem kazandığını göstermektedir. Bu durum, tarım sektöründe cinsiyet eşitliği ve kadınların güçlendirilmesi açısından olumlu bir gelişmedir.

Tablo 4.5.5. Tarım Sektöründe İstihdam⁶

Gösterge	2021	2022	2023	2024
Toplam Çalışan Sayısı (Bin)	4.570	4.362	4.362	4.156
Kadın Çalışan Oranı (%)	41.38	42.08	41.3	42.1

4.5.7. GZFT Analizi

Türkiye, coğrafi konumu, iklim çeşitliliği ve geniş tarım arazileri ile dünya tarım ve gıda sektöründe önemli bir yere sahiptir. Ancak, sektörün karşı karşıya olduğu zorluklar ve fırsatlar, gelecekteki büyüme ve sürdürülebilirlik açısından kritik öneme sahiptir. Bu analiz, Türkiye tarım ve gıda sektörünün güçlü yönlerini, zayıf yönlerini, fırsatlarını ve tehditlerini (SWOT) detaylı bir şekilde inceleyerek, sektörün geleceği için öneriler sunmayı amaçlamaktadır.

4.5.7.1. Güçlü Yönler (Strengths)

- Coğrafi ve İklim Çeşitliliği:** Türkiye, Akdeniz, Karadeniz ve İç Anadolu gibi farklı iklim kuşaklarına sahip olması nedeniyle 350'den fazla tarımsal ürün yetiştirme potansiyeline sahiptir. Bu çeşitlilik, ülkenin tarımsal üretim hacmini artırmakta ve dünya sıralamasında 7. sırada yer almasını sağlamaktadır (Food and Agriculture Organization [FAO], 2023). Özellikle buğday, pamuk, fındık ve kiraz gibi ürünlerde küresel liderlik, Türkiye'nin tarım sektöründeki gücünü ortaya koymaktadır.

6 Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2025). Sektörlere göre istihdam edilenler. Erişim adresi: <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/Get-Kategori?p=Istihdam,-Issizlik-ve-Ucret-108> (Erişim tarihi: 07 Mart 2025).

• **Geniş Tarım Arazileri:** Türkiye, 38.6 milyon hektar tarım alanı ile geniş bir tarımsal üretim kapasitesine sahiptir (Türkiye İstatistik Kurumu, 2025). Bu geniş araziler, hem geleneksel tarım ürünlerinin hem de organik tarımın gelişmesine olanak tanımaktadır. Özellikle buğday, pamuk ve fındık gibi ürünlerde dünya liderliği, Türkiye'nin tarım sektöründeki gücünü pekiştirmektedir.

• **Organik Tarım Potansiyeli:** Türkiye, 1.2 milyon hektar organik tarım alanı ile Avrupa pazarına yakınlığı sayesinde organik tarımda önemli bir potansiyele sahiptir (FAO, 2023). Organik tarım, hem çevre dostu uygulamalar hem de yüksek gelirli pazarlara erişim açısından Türkiye için büyük bir fırsat sunmaktadır.

• **Genç Nüfus ve Teknoloji Adaptasyonu:** Türkiye'nin genç nüfusu, tarım teknolojilerine yönelik yenilikçi çözümlerin geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır. Özellikle dijital tarım uygulamaları ve AR-GE faaliyetleri, tarım sektörünün dijital dönüşümüne hız kazandırmaktadır.

4.5.7.2. Zayıf Yönler (Weaknesses)

• **Verimlilik ve Teknoloji Eksikliği:** Türkiye'de sulama sistemlerinin %45'i geleneksel yöntemlerle yapılmakta ve bu durum verimliliği düşürmektedir (TÜİK, 2023). Hektar başına buğday verimi, AB ortalamasının %60'ı seviyesinde (3.2 ton/hektar) kalmaktadır (European Commission, 2023). Bu eksiklik, tarım sektörünün rekabet gücünü olumsuz etkilemektedir.

• **Küçük Ölçekli İşletmeler:** Türkiye'de tarım işletmelerinin %82'si 50 hektardan küçük olup, ölçek ekonomisi zayıftır (TÜİK, 2023). Bu durum, maliyetlerin yüksek olmasına ve verimliliğin düşük kalmasına neden olmaktadır. Küçük ölçekli işletmeler, modern tarım tekniklerini uygulamakta ve pazarlama stratejileri geliştirmekte zorlanmaktadır.

• **Lojistik ve Depolama Sorunları:** Türkiye'de ürün kaybı, özellikle meyve-sebze sektöründe %15-25 seviyelerindedir (FAO, 2023). Bu kayıplar, lojistik ve depolama altyapısının yetersizliğinden kaynaklanmaktadır. Ürünlerin hasat sonrası uygun koşullarda saklanamaması, hem ekonomik kayıplara hem de ihracat potansiyelinin azalmasına neden olmaktadır.

• **Finansman Erişimi:** Türkiye'de KOBİ'ler yeterli kredi alamamakta ve bu durum tarım sektöründeki yatırımları kısıtlamaktadır. Finansman eksikliği, modern tarım ekipmanlarının alımını ve teknolojik yeniliklerin uygulanmasını engellemektedir.

4.5.7.3. Fırsatlar (Opportunities)

• **Akıllı Tarım ve Dijital Dönüşüm:** Türkiye, Akıllı Tarım ve dijital dönüşüm ile tarım sektöründe önemli fırsatlar yakalayabilir. IoT, drone ve yapay zeka gibi teknolojiler, tarım sektöründe %30 verimlilik artışı sağlayabilir (World Economic Forum, 2023). Ayrıca, dikey tarım projeleri ile şehir içi üretim imkanları artırılabilir.

• **Organik ve İhracat Odaklı Üretim:** AB organik gıda pazarının €50 milyar büyüklüğü (European Commission, 2023), Türkiye için büyük bir fırsat sunmaktadır. Türkiye'nin 2023 tarım-gıda ürünleri ihracatı \$25 milyar seviyesindedir (TÜİK, 2023) ve bu rakamın organik ürünlerle daha da artırılması mümkündür.

• **Genç Girişimcilik ve AR-GE Destekleri:** TÜBİTAK ve KOSGEB'in 2.5 milyar tarım teknolojisi hibesi, genç girişimciler için büyük bir fırsat sunmaktadır. Bu destekler, tarım sektöründe yenilikçi çözümlerin geliştirilmesine ve AR-GE faaliyetlerinin artırılmasına katkıda bulunabilir.

• **Su Verimliliği Projeleri:** Türkiye, su verimliliği projeleri ile tarım sektöründe önemli tasarruflar sağlayabilir. Damla sulama sistemleri ile %40 su tasarrufu sağlanabilir (FAO, 2023) ve bu durum, su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımına katkıda bulunabilir.

4.5.7.4. Tehditler (Threats)

• **İklim Değişikliği ve Su Krizi:** Türkiye, su stresi yaşayan ülkeler arasında yer almaktadır ve 2030 yılında kişi başı su miktarının 1.000 m³ altına düşmesi beklenmektedir (World Resources Institute, 2023). İklim değişikliği, tarım sektöründe su kaynaklarının azalmasına ve üretim maliyetlerinin artmasına neden olabilir.

• **Küresel Rekabet ve Fiyat Dalgalanmaları:** Ukrayna gibi ülkelerin buğday üretimindeki artış, Türkiye'nin ihracatını baskılayabilir (FAO, 2023). Küresel rekabet ve fiyat dalgalanmaları, tarım sektörünün karlılığını olumsuz etkileyebilir.

• **Politik Belirsizlikler ve Sübvansiyonlar:** Türkiye'de tarımsal desteklerin GSYİH'ya oranı %1.5 seviyesindedir (European Commission, 2023). Politik belirsizlikler ve sübvansiyonların yetersizliği, tarım sektörünün gelişimini engelleyebilir.

• **Nüfus Artışı ve Toprak Kaybı:** Türkiye'de tarım arazilerinin amaç dışı kullanımı, tarımsal üretim ve gıda güvenliği için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Kentleşme, sanayileşme ve altyapı projeleri nedeniyle 1989-2018 yılları arasında 2,6 milyon hektar, 2005-2018 yıllarında ise 722000 hektar tarım dışı kullanıma açılmıştır. Bu durum, tarımsal üretimi azaltarak gıda arzında risk oluşturmakta ve dışa bağımlılığı artırmaktadır.

4.5.8. Tartışma

Türkiye'nin tarım ve gıda sektörü, son yıllarda önemli bir dönüşüm sürecine girmiştir. Bu rapor, sektörün Ar-Ge yatırımlarından ihracat performansına, ekonomik katkılardan akıllı tarım projelerine kadar birçok alanda kaydettiği ilerlemeyi ortaya koymaktadır. Ancak bu gelişmelerin yanı sıra, sektörün karşılaştığı zorluklar ve geleceğe yönelik fırsatlar da dikkatle ele alınmalıdır. Bu tartışma bölümü, raporun bulgularını derinlemesine analiz ederek, mevcut durumu yorumlamayı ve sürdürülebilir bir gelecek için öneriler sunmayı amaçlamaktadır.

4.5.8.1. Ar-Ge Yatırımları ve Teknolojik Dönüşüm

Raporda vurgulandığı üzere, Türkiye'nin tarım ve gıda sektöründeki Ar-Ge yatırımları 2020-2024 döneminde yaklaşık 9 kat artış göstermiştir. Bu artış, sektörün inovasyon ve teknoloji adaptasyonuna verdiği önemi yansıtmaktadır. Özellikle nesnelerin interneti (IoT), yapay zeka ve büyük veri analitiği gibi teknolojilerin tarıma entegre edilmesi, verimlilik artışı ve kaynak optimizasyonu sağlamıştır. Örneğin, Türk Tarımının Global Entegrasyonu ve Akıllı Tarım Projesi gibi girişimler, dijital dönüşümün somut çıktılarını ortaya koymaktadır. Ancak, bu yatırımların sürdürülebilirliği kritik bir sorudur. Teknolojik altyapının yaygınlaştırılması için devlet desteklerinin yanı sıra özel sektör katılımının artırılması gerekmektedir. Ayrıca, küçük çiftçilerin bu teknolojilere erişimindeki eşitsizlikler, projelerin etkisini sınırlandırabilir. Bu nedenle, eğitim programları ve finansal destek mekanizmalarıyla teknolojinin tabana yayılması sağlanmalıdır.

4.5.8.2. İhracat Performansı ve Küresel Rekabet

Türkiye'nin tarım ve gıda ürünleri ihracatı 2020-2024 döneminde %60'ın üzerinde bir artışla 31,5 milyar dolara ulaşmıştır. Bu başarı, özellikle AB, Orta Doğu ve Afrika pazarlarındaki talep artışıyla açıklanabilir. Ancak, küresel pazar payının %1,9 seviyesinde kalması, Türkiye'nin potansiyelinin henüz tam olarak değerlendirilemediğini göstermektedir. Rekabet gücünü artırmak için markalaşma, kalite sertifikasyonları ve coğrafi işaretlerin kullanımı öne çıkarılmalıdır. Örneğin, organik ürünlerde AB pazarının 50 milyar euroluk hacmi, Türkiye için büyük bir fırsattır. Ancak, lojistik altyapıdaki eksiklikler ve depolama sorunları (%15-25 ürün kaybı), ihracatın önündeki engeller olarak durmaktadır. Bu sorunların çözümü için soğuk zincir altyapısının geliştirilmesi ve dijital pazarlama platformlarının (DİTAP gibi) etkin kullanımı şarttır.

4.5.8.3. Ekonomik Katkılar ve İstihdam Paradoksu

Gıda ve içecek sanayisinin GSYİH'ya katkısı 2022'de %9,38'e yükselmiş olsa da, istihdamda 2021-2024 arasında %9'luk bir düşüş gözlemlenmiştir. Bu paradoks, sektördeki otomasyon ve mekanizasyonun artmasıyla açıklanabilir. Teknolojik ilerleme, verimliliği artırırken insan emeğine olan bağımlılığı azaltmaktadır. Ancak, bu durum kırsal kesimde işsizlik riskini artırabilir. Diğer yandan, kadın istihdam oranının %42,1'e yükselmesi olumlu bir gelişmedir. İstihdam kaybını dengelemek için, tarım dışı sektörlerde istihdam yaratacak politikalar (örneğin, tarım turizmi veya biyoteknoloji girişimleri) desteklenmelidir.

4.5.8.4. Akıllı Tarım Projeleri ve Sürdürülebilirlik

Akıllı tarım projeleri, Türkiye'nin tarım sektöründeki dijital dönüşümün merkezinde yer almaktadır. TUCSAP ve EBA gibi projeler, iklim değişikliğine uyum sağlama ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını yaygınlaştırma hedefiyle öne çıkmaktadır. Özellikle dijital haritalama ve IoT tabanlı sulama sistemleri, su kullanımında %40 tasarruf sağlayabilir. Ancak, bu projelerin başarısı çiftçilerin adaptasyonuna bağlıdır. Türkiye'de çiftçilerin %82'si küçük ölçekli olduğundan, teknolojiye erişimleri sınırlıdır. Bu noktada, devletin kooperatifler aracılığıyla eğitim ve finansman sağlaması kritik önem taşımaktadır. Ayrıca, akıllı tarımın çevresel etkileri (örneğin, enerji tüketimi) de dikkate alınarak, yenilenebilir enerji entegrasyonu teşvik edilmelidir.

4.5.8.5. SWOT Analizi Bağlamında Gelecek Senaryoları

SWOT analizi, Türkiye'nin coğrafi çeşitlilik ve genç nüfus gibi güçlü yönlerinin yanı sıra verimlilik eksikliği ve lojistik sorunlar gibi zayıf yönlerini ortaya koymuştur. İklim değişikliği ve su krizi gibi tehditler ise acil önlem gerektirmektedir. Öte yandan, su yönetimi konusunda yağmur suyu hasadı ve damla sulama sistemleri, su stresini azaltmada etkili olabilir. Ancak, bu önlemlerin uygulanabilmesi için yerel yönetimler ve sivil toplum kuruluşlarıyla işbirliği şarttır. Ayrıca, tarım arazilerinin amaç dışı kullanımını engellemek için yasal düzenlemeler sıkılaştırılmalıdır.

4.5.8.6. İklim Değişikliği ve Adaptasyon Stratejileri

Türkiye, iklim değişikliğinden en çok etkilenecek Akdeniz havzasında yer almaktadır. Su kaynaklarının azalması ve sıcaklık artışları, tarımsal üretimi doğrudan tehdit etmektedir. Raporda belirtilen 22,5 milyon hektarlık toprak analizi gibi projeler, iklim dirençli tarım uygulamalarının temelini oluşturabilir. Ayrıca, karbon ayak izini azaltmak için organik tarım ve agroekolojik uygulamalar (doğal ekosistemlerle uyumlu, kimyasal girdi kullanımını en aza indiren ve biyolojik çeşitliliği artıran tarımsal üretim yöntemleri) desteklenmelidir.

4.5.9. Sonuç ve Öneriler

Türkiye'nin tarım ve gıda sektörü, son yıllarda önemli bir büyüme ve dönüşüm sürecinden geçmektedir. Ar-Ge yatırımları, ihracat performansı, ekonomik katkılar ve akıllı tarım projeleri, sektörün geleceği açısından umut verici göstergelerdir. Ancak, istihdam ve eğitim alanlarında iyileştirmelere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu rapor, sektördeki mevcut durumu anlamak ve geleceğe yönelik stratejiler geliştirmek için önemli bir kaynak oluşturmaktadır. Tarım ve gıda sektörü, Türkiye'nin ekonomik kalkınması ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşması açısından kritik bir role sahiptir. Gelecekte, tarım sektöründeki dijital dönüşümün hızlanması, sürdürülebilir tarım uygulamalarının yaygınlaştırılması ve ihracat potansiyelinin artırılması, Türkiye'nin küresel tarım ve gıda pazarındaki konumunu güçlendirecektir.

Öneriler ve Çözüm Yolları

- 1. Teknoloji Entegrasyonu:** Hassas tarım ekipmanlarına vergi indirimi gibi teşvikler, tarım sektöründe teknoloji entegrasyonunu hızlandırabilir.
- 2. Kooperatifleşme:** Küçük üreticilerin birleşerek kooperatifler oluşturması, ölçek ekonomisi sağlayabilir.
- 3. İhracat Ağlarının Güçlendirilmesi:** Asya ve Afrika pazarlarına odaklanarak ihracat ağlarının güçlendirilmesi, tarım sektörünün büyümesine katkıda bulunabilir.
- 4. Su Yönetimi:** Yağmur suyu hasadı ve geri dönüşüm projeleri, su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını sağlayabilir.
- 5. Ulusal Planlar:** Devlet kurumları tarafından su ve toprak kullanımı, ekim türü ve yöntemi gibi çeşitli alt başlıklarda ulusal planlar hazırlanarak denetimli ve etkin bir şekilde uygulanabilir.

Türkiye, tarım ve gıda sektöründe coğrafi ve iklim çeşitliliği, geniş tarım arazileri ve organik tarım potansiyeli gibi güçlü yönlerle sahiptir. Ancak, verimlilik eksikliği, küçük ölçekli işletmeler ve lojistik sorunları gibi zayıf yönler, sektörün gelişimini engellemektedir. Akıllı Tarım, organik üretim ve genç girişimcilik gibi fırsatlar, sektörün geleceği için umut vaat etmektedir. Ancak, iklim değişikliği, küresel rekabet ve politik belirsizlikler gibi tehditler, sektörün karşı karşıya olduğu zorlukları artırmaktadır. Teknoloji entegrasyonu, kooperatifleşme, ihracat ağlarının güçlendirilmesi ve su yönetimi gibi öneriler, Türkiye'nin tarım ve gıda sektöründe küresel bir aktör olmasını sağlayabilir.

Kaynaklar

- Boehm, S., Jeffery, L., Hecke, J., Schumer, C., Jaeger, J., Fyson, C., ... & Masterson, M. (2022). State of climate action 2023. <https://www.wri.org/research/state-climate-action-2023>
- European Commission (EC). (2023). EU agricultural outlook for markets, 2023-2035. Publications Office of the European Union. https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2024-01/agricultural-outlook-2023-report_en_0.pdf
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024). Agricultural production statistics 2010-2023. FAO. <https://www.fao.org/statistics/highlights-archive/highlights-detail/agricultural-production-statistics-2010-2023/en>
- Rowe, J. (2025). Delivering regenerative agriculture through digitalization and AI. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2025/01/delivering-regenerative-agriculture-through-digitalization-and-ai/>
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2024). Amaç dışı kullanılan tarım alanları. <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/amac-disi-kullanilan-tarim-alanlari-i-85768>
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2025). Tarım ve Orman Alanları. Erişim Tarihi: 06.03.2025

4.6. MADEN SANAYİ

Doç. Dr. Muhammet Mustafa Kahraman
İTÜ Maden Mühendisliği Bölümü

4.6.1. Giriş

Bu bölüm, Türkiye'nin madencilik sektörünü çok boyutlu bir perspektiften ele alarak kapsamlı bir analiz sunmayı amaçlamaktadır. Madencilik Türkiye ekonomisindeki yeri; sektörel büyüklüğü, ihracat potansiyeli, üretim kapasitesi ve istihdam katkısı çerçevesinde değerlendirilmektedir. Ayrıca, madencilik faaliyetlerinin çevresel etkileri, sürdürülebilirlik bağlamında taşıdığı önem ve dijital dönüşüm süreçleri de detaylı biçimde incelenmektedir.

Sektörün mevcut yapısal durumu, üretim desenleri, dış ticaret dengesi ve teknoloji kullanımı gibi temel göstergeler üzerinden ortaya konulmakta; buna ek olarak stratejik madenler, yatırım eğilimleri ve kamu politikaları da analiz edilmektedir. Türkiye'nin sahip olduğu zengin maden rezervlerinin küresel ölçekteki önemi, sektörün uluslararası rekabet gücünü artırabilecek potansiyel avantajlarıyla birlikte değerlendirilmektedir.

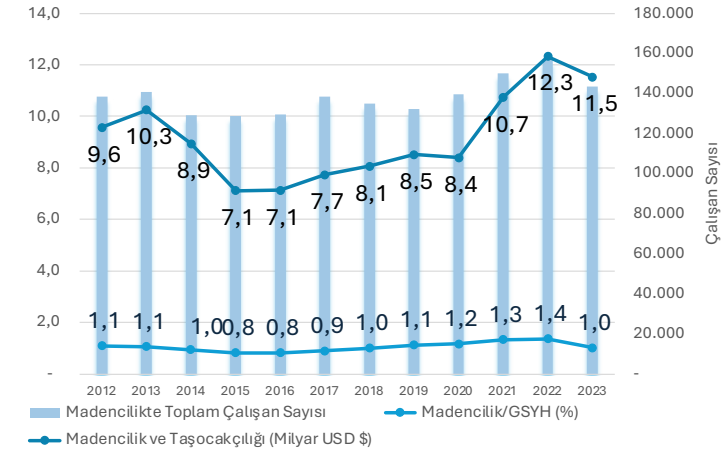
Bu bağlamda, bölüm boyunca hem sektörel performansa ilişkin güncel veriler sunulmakta hem de politika yapıcılara ve sektör paydaşlarına yönelik öneriler geliştirilmektedir. Amaç, Türkiye madencilik sektörünün mevcut durumunu çok yönlü bir biçimde ortaya koymak ve geleceğe yönelik stratejik dönüşüm alanlarını belirlemektir.

4.6.2. Türkiye'de Madencilik Sektörünün Genel Görünümü

Maden sektörü son on yıldır Türkiye Gayri Safi Yurt içi Hasılasında (GSYH) ortalama 1,1%'lik bir paya sahip olmuştur. SGK verilerine göre son on yılda maden sektörünün ortalama 138 bin civarı çalışanı bulunmaktadır. Sektörün bu süreçte ürettiği değer miktarı 7 ile 12 milyar ABD doları arasında dalgalanmış ve 2023 yılında yaklaşık 11,5 milyar ABD doları olmuştur. Yıllara göre maden sektörünün GSYH payı (%), üretilen değer ve çalışan sayıları Şekil 4.6.1.'de yer almaktadır.

Türkiye mineral çeşitliliğinde dünya genelinde ilk on ülke arasında bulunmaktadır. Dünya genelinde ticareti yapılan 90 mineral türünün 77'si Türkiye'de bulunmakta, bunların yaklaşık 64 tanesi ise üretilmektedir. 2024 yılı itibarıyla 4403'ü arama, 9873'ü işletme olmak üzere toplam 14 276 adet ruhsat sahası bulunmaktadır. Yine 2024 yılı verilerine göre T.C. Enerji Tabii Kaynaklar Bakanlığına 1180 ruhsat müracaatı yapılmış olup; 657 arama, 357 işletme ruhsatı ise terkedilmiş, 535 arama, 409 işletme ruhsatı ise iptal edilmiştir. 2024 yılı son 8 yılın en düşük ruhsat müracaatının yapıldığı yıl olmuştur.

Şekil 4.6.1. Madencilik Sektörünün GSYİH İçindeki Payı, Üretim Değeri ve Çalışan Sayısı



Kaynak: TÜİK

Maden sektörü sermaye yoğun bir sektördür. İlk aşamada madenlerin aranması ve bulunması gerekmektedir. Bu süreçler, yüksek risk taşıyan ve büyük maliyet gerektiren yatırımlardır. Bu sebeple özel sektörün arama çalışmalarının nispeten sınırlı olduğu düşünülürse, MTA gibi bir kurumun varlığı oldukça önem arz etmektedir.

Maden kanununa göre üretilen madenler altı gruba ayrılmaktadır. Ancak bu çalışmada maden ürünleri endüstriyel mineraller, metaller, enerji hammaddeleri ve doğal taşlar olarak değerlendirilecektir. Türk maden sektörü özellikle endüstriyel mineral ve doğal taş üretiminde dünya da önemli üreticilerden biridir. Bor, feldispat, perlit, manyezit, diyatomit, bentonit ve jips gibi endüstriyel minerallerin yanı sıra antimuan ve krom gibi metallerin ve mermerin üretiminde Türkiye dünyada ilk 5 sırada yer almaktadır. Türkiye'nin üretimde dünya da ilk 10 sırada yer aldığı maden ürünleri Tablo 4.6.1.'de bulunmaktadır.

Tablo 4.6.1. Türkiye'nin üretimde dünya da ilk 10 sırada yer aldığı maden ürünleri

Dünya Sıralaması	Grup	Mineral	Birim	Üretim Miktarı	Dünya Üretiminde Payı %
1	Endüstriyel	Bor	metr. t	2.590.000	48,45
1	Endüstriyel	Feldispat	metr. t	15.781.540	39,93
1	Endüstriyel	Perlit	metr. t	1.319.432	41,74
2	Endüstriyel	Manyezit	metr. t	1.820.068	6,82
3	Metal	Antimuan	metr. t	10.640	12,81
3	Endüstriyel	Diyatomit	metr. t	237.267	9,51
3	Enerji	Linyit	metr. t	80.928.800	11,30
4	Metal	Krom	metr. t	1.460.300	9,57
4	Endüstriyel	Bentonit	metr. t	2.018.993	10,83
5	Endüstriyel	Jips	metr. t	10.679.212	6,03
6	Endüstriyel	Grafit	metr. t	27.715	1,60
7	Endüstriyel	Barit	metr. t	344.322	4,16
8	Endüstriyel	Kaolen	metr. t	2.289.367	5,08
8	Endüstriyel	Tuz	metr. t	9.085.711	3,34
8	Endüstriyel	Vermikülit	metr. t	21.230	4,22
10	Metal	Kobalt	metr. t	2.100	1,26
10	Metal	Kurşun	metr. t	81.650	1,74

Kaynak: WMD, 2022

4.6.3. Türkiye’de Öne Çıkan Madenler ve Kullanım Alanları

Türkiye’de rezerv durumları ve ortalama piyasa fiyatları göz önüne alındığında kömür(linyit), altın, doğal taşlar, bor ve krom öne çıkan madenlerdendir. Bunların dışında bakır konsantresi, demir cevheri, trona ve feldispat ise üretim değeri ve dış ticarette kritik diğer maden ürünleridir. Tablo 4.6.2’de Türkiye’de öne çıkan madenler ve kullanım alanları bulunmaktadır.

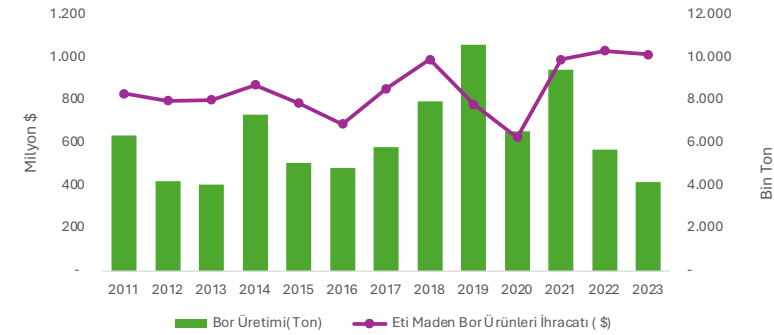
Tablo 4.6.2. Türkiye’de öne çıkan madenler ve kullanım alanları

Maden Türü	Türkiye Rezervleri (Ton)	Rezervin Küresel Payı (%)	2023 Piyasa Değeri (Mia USD)	2023 Küresel Piyasa Payı	Dünya Sırası	Başlıca Kullanım Alanları
Bor	3,3 Milyar	73%	1,5	60,0%	1	Cam, seramik, tarım
Altın	700	1%	209.500	1,1%	25	Takı, merkez bankaları, elektronik
Krom	25 Milyon	5%	22,70	9,50%	4	Metalurji, döküm, kimya
Kömür	14,5 Milyar	1%	1.989	1,0%	11	Termik santral, demir-çelik, çimento
Doğal Taş	7,8 Milyar m3	40%	34,60	5,6%	4	İnşaat, dekorasyon

4.6.3.1. Bor

Türkiye dünya bor rezervlerinin 73%'üne sahiptir. Bu sebeple stratejik bir mineral olarak değerlendirilmiş ve bir kamu iştiraki olan Eti Maden tarafından üretilmektedir. 2000'li yıllardan bugüne yapılan kullanım alanlarını arttırmaya yönelik ar-ge ve tesis yatırımları neticesinde dış ticarette konsantre bor olarak ihraç edilmek yerine 2023 yılı itibarıyla 97% oranında rafine bor ürünleri olarak ihraç edilmektedir. Bu çalışmaların sonucunda Eti Maden dünya bor pazar hakimiyeti 2000'li yılların başında 30%'lardayken; son yıllarda yaklaşık 60%'tan fazlasına sahip konuma gelmiştir. Şekil 4.6.2. yıllık bor üretimi ve ihracat rakamlarını göstermektedir.

Şekil 4.6.2. Türkiye yıllık bor üretimi ve ihracatı

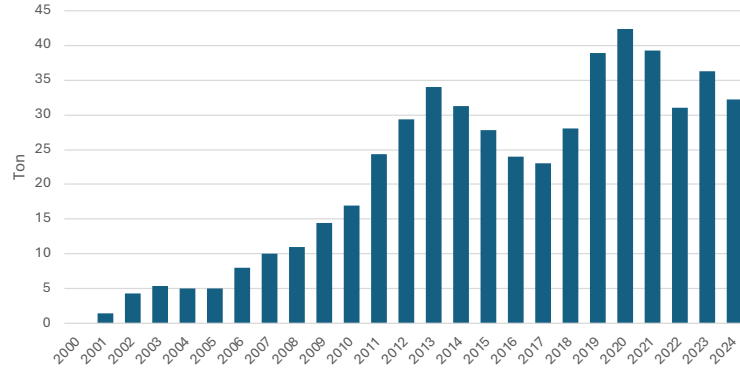


Kaynak: MAPEG-Eti Maden

4.6.3.2. Altın

Altın madenciliği son 25 yılda Türkiye’de yapılmaya başlanmıştır. İzmir Bergama Ovacık’ta devreye alınan ilk maden işletmesinden bu yana yapılan aramalar sonucunda önemli maden yatakları keşfedilmiş ve bunların birçoğu işletmeye başlamıştır. Türkiye’deki altın maden işletmeleri küresel ölçekte çoğunlukla küçük sınıfta (100 bin ons altı) yer alsa da; toplamda 20 civarı altın madeni göz önüne alındığında yıllık ortalama 35-40 ton civarı bir üretim yapılmaktadır. (Şekil 4.6.3) Dünya altın pazarının 3644 ton olduğu düşünüldüğünde dünya üretiminin yaklaşık 1%'lik bir kısmı ülkemizdeki altın madenleri tarafından yapılmaktadır.

Şekil 4.6.3. Türkiye yıllık altın üretim miktarı

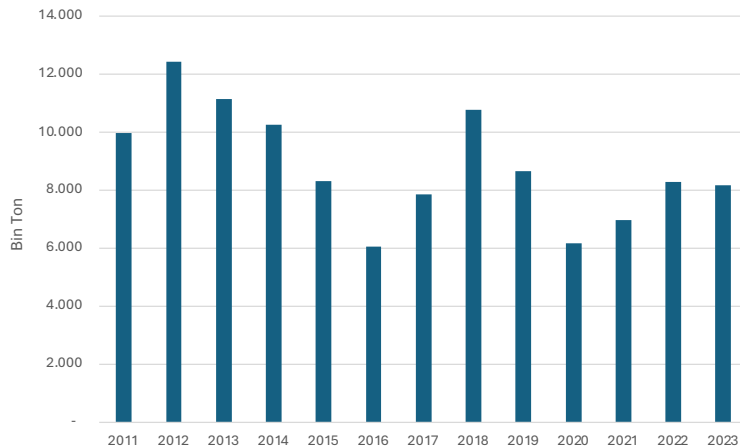


Kaynak: MAPEG

4.6.3.3. Krom

Türkiye krom rezervleri bakımından dünyada 4. sırada yer almaktadır. Düşük silis oranı, metal kurtarma veriminin yüksek olması, karbon tarafından kolay indirgenmesi ve doğrudan ferrokrom üretiminde kullanılabilmesi sebebiyle krom pazarının kalitesi yüksek ve tercih edilen türüdür. Üretilen kromun 90%'ından fazlası metalurji sanayii tarafından paslanmaz çelik yapımında ve savunma sanayiinde kullanılmaktadır. Son on yıldır Türkiye'de ortalama 8 milyon tonluk bir üretimin yapıldığı metalin dünya krom pazarının yaklaşık 4%'lük üretimi gerçekleştirilmektedir. Şekil 4.6.4. Türkiye yıllık krom üretim miktarını göstermektedir.

Şekil 4.6.4. Türkiye yıllık krom üretim miktarını göstermektedir

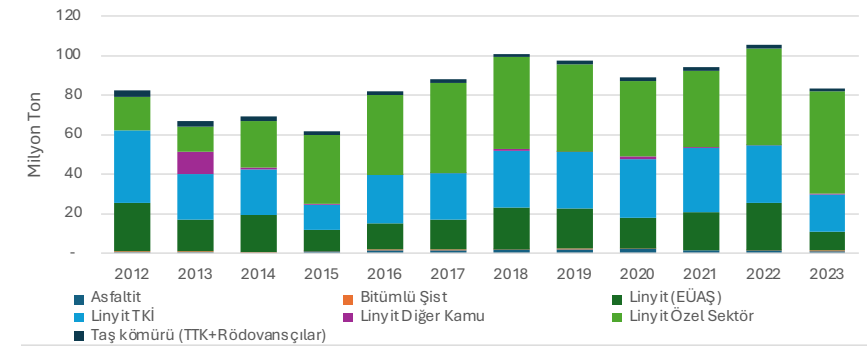


4.6.3.4. Kömür

Türkiye, taş kömürü rezervleri açısından sınırlı kaynaklara sahipken, linyit yatakları bakımından oldukça zengindir. Linyit nem miktarı yüksek ve ısı değeri düşük bir kömür türüdür. Son on yılda Türkiye'de hacimsel olarak agrega dışında en çok üretilen maden yıllık ortalama 80 milyon tondan fazla üretilen linyittir. Türkiye 10,98 milyar tonluk rezerviyle dünya linyit yataklarının yaklaşık 3,4%'üne sahiptir. Linyit özel ve kamu kurumları aracılığıyla üretilmekte ve ağırlıklı olarak termik santrallerde kullanılmaktadır. Türkiye'de yer alan linyitlerin yaklaşık 80%'i ısı değeri 2500 kalori altındadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar verilerine göre 2023 yılında Türkiye elektrik üretiminin 35,2% kömürden sağlanmıştır ancak bu üretimin 12,6%'sı Türkiye'de üretilen linyitten sağlanırken, 22,21%'lik büyük bölümü ithal kömürden, kalanı ise asfaltitten üretilmiştir. Türkiye taş kömürü rezervleri ise 1,52 milyar ton olarak hesaplanmaktadır bu rakam dünya toplam rezervlerinin 750 milyar tondan fazla olduğu düşünüldüğünde oldukça küçük bir miktardır.

Türkiye'de linyit üretimi son yıllarda ağırlıklı olarak özel sektör tarafından yapılmaktadır. Üretilen linyit ve asfaltitin önemli bir kısmı (85%) elektrik üretiminde kalan 10%'luk miktar sanayide 5%'lik miktar ise ısınma amaçlı kullanılmaktadır. Ülkemizde taş kömürü ise Zonguldak bölgesinde TTK ve rödovansçılar tarafından üretilmekte ve son on yılda üretim miktarı 2,5-3 milyon ton bandından 1,5 milyon bandına kadar düşmüştür. Bu sebeple yıllık yaklaşık 40 milyon ton civarlarında kömür ithal edilmekte ve bu kömürün ise yaklaşık 55%'i elektrik üretiminde, kalan miktarlar ise kok fabrikaları, sanayi ve ısınma amaçlı kullanılmaktadır. Kömür türevlerinden oluşan katı enerji hammaddeleri üretim miktarları Şekil 4.6.5.'de yer almaktadır.

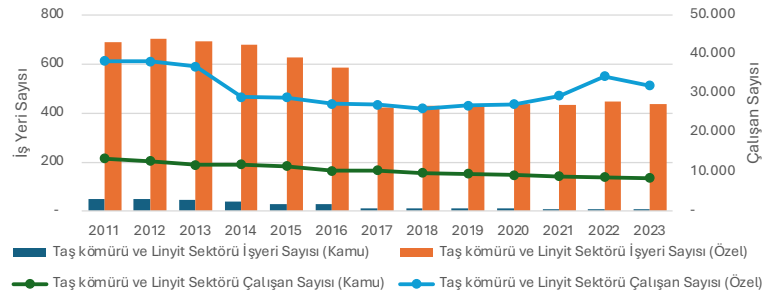
Şekil 4.6.5. Kömür ve türevleri yıllık üretim miktarları



Kaynak: MAPEG

Madencilikte enerji hammaddeleri üreten grup son on yıldır 80 ile 100 milyon ton aralığındaki bir bantta üretim yapmaktadır, ancak işletme sayıları ise hem kamuda hem de özel sektörde yıldan yıla düşmektedir. Özellikle 2014 yılında yaşanan Soma faciası sonrasında bu sürecin hızlandığı ve son yıllarda ise elektrik temininde artan rekabet ve diğer belirsizlikler sebebiyle hem çalışan hem de işyeri sayılarında belirgin bir düşüş söz konusudur (Bkz. Şekil 4.6.6).

Şekil 4.6.6. Enerji Hammaddeleri İş Yeri ve Çalışan Sayıları

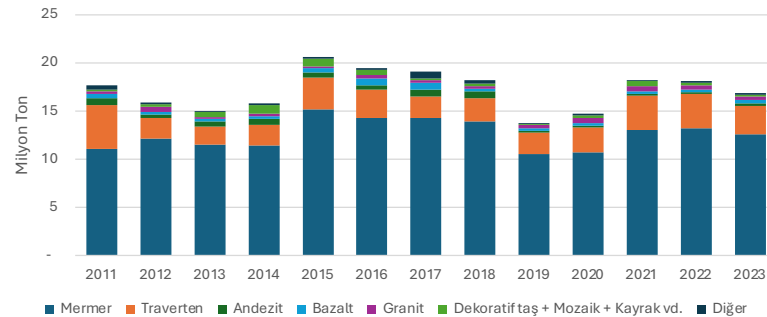


Kaynak: SGK

4.6.3.5. Doğal Taş

Türkiye doğal taşlar bakımından oldukça zengin bir ülkedir. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre 4 milyar m³ işletilebilir mermer, 2,8 milyar m³ traverten ve 1 milyar m³ granit rezervine sahip ülkemiz toplamda 50 milyar tonluk doğal taş kaynağına sahiptir. Bu rakamın dünya rezervlerinin yaklaşık 40%'ı olduğu tahmin edilmektedir. Son on yıldır yıllık yaklaşık 17,5 milyon tonluk doğal taş üretiminin yaklaşık 75%'lik kısmı mermer, 15%'lik kısmı traverten ve kalanı ise andezit, bazalt, granit gibi diğer doğal taşlardan oluşmaktadır. Şekil 4.6.7. Türkiye yıllık doğal taş üretim miktarını ve çeşitlerini göstermektedir. (MAPEG)

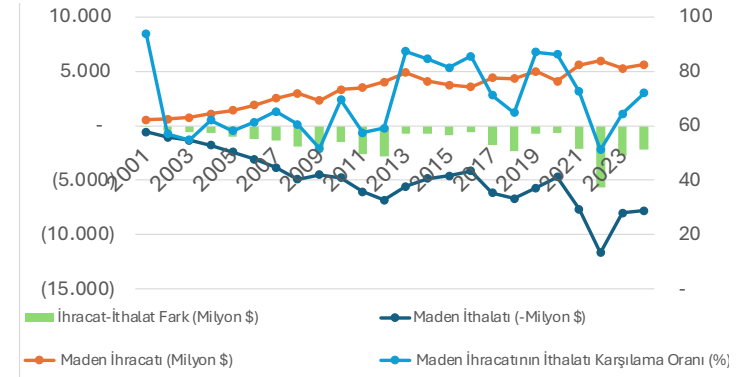
Şekil 4.6.7. Türkiye yıllık doğal taş üretim miktarı (MAPEG)



4.6.4. Türkiye'nin Madencilik İhracatı ve İthalat Dengesi

2024 yılında 5 milyar 622 milyon ABD doları maden ihracatı yapılmıştır. Maden sektörüne ait ihracat son on yılda ortalama 4% büyümüştür. Buna karşılık 2024 yılında 7 milyar 803 milyon dolarlık ithalat yapılmış ve sektörün yapmış olduğu ithalat son on yılda ortalama 9% büyümüştür. Bunun sonucunda dış ticaret açığının son on yılda yaklaşık 1,5 kat kadar arttığını söylemek mümkündür. İhracatın ithalatı karşılama oranı son on yılda ortalama 74% olmuş ve 2024 yılında da 72% olmuştur. Bu rakamlar altın ithalatını içermemektedir. Şekil 4.6.8. altın dışı maden ürünlerinin yıllık bazda ithalat ve ihracat değerlerini, bunun sonucunda oluşan farkı ve ihracatın ithalatı karşılama oranını göstermektedir.

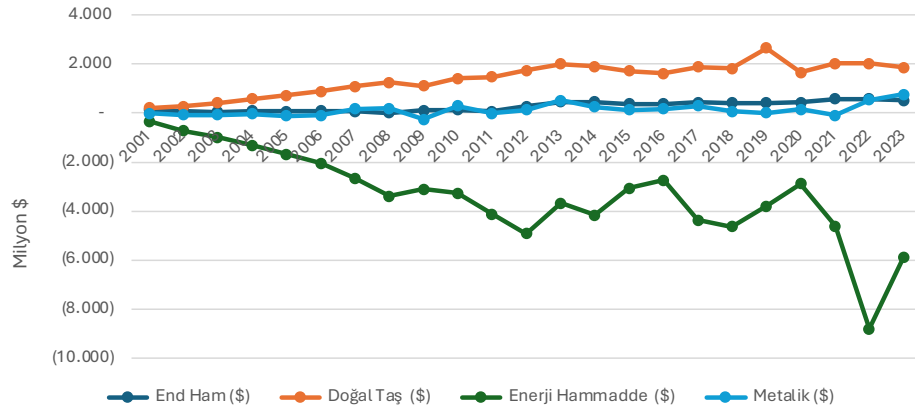
Şekil 4.6.8. Maden sektörünün yıllık dış ticaret miktarları



Kaynak: TÜİK

Maden sektörü dış ticaret dengesi maden ürün gruplarına göre ciddi farklılıklar göstermektedir. Doğal taşlar, endüstriyel ham maddeler ve son yıllarda metalik madenler dış ticarete fazla verirken, kömür ise artan bir şekilde dış ticaret açığına sebep olmaktadır. Şekil 4.6.9. maden ürün gruplarının dış ticaret açığına etkileri gösterilmektedir.

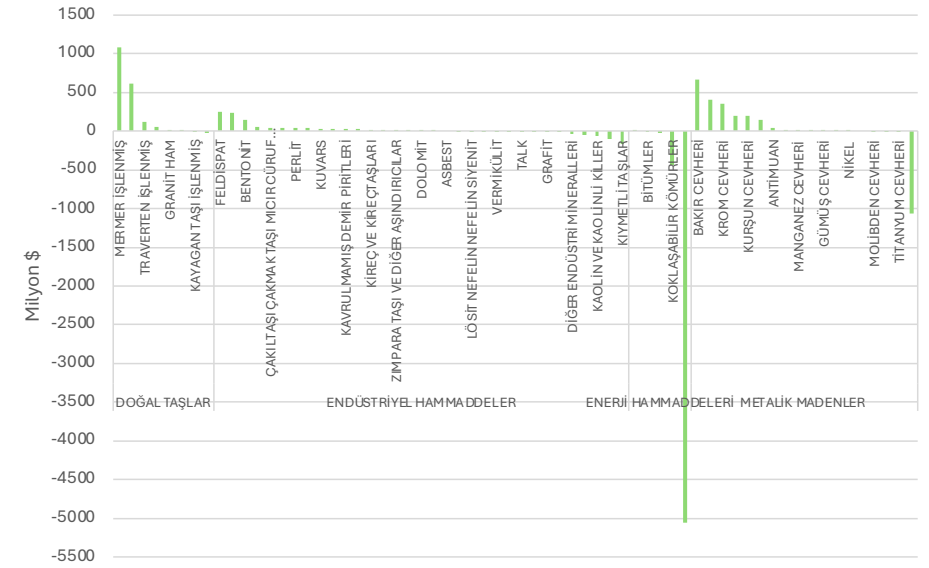
Şekil 4.6.9. Maden gruplarına göre (Altın Hariç) yıllık dış ticaret dengesi



Kaynak: TÜİK

Bu maden gruplarının alt kırılımı 2024 yılı için daha detaylı incelendiği zaman doğal taşlarda işlenmiş mermer ABD ve Suudi Arabistan gibi ülkelere satılırken, ham mermer ise Çin ve Hindistan gibi gelişmekte olan ülkelere satılmaktadır. Endüstriyel ham maddelerde feldspat (çoğunlukla İtalya ve İspanya), tabii boratlar (çoğunlukla Çin ve Hindistan), bentonit; metalik madenlerde ise bakır cevheri (çoğunlukla Çin ve Bulgaristan), çinko cevheri (çoğunlukla Belçika, İran ve İspanya) ve krom cevheri (çoğunlukla Çin ve İsveç) önemli miktarda dış ticaret fazlası vermektedir. Buna karşılık enerji ham maddelerinden taş kömür ve koklaşabilir kömür (çoğunlukla Rusya ve Kolombiya); metalik madenlerden demir cevheri (çoğunlukla Çin ve Romanya) ise çok yüksek miktarlarda dış ticaret açığına sebep olmaktadır (Bkz. Şekil 4.6.10).

Şekil 4.6.10. Ticareti yapılan madenlerin 2024 dış ticaret dengesi



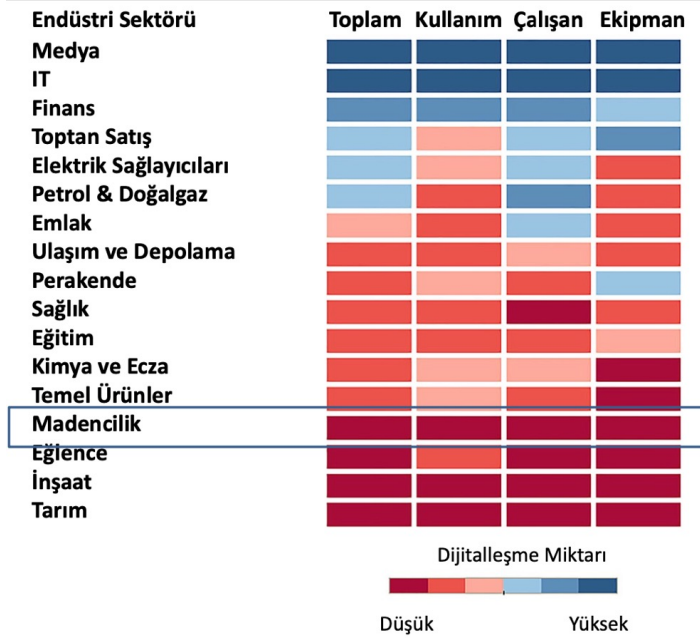
Kaynak: TÜİK

4.6.5. Dijital Dönüşüm ve Teknoloji Kullanımı

Madencilik sektörü, doğası gereği sermaye ve emek yoğun bir yapıya sahip olup, teknolojik yeniliklere adaptasyon konusunda oldukça temkinli ve muhafazakâr davranan sektörlerin başında gelmektedir. Dünya genelinde maden sektörünün değişime karşı en dirençli birkaç sektörden biri olduğu bilinmektedir. Bunun başlıca nedenleri arasında yüksek sermaye gerekliliği, emek yoğunluk, iş güvenliği riskleri ve çevresel etkiler yer almaktadır.

Bu muhafazakâr yapının dijital dönüşüm üzerindeki yansımaları da oldukça belirgindir. 2016 yılında Harvard Business Review'da (HBR) yayımlanan bir çalışmada madencilik sektörü, dijitalleşme konusunda en geri kalmış üç-dört sektörden biri olarak listelenmiştir. (Şekil 4.6.11)

Şekil 4.6.11. Farklı sektörlerin dijitalleşme seviyeleri



Kaynak: TÜİK

Bu seviyenin küresel ölçekte faaliyet gösteren büyük firmalarda nispeten daha iyileştiği söylenebilir. Nitekim bu firmalar, robotik sistemler, ileri proses kontrolü, entegre planlama yazılımları, bulut tabanlı dijital platformlar ve yapay zekâ uygulamaları gibi teknolojileri yaygın biçimde kullanmaktadır. Bu yatırımlar yalnızca rekabet gücünü artırmakla kalmamakta, aynı zamanda iş sağlığı ve güvenliği, çevresel performans ve üretim verimliliği gibi kritik alanlarda da çarpan etkisi yaratmaktadır.

Ancak Türkiye özelinde değerlendirildiğinde, dijitalleşme açısından hâlen önemli bir yol kat edilmesi gerektiği görülmektedir. Türkiye'de madencilik sektöründe dijitalleşme bir yana, analog sensör yapılarından dijital sensörlere geçiş (dijitalleşme) bile tam anlamıyla tamamlanamamış durumdadır. Hatta birçok işletme temel veri tutma ve kullanma konusunda yeterli altyapıya sahip değildir. Özellikle nispeten küçük ölçekli maden işletmelerinin yaygın olduğu Türkiye'de bu dönüşüm süreci daha da yavaş ilerlemektedir.

Küresel firmaların %100'e yakın dijital platform kullanım oranına karşın, Türkiye'deki kurumsal maden firmalarında bu oran yaklaşık %75 civarındadır. Robotik sistemlerde %10, ileri proses kontrolü uygulamalarında ise sadece %5 gibi düşük oranlar, sektörün otomasyona karşı mesafeli yaklaşımını ortaya koymaktadır. Daha da dikkat çekici olan ise Türkiye'deki küçük ve orta ölçekli maden işletmelerinin (KOBİ'lerin) neredeyse hiçbir ileri teknolojiyi aktif olarak kullanmıyor oluşudur. Bu işletmelerde robotik sistemler, entegre planlama yazılımları, kestirimci analizler ya da sanal simülasyonlar gibi teknolojilere dair bir penetrasyon oranı ya sıfır ya da ihmal edilebilir düzeydedir.

Daha erişilebilir teknolojiler olarak değerlendirilebilecek drone (İHA), tablet/mobil cihaz kullanımı ve sosyal medya gibi alanlarda dahi KOBİ'lerin kullanım oranları sınırlı kalmaktadır. Özellikle gerçek zamanlı veri görselleştirme ve analitik uygulamaların düşük kullanımı, karar verme süreçlerinin hâlâ sezgisel ve tecrübeye dayalı yöntemlerle yürütüldüğüne işaret etmektedir.

Bu farklılaşmanın temel nedenleri arasında yatırım maliyetlerinin yüksekliği, teknik bilgi eksikliği, kurumsallaşma düzeyinin düşüklüğü ve stratejik vizyon yoksunluğu gibi unsurlar ön plana çıkmaktadır. Ayrıca dijitalleşme süreçlerinin yalnızca teknoloji yatırımıyla değil, aynı zamanda insan kaynağının dönüşümüyle mümkün olduğu düşünüldüğünde, sektördeki düşük eğitim düzeyi de bu dönüşümün önündeki engellerden biri olarak değerlendirilebilir.

Nitekim madencilik sektöründe yalnızca bilgi teknolojilerinde değil, operasyonel teknolojiler ve modern maden ekipmanları kullanımında dahi ciddi eksiklikler söz konusudur. Özellikle diğer sektörlerden (örneğin inşaat) madencilığe geçiş yapan firmaların, inşaat projelerinde kullandıkları ekipman setlerini sermaye yatırımdan kaçınmak amacıyla maden üretiminde kullanmaya çalışmaları ya da üretimi tamamen taşeronlara devretmeleri, sektörün ilerlemesini yavaşlatmaktadır.

Sektördeki dijital dönüşümde son yıllarda yaşanan en önemli katalizörlerden biri COVID-19 salgını ve buna bağlı olarak gelişen uzaktan çalışma uygulamaları olmuştur. Buna rağmen Türkiye madencilik sektörü, bugün için hem akıllı endüstri olgunluk seviyesi açısından hem de teknolojilerin benimsenmesi ve entegre edilmesi açısından küresel ortalamaların gerisindedir.

Dünya maden sektöründe gelişmekte olan ve gelişmiş ülkeler ile büyük ve küçük ölçekli işletmeler arasında oluşan dijitalleşme makası giderek büyümektedir. Türkiye'de bu makasın daha da belirginleştiği, yalnızca büyük firmaların değil tüm sektörün kapsayıcı politikalarla desteklenmesi gerektiği anlaşılmaktadır. Maalesef maden firmalarının bu teknolojileri iş planlarına dahil etmesi ve hazmetmesi uzun yıllar alacaktır.

Aslında küresel ölçekteki firmaların dahi bu teknolojileri satın alması ve etkili bir biçimde kullanması neredeyse 25-30 yılı bulmuştur. Teknolojilerin ucuzlaması, cevher fiyatlarındaki dalgalanmalar ve yeni nesil çalışanlar Türkiye madencilik sektörünün yeni teknolojilere adaptasyonunu hızlandıracak bazı potansiyel faktörlerdir. Ancak bu sürecin başarıyla tamamlanabilmesi için teknolojiye erişimi kolaylaştıran kamu teşvikleri, eğitim programları ve sektörel farkındalık kampanyaları öncelikli stratejiler arasında yer almalıdır. Teknoloji adaptasyonunun yalnızca verimlilik açısından değil, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik, iş sağlığı ve güvenliği gibi alanlarda da kritik faydalar sağlayacağı unutulmamalıdır.

4.6.6. Çevresel ve Sosyal Etkiler

Maden sektörü açısından en dikkat gerektiren noktalardan biri çevre konusudur. Özellikle iklim değişikliği sebebiyle artan kaygılar neticesinde sorumlu madencilik ve sürdürülebilirlik daha fazla önem kazanmaktadır. Karbon emisyonlarının azaltılması noktasında kurumsal firmaların küresel sisteme daha entegre olmaları sebebiyle gündemlerine girmiş olsa da, aynı durum KOBİ'ler için geçerli değildir.

4.6.6.1. Madenciliğin Çevresel Zararları ve Yönetimi

Maden projelerinin çevre üzerindeki olası etkilerinin belirlenmesi ve olası etkilerin minimize edilmesi amacıyla Çevresel Etki Değerlendirmesinin (ÇED) yapılması gerekmektedir. ÇED sürecini T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Bakanlığı yürütür ve bir proje için ÇED gerekliliğine karar verir. ÇED sürecine halkın katılımı günden güne daha fazla önem kazanmaktadır.

Benzer şekilde madencilik faaliyetlerinden kaynaklı mineral atıkların bertaraf edilmesi ve faaliyetlerin takibi bir diğer husustur. Hava, su, atık, toprak, gürültü, titreşim gibi konularda bakanlık ve yerel yönetimler denetimler yapmaktadır. Çevre kanunu ışığında hazırlanmış atık yönetmelikleri çoğunlukla madencilik sonucu oluşan atıkların pası sahalarında veya atık barajlarında depolanmasını, bazı durumlarda ise ocak içinde oluşan boşluklara geri gönderilmesini düzenlemektedir. Bu atıkların depolanması için yine bakanlıklardan izin alınması gerekmektedir.

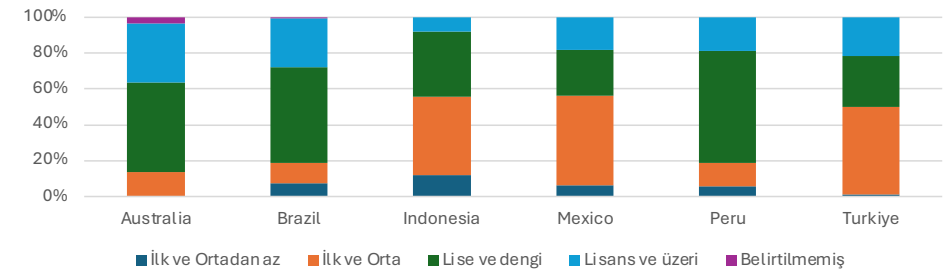
Madencilik faaliyetleri sonrası bozulan alanlar, ilgili yönetmelik çerçevesinde rehabilite edilerek doğaya yeniden kazandırılır. İşletmeler, faaliyet sonrası sahayı uygun hale getirmek ve belirlenen süre içinde rehabilitasyon çalışmalarını tamamlamakla yükümlüdür. Madenciliğin ekonomik ve teknik gerekliliği vurgulanırken, çevreye duyarlı ve sürdürülebilir madencilik anlayışının benimsenmesi gerektiği belirtilmektedir. Ayrıca, madencilığe yönelik olumsuz algının yönetilmesi için şeffaflık, bölgesel hassasiyetlere uyum ve halkın

bilgilendirilmesi önemli görülmektedir. Özellikle ülkemizde yer alan maden işletmeleri yaşadıkları bir iş kazası sonrasında acil durum planlarının olmaması neticesinde halkı ve kamuoyunu bilgilendirememekte ve bu durum vakianın daha fazla tepki toplamasına sebep olmaktadır.

4.6.6.2. Madencilik Eğitim Programları ve İş Gücü İhtiyaç Analizi

ILO 2023 rakamlarına göre Türkiye maden sektöründe çalışanların yaklaşık 49%'u orta okul mezunu veya altı eğitim seviyesine sahiptir. (Şekil 4.6.12.) Bu durum diğer bazı madencilik ülkelerine göre benzer oranlarda olsa da; İSG, ESG ve verimlilik konularında başarılı bir sektör için eğitim seviyesi yüksek çalışanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Yine sektörde çalışan kadın oranı son yıllarda artmasına rağmen halen 10%'dan düşüktür.

Şekil 4.6.12. Farklı ülkelerde maden sektörü çalışanlarının eğitim durumu (ILO)



Benzer şekilde ülkemizde hali hazırda aktif ve sürekli öğrenci alan az sayıda Maden Mühendisliği veya Jeoloji/Jeofizik Mühendisliği programı kalmıştır. Bu rakam 2000'li yılların başında 25 civarlarından bu sayılara düşmüştür. Sektörün büyüme hızı ve nitelikli mühendis ihtiyacı için aslında bu az sayıda bölüm yaklaşık 300 öğrenci alımıyla sektöre ihtiyacını karşılayabilecek bir sayıdır. Ancak gelen öğrencilerin motivasyonunun ve kalitesinin yükselmesi gerektiği de bir gerçektir. Bunun için İMMİB'in geçtiğimiz yıla kadar vermiş olduğu 'Cevherimiz Sensin' gibi bursların öğrenci kalitesini arttırdığı bir gerçektir. Bu tür programların devam etmesi üniversitelere gidecek öğrencilerin kalitesinin artması için iyi bir yöntem olarak sürdürülmelidir. Benzer şekilde mesleki gelişim amacıyla odaların sertifika programları ve Maden Mühendisleri Mesleki Gelişim Derneği (MMMGD) gibi sivil toplum kuruluşların etkin faaliyetlerinin başlaması doğru adımlardır.

4.6.7. Sonuç ve Genel Değerlendirme

2025-2027 Orta Vadeli Program'da (OVP) yer alan ifadeler, Türkiye'nin madencilik sektörüne verdiği önemin altını çizmektedir. Programda yer alan "Türkiye Varlık Fonu'nun (TVF) maden yatırımları ile ülkemizin ithal bağımlılığının azaltılmasına ve dış ticaret dengesi ile cari işlemler açığını iyileştirilmesine katkı sağlayacaktır" ifadesi, sektörün stratejik konumunu vurgularken; "Maden arama faaliyetleri mevzuatta kamu yararına faaliyet olarak tanımlanacak ve madenlerin arama ve işletilmesinin türlerine, niteliklerine ve sürdürülebilirlik ilkelerine göre detaylı olarak ele alındığı yatırım güvencesini artıracak yeni bir temel düzenleme hazırlanacaktır." cümlesi ise yatırım ortamının iyileştirilmesine yönelik düzenlemelerin sinyalini vermektedir. Bu ifadeler ışığında madencilik sektörünün önümüzdeki yıllarda hem iç hem de dış yatırımcılar için cazip hale gelmesi beklenmektedir.

4.6.7.1. Mevcut Durumun Özeti

Türkiye, stratejik maden rezervleri açısından küresel düzeyde önemli bir potansiyele sahiptir. Madencilik sektörü, Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYH) içindeki payını yıllardır istikrarlı bir şekilde korumakta, dış ticaret dengesinde ise Türkiye'nin geneli dış ticaret dengesine paralel olarak %75 seviyesinde dış ticaret açığı vermektedir. Endüstriyel mineraller ve doğal taş ürünlerinde Türkiye, dünyanın en yüksek ihracat yapan ülkeleri arasında yer almaktadır. Ancak sektörün ileri teknolojilerden ve profesyonel hizmetlerden faydalanma düzeyi oldukça sınırlıdır; yalnızca asgari operasyonel teknolojiler ve bilgi teknolojileri ise minimum seviyede kullanılmaktadır.

Sektördeki düşük verimliliğin nedenlerinden biri, son yıllarda inşaat sektöründen madencilığe yönelen firmaların, alışkanlıklarını bu yeni sektöre taşımaları ve buna bağlı olarak verimlilik sorunlarının ortaya çıkmasıdır. Kömür, dış ticaret açığının başlıca nedenlerinden biri olup, genellikle düşük kalorili linyitle harmanlanarak termik santrallerde kullanılmaktadır. Buna karşın altın ve bakır rezervlerinin genişletilmesi ve üretim kapasitesinin artırılması, diğer metaller için de motive edici bir etki yaratmaktadır. Ayrıca, yurtdışında madencilik faaliyetlerine başlayan Türk firmaların varlığı, sektörün uluslararasılaşma potansiyelini ortaya koymaktadır.

4.6.7.2. Gelişim Alanları

Madencilik sektöründe teknoloji entegrasyonu, sürdürülebilirlik uygulamaları ve sektörel yatırımların artırılması kritik ihtiyaçlardır. Çalışanların eğitim seviyesinin yükseltilmesi ve kadın-erkek istihdamında daha dengeli bir dağılım sağlanması mümkündür. Doğal taş üretimi yüksek olmakla birlikte, üretim sahalarının verimliliği düşüktür; bazı durumlarda kullanılan alanın yalnızca 1/50'si oranında üretim yapılmaktadır.

Sektörde Ar-Ge faaliyetleri küresel rekabetin gerisindedir ve işletmelerde genel olarak yoğun bir çalışma temposuna rağmen verimlilik düşüktür. Zorunlu teknolojik uygulamaların (örneğin personel takip sistemleri) bazı işletmelerde yalnızca yasal yükümlülükleri karşılamak amacıyla alındığı ve etkin şekilde kullanılmadığı bilinmektedir. Halen bazı işletmelerde üretim baskısı, iş sağlığı ve güvenliği (İSG) ile çevresel, sosyal ve yönetim (ESG) ilkelerinin önüne geçebilmektedir.

Denetim süreçlerinin, madencilik tecrübesi olan uzman kişiler tarafından, habersiz ve ciddi bir şekilde yapılması sektördeki uygulamaların iyileştirilmesine katkı sağlayacaktır. Öte yandan tüvenan ve ara ürün ihracatı, kaynakların düşük katma değerle tüketilmesine neden olmakta; kayıt dışılık ve şeffaflık eksikliği sektörün güvenilirliğini zedelemektedir. Temiz kömür teknolojilerindeki gelişmelerin yerli projelere aktarılması mümkündür. Ancak hâlen izin ve ruhsatlandırma süreçlerinde standart bir uygulama eksikliği bulunmakta, işlemler oldukça uzun zaman alabilmektedir.

4.6.7.3. Önerilen Stratejik Adımlar

- 1. Yeşil ve Otonom Madencilik:** Madencilik sektörü sürdürülebilirlik ve dijitalleşme yönünde dönüşüm geçirmektedir. Türkiye'nin rekabet avantajını artırabilmesi için yeşil madencilik uygulamaları ve otonom madencilik teknolojilerine yönelik yatırımlar artırılmalıdır.
- 2. Nitelikli İnsan Kaynağı:** Çalışanların mesleki niteliğinin artırılması, sektörün verimliliği ve başarısı üzerinde çarpan etkisi yaratacaktır.
- 3. Arama ve Rezerv Geliştirme:** Arama bütçelerinin artırılması ve özellikle metalik madenler ile yüksek kaliteli kömür rezervlerinin bulunması sektörün uzun vadeli büyümesi açısından elzemdir.
- 4. Katma Değerli İhracat:** Ham cevher veya doğal taş yerine, işlenmiş ürünlerin ihracatına yönelmesi sektörün kârlılığını ve küresel rekabet gücünü artıracaktır.
- 5. Toplumsal Algı ve Eğitim:** Madencilik faaliyetlerine dair toplumsal algının olumlu yönde dönüştürülmesi için eğitici ve doğru bilgileri içeren iletişim programları geliştirilmeli, yaygınlaştırılmalıdır. Şu an itibarıyla sektör kendini halk kitlelerine etkili şekilde anlatamamaktadır.
- 6. Yerli Teknoloji Girişimleri:** Maden operasyonel teknolojileri ve bilgi teknolojileri alanlarında yerli girişimcilerin desteklenmesi, bu alandaki dışa bağımlılığın azaltılmasına katkı sağlayacaktır.

Bu stratejik adımların hayata geçirilmesi, madencilik sektörünün hem ekonomik hem çevresel açıdan sürdürülebilir bir yapıya kavuşmasına katkı sağlayacaktır.

Kaynaklar

Energy Institute. (2024). Statistical review of world energy. https://www.energyinst.org/__data/assets/pdf_file/0006/1542714/684_EI_Stat_Review_V16_DIGITAL.pdf

ETİ Maden. (t.y.). Bor sektör raporu. <https://www.etimaden.gov.tr/bor-sektor-raporu>

ETİ Maden. (t.y.). Faaliyet raporu. <https://www.etimaden.gov.tr/faaliyet-raporu>

Gandhi, P., Khanna, S., & Ramaswamy, S. (2016). Which Industries Are the Most Digital (and Why)? Harvard Business Review. Erişim adresi: <https://hbr.org/2016/04/a-chart-that-shows-which-industries-are-the-most-digital-and-why>

International Labour Organization (ILO). (t.y.). ILOSTAT veri tabanı. <https://ilostat.ilo.org/data/>

İhracatçı Maden İhracatçıları Birliği (İMİB). (t.y.). İhracat istatistikleri veri merkezi. <https://imib.org.tr/veri-merkezi/ihracat-istatistikleri/>

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA). (t.y.). Ekonomik göstergeler. <https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/ekonomik-gostergeler>

Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (MAPEG). (t.y.). Maden istatistikleri. <https://www.mapeg.gov.tr/Sayfa/Madenistatistik>

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2020). Türkiye madencilik sektörü gelişim raporu. <https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/TKDB/tr/Belgeler/TMSGR2020.pdf>

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2025). Doğal taşlar bilgi merkezi. <https://enerji.gov.tr/bilgimerkezi-tabikaynaklar-dogaltaslar>

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2025). Kömür bilgi merkezi. <https://enerji.gov.tr/bilgimerkezi-tabikaynaklar-komur>

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2025). Dış ticaret istatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Dis-Ticaret-104>

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2025). İşgücü istatistikleri 2023. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Isgucu-Istatistikleri-2023-53521>

Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu (TKİ). (t.y.). Yayınlar. <https://www.tki.gov.tr/yayinlar>

U.S. Geological Survey. (2025). Mineral Commodity Summaries 2025 (Ver. 1.2, Mar 2025). <https://doi.org/10.3133/mcs2025>

World Mining Data. (2025). World mining data – Data section. https://www.world-mining-data.info/?World_Mining_Data___Data_Section

5. EKONOMİK VE TİCARİ PERSPEKTİFLER

Prof. Dr. Bülent Güloğlu

İTÜ Ekonomi Bölümü

Prof. Dr. Deniz Tunçalp

İTÜ İşletme Mühendisliği Bölümü

5.1. Giriş

Sanayi ve teknoloji sektörleri, çağdaş ekonomilerin kalkınma stratejilerinde merkezi bir rol oynamaktadır. Türkiye açısından değerlendirildiğinde, bu iki sektör yalnızca üretim kapasitesinin artırılması ve istihdam yaratılması bakımından değil; aynı zamanda dış ticaret performansının güçlendirilmesi, küresel değer zincirlerine entegrasyonun sağlanması ve sürdürülebilir büyüme hedeflerine ulaşılması açısından da kritik önemdedir (OECD, 2023; World Bank, 2023). Sanayi sektörünün uzun yıllardır Türkiye ekonomisinin temel direklerinden biri olduğu bilinmekle birlikte, teknoloji sektörünün dijitalleşme ile ivme kazanan yükselişi bu dinamik yapıyı daha da dönüştürmektedir.

Özellikle imalat sanayi, enerji, madencilik ve bilgi-iletişim teknolojileri gibi alt sektörler hem yüksek katma değer üretmekte hem de diğer ekonomik faaliyetlerle güçlü etkileşim kurarak büyümeyi tetikleyici bir rol oynamaktadır (TÜİK, 2024). Bununla birlikte, Türkiye'nin dış ticaret açığındaki yapısal sorunlar ve yüksek teknoloji ürünlerine olan bağımlılık, sanayi ve teknoloji sektörlerinin stratejik yönetişimini daha da önemli hale getirmektedir (UNCTAD, 2021).

Bu bölümde, Türkiye'nin sanayi ve teknoloji sektörlerinin makroekonomik yapı içerisindeki yerini bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirmek amaçlanmaktadır. Öncelikle bu sektörlerin Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH), istihdam ve katma değer üretimi açısından ekonomiye sağladığı katkılar ele alınacaktır. Ardından, ihracat ve ithalat performansları analiz edilerek Türkiye'nin küresel ticaret pozisyonu değerlendirilecektir. Son olarak, yatırım ortamı ve uygulanan teşvik mekanizmalarının sektörel gelişim üzerindeki etkileri tartışılacak; sürdürülebilir bir ekonomik yapı için gerekli politika önerileri sunulacaktır.

Bu kapsamlı değerlendirme, sanayi ve teknoloji sektörlerinin Türkiye ekonomisindeki stratejik konumunu ve potansiyelini veri temelli analizlerle ortaya koymayı hedeflemektedir. Aynı zamanda, yapısal dönüşüm gereksinimlerini, sektörel kırılganlıkları ve fırsat alanlarını irdeleyerek karar alıcılar ve araştırmacılar için yol gösterici bir çerçeve sunmaktadır (Rodrik, 2021).

5.1.1. Yöntem

Bu bölümde sunulan analizler, Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) 2018-2024 dönemine ait sektörel GSYİH, dış ticaret ve istihdam verilerine dayanmaktadır. Ayrıca çeşitli kurumlardan alınan raporlar ve istatistiksel bültenler kullanılmıştır. Veriler cari fiyatlarla değerlendirilmiş, sektörel karşılaştırmalarda reel büyüme oranları dikkate alınmıştır. Analitik yaklaşım olarak tanımlayıcı istatistikler kullanılmış, sanayi ve teknoloji sektörlerinin ekonomik yapı üzerindeki etkileri zaman serisi analiziyle görselleştirilmiştir.

Grafik ve tablo analizlerine ek olarak, dış ticaret dengesi ve yatırım akımlarının sektörel dağılımı üzerinden çıkarımsal değerlendirmeler yapılmıştır. Böylece hem mevcut durum hem de geleceğe dönük eğilimler kapsamlı biçimde yorumlanmıştır.

5.1.2. Kavramsal Çerçeve

Sanayi ve teknoloji sektörlerinin ekonomik sistem içindeki rolünü analiz etmek, yalnızca istatistiksel göstergelere değil; aynı zamanda bu göstergeleri anlamlandıracak teorik bir çerçeveye de ihtiyaç duyar. Bu bağlamda, sanayi ve teknoloji sektörlerinin dönüşümünü açıklamada dört temel kavramsal yaklaşım ön plana çıkmaktadır: Akıllı imalat, dijital dönüşüm, sürdürülebilir üretim ve ekonomik büyüme-kalkınma teorileri.

Sanayinin yapısal dönüşümünü anlamak açısından akıllı imalat kavramı temel bir referans noktasıdır. Almanya merkezli bu yaklaşım, üretim süreçlerinin otomasyon, nesnelerin interneti (IoT), yapay zekâ ve siber-fiziksel sistemlerle yeniden şekillendiği bir döneme işaret eder (Schwab, 2017). Türkiye'de de özellikle imalat sanayi ve bilgi teknolojileri sektörlerinde dijitalleşme eksenli dönüşüm süreci hız kazanmakta; bu süreç "dördüncü sanayi devrimi"nin yerel yansımalarını ortaya koymaktadır (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2018).

Dijital dönüşüm, yalnızca üretim araçlarının değil, aynı zamanda örgütsel yapıların, iş gücü niteliğinin ve değer zincirlerinin de yeniden tanımlanmasını gerektiren çok katmanlı bir dönüşüm sürecidir (Vial, 2019). Teknoloji sektörü bu bağlamda yalnızca destekleyici değil, dönüşümü yönlendiren bir aktör olarak konumlanmaktadır. Sanayi politikalarının da dijital yetkinlikleri artıracak şekilde yeniden yapılandırılması gerekmektedir (OECD, 2019).

Sanayi ve teknoloji sektörlerinde ortaya çıkan dönüşümün yalnızca verimlilik artışıyla sınırlı kalmayıp çevresel ve toplumsal sürdürülebilirlik ilkeleriyle bütünleştirilmesi gerekmektedir. Sürdürülebilir üretim, kaynak verimliliğini artırmayı, karbon ayak izini azaltmayı ve döngüsel ekonomi ilkelerini benimsemeyi hedefler (Bocken et al., 2014). Türkiye'de sanayi üretiminin sürdürülebilirlik ilkeleriyle uyumlu hale gelmesi, hem AB Yeşil Mutabakatı gibi uluslararası düzenlemelere entegrasyon hem de iç pazarın çevresel dayanıklılığı açısından önem arz etmektedir (T.C. Ticaret Bakanlığı, t.y.).

Sanayi ve teknoloji sektörleri, özellikle endüstriyel kalkınma yaklaşımı çerçevesinde, gelişmekte olan ülkelerin yapısal dönüşümünde temel roller üstlenmiştir (Kuznets, 1973). Sanayi, tarım dışı sektörlerle geçişi ve verimlilik artışını beraberinde getirerek kişi başına düşen geliri artırmakta; teknoloji ise yenilikçilik aracılığıyla uzun dönemli büyümenin kaynağı olarak değerlendirilmektedir (Romer, 1990).

Ayrıca yeni endüstriyel kalkınma politikaları (new industrial policy) çerçevesinde, stratejik sektörlerin belirlenerek desteklenmesi, kümelenme stratejileri, teknoloji transferi ve beceri gelişimi gibi unsurlar ön plana çıkmaktadır (Rodrik, 2009). Türkiye açısından bu yaklaşım, hem imalat sanayinin modernizasyonunu hem de teknoloji sektörünün ölçeklenmesini destekleyecek politika önerileri üretmek için önemli bir teorik zemin sunmaktadır.

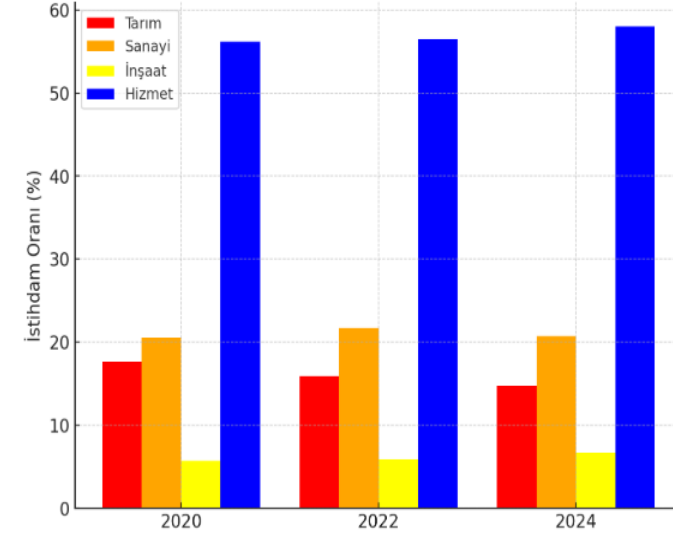
5.2. Sanayi ve Teknoloji Sektörlerinin Ekonomiye Katkısı

Sanayi sektörü, özellikle imalat sanayi, Türkiye'nin ekonomik büyüme dinamiklerinin temel taşlarından biridir. 2022 yılı TÜİK verilerine göre, sanayi sektörünün Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH) içindeki payı %25 seviyesinde gerçekleşmiş, imalat sanayi bu payın en büyük kısmını oluşturmuştur. Otomotiv, tekstil, kimya ve makine üretimi gibi sektörler, hem yüksek katma değer yaratmakta hem de diğer sektörlerle kurdukları güçlü bağlantılar sayesinde ekonominin genel performansını olumlu etkilemektedir.

Son dönemde büyüme ivmesini artıran teknoloji sektörü ise dijital dönüşümün öncüsü konumundadır. 2022 yılında bilgi ve iletişim teknolojileri sektörü %12 oranında büyümüş ve dijitalleşmenin ekonomideki çarpan etkisini göstermiştir. Özellikle yapay zekâ, büyük veri analitiği ve nesnelerin interneti gibi teknolojiler, sanayi üretim süreçlerini verimli hale getirerek maliyetleri düşürmekte ve ekonomik büyümeyi desteklemektedir.

Sanayi ve teknoloji sektörlerinin istihdama katkısı yıllar bazında incelendiğinde, sanayi sektöründe 2020-2024 döneminde bir artış eğilimi gözlemlenmektedir. 2020 yılında sanayi sektöründe 5,5 milyon kişi istihdam edilirken, bu sayı 2022'de 6,7 milyona, 2024'te ise 6,74 milyona yükselmiştir. Buna karşılık, toplam istihdam içindeki payı 2020'de %20,5 seviyesindeyken, 2022'de %21,7'ye yükselmiş, 2024'te ise %20,7'ye gerilemiştir. Teknoloji sektörüne ait istihdam verileri mevcut olmamakla birlikte, sanayi sektöründeki değişimlerin genel istihdam dinamiklerine etkisi değerlendirilebilir (Şekil 5.1).

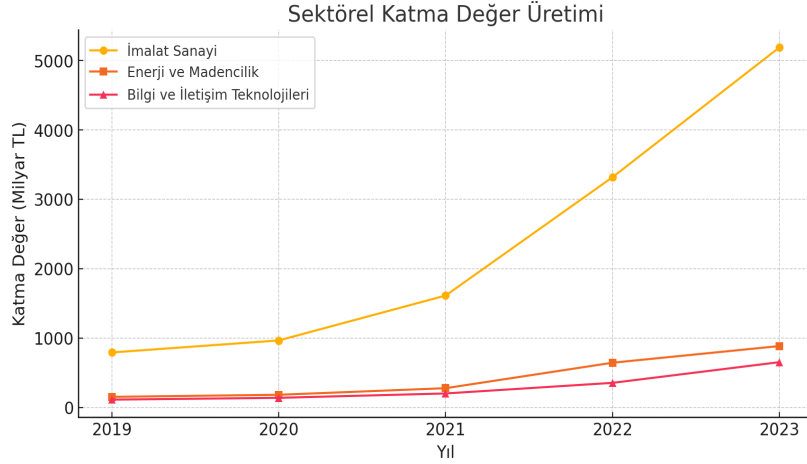
Şekil 5.1 İstihdam Sektörel Dağılımı



Kaynak: TÜİK, Gayri safi yurtiçi hasıla iktisadi faaliyet kollarına (a21) göre cari fiyatlarla değer pay değişim (2018-2024) kullanılarak yazarın kendi hesaplamaları.

2019-2023 arasında imalat sanayi, enerji ve madencilik ile bilgi ve iletişim teknolojileri sektörlerinde yaratılan katma değer (milyar TL cinsinden) yıllara göre değişimi ise artış eğilimindedir. İmalat sanayi, özellikle 2021 yılından itibaren hızlı bir büyüme kaydederek 2023 yılında 5.188 milyar TL'ye ulaşmıştır. Enerji ve madencilik sektörü de belirgin bir artış göstermiş, ancak büyüme imalat sanayine kıyasla daha sınırlı kalmıştır. Bilgi ve iletişim teknolojileri sektörü ise nispeten daha düşük bir başlangıç seviyesine sahip olmasına rağmen, istikrarlı bir büyüme sergilemiştir. Veriler sanayi üretiminin Türkiye ekonomisi içerisindeki belirleyici rolünü ve sektörel büyüme dinamiklerini yansıtmaktadır (Şekil 5.2).

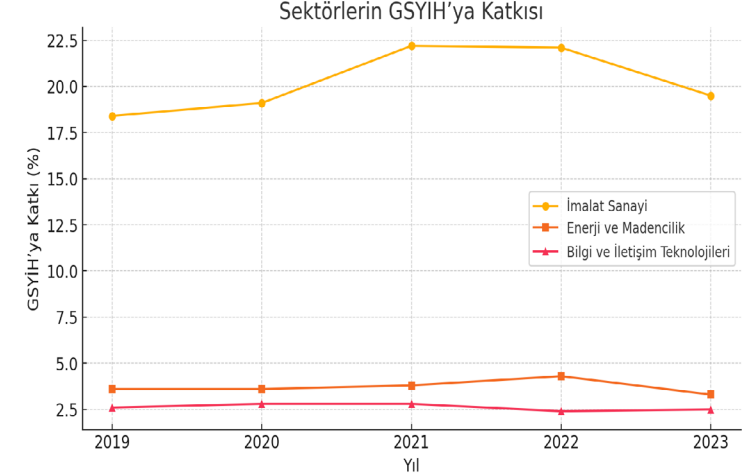
Şekil 5.2 Sektörel Katma Değer Üretimi



Kaynak: TÜİK, Gayri safi yurtiçi hasıla iktisadi faaliyet kollarına (a21) göre cari fiyatlarla değer pay değişim (2018-2024) kullanılarak yazarın kendi hesaplamaları.

İmalat sanayi, enerji ve madencilik ile bilgi ve iletişim teknolojileri sektörlerinin Gayrisafi Yurt İçi Hasıla (GSYİH) içindeki paylarına baktığımızda 2019-2023 yılları arasında en büyük katkı imalat sektöründen gelmektedir. İmalat sanayinin GSYİH'ye katkısı 2021 yılında %22,2 seviyesine yükselmiş, ancak 2023 yılı itibarıyla %19,5'e gerilemiştir. Enerji ve madencilik sektörünün katkısı 2022 yılında %4,3 ile zirve yapmış, ancak 2023 yılında %3,3 seviyesine düşmüştür. Bilgi ve iletişim teknolojileri sektörünün GSYİH içindeki payı ise yıllar içinde nispeten sabit kalmış olup, 2023 yılı itibarıyla %2,5 olarak kaydedilmiştir. Bu veriler, imalat sanayinin ekonomik büyümedeki öncü rolünü koruduğunu, ancak sektörel katkıların zaman içinde değişebildiğini göstermektedir (Şekil 5.3).

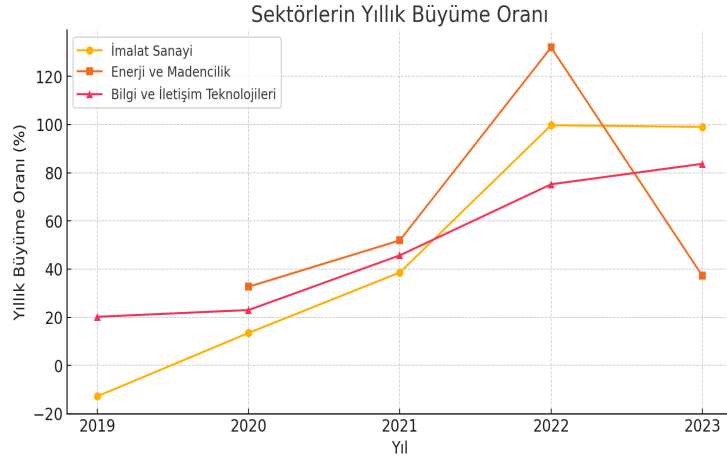
Şekil 5.3 Sektörlerin GSYİH'ye Katkısı



Kaynak: TÜİK, Gayri safi yurtiçi hasıla iktisadi faaliyet kollarına (a21) göre cari fiyatlarla değer pay değişim (2018-2024) kullanılarak yazarın kendi hesaplamaları.

İmalat sanayi 2021-2023 yılları arasında oldukça yüksek oranlarda büyümüştür (Bkz. Şekil 5.4). Özellikle 2022 yılında %99,7 büyüme oranı ile sektör dikkat çekici bir artış yaşamıştır. Enerji ve madencilik sektörü de 2022 yılında %132'lik bir büyüme ile en yüksek seviyeye ulaşmış, ancak 2023 yılında büyüme hızı %37,2'ye düşmüştür. Bilgi ve iletişim teknolojileri sektörü ise yıllık büyüme oranı açısından istikrarlı bir artış göstermiş ve 2023 yılında %83,7 seviyesine ulaşmıştır. Bu eğilimler, farklı sektörlerin ekonomik koşullara ve yatırımlara bağlı olarak farklı hızlarda büyüdüğünü göstermektedir.

Şekil 5.4 Sektörlerin Yıllık Büyüme Oranı



Kaynak: TÜİK, Gayri safi yurtiçi hasıla iktisadi faaliyet kollarına (a21) göre cari fiyatlarla değer pay değişim (2018-2024) kullanılarak yazarın kendi hesaplamaları.

Sanayi ve teknoloji sektörleri ayrıca diğer sektörlerle olan etkileşimleri sayesinde ekonomik ekosistemin temel taşları konumundadır. Teknolojiye yapılan yatırımlar, OECD verilerine göre ekonomiye çarpan etkisi yaratarak yatırımların geri dönüşünü artırmaktadır. Örneğin, teknoloji sektörüne yapılan 1 birimlik yatırım, genel ekonomiye yaklaşık 3 birimlik bir katkı sağlayabilmektedir. Bu da teknoloji yatırımlarının çarpan etkisi yaratarak sanayi sektörünü desteklediğini ve ekonomik kalkınmaya doğrudan katkı sunduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle küçük ve orta büyüklükteki işletmelerin (KOBİ) teknoloji entegrasyonu, ekonomik büyümeyi artırmak için stratejik önem taşımaktadır.

5.3. İhracat ve İthalat Analizi

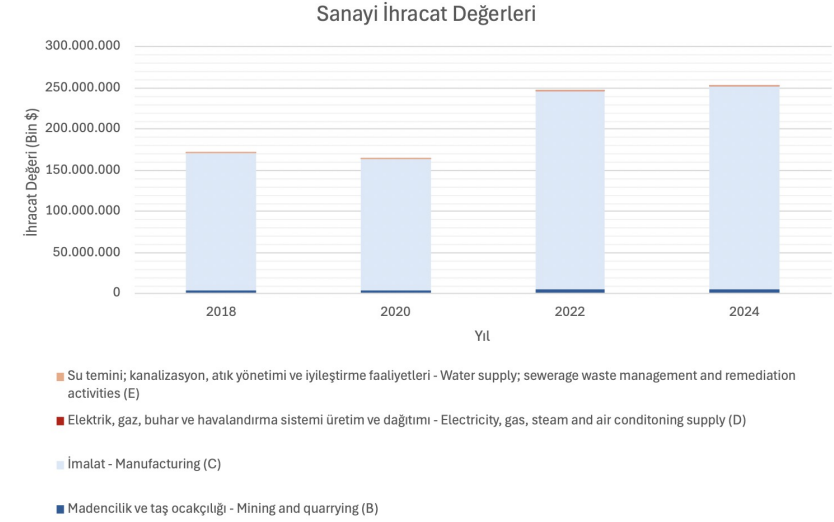
Sanayi ve teknoloji sektörleri, Türkiye'nin dış ticaret performansının belirleyici unsurları olarak ekonominin küresel entegrasyonunu sağlamaktadır. Türkiye'nin toplam ihracatının yaklaşık %75'ini oluşturan sanayi ürünleri, ülkenin uluslararası ticaretteki rekabet gücünün temel kaynağıdır. İthalatta ise enerji ve yüksek teknoloji içeren ara mallarının ağırlığı dikkat çekmektedir.

5.3.1. İhracat Performansı

2018-2024 yılları arasında Türkiye'nin sanayi ihracatında genel bir artış eğilimi gözlenmiştir. 2018 yılında 171,2 milyar ABD doları olan sanayi ihracatı, 2020 yılında küresel ekonomik koşullar nedeniyle 163,5 milyar dolara düşmüş, ardından hızlı bir toparlanmayla

2022 yılında 246,1 milyar ABD doları seviyesine ulaşmıştır. 2024 yılı itibarıyla ise ihracat performansı 252,1 milyar ABD doları seviyesine yükselerek istikrarlı bir gelişim göstermiştir (Şekil 5.5).

Şekil 5.5 Türkiye'nin Sanayi İhracatı

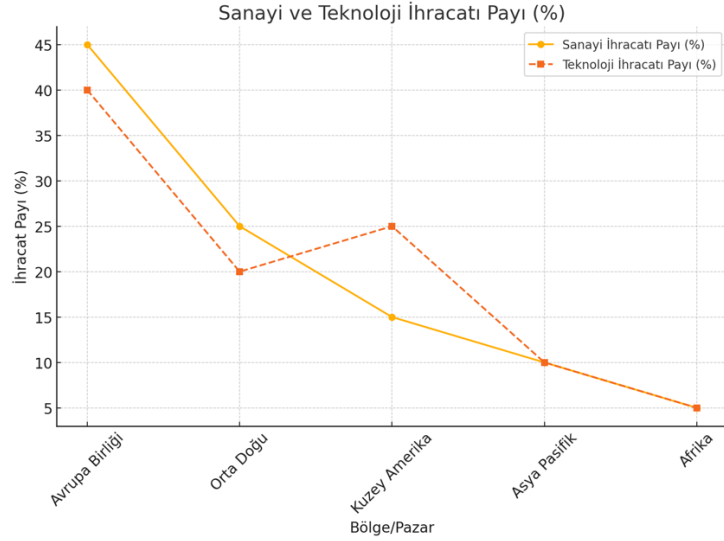


Kaynak: TÜİK, Ekonomik Faaliyetlere (ISIC, Rev. 4) Göre İhracat (2018-2024).

Sanayi ihracatında imalat sektörü temel itici güç olarak öne çıkmaktadır. Özellikle otomotiv, tekstil, makine ve elektronik gibi alt sektörlerin güçlü ihracat performansı dikkat çekicidir. Bu sektörler arasında otomotiv sektörü, 2022 yılında gerçekleştirdiği 31 milyar dolarlık ihracat hacmiyle sanayi ihracatının lokomotifi konumundadır. Buna ek olarak, savunma sanayi ürünleri, özellikle İHA'lar ve yazılım tabanlı sistemler, son yıllarda ihracatı hızla artan önemli teknoloji kalemleri olarak dikkat çekmektedir.

Sanayi ürünleri, Türkiye'nin toplam ihracatının yaklaşık %75'ini oluştururken, teknoloji yoğun ürünlerin ihracattaki payı da giderek artmaktadır. Başlıca ihracat pazarları açısından değerlendirildiğinde, Avrupa Birliği ülkeleri sanayi ihracatının yaklaşık %45'ini, teknoloji ihracatının ise %40'ını alarak Türkiye'nin en büyük pazarıdır. Orta Doğu bölgesi sanayi ihracatında %25, teknoloji ihracatında ise %20'lik payla ikinci önemli pazar olarak konumlanmaktadır. Kuzey Amerika pazarı ise toplam sanayi ihracatında %15 gibi görece düşük bir paya sahip olmasına rağmen, teknoloji ihracatında %25'lik oranla Orta Doğu'nun önüne geçmektedir (Şekil 5.6).

Şekil 5.6 Türkiye'nin Başlıca İhracat Pazarları



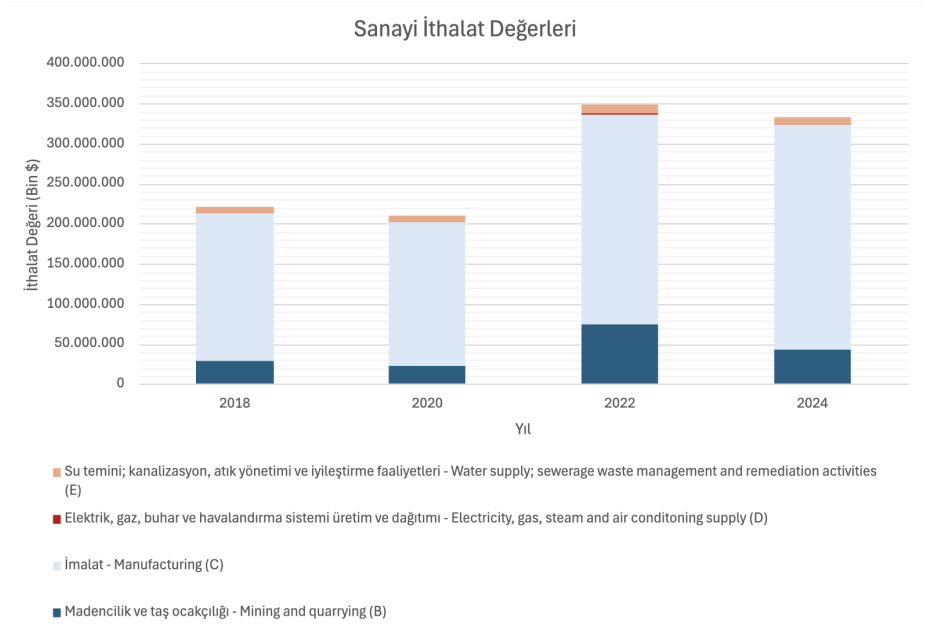
Kaynak: Türkiye İhracatçıları Meclisi, İhracat Rakamları (2024).

Asya Pasifik ve Afrika pazarları ise sanayi ve teknoloji ihracatında sırasıyla %10 ve %5 oranlarında paylarla görece daha düşük düzeyde kalmaktadır. Bu durum, Türkiye'nin dış ticarete Avrupa Birliği pazarına olan güçlü bağımlılığını gösterirken, Kuzey Amerika pazarının özellikle teknoloji ihracatında taşıdığı stratejik önemi vurgulamaktadır. Ayrıca Afrika ve Asya Pasifik gibi bölgelerin henüz yeterince değerlendirilemediği ve bu pazarlarda mevcut ihracat potansiyelinin artırılmasının mümkün olduğu görülmektedir.

5.3.2. İthalat Performansı ve Bağımlılık Analizi

Türkiye'nin sanayi ithalatı, enerji ürünleri ile yüksek teknoloji içeren ara malları ve sermaye mallarına bağımlı bir yapı sergilemektedir. 2018-2024 yılları arasında toplam sanayi ithalatında dalgalı ancak yükseliş eğilimli bir seyir gözlemlenmiştir. 2018 yılında toplam sanayi ithalatı 221,4 milyar ABD doları iken, küresel ekonomik belirsizliklerin etkisiyle 2020 yılında 209,5 milyar ABD dolarına gerilemiştir. Pandemi sonrası dönemde talepteki hızlı artış ve tedarik zinciri aksaklıklarının etkisiyle 2022 yılında ithalat 348,7 milyar ABD dolarıyla zirveye ulaşmış, ardından 2024 yılında hafif gerileyerek 332,8 milyar ABD dolarına düşmüştür (Şekil 5.7).

Şekil 5.7 Türkiye'nin Sanayi İthalatı



Kaynak: TÜİK, Ekonomik Faaliyetlere (ISIC, Rev. 4) Göre İthalat (2018-2024).

5.3.3. İthalatın Sektörel Dağılımı ve Dinamikleri

Sanayi ithalatının ana bileşenini imalat sanayi oluşturmaktadır. İmalat sektörü, 2018 yılında 184,5 milyar ABD doları olan ithalatını 2022 yılında 261,1 milyar ABD dolarına çıkarmış, 2024 yılında ise 280,1 milyar ABD dolarıyla toplam sanayi ithalatının büyük çoğunluğunu oluşturmuştur. Bu sektör içinde öne çıkan ürün grupları makine ve ekipmanlar, kimyasal maddeler ve elektronik bileşenlerdir.

Madencilik ve taş ocaklığı sektörü ithalatı ise dalgalı bir seyir izlemiştir. 2018 yılında 29 milyar ABD doları olan ithalat, 2020 yılında 22,3 milyar ABD dolarına düşmüş, ancak enerji fiyatlarının yükselmesi ve küresel arz sorunları nedeniyle 2022'de 75,3 milyar ABD dolarına kadar yükselmiştir. 2024 yılında ise bu sektörde ithalat 42,7 milyar ABD dolarıyla yeniden dengeye yaklaşmıştır.

Elektrik, gaz ve buhar sektörünün ithalatında da dönemsel dalgalanmalar belirgindir. Özellikle 2022 yılında gerçekleşen 476,5 milyon ABD doları düzeyindeki ithalat, enerji krizlerinin etkisiyle zirve yapmış; 2024 yılında ise 166,4 milyon ABD dolarına gerilemiştir. Su temini, kanalizasyon ve atık yönetimi gibi sektörler ise sınırlı fakat istikrarlı bir ithalat eğilimi sergileyerek 2024 yılında 9,8 milyar ABD doları seviyesinde gerçekleşmiştir.

5.3.4. Teknoloji ve Dışa Bağımlılık Analizi

Türkiye'nin ithalat yapısında dikkat çeken bir diğer nokta, yüksek teknoloji içeren ürünlere yönelik bağımlılıktır. Özellikle ileri teknoloji gerektiren makine ve ekipmanlar, toplam ithalat içerisinde en büyük paya sahiptir. 2024 yılında 72,9 milyar dolarlık hacimle makine ve ekipman ithalatı, toplam ithalatın %21,2'sini oluşturmuştur. Bu durum, Türkiye'nin sanayi üretimi için ileri teknolojiye ve modern makine parkına duyduğu güçlü ihtiyacın sonucudur.

Kimyasal maddeler, Türkiye'nin ithalatında ikinci önemli kalemi oluşturmaktadır. 2024 yılında toplam ithalat içindeki payı %14,8 olup, ithalat hacmi 50,8 milyar dolardır. İlaç, plastik, gübre gibi kritik üretim girdileri, sanayinin üretim süreçlerindeki sürekliliği açısından önem taşıdığından, bu ürün grubundaki dışa bağımlılık kritik düzeydedir.

Elektronik ve bileşenlerin ithalatı da teknolojik dönüşüm nedeniyle hızla artmakta olup 2024 itibarıyla toplam ithalatın %10,2'sini (35,1 milyar dolar) oluşturmaktadır. Özellikle iletişim, otomotiv ve savunma sanayii gibi ileri teknoloji kullanan sektörlerde elektronik bileşenlere olan ihtiyaç, ithalat bağımlılığının devam edeceğini göstermektedir.

Bu veriler ışığında, Türkiye'nin ithalat yapısının teknoloji yoğun ürünlere yönelik belirgin bir bağımlılık içerdiği ve yerli üretim kapasitesinin güçlendirilmesi gerektiği açıkça görülmektedir. Makine, kimya ve elektronik alanlarında yapılacak yerli yatırımlar, Türkiye'nin dışa bağımlılığını azaltarak daha sürdürülebilir ve rekabetçi bir ekonomik yapı oluşmasına destek olacaktır.

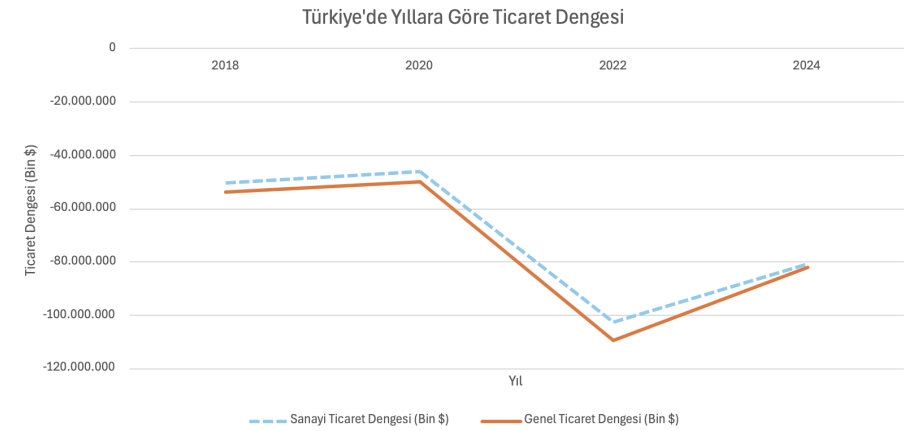
5.3.5. Ticaret Dengesi ve Politika Önerileri

Sanayi ve teknoloji sektörlerinin ihracat ve ithalat performansı birlikte değerlendirildiğinde, Türkiye'nin dış ticaret dengesinde önemli dalgalanmalar yaşandığı görülmektedir. 2018-2024 döneminde sanayi sektörü kaynaklı ticaret açığı dikkat çekici seviyelere ulaşmıştır. 2018 yılında -54 milyar ABD doları olan genel ticaret açığı, 2020 yılında küresel ekonomik belirsizliklere rağmen nispeten stabil kalmış ve -49,9 milyar ABD doları olarak gerçekleşmiştir. Ancak, pandemi sonrası küresel tedarik zincirlerindeki bozulma, enerji fiyatlarındaki artış ve Türkiye'nin yüksek teknoloji ürünlerine olan bağımlılığının etkisiyle

2022 yılında sanayi ticaret açığı -102,6 milyar ABD doları ile zirveye ulaşmıştır. Bu durum genel dış ticaret açığını da -109,5 milyar ABD doları seviyesine çıkarmıştır.

2024 yılına gelindiğinde ise, ihracat performansının güçlenmesi ve ithalattaki kontrollü seyir sayesinde sanayi ticaret açığı -80,7 milyar ABD doları seviyesine gerilemiş, bu durum genel ticaret açığını da -82,2 milyar ABD doları seviyesine düşürmüştür (Şekil 5.7).

Şekil 5.8 İhracat ve İthalat Performansı: Ticaret Dengesi



Kaynak: TÜİK, Yıllara Göre Dış Ticaret (2018-2024), Faaliyetlere (ISIC, Rev. 4) Göre İhracat (2018-2024), Ekonomik Faaliyetlere (ISIC, Rev. 4) Göre İthalat (2018-2024).

Sanayi ticaret açığının genel ticaret dengesi üzerindeki belirleyici etkisi, ithalat bağımlılığının Türkiye ekonomisi için temel risk faktörü olduğunu göstermektedir. İthalatın ihracata kıyasla daha hızlı arttığı dönemlerde dış ticaret açığının dramatik şekilde yükseldiği görülmüştür. Bu durum, yüksek teknoloji içeren ara ve sermaye malları üretiminde yerli kapasitenin yetersizliği ve enerji maliyetlerinin ithalata olan yüksek bağımlılığını vurgulamaktadır.

Dış ticaret açığının sürdürülebilir şekilde azaltılması için şu politika önerileri öne çıkmaktadır:

- **Katma değeri yüksek ürünlerin üretimine odaklanılması:** Yüksek teknolojiye dayalı üretim süreçlerinin teşvik edilmesi ve sanayi sektörünün ihracatında katma değer oranının artırılması gerekmektedir.

- **Yüksek teknoloji ürünlerinde ithalat bağımlılığının azaltılması:** Yerli teknoloji yatırımlarının artırılması ve stratejik sektörlerdeki üretim kapasitesinin güçlendirilmesi ithalat bağımlılığını düşürecektir.
- **Sürdürülebilir üretim ve dijital dönüşümün teşvik edilmesi:** Sanayi sektörlerinde dijital dönüşüm projelerinin yaygınlaştırılması ve sürdürülebilir üretim politikalarının benimsenmesi, rekabetçiliği artırarak dış ticaret açığını azaltacaktır.
- **Yeni ihracat pazarlarının geliştirilmesi:** Özellikle Afrika, Asya Pasifik ve Kuzey Amerika gibi potansiyeli yüksek yeni pazarlarda ihracat kapasitesinin artırılması gerekmektedir.

Türkiye'nin sanayi ve teknoloji sektörleri, dış ticaret performansının ana belirleyicisi konumundadır. Bu sektörlerdeki ihracatın güçlendirilmesi ve ithalat bağımlılığının azaltılması, dış ticaret dengesini sürdürülebilir biçimde iyileştirecek, Türkiye'nin uluslararası ekonomik rekabet gücünü artırarak uzun vadeli kalkınma hedeflerine ulaşmasına destek olacaktır.

5.4. Yatırım İklimi ve Teşvikler

Türkiye, sanayi ve teknoloji alanlarında yatırım çekme hedefleri doğrultusunda önemli avantajlara sahiptir. Ülkenin Avrupa, Orta Doğu ve Asya gibi stratejik pazarlara yakın konumu, geniş iç pazar potansiyeli ve dinamik, genç nüfusu yatırımcılar açısından çekici bir ortam yaratmaktadır. Bu faktörlerin yanı sıra, devlet tarafından sunulan teşvik mekanizmaları, vergi avantajları ve Ar-Ge destekleri yatırım ortamını güçlendiren temel unsurlar arasında yer almaktadır. Ancak, yatırım ortamının sürdürülebilir şekilde geliştirilmesi için makroekonomik istikrarın korunması ve hukuki altyapının güçlendirilmesi gerekmektedir.

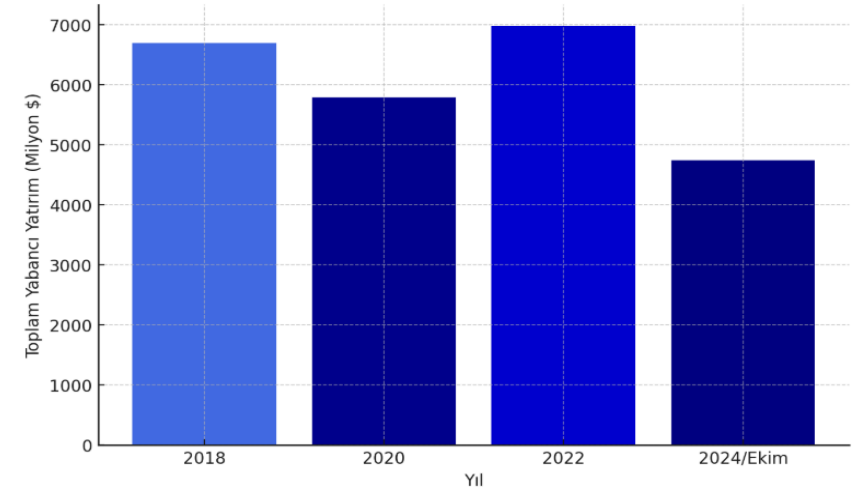
5.4.1. Yatırım Performansı ve Sektörel Dağılım

Türkiye'ye yönelik doğrudan yabancı yatırımlar (FDI) içerisinde sanayi ve teknoloji sektörlerinin payı giderek artmaktadır. 2022 yılı itibarıyla toplam yabancı yatırımların yaklaşık %40'ı bu sektörlerle yapılmıştır. Yabancı yatırımlar, özellikle otomotiv, elektronik, enerji ve savunma sanayi gibi yüksek katma değerli ve teknoloji yoğun sektörlerde yoğunlaşmaktadır.

Yıllık bazda incelendiğinde, Türkiye'ye yapılan yabancı yatırımlar dalgalı bir seyir izlemiştir. 2018 yılında sanayi sektörüne yönelik yabancı yatırımlar 6.699 milyon ABD doları seviyesinde gerçekleşmişken, küresel ekonomik belirsizliklerin etkisiyle 2020 yılında bu rakam 5.791 milyon ABD dolarına gerilemiştir. Pandemi sonrası dönemde toparlanarak 2022 yılında 6.985 milyon ABD dolarına ulaşan yatırımlar, 2024 yılı Ekim ayı itibarıyla ise 4.748 milyon ABD doları seviyesinde gerçekleşmiştir (Şekil 5.9).

2024 yılına ait sektörel dağılım incelendiğinde, yabancı yatırımların %34,4'ünün imalat sanayine, %3,8'inin ise madencilik sektörüne yöneldiği görülmektedir. Teknoloji sektörüne yönelik yabancı yatırımlara dair net veri bulunmamakla birlikte, bu alandaki yatırımların daha ayrıntılı analiz edilmesi, yatırım ortamını geliştirme politikaları açısından önem taşımaktadır.

Şekil 5.9 Yabancı Yatırım Performansı



Kaynak: T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Uluslararası Doğrudan Yatırım İstatistikleri (2018-2024 Ekim).

5.4.2. Teşvik Mekanizmaları ve Etkileri

Türkiye'nin yatırım ortamını cazip hale getiren en önemli faktörlerden biri de devlet teşvik mekanizmalarıdır. Devlet, stratejik sektörlerdeki yatırımları desteklemek amacıyla vergi indirimleri, düşük faizli krediler, gümrük vergisi muafiyetleri ve sigorta primi destekleri gibi avantajlar sağlamaktadır. Özellikle organize sanayi bölgeleri (OSB) ve teknoparklarda yer alan işletmeler, gelir vergisi muafiyeti ve sosyal güvenlik prim desteklerinden faydalanan önemli maliyet avantajları elde etmektedir.

Teknoloji geliştirme bölgelerinde (teknoparklar) faaliyet gösteren şirketlere uygulanan gelir vergisi muafiyeti ve ihracata yönelik destekler, teknoloji sektörünün hızlı gelişimine katkı sağlamaktadır. Ayrıca TÜBİTAK, KOSGEB ve Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından Ar-Ge faaliyetlerine yönelik doğrudan finansman, hibe ve KDV muafiyeti gibi destekler de önemli rol oynamaktadır.

5.4.3. Sürdürülebilir Yatırım Ortamı İçin Gerekli Koşullar

Türkiye'nin yatırım ortamının uzun vadeli sürdürülebilirliği için belirli koşulların sağlanması gerekmektedir:

- **Makroekonomik İstikrarın Güçlendirilmesi:** Yatırımcı güvenini artırmak için enflasyonun kontrol altına alınması ve para politikasında istikrarın sağlanması kritik öneme sahiptir.
- **Hukuki Altyapının Güçlendirilmesi:** Şeffaf, öngörülebilir ve güvenilir bir hukuk sisteminin oluşturulması yatırımcıların uzun vadeli planlama yapabilmesini kolaylaştıracaktır.
- **Teşviklerin Etkin Uygulanması:** Devlet teşviklerinin etkinliği ve ulaşılabilirliği artırılarak bürokratik süreçlerin sadeleştirilmesi gerekmektedir.
- **Yenilikçi Teknolojilere Yatırımın Teşvik Edilmesi:** Savunma sanayi, yenilenebilir enerji, sağlık teknolojileri gibi stratejik alanlarda yenilikçi yatırımların teşvik edilmesi ülkenin rekabet gücünü artıracaktır.
- **Bölgesel Kalkınmanın Desteklenmesi:** Farklı bölgelere yönelik teşvik politikalarının daha da geliştirilmesi, Türkiye genelinde dengeli ve kapsayıcı büyümeye destek olacaktır.

Türkiye'nin yatırım ortamı, sahip olduğu stratejik avantajlar ve devlet tarafından sunulan desteklerle birlikte büyük bir potansiyele sahiptir. Ancak, yatırım ortamının sürdürülebilir şekilde geliştirilmesi ve yabancı yatırımların artırılması için makroekonomik ve hukuki istikrarın güçlendirilmesi, bürokratik süreçlerin basitleştirilmesi ve teknoloji odaklı yatırımların teşvik edilmesi önem taşımaktadır. Bu alanlarda atılacak adımlar, Türkiye'nin küresel pazarlardaki rekabet gücünü artırarak uzun vadeli ekonomik kalkınmasına katkı sağlayacaktır.

2024 yılı itibarıyla bölgesel yatırım iklimi incelendiğinde, yatırım sayısı ve teşvik tutarlarının bölgesel bazda farklılıklar gösterdiği gözlemlenmektedir. Yatırım dağılımı, bölge bazlı ekonomik dinamikler ve teşvik politikalarının etkisini yansıtmaktadır. I. Bölgede 4.516 yatırım desteklenmiş ve toplam teşvik tutarı 571.185 milyon TL olarak gerçekleşmiştir. Ankara, Antalya, Bursa, Eskişehir, İstanbul, İzmir, Kocaeli, Muğla ve Tekirdağ illerini kapsayan bu bölgede başlıca sektörler yüksek teknoloji, otomotiv ve imalat sanayi olarak öne çıkmaktadır (Şekil 5.10)

Şekil 5.10 Bölgeler Haritası



Kaynak: T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Yatırım teşvik bülteni (Aralık 2024).

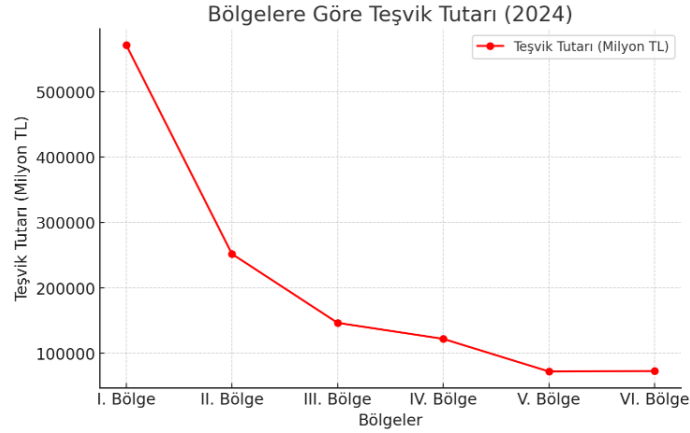
II. Bölgede desteklenen yatırım sayısı 2.220 olup, toplam teşvik tutarı 252.050 milyon TL olarak belirlenmiştir. Aydın, Balıkesir, Bilecik, Bolu, Çanakkale, Denizli, Edirne, Isparta, Karabük, Kayseri, Kırklareli, Konya, Manisa, Sakarya ve Yalova illerini kapsayan bu bölgede tarım, enerji, otomotiv ve sanayi sektörleri öne çıkmaktadır. III. Bölgede desteklenen yatırım sayısı 1.483 olup, teşvik tutarı 146.653 milyon TL'dir. Adana, Burdur, Düzce, Gaziantep, Karaman, Kırıkkale, Kütahya, Mersin, Samsun, Trabzon, Rize, Uşak ve Zonguldak illerini içeren bu bölgede gıda, tekstil, inşaat ve sanayi yatırımları ön plandadır.

IV. Bölgede 1.161 yatırım desteklenmiş ve toplam teşvik tutarı 122.168 milyon TL olarak kaydedilmiştir. Afyonkarahisar, Aksaray, Amasya, Artvin, Bartın, Çorum, Elâzığ, Erzincan, Hatay, Kastamonu, Kırşehir, Malatya, Nevşehir ve Sivas illerini kapsayan bu bölgede madencilik, gıda, makine ve sanayi yatırımları ağırlıktadır. V. Bölgede desteklenen yatırım sayısı 766 olup, teşvik tutarı 72.348 milyon TL'dir. Bayburt, Çankırı, Erzurum, Giresun, Gümüşhane, Kahramanmaraş, Kilis, Niğde, Ordu, Osmaniye, Sinop, Tokat, Tunceli ve Yozgat illerini kapsayan bu bölgede tarım, inşaat, gıda ve sanayi sektörleri öne çıkmaktadır.

VI. Bölgede ise 2.009 yatırım desteklenmiş ve toplam teşvik tutarı 72.994 milyon TL olarak belirlenmiştir. Adıyaman, Ağrı, Ardahan, Batman, Bingöl, Bitlis, Diyarbakır, Hakkâri, Iğdır, Kars, Mardin, Muş, Siirt, Şanlıurfa, Şırnak ve Van illerini kapsayan bu bölgede enerji, tarım, madencilik ve sanayi sektörleri yatırım çekmektedir. Bu veriler, Türkiye'nin farklı bölgelerindeki yatırım eğilimlerini ortaya koymaktadır. I. ve II. Bölgelerde yüksek teknoloji, otomotiv ve sanayi yatırımları öne çıkarken, III. ve IV. Bölgelerde gıda, tekstil ve inşaat yatırımları dikkat çekmektedir. V. ve VI. Bölgelerde ise tarım, madencilik ve sanayi yatırımlarının teşviklerle desteklendiği görülmektedir.

Bölgesel kalkınmanın sürekliliği için, düşük teşvik alan bölgelere yönelik ek destek politikalarının geliştirilmesi önemlidir. Ayrıca, yüksek katma değerli ve teknoloji odaklı yatırımların artması için ek teşvikler uygulanması, uzun vadede bölgesel ekonomik büyümeye katkı sağlayacaktır. Şekil 5.11, bölgesel teşvik tutarlarını göstermektedir.

Şekil 5.11 Bölgelere Göre Teşvik Tutarı



Kaynak: T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Yatırım teşvik bülteni (Aralık 2024).

5.5. Tartışma

Türkiye'nin sanayi ve teknoloji sektörleri, ekonomik büyüme, istihdam ve dış ticaret performansı açısından stratejik öneme sahip olsa da, bu sektörlerin yapısal zayıflıkları ve dışa bağımlılığı ülkenin kalkınma hedefleri önünde ciddi engeller oluşturmaktadır. Bölüm boyunca sunulan istatistiksel analizler, imalat sanayi ve bilgi-iletişim teknolojilerinin büyüme potansiyeline rağmen, yüksek teknoloji ürünlerde yerli üretim kapasitesinin yetersizliğini gözler önüne sermektedir (Hausmann, Hidalgo, Bustos, et al., 2014). Türkiye'nin ihracatında orta-düşük teknoloji ürünlerinin ağırlığı, küresel değer zincirlerindeki konumunun yükseltilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır (Erdil & Yetkiner, 2009).

Özellikle ileri teknoloji ürünlerinde yüksek ithalat bağımlılığı, sanayi politikalarının uzun vadede sürdürülebilirliği açısından önemli bir kırılganlık yaratmaktadır. 2024 verilerine göre makine, kimyasallar ve elektronik bileşenler gibi yüksek katma değerli girdilerde dışa bağımlılığın devam etmesi, Türkiye'nin üretim sisteminde teknoloji tabanlı dönüşümün sınırlı kaldığını göstermektedir (World Bank, 2020). Bu durum, Türkiye'nin "orta gelir tuzağı"ndan çıkışında inovasyon kapasitesinin artırılmasına duyulan ihtiyacı daha da görünür kılmaktadır (Gill & Kharas, 2007).

Sanayi ve teknoloji sektörlerindeki büyümenin bölgesel dağılımı da kalkınma eşitsizliklerinin devam ettiğine işaret etmektedir. Devlet teşvikleriyle desteklenen yatırımların büyük ölçüde Batı Anadolu ve Marmara bölgelerinde yoğunlaştığı; Doğu ve Güneydoğu Anadolu'da ise yatırımların görece sınırlı kaldığı görülmektedir. Bu eşitsizlik, bölgesel kalkınma politikalarının daha hedefli ve kapsayıcı biçimde yeniden yapılandırılmasını gerektirmektedir (Acemoglu & Dell, 2010).

Ayrıca teknoloji yatırımlarının çarpan etkisiyle sanayi sektörlerini dönüştürmesi beklenirken, Türkiye'de bu etki tam anlamıyla sağlanamamaktadır. OECD'nin sanayi stratejilerine ilişkin bulguları, teknolojiye yapılan yatırımların etki yaratabilmesi için kurumsal kapasite, eğitim altyapısı ve yenilik ekosistemlerinin bütüncül şekilde desteklenmesi gerektiğine işaret etmektedir (OECD, 2019). Türkiye'de ise özellikle KOBİ'ler düzeyinde dijital dönüşüm projelerinin yaygınlaştırılması hâlâ sınırlı düzeydedir (Gürsel & Ayata, 2021).

Son olarak, Türkiye'nin yatırım iklimi, potansiyel taşınmasına rağmen istikrarsız makroekonomik koşullar ve öngörülemez regülasyon ortamı nedeniyle kırılgan bir yapı arz etmektedir. Yabancı yatırımcıların karar süreçlerinde şeffaflık, hukuki güvence ve para politikasında öngörülebilirlik gibi faktörlerin belirleyici olduğu bilinmektedir (UNCTAD, 2023). Türkiye'de bu alanlarda yaşanan sorunlar, teknoloji odaklı yatırımların uzun vadeli istikrarını tehdit etmektedir.

Bu bulgular ışığında, sanayi ve teknoloji sektörlerine yönelik kalkınma politikalarının yalnızca teşvik mekanizmaları üzerinden değil; üretim yapısının yüksek teknolojiye evrilmesi, bölgesel dengesizliklerin azaltılması, yenilik ekosistemlerinin desteklenmesi ve kurumsal kapasitenin güçlendirilmesi üzerinden bütüncül bir çerçevede yeniden yapılandırılması gerekmektedir.

5.6. Sonuç: Ekonomik ve Ticari Perspektiflerin Değerlendirmesi

Bu bölümde yapılan analizler, Türkiye'nin sanayi ve teknoloji sektörlerinin ekonomik büyüme, dış ticaret dengesi ve yatırım ortamı açısından stratejik konumunu net biçimde ortaya koymaktadır. Sanayi sektörü, özellikle imalat sanayi aracılığıyla yüksek katma değer üretimi, istihdam kapasitesi ve ihracattaki payıyla kalkınmanın temel taşı olmaya devam etmektedir. Bilgi ve iletişim teknolojileri sektörü ise dijitalleşme ivmesiyle birlikte, üretkenlik artışına ve ekonomik çeşitlenmeye katkı sunan bir dönüşüm alanı haline gelmiştir.

Veriler, imalat sanayi, enerji, madencilik ve bilgi teknolojileri sektörlerinde 2019-2023 döneminde kayda değer büyüme eğilimlerinin yaşandığını göstermektedir. Ancak, bu büyüme sektörel ve dönemsel dalgalanmalardan etkilenmekte; özellikle ileri teknoloji üretimi ve ihracatı konusunda yapısal zorluklar sürmektedir. Türkiye'nin ihracat performansı belirgin biçimde iyileşmiş olsa da ihracatın niteliği ağırlıklı olarak orta-düşük teknoloji ürünlerine dayanmaktadır.

Yatırım ortamı ve teşvik mekanizmaları sayesinde özellikle Marmara ve Ege bölgelerinde güçlü bir yatırım eğilimi oluşurken, Doğu ve Güneydoğu bölgeleri hâlâ sınırlı yatırım çekmektedir. Devletin sunduğu teşvikler – OSB'ler, teknoparklar ve teknoloji geliştirme bölgeleri aracılığıyla – yatırım ortamını destekleyici unsurlar sunmakla birlikte, makro-ekonomik istikrar ve hukuki öngörülebilirlik konularında yaşanan sorunlar, doğrudan yabancı yatırımların sürdürülebilirliğini zorlaştırmaktadır. Bu bölümde yapılan tespitler kısa şöyle özetlenebilir:

- İmalat sanayi, enerji ve bilgi-iletişim teknolojileri sektörlerinde büyüme eğilimi gözlemlenmiştir; ancak bu büyüme dönemsel olarak dalgalanma göstermektedir.
- İstihdam artışı sanayi sektöründe dikkat çekicidir; fakat teknoloji sektörüne dair istihdam verilerinde kurumsal ölçüm eksikliği vardır.
- İhracatta artış kaydedilmiş, ancak ihraç edilen ürünlerin çoğu orta-düşük teknoloji seviyesindedir.
- Yüksek teknoloji içeren makine, kimyasallar ve elektronik ürünlerde dışa bağımlılık yüksektir.
- Teşviklerle desteklenen yatırımlar Batı ve Marmara bölgelerinde yoğunlaşırken, Doğu ve Güneydoğu bölgeleri sınırlı yatırım çekmektedir.
- Yatırım ortamı açısından teşvik mekanizmaları güçlüdür; ancak makroekonomik istikrarsızlık ve hukuki güven sorunları yatırımcıların kararlarını etkilemektedir.
- Akıllı imalat uygulamaları ve dijital dönüşüm potansiyeline rağmen, KOBİ'ler nezdinde bu dönüşüm henüz yaygınlaşmamıştır.

Bu tespitler doğrultusunda, aşağıda yer alan politika önerileri, Türkiye'nin sanayi ve teknoloji sektörlerinin ekonomik kalkınmaya katkısını artırmak ve dışa bağımlılığı azaltmak adına öncelikli müdahale alanlarını ortaya koymaktadır:

Politika Önerileri:

- Yüksek teknolojili üretimin teşviki: Ar-Ge yatırımları ve teknoloji transfer mekanizmaları ile desteklenen ileri teknoloji üretimi yaygınlaştırılmalıdır.
- İthalat bağımlılığını azaltacak stratejik üretim politikaları: Yüksek ithalat kalemlerinde yerli üretim kapasitesinin artırılması, dış ticaret açığını azaltacaktır.
- İhracatın niteliksel dönüşümü: Orta-düşük teknolojiye dayalı ürünlerden bilgi yoğun ürünlere geçiş desteklenmelidir.

- **Bölgesel kalkınmanın dengelenmesi:** Az gelişmiş bölgeler için daha cazip teşvik paketleri geliştirilmeli; yerel girişimcilik desteklenmelidir.
- **Veri altyapısının güçlendirilmesi:** Güncel ve ayrıntılı sektörel verilerin kamuya açık hale getirilmesi sağlanmalıdır.
- **Yatırım ortamının kurumsal temellerinin güçlendirilmesi:** Hukuki güvence, ekonomik istikrar ve bürokratik sadeleştirme önceliklendirilmelidir.
- **Dijital dönüşümün yaygınlaştırılması:** KOBİ'lerin dijitalleşmesi için özel teşvikler ve danışmanlık programları geliştirilmelidir.

Türkiye'nin sanayi ve teknoloji sektörleri yalnızca mevcut büyümenin değil, aynı zamanda uzun vadeli yapısal dönüşümün taşıyıcılarıdır. Bu sektörlerin potansiyeli, hedef odaklı ve bütüncül kalkınma politikalarıyla desteklendiğinde, ülkenin küresel değer zincirleri içindeki konumu güçlenecek ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak mümkün olacaktır.

Kaynaklar

- Bocken, N. M. P., Short, S. W., Rana, P., & Evans, S. (2014). A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes. *Journal of Cleaner Production*, 65, 42–56. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.039>
- Kuznets, S. (1973). Modern economic growth: Findings and reflections. *The American Economic Review*, 63(3), 247–258. <https://www.jstor.org/stable/1914358>
- OECD. (2019). *Going Digital: Shaping Policies, Improving Lives*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264312012-en>
- OECD. (2023). *OECD Economic Surveys: Türkiye 2023*. OECD Publishing. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2023/02/oecd-economic-surveys-turkiye-2023_816ce823/864ab2ba-en.pdf
- Rodrik, D. (2009). Industrial policy: Don't ask why, ask how. *Middle East Development Journal*, 1(1), 1–29. <https://doi.org/10.1142/S1793812009000024>
- Rodrik, D. (2021). *Straight Talk on Trade: Ideas for a Sane World Economy*. Princeton University Press.
- Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, 98(5, Part 2), S71–S102. <https://doi.org/10.1086/261725>
- Schwab, K. (2017). *The Fourth Industrial Revolution*. Penguin.
- T.C. Kalkınma Bakanlığı. (2018). *İmalat Sanayii Politikaları Özel İhtisas Komisyonu Raporu*. Ankara: Kalkınma Bakanlığı. Erişim adresi: <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/08/Imalat-Sanayii-Politikolari-Ozel-Ihtisas-Komisyonu-Raporu.pdf>
- T.C. Ticaret Bakanlığı. (t.y.). *Yeşil Mutabakat Eylem Planı ve Çalışma Grubu*. Erişim adresi: <https://ticaret.gov.tr/dis-iliskiler/yesil-mutabakat/yesil-mutabakat-eylem-planı-ve-calisma-grubu>
- TÜİK. (2024). *Gayri Safi Yurtiçi Hasıla: İktisadi Faaliyet Kollarına Göre Cari Fiyatlarla (2018–2024)*. Türkiye İstatistik Kurumu.
- UNCTAD. (2021). *Technology and Innovation Report 2021: Catching Technological Waves*. United Nations Conference on Trade and Development. https://unctad.org/system/files/official-document/tir2020_en.pdf
- Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118–144. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003>
- World Bank. (2023). *World Development Report 2023: Jobs and Economic Transformation*. The World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstreams/18158725-499e-4600-814c-0d0c956aa2a1/download>

6. SANAYİ VE TEKNOLOJİDE İNSAN KAYNAĞI

Prof. Dr. Deniz Tunçalp

İTÜ İşletme Mühendisliği Bölümü

Doç Dr. Gaye Karaçay

İTÜ Endüstri Mühendisliği Bölümü

6.1. Giriş

Sanayi ve teknoloji sektörlerinde sürdürülebilir büyümeyi sağlamak için nitelikli iş gücüne duyulan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Özellikle dijitalleşme, otomasyon ve akıllı imalat gibi dönüşümler, iş gücü piyasasında köklü değişimlere neden olmakta, çalışanlardan yeni beceriler talep etmektedir (Aydın Kuş, 2024; Brynjolfsson & McAfee, 2014).

Dijitalleşme ve otomasyonun hızla yaygınlaşması, iş gücünün dönüşümünü zorunlu hale getirmiştir. McKinsey (2020) tarafından yapılan bir analiz, Türkiye'deki 21.1 milyon çalışanın mevcut rollerinde kalabilmesi için becerilerini geliştirmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Bu çalışmaya göre en fazla ihtiyaç duyulacak beceriler arasında şunlar öne çıkmaktadır:

- Teknolojik beceriler (yapay zeka, veri analitiği, dijital mühendislik)
- Sosyal beceriler (duygusal zeka, liderlik, işbirliği)
- Yüksek bilişsel beceriler (eleştirel düşünme, problem çözme, proje yönetimi)
- Uyarlanabilirlik ve sürekli öğrenme

Bu bağlamda, Türkiye'nin rekabet gücünü artırmak için stratejik insan kaynağı planlamasına olan ihtiyacı daha da önem kazanmaktadır. TÜBİTAK 2244 Sanayi Doktora Programı gibi girişimler, sektöre yönelik doktora eğitimi sağlayarak sanayide uzman istihdamını teşvik etmekte ve akademik bilgi ile endüstriyel uygulamaları bir araya getirmeyi amaçlamaktadır (TÜBİTAK, 2022).

Sanayi ve teknoloji sektörlerinde yaşanan bu dönüşümün kavramsal çerçevesi, nitelikli iş gücü, insan kaynağı planlaması ve akıllı imalat gibi temel kavramlarla açıklanabilir. Nitelikli iş gücü, teknik becerileri yüksek, dijital yetkinlikleri gelişmiş ve sektör bazlı uzmanlık kazanmış bireylerden oluşmaktadır (Cappelli, 2015). Makine mühendisliği, mekatronik, veri bilimi, yapay zekâ ve siber güvenlik gibi alanlar, günümüz iş dünyasında giderek daha fazla önem kazanmaktadır (World Economic Forum, 2023). Aynı zamanda, otomotiv, savunma sanayi ve biyoteknoloji gibi sektörler, kendi özel gereksinimlerine uygun yetkinliklere sahip çalışanlara ihtiyaç duymaktadır.

Dijital dönüşüm, iş dünyasında iş modellerini ve meslek profillerini köklü biçimde değiştirmektedir. Yapay zekâ ve otomasyon, birçok geleneksel meslek dalında insan emeğini azaltırken, aynı zamanda yeni iş alanları yaratmakta ve çalışanlardan daha ileri teknik beceriler talep etmektedir (Autor, 2015).

Türkiye'nin sanayi ve teknoloji sektörlerindeki mevcut durumu ve karşılaştığı zorluklar değerlendirildiğinde, iş gücü piyasasında ciddi yapısal problemler olduğu görülmektedir. TÜDÖKSAD raporuna göre, Türkiye'de sanayide yüzde 30 ila 40 arasında kalifiye eleman açığı bulunmaktadır ve bu oran bazı sektörlerde daha da yüksek seviyelere ulaşmaktadır (TÜDÖKSAD, 2023). Örneğin, metal işleme, makine imalatı ve enerji sektörlerinde teknik personel eksikliği üretim verimliliğini düşürmekte ve şirketlerin büyüme potansiyelini sınırlandırmaktadır.

Bunun yanı sıra, Türkiye'deki mesleki eğitim ve sanayi sektörü arasındaki uyumsuzluk, nitelikli iş gücü açığının temel nedenlerinden biri olarak gösterilmektedir. İstanbul Sanayi Odası'nın (2023) yaptığı bir araştırma, üniversite mezunlarının yüzde 43'ünün diplomalarının iş dünyasının gereksinimlerini karşılamadığını düşündüğünü ortaya koymaktadır. Bu durum, eğitim sisteminde sanayinin ihtiyaçlarına daha fazla odaklanması gerektiğini göstermektedir (OECD, 2020).

Bir diğer önemli sorun ise yeni nesil iş modellerine uyum eksikliğidir. Geleneksel iş gücü politikaları, hızla değişen sanayi ortamına ayak uydurmakta zorlanmaktadır. Dijital beceriler, modern iş dünyasında büyük bir gereklilik haline gelmişken, mevcut iş gücü politikaları bu dönüşümü destekleyici yeterli mekanizmaları sunamamaktadır (Billett, 2011).

Türkiye'de akıllı imalat ve dijitalleşme alanındaki eksiklikler, sadece sanayide üretim süreçlerini değil, aynı zamanda istihdam dinamiklerini de etkilemektedir. Özellikle otomasyonun hızla yayılması, düşük vasıflı işlerin ortadan kalkmasına neden olurken, yüksek teknik becerilere sahip çalışanlara olan talebi artırmaktadır (Acemoglu & Restrepo, 2019). Ancak, eğitim sisteminin ve istihdam politikalarının bu değişimlere ayak uyduramaması, Türkiye'nin küresel rekabet gücünü tehdit etmektedir.

Sanayi ve teknoloji sektörlerinde nitelikli iş gücü eksikliği, dijitalleşme sürecine uyum sağlama gerekliliği ve insan kaynağı planlamasının önemi, Türkiye'nin sürdürülebilir ekonomik büyümesi açısından kritik konular olarak öne çıkmaktadır. Sanayide yaşanan yapısal dönüşüm, iş gücünün yeni beceriler kazanmasını zorunlu hale getirirken, eğitim sisteminin sanayi ile daha yakın bir iş birliği içinde çalışmasını gerektirmektedir (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000). Bu bağlamda, üniversiteler, sanayi kuruluşları ve devletin ortak hareket ederek yeni nesil iş gücünün yetiştirilmesine yönelik kapsamlı politikalar geliştirmesi önemli bir ihtiyaçtır.

6.1.1 Yöntem

Bu çalışma, Türkiye'de sanayi ve teknoloji sektörlerinde nitelikli iş gücü ihtiyacını çok boyutlu olarak ele almak üzere literatür taramasına dayalı olarak yapılandırılmıştır. Nitel araştırma yaklaşımı kapsamında yürütülen analizde, hem akademik kaynaklar (makaleler, raporlar, politika belgeleri) hem de sektörel kuruluşların yayınladığı güncel istatistiksel veriler kullanılmıştır.

Veri kaynakları arasında çeşitli kurumların yayınladığı sektörel raporlar ile resmi istatistikler yer almaktadır. Ek olarak, belirli örnek uygulamalara odaklanarak nitelikli iş gücüne yönelik çözüm mekanizmaları örneklendirilmiştir. Çalışma boyunca bulgular, betimleyici analiz yöntemi ile ele alınmış; mevcut durumun değerlendirilmesinin ardından, kısa, orta ve uzun vadeli politika önerileri geliştirilmiştir. Kavramsal bütünlük sağlamak adına iş gücü dönüşümü, dijital beceriler, üniversite-sanayi iş birliği ve eğitim reformları ekseninde yapılandırılmıştır.

6.1.2 Kavramsal Çerçeve

Bu çalışma, sanayi ve teknoloji sektörlerinde yaşanan dönüşümün iş gücü üzerindeki etkilerini analiz ederken dört temel kavramsal eksene dayanmaktadır:

1. Nitelikli İş Gücü: Nitelikli iş gücü, yalnızca teknik yeterlilikleri değil aynı zamanda dijital becerileri, problem çözme yetkinliklerini, uyarlanabilirliği ve yaşam boyu öğrenme kapasitesini kapsayan bir yapıdır (Cappelli, 2015). Özellikle Sanayi 4.0 sonrası dönemde, çalışanlardan çok disiplinli bilgiye sahip olmaları ve yeni teknolojilere hızla adapte olabilmeleri beklenmektedir.

2. Dijital Dönüşüm ve İş Gücü Uyumu: Dijitalleşme, yapay zekâ, büyük veri, otomasyon ve akıllı üretim sistemleri, hem iş yapış biçimlerini hem de mesleki yetkinlik profilini dönüştürmektedir (Brynjolfsson & McAfee, 2014). Bu dönüşüm, mevcut iş gücünün becerilerinin güncellenmesini ve yeni nesil çalışanların farklı yetkinliklerle yetiştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

3. Üniversite-Sanayi İş Birliği: Akademik bilgi ile sektörel uygulamalar arasındaki köprünün güçlendirilmesi, nitelikli iş gücünün yetiştirilmesi açısından kritik önemdedir. Bu bağlamda, ortak projeler, staj programları, sanayi danışmanlığı sistemleri ve sanayi doktora programları ön plana çıkmaktadır (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000).

4. Eğitim Politikaları ve Yaşam Boyu Öğrenme: Müfredatların güncellenmesi, mesleki ve teknik eğitimin sanayi ihtiyaçlarına uyarlanması ve sürekli eğitim mekanizmalarının güçlendirilmesi, dönüşen iş gücü ihtiyaçlarına stratejik cevaplar üretebilmek için hayati önem taşır (Billett, 2011). Dijital öğrenme çözümleri, bölgesel beceri merkezleri ve sertifika programları bu çerçevenin uygulama araçları arasında yer almaktadır.

6.2. Sanayi Ve Teknolojinin Değişen İş Gücü Gereksinimleri

Günümüzde neredeyse son safhasını yaşamakta olduğumuz Dördüncü Sanayi Devrimini başlatan süreç makineler ve nesneler arasında gerçek zamanlı ve kesintisiz veri akışına imkân veren ileri seviye sensor teknolojilerinin keşfi ve bu teknolojiler sayesinde siber ve fiziksel ağ sistemlerinin entegrasyonuna dayalı “nesnelerin interneti” dediğimiz birbirleri ile kesintisiz iletişim kurabilen dijital sistemlere dayanan yeni otonom üretim yapılarının yaygın kullanımları olmuştur (Evans, 2011). Paralel olarak robot teknolojisine dayalı otonom sistemler ile yapay zekâya dayalı makine öğreniminde kaydedilen önemli gelişmeler ile pek çok sektörde geleneksel yapılar kökten değişmiş ve bu dönüşümsel teknolojilere dayalı yeni sistem altyapıları ile yeni iş yapış süreçleri tanımlanmıştır.

Değişim kaçınılmaz olsa da, dönüşüm tercihe bağlı kaldığında söz konusu yeni teknolojilere adapte olmakta geciken yapılar ne yazık ki kısa sürede işlevsiz ve geçersiz hale gelmektedir. Geçmiş yüzyıllarda çoğunlukla ölçek ekonomisine dayalı olarak kolaylıkla elde edilebilen ekonomik kazanç, artık günümüzün küresel ekonomik düzeninde ancak katma değer üretebilme ve rekabetçi üstünlük sağlama kapasitesi ile mümkün olabilmektedir. Bu açıdan, sürdürülebilirlik ve küresel rekabetçilik açılarından özellikle sanayi ve teknoloji ağırlıklı sektörlerde yeni teknolojilerin mevcut sistemlere çok daha hızlı entegre edilmesi ve bu dönüşümlere paralel olarak geleneksel iş yapış süreçlerinin çok daha hızlı dönüşüme adapte edilmesi bir zorunluluk olarak ortaya çıkmıştır. Böylelikle, değişen üretim ve iş yapış süreçlerine bağlı olarak özellikle sanayi ve teknoloji ağırlıklı sektörlerde, işgücünden ihtiyaç duyulan bilgi, beceri ve yetkinlikler de değişmiştir.

6.2.1. Dijital Dönüşümün İş Süreçlerine ve İşgücü Yetkinliklerine Etkileri

Tarih boyunca üretim sistemlerinde yaşanan dönüşümsel değişimlerin temelinde yatan verimliliği arttırarak daha yüksek ekonomik kazanç elde etme çabasıdır. Dört farklı sanayi devriminin her birinde, bir önceki dönemin yaygın üretim sistemini farklı kapsam ve seviyelerdeki yeni teknoloji ile entegre ederek dönüştürerek verimlilik ve kazanç artışı elde edilmeye çalışılmıştır. Bu çabaların sonucunda değişen üretim yapıları da paralelinde iş yapış şekillerini, kritik işleri ve bunları yapabilecek işgücünün özelliklerini belirlemiştir.

Üçüncü Sanayi Devrimi ile başlayan ve Dördüncü Sanayi Devrimi ile devam eden süreçte geliştirilen yeni teknolojiler üretim ve hizmet sistemlerinde otomasyona geçişin hızlanarak yaygın hale gelmesini ve böylelikle verimlilik artışı elde edilmesini sağlarken; bu süreçte otomasyona daha kolay ve hızlı geçirilebilen rutin iş faaliyetlerine dayalı işlerdeki insan işgücü talebi azalmış, makinelerin gerçekleştiremediği işlerdeki insan işgücü talebi ise artmıştır.

Dijital dönüşümün işgücü piyasalarındaki etkilerinin ekonomik ve sosyal boyutunu araştıran Acemoğlu ve Autor (2011), Amerikan işgücü piyasasına yönelik yaptıkları araştırmaları ile orta seviye beceri gerektiren işlerin payının azalması, ancak yüksek seviye beceri gerektiren işler ile düşük seviye beceri gerektiren ucuz işgücüne dayalı işlerin paylarının artması sonucunda 'işgücü kutuplaşması'nın yaşandığını ortaya koymuşlardır. Dijital teknolojilere dayalı otonom yapıların giderek yaygınlaşarak 'yeni normal' halini alması, yüksek seviye beceri gerektiren yeni işlerin ortaya çıkmasına ve bu işleri yapabilecek becerilere sahip işgörenlere olan talebin artmasına yol açmaktadır. Artan bu ihtiyaç ise yüksek seviye beceri gerektiren işlerde çalışan işgören ücretlerinin diğer üretilere oranla çok daha fazla yükselmesine neden olmaktadır (Goos ve Manning, 2007). Bu durum, orta seviye beceri gerektiren işlerde çalışmakta olan işgörenlerin yukarı veya aşağı yönlü yeniden konumlandırılmalarına veya istihdam dışı kalmalarına yol açmaktadır.

Dünya Ekonomik Forumu (WEF) tarafından yayımlanan 'İşlerin Geleceği 2025 Raporu' nda 2030 yılına kadar otomasyon ve yapay zekâ temelli teknolojik gelişmelerin iş süreçlerini köklü şekilde değiştireceği ve iklim politikaları ile ekonomik belirsizliğin ise iş talebini şekillendireceği belirtilmekte, bu etkilere bağlı olarak dünya genelinde mevcut işlerin %22'sinin yapısal değişikliklerden geçeceği, mevcut 92 milyon işin geçerliliğini yitireceği ve yeni oluşacak 170 milyon iş ile küresel bazda 78 milyon iş fırsatının ortaya çıkabileceği öngörülmektedir. Raporunda, veri analitiği, yenilenebilir enerji teknolojileri ve dijital dönüşüm alanlarındaki işlere olan talebin artacağı ve alanlarda yeni mesleklerin ortaya çıkacağı ifade edilmektedir. En çok talep artışı yaşayacak meslekler arasında büyük veri uzmanları, fintech mühendisleri, yapay zeka ve makine öğrenimi uzmanları sayılmaktadır.

İşlerin Geleceği 2025 Raporunda mevcut işgören becerilerinin yaklaşık % 39'unun 2030 yılına kadar geçerliliğini kaybedeceği ve bu duruma bağlı olarak mevcut iş gücü ile gelecekte ihtiyaç duyulacak işgören becerileri arasında önemli bir açığın oluşacağı vurgulanmaktadır. Bundan dolayı, işverenlerin %63'ü için önümüzdeki dönemde yaşanacak en büyük zorluk gerekli beceriye sahip işgören açığı olarak ifade edilmektedir. Raporunda 2025-2030 yılları arasında en çok talep görececek beceriler: 1) Yapay zeka ve büyük veri okuryazarlığı, 2) Ağlar ve siber güvenlik, 3) Teknolojik okuryazarlık, 4) Yaratıcı düşünme, 5) Dayanıklılık, esneklik ve çeviklik, 6) Merak ve yaşam boyu öğrenme, 7) Liderlik ve sosyal Etki, 8) Yetenek yönetimi, 9) Analitik düşünme ve 10) Çevresel sorumluluk olarak sıralanmaktadır. Söz konusu beceri sıralaması, önümüzdeki dönemde yapay zeka, büyük veri ve siber güvenlikteki teknoloji becerilerinin yanı sıra yaratıcılık, dayanıklılık, esneklik ve liderlik gibi insani becerilerin de önemli olacağını göstermekte, dolayısıyla hem teknoloji hem de sosyal beceri türünü barındıran ortak bir beceri setinin çoğu iş için gerekli hale geleceğini öngörülmektedir.

Rapor ayrıca, yapay zekânın sunduğu verimlilik artışlarını değerlendirmek isteyen çoğu işverenin iş faaliyetlerini yapılandırmayı hedeflediklerini, buna bağlı olarak çalışanlarının 'yeni beceriler edinmeleri' (reskilling) veya 'mevcut becerilerini geliştirmeleri' (upskilling) için yatırım yapmayı planladıklarını belirtmekte; öte yandan bazı işverenlerin ise yapay zekânın otomatikleştireceği süreçler nedeniyle istihdam azaltmayı planladıklarını ifade etmektedir (WEF, 2025).

Küresel danışmanlık şirketi Boston Consulting Group (BCG) tarafından 2023 yılında dijitalleşmenin iş gücüne etkilerinin araştırıldığı çalışmanın bulgularını içeren 'Hızla Değişen Bir Dünya İçin Yeniden Beceri Kazanma' başlıklı raporda, günümüzde bir becerinin ortalama ömrünün beş yılın altına düştüğü, özellikle teknoloji ağırlıklı sektörler için bu sürenin daha da kısalabileceği belirtilmektedir (BCG, 2023). Son yıllarda devinimli bir ivme kazanan üretken yapay zeka (GenAI) ve ileri teknolojide yaşanan gelişmeler becerilerin geçerlilik sürelerinin daha da kısalmasına yola açacaktır.

6.3. Dijitalleşmenin Türkiye'de İşgücü Piyasalarına Etkileri

Dünya Ekonomik Forumu (WEF) tarafından yayımlanan 'İşlerin Geleceği 2025 Raporu' nda Türkiye'ye özel bulgular yer almaktadır. 2025-2030 yılları arasında Türkiye'de en hızlı talep artışı yaşanacak mesleklerin Robotik Mühendisleri, Yenilenebilir Enerji Mühendisleri ve Otonom ve Elektrikli Araç Uzmanları olduğu belirtilmektedir (WEF, 2025).

Küresel bazda %39 olarak öngörülen 2030 yılına kadar geçerliliğini kaybedecek mevcut işgücü becerilerinin Türkiye'de %44 seviyelerine çıkacağı öngörülmektedir. Küresel öngörüler ile benzer şekilde Türkiye'de en çok talep artışı yaşanacak becerilerin yapay zekâ ve büyük veri, teknolojik okuryazarlık, ağlar ve siber güvenlik olacağı beklenmektedir (WEF, 2025).

2030'larda otomasyona geçme riski yüksek olan mevcut işlerin oranlarının ülkeler bazında tahminini hedefleyen uluslararası bir araştırmaya göre Türkiye'deki otomasyona geçme riski yüksek olan işlerin oranı %33 olup; bu oran Türkiye'yi riskli ülkeler kategorisine sokmaktadır (PwC, 2018). Araştırmada, otomasyona geçme oranı tahmini mevcut otomasyona geçiş seviyesi bazında teknik fizibiliteye göre yapılmıştır. Ancak otomasyona geçiş öngörülerinin hayat geçmesinde bağlam belirleyici olacağından Türkiye'de dijital dönüşüme bağlı olarak oluşacak yeni iş potansiyellerinin aslında ekonomik, sosyal ve hukuki çerçeveye bağlı olarak gerçekleşebileceği unutulmamalıdır.

Global Yetenek 2021 raporuna göre, gelişmekte olan ülke pazarlarında yıllık yetenek havuzu büyümesinin en hızlı olacağı ülkeler arasında Türkiye, Hindistan, Brezilya, Endonezya ve Çin yer almaktadır (Oxford Economics, 2021). Ancak, yıllık yetenek havuzu büyüme ora-

nının nispeten yüksek olması vasıflı işgücü açığını engellemeye yetmemektedir. Manpower Group'un 2022 Türkiye Yetenek Açığı raporuna göre, Türkiye'deki işverenlerin %75'i ihtiyaç duydukları yetenekleri bulmakta zorluk çekmektedir. Bu oran, küresel ölçekte son 16 yılın en yüksek seviyesidir. Türkiye'de Sektörlere göre yetenek açığı oranları şu şekildedir: İnşaat: %81, Üretim: %75, Toptan ve Perakende Ticaret: %70, Bilişim ve Teknoloji: %73, Restoranlar ve Oteller: %68, Eğitim, Sağlık ve Kamu Hizmetleri: %66, Bankacılık ve Finans: %65. Şirket büyüklüğüne göre yetenek bulma zorlukları ise şu şekildedir: Mikro işletmeler (10> çalışan): %73, Küçük işletmeler (10-49 çalışan): %72, Orta ölçekli işletmeler (50-249 çalışan): %71, Büyük işletmeler (250+ çalışan): %69 (Manpower Group, 2022). BCG danışmanlık şirketine göre Türkiye'deki şirketlerin %72'si özellikle teknik iş gruplarında aradıkları beceri ve yetkinliklere sahip işgücünü bulmakta zorlanmaktadır (BCG, 2023).

6.3.1. Sanayi ve Teknoloji Sektörlerinde Nitelikli İş Gücü Gereksinimleri

Türkiye'de sanayi ve teknoloji sektörlerinde yaşanan hızlı dönüşüm, nitelikli iş gücü açığını derinleştiren önemli bir faktör haline gelmiştir. Dijitalleşme, otomasyon ve akıllı imalat teknolojilerinin hızla benimsenmesi, geleneksel mesleklerin yerini daha teknik ve dijital beceriler gerektiren işlere bırakmasına neden olmaktadır.

Sanayi sektörlerinde nitelikli iş gücüne yönelik talep, özellikle ileri teknik becerilere sahip çalışanlar açısından giderek artmaktadır. TÜDÖKSAD 2023 raporuna göre, metal işleme, döküm, makine ve elektrik mühendisliği alanlarında iş gücü açığı %30'un üzerinde seyretmektedir. Yapılan analizler, Türkiye'de nitelikli iş gücü açığının belirli sektörlerde yoğunlaştığını ve gelecekte bu açığın daha da büyüme eğiliminde olduğunu ortaya koymaktadır. Sanayi ve teknoloji sektörlerinde yaşanan iş gücü açığı, özellikle savunma, otomotiv, yazılım ve enerji sektörlerinde kendini göstermektedir. Bu sektörler, küresel rekabetin yoğun olduğu ve yüksek teknoloji gerektiren alanlar olması nedeniyle, ileri teknik becerilere sahip nitelikli iş gücü ihtiyacını artırmaktadır.

6.3.1.1. Savunma Sanayi ve Nitelikli İş Gücü Açığı

Türkiye'de savunma sanayi, özellikle ASELSAN, TUSAŞ ve ROKETSAN gibi büyük firmaların Ar-Ge yatırımları sayesinde hızla büyüyen bir sektördür. Ancak, bu alandaki büyüme, ileri mühendislik, yazılım geliştirme, yapay zeka ve siber güvenlik uzmanlığı gerektiren pozisyonlardaki açıkları da artırmaktadır. Savunma Sanayii Başkanlığı'nın (2023) verilerine göre, sektörde 2025 yılına kadar en az 15.000 yeni nitelikli teknik eleman ihtiyacı bulunmaktadır. Bu ihtiyacın büyük bir kısmı, özellikle havacılık mühendisliği, elektrik-elektronik mühendisliği ve veri bilimi gibi alanlarda yoğunlaşmaktadır.

6.3.1.2. Otomotiv Sektörü ve Yeni Nesil İş Gücü Gereksinimleri

Türkiye'nin en büyük ihracat kalemlerinden biri olan otomotiv sektörü, elektrikli araç teknolojileri ve akıllı üretim sistemleri alanında dönüşüm geçirmektedir. TOGG'un üretime başlamasıyla birlikte, batarya teknolojileri, elektrikli motor sistemleri ve otonom sürüş yazılımları konularında uzmanlaşmış mühendislere olan talep artmaktadır.

6.3.1.3. Yazılım ve Bilişim Sektöründeki İş Gücü Açığı

Türkiye'de yazılım ve bilişim sektörü, girişimcilik ekosisteminin gelişmesi ve küresel teknoloji yatırımlarının artması ile birlikte hızla büyümektedir. Ancak, sektörde yetişmiş yazılım mühendisleri ve veri bilimcileri yetersiz kalmaktadır. Teknoloji geliştirme bölgeleri, Türkiye'nin yazılım ihracatını artırmaya yönelik projeler yürütse de, sektörün gereksinim duyduğu iş gücünü yetiştirmek için eğitim kurumlarının daha fazla destek sağlaması gerekmektedir. Bir yandan Türkiye'nin yazılım sektöründeki iş gücü açığının önümüzdeki yıllarda artacağı tahmin edilmekteyken, bir yandan da, özellikle son zamanlarda, Üretken Yapay Zeka araçlarının yazılım yazmaya başlaması bu ihtiyacı bir miktar azaltsa da, toplam kod üretimi artacağından ileri seviyede eğitim ve deneyim sahibi yazılım mühendislerine olan ihtiyaç artacak, bu kişilerin deneyim kazanarak yetişmesi de bu araçların ortaya çıkması ile giderek zorlaşacaktır.

6.3.1.4. Enerji Sektöründe İş Gücü Açığı ve Yenilenebilir Enerji Alanındaki Büyüme

Enerji sektörü, özellikle yenilenebilir enerji projelerinin artmasıyla birlikte yeni nesil teknik becerilere sahip iş gücüne olan ihtiyacını artırmaktadır. Türkiye'de güneş enerjisi ve rüzgar enerjisi santrallerinin yaygınlaşması, mühendislerin enerji sistemleri tasarımı, akıllı şebekeler ve enerji yönetimi konularında uzmanlaşmasını gerektirmektedir. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın (2023) verilerine göre, 2027 yılına kadar enerji sektöründe 50.000'den fazla yeni iş pozisyonu oluşması beklenmektedir.

6.3.2. Sanayi ve Teknoloji Sektörlerinde Gelecekteki İşgücü Gereksinimleri

Sanayi ve teknoloji sektörlerinde yaşanan nitelikli iş gücü açığı, yalnızca mevcut istihdam eksikliklerinden değil, aynı zamanda gelecekteki iş gücü dönüşümüne yeterince hazırlıklı olunmamasından da kaynaklanmaktadır. Yapay zeka, robotik ve otomasyon teknolojileri, çalışma modellerini değiştirirken, bazı meslekleri ortadan kaldırmakta ve yeni iş alanları yaratmaktadır.

6.3.2.1. Yapay Zeka ve Otomasyonun İş Gücü Üzerindeki Etkileri

Yapay zeka ve otomasyon teknolojileri, sanayi üretim süreçlerinde giderek daha fazla kullanılmaktadır. McKinsey'nin 2023 raporuna göre, yapay zeka ve dijital teknolojilerin Türkiye işgücü piyasasına büyük ölçüde etki etmesi beklenmektedir. 2030 yılına kadar, mevcut teknolojiler ile Türkiye'deki işlerin %50'sinin otomasyona geçişin uygun olduğu ve fiili olarak %20-25 düzeyinde bir geçişin gerçekleşebileceği tahmin ediliyor. Böylece tüm ülkede 7.6 milyon işin kaybolabileceği ancak aynı süreçte daha fazla yetkinlik gerektiren 8.9 milyon yeni işin de oluşabileceği belirtilmektedir. İstidam artışına yönelik bu dönüşümde dikkat çeken kritik husus, yeniden beceri kazandırma süreçlerinin başarısı bu dönüşüm için neredeyse mecburi olmasıdır.

Özellikle savunma sanayi, otomotiv ve yazılım sektörleri, yapay zeka destekli sistemlerin yaygınlaşmasıyla birlikte yeni nesil mühendislik becerileri gerektiren meslekler oluşturmaktadır. Örneğin, akıllı üretim sistemleri ve siber-fiziksel sistemler üzerine çalışan mühendisler, geleceğin sanayi yapısında kritik roller üstlenecektir (TÜBİTAK, 2024a).

6.3.2.2. Robotik Sistemler ve Akıllı İmalat ile Dönüşen Meslekler

Akıllı imalat teknolojileri ile birlikte robotik sistemlerin üretim süreçlerine entegrasyonu, nitelikli teknik personelin önemini artırmaktadır. Otomotiv fabrikaları, tekstil üretim hatları ve lojistik merkezleri, robot destekli üretim sistemlerine geçiş yaparken, robotik mühendisliği ve otomasyon sistemleri tasarımı gibi alanlarda eğitim almış çalışanlara olan talep hızla artmaktadır.

Ayrıca, sağlık sektöründe robot destekli cerrahi sistemleri ve sanayide insansız hava araçları (İHA) ile lojistik çözümleri, mühendislerin dijital yetkinliklerini geliştirmelerini gerektirmektedir.

6.4. Ulusal İstihdam Stratejileri Ve Eylem Planları

Teknolojik yeniliklere bağlı olarak işgücü piyasalarında yaşanması muhtemel etkilerin ve ihtiyaçların giderilmesi amacıyla ülkemizin sürdürülebilir kalkınma hedefleri ve milli politika hassasiyetleri paralelinde etkin istihdam politikaları oluşturularak hayat geçirilmektedir. Bu kapsamda, en güncel Ulusal İstihdam Stratejisi, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından 2025-2028 dönemine için hazırlanarak Şubat 2025 tarihi itibarı ile uygulamaya konulmuştur. 2025-2028 dönemini kapsayan ait Ulusal İstihdam Strateji ve Eylem Planı belgesinde işgücü piyasalarının güncel ve geleceğe yönelik ihtiyaçları doğrultusunda oluşturulan 4 temel politika alanı ve bu çerçevede belirlenen yeni hedefler ile 90 eylem maddesi yer almaktadır.

Ulusal İstihdam Strateji ve Eylem Planı ile 12. Kalkınma Planı'nda yer alan "İstihdam ve Çalışma Hayatı Hedefleri" doğrultusunda 2025-2028 döneminde: (1) İşsizlik oranının 2028 yılında %7,5'e düşürülmesi, (2) İstihdam oranının 2028 yılında %52,5'e yükseltilmesi, (3) Kayıt dışı istihdam oranının 2028 yılında %23,4'e düşürülmesi, (4) İşgücüne katılma oranının 2028 yılında %56,7'ye yükseltilmesi, (5) Kadınlarda işgücüne katılma oranının 2028 yılında %40,1'e yükseltilmesi, (6) Gençlerde işsizlik oranının 2028 yılında %16,6'ya düşürülmesi hedeflenmektedir. Strateji Belgesinin 4 temel politika alanı: (1) İş Gücü Piyasalarında Yeşil ve Dijital Dönüşüm ile Beceri Uyumunun Geliştirilmesi, (2) Kapsayıcı İstihdamın Geliştirilmesi, (3) Sosyal Koruma-İstihdam İlişkisinin Güçlendirilmesi, (4) Kırsal Bölgelerde Sürdürülebilir İstihdamın Geliştirilmesi'dir. Her bir politika alanı için ayrı belirlenen toplam 90 eylem maddesi çerçevesinde istihdam hedeflerine ulaşılması öngörülmektedir.

Kamu tarafından oluşturulan söz konusu orta ve uzun vadeli stratejik istihdam planların yanı sıra çeşitli çeşitli Ulusal İstihdam Programları da hayata geçirilmiştir. Bunlardan bazıları; Nitelikli İşgücü Yetiştirme Programı, Mesleki Eğitim Kursları, İşbaşı Eğitim Programı, İşgücü Uyum Programı, İş Pozitif Programı ve en son İşkur Gençlik Programı'dır.

6.5. Türkiye'de Eğitim Temelli İş Gücü Yetiştirme Mekanizmaları

Sanayi ve teknoloji sektörlerinde yaşanan dönüşüm, nitelikli iş gücüne olan talebi artırırken, eğitim sisteminin bu değişime uyum sağlamasını kritik hale getirmektedir. Türkiye'deki sanayi kuruluşları, üretim süreçlerini dijitalleşme ve otomasyon teknolojilerine entegre etme yolunda ilerlerken, bu değişimi destekleyecek becerilere sahip iş gücü bulmakta zorlanmaktadır. Sanayi sektörlerinde nitelikli iş gücüne yönelik yaşanan bu talep, özellikle ileri teknik becerilere sahip çalışanlar açısından giderek artmaktadır. TÜDÖKSAD 2023 raporuna göre sanayi sektöründe yaşanan iş gücü açığı özellikle metal işleme, döküm, makine ve elektrik mühendisliği alanlarında %30'un üzerindedir. Ayrıca, dijitalleşme ve otomasyon teknolojilerinin üretim süreçlerine entegrasyonu ile artan insan-makine etkileşimine dayalı yapay zeka tabanlı üretim sistemleri ve akıllı fabrikalar özellikle veri analitiği ve otomasyon süreçlerine hâkim çalışanlara olan talebi de artırmaktadır (McKinsey, 2023). Sanayi ve teknoloji sektöründe artan kalifiye eleman açığının giderilebilmesi için mevcut işgücünün teknik yeterliliklerin artırılması ve sanayinin gereksinimleri doğrultusunda yeni işgücünün hızla yetiştirilmesi gerekmektedir.

Türkiye'deki mevcut teknik ve mesleki eğitimlerin teknolojik inovasyonlara bağlı olarak yaşanan dönüşümlere yeterince hızlı adapte olamaması nitelikli işgücü açığının giderek artmasına neden olmaktadır. Bu sorunun temelinde ise sanayi ve eğitim veren yapılardan kaynaklanan çift taraflı eksiklikler yatmaktadır; bir tarafta mesleki eğitim veren yapıların

müfredatları sanayinin pratik gereksinimleri ile yeterince örtüşmemekte, diğer tarafta ise sanayi sektöründeki çoğu küçük ve orta ölçekli firma örgün eğitim müfredatına çoktan alınmış pek çok ileri teknoloji, mühendislik ve tasarım bilgisini henüz yapı, sistem ve süreçlerine entegre edememiş durumdadır. Örneğin, endüstriyel otomasyon, veri bilimi ve yapay zeka gibi alanlarda eğitim gören üniversite öğrencileri mezuniyet sonrasında bu güncel teknik bilgilerini iş dünyasında etkin şekilde kullanabilmek için eski teknolojiye dayalı üretim ve operasyonel sistemlerin yeniliklere entegre edilmesini beklemek zorunda kalırken, bazı alanlarda ise üniversiteden mezun olup işe yeni başlayan çalışanlara işe entegre olabilmeleri için ayrıca iş başı eğitimler verilmesi gerekmektedir. Bu problemlerin giderilmesi için sanayi ile üniversite iş birliklerinin güçlendirilmesi, sanayiye yönelik uygulamalı eğitimlerin yaygınlaştırılması ve iş gücünün becerilerinin güncellenmesi kritik öneme haizdir (Yükseköğretim Kurulu, 2021).

Sanayi sektörünün ihtiyaç duyduğu alt ve orta kademe teknik elemanların yetiştirilmesinde ise bu eğitimleri veren meslek liseleri ile Organize Sanayi Bölgeleri (OSB) içinde yer alan teknik kolejler öne çıkmaktadır. Türkiye'de mesleki eğitim veren kurumların sanayi ile daha yakın ilişkiler kurması ve teknik eğitimin iş dünyasının gereksinimlerine göre sürekli güncellenmesi söz konusu yapıların ülke kalkınmasına katkılarını sağlayacak en temel husustur.

Ayrıca, günümüzde dijitalleşme ve otomasyon süreçlerinin hız kazanması nedeniyle mevcut iş gücünün teknik ve mesleki bilgi ve becerilerinin güncel ve yetkin seviyede tutulması sektörün verimliliği ve rekabetçi kalabilmesi için gereklidir. İnsan kaynağının stratejik planlar ile sektörün ihtiyaçlarına göre sürekli yetiştirilmesi sağlanmalıdır. Bu bakış açısı ile, Türkiye'de birçok sanayi kuruluş tarafından çalışanların becerilerini geliştirmek için şirket içi eğitim programları uygulanmaktadır. Sürekli eğitimin iş hayatının temel bir parçası haline getirilmesi için şirketlerin bu konuda aktif rol alarak bu mekanizmaları şirket yapıları içerisinde oluşturmaları önem arz etmektedir.

Türkiye'de sanayi ve teknoloji sektörlerinde nitelikli iş gücü ihtiyacının karşılanabilmesi için mesleki ve teknik eğitimin bir bütün olarak sanayi ile entegrasyonunu mümkün kılacak etkin mekanizmalara ihtiyaç vardır. Mevcut durumda, üniversiteler bu tür mekanizmalar ile sanayi işbirlikleri geliştirmekte öncü durumdadır. Üniversitelerin bu mekanizmalar üzerinden kurdukları iş birlikleri yoluyla güncel ve bilimsel bilginin sanayiye transferi hızlanmakta, uygulamalı eğitimler ve ortak projeler ile nitelikli iş gücünün sektöre kazandırılması mümkün olmaktadır. Böylelikle, hem sanayinin rekabet gücü artmakta hem de istihdam olanakları genişletilmektedir. Ancak, bu tür işbirliklerinin Türkiye genelindeki yaygın hale getirilmesi gerekmekte olup, ancak yasal ve uygulama altyapısı olan mekanizmalar ile sanayinin ihtiyacına yönelik nitelikli işgücünün yetişmesi ve bilimsel çözümler ile sanayi ve teknoloji sektöründe sürdürülebilir büyüme ve rekabet üstünlüğü sağlanabilir.

Aşağıdaki bölümde üniversite ve sanayi işbirliklerinde kullanılmak suretiyle nitelikli işgücü yetiştirilmesinde katkı sağlayan çeşitli mekanizmalar hakkında detaylı bilgi yer almaktadır.

6.5.1. Üniversite-Sanayi İşbirliği Modelleri

Üniversitelerin sanayi ile beraber yürüttükleri çeşitli projeler ile yaptıkları işbirlikleri sadece akademik bilginin ticari değer yaratabilecek şekilde sanayiye entegre edilmesi sağlamakla kalmamakta ayrıca sanayinin ihtiyaç duyduğu yetkinliklere sahip iş gücünün yetiştirilmesini de mümkün kılmaktadır. Söz konusu üniversite ve sanayi iş birliklerinin genel olarak yasal ve uygulama alt yapısı oluşturulmuş çeşitli mekanizmalar ile hayata geçirilmesi esas olup, bu mekanizmalara arasında öne çıkanlar; teknoloji geliştirme bölgeleri, ortak Ar-Ge projelerinin yapılmasına imkan sağlayan araştırma merkezleri ve teknoloji transfer ofisleridir. Bunların yanı sıra, sanayi ile üniversitelerin ortaklaşa yürüttüğü lisansüstü eğitim programları ile staj ve proje bazlı eğitim programları da Türkiye'de nitelikli insan kaynağının yetiştirilmesinde önemli katkılar sağlamaktadır.

6.5.1.1. Teknoloji Geliştirme Bölgeleri (Teknoparklar)

Teknoloji geliştirme bölgeleri, sanayi ve akademi arasındaki iş birliğini güçlendiren ve nitelikli insan kaynağının geliştirilmesine katkıda bulunan önemli mekanizmalardan biridir. Türkiye'deki Teknopark sayısı 2020'lerde 80'i aşmış; 2025 itibarıyla 105 teknopark kurulmuş, bunların 87'si aktif faaliyete geçmiştir. Kurulan Ar-Ge merkezi sayısı hızla yükselerek 2025 başı itibarıyla 1331 Ar-Ge merkezi ve 333 Tasarım merkezi seviyesine ulaşmıştır (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2025). Teknoparklar ve bu yapılar içerisinde faaliyet gösteren Ar-Ge işbirlikleri akademik bilgi ve araştırmaların sanayiye entegre edilmesi için gerekli yasal ve uygulama altyapılarını sunmak suretiyle hem inovasyonu teşvik etmekte hem de genç mühendislerin ve araştırmacıların yetişmesi ve istihdamı açısından önemli katkılar sağlamaktadır.

6.5.1.2. Üniversite ve Sanayi Ar-Ge ve Proje İşbirlikleri

Üniversite ve sanayi arasındaki Ar-Ge ve proje iş birlikleri, sektöre doğrudan katkı sağlayan projelerin yürütülmesini ve yeni teknolojilerin geliştirilmesini mümkün kılmaktadır. Bu kapsamda, TÜBİTAK 1505 Programı, üniversiteler ile sanayi kuruluşlarının ortak projeler yürütmesini destekleyen önemli bir girişimdir. Bu program, akademik bilgiyi sanayiye kazandırmak için sanayi-üniversite ortak projelerine mali destek sunmakta, böylece Ar-Ge projelerinin sanayiye entegrasyonunu hızlandırmaktadır (TÜBİTAK, t.y.). TÜBİTAK 1505 programı kapsamında bugüne dek yüzlerce proje desteklenmiş ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Benzer şekilde geçmişte T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın yürüttüğü San-Tez (Sanayi Tezleri) Programı ile de 2010'lar boyunca 160'tan fazla üniversite-sanayi projesi desteklenmişti (TÜBİTAK, 2020). SAN-TEZ Programı 2018'den sonra TÜBİTAK'a devrederek sanayi projelerinin kesintisiz desteklenmesini sağlamıştır (TÜBİTAK, 2017). Günümüzde bu tür işbirliği projeleri TÜBİTAK ve Kalkınma Ajansları gibi kurumlar eliyle devam etmektedir.

6.5.1.3. Teknoloji Transfer Ofisleri

Üniversiteler bünyesinde faaliyet gösteren Teknoloji Transfer Ofisleri (TTO), akademik bilgi ve inovasyonun sanayiye aktarılmasını sağlayan en önemli mekanizmalardan biridir. Patent lisanslamaları ve inovatif çözümlerin sanayiye entegrasyonu, Türkiye'nin teknoloji tabanlı büyümesini desteklemekte ve küresel rekabet gücünü artırmaktadır. Üniversitelerde geliştirilen yeni teknolojiler, TTO'lar aracılığıyla sanayi firmalarına aktarılmakta ve bu süreç Türkiye'deki yenilikçi girişimciliğin güçlenmesine katkıda bulunmaktadır. Türkiye'deki birçok üniversite, TTO'lar aracılığıyla sanayiye yönelik projeler geliştirerek akademik bilginin ticarileştirilmesini teşvik etmektedir.

6.5.1.4. Sanayi ile Ortaklaşa Yürütülen Eğitim Programları

Üniversitelerin sanayi ile ortaklaşa yürüttükleri eğitim programlarına örnek teşkil eden öncü bir model, ASELSAN Akademi Lisansüstü Eğitim Programı'dır. Türkiye'nin lider savunma elektroniği şirketi olan ASELSAN, 2017'de ASELSAN Akademi'yi "dördüncü nesil üniversite" vizyonu ile hayata geçirmiştir (ASELSAN, t.y.). Söz konusu program, ASELSAN ile dört araştırma üniversitesi (İstanbul Teknik Üniversitesi, Gazi Üniversitesi, Gebze Teknik Üniversitesi, ve Orta Doğu Teknik Üniversitesi) işbirliğinde yürütülmektedir (Yılmaz, 2024). ASELSAN'ın Ar-Ge mühendisi kadrosu, bu programa dahil olarak yüksek lisans ve doktora yapmaktadır. Dersler ve tez çalışmaları ASELSAN'ın ihtiyaç duyduğu ileri teknoloji konularında, üniversite hocaları ile şirket uzmanlarının birlikte rehberliğinde gerçekleştirilir. ASELSAN Akademi'nin başarısı rakamlarla da görülmektedir: 2024 itibarıyla programdan 425 ASELSAN mühendisi mezuniyet derecesi almıştır (Yılmaz, 2024). Halen şirkette eğitime devam eden 625 lisansüstü öğrenci bulunmaktadır. Program ASELSAN'ın ihtisas alanlarına yönelik önemli bir bilgi birikimi oluşturmuş; şirket içinde 11 Ar-Ge merkezi kurulurken, ASELSAN farklı üniversitelerle toplam 74 Ar-Ge projesi yürütür hale gelmiştir. ASELSAN Genel Müdürü, bu modeli üniversite ile sanayinin en güçlü yanlarını birleştiren yenilikçi bir model olarak tanımlamakta ve dünyada örnek alınması gerektiğini vurgulamaktadır (Yılmaz, 2024). ASELSAN Akademi, mühendislerin ve Ar-Ge uzmanlarının doktora eğitimi alarak savunma sanayisine yönelik gelişmiş teknolojiler üretmesini teşvik etmektedir. ASELSAN bünyesinde yürütülen bu program, mühendislerin akademik çalışmalarını doğrudan sanayi projeleriyle entegre etmelerine olanak tanımaktadır.

Bu sayede, ASELSAN'ın mühendisleri hem akademik bilgiye dayalı yeni nesil savunma teknolojileri geliştirmekte hem de sanayide rekabet gücünü artırmaktadır (ASELSAN, t.y.). Üniversitelerin sanayi ile eğitim süreçlerini entegre etmesine imkan sağlayan diğer bir mekanizma TÜBİTAK 2209-B Programı ile mümkün olmaktadır. TÜBİTAK 2209-B Programı üniversite öğrencilerinin bitirme projelerini sanayi ihtiyaçlarına yönelik olarak oluşturup sanayi ile entegre yürütmelerine imkan sağlamaktadır. Bu program kapsamında, öğrenciler sanayide karşılaşılan teknik problemleri çözmeye yönelik projeler geliştirerek mezuniyet sonrası doğrudan istihdama geçişlerini kolaylaştırmaktadır (TÜBİTAK, 2024b).

Üniversite-sanayi iş birlikleri, Türkiye'de nitelikli iş gücünün yetiştirilmesi ve teknoloji geliştirme süreçlerinin hızlandırılması açısından kritik öneme sahiptir. Sanayiye yönelik akademik programlar, teknoparklarda istihdam edilen mühendisler ve Ar-Ge projeleri, Türkiye'nin küresel pazarda rekabet gücünü artırmaya katkı sağlamaktadır. Ancak, bu iş birliklerinin daha fazla yaygınlaştırılması ve desteklenmesi gerekmektedir. Özellikle sanayiye yönelik doktora programlarının artırılması, teknoloji transfer mekanizmalarının güçlendirilmesi ve sanayi-üniversite ortak projelerinin teşvik edilmesi, Türkiye'nin sanayi ve teknoloji alanında sürdürülebilir büyümesini destekleyecektir.

6.5.2. Mesleki ve Teknik Eğitim Programları

Sanayi ve teknoloji sektörlerinde sürdürülebilir büyümenin sağlanabilmesi için mesleki eğitim ve iş gücü gelişimi büyük bir önem taşımaktadır. Özellikle sanayinin hızla dijitalleşmesi, teknik becerilere sahip çalışanlara olan ihtiyacı artırmakta ve geleneksel mesleki eğitim programlarının yeniden yapılandırılmasını zorunlu kılmaktadır. Türkiye'de Organize Sanayi Bölgeleri (OSB) içinde açılan mesleki ve teknik eğitim kurumları, sektöre yönelik eğitim programları sunarak sanayinin ihtiyaç duyduğu insan kaynağını yetiştirmeyi hedeflemektedir. Bunun yanı sıra, sanayide çalışan mevcut iş gücünün yetkinliklerini güncellemek ve yeni teknolojilere uyum sağlamalarını desteklemek amacıyla sürekli eğitim programları ve dijital öğrenme çözümleri giderek daha fazla önem kazanmaktadır.

6.5.2.1. OSB'lerde Nitelikli İş Gücü Yetiştirme

Organize Sanayi Bölgeleri, sanayinin büyümesini destekleyen kritik üretim merkezleri olmakla birlikte, aynı zamanda sanayiye özel mesleki eğitimin yaygınlaştırıldığı alanlardır. Türkiye'de Makine, Elektrik-Elektronik ve Yazılım gibi alanlarda eğitim veren teknik kolejlerin sayısı her geçen gün artmaktadır. Bu kolejler, doğrudan sanayiyle entegre çalışarak öğrencilere sektörün ihtiyaçlarına yönelik uygulamalı eğitimler sunmaktadır.

Örneğin, Denizli OSB Teknik Koleji, elektrik-elektronik, moda tasarımı, tekstil teknolojileri, endüstriyel otomasyon teknolojileri, makine ve tasarım teknolojisi alanlarında eğitim programları sunarak sanayinin nitelikli teknik personel ihtiyacını karşılamaya yönelik çalışmalar yürütmektedir. Kolejin sanayi ile kurduğu iş birlikleri sayesinde öğrenciler, henüz mezun olmadan sektörel deneyim kazanmakta ve istihdam edilebilirlikleri artmaktadır (Denizli OSB Teknik Koleji, t.y.). Benzer şekilde, Anadolu Teknik Programı ve Anadolu Meslek Programı kapsamında çeşitli alanlarda eğitim sunmaktadır. Anadolu Teknik Programı'nda Elektrik-Elektronik Teknolojisi, Endüstriyel Otomasyon Teknolojileri, Gıda Teknolojisi, Kimya Teknolojisi, Makine ve Tasarım Teknolojisi, Tekstil Teknolojisi alanları bulunmaktadır. Anadolu Meslek Programı ise Elektrik-Elektronik Teknolojisi, Makine ve Tasarım Teknolojisi, Metal Teknolojisi, Mobilya ve İç Mekan Tasarımı, Motorlu Araçlar Teknolojisi, Plastik Teknolojisi alanlarını içermektedir (Gaziantep OSB Teknik Koleji, t.y.).

Sanayinin ihtiyaçlarına cevap verebilen mesleki eğitim modellerinin hayata geçirilmesi, Türkiye'nin küresel rekabet gücünü artıran en önemli faktörlerden biridir. Bu amaçla Türkiye'de mesleki eğitim alanında yapılan yatırımların artırılması ve özellikle sanayi odaklı uygulamalı eğitimlerin yaygınlaştırılması gerekir. Bu kapsamda bir diğer önemli gelişme ise istihdam garantili eğitim programlarıdır. Örneğin, Yalova Altınova Meslek Yüksekokulu, tersane ve gemi sanayisi için nitelikli teknik eleman yetiştirmek amacıyla organize sanayi bölgeleri ile iş birliği yapmaktadır. Programdan mezun olan öğrenciler, doğrudan sektörde istihdam edilmekte ve iş dünyasına hızlı bir geçiş yapabilmektedir (Yalova Üniversitesi, 2019).

Türkiye'de OSB'lerde açılan bu teknik kolejler ve meslek yüksekokulları, sanayiye yönelik insan kaynağı planlamasını güçlendirmekte ve eğitim ile istihdam arasındaki bağı daha sağlam hale getirmektedir. Ancak, bu programların daha geniş bir alana yayılması ve eğitim kalitesinin artırılması için daha fazla yatırım yapılması gerekmektedir.

6.5.3. Sürekli Eğitim ve Dijital Öğrenme Çözümleri

Sanayi sektöründe rekabet avantajı sağlayabilmek için sadece yeni mezun iş gücünün değil, aynı zamanda mevcut çalışanların da yetkinliklerini sürekli olarak güncellemeleri gerekmektedir. Günümüzde birçok sanayi kuruluşu, çalışanlarını dijital dönüşüme hazırlamak için sürekli eğitim programları ve dijital öğrenme çözümleri geliştirmektedir.

Artırılmış gerçeklik tabanlı eğitim çözümlerinin yaygınlaşması, özellikle teknik becerilerin uygulamalı olarak geliştirilmesini sağlayarak öğrenme sürecini hızlandırmaktadır. Örneğin, Türk Havacılık ve Uzay Sanayii (TUSAŞ), teknisyenlerine yönelik eğitimlerde Sanal Gerçeklik (VR) ve Artırılmış Gerçeklik (AR) teknolojilerini kullanarak yenilikçi bir adım atmaktadır. Bu kapsamda, toplamda 5.000 teknisyene VR tabanlı eğitimler verileceği açıklanmıştır.

İlk aşama eğitimler başlamış olup, çalışanlar hava aracı perçin işlemleri, manuel boya işlemleri, elektriksel bağlama ve girdap akımı ile yapılan işlemlerin muayenesi gibi dört farklı teknik operasyonu VR tabanlı içeriklerle öğrenmektedirler. TUSAŞ, nihai olarak 20 dersten oluşacak bir VR eğitim kataloğunu mobil kitler aracılığıyla farklı yerleşkelerindeki çalışanlarına sunmayı hedeflemektedir. İkinci aşamada ise bu eğitimlerin mühendislerin eğitim süreçlerine entegre edilmesi planlanmaktadır. (TUSAŞ, t.y.).

Sürekli eğitim çözümleri sadece büyük sanayi şirketleri ile sınırlı kalmamakta, aynı zamanda Türkiye'nin farklı bölgelerindeki OSB'lerde de uygulanmaktadır. Örneğin, Konya OSB Mesleki Eğitim Merkezi, Kasım 2023'te hizmete açılmış olup, özellikle Bilgisayarlı Makine İmalatı ve Kaynakçılık meslek dallarında çırak öğrenci kayıtları almaktadır KOSMESEM (t.y.a). Merkezde Makine Teknolojisi, Metal Teknolojisi ve Elektrik-Elektronik Teknolojisi alanlarında eğitim verilmektedir ve merkez 2024 yılı itibarıyla, T.C. Millî Eğitim Bakanlığı tarafından Özel Program ve Proje Uygulayan Eğitim Kurumları kapsamına alınmıştı (KOSMESEM, t.y.b).

Öte yandan, uzaktan eğitim platformları da sanayi sektöründe çalışanlar için önemli bir öğrenme kaynağı haline gelmiştir. Udemy, Coursera ve Türkçe eğitim platformları, mühendisler ve sanayi çalışanları için akıllı imalat, veri analitiği ve yapay zeka konularında çevrimiçi eğitimler sunmaktadır.

Dijital öğrenme çözümlerinin yaygınlaşması, çalışanların zaman ve mekân kısıtlaması olmaksızın becerilerini geliştirmelerine olanak tanımakta ve sanayinin ihtiyaç duyduğu esnek iş gücü yapısının oluşmasını sağlamaktadır. Türkiye'de sanayi kuruluşlarının sürekli eğitim politikalarına daha fazla yatırım yapması, dijital dönüşüm sürecine uyum sağlanması açısından büyük önem taşımaktadır.

Türkiye'de sanayiye yönelik mesleki eğitimin güçlendirilmesi ve sürekli eğitim çözümlerinin yaygınlaştırılması, sanayinin sürdürülebilir büyümesini destekleyen en önemli faktörlerden biridir. OSB'lerde açılan teknik kolejler ve meslek yüksekokulları, sanayinin ihtiyaç duyduğu teknik iş gücünü yetiştirmeye yönelik önemli bir adım olsa da, bu programların daha da genişletilmesi gerekmektedir.

Ayrıca, sanayi çalışanlarının dijital becerilerini sürekli olarak geliştirmelerini sağlayacak sanal ve artırılmış gerçeklik destekli eğitim çözümlerinin yaygınlaştırılması, Türkiye'nin sanayi ve teknoloji alanındaki küresel rekabet gücünü artıracaktır. Sanayi 4.0 ve dijitalleşme çağında, eğitim sisteminin bu dönüşüme adapte olması kaçınılmazdır.

6.5.4. Eğitim Temelli Yetkinlik Gelişiminin Kritik Önemi

Türkiye'nin sanayi ve teknoloji alanında küresel rekabet gücünü koruyabilmesi için nitelikli iş gücü açığını kapatmaya yönelik uzun vadeli insan kaynakları stratejileri geliştirmesi gerekmektedir. Bu kapsamda eğitim sisteminin daha fazla dijitalleşmesi ve teknik eğitim programlarının sanayi ile uyumlu hale getirilmesi gerekmektedir. Özellikle robotik mühendisliği, veri bilimi ve siber güvenlik gibi alanlarda lisans ve yüksek lisans programlarının yaygınlaştırılması, Türkiye'nin teknoloji alanında ihtiyaç duyduğu insan kaynağının yetiştirilmesine katkı sağlayacaktır.

Türkiye'de sanayi ve teknoloji sektörlerinde nitelikli iş gücü açığı, özellikle savunma, otomotiv, yazılım ve enerji gibi stratejik sektörlerde kendini göstermektedir. Yapay zeka ve otomasyon gibi yeni teknolojilerin yaygınlaşması, iş gücü yapısını değiştirmekte ve teknik becerilere sahip çalışanlara olan ihtiyacı artırmaktadır. Türkiye'nin eğitim sistemini ve mesleki eğitim programlarını güncelleyerek bu dönüşüme uyum sağlaması gerekmektedir.

6.6. Tartışma

Bu çalışmada Türkiye'de sanayi ve teknoloji sektörlerinde nitelikli iş gücü ihtiyacı, dijitalleşme ve teknolojik dönüşüm bağlamında incelenmiş, özellikle üniversite-sanayi iş birliklerinin güçlendirilmesi, eğitim politikalarının güncellenmesi ve yaşam boyu öğrenme sistemlerinin kurumsallaşması gerektiği vurgulanmıştır. Bu bulgular, hem ulusal hem de uluslararası literatürle büyük ölçüde örtüşmektedir.

İlk olarak, sanayi sektöründe nitelikli iş gücü açığının büyümesi, dijitalleşme ile doğrudan ilişkilidir. Acemoglu ve Restrepo (2019), dijital teknolojilerin işgücü piyasasında hem yaratıcı hem yıkıcı etkiler yarattığını, ancak özellikle rutin görevlerde çalışanların becerilerinin hızla eskidiğini belirtmiştir. Türkiye'deki bulgular da sanayi mühendisliği, yazılım geliştirme ve veri analitiği gibi alanlarda yüksek açık olduğunu göstermektedir (TÜBİTAK, 2024a). Bu durum, teknoloji tabanlı üretim sistemlerinin gerektirdiği yeni becerilerle mevcut müfredatlar arasındaki uyumsuzluğu ortaya koymaktadır.

Ayrıca, teknik ve mesleki eğitimin sanayi ihtiyaçlarına yanıt verememesi literatürde "beceri uyumsuzluğu" (skill mismatch) kavramı ile açıklanır (Cappelli, 2015). Türkiye örneğinde bu uyumsuzluk, mezunların istihdama doğrudan geçişinde yaşanan sorunlarla daha da belirginleşmektedir. Mesleki eğitimde uygulamalı içeriklerin eksikliği, sanayinin ihtiyaç duyduğu iş gücünün yetişmesini engellemekte; bu da firmaları ya yüksek maliyetle yetenek ithaline yönlendirmekte ya da düşük verimlilikle çalışmaya zorlamaktadır.

Bu bağlamda, üniversite-sanayi iş birlikleri kilit bir çözüm olarak öne çıkmaktadır. Etzkowitz ve Leydesdorff'un (2000) "Üçlü Sarmal Modeli" (Triple Helix) bu iş birliklerinin bilgi üretimi, yenilik ve insan kaynağı geliştirme süreçlerinde kritik bir rol oynadığını vurgular. Türkiye'de ASELSAN Akademi ve TÜBİTAK 2244 Sanayi Doktora Programı gibi örnekler, bu modelin uygulanabilirliğine dair umut verici girişimlerdir. Ancak literatür, bu tür iş birliklerinin sürdürülebilir olabilmesi için yapısal desteklerin, finansman modellerinin ve birlikte üretim kültürünün kurumsallaşması gerektiğini de ortaya koymaktadır (Perkmann et al., 2013).

Buna ek olarak, yaşam boyu öğrenme sistemlerinin yetersizliği Türkiye'nin dijital dönüşüm sürecinde ciddi bir sınırlayıcıdır. Billett (2011), öğrenmenin yalnızca okul dönemiyle sınırlı olmadığı, iş başında öğrenme ve meslek içi gelişim modellerinin özellikle teknolojik değişim dönemlerinde kritik önem taşıdığını savunmaktadır. Bu bağlamda, OSB'lerde dijital beceri merkezlerinin kurulması, artırılmış gerçeklik tabanlı uygulamalı eğitim çözümleri ve çevrimiçi sertifikasyon sistemleri gibi öneriler, hem bireylerin hem kurumların adaptasyon kabiliyetini artıracak potansiyel çözümlerdir.

Son olarak, uluslararası rekabetçiliği artırmak adına uluslararası sertifikasyon sistemlerinin yaygınlaştırılması önerisi de literatür desteği bulmaktadır. OECD (2020) raporu, dijital beceri gelişiminin yalnızca teknik içeriklerle değil, bu becerilerin uluslararası standartlarda belgelendirilmesiyle mümkün olduğunu vurgulamaktadır. Türkiye'de mühendis ve teknikerlerin bu tür programlara erişiminde finansal, dilsel ve yapısal engeller olsa da bu engellerin aşılması halinde Türkiye'nin küresel teknoloji değer zincirlerine daha etkin katılım sağlayabileceği öngörülmektedir.

Bu çalışma kapsamında elde edilen çıkarımlar, uluslararası literatürle büyük oranda tutarlıdır ve Türkiye'nin sanayi temelli insan kaynağı stratejilerinin yeniden yapılandırılması gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır. Ancak önerilen politikaların uygulanması için yalnızca teknik değil aynı zamanda sosyal, yönetsel ve kültürel faktörlerin de dikkate alınması gerekmektedir.

6.7. Sonuç: İnsan Kaynağı Ve Nitelikli İş Gücü İhtiyacı

Türkiye'nin sanayi ve teknoloji sektörlerinde dijitalleşme, otomasyon ve yapay zekâ gibi dönüşümlerle birlikte yaşanan hızlı değişim, nitelikli iş gücüne duyulan ihtiyacı daha da artırmıştır. Üretim süreçleri radikal biçimde dönüşürken, bu alanlarda çalışacak bireylerin sahip olması gereken beceriler de hızla evrilmektedir. Türkiye'nin küresel ölçekte rekabet gücünü artırabilmesi ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşabilmesi için nitelikli insan kaynağı yetiştirme stratejilerinin yeniden yapılandırılması ve eğitim politikalarının sanayi ihtiyaçlarıyla uyumlu hâle getirilmesi zorunlu hâle gelmiştir.

6.7.1. Mevcut Durumdan Çıkarımlar

Sanayi ve teknoloji sektörlerine ilişkin yapılan analizler doğrultusunda aşağıdaki temel çıkarımlar yapılmaktadır:

- **Yüksek düzeyde iş gücü açığı vardır:** Sanayi sektörlerinde, özellikle savunma, otomotiv, yazılım ve enerji gibi stratejik alanlarda %30-40'lara ulaşan nitelikli eleman açığı söz konusudur.
- **Dijitalleşme beceri dönüşümünü zorunlu kılıyor:** Dijital teknolojilerin yaygınlaşması; yapay zekâ, büyük veri, siber güvenlik ve robotik gibi alanlarda yeni becerilere olan ihtiyacı artırmaktadır.
- **Mesleki ve teknik eğitimde uyumsuzluk sürüyor:** Eğitim müfredatları ile sanayi ihtiyaçları arasındaki uyum eksikliği, mezunların doğrudan istihdama katılımını zorlaştırmaktadır.
- **Üniversite-sanayi iş birlikleri gelişiyor ama sınırlı:** Başarılı örnekler bulunsa da, bu modellerin ulusal ölçekte yaygınlaştırılması gerekmektedir.
- **Sürekli eğitim ve beceri güncelleme eksik kalıyor:** Dijital becerilerin sürekliliği için yaşam boyu öğrenme sistemleri yetersizdir.
- **Uluslararası rekabet açısından insan kaynağı yetersiz:** Globalleşen iş gücü piyasasında Türkiye, özellikle ileri teknik alanlarda rekabetçi yetkinlik düzeyine ulaşmakta zorlanmaktadır.
- **Üretken yapay zekâ araçları yeni roller yaratıyor:** Kodlama ve mühendislik gibi alanlarda üretken yapay zekâ araçları yeni iş modelleri yaratmakta, ancak bu araçları etkin kullanabilecek üst düzey becerilere sahip iş gücünün eksikliği devam etmektedir.

6.7.2. Politika Önerileri

6.7.2.1. İnsan Kaynağı Stratejilerinin Güçlendirilmesi

Kapsam:

- Dijital beceri temelli istihdam politikalarının geliştirilmesi
- TÜBİTAK 2244 gibi sanayi doktora programlarının yaygınlaştırılması
- Uzaktan eğitim ve çevrimiçi sertifikasyonların desteklenmesi
- Uluslararası mesleki eğitim modellerinin Türkiye'ye uyarlanması

Uygulanabilirlik:

- TÜBİTAK 2244 gibi mevcut mekanizmalar altyapı sağlar, ancak sektörler arası genişletme gerekir.
- Uzaktan eğitim altyapısı büyük firmalarda mevcut; ancak KOBİ'ler için devlet destekli platformlar geliştirilmeli.
- Almanya modeli gibi sistemlerin Türkiye'ye entegrasyonu için YÖK, MEB ve sanayi odalarının eşgüdümü gereklidir.

Potansiyel Zorluklar:

- Finansman: Sanayi doktora programlarının genişletilmesi için hem kamu hem özel sektör katkısı gerekir.
- Farkındalık eksikliği: KOBİ'ler çoğunlukla bu tür programların farkında değildir.
- Kurumsal kapasite: Üniversiteler ve meslek kuruluşlarının bu iş birliklerini yürütecek idari kadroları yetersiz olabilir.

Aşamalandırma:

- **Kısa Vadeli (0-1 yıl):** Mevcut programların etki analizleri yapılmalı, farkındalık kampanyaları başlatılmalı.
- **Orta Vadeli (1-5 yıl):** Sanayi-doktora entegrasyonu bölgesel pilotlarla genişletilmeli, uzaktan eğitim sistemleri desteklenmeli.
- **Uzun Vadeli (5+ yıl):** Yasal çerçeveye birlikte ulusal insan kaynağı stratejisi oluşturulmalı, çift eğitim modeli entegre edilmeli.

6.7.2.2. Eğitim Politikalarının Güncellenmesi

Kapsam:

- Mühendislik ve meslek yüksekokulu müfredatlarına dijital ve teknik içeriklerin entegrasyonu
- Mesleki eğitimlerde uygulamalı proje ve modül tabanlı öğrenmenin yaygınlaştırılması
- Üniversitelerde "sanayi danışmanlığı" sisteminin kurulması
- Lisans ve lisansüstü programlarda sanayi odaklı projelerin zorunlu hale getirilmesi

Uygulanabilirlik

- YÖK'ün son yıllarda müfredat esnekliği sağlaması bu değişimi mümkün kılar.
- Uygulamalı projeler için sanayile iş birliği yapacak fakülteler ve bölümler seçilerek başlayabilir.
- Sanayi danışmanlığı modeli, teknokentler ve OSB yönetimlerinin katılımıyla hayata geçirilebilir.

Potansiyel Zorluklar:

- Müfredat dönüşümü zaman alıcıdır ve akademik dirençle karşılaşabilir.
- Sanayi tarafında üniversitelerle birlikte müfredat tasarımı yapacak insan kaynağı sınırlıdır.
- Eğitim kurumlarının altyapısı (laboratuvarlar, yazılımlar, öğretim üyesi eğitimi) sınırlı olabilir.

Aşamalandırma:

- **Kısa Vadeli:** Seçilen pilot üniversitelerde sanayi danışmanlık sistemi başlatılmalı.
- **Orta Vadeli:** Müfredat değişiklikleri ile dijital beceri içerikleri yaygınlaştırılmalı.
- **Uzun Vadeli:** Sanayile sürekli etkileşimli eğitim modeli yasal zemine oturtulmalı.

6.7.2.3. Sürekli Eğitim ve Dijital Öğrenme Ekosisteminin Geliştirilmesi**Kapsam:**

- Sanal ve artırılmış gerçeklik destekli eğitim çözümleri geliştirilmesi
- OSB'lerde bölgesel dijital beceri eğitim merkezlerinin kurulması
- Uzaktan eğitim platformlarının bölgesel eşitsizlikleri azaltacak şekilde yaygınlaştırılması

Uygulanabilirlik:

- T.C. Milli Eğitim Bakanlığı'nın Hayat Boyu Öğrenme Genel Müdürlüğü ve TÜBAK ile ortak platformlar oluşturulabilir.
- OSB'ler hâlihazırda eğitim altyapısına sahip; bölgesel merkezler için uygun ortamlardır.

- Büyük sanayi kuruluşları özel platformlarını KOBİ'lerle paylaşmaya teşvik edilebilir.

Potansiyel Zorluklar:

- **Yüksek donanım maliyetleri:** AR/VR teknolojileri başlangıç yatırımı gerektirir.
- **Dijital uçurum:** Taşra bölgelerinde internet ve donanım eksiklikleri olabilir.
- **Eğitmen açığı:** Yeni teknolojilere hâkim eğitmen bulmak zordur.

Aşamalandırma:

- **Kısa Vadeli:** Halihazırdaki dijital eğitim platformları iş birliğiyle bölgelere yayılmalı.
- **Orta Vadeli:** AR/VR pilot projeleri geliştirilmeli, eğitim içerikleri dijitalleştirilmeli.
- **Uzun Vadeli:** Bölgesel beceri merkezleri ağ sistemi haline getirilmeli.

6.7.2.4. Uluslararası Sertifikasyon ve Mobilite Destekleri**Kapsam:**

- Uluslararası teknik sertifikaların (Cisco, AWS, ISO vb.) yaygınlaştırılması
- Avrupa Birliği programları ile mühendis ve teknikerlerin mobilitesinin artırılması
- Türk mühendislerin uluslararası staj ve proje deneyimleri kazanabileceği burslu programların başlatılması

Uygulanabilirlik:

- Türkiye Ulusal Ajansı ve TÜBİTAK'ın bu alandaki geçmiş deneyimleri değerlendirilebilir.
- Üniversiteler ile uluslararası sanayi kuruluşları arasında ortak sertifika programları başlatılabilir.

Potansiyel Zorluklar:

- Sertifika ücretleri yüksek ve bireysel ödemeye dayalıdır; kamusal teşvik mekanizması gereklidir.
- İngilizce dil yeterliliği çoğu teknik personel için bariyer oluşturabilir.

- Uluslararası iş birliklerinin sürekliliği için siyasi istikrar ve dış politika uyumu gerekir.

Aşamalandırma:

- **Kısa Vadeli:** Ulusal Ajans ve TÜBİTAK destekleriyle sertifika burs fonları oluşturulmalı.
- **Orta Vadeli:** Üniversite-sanayi konsorsiyumları üzerinden ortak eğitim içerikleri geliştirilmeli.
- **Uzun Vadeli:** Türk mühendislerin Avrupa mühendislik sistemine tam entegrasyonu için ortak akreditasyon mekanizmaları tasarlanmalı.

Bu politika önerilerinin etkili bir şekilde hayata geçirilebilmesi için ulusal koordinasyon mekanizmalarının kurulması ve paydaşlar arası güvene dayalı bir yönetim yaklaşımının benimsenmesi gerekmektedir. Kamu kurumları (YÖK, MEB, TÜBİTAK), özel sektör (sanayi odaları, OSB'ler, büyük firmalar), üniversiteler ve STK'lar arasında düzenli iletişim ve veri paylaşımına dayalı izleme sistemleri bu sürecin başarısında kritik rol oynayacaktır.

Sanayi 4.0 çağı ile birlikte, üretim teknolojilerinin değişimi sadece ekonomik yapı üzerinde değil, insan kaynağı planlamasında da köklü bir dönüşüm yaratmaktadır. Türkiye'nin küresel düzeyde rekabet gücünü sürdürebilmesi; kamu, özel sektör ve akademi arasında güçlü iş birlikleriyle şekillenecek insan odaklı bir dönüşüm politikası gerektirmektedir. Teknolojik yetkinliklerin yanında sosyal, yönetsel ve eleştirel düşünme becerileri de göz önüne alınarak çok boyutlu bir beceri stratejisi tasarlanmalıdır.

Bu çerçevede, nitelikli iş gücünün yetiştirilmesi, eğitim sisteminin esnekleştirilmesi, yaşam boyu öğrenmenin kurumsallaşması ve teknoloji-yoğun sektörlerle doğrudan iş birliği içinde eğitim politikalarının yeniden yapılandırılması, Türkiye'nin sanayi ve teknoloji alanındaki büyümesini sürdürülebilir kılacak temel yapı taşlarıdır.

Kaynaklar

Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2019). Automation and new tasks: How technology displaces and reinstates labor. *Journal of Economic Perspectives*, 33(2), 3–30. <https://doi.org/10.1257/jep.33.2.3>

Acemoglu, D., & Autor, D.H. (2011). Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings. İçinde Card, D & Ashenfelter, O. (Ed.). *Handbook of Labor Economics*, (Cilt 4, s. 1043-1171). Elsevier.

ASELSAN. (t.y.). ASELSAN Akademi Lisansüstü Eğitim Programı. ASELSAN. <https://www.aselsan.com/tr/inovasyon/aselsan-akademi>

Autor, D. H. (2015). Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation. *Journal of Economic Perspectives*, 29(3), 3–30. <https://doi.org/10.1257/jep.29.3.3>

Aydın Kuş, A. R. (2024). İmalat sanayisinde “nitelikli eleman” bulmak zorlaşıyor. Anadolu Ajansı. <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/imalat-sanayisinde-nitelikli-eleman-bulmak-zorlasiyor/3289176>

Billett, S. (2011). *Vocational education: Purposes, traditions and prospects*. Springer.

BCG (Boston Consulting Group). (2023). Reskilling for a Rapidly Changing World. <https://www.bcg.com/publications/2023/reskilling-workforce-for-future>

Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. Norton & Company.

Cappelli, P. (2015). Skill gaps, skill shortages, and skill mismatches: Evidence and arguments for the United States. *ILR Review*, 68(2), 251–290. <https://doi.org/10.1177/0019793914564961>

Evans, D. (2011) *The Internet of Things: How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything*. Cisco. http://www.cisco.com/web/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf

Denizli Organize Sanayi Bölgesi Teknik Koleji. (t.y.). Elektrik-Elektronik Teknolojileri Alanı. Erişim adresi: <https://www.dos-tek-koleji.com/alanlarimiz/elektrik-elektronik-teknolojileri-alani>

Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: From National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations. *Research Policy*, 29(2), 109–123. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00055-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4)

Gaziantep Organize Sanayi Bölgesi Teknik Koleji. (t.y.). Alan ve Dallar. Erişim adresi: <https://gaosbmtal.k12.tr/lise/alan-ve-dallar/>

Goos, M. ve Manning, A. (2007). Lousy and lovely jobs: The rising polarization of work in Britain, *The Review of Economics and Statistics*, 89(1), 118–133. <https://doi.org/10.1162/rest.89.1.118>

İstanbul Sanayi Odası. (2023). Üniversite Mezunlarının İş Hayatına Uyum Araştırması. İstanbul: ISO Yayınları.

KOSMESEM (Konya Organize Sanayi Mesleki Eğitim Merkezi). (t.y.a). Okulumuz açıldı. Erişim adresi: https://kosmesem.meb.k12.tr/icerikler/okulumuz-acildi_14437127.html

KOSMESEM (Konya Organize Sanayi Mesleki Eğitim Merkezi). (t.y.b). Okulumuz özel program ve proje uygulayan eğitim kurumları kapsamına alındı. Erişim adresi: https://kosmesem.meb.k12.tr/icerikler/okulumuz-ozel-program-ve-proje-uygulayan-egitim-kurumlari-kapsamina-alindi_15365172.html

Manpower Group (2022), Turkey's 2022 Talent Shortage. https://go.manpowergroup.com/hubfs/Talent%20Shortage%2022/MPG_2022_TS_Infographic-Turkey.pdf

McKinsey (2020). Future of work: Turkey's talent transformation in the digital era. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/-/media/mckinsey/featured%20insights/future%20of%20organizations/the%20future%20of%20work%20in%20turkey/future-of-work-turkey-report.pdf>

OECD. (2020). The digital transformation of education: Connecting schools and skills. OECD Publishing. <https://www.oecd.org/education/>

OECD. (2020a). Adult learning and COVID-19: How much informal and non-formal learning are workers missing? OECD Policy Responses to Coronavirus (COVID-19). <https://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/>

Oxford Economics (2021), Global Talent 2021, How the new geography of talent will transform human resource strategies. <https://www.oas.org/en/sedi/docs/GlobalTalent2021.pdf>

Perkmann, M., Tartari, V., McKelvey, M., Autio, E., Broström, A., D'Este, P., ... & Sobrero, M. (2013). Academic engagement and commercialisation: A review of the literature on university-industry relations. Research Policy, 42(2), 423–442. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.09.007>

PwC (2018), Will robots really steal our jobs? An international analysis of the potential long term impact of automation. <https://www.pwc.co.uk/economic-services/assets/international-impact-of-automation-feb-2018.pdf>

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2025). Ar-Ge, Tasarım Merkezleri ve TGB. T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. Veri güncelleme tarihi: 6.03.2025. <https://www.sanayi.gov.tr/arge-tasarim-merkezleri-ve-tgb>

TUSAŞ (Türk Havacılık ve Uzay Sanayii). (t.y.). TUSAŞ sanal gerçeklik ile 5 bin teknisyenine üretim ve tasarım eğitimi veriyor. <https://www.tusas.com/medya-merkezi/haberler/tusas-sanal-gerceklik-ile-5-bin-teknisyenine-uretim-ve-tasarim-egitimi-veriyor>

TÜBİTAK. (2017). Sanayi Tezleri (San-Tez) Programı, TÜBİTAK tarafından yürütülecektir. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu. <https://tubitak.gov.tr/duyuru/sanayi-tezleri-san-tez-programi-tubitak-tarafindan-yurutulecektir>

TÜBİTAK. (2020). ARDEB tanıtım sunumu 2020. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu. https://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/19970/ardeb_tanitim_sunumu_2020_0.pdf

TÜBİTAK. (2022). BİDEB 2244-Sanayi Doktora Programı başvuruya açıldı. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu. <https://tubitak.gov.tr/duyuru/bideb-2244-sanayi-doktora-programi-basvuruya-acildi>

TÜBİTAK. (2024a). 2023 yılı Ar-Ge harcaması 377 milyar 542 milyon TL olarak gerçekleşti. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu. <https://tubitak.gov.tr/haber/2023-yili-ar-ge-harcamasi-377-milyar-542-milyon-tl-olarak-gerceklesti>

TÜBİTAK. (2024b). 2209-B - Üniversite Öğrencileri Sanayiye Yönelik Araştırma Projeleri Desteği Programı. Retrieved from <https://tubitak.gov.tr/burslar/lisans-onlisans/destek-programlari/2209-b-universite-ogrencileri-sanayiye-yonelik-arastirma-projeleri-destegi-programi>

TÜBİTAK. (t.y.). 1505 - Üniversite-Sanayi İşbirliği Destek Programı. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu. <https://tubitak.gov.tr/destekler/sanayi/ulusal-destek-programlari/1505-universite-sanayi-isbirligi-destek-programi>

TÜDÖKSAD. (2023). Sanayide kapasite artışına 'nitelikli istihdam' bariyeri. Türkiye Döküm Sanayicileri Derneği. <https://tudoksad.org.tr/sanayide-kapasite-artisina-nitelikli-istihdam-bariyeri>

World Economic Forum. (2023). The Future of Jobs Report 2023. Geneva: WEF. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2023.pdf

Yalova Üniversitesi. (2019). Yalova Üniversitesi'nden Türkiye'nin ilk istihdam garantili meslek yüksekokulu. Yalova Üniversitesi. <https://yalova.edu.tr/Icerik/Detay/yalova-universitesinden-turkiyenin-ilk-istihdam-garantili-meslek-yuksekokulu>

Yılmaz, E. (2024). ASELSAN Genel Müdürü Akyol: ASELSAN Akademi, dördüncü nesil üniversite modelinin en başarılı örneğini oluşturuyor. Anadolu Ajansı. <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/aselsan-genel-muduru-akyol-aselsan-akademi-dorduncu-nesil-universite-modelinin-en-basarili-ornegini-olusturuyor/3328502>

Yükseköğretim Kurulu. (2021). Üniversite-Sanayi İşbirliğinin Geliştirilmesi Eylem Planı. Yükseköğretim Kurulu. <https://www.yok.gov.tr/Documents/Yayinlar/Yayinlarimiz/2021/universite-sanayi-isbirliginin-gelistirilmesi-eylem-planı.pdf>

7. ÇEVRE VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Prof. Dr. Mustafa Evren Erşahin
İTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü

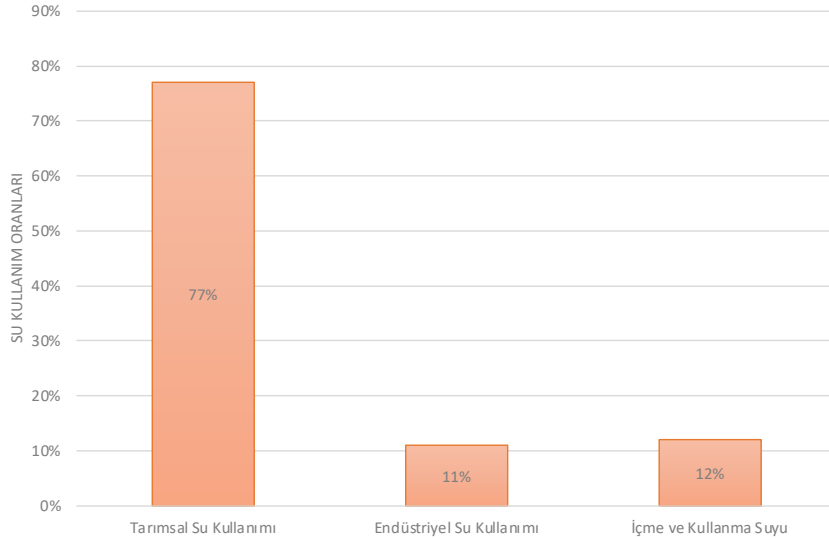
Prof. Dr. Hatice Camgöz Akdağ
İTÜ İşletme Mühendisliği Bölümü

7.1. Giriş

Küresel düzeyde yaşanan çevresel krizler, doğal kaynakların tükenmesi, ekosistem tahribatı ve iklim değişikliği gibi olgular, sanayi sektörünün sürdürülebilirlik bağlamında yeniden değerlendirilmesini zorunlu kılmıştır. Artan nüfus, yoğun sanayileşme ve kontrolsüz doğal kaynak tüketimi, çevresel bozulmanın başlıca nedenleri arasında yer almakta; bu durum, sanayi politikalarının çevresel sürdürülebilirlik ilkeleriyle uyumlu biçimde yeniden şekillendirilmesini gündeme getirmiştir (UNEP, 2010).

Sanayi faaliyetleri, özellikle su kaynaklarının kullanımı, sera gazı salımı ve atık üretimi açısından çevresel baskının en yoğun hissedildiği sektörlerdendir. Türkiye'de sanayi sektörünün su kullanım oranı toplam su tüketiminin %5,73'ünü oluştururken, sanayi kaynaklı karbon emisyonları toplam emisyonların %30'una yaklaşmaktadır (TÜİK, 2025). Bununla birlikte, bu oranlar birçok Avrupa ülkesiyle kıyaslandığında düşük görünmekle beraber, sanayileşmenin hızla arttığı Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler açısından uzun vadede sürdürülebilirlik risklerini beraberinde getirmektedir. Nitekim Şekil 7.1'de gösterildiği üzere, Türkiye'de sanayi sektörü su kullanımında Avrupa ortalamasının (%40) oldukça gerisindedir; ancak 2030'a kadar bu oranın %22'ye ulaşması beklenmektedir (DSİ, 2020; AÇA, 1999).

Şekil 7.1 Türkiye'de sektörel su kullanımları (2021 yılı) (Öztürk vd., 2024)



Türkiye, bu çevresel baskılarla mücadele kapsamında önemli uluslararası anlaşmalara taraf olmuştur. Özellikle 2021 yılında Paris Anlaşması'nın onaylanmasıyla birlikte, 2053 yılına kadar net sıfır emisyon hedefi resmi politika haline getirilmiştir (UNFCCC, 2022). Bu taahhüt, sanayi sektöründe karbon salınımlarının azaltılmasını, yenilenebilir enerji kullanımının yaygınlaştırılmasını ve kaynak verimliliğinin artırılmasını zorunlu kılmaktadır (ÇŞİDB, 2024; T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2024).

Bu dönüşüm, yalnızca çevresel değil, aynı zamanda stratejik bir zorunluluk olarak da öne çıkmaktadır. Geleneksel üretim modellerinin çevresel ve ekonomik maliyetleri, teknolojik rekabet gücünün korunması ve iklim değişikliğine karşı direncin artırılması bakımından sürdürülebilirlik odaklı sanayi politikalarını kaçınılmaz hale getirmiştir (EC, 2020a). Bu bağlamda sürdürülebilirlik yönetimi, yalnızca çevresel uyumluluk için değil, aynı zamanda sanayi ve teknolojiye yapısal dönüşümün temel aracı olarak değerlendirilmelidir.

Nitekim Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması (Carbon Border Adjustment Mechanism - CBAM) gibi küresel düzenlemeler, yalnızca çevresel performansı değil, aynı zamanda ticaret politikalarını da etkilemektedir. Türkiye'nin toplam ihracatının yaklaşık %40'ının AB'ye yapıldığı dikkate alındığında, bu düzenlemelere uyum sağlamak sadece çevresel değil, aynı zamanda ekonomik rekabetçiliğin korunması açısından da yaşamsal önemdedir (EU CBAM Regulation, 2023).

Sonuç olarak, Türkiye'nin sanayi ve teknoloji politikaları çevresel sürdürülebilirliği merkeze alan bir yaklaşımla yeniden yapılandırılmak zorundadır. Bu süreç, sadece kaynak tüketiminin azaltılması veya emisyonların sınırlandırılmasıyla sınırlı kalmamalı; aynı zamanda sanayi üretiminde yenilikçiliği teşvik eden, döngüsel ekonomiyi destekleyen ve yeşil teknolojilere yatırım yapan bütüncül bir dönüşüm çerçevesine oturtulmalıdır. Bu bölümün devamında, çevresel baskıların çok boyutlu analizleri ile sürdürülebilirlik yönetiminin yapısal bileşenleri detaylı olarak incelenecektir.

7.2. Kavramsal Çerçeve: Sürdürülebilirlik ve Yönetim Modelleri

Sanayi ve teknoloji politikalarının yeniden şekillendirilmesinde sürdürülebilirliğe dayalı yönetim modelleri, yalnızca çevresel bir sorumluluk değil, aynı zamanda stratejik bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır. Bu bölümde, çevresel sürdürülebilirlikten döngüsel ekonomiye, uluslararası iklim rejimlerinden kurumsal sürdürülebilirlik göstergelerine uzanan temel kavramlar, Türkiye'nin sanayi bağlamına uyarlanarak ele alınmaktadır.

7.2.1. Çevresel Sürdürülebilirlik

Çevresel sürdürülebilirlik, ekolojik sistemlerin taşıma kapasitesini aşmadan doğal kaynakların korunmasını, geri kazanılmasını ve gelecek nesillere aktarılmasını hedefler. Sanayide çevresel sürdürülebilirlik, su, enerji ve hammadde kullanımının minimize edilmesini ve çevresel dışsallıkların azaltılmasını içerir (Elkington, 1998; Lozano, 2015). Türkiye'de sanayi faaliyetlerinin su ve karbon üzerindeki baskısı her geçen yıl artmakta; bu durum, sürdürülebilirlik ilkelerinin sanayi politikalarına entegrasyonunu zorunlu kılmaktadır.

7.2.2. Döngüsel Ekonomi

Döngüsel ekonomi, üretim ve tüketim süreçlerinde atığın yeniden kaynak haline dönüştürüldüğü, sistemde daha uzun süre tutulan malzeme akışlarını hedefleyen bir modeldir (Geissdoerfer vd., 2017). AB'nin 2020 Döngüsel Ekonomi Eylem Planı, 2030 yılına kadar atık miktarını %50 azaltmayı ve malzeme verimliliğini artırmayı amaçlamaktadır (EC, 2020a). Türkiye'de bu çerçevede yürütülen Sıfır Atık Projesi, sanayide döngüsellik ilkelerinin benimsenmesi açısından önemli bir adımdır (UNCCC, 2022).

Sanayi sektörlerinde özellikle tekstil, inşaat ve otomotiv alanlarında döngüsel uygulamaların yaygınlaştırılması; malzeme geri dönüşümünü, yeniden kullanım süreçlerini ve sürdürülebilir tasarımı içermektedir (EU Circular Economy Action Plan, 2023).

7.2.3. Yeşil Dönüşüm

Yeşil dönüşüm, yalnızca çevresel hedeflerle uyumlu üretim tekniklerini değil, aynı zamanda tüm ekonomik modelin yeniden yapılanmasını ifade eder. Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Örgütü (Organisation for Economic Co-operation and Development - OECD)'ye göre, yeşil dönüşüm hem düşük karbon teknolojilerinin yaygınlaştırılmasını hem de iş modellerinde çevre duyarlılığının artmasını kapsamaktadır (OECD, 2017). Türkiye'de enerji verimliliği yatırımları, atık ısı geri kazanım sistemleri ve yenilenebilir enerji projeleri bu dönüşümün sanayi boyutunu temsil etmektedir (Özbektaş vd., 2023).

7.2.4. Emisyon Ticaret Sistemi ve CBAM

Emisyon Ticaret Sistemi (ETS), karbon emisyonlarına bir maliyet getiren piyasa-temelli bir mekanizmadır. AB ETS sisteminde, şirketler belirli emisyon kotaları dâhilinde faaliyet göstermekte; fazla emisyon yapanlar, karbon kredisini piyasadan satın almak zorunda kalmaktadır (EU ETS Directive, 2003/87/EC). Türkiye'de 2024 itibarıyla ETS'nin pilot uygulamasına geçilmiş, bu durum karbon fiyatlandırma mekanizmalarının geliştirilmesini gündeme getirmiştir.

Buna paralel olarak, AB tarafından uygulamaya konulan Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması (CBAM), karbon yoğun ürünlerin ithalatında ek maliyet yaratmaktadır. Türkiye'nin başlıca ihracat sektörleri olan demir-çelik, alüminyum ve çimento bu sistemden doğrudan etkilenecektir (EU CBAM Regulation, 2023).

7.2.5. Paris Anlaşması ve Avrupa Yeşil Mutabakatı

Paris Anlaşması, küresel sıcaklık artışını 1,5°C ile sınırlandırma hedefini ortaya koyan tarihsel bir iklim anlaşmasıdır. Türkiye, bu anlaşmayı 2021 yılında onaylayarak 2053 yılına kadar net sıfır emisyon hedefini taahhüt etmiştir (UNFCCC, 2022). Bu hedefe ulaşmak için sanayi sektörünün 2030 yılına kadar emisyonlarını %21 oranında azaltması gerekmektedir (ÇŞİDB, 2024).

Avrupa Yeşil Mutabakatı ise AB'nin 2050 yılına kadar karbon nötr hale gelme stratejisini içermektedir (EC, 2020b). Yenilenebilir enerjiye geçiş, sürdürülebilir ulaşım sistemleri ve döngüsel ekonominin entegrasyonu gibi başlıkları içeren mutabakat, Türkiye'nin dış ticareti üzerinde de belirleyici bir etkiye sahiptir. Türkiye ihracatının büyük bir bölümü AB ülkelerine gerçekleştiği için, sanayi üretiminin bu yeni normlara uyumlu hale gelmesi kaçınılmazdır.

7.2.6. Sürdürülebilirlik Yönetimi ve ESG Performansı

Sürdürülebilirlik yönetimi, yalnızca çevresel uyumu değil; ekonomik dirençlilik, rekabet gücü ve sosyal sorumlulukları da içeren bütüncül bir yönetim çerçevesidir. Bu bağlamda Çevresel, Sosyal, Yönetişim (Environmental, Social, Governance - ESG) performansı, şirketlerin sürdürülebilirlik düzeylerini değerlendiren kritik bir göstergedir. Türkiye'de Borsa İstanbul'da işlem gören emisyon yoğun sektörlerdeki firmaların birçoğu sürdürülebilirlik raporu yayımlamaktadır. Ancak sosyal performans açısından hâlâ iyileştirme gereksinimi bulunmaktadır. Örneğin, kadın istihdam oranı %12 ile düşük seviyededir (TÜİK, 2024), iş sağlığı ve güvenliği göstergeleri ise özellikle ağır sanayide ulusal ortalamanın oldukça üzerindedir (SGK, 2023).

7.3. Sanayi Sektörünün Çevresel Etkileri ve Yönetimi

Sanayi sektörü, doğal kaynak kullanımı ve çevresel etkiler açısından en yoğun baskıya sahip sektörlerden biridir. Türkiye'de sanayi faaliyetlerinin su, enerji ve ham madde tüketimi ile sera gazı emisyonları üzerindeki etkisi giderek artmakta; bu da sürdürülebilir sanayi politikalarının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu bölümde, sanayi sektörünün çevresel etkileri dört temel başlık altında incelenmektedir.

7.3.1. Su Kullanımı ve Sektörel Farklılıklar

Sanayi sektörleri, toplam su tüketimi içindeki payı %5,73 düzeyinde olmasına rağmen, bu tüketim yüksek yoğunluklu alanlarda (örneğin organize sanayi bölgeleri) ciddi çevresel baskı yaratmaktadır. Şekil 7.1'ye göre Türkiye'de tarım sektörü toplam su kullanımının %76,2'sini oluştururken, belediye hizmetleri %18,1'lik, sanayi ise %5,73'lük paya sahiptir. Ancak bu oranlar, bölgesel dağılıma göre büyük değişkenlik göstermektedir. Örneğin Marmara ve Ege bölgelerinde sanayi su tüketiminin oranı %15'e kadar çıkmaktadır (DSİ, 2020).

Gelişmiş ülkelerle kıyaslandığında, Türkiye sanayisinin su kullanımında Avrupa ortalamasının (%40) gerisinde olması, sanayileşmenin artmasıyla birlikte bu oranın gelecekte hızla yükselebileceğini göstermektedir.

7.3.2. Atıksu Yönetimi ve İleri Arıtım Teknolojileri

Sanayi faaliyetleri sonucu oluşan atıksular, genellikle yüksek kimyasal yük içerdiği için doğal ekosistemler üzerinde ciddi tehdit oluşturmaktadır. Türkiye'de organize sanayi bölgelerinin büyük oranda ortak atıksu arıtma tesisi bulunsu da bu tesislerin çoğu ileri arıtım teknolojilerinden yoksundur veya enerji maliyetleri nedeniyle etkin bir biçimde çalıştırılmamaktadır.

Ağır metal, boya ve çözücü içeren atıksuların arıtılmadan doğaya bırakılması durumunda hem yüzey hem de yer altı su kaynaklarında kalıcı kirlilik oluşmakta; bu durum, özellikle tarım ve içme suyu güvenliğini tehdit etmektedir. İleri oksidasyon, membran filtrasyon ve biyolojik arıtım teknolojileri gibi çevre dostu sistemlerin kullanımı henüz az olduğu düşünülmektedir. Sanayi politikalarının, bu alandaki teknoloji yatırımlarını teşvik edecek şekilde tasarlanması büyük önem taşımaktadır.

7.3.3. Hammadde Kullanımı ve Çevresel Etkiler

Türkiye sanayi sektörünün kullandığı hammaddelerin büyük bölümü dışa bağımlıdır. Özellikle enerji yoğun sektörlerde (çimento, alüminyum, demir-çelik) kullanılan hammaddeler, çıkarıldıkları bölgelerde çevresel tahribat yaratmakta; işleme süreçlerinde ise yüksek miktarda enerji ve su tüketimiyle ciddi karbon salımı oluşmaktadır (IEA, 2024; World Bank, 2023).

Özellikle demir-çelik üretiminde, elektrik ark ocaklarında hurda kullanım oranı %78 ile Avrupa ortalamasının üzerindedir; bu durum döngüsel ekonomi açısından olumlu bir gösterge olsa da entegre tesislerdeki kömür bazlı üretim çevresel maliyeti artırmaktadır (World Steel Association, 2023). Alüminyum sektöründe ise enerji verimliliği görece yüksek olsa da elektroliz sürecindeki karbon yoğunluk önemli bir sorundur (IAI, 2023).

Sanayide hammadde tüketiminin azaltılması ve alternatif, sürdürülebilir kaynaklara yönelim, çevresel etkilerin hafifletilmesinde önemli bir strateji olarak öne çıkmaktadır.

7.3.4. Sera Gazı Emisyonları ve Sektörel Katkıları

Türkiye'nin toplam sera gazı emisyonlarının yaklaşık %30'u sanayi sektöründen kaynaklanmaktadır (TÜİK, 2025). En yüksek katkı demir-çelik, çimento ve kimya sektörlerinden gelmektedir. Örneğin çimento sektörü, Türkiye'nin sanayi kaynaklı CO₂ emisyonlarının %12'sinden sorumludur. Sektörde alternatif yakıt kullanımı %18 civarındadır, ancak bu oran AB ortalamasının (%48) oldukça altındadır (Cembureau, 2020; Türkçimento, 2023).

Sanayi kaynaklı sera gazı emisyonlarında karbon azaltma stratejileri sektörlere özgü olarak kurgulanması gerekmektedir. Bu bağlamda, elektrik ark ocakları, hidrojen bazlı indirgeme teknolojileri, karbon yakalama ve depolama sistemleri (CCUS) gibi çözümler, özellikle demir-çelik ve çimento gibi yoğun emisyon üreten sektörlerde öncelikli yatırım alanlarıdır (IEA, 2024; T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2023).

7.4. Karbonsuzlaşma Teknolojileri

Karbonsuzlaşma, özellikle emisyon yoğun sektörlerde düşük karbonlu üretim modellerinin hayata geçirilmesiyle mümkün olabilir. Demir-çelik sektörü, Türkiye'nin sanayi kaynaklı karbon salınımlarında %7'lik paya sahiptir. Bu sektörde elektrik ark ocaklarının yaygınlaştırılması ve hidrojen bazlı indirgeme yöntemlerinin geliştirilmesi, karbon ayak izini %90'a kadar azaltma potansiyeline sahiptir (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2023).

Çimento sektöründe klinker oranının düşürülmesi, puzolanik katkı maddelerinin artırılması ve karbon yakalama ve depolama (Carbon Capture Usage and Storage - CCUS) teknolojilerinin yaygınlaştırılması, sürdürülebilirlik hedefleri açısından kritik görülmektedir (Türkçimento, 2023). Ayrıca, plastik ve kimya sektörlerinde biyo-bazlı hammaddelere geçiş ve geri dönüşüm teknolojilerine yapılan yatırımlar da karbonsuzlaşma sürecini desteklemektedir (PAGEV, 2021; GEKADER, 2022).

7.4.1. Sürdürülebilirlik Yönetimi Stratejileri

Türkiye'nin sanayi ve teknoloji politikalarında sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşması, yalnızca çevresel düzenlemelere uyumla değil; aynı zamanda yapısal dönüşüm stratejilerinin etkin uygulanmasıyla mümkündür. Bu bölümde, sürdürülebilirlik yönetiminin temel uygulama alanları olan enerji verimliliği, karbonsuzlaşma teknolojileri, dijitalleşme ve kaynak verimliliği ile Ar-Ge ve üniversite-sanayi işbirliklerine dayanan stratejik yaklaşımlar ele alınmaktadır.

7.4.2. Enerji Verimliliği

Enerji verimliliği, Türkiye'nin hem çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmasında hem de enerji arz güvenliğini sağlamasında kritik bir strateji olarak öne çıkmaktadır. Sanayi sektörü, Türkiye'nin toplam enerji tüketiminin yaklaşık %32'sini oluşturmakta olup özellikle demir-çelik, çimento, kimya ve seramik gibi enerji yoğun sektörlerde verimlilik potansiyeli oldukça yüksektir (IEA, 2024).

7.4.3. Dijitalleşme ve Kaynak Verimliliği

Dijitalleşme, sürdürülebilirlik yönetimini kolaylaştıran, izleme-değerlendirme süreçlerini şeffaflaştıran ve kaynak kullanımını optimize eden temel araçlardan biridir. Akıllı üretim teknolojileri, sensör tabanlı sistemler, yapay zekâ destekli karar destek sistemleri ve dijital ikiz teknolojileri, üretim süreçlerinde enerji, su ve hammadde tüketimini azaltmakta; aynı zamanda operasyonel verimliliği artırmaktadır (OECD Digital Economy Outlook, 2023). Sanayi 4.0 uygulamalarının yaygınlaştırılması, küçük ve orta ölçekli işletmelerin (KOBİ) dijital dönüşüme entegrasyonunu hızlandırmakta; böylece kaynak verimliliği, atık yönetimi ve karbon izleme süreçleri daha etkin yönetilebilmektedir.

7.4.4. Ar-Ge Yatırımları ve Üniversite-Sanayi İşbirlikleri

Sürdürülebilirlik hedeflerinin gerçekleştirilmesinde yenilikçi çözümler ve teknolojik gelişmeler belirleyici rol oynamaktadır. Bu nedenle Ar-Ge yatırımları ve üniversite-sanayi işbirlikleri, yeşil dönüşüm stratejilerinin merkezinde yer almaktadır. Türkiye'nin Ar-Ge ve İnovasyon altyapısı, temiz üretim teknolojilerinin, enerji verimliliği sağlayan yazılım ve donanımların, sürdürülebilir malzeme inovasyonlarının geliştirilmesinde kritik rol oynayabilir. Üniversitelerle yapılan işbirlikleri sayesinde, yüksek katma değerli üretime geçiş mümkün olmakta; kamu destekli projelerle karbon azaltım hedeflerine yönelik teknolojiler geliştirilebilmektedir.

7.5. Emisyon Yoğun Sektörlerde ESG Performansı

Emisyon yoğun sektörlerin sürdürülebilirlik dönüşümündeki başarısı, yalnızca teknolojik çözümlere değil, aynı zamanda çevresel, sosyal ve yönetim (ESG) performansının bütüncül biçimde iyileştirilmesine bağlıdır. Bu bağlamda, demir-çelik, alüminyum ve çimento gibi sektörlerdeki çevresel etkiler, iş sağlığı ve toplumsal kapsayıcılık gibi sosyal göstergeler ile kurumsal yönetim yaklaşımları, ESG performans değerlendirmelerinin temel bileşenlerini oluşturmaktadır.

7.5.1. Demir-Çelik, Alüminyum ve Çimento Sektörlerinde Çevresel Performans

Türkiye'de toplam sanayi emisyonlarının %25'ine yakın bir bölümü demir-çelik, çimento ve alüminyum sektörlerinden kaynaklanmaktadır (TÜİK, 2025). Bu sektörlerin karbon yoğunlukları, kullandıkları hammadde ve üretim tekniklerine bağlı olarak yüksek düzeydedir.

Demir-çelik sektöründe, elektrik ark ocaklarında hurda kullanım oranı %78 ile Avrupa ortalamasının üzerindedir ve bu durum sektörde döngüsel ekonomiye geçiş açısından olumlu bir görünüm sunmaktadır (World Steel Association, 2023). Ancak, entegre tesislerde kömür kullanımı devam ettiği sürece karbon yoğunluğu ciddi bir sorun olmaya devam edecektir (IEA, 2024).

Alüminyum üretimi ise elektroliz süreci nedeniyle yüksek enerji tüketimine sahiptir. Türkiye'de enerji yoğunluğu dünya ortalamasının %10-15 altında olsa da yenilenebilir enerji kullanım oranlarının artırılması gerekmektedir (IAI, 2023).

Çimento sektörü ise sanayi kaynaklı CO₂ emisyonlarının yaklaşık %12'sinden sorumludur. Alternatif yakıt kullanım oranı %18'e ulaşsa da bu oran AB ortalaması olan %48'in oldukça gerisindedir (Türkçimento, 2023; Cembureau, 2020). Puzolanik katkıların artırılması ve karbon yakalama teknolojilerinin kullanımı gibi çözümler henüz yaygın değildir.

7.5.2. Sosyal Sürdürülebilirlik Göstergeleri

Sanayi sektörlerinde sosyal sürdürülebilirliğe ilişkin en temel göstergelerden biri iş sağlığı ve güvenliğidir. Sosyal Güvenlik Kurumu'nun verilerine göre, ağır sanayi sektörlerinde ölümlü iş kazası oranı ulusal ortalamanın 2,3 katı düzeyindedir (SGK, 2023). Bu durum, sanayi işletmelerinde iş güvenliği kültürünün henüz kurumsallaşmadığını göstermektedir.

Kadın istihdamı da sosyal sürdürülebilirliğin bir diğer kritik alanıdır. Türkiye'de imalat sanayindeki kadın istihdam oranı %19 iken, emisyon yoğun sektörlerde bu oran %12 civarındadır (TÜİK, 2024). Kadınların bu sektörlerde erişimindeki düşük oran hem toplumsal cinsiyet eşitliği açısından hem de sürdürülebilir kalkınma hedefleri bakımından bir eksikliktir. Ayrıca, sanayi tesislerinin yoğunlaştığı bölgelerde hava kirliliği kaynaklı sağlık sorunlarında artış gözlemlenmekte, bu durum bölge halkının yaşam kalitesini doğrudan etkilemektedir.

7.5.3. Yönetişim ve Sürdürülebilirlik Raporlaması

Sürdürülebilirlik raporlaması ve kurumsal yönetim uygulamaları, emisyon yoğun sektörlerin şeffaflık, hesap verebilirlik ve dönüşüme açıklık düzeylerini ortaya koymaktadır.

Karbon yönetimi konusunda sektör genelinde hâlâ önemli boşluklar bulunmaktadır. Bu durum, ESG performansını yalnızca raporlamaya indirgeyen bir yaklaşımın yerine, yönetim ilkelerini stratejik planlamaya entegre eden bütüncül bir anlayışın gerekliliğini göstermektedir.

7.6. Politika Önerileri ve Sonuç

Türkiye'nin sanayi ve teknoloji sektörlerinin çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşması, sadece teknik çözümlerle değil; aynı zamanda sistematik, çok aktörlü ve bütüncül bir politika çerçevesiyle mümkün olacaktır. Bu bölümde, önceki analizlerde öne çıkan bulgular ışığında dört ana politika alanında öneriler sunulmaktadır.

7.6.1. Döngüsel Ekonomi Uygulamalarının Yaygınlaştırılması

Döngüsel ekonomi prensiplerinin sanayi politikalarına entegrasyonu, sürdürülebilir üretim ve tüketim zincirlerinin inşasında kritik rol oynamaktadır. Tekstil, otomotiv, inşaat ve plastik gibi sektörlerde malzeme döngüsellüğünün artırılması; atıkların yeniden işlenmesi, ürünlerin onarımı ve yeniden kullanımı gibi uygulamalarla desteklenmelidir (Ellen MacArthur Foundation, 2015; EC, 2020a).

Sıfır Atık Projesi gibi mevcut girişimlerin kapsamı genişletilmeli, kamu alımları aracılığıyla döngüsel ürünlere öncelik verilmelidir. Organize sanayi bölgelerinde atık değişim pazarları kurulması, endüstriyel simbiyoz uygulamalarının gelişimini teşvik edebilir.

7.6.2. Yeşil Finansman Araçlarının Kullanımının Artırılması

Sanayide sürdürülebilirlik yatırımlarının artırılması, büyük ölçüde finansal teşviklerin yeterliliğine bağlıdır. Bu kapsamda yeşil tahvil, sürdürülebilir kredi, çevresel performansa dayalı yatırım fonları gibi araçların yaygınlaştırılması gerekmektedir (World Bank, 2024).

Bankacılık sektörü ve kalkınma finansman kuruluşları, enerji verimliliği, karbon yakalama, atık yönetimi ve çevreci teknoloji projelerini düşük faizli uzun vadeli finansmanla desteklemelidir. Ayrıca, KOBİ'lerin bu araçlara erişimini kolaylaştıracak rehberlik ve danışmanlık programları oluşturulmalıdır.

7.6.3. Uluslararası Düzenlemelere Uyumun Hızlandırılması

Avrupa Yeşil Mutabakatı, Paris Anlaşması ve CBAM gibi düzenlemelere uyum, Türkiye'nin hem ihracat pazarlarını koruması hem de küresel sürdürülebilirlik hedeflerine katkı sunması açısından yaşamsal önemdedir. 2026'da yürürlüğe girecek olan CBAM kapsamında demir-çelik, çimento, alüminyum gibi sektörler doğrudan etkilenecektir (EU CBAM Regulation, 2023).

7.6.4. Kapasite Geliştirme ve Eğitim Önerileri

Yeşil dönüşümün sürdürülebilir ve kalıcı olması, iş gücünün dönüşümüne ve kurumsal kapasitenin geliştirilmesine bağlıdır. Özellikle enerji verimliliği uzmanlığı, çevresel raporlama, karbon yönetimi ve dijital dönüşüm konularında teknik eğitimin artırılması gerekmektedir. Bu kapsamda, sürdürülebilirlik okur yazarlığını geliştirmeye yönelik temel eğitimlerin yaygınlaştırılması büyük önem taşımaktadır. Bu tür eğitimler sayesinde, bireyler ve kurumlar çevresel konulara dair farkındalıklarını artırmakta, sürdürülebilir kararlar alma becerileri kazanmaktadır.

Üniversite-sanayi işbirlikleri çerçevesinde, meslek yüksekokulları ve mühendislik fakültelerinde "yeşil yetkinlikler" odaklı yeni modüller geliştirilmelidir. Bu modüller, yalnızca teknik bilgiye değil, aynı zamanda sürdürülebilirlik yönetimi, kurumsal sosyal sorumluluk ve çevresel etik gibi yönetsel ve etik boyutlara da odaklanmalıdır. Ayrıca kamu bürokrasisinde de çevre ve sürdürülebilirlik alanında kapasite artırıcı eğitim programları tasarlanmalıdır. Bu eğitim programlarına sürdürülebilirlik raporlaması (örneğin GRI, TCFD gibi uluslararası standartlara dayalı uygulamalar) ve çevresel performans ölçütlerinin izlenmesi gibi uygulamalı içerikler de dahil edilmelidir. Böylece hem özel sektör hem de kamu kurumları sürdürülebilirlik performanslarını daha şeffaf ve hesap verebilir şekilde yönetebilecektir.

Bunun yanı sıra, yaşam boyu öğrenme prensipleri doğrultusunda, çalışanlara yönelik online ve hibrit formatlarda sürdürülebilirlik okur yazarlığı ve çevre yönetimi eğitimleri sunulmalı; bu eğitimlerin sektörel ihtiyaçlara göre özelleştirilmiş içeriklerle tasarlanması teşvik edilmelidir.

7.6.5. Sonuç

Türkiye'nin sanayi ve teknoloji sektörlerinin sürdürülebilirlik odaklı dönüşümü; döngüsel üretim modellerinin benimsenmesi, finansal kaynakların çevresel yatırımlara yönlendirilmesi, uluslararası iklim düzenlemelerine etkin uyum sağlanması ve bilgi-iş gücü altyapısının güçlendirilmesiyle mümkündür. Bu stratejiler bütüncül biçimde hayata geçirildiğinde, Türkiye hem çevresel riskleri azaltacak hem de küresel değer zincirlerinde daha rekabetçi bir konuma yükselecektir.

Kaynaklar

AÇA (Avrupa Çevre Ajansı). (1999). Environmental Assessment Report of No 1: Sustainable Water Use in Europe, Share 1: Sectoral Use of Water

Cembureau. (2020). Cementing the European Green Deal: Industry Perspectives. https://cembureau.eu/media/kuxd32gi/cembureau-2050-roadmap_final-version_web.pdf

ÇŞİDB (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı). (2024). İklim Değişikliğine Uyum Stratejisi ve Eylem Planı (2024-2030). T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. İklim Değişikliği Başkanlığı. https://iklim.gov.tr/db/turkce/icerikler/files/%C4%B0klm%20De%C4%9Fi%C5%9Fikli%C4%9Fine%20Uyum%20Stratejisi%20ve%20Eylem%20Plan_%202024-2030.pdf

DSİ (Devlet Su İşleri). (2020). DSİ 2020 Yılı Resmi Su Kaynakları İstatistikleri. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. <https://www.dsi.gov.tr/sayfa/detay/1499>

EC (European Commission). (2020a). Circular Economy Action Plan. European Commission. https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en

EC (European Commission). (2020b). Communication and roadmap on the European Green Deal. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

Elkington, J. (1998). Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business. New Society Publishers.

Ellen MacArthur Foundation. (2015). Towards a circular economy: Business rationale for an accelerated transition. From <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/towards-a-circular-economy-business-rationale-for-an-accelerated-transition>

EU CBAM Regulation. (2023). Regulation (EU) 2023/956 of the European Parliament and of the Council of 10 May 2023 establishing a carbon border adjustment mechanism. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32023R0956>

EU ETS Directive. (2003/87/EC). Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council of 13 October 2003 establishing a scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community and amending Council Directive 96/61/EC. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2003/87/oj/eng>

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy–A new sustainability paradigm?. *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768.

GEKADER. (2022). Kimyasal geri dönüşüm nedir?Geri Dönüşüm ve Geri Kazanımcılar Derneği <https://gekader.org.tr/kimyasal-geri-donusum-nedir/>

IAI (International Aluminium Institute). (2023). Aluminium Sector Greenhouse Gas Emissions. <https://international-aluminium.org/statistics/greenhouse-gas-emissions-aluminium-sector/?publication=greenhouse-gas-emissions-aluminium-sector>

IEA (International Energy Agency). (2024). Energy Technology Perspectives. International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2024>

Lozano, R. (2015). A holistic perspective on corporate sustainability drivers. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 22(1), 32-44.

OECD. (2017). Green Growth Indicators 2017. https://www.oecd.org/en/publications/green-growth-indicators-2017_9789264268586-en.html

OECD. (2024a). OECD Digital Economy Outlook 2024 (Volume 1). Embracing the Technology Frontier. OECD Publishing. https://www.oecd.org/en/publications/oecd-digital-economy-outlook-2024-volume-1_a1689dc5-en.html

OECD. (2024b). OECD Digital Economy Outlook 2024 (Volume 2). Strengthening Connectivity, Innovation and Trust. OECD Publishing. https://www.oecd.org/en/publications/oecd-digital-economy-outlook-2024-volume-2_3adf705b-en.html

Özbektaş, S., Şenel, M.C., Sungur, B. (2023). Dünyada ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Durumu ve Kurulum Maliyetleri, *Mühendis ve Makine*, 64, 711, 317-351.

Öztürk, B., Kavurucu, S., & Demir, H. (2024). Sanayide su kullanımı ve atıksu yönetimi: Türkiye'de güncel durum ve iyi uygulamalar. *Çevre ve Sürdürülebilirlik Araştırmaları Dergisi*, 8(1), 23-41.

PAGEV. (2021). Bioplastik Sektör Raporu. <https://pagev.net/dosyalar/upload/files/Bioplastik%20Sekt%C3%B6r%20Raporu%202021.pdf>

SGK. (2023). SGK İstatistik Yıllığı 2023. <https://www.sgk.gov.tr/>

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2023). Türkiye Çelik Sektörü için Düşük Karbonlu Yol Haritası. <https://www.sanayi.gov.tr/assets/pdf/birimler/turkiye-celik-sektoru-icin-dusuk-karbonlu-yol-haritasi.pdf>

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2024). 2030 Sanayi ve Teknoloji Stratejisi. <https://www.sanayi.gov.tr/plan-program-raporlar-ve-yayinlar/strateji-belgeleri>

TÜİK. (2024). Türkiye İlgücü İstatistikleri 2023. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Isgucu-Istatistikleri-2023-53521>

TÜİK. (2025). Sera Gazı Emisyon İstatistikleri 1990-2023. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2023-53974>

Türkçimento. (2023). Sürdürülebilirlik Raporu. Türkiye Çimento Sanayicileri Birliği <https://www.turkcimento.org.tr/uploads/pdf/TurkCimento-Surdurulebilirlik-Raporu-2023-Web.pdf>

UNEP (United Nations Environment Programme). (2018). Towards a Green Economy Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication. <https://www.unep.org/resources/report/towards-green-economy-pathways-sustainable-development-and-poverty-eradication-10>

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) (2022). Republic of Türkiye Updated First National-ly Determined Contribution https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2023-04/T%C3%9CRK%C4%BOYE_UPDATED%201st%20NDC_EN.pdf

World Bank. (2023). WDI and the Sustainable Development Goals. <https://datatopics.worldbank.org/world-development-indicators/wdi-and-the-sustainable-development-goals.html>

World Bank. (2024). Financial sector at a crossroads in emerging markets: Climate risks and financing gaps demand action. <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2024/08/29/financial-sector-at-a-crossroads-in-emerging-markets-climate-risks-and-financing-gaps-demand-action>

World Steel Association. (2023). Sustainability Indicators Report. <https://worldsteel.org/wp-content/uploads/Sustainabi->

8. MEVZUAT VE DESTEKLER

Doç. Dr. Hasan KARSLIOĞLU
İTÜ İşletme Fakültesi

8.1. Giriş

Yirmi birinci yüzyılın ikinci çeyreğine yaklaşırken, sanayi ve teknoloji alanında yaşanan yapısal dönüşümler, yalnızca ekonomik rekabeti değil, aynı zamanda ülkelerin stratejik özerkliğini, toplumsal refahını ve çevresel sürdürülebilirliğini de doğrudan etkilemektedir. Dijitalleşme, yapay zekâ, ileri üretim teknolojileri, yeşil dönüşüm ve veri egemenliği gibi temalar, artık sadece birer teknoloji politikası konusu olmaktan çıkmış; çok boyutlu kalkınma vizyonlarının temel yapı taşları haline gelmiştir. Bu dönüşüme paralel olarak, ülkeler hem ulusal düzeyde kapsamlı sanayi ve teknoloji mevzuatını güncellemekte hem de teşvik sistemlerini stratejik sektörlere yönlendirmektedir.

Bu bağlamda ABD'nin CHIPS ve Science Act gibi girişimleri, Avrupa Birliği'nin Dijital Pazarlar Yasası ve Yeşil Mutabakat kapsamındaki sanayi politikaları, Japonya'nın Society 5.0 vizyonu, Çin'in "Made in China 2025" stratejisi ve Güney Kore'nin Yeni Dijital Anlaşması gibi örnekler, küresel ölçekte kamu politikalarının yönünü belirlemektedir. Türkiye'nin de bu çok boyutlu dönüşüm sürecinde yerini alabilmesi için, hem ulusal düzeyde mevzuat altyapısını güncellemesi hem de Ar-Ge, girişimcilik ve dijital becerilere yönelik destek mekanizmalarını güçlendirmesi kritik önem taşımaktadır.

Bu bölümde, küresel düzeydeki güncel gelişmeler çerçevesinde hazırlanan dijital dönüşüm, yeşil sanayi, stratejik üretim, veri regülasyonu ve yenilikçilik politikalarına dair başlıca örnekler incelenecek; Türkiye'nin bu alanlardaki mevcut durumu ve uyum kapasitesi değerlendirilerek politika önerileri sunulacaktır. Böylece, hem küresel eğilimler ışığında karşılaştırmalı bir analiz yapılması hem de Türkiye'nin stratejik yönelimleri için yol gösterici bir çerçeve oluşturulması amaçlanmaktadır.

8.2. Ulusal Sanayi Ve Teknoloji İle İlgili Mevzuat Ve Destekler

Sanayi ve teknoloji sektörleri, ekonomik kalkınma ve rekabet gücünün artırılmasında kritik bir rol oynamaktadır. Bu alanlardaki yasal düzenlemeler, sanayi üretiminin teşvik edilmesi, teknoloji geliştirme faaliyetlerinin desteklenmesi, firmaların dijitalleşmesi ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması gibi birçok konuyu kapsamaktadır. Çalışmamızda öncelikle ülkemizde bu alandaki temel mevzuat sıralanarak bu mevzuatta var olan teşvik ve destekler genel olarak ele alınmıştır. İlgili mevzuat bu açıdan öncelikle Ar-Ge'nin desteklenmesi ve bu alanda teknolojik odaklı yapılar ile sanayinin bu açıdan nasıl Ar-Ge ve teknoloji alanında özendirilmeye çalışıldığına vurgu yapılarak incelenmiştir. Bununla birlikte ilgili mevzuattaki tanımlarla birlikte özet olarak ilgili destek ve teşvikler genel anlamda çalışmamıza konu edilmiştir.

Ülkemizde sanayi ve teknolojinin desteklenmesi en temelde Ar-Ge'nin desteklenmesi ile mümkün olacağı için çalışmamızda öncelikle ülkemizdeki Ar-Ge destek ve teşvikleri ele alınmış devamında diğer sanayi şirketlerinin de teknolojik açıdan nasıl desteklendiği konusu ana hatları ile irdelenmiştir. Bu kapsamda Türkiye'de yürürlükte olan temel mevzuat aşağıda sıralanmıştır:

1. 5746 Sayılı Araştırma, Geliştirme ve Tasarım Faaliyetlerinin Desteklenmesi Hakkındaki Kanun ¹
2. 4691 Sayılı Teknoloji Geliştirme Bölgeleri Kanunu²
3. 4737 Sayılı Endüstri Bölgeleri Kanunu ³
4. 2872 Sayılı Çevre Kanunu ⁴
5. 4562 Sayılı Organize Sanayi Bölgeleri Kanunu ⁵
6. 6769 Sayılı Sınai Mülkiyet Kanunu⁶
7. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu ile İlgili Bazı Düzenlemeler Hakkında Kanun ⁷
8. Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı Teşvik ve Muafiyetleri Kanunu ⁸
9. Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler Yönetmeliği⁹
10. Araştırma, Geliştirme ve Tasarım Faaliyetlerinin Desteklenmesine İlişkin Uygulama ve Denetim Yönetmeliği¹⁰
11. Teknoloji Geliştirme Bölgeleri Uygulama Yönetmeliği ¹¹
12. KOSGEB Destek Programları Yönetmeliği ¹²
13. Araştırma Geliştirme Projelerinin Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik ¹³

¹ RG, 12.03.2008, S. 26814

² RG, 06.07.2001, S. 24454

³ RG, 19.01.2002, S. 24645

⁴ RG, 11.08.1983, S. 18132

⁵ RG, 15.04.2000, S. 24021

⁶ RG, 10.01.2017, S. 29944

⁷ RG, 24.07.1963, S. 11462

⁸ RG, 20.04.1990, S. 20498

⁹ RG, 25.05.2023, S. 32201

¹⁰ RG, 10.08.2016, S. 29797

¹¹ RG, 10.08.2016, S. 29797

¹² RG, 13.01.2024, S. 32428

¹³ RG, 27.02.2015, S. 29280

14. Kümelenme Destek Programı Yönetmeliği¹⁴**15. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Teknoloji ve Yenilik Destek Programlarına İlişkin Yönetmelik**¹⁵**16. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Ar-Ge Projeleri İhale Yönetmeliği**¹⁶**17. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Ar-Ge Temelli Kamu İhtiyaçlarına Yönelik Destek Programları Yönetmeliği**¹⁷**18. Organize Sanayi Bölgeleri Uygulama Yönetmeliği**¹⁸**19. Endüstri Bölgeleri Yönetmeliği**¹⁹**20. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı'nın Araştırma ve Geliştirme Destek Programı - Araştırma ve Geliştirme Destek Programına İlişkin Tebliğ (TEBLİĞ NO: 2023/6)**²⁰**21. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) Kurul Kararı**²¹ - Elektrik ve Doğal Gaz Dağıtım Şirketlerinin Araştırma, Geliştirme ve Yenilik Faaliyetlerinin Desteklenmesine İlişkin Usul ve Esaslar²²

Bahsedilen mevzuat ve bunlar çerçevesinde sunulan destek programları, teşvikler ve vergi istisnaları aşağıda detaylı olarak sunulmaktadır. En temelde ülkemizde sanayi ve teknoloji alanında destekler Ar-Ge ve Ür-Ge kapsamında sağlanmakta olup Ar-Ge için genel olarak teknoloji alanındaki destekler; Teknoloji Geliştirme Bölgeleri (Teknoparklar), Ar-Ge / Tasarım Merkezleri, münferit Ar-Ge projeleri ve T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı kapsamında sağlanan proje destekleri (Hamle Proje desteği gibi) ile TÜBİTAK ve TTGV'nin sunduğu Ar-Ge Proje destekleri olarak sayılabilir. Bu çalışmamızda biz genel olarak Ar-Ge kapsamında yapılan destekler ile buna bağlı yapılacak teşvik destekleri ele alacağız. Çalışmamızın kapsamının genişliği nedeniyle yukarıda sayılan destek ve teşvikler genel hatları ile yoğunlukları da gözetilerek ele alınacak olup bazı konularda yalnızca destek mevzuatı ve alanını belirlemekle yetineceğiz.

¹⁴ RG, 15.09.2012, S. 28412¹⁵ RG, 16.01.2007, S. 26405¹⁶ RG, 23.07.2009, S. 27297¹⁷ RG, 02.02.2016, S. 29612¹⁸ RG, 02.02.2019, S. 30674¹⁹ RG, 06.08.2019, S. 30854²⁰ RG, 19.03.2023, S. 32137²¹ 26/03/2020 Tarihli ve 9268 Sayılı Karar²² RG, 04.04.2020, S. 31089**8.2.1. 5746 Sayılı Araştırma, Geliştirme ve Tasarım Faaliyetlerinin Desteklenmesi Hakkındaki Kanun**

Bu Kanun; Ar-Ge, yenilik ve tasarım faaliyetlerini teşvik ederek Türkiye'nin teknolojik gelişimini ve rekabet gücünü arttırmayı amaçlar. Bu kapsamda, Ar-Ge ve tasarım merkezlerine, teknopark firmalarına ve Ar-Ge projeleri yürüten işletmelere çeşitli vergi indirimleri, sigorta prim destekleri ve teşvikler sağlar.

Kanun, teknoloji üretimini teşvik ederek nitelikli iş gücünün istihdamını artırmayı, yenilikçi ürünlerin ticarileşmesini hızlandırmayı ve doğrudan yabancı yatırımları ülkeye çekmeyi hedefler. Kanun kapsamında burada bahsedilmesi gereken önemli tanımlar şu şekildedir:

Araştırma ve geliştirme faaliyeti (Ar-Ge): Araştırma ve geliştirme, kültür, insan ve toplumun bilgisinden oluşan bilgi dağarcığının artırılması ve bunun yeni süreç, sistem ve uygulamalar tasarlamak üzere kullanılması için sistematik bir temelde yürütülen yaratıcı çalışmaları, çevre uyumlu ürün tasarımı veya yazılım faaliyetleri ile alanında bilimsel ve teknolojik gelişme sağlayan, bilimsel ve teknolojik bir belirsizliğe odaklanan, çıktıları özgün, deneysel, bilimsel ve teknik içerik taşıyan faaliyetleri,

Yenilik: Sosyal ve ekonomik ihtiyaçlara cevap verebilen, mevcut pazarlara başarıyla sunulabilecek ya da yeni pazarlar yaratabilecek; yeni bir ürün, hizmet, uygulama, yöntem veya iş modeli fikri ile oluşturulan süreçleri ve süreçlerin neticelerini,

Ar-Ge merkezi: Ar-Ge ve yenilik projelerini veya sözleşme çerçevesinde siparişe dayalı olarak yürütülen Ar-Ge ve yenilik faaliyetlerini gerçekleştirmek üzere kurulan ve dar mükellef kurumların Türkiye'deki işyerleri dahil, kanuni veya iş merkezi Türkiye'de bulunan sermaye şirketlerinin; organizasyon yapısı içinde ayrı bir birim şeklinde örgütlenmiş, münhasıran yurtiçinde araştırma ve geliştirme faaliyetlerinde bulunan ve en az elli tam zaman eşdeğer Ar-Ge personeli istihdam eden, yeterli Ar-Ge birikimi ve yeteneği olan birimleri,

Ar-Ge projesi: Amacı, kapsamı, genel ve teknik tanımı, süresi, bütçesi, özel şartları, diğer kurum, kuruluş, gerçek ve tüzel kişilerce sağlanacak aynî ve/veya nakdî destek tutarları, sonuçta doğacak fikri mülkiyet haklarının paylaşım esasları tespit edilmiş ve Ar-Ge faaliyetlerinin her safhasını belirleyecek mahiyette ve bilimsel esaslar çerçevesinde gerçekleştirilen ve araştırmacı tarafından yürütülen projeyi,

Rekabet öncesi işbirliği projeleri: Birden fazla kuruluşun; ölçek ekonomisinden yararlanmak suretiyle yeni süreç, sistem ve uygulamalar tasarlayarak verimliliği artırmak ve mevcut duruma göre daha yüksek katma değer sağlamak üzere, rekabet öncesinde ortak parça veya sistem geliştirmek ya da platform kurabilmek amacıyla yürütecekleri, Ar-Ge veya tasarım faaliyetlerine yönelik olarak yapılan işbirliği anlaşması kapsamında-ki bilimsel ve teknolojik niteliği olan projeleri,

Tasarım faaliyeti: Sanayi alanında ve Cumhurbaşkanının uygun göreceği diğer alanlarda katma değer ve rekabet avantajı yaratma potansiyelini haiz, ürün veya ürünlerin işlevselliğini artırma, geliştirme, iyileştirme ve farklılaştırmaya yönelik yenilikçi faaliyetlerin tümünü,

Tasarım merkezi: Tasarım projelerini veya sözleşme çerçevesinde siparişe dayalı olarak yürütülen tasarım faaliyetlerini gerçekleştirmek üzere kurulan ve dar mükellef kurumların Türkiye'deki iş yerleri dâhil, kanuni veya iş merkezi Türkiye'de bulunan sermaye şirketlerinin; organizasyon yapısı içinde ayrı bir birim şeklinde örgütlenmiş, münhasıran yurtiçinde tasarım faaliyetlerinde bulunan ve en az on tam zaman eşdeğer tasarım personeli istihdam eden, yeterli tasarım birikimi ve yeteneği olan birimleri,

Tasarım projesi: Amacı, kapsamı, genel ve teknik tanımı, süresi, bütçesi, özel şartları, diğer kurum, kuruluş, gerçek ve tüzel kişilerce sağlanacak aynı veya nakdi destek tutarları, sonuçta doğacak fikri mülkiyet haklarının paylaşım esasları tespit edilmiş ve tasarım faaliyetlerinin her safhasını belirleyecek mahiyette ve bilimsel esaslar çerçevesinde tasarımcı tarafından yürütülen projeyi ifade etmektedir.

8.2.1.1. 5746 Sayılı Kanun Kapsamında Öngörülen Başlıca Teşvik ve Destekler

Ar-Ge ve Tasarım İndirimi: Teknoloji merkezi işletmelerinde, Ar-Ge merkezlerinde, kamu kurum ve kuruluşları ile kanunla kurulan veya teknoloji geliştirme projesi anlaşmaları kapsamında uluslararası kurumlardan ya da kamu kurum ve kuruluşlarından Ar-Ge projelerini desteklemek amacıyla fon veya kredi kullanan vakıflar tarafından veya uluslararası fonlarca desteklenen Ar-Ge ve yenilik projelerinde, rekabet öncesi işbirliği projelerinde ve teknogirişim sermaye desteklerinden yararlananlar, gerçekleştirilen Ar-Ge ve yenilik harcamalarının tamamı ile 5746 sayılı Kanun kapsamında sayılan kurum ve kuruluşlar tarafından desteklenen tasarım projelerinde ve tasarım merkezlerinde gerçekleştirilen münhasıran tasarım harcamalarının tamamı 31.12.2028 tarihine kadar kurum kazancının tespitinde indirim konusu yapılabilecektir.

Gelir Vergisi Stopajı Teşviki: Kamu personeli hariç olmak üzere teknoloji merkezi işletmelerinde, Ar-Ge merkezlerinde, kamu kurum ve kuruluşları ile kanunla kurulan veya teknoloji geliştirme projesi anlaşmaları kapsamında uluslararası kurumlardan ya da kamu kurum ve kuruluşlarından Ar-Ge projelerini desteklemek amacıyla fon veya kredi kullanan vakıflar veya uluslararası fonlar tarafından desteklenen ya da TÜBİTAK tarafından yürütülen Ar-Ge ve yenilik projelerinde, teknogirişim sermaye desteklerinden yararlanan işletmelerde ve rekabet öncesi işbirliği projelerinde çalışan Ar-Ge ve destek personeli ile bu Kanun kapsamında yukarıda sayılan kurum ve kuruluşlar tarafından desteklenen tasarım projelerinde ve tasarım merkezlerinde çalışan tasarım ve destek personelinin; bu çalışmaları karşılığında elde ettikleri ücretleri üzerinden asgari geçim indirimi uygulandıktan sonra hesaplanan gelir vergisinin; doktoralı olanlar ile desteklenecek program alanlarından birinde en az yüksek lisans derecesine sahip olanlar için yüzde doksan beşi, yüksek lisanslı olanlar ile desteklenecek program alanlarından birinde lisans derecesine sahip olanlar için yüzde doksanı ve diğerleri için yüzde sekseni, verilecek muhtasar beyanname üzerinden tahakkuk eden vergiden indirilmek suretiyle terkin edilir.

Sigorta Prim Desteği: Kamu personeli hariç olmak üzere teknoloji merkezi işletmelerinde, Ar-Ge merkezlerinde, kamu kurum ve kuruluşları ile kanunla kurulan veya teknoloji geliştirme projesi anlaşmaları kapsamında uluslararası kurumlardan ya da kamu kurum ve kuruluşlarından Ar-Ge projelerini desteklemek amacıyla fon veya kredi kullanan vakıflar veya uluslararası fonlar tarafından desteklenen ya da TÜBİTAK tarafından yürütülen Ar-Ge ve yenilik projeleri ile rekabet öncesi işbirliği projelerinde ve teknogirişim sermaye desteklerinden yararlanan işletmelerde çalışan Ar-Ge ve destek personeli, 5746 sayılı Kanun kapsamında sayılan kurum ve kuruluşlar tarafından desteklenen tasarım projelerinde ve tasarım merkezlerinde çalışan tasarım ve destek personeli ile 26/6/2001 tarihli ve 4691 sayılı Teknoloji Geliştirme Bölgeleri Kanununun geçici 2 nci maddesi uyarınca ücreti gelir vergisinden istisna olan personelin; bu çalışmaları karşılığında elde ettikleri ücretleri üzerinden hesaplanan sigorta primi işveren hissesinin yarısı T.C. Maliye Bakanlığı bütçesine konulacak ödenekten karşılanır.

Damga Vergisi İstisnası: 5746 sayılı Kanun kapsamındaki her türlü Ar-Ge ve yenilik faaliyetleri ile tasarım faaliyetlerine ilişkin olarak düzenlenen kağıtlardan damga vergisi alınmaz.

Teknogirişim Sermayesi Desteği: Merkezi yönetim kapsamındaki kamu idareleri tarafından örgün öğrenim veren üniversitelerin herhangi bir lisans programından bir yıl içinde mezun olabilecek durumdaki öğrenci, yüksek lisans veya doktora öğrencisi ya da lisans, yüksek lisans veya doktora derecelerinden birini ön başvuru tarihinden en çok on yıl önce almış kişilerin, teknoloji ve yenilik odaklı iş fikirlerini, desteği veren merkezi yönetim kapsamındaki kamu idareleri tarafından desteklenmesi uygun bulunan bir iş planı çerçevesinde, katma değer ve nitelikli istihdam yaratma potansiyeli yüksek teşebbüslere dönüştürebilmelerini teşvik etmek için bir defaya mahsus olmak üzere teminat almaksızın 100.000 Türk lirasına kadar teknogirişim sermayesi desteği hibe olarak verilir.

Özetle, uygulanan teşvikler hem kurum kazancı hem de personel muafiyetlerinden oluşmaktadır. Ar-Ge / Tasarım indirimi Kurum kazancından indirim hakkı sağlarken gelir vergisi stopaj teşviki, SGK işveren hissesi desteği ve Damga vergisi istisnası Ar-Ge / Tasarım projelerinde çalışan personeller için 5746 sayılı kanun kapsamında hazırlanacak bordrolar üzerinde bir indirim ve istisna hakkı sağlamış olacaktır. Ar-Ge / Tasarım faaliyeti yürüten merkezlerde uygulanan diğer teşvik başlıkları ise aşağıdaki şekildedir:

1. Gümrük Vergisi İstisnası: Kanun kapsamında yürütülen Ar-Ge, yenilik ve tasarım projeleri ile ilgili araştırmalarda kullanılmak üzere ithal edilen eşya, gümrük vergisi ve her türlü fondan, bu kapsamda düzenlenen kâğıtlar ve yapılan işlemler damga vergisi ve harçtan istisnadır.

2. Desteklenecek Programlar Desteği²³ : Desteklenecek programlar alanlarında en az lisans derecesine sahip Ar-Ge personeli istihdam eden Ar-Ge merkezlerine, bu personelin her birine ödedikleri aylık ücretin o yıl için uygulanan asgari ücretin aylık brüt tutarı kadarlık kısmı, kamu personeli hariç olmak üzere iki yıl süreyle, Bakanlık bütçesine konulacak ödenekten karşılanır.

5746 Sayılı Kanun kapsamında sağlanan ve yukarıda izah edilen genel destek ve teşvikleri bir tabloda göstermek istersek özetle:

Kapsamı	Kanun Kapsamındaki Destekler
Ar-Ge Merkezleri	Ar-Ge İndirimi, (%100) Gelir Vergisi Stopaj Teşviki, (%80-90-95) Sigorta Primi İşveren Hissesi Desteği, (%50) Damga Vergisi Teşviki, (%100) Gümrük Vergisi İstisnası,
Tasarım Merkezleri	Tasarım İndirimi, (%100) Gelir Vergisi Stopaj Teşviki, (%80-90-95) Sigorta Primi İşveren Hissesi Desteği, (%50) Damga Vergisi Teşviki, (%100) Gümrük Vergisi İstisnası,
TEKMER	Ar-Ge/ Tasarım İndirimi, Gelir Vergisi Stopaj Teşviki, Sigorta Primi İşveren Hissesi Desteği, (%50) Damga Vergisi Teşviki, (%100) Gümrük Vergisi İstisnası

²³ Sipariş Üzerine Yapılan Ar-Ge Projeleri: 5746 Sayılı Kanun kapsamında 01.03.2016 tarihinden itibaren Ar-Ge merkezlerinin sözleşme çerçevesinde siparişe dayalı olarak yürütülebilmektedir. Ar-Ge indirimi hakkının, siparişi veren işletmeler ile siparişi gerçekleştiren Ar-Ge merkezleri arasında paylaştırılmasını ifade etmektedir.

İşletmelerin bünyelerinde yürüttükleri Ar-Ge/Tasarım faaliyetleri kapsamındaki projelere ilişkin teşviklerden faydalanabilmeleri için T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Ar-Ge/Tasarım Merkezi başvurularının yapılması ve bu belgelerin alınması gerekmektedir. Esasında ülkemizde Ar-Ge destekleri çoğunlukla belli ölçeğin üzerindeki KOBİ ve OBİ'ler için Ar-Ge/Tasarım Merkezi üzerinden sağlanmaktadır. Bu nedenle çok kısaca bu merkezler ile ilgili genel bilgi aktarmakta fayda mütalaa ediyoruz.

8.2.1.2. Ar-Ge ve Tasarım Merkezlerinde Aranılan Temel Şartlar

1. Ar-Ge merkezlerinde en az 15 ya da Bakanlar Kurulu tarafından belirlenen sayıda tam zaman eşdeğer Ar-Ge personeli istihdam edilmesi,
2. Tasarım merkezlerinde ise en az 10 ya da Bakanlar Kurulu tarafından belirlenen sayıda tam zaman eşdeğer tasarım personeli istihdam edilmesi,
3. Kanun kapsamındaki Ar-Ge veya Tasarım faaliyetlerinin yurt içinde gerçekleştirilmesi,
4. Başvuru yapan işletmenin; yeterli Ar-Ge veya tasarım yönetimi ile teknolojik varlıkları, insan kaynakları, fikrî haklar, proje ve bilgi kaynakları yönetim yeteneği ve kapasitesinin bulunması,
5. Ar-Ge merkezi ve tasarım merkezlerinde çalışan personelin, bu merkezlerde çalıştığı fiziki kontrolünü yapacak mekanizmaların bulunması,
6. Ar-Ge veya tasarım merkezlerinin konusu, süresi, bütçesi ve personel ihtiyacı tanımlanmış program ve projelerinin bulunması,
7. Ar-Ge veya tasarım merkezlerinin ayrı bir birim şeklinde örgütlenmiş ve tek bir yerleşke veya fiziki mekân içinde yer alması, Başvuru yapan işletmenin bu şartları sağlaması gerekmektedir. Mevcut Ar-Ge veya Tasarım merkezlerinin ise bu şartları sağlamaya devam etmesi gerekmektedir. Ar-Ge merkezlerinde Ar-Ge ve tasarım faaliyetleri destek kapsamında değerlendirilirken, tasarım merkezlerinde yalnızca tasarım faaliyetleri destek kapsamında değerlendirilmektedir

8.2.1.3. Ar-Ge ve Yenilik Faaliyetleri ile Tasarım Faaliyetlerine İlişkin Hususlar

Araştırma, Geliştirme ve Tasarım Faaliyetlerinin Desteklenmesine İlişkin Uygulama ve Denetim Yönetmeliği'nin uygulanmasında Ar-Ge ve yenilik sayılmayan faaliyetler şunlardır:

- Pazarlama faaliyetleri, piyasa taramaları, pazar araştırması ya da satış promosyonu,
- Kalite kontrol,
- Sosyal bilimlerdeki araştırmalar,
- Petrol, doğalgaz, maden rezervleri arama ve sondaj faaliyetleri,
- İlaç üretim izni öncesinde²⁴ Faz-1 ya da Faz-2 çalışmalarından en az biri yurt içinde gerçekleştirilmeksizin yapılan Faz-3 klinik çalışmalar ile üretim izni sonrasında gerçekleştirilen klinik çalışmalar,
- Bir Ar-Ge projesi kapsamında olmaksızın icat edilmiş ya da mevcut geliştirilmiş süreçlerin kullanımı,
- Ar-Ge ve yenilik faaliyetlerine yönelik olmayan şekil, renk, dekorasyon ve benzeri estetik ve görsel değişiklikleri içeren biçimsel değişiklikler,
- Programlama dilleri ile işletim sistemleri hariç olmak üzere, internet sitelerinin ve benzerlerinin hazırlanmasına yardımcı mevcut yazılımların kullanılması suretiyle yapılan yazılım geliştirme faaliyetleri,
- Yazılımlara ilişkin, bilimsel veya teknolojik ilerlemeler veya teknolojik belirsizliklerin çözülmesini içermeyen olağan ve tekrarlanan faaliyetler,
- Kuruluş ve örgütlenme ile ilgili araştırma giderleri,
- Üretim ve üretim altyapısına yönelik yapılan yatırım faaliyetleri, ticari üretimin planlanması ve seri üretim sürecine ilişkin harcamalar,
- Numune verilmek amacıyla prototiplerden kopyalar çıkarılıp dağıtılması ve reklam amaçlı tüketici testleri,
- Bir Ar-Ge projesi kapsamında olmaksızın yeni süreç, sistem veya ürün ortaya konulmasına hizmet etmeyen doğrudan veya gömülü teknoloji transferi,
- Ar-Ge ve yenilik faaliyetleriyle geliştirilen ürüne veya sürece ilişkin fikrî mülkiyet haklarının edinimi dışında bu hakların korunmasına yönelik faaliyetler. Tasarım sayılmayan faaliyetler

²⁴ Değişik İbare: RG-25/8/2022-31934

Aşağıda sayılan faaliyetler ise “Tasarım” kapsamında değerlendirilmemektedir:

- Pazarlama faaliyetleri, piyasa taramaları, pazar araştırması ya da satış promosyonu,
- Kalite kontrol,
- Bir tasarım projesi kapsamında olmaksızın icat edilmiş ya da mevcut geliştirilmiş süreçlerin kullanımı,
- Kuruluş ve örgütlenmeyle ilgili araştırma giderleri,
- Üretim ve üretim altyapısına yönelik yapılan yatırım faaliyetleri, ticari üretimin planlanması ve seri üretim sürecine ilişkin harcamalar,
- Numune verilmek amacıyla prototiplerden kopyalar çıkarılıp dağıtılması ve reklam amaçlı tüketici testleri,
- Bir tasarım projesi kapsamında olmaksızın yeni süreç, sistem veya ürün ortaya konulmasına hizmet etmeyen doğrudan veya gömülü teknoloji transferi,
- Tasarım faaliyetleriyle geliştirilen ürüne veya sürece ilişkin fikrî mülkiyet haklarının edinimi dışında bu hakların korunmasına yönelik faaliyetler,
- Paris Sözleşmesinin 2'nci mükerrer 6'ncı maddesi kapsamında yer alan hükümlerle alametleri ile bu kapsam dışında kalan ancak kamuyu ilgilendiren, dini, tarihi ve kültürel değerler bakımından halka mal olmuş ve ilgili mercilerin tescil izni vermediği işaretlerin, armaların, amblemlerin, nişanların veya adlandırmaların uygunsuz kullanımını içeren tasarım faaliyetleri,
- Kamu düzenine veya genel ahlaka aykırı tasarım faaliyetleridir.

8.2.2. 4691 Sayılı Teknoloji Geliştirme Bölgeleri Kanunu

Bu Kanun, Teknoloji Geliştirme Bölgelerinde yürütülen faaliyetlere yönelik teşvik ve destekleri kapsamaktadır. Üniversiteler, araştırma kurumları ve üretim sektörlerinin iş birliğiyle teknolojik bilgi üretmek, yenilikçi ürün ve üretim yöntemleri geliştirmek, kalite ve verimliliği artırmak, maliyetleri düşürmek ve teknolojik bilgiyi ticarileştirmek amacı taşımaktadır. Bunlara ek olarak başlıca hedefler; teknoloji yoğun üretim ve girişimciliği teşvik etmek, KOBİ'lerin ileri teknolojilere uyumunu sağlamak, araştırmacılar için istihdam olanakları oluşturmak, teknoloji transferini desteklemek ve yüksek teknoloji yatırımları ile yabancı sermaye girişini hızlandıracak altyapıyı geliştirmektir.

Kanun'un yürürlüğe girmesiyle birlikte, Teknoloji Geliştirme Bölgeleri kurumsal bir yapıya kavuşturulmuş ve üniversiteler, araştırma kurum ve kuruluşları ile üretim sektörü arasında işbirliğini teşvik eden merkezler haline gelmiştir. Bu bölgelerde, Ar-Ge ve yenilik faaliyetleri yürütülerek, ülke sanayisinin uluslararası rekabet gücünü artırması ve ihracata dayalı bir yapıya ulaşması hedeflenmiştir. Teknoloji Geliştirme Bölgelerinde gerçekleştirilen tüm çalışmalar, T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın denetiminde sürdürülmektedir. Ülkemizde Ar-Ge ve teknolojinin desteklenmesinde en önemli rol bu bölgelerce (Teknopark) yerine getirilmektedir.

Kanun kapsamında Teknoloji Geliştirme Bölgesi ifadesi, "Yüksek/ileri teknoloji kullanan ya da yeni teknolojilere yönelik firmaların, belirli bir üniversite veya yüksek teknoloji enstitüsü ya da AR-GE merkez veya enstitüsünün olanaklarından yararlanarak teknoloji veya yazılım ürettikleri/geliştirdikleri, teknolojik bir buluşu ticari bir ürün, yöntem veya hizmet haline dönüştürmek için faaliyet gösterdikleri ve bu yolla bölgenin kalkınmasına katkıda bulundukları, aynı üniversite, yüksek teknoloji enstitüsü ya da AR-GE merkez veya enstitüsü alanı içinde veya yakınında; akademik, ekonomik ve sosyal yapının bütünleştiği siteyi veya bu özelliklere sahip teknoparkı," anlamına gelmektedir.

Bu Kanun kapsamında; Ocak 2025 itibarıyla; toplam 105 adet Teknoloji Geliştirme Bölgesi kurulmuştur. Bu Teknoloji Geliştirme Bölgelerinden 91'i faaliyetine devam etmekte olup 14'ü ise altyapı çalışmalarının devam etmesi sebebiyle hali hazırda faaliyete geçmemişlerdir.



Kaynak: Ayrıca bkz. <https://www.sanayi.gov.tr/istatistikler/istatistiki-bilgiler/mi0203011501>
(Son erişim tarihi: 28.02.2025)

1. Kurumlar Vergisi İstisnası: Teknoloji geliştirme bölgelerinde faaliyet gösteren mükelleflerin münhasıran bu bölgelerdeki yazılım ve Ar-Ge faaliyetlerinden elde ettikleri kazançlar 31.12.2028 tarihine kadar gelir ve kurumlar vergisinden müstesnadır. Bölgede faaliyette bulunan mükelleflerin bölge dışında gerçekleştirdikleri faaliyetlerinden elde ettiği kazançlar, yazılım ve Ar-Ge faaliyetlerinden elde edilmiş olsa dahi istisnadan yararlanamaz. Bu istisna uygulaması %100 oranında uygulanmaktadır. İstisna uygulama esasları 19.10.2017 tarihinde yayımlanan Bakanlar Kurulu kararı ile değiştirilmiş olup 30.06.2021 tarihi sonrası bölge içerisinde başlatılacak projeler için yeni uygulama esaslarının dikkate alınacağı ifade edilmiştir.

2. Gelir Vergisi İstisnası: Teknoloji Geliştirme Bölgesinde çalışan araştırmacı, yazılımcı, Ar-Ge ve destek personelinin bu görevleri ile ilgili ücretlerinin her türlü vergiden 31.12.2028 tarihine kadar müstesna tutulacağı hükme bağlanmıştır.

3. Sigorta Primi Desteği: 4691 sayılı Kanunda sigorta primleri ile ilgili destek bulunmakla birlikte, 5746 sayılı Araştırma ve Geliştirme Faaliyetlerinin Desteklenmesi Hakkında Kanun'da teknokent bünyesinde faaliyet gösteren şirketlerin Ar-Ge ve yazılım personelinin ücretlerine ilişkin sigorta primi işveren hissesi desteğine yönelik düzenlemeler yer almaktadır. Buna bağlı olarak, 4691 sayılı Kanun çerçevesinde ücreti gelir vergisinden istisna olan personelin bu çalışmaları karşılığında elde ettikleri ücretleri üzerinden hesaplanan sigorta primi işveren hissesinin yarısı Hazine tarafından karşılanmaktadır.

4. Katma Değer Vergisi İstisnası: Katma Değer Vergisi Kanunu'nun geçici 20. Madde kapsamında 4691 sayılı Teknoloji Geliştirme Bölgeleri Kanununa göre teknoloji geliştirme bölgesinde faaliyette bulunan girişimcilerin kazançlarının gelir veya kurumlar vergisinden istisna bulunduğu süre içinde münhasıran bu bölgelerde ürettikleri ve sistem yönetimi, veri yönetimi, iş uygulamaları, sektörel, internet, mobil ve askeri komuta kontrol uygulama yazılımı şeklindeki teslim ve hizmetlerinin katma değer vergisinden müstesnadır. Bununla birlikte, 6170 sayılı Kanun ile Teknoloji Geliştirme Bölgeleri Kanununda yapılan değişikliklerde 4691 sayılı Kanun'da yer alan KDV istisnasına ilişkin herhangi bir düzenleme yapılmamış olup, Kanun'da halihazırda yer alan düzenlemeler 31.12.2028 tarihine kadar geçerliliğini korumaktadır.

Teknoloji geliştirme bölgelerinde yürütülen faaliyetlere ilişkin uygulanan diğer teşvik başlıkları aşağıdaki şekildedir:

1. Gümrük Vergisi İstisnası: Ar-Ge, yenilik ve tasarım projeleri ile ilgili araştırmalarda kullanılmak üzere ithal edilen eşya, gümrük vergisi ve her türlü fondan, bu kapsamda düzenlenen kağıtlar ve yapılan işlemler damga vergisi ve harçtan müstesna edilmiştir.

2. Desteklenecek Programlar Desteği: Desteklenecek Programlar alanlarında en az lisans derecesine sahip Ar-Ge personeli istihdam eden teknopark işletmelerinin, bu personelin her birine ödedikleri aylık ücretin o yıl için uygulanan asgari ücretin aylık brüt tutarı kadarlık kısmı, kamu personeli hariç olmak üzere iki yıl süreyle, Bakanlık bütçesine konulacak ödenekten karşılanır.

8.2.2.1. 4691 Sayılı Teknoloji Geliştirme Bölgeleri Kanunu Kapsamındaki Destekler

Kapsamı	Kanun Kapsamındaki Destekler
Teknoloji Transfer Ofisi (TTO)	Kurumlar Vergisi Kazanç İstisnası, (%100) Damga Vergisi İstisnası, (%100) KDV İstisnası, (%100)
Kuluçka Merkezleri	Kurumlar Vergisi Kazanç İstisnası, (%100) Gelir Vergisi Stopaj Teşviki, (%100) SGK İşveren Hissesi Desteği, (%50) Damga Vergisi İstisnası (%100) KDV İstisnası (%100) Gümrük Vergisi İstisnası
Teknokent İşletmeleri	Kurumlar Vergisi Kazanç İstisnası, (%100) Gelir Vergisi Stopaj Teşviki, (%100) SGK İşveren Hissesi Desteği, (%50) Damga Vergisi İstisnası (%100) KDV İstisnası (%100) Gümrük Vergisi İstisnası Ar-Ge Projelerinde kullanılmak üzere alınan makine teçhizatlarında KDV istisnası (%100)

Yukarıdaki tablolara ek olarak 5746 Sayılı Araştırma, Geliştirme ve Tasarım Faaliyetlerinin Desteklenmesi Hakkındaki Kanun ve 4691 Sayılı Teknoloji Geliştirme Bölgeleri Kanunu'ndan kimlerin faydalanacağı, destek ve teşvikler aşağıdaki tabloda sunulmaktadır

Destek / Teşvik	Kimler Faydalanır?	Açıklama
Gelir Vergisi Muafiyeti	Teknoloji geliştiren şirketler ve Ar-Ge çalışanları	Ar-Ge faaliyetleri yapan şirketlerin, bu faaliyetler üzerinden elde ettikleri gelirden gelir vergisi muafiyetinden faydalanırlar.
Kurumlar Vergisi Muafiyeti	Teknoloji geliştiren şirketler	Teknoloji geliştirme bölgelerinde faaliyet gösteren firmalar, kurumlar vergisinden muaf tutulurlar.
SGK Prim Desteği	Ar-Ge personeli	Teknoloji geliştirme bölgelerinde çalışan Ar-Ge personelinin SGK primi, devlet tarafından karşılanır.
Yatırım Teşvikleri	Teknoloji geliştiren şirketler	Teknoloji geliştirme bölgelerinde yatırım yapan firmalar, çeşitli devlet teşviklerinden ve devlet destekli kredi imkanlarından yararlanabilirler.
Ar-Ge ve Yenilikçi Projeler İçin Finansman	Girişimciler, araştırmacılar, üniversiteler	Üniversite ve özel sektör iş birliğiyle yürütülen Ar-Ge projeleri için finansman desteği sağlanır.
KDV Muafiyeti	Ar-Ge faaliyetleri yürüten firmalar	Ar-Ge faaliyetlerinde kullanılan ürün ve hizmetler KDV'den muaf tutulur.
Araştırma ve Geliştirme Destek Programları	Üniversiteler, araştırma kuruluşları	Bilimsel araştırmalar ve teknoloji geliştirme projeleri için devlet tarafından desteklenen programlardan faydalanabilirler.
Teknoloji Transfer Ofisleri	Üniversiteler, teknoloji firmaları	Üniversiteler ve araştırma kuruluşları, yeni teknoloji ve yenilikçi ürünlerin ticarileştirilmesi için teknoloji transfer ofislerinden faydalanabilirler.

Bu kanun sayesinde Türkiye'deki teknoloji geliştirme bölgelerinde faaliyet gösteren şirketler ve araştırmacılar, pek çok vergi avantajı, teşvik ve destekten faydalanarak daha verimli ve sürdürülebilir Ar-Ge faaliyetleri gerçekleştirebilirler.

8.2.3. TÜBİTAK Destek Programları

Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu ("TÜBİTAK"), sanayi ve teknoloji alanında Ar-Ge, yenilik, yatırım teşvikleri ve teknoloji geliştirme faaliyetlerini destekleyen çeşitli mevzuata dayanarak çalışmalar yürütmektedir. TÜBİTAK'a bağlı olarak faaliyet gösteren ARDEB ve TEYDEB destek programları aşağıda detaylıca sunulmaktadır.

8.2.3.1. ARDEB Tanıtımı ve Destek Programları

ARDEB, TÜBİTAK çatısı altında faaliyet gösteren bir başkanlıktır. ARDEB, Türkiye'nin Ar-Ge kapasitesini artırmak amacıyla kuruldu ve bu doğrultuda bilimsel ve teknolojik araştırma projelerine destek vermektedir. ARDEB, üniversitelerde, araştırma hastanelerinde ve araştırma enstitülerinde çalışan akademisyenler ile özel sektörde ve kamu kuruluşlarında görevli araştırmacılara geri ödemesiz finansal destek sağlar. ARDEB'in amacı, küresel gelişmeler ve ülkenin öncelikleri doğrultusunda yeni bilgiler üretmek, bu bilgilerin topluma kazandırılmasını sağlamak ve sonuçları hizmet veya ürüne dönüştürerek topluma fayda sağlamaktır. ARDEB, projelere sadece finansal destek sağlamakla kalmaz, aynı zamanda bu projelerin izlenmesini, yönlendirilmesini ve programların başarıyla tamamlanmasını da sağlar.

Araştırma Destek Grupları ve Yönetim

ARDEB, Türkiye'deki farklı araştırma alanlarını desteklemek üzere çeşitli araştırma grupları oluşturmuştur. Her grup, ilgili alanlarda derinlemesine bilgi ve deneyime sahip uzman koordinatörler tarafından yönetilmektedir. Bu gruplar arasında şunlar yer alır:

- **SOBAG (Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Projeleri Destekleme Programı):** Bu grup, genel bilimsel ve teknolojik araştırmalar için destek verir.
- **TOVAG (Teknoloji ve Endüstriyel Araştırmalar):** Teknolojik gelişim ve endüstriyel araştırmalar konusunda çalışmalar yapmaktadır.
- **MAG (Tıbbi Araştırmalar):** Sağlık alanındaki araştırmaları destekler.
- **SAVTAG (Savunma Teknolojileri Araştırma Grubu):** Savunma alanındaki araştırmalar ve yenilikçi projelere destek sağlar.
- **KBAG (Kariyer Destekleme Programı):** Bilim insanlarının kariyerlerine yeni başladıkları dönemde onları teşvik etmek için projeler sunar.

Bu gruplar, Türkiye'nin Ar-Ge kapasitesini artırmak için çeşitli araştırma alanlarına odaklanır ve projelere yönelik yönlendirme ve izleme faaliyetleri yürütür.

ARDEB Destek Programları

ARDEB, farklı alanlardaki araştırma ve geliştirme projelerini desteklemek amacıyla bir dizi destek programı sunmaktadır. Bu programlar, bilimsel ve teknolojik gelişmeleri teşvik etmek ve Türkiye'nin ulusal hedeflerine katkı sağlamak için tasarlanmıştır. ARDEB'in en çok bilinen destek programlarından bazıları aşağıdaki şekildedir:

Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Projelerini Destekleme Programı - 1001

Amacı: Yeni bilgiler üretmek, bilimsel yorumlar yapmak veya teknolojik problemleri çözmek amacıyla yapılan bilimsel araştırma projelerini destekler.

- **Destek Süresi:** ≤ 36 Ay
- **Destek Miktarı:** ≤ 2.400.000 TL
- **Kimler Başvurabilir:** Üniversiteler, araştırma enstitüleri ve özel sektör firmaları başvurabilir.

Hızlı Destek Programı - 1002

Amacı: Küçük bütçeli ve kısa süreli Ar-Ge projelerini destekler. 1002, iki modüle ayrılmaktadır:

1002-A (Genel Destek Modülü): Düşük bütçeli projeler için genel destek.

1002-B (Acil Destek Modülü): Acil ihtiyaç duyulan projeler için hızlı destek sunar.

- **Destek Süresi:** ≤ 12 Ay (1002-A) ve ≤ 6 Ay (1002-B)
- **Destek Miktarı:** 1002-A: ≤ 100.000 TL, 1002-B: ≤ 85.000 TL
- **Kimler Başvurabilir:** Üniversite, araştırma hastaneleri, özel sektör araştırma birimleri, doktora sonrası araştırmacılar.

Öncelikli Alanlar Ar-Ge Projeleri Destekleme Programı - 1003

Amacı: Ulusal Bilim Teknoloji ve Yenilik Stratejisi çerçevesinde belirlenen öncelikli alanlarda yapılan araştırma projelerine destek sağlar.

- **Destek Süresi:** ≤ 36 Ay
- **Destek Miktarı:** ≤ 3.750.000 TL
- **Kimler Başvurabilir:** Kamu kurumları, üniversiteler ve özel sektör firmaları başvurabilir.

Ulusal Yeni Fikirler ve Ürünler Araştırma Destek Programı - 1005

- **Amacı:** Teknolojik dışa bağımlılığı azaltmayı, yeni ürün, süreç, yöntem ve model geliştirmeyi amaçlayan araştırma projelerini destekler.

- **Destek Süresi:** ≤ 18 Ay
- **Destek Miktarı:** ≤ 950.000 TL
- **Kimler Başvurabilir:** Üniversiteler, araştırma enstitüleri, özel sektör ve sanayi kuruluşları başvurabilir.

Sosyal ve Beşeri Bilimlerde Yenilikçi Çözümler Araştırma Projeleri Destek Programı - 3005

- **Amacı:** Sosyal ve beşerî bilimler alanında yenilikçi çözümler üreten projelere destek verir.
- **Destek Süresi:** ≤ 36 Ay
- **Destek Miktarı:** ≤ 2.400.000 TL
- **Kimler Başvurabilir:** Sosyal bilimler alanında çalışan araştırmacılar, akademisyenler ve kurumlar başvurabilir.

Kariyer Geliştirme Programı - 3501

- **Amacı:** Kariyerlerine yeni başlayan doktoralı bilim insanlarının çalışmalarını teşvik etmek amacıyla destek sağlar.
- **Destek Süresi:** ≤ 36 Ay
- **Destek Miktarı:** ≤ 1.000.000 TL
- **Kimler Başvurabilir:** Doktora sonrası araştırmacılar ve genç bilim insanları başvurabilir.

Uluslararası Araştırma Fonlarından Yararlanma Kapasitesinin ve Uluslararası Ar-Ge İşbirliklerine Katılımın Artırılması - 1071

- **Amacı:** Uluslararası Ar-Ge işbirliklerine katılımı artırmayı ve küresel araştırma fonlarından faydalanmayı teşvik eder.
- **Destek Süresi:** ≤ 36 Ay
- **Destek Miktarı:** Çağrı özelinde belirlenir.
- **Kimler Başvurabilir:** Üniversiteler, kamu araştırma birimleri ve özel sektör firmaları başvurabilir.

Mükemmeliyet Merkezi Destek Programı - 1004

Amacı: Yükseköğretim kurumları, araştırma altyapıları ve kamu Ar-Ge birimlerinin işbirliğiyle bilimsel araştırmaların mükemmeliyet merkezlerine dönüştürülmesini destekler.

- **Destek Süresi:** ≤ 36 Ay
- **Destek Miktarı:** ≤ 2.400.000 TL
- **Kimler Başvurabilir:** Üniversiteler, araştırma altyapıları, kamu Ar-Ge birimleri başvurabilir.

Kamu Kurumları Araştırma ve Geliştirme Projelerini Destekleme Programı - 1007

- **Amacı:** Kamu kurumlarının Ar-Ge projelerini destekler, özellikle devletin ihtiyaç duyduğu teknolojik ürünlerin yerli olarak geliştirilmesini amaçlar.
- **Destek Süresi:** ≤ 48 Ay
- **Destek Miktarı:** Çağrıda belirtilir.
- **Kimler Başvurabilir:** Kamu kurumları ve devlet destekli araştırma birimleri başvurabilir.

Kamu Ar-Ge Projeleri Destekleme Programı - 1009

- **Amacı:** Kamu araştırma birimlerinin Ar-Ge projelerini destekleyerek yerli üretimi teşvik eder.
- **Destek Süresi:** ≤ 48 Ay
- **Destek Miktarı:** Çağrıda belirtilir.
- **Kimler Başvurabilir:** Kamu kurumları, üniversiteler ve araştırma enstitüleri başvurabilir.

COST - Avrupa İşbirliği Programı

Amacı: Avrupa düzeyinde bilimsel ve teknolojik iş birliklerini artırmak ve yeni araştırma ağları oluşturmak amacıyla Avrupa Konseyi tarafından fonlanan projelere destek sağlar.

- **Destek Süresi:** ≤ 48 Ay
- **Destek Miktarı:** Çağrıda belirtilir.

- **Kimler Başvurabilir:** Üniversiteler, kamu araştırma birimleri, özel sektör firmaları başvurabilir.

1006 - Teknolojik Ürün Yatırım Destek Programı

Amacı: Türkiye’de geliştirilen yenilikçi teknolojilere yatırım yaparak sanayiye katkı sağlamak.

- **Destek Süresi:** ≤ 36 Ay
- **Destek Miktarı:** ≤ 1.500.000 TL
- **Kimler Başvurabilir:** Teknoloji firmaları, Ar-Ge merkezleri, özel sektör girişimleri başvurabilir.

Sonuç olarak, ARDEB’in destek programları, araştırmacıların projelerini hayata geçirebilmeleri için önemli bir finansal kaynak sunmaktadır. Bu programlar, Türkiye’nin bilimsel altyapısının güçlendirilmesinin yanı sıra, ulusal inovasyonun artmasına da katkı sağlamaktadır. Her programın kendine has özellikleri, hedefleri ve finansal limitleri bulunmakta olup, başvuru koşulları program bazında farklılık gösterebilmektedir.

TÜBİTAK desteklerinin her birine yukarıda mevzuattaki ad ve sıra ile ayrı ayrı yer verilmesinin amacı; esasında prensip olarak her seviyedeki işletme ve/veya gerçek kişinin yaptığı veya yapacağı Ar-Ge çalışmalarının TÜBİTAK tarafından desteklenebilmesidir. Bunun yanında TÜBİTAK projesi ile desteklenen bir Ar-Ge faaliyeti ile bu faaliyetin çıktısı olan ürün veya teknolojinin prensip olarak bir Ar-Ge çalışması ile meydana getirildiğinin de idare ve ilgili eko-sistem tarafından bir şekilde -örtülü olarak da olsa- onaylanmış olduğunun kabul edilmesidir.

8.2.3.2. TEYDEB Tanıtımı ve Destek Programları

Teknoloji ve Yenilik Destek Programları Başkanlığı (“TEYDEB”), Türkiye’nin teknolojik altyapısını güçlendirmek ve sanayi sektöründe araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) kapasitesini artırmak amacıyla çeşitli stratejik destek programları sunmaktadır. Bu programlar, sadece akademik araştırmaların desteklenmesi değil, aynı zamanda endüstriyel yeniliklerin teşvik edilmesi, yerli teknolojilerin geliştirilmesi ve küresel pazarda rekabetçi projelerin hayata geçirilmesi amacıyla büyük önem taşımaktadır. TEYDEB, Türkiye’nin Ar-Ge ve inovasyon ekosisteminin güçlendirilmesine katkıda bulunurken, kamu, özel sektör ve üniversiteler arasındaki işbirliklerini teşvik etmekte ve ülkenin genel Ar-Ge performansını artırmaya yönelik kapsamlı bir yol haritası sunmaktadır.

Bu rapor, TEYDEB’in sunduğu başlıca destek programlarının her birini detaylı bir şekilde incelemeyi amaçlamaktadır.

Sanayi Ar-Ge Destek Programı - 1501

Sanayi Ar-Ge Destek Programı, Türkiye’deki sanayi kuruluşlarının Ar-Ge ve inovasyon faaliyetlerini teşvik etmek amacıyla oluşturulmuş en kapsamlı destek programlarından biridir. Bu program, KOBİ’lerden büyük ölçekli sanayi firmalarına kadar geniş bir yelpazeye hitap etmekte, firmaların araştırma, geliştirme ve yenilikçi ürün üretme süreçlerine finansal destek sunmaktadır. Bu destek, sadece yeni ürünlerin tasarımını değil, aynı zamanda üretim süreçlerinde yapılacak inovasyonları da kapsamaktadır. Bu program sayesinde, teknolojik yeniliklerin ticarileştirilmesi ve ulusal ekonomiye katkı sağlanması hedeflenmekte, sanayiye yönelik projelere geri ödemesiz finansal kaynak aktarılmaktadır.

Proje Pazarları Destekleme Programı - 1503

Proje Pazarları Destekleme Programı, KOBİ’lerin ulusal ve uluslararası düzeyde işbirlikleri kurmalarını teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Bu program, KOBİ’lerin projelerini tanıtmalarına, potansiyel iş ortaklarıyla buluşmalarına ve küresel pazarlarda rekabet edebilmeleri için fırsatlar yaratmalarına olanak tanımaktadır. Proje pazarları etkinlikleri, firmalar için işbirliklerinin artırılması sağlanmakta ve sanayi kuruluşlarının uluslararası düzeyde daha rekabetçi hale gelmeleri teşvik edilmektedir. Böylece, Türkiye’nin sanayi altyapısı daha güçlü bir konuma gelmektedir.

Üniversite-Sanayi İşbirliği Destek Programı - 1505

Üniversite-Sanayi İşbirliği Destek Programı, akademik bilgi ve teknolojinin sanayiye entegrasyonunu sağlamak amacıyla tasarlanmış önemli bir destek mekanizmasıdır. Bu program, üniversiteler ile sanayi sektörünü birleştirerek, akademik bilgiye dayalı yenilikçi projelerin ticarileşmesini hızlandırmayı amaçlar. Üniversitelerin Ar-Ge kapasitesinin sanayinin ihtiyaçlarına göre yönlendirilmesi ve yeni iş birliklerinin kurulması sağlanarak, teorik bilgilerin pratik çözümlere dönüştürülmesi hedeflenmektedir. Bu iş birliklerinin güçlendirilmesi, sanayi ve akademi arasında sürdürülebilir bir inovasyon ekosisteminin oluşturulmasına olanak tanır.

KOBİ Ar-Ge Başlangıç Destek Programı - 1507

KOBİ'lerin yenilikçi projeler geliştirmelerini teşvik eden bu program, KOBİ'lerin Ar-Ge projelerini başlatabilmeleri için gerekli finansal desteği sağlamaktadır. Bu destek, KOBİ'lerin araştırma ve yenilik süreçlerini hızlandırmayı ve yerli üretim kapasitesini artırmayı hedefler. Program, başlangıç düzeyindeki Ar-Ge projelerinin teşvik edilmesi ve Türkiye'deki yenilikçilik kültürünün güçlendirilmesi açısından kritik bir öneme sahiptir. KOBİ'ler, bu destekle rekabet avantajı elde ederek global pazarda daha güçlü bir konumda yer alabilirler.

Öncelikli Alanlar Ar-Ge Destek Programı (HAMLE) - 1511

Bu program, Türkiye'nin stratejik öncelikli alanlarında yapılan Ar-Ge projelerine yönelik finansal destek sağlar. Öncelikli alanlarda yapılan yenilikçi projeler, Türkiye'nin sanayi altyapısını güçlendirmek ve küresel pazarda rekabet gücünü artırmak için büyük bir fırsat sunar. Bu projeler, özellikle enerji, savunma sanayii, çevre teknolojileri gibi kritik alanlarda yerli çözümler üretmeyi ve teknolojik bağımsızlığı artırmayı hedeflemektedir.

Teknogirişim Sermayesi Desteği Programı (BiGG) - 1512

BiGG, teknoloji tabanlı girişimciliği teşvik eden ve genç girişimcilere yönelik sermaye desteği sunan bir programdır. Bu destek, girişimcilerin erken aşama projelerini ticarileştirebilmeleri için gerekli finansal kaynakları sağlamaktadır. BiGG, teknoloji tabanlı start-up'ların büyümesine katkıda bulunarak, Türkiye'nin yenilikçi girişimcilik ekosisteminin gelişmesini destekler. Girişimciler, kendi iş fikirlerini hayata geçirebilmeleri için önemli bir fırsat sunmaktadır.

Teknoloji Transfer Ofisleri Destekleme Programı - 1513

Teknoloji transfer ofisleri, üniversitelerdeki bilimsel bilgi ve teknolojinin sanayiye aktarılmasını sağlayarak ekonomik değere dönüştürülmesine yardımcı olmaktadır. Bu program, teknoloji transfer ofislerinin kapasitesini artırmayı ve Ar-Ge süreçlerini hızlandırmayı hedefler. Böylece, akademik bilginin ticarileştirilmesi ve sanayinin yenilikçi çözümler geliştirmesi kolaylaşmaktadır.

Girişim Sermayesi Destekleme Programı (GİSDEP) - 1514

Girişim sermayesi desteği, yüksek riskli ve yenilikçi projelere yatırım yaparak girişimcilere finansal kaynak sağlamaktadır. Bu program, yenilikçi ürün ve hizmetlerin ticarileştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır ve yatırımcılar için güvence oluşturmaktadır. GİSDEP, girişimcilik ekosisteminin gelişmesine ve yenilikçi projelerin hayata geçmesine katkıda bulunmaktadır.

Öncül Ar-Ge Laboratuvarları Destekleme Programı - 1515

Bu program, küçük ölçekli Ar-Ge laboratuvarlarının kurulmasını teşvik eder ve bu laboratuvarların sanayiye katkı sağlaması için gerekli alt yapıyı oluşturur. Yenilikçi teknolojilerin geliştirilmesi ve ticarileştirilmesi için kritik öneme sahip bu laboratuvarlar, Türkiye'nin Ar-Ge kapasitesinin artırılmasında büyük bir rol oynamaktadır.

TEYDEB'in sunduğu destek programları, Türkiye'nin Ar-Ge ve inovasyon kapasitesini artırmaya yönelik önemli bir rol oynamaktadır. Bu programlar, sanayi, üniversite ve özel sektör arasındaki iş birliklerini teşvik ederken, yerli teknoloji üretimini ve küresel rekabet gücünü artırmayı hedeflemektedir. Girişimcilere, start-up'lara ve Ar-Ge laboratuvarlarına sağlanan bu destekler, Türkiye'nin ekonomik kalkınmasını hızlandıracak ve Ar-Ge ile inovasyon ekosisteminin büyümesine katkı sağlayacaktır. TEYDEB'in sunduğu bu programlar, sadece bilimsel araştırmalara değil, aynı zamanda endüstriyel uygulamalara da büyük katkı sunarak Türkiye'nin Ar-Ge ve inovasyon ekosisteminin güçlenmesine yardımcı olmaktadır.

Siparişe Dayalı Ar-Ge Projeleri Destekleme Programı - 1707

Bu çağrı programı, müşteri gereksinimlerini karşılayan çözüm önerilerinin, ülkemizdeki sanayi kuruluşlarının büyük çoğunluğunu oluşturan KOBİ'ler tarafından Ar-Ge yolu ile ticarileşebilir çıktılara dönüştürülmesi hedeflenmektedir. Bu çağrıda konu ve sektör sınırlaması yoktur. Çağrıya, en az bir müşteri kuruluş ve bir KOBİ ölçeğinde tedarikçi kuruluş ortak başvuru yapabilmekte ve Tedarikçi Kuruluşun KOBİ ölçeğinde olması şartı bulunmaktadır. TÜBİTAK ve müşteri kuruluş tarafından yürütülen süreçte, tüm sektörlerden ticarileşme potansiyeli yüksek projeler desteklenmektedir. Projelerin, tedarikçi kuruluşun Ar-Ge çalışmalarını kapsamaması, müşteri kuruluşun süreci takip etmesi ve pazar araştırması ile ekonomik yapılabilirlik incelemelerinin dikkate alınması gerekmektedir.

Müşteri Kuruluş dönemsel olarak gerçekleşen proje giderlerinin %40'ını Tedarikçi Kuruluşa ödeyecek, TÜBİTAK giderleri değerlendirdikten sonra “kabul edilen harcama tutarının” %40'ını Tedarikçi Kuruluşa hibe destek olarak verecektir. BİGG Ortaklı Sipariş Ar-Ge çağrısı kapsamındaki projelerde TÜBİTAK desteği %50 olacaktır.

Yapay Zekâ Ekosistem Çağrısı - 1711

Bu destek programı, üniversite/kamu araştırma merkez ve enstitülerindeki bilgi birikiminden faydalanılarak, Türkiye’de yerleşik ve proje sonuçlarını Türkiye’de uygulamayı taahhüt eden şirketlerimizin geliştirdiği yapay zekâ teknolojilerinin; yapay zekâ çözümlerine kendi bünyelerinde ihtiyaç duyan şirketlerimizin ihtiyaçları doğrultusunda ürün ya da çözümlere dönüştürülmesine katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Çağrı programı, yapay zeka çözümleri gerektiren müşteri kuruluşların, teknoloji sağlayıcıları ile (en az bir KOBİ ve bir üniversite araştırma laboratuvarı ya da kamu araştırma merkezi) ve TÜBİTAK Yapay Zeka Enstitüsü ile konsorsiyumlar kurarak projeler geliştirmelerini kapsamaktadır. Konsorsiyum kurulmadan yapılan başvurular değerlendirilmeye alınmamaktadır. Azami destek süresi 24 aydır. Müşteri kuruluş, Ar-Ge faaliyetlerine katılıyorsa sadece işgücü desteği alabilecektir ve bu destek 18 adam-ay aşamayacaktır. TÜBİTAK, kabul edilen harcamanın %60'ını hibe olarak verecek, kalan kısmı müşteri kuruluş tarafından karşılanacaktır. Büyük ölçekli kuruluşlar, teknoloji sağlayıcıya %20 ödeme yapacak ve geri kalan kısmın %60'ı TÜBİTAK’tan hibe olarak alınacaktır. KOBİ’ler ise %10 ödeme yapacak ve geri kalan %70’lik kısmı TÜBİTAK’tan hibe olarak alınacaktır. Kamu idareleri ve vakıf üniversiteleri için destek oranı %100’dür.

Sanayide Yeşil Dönüşüm/1833 - SAYEM Yeşil Dönüşüm Destekleme Programı - 1832

Dünya Bankası desteğiyle T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı’nın koordinasyonunda TÜBİTAK tarafından yürütülen bu çağrılar, ülkemizin yeşil büyümesine katkı sağlayacak katma değeri yüksek ürün veya ürün grubu geliştirilmesi ve teknoloji geliştirilmesi hedeflenmektedir. TÜBİTAK tarafından 2 farklı türde çağrılı (1832/1833) olarak yürütülmektedir. 1832 çağrısı tekil ve en fazla 3 ortaklı başvurulabilirken, 1833 çağrısı ise proje konsorsiyumu oluşturularak başvurulabilen çağrıdır. Destek unsurları tabloda verilmektedir. Çağrı kapsamında sermaye şirketlerine en fazla %50’si geri ödenmek üzere faizsiz geri ödemeli destek sağlanacaktır. Geri ödenecek desteğin bir kısmı hibe desteğine dönüştürülebilecektir. Kullanılacak desteğin geri ödemesi proje bittikten 1 yıl sonra başlayacaktır.

Tablo 1. Destek Oranları

Firma Ölçeği	Kabul Edilen Bütçe için Destek Oranları	
	Öz Kaynak Katılım Oranı	Geri Ödemeli Katılım Oranı
Büyük Ölçekli	%30	%70
KOBİ	%20	%80
Deprem Bölgesindeki KOBİ	%10	%90

8.2.4. KOSGEB Destek Programları

KOSGEB: Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı’nı,

İşletme: Mevzuata uygun olarak kurulan, bir veya birden çok gerçek veya tüzel kişiye ait olup ekonomik faaliyette bulunan birimleri veya girişimleri,

Küçük ve orta büyüklükte işletme (“KOBİ”): Yıllık çalışan sayısı 250 kişiden az olan yıllık net satış hasılatı veya mali bilançosundan herhangi biri 500.000.000 (beşyüzmilyon) Türk Lirasını aşmayan işletmeleri,

8.2.4.1. KOBİ Teknolojik Ürün Yatırım (TEKNOYATIRIM) Destek Programı

Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge)/Ürün Geliştirme (Ür-Ge)/yenilik faaliyetleri sonucu ortaya çıkan ürünler ile orta-yüksek/yüksek teknoloji alanında yer alan ve cari işlemler hesabına katkı sağlayacak ürünlerin üretimini ve ticarileştirilmesini sağlamaktır. Destek Programı kapsamında verilecek desteklerin üst limiti aşağıdaki şekildedir:

- Düşük/orta-düşük teknoloji alanında yer alan ürünler için geri ödemeli 1.400.000 TL ve geri ödemesiz 600.000 TL olmak üzere toplam 2.000.000 TL,
- Orta-yüksek/yüksek teknoloji alanında yer alan ürünler için geri ödemeli 7.000.000 TL ve geri ödemesiz 3.000.000 TL olmak üzere toplam 10.000.000 TL’dir.

Yatırım projesi süresi en fazla 36 aydır. Destek programı kapsamında aşağıda yer alan destekler verilir.

- **Makine-Teçhizat Desteği:** Yatırım projesine konu ürüne yönelik makine-teçhizat ve kalıp giderlerine destek verilir.

- **Yazılım Giderleri Desteği:** Yatırım projesine konu ürüne yönelik yazılım giderlerine destek verilir.
- **Personel Gideri Desteği:** Yatırım projesi kapsamında yeni istihdam edilecek personel için destek verilir.

8.2.4.2. Stratejik Ürün Destek Programı

Programın amacı, T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığınca yürütülen Teknoloji Odaklı Sanayi Hamlesi Programı kapsamında, Türkiye’de orta-yüksek ve yüksek teknoloji seviyeli sektörlerdeki katma değeri yüksek ürünlerin ve bu sektörlerin gelişimi için kritik önemi haiz ürünlerin üretimini artırmaya yönelik olarak yürütülecek yatırım projelerine ve/veya başvuruda bulunan projeler için Bakanlıkça yetkilendirilmiş bağımsız danışmanlık firması tarafından Bakanlığın belirlediği formatta hazırlanacak değerlendirme raporu giderlerine destek verilmesidir. Yatırım proje süresi en fazla 24 ay olacak şekilde 3 ayın tam katlarından oluşur.

Program kapsamında verilecek personel giderleri desteğinin üst limiti geri ödemeli 10.000.000 TL, bağımsız değerlendirme desteği üst limiti geri ödemesiz 50.000 TL’dir.

Destek Kalemleri	Destek Oranları
Bağımsız değerlendirme desteği	%100 (geri ödemesiz)
Personel giderleri desteği	%80 (geri ödemeli)

Bu programa Türkiye’de yerleşik sermaye şirketi statüsündeki işletmelerden, Teknoloji Odaklı Sanayi Hamlesi Programı çağrı planında yer alan ürünleri üretmek üzere Bakanlığa ön başvuruda bulunup kesin başvuru yapmaya davet edilerek Program Portalı üzerinden KOSGEB’e yönlendirilen ve KBS’de (KOBİ Bilgi Sistemi) kayıtlı, aktif durumda, işletme beyanı güncel olan işletmeler başvurabilmektedir.

8.2.4.3. TEKMER Destek Programı

KOSGEB Destek Programları Yönetmeliği’ne dayanılarak çıkarılmış olup TEKMER Destek Programı’na ilişkin düzenleyici işlemleri kapsamaktadır. TEKMER Destek Programı’nın amacı, girişimcilik ekosisteminde işbirliğini teşvik ederek ulusal plan ve programlar doğrultusunda işletmelerin kurulmasını ve sürdürülmesini sağlamaktır. Bu kapsamda, ön inkübasyon, inkübasyon ve inkübasyon sonrası hizmetler sunulmaktadır:

- **Ön İnkübasyon:** Girişimcilere eğitim, danışmanlık, mentörlük ve iş geliştirme hizmetleri sağlanması,
- **İnkübasyon:** Girişimcilere ve işletmelere eğitim, teknik danışmanlık, yatırımcı bulma ve ortak kullanım alanları gibi hizmetler sunulması,
- **İnkübasyon Sonrası:** Mezun işletmelere pazar stratejisi geliştirme, büyüme stratejisi, fon bulma gibi hizmetler sağlanması olarak tanımlanmaktadır.

Program, KOSGEB tarafından TEKMER adı kullanım hakkı tanınmış işletici kuruluşlara yönelik olup yalnızca bir kereye mahsus faydalanılabilir. Başvuru ve yararlanma koşulları TEKMER Uygulama Esaslarında daha detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Program kapsamında öngörülen teşvik ve destekler aşağıdaki şekildedir:

- **Mobilya ve Donanım Desteği:** TEKMER için gerekli olan mobilya ve donanım alımı için 2.000.000-TL’ye kadar geri ödemesiz destek sağlanmaktadır.
- **Ortak Kullanıma Yönelik Makine-Teçhizat ve Yazılım Desteği:** Makine-teçhizat giderleri ile yazılım lisans bedeli veya zaman sınırlı lisans kullanım bedelleri için 2.000.000 TL’ye kadar geri ödemesiz ve 2.000.000 TL’ye kadar geri ödemeli destek sağlanmaktadır. Bu madde kapsamında verilecek desteğin sınırı 4.000.000 TL’yi geçemez.
- **Personel Giderleri Desteği:** TEKMER bünyesinde çalışacak personellerin giderleri için 3.000.000 TL’ye kadar geri ödemesiz destek sağlanmaktadır.
- **Eğitim ve Danışmanlık Desteği:** TEKMER girişimcileri ve işletmeleri için eğitim, danışmanlık organizasyon ve tanıtım giderleri kapsamında yıllık 100.000-TL’yi geçmemek üzere toplam 300.000-TL’ye kadar destek sağlanmaktadır.
- **İlave Kapasite Geliştirme Desteği:** İşleticinin kuruluşun fiziki yapısını büyütebilmesi için 4.000.000 TL’ye kadar ek destek sağlanabilmektedir.

• **İlave Kapasite Geliştirme Desteği:** İşleticinin kuruluşun fiziki yapısını büyütebilmesi için 4.000.000 TL'ye kadar ek destek sağlanabilmektedir.

• **Vergisel Avantajlar:** Yukarıda bahsedilen 5746 sayılı Kanun kapsamındaki, Ar-Ge indirimi, SGK işveren hissesi desteği, gelir vergisi stopaj desteği, damga vergisi istisnası ve gümrük vergisi istisnası burada da uygulama alanı bulmaktadır.

8.2.4.4. Kapasite Geliştirme Destek Programı

Program ile KOBİ'lerin verimliliğini, dayanıklılığını, üretimini, pazar büyüklüğünü ve kurumsal kapasitesini artırmaya yönelik ölçek büyütme yatırımlarına ve büyük işletmelerin tedarikçilerinin geliştirilmesine katkı sağlamak amaçlanmaktadır. Program kapsamında, işletmelerin makine-teçhizat, kalıp, yazılım, personel, hizmet alımı giderleri ve işletme sermayesi için finansal kuruluşlardan kullanacakları kredinin faiz/kâr payı giderlerine finansal kuruluşlarla imzalanan protokol hükümleri kapsamında geri ödemesiz destek sağlanabilecektir.

İşletme Başına Kredi Alt Limiti	5.000.000 TL
İşletme Başına Kredi Üst Limiti	50.000.000 TL
Destek Puanı	20
Proje Süresi	24 Ay (üçer aylık dönemler)
Azami Kredi Vadesi	36 Ay
Desteklenecek giderler	• Makine, teçhizat ve kalıp giderleri • Yazılım giderleri • Personel giderleri • Hizmet alımı giderleri (eğitim, danışmanlık ve belgelendirme, test ve analiz, pazarlama, tasarım, sınai mülkiyet hakları)
Destek Programı Kapsamında Protokole Taraf Finansal Kuruluşlar	• T.C. Ziraat Bankası A.Ş. • Ziraat Katılım Bankası A.Ş. • Türkiye Halk Bankası A.Ş. • Türkiye Vakıflar Bankası T.A.O

8.2.4.6. Yeşil Sanayi Destek Programı

Bu program küçük ve orta ölçekli işletmelerin yeşil dönüşümünü verimli bir şekilde gerçekleştirmelerine katkı sağlamaktır.

Proje kapsamında KOSGEB tarafından imalatçı KOBİ'lerin;

- Ülkemizin yenilenebilir enerji potansiyelinin değerlendirilmesi,
- Çevre dostu teknolojilerin kullanılmasına yönelik farkındalıklarının artırılması,

- Enerji maliyetlerinin azaltılmasına yönelik kapasitelerinin geliştirilmesi,
- Çevresel sürdürülebilirlik, rekabetçilik, yatırım olanakları, dijitalleşme ve kaynak tedariğinde güvence amacı ile çevresel duyarlılığa ve kaynakların daha verimli tüketilmesine yönelik kapasitelerinin geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

	KOBİ'lerinin Güneş Enerjisi Yatırımlarının Desteklenmesi	Sanayide Temiz ve Döngüsel Ekonomi
Destek Üst Limiti	14.000.000 TL	4.000.000 TL
Destek Oranı	%60	%70
Proje Süresi	En az 8 ay ve en fazla 12 ay	
Destek	Makine, Teçhizat Giderleri	Personel Giderleri Makine, Teçhizat Giderleri Yazılım Giderleri Hizmet Alım Giderleri

8.2.4.7. KOBİ Dijital Dönüşüm Destek Programı

Ülkenin ulusal ve uluslararası hedefleri doğrultusunda, küçük ve orta ölçekli işletmelerin iş süreçlerinin geliştirilmesi ve verimli hale getirilmesi, rekabet güçlerinin yükseltilmesi ve ekonomideki paylarının artırılması amacıyla dijital dönüşüm süreçlerinin desteklenmesidir.

İşletme Başına Kredi Alt Limiti	1.000.000 TL
İşletme Başına Kredi Üst Limiti	20.000.000 TL
Destek Puanı	20
Program Süresi	24 ay
Azami Kredi Vadesi	36 Ay
Destek	Makine, teçhizat, yazılım ve donanım giderleri
Destek Programı Kapsamında Protokole Taraf Bankalar	Türk Ekonomi Bankası A.Ş. (TEB) - Türkiye İş Bankası A.Ş.

8.2.5. 4737 Sayılı Endüstri Bölgeleri Kanunu

Bu Kanun; endüstri bölgelerinin kurulması, yönetimi ve işletilmesine ilişkin esasları belirleyerek sanayi yatırımlarını teşvik etmek, uluslararası rekabet gücünü arttırmak ve üretimi desteklemek amacını taşır. Kanun kapsamında Endüstri Bölgesi; “Ülke ekonomisini uluslararası rekabet edebilir bir yapıya kavuşturmak, teknoloji transferini sağlamak, üretim ve istihdamı artırmak, yabancı sermaye girişini hızlandırmak ve özellikle üretim maliyetleri açısından büyük ölçekli yatırımlar için uygun sanayi alanı oluşturmak üzere bu Kanun uyarınca kurulacak üretim bölgeleri” şeklinde tanımlanmaktadır. Kanun kapsamındaki destek ve teşvikler şu şekildedir:

- **Emlak Vergisi Muafiyeti:** Endüstri bölgesinde yer alan binalar bakımından emlak vergisi muafiyeti getirilmiştir.
- **Damga Vergisi Muafiyeti:** Endüstri bölgelerinde yer alan arsaların tahsisine ilişkin düzenlenen sözleşme ve taahhütnameler bakımından damga vergisi muafiyeti getirilmiştir.
- **Harç İstisnası:** Endüstri bölgelerinde yer alan taşınmazların ifraz veya taksim veya birleştirme işlemleri, arsaların tahsisi nedeniyle yapılacak şerh işlemleri ile bu arsalar üzerine inşa edilen binaların tahsis edilene kadarki devir tescili ve cins değişikliği işlemleri harçtan müstesna tutulmuştur.
- **Kamulaştırma Avantajı:** Bakanlık tarafından özel mülkiyete konu alanlar kamulaştırılabilecek olup projesine göre kamulaştırma masrafları Bakanlıkça karşılanabilecektir.
- **Arsa Tahsis Desteği:** Hazine arazileri üzerinde 49 yıllığına irtifak veyahut kullanım hakkı verilebilecektir. Endüstri bölgeleri haricinde bu süre en fazla 30 yıl olarak uygulanmaktadır.
- **Ek Teşvikler:** Kanun uyarınca sadece Özel Endüstri Bölgeleri için Cumhurbaşkanı tarafından ek teşvikler belirlenebilir. Diğer sanayi bölgelerindeki yatırımcılar sadece mevcut-taki Yatırım Teşvik Kararı çerçevesindeki teşviklerden yararlanabilecektir.
- **Hizmet Bedeli İndirimi:** Yapı Denetim Kuruluşlarına ödenecek hizmet bedelinde %20'yi geçmeyecek şekilde indirim yapılmaktadır.
- **Altyapı Hibe Desteği:** Projesine göre Karma ve İhtisas Endüstri Bölgelerine özelinde, bölgenin yatırımlara hazır hale gelmesi için gereken altyapıya ilişkin masraflar Bakanlık tarafından karşılanabilir. Münferit Yatırım Yeri ve Özel Endüstri Bölgeleri'ndeki tüm altyapı harcamaları başvuru sahibi tarafından karşılanacaktır.

8.2.6. 2872 Sayılı Çevre Kanunu

2872 sayılı Çevre Kanunu, çevrenin korunması, iyileştirilmesi ve kirliliğin önlenmesi amacıyla çıkarılmış temel bir yasal düzenlemedir. Kanun, çevreye zarar veren faaliyetlerin kontrol altına alınmasını, doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımını ve çevre kirliliğinin önlenmesine yönelik idari, teknik ve hukuki tedbirlerin belirlenmesini hedefler. Sanayi ve Teknoloji açısından bu kanun, sanayi tesislerinin çevresel etkilerini minimize etmek, atık yönetimi, emisyon kontrolü ve enerji verimliliği gibi konularda düzenlemeler getirerek sürdürülebilir üretim süreçlerinin oluşturulmasını sağlar. Ayrıca, sanayi kuruluşlarının çevre dostu teknolojilere yönelmesini teşvik ederek hem çevresel hem de ekonomik anlamda rekabet gücünü artırmayı amaçlar. Bu bağlamda, Çevre Kanunu, sanayi ve teknoloji sektörünün çevreyle uyumlu bir şekilde gelişimini destekleyen temel bir yasal çerçeve sunar.

8.2.7. 4562 Sayılı Organize Sanayi Bölgeleri Kanunu

Bu Kanun, organize sanayi bölgelerinin ve OSB üst Kuruluşunun oluşumunu, organlarını, işleyişini, yönetim ve denetimini düzenleyen hükümler ile bunlarla ilgili kişi ve kuruluşların görev, yetki ve sorumluluklarını belirleyen hükümleri kapsar. Bu Kanunun amacı organize sanayi bölgelerinin kuruluş, yapım ve işletilmesi esaslarını düzenlemektir.

Bu kanun kapsamında Organize Sanayi Bölgesi (OSB); sanayinin uygun görülen alanlarda yapılanmasını sağlamak, çarpık sanayileşme ve çevre sorunlarını önlemek, kentleşmeyi yönlendirmek, kaynakları rasyonel kullanmak, bilgi ve bilişim teknolojilerinden yararlanmak, sanayi türlerinin belirli bir plan dâhilinde yerleştirilmesi ve geliştirilmesi amacıyla, sınırları tasdik edilmiş arazi parçalarının imar planlarındaki oranlar dâhilinde gerekli ortak kullanım alanları, hizmet ve destek alanları ve teknoloji geliştirme bölgeleri ile donatılıp planlı bir şekilde ve belirli sistemler dâhilinde sanayi için tahsis edilmesiyle oluşturulan ve bu Kanun hükümlerine göre kurulan, planlanan ve işletilen, kaynak kullanımında verimliliği hedefleyen mal ve hizmet üretim bölgelerini ifade etmektedir.

8.2.8. 6769 Sayılı Sınai Mülkiyet Kanunu (SMK)

Sınai Mülkiyet Kanunu'nun amacı; marka, coğrafi işaret, tasarım, patent, faydalı model ile geleneksel ürün adlarına ilişkin hakların korunması ve bu suretle teknolojik, ekonomik ve sosyal ilerlemenin gerçekleştirilmesine katkı sağlamaktır. Bu Kanun getirdiği düzenlemelerle; bireylerin ve şirketlerin teknolojik yeniliklerini, ticari markalarını ve tasarımlarını hukuki olarak koruma altına alır. Bu sayede, sanayi ve teknoloji alanındaki yatırımcılar, girişimciler ve araştırmacılar daha verimli ve yenilikçi bir ortamda faaliyet gösterirler.

SMK kapsamındaki fikri hakları (gayri maddi haklar) desteklemek ve bu açıdan da Ar-Ge ve teknolojik gelişmeyi dolaylı olarak teşvik etmek için bu Kanun kapsamındaki bazı haklar açısından önemli vergi avantajları mevzuatımızda öngörülmüştür. Bu kapsamdaki temel vergi istisnaları şu şekilde özetlenebilir:

Kurumlar Vergisi Kanunu ("KVK") 5/B maddesinde belli şartları taşıyan Patent ve Faydalı modellere ilişkin olarak elde edilen kazançların %50'si Kurumlar Vergisinden istisna edilmiştir. KVK 5/B maddesinde belli şartları taşıyan patent ve faydalı modeller ilişkin olarak elde edilen kazançların %50 si Kurumlar Vergisinden istisna edilmiştir. Temel şartların sağlanması durumunda aşağıdaki kazançlar için %50 oranında Kurumlar Vergisi İstisnasından yararlanma imkânı bulunmaktadır.

- Kiralama, patent veya faydalı model belgesine konu buluşun yurt içi veya yurt dışındaki gerçek veya tüzel kişilere inhisarı veya inhisarı olmayan lisans sözleşmesi ile belirli bir süre için kiralınmasını,
- Devir veya satış, patent veya faydalı model belgesine konu buluşun yurt içi veya yurt dışındaki gerçek veya tüzel kişilere bedel karşılığı satılmasını,
- Seri üretime tabi tutularak pazarlama, münhasıran patent veya faydalı model belgesine konu özgün ürünün Türkiye'de üretilerek yurt içi veya yurt dışındaki gerçek veya tüzel kişilere satışa sunulmasını,

Üretim sürecinde kullanma, patent veya faydalı model belgesine konu buluşun, üretimi Türkiye'de gerçekleştirilen ürünlerin üretim sürecinde veya bu ürünlerin imalinde kullanılmasını ifade etmektedir. Patent veya faydalı model belgesini devralanlar, satın alanlar veya inhisarı lisans sahipleri, şartların sağlanması kaydıyla, bu işlemlerin Sicile tescil edildiği tarihten itibaren istisnadan yararlanabileceklerdir. 29333 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan, Kurumlar Vergisi Genel Tebliği (Seri No:1)'nde değişiklik yapılmasına dair 8 Seri Numaralı Tebliğ'in, 5.14.1. 2. ve 3. bölümleri uyarınca, söz konusu vergi istisnasından faydalanmak için şu 4 sorunun cevabının karşılanması gerekmektedir;

- 1- Buluşlara ilişkin araştırma, geliştirme ve yenilik faaliyetleri ile yazılım faaliyetlerinin Türkiye'de gerçekleştirilmesi,
- 2- İncelemeli sistemle patent veya olumlu araştırma raporu sonucunda faydalı model belgesi alınması,
- 3- İstisna uygulamasından yararlanacak kişilerden olunması şartı kapsamında,

- İstisnadan yararlanacak kişilerin 551 sayılı Patent Haklarının Korunması Hakkında Kanun Hükmünde Kararname ve 6769 sayılı Sınai Mülkiyet Kanunu'nda 'da belirtilen nitelikleri taşıması
- Patent veya faydalı model belgesi üzerinde tekeli niteliğinde özel bir ruhsata sahip olunması

4- Patent veya faydalı model belgesi için sağlanan koruma süresinin aşılmamış olması.

- Patent/Faydalı Modelin lisanslanması veya devri yoluyla elde edilen kazançlar
- Patente/Faydalı Modele konu buluşun Türkiye'de üretilip satılması halinde elde edilen kazançlar
- Patente konu olan ve Türkiye'de gerçekleştirilen üretim süreciyle üretilen ürünlerin satışından elde edilen kazançlar
- Buluşa yönelik hakların ihlal edilmesi neticesinde elde edilen gelirler ile buluş nedeniyle alınan sigorta veya diğer tazminatlar.

Ayrıca, Patente/Faydalı Modele ilişkin gayri maddi hakların kiralınması, devri veya satışından doğan kazançlar 3065 sayılı Katma Değer Vergisi (KDV) Kanunu'nun 17/4-z maddesi uyarınca KDV'den istisna tutulmuştur. İstisna uygulaması 1/1/2015 tarihinden itibaren elde edilen kazanç ve iratlar için geçerlidir. Kazanç, patentin üretim sürecinde kullanılması yoluyla elde ediliyor ise, bu kazançların sadece buluşa atfedilen kısımları istisnaya tabidir.

Ayrıca, Patente/Faydalı Modele ilişkin gayri maddi hakların kiralınması, devri veya satışından doğan kazançlar 3065 sayılı Katma Değer Vergisi (KDV) Kanunu'nun 17/4-z maddesi uyarınca KDV'den istisna tutulmuştur. İstisna uygulaması 1/1/2015 tarihinden itibaren elde edilen kazanç ve iratlar için geçerlidir. Kazanç, patentin üretim sürecinde kullanılması yoluyla elde ediliyor ise, bu kazançların sadece buluşa atfedilen kısımları istisnaya tabidir.

8.2.9. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) Ar-Ge Destekleri

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu tarafından ülkemiz elektrik ve doğal gaz dağıtım sistemlerinin uluslararası kalite standartları düzeyine ulaştırılması, sistem işletimine yönelik teknoloji geliştirilmesi, bilgi üretilmesi, yenilik yapılması, yerlilik oranının, verimliliğin ve hizmet kalitesinin artırılması, hizmet maliyetinin ve kayıpların düşürülmesine yönelik

olarak elektrik ve doğal gaz dağıtım lisansı sahibi tüzel kişilerin araştırma, geliştirme ve yenilik faaliyetleri hibe niteliğinde desteklenmektedir. Elektrik ve doğalgaz dağıtım şirketlerinin Ar-Ge faaliyetleri, Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu tarafından onaylanmış Ar-Ge bütçesinden karşılanmaktadır. Dağıtım şirketlerinin Ar-Ge proje başvuruları her yıl ocak ve temmuz ayları içerisinde yapılmakta, Ocak ayı içerisinde yapılan başvurular en geç Mart ayı sonuna, Temmuz ayında yapılan başvurular ise en geç Eylül ayı sonuna kadar EPDK Başkanı'nın Olur'u ile oluşturulan Komisyon tarafından karara bağlanmaktadır. Ar-Ge projesinin yürütülmesiyle ilgili olmayan gider ve harcamalar Ar-Ge bütçesinden karşılanmamaktadır.

8.2.10. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Ar-Ge Destekleri

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı'nın ve tarım sektörünün ihtiyaç duyduğu öncelikli konularda bilgi ve teknolojilerin geliştirilmesi, bu bilgi ve teknolojilerin çiftçiler ile tarımsal sanayicilere aktarılmasına yönelik üniversiteler, sivil toplum kuruluşları, meslek ve çiftçi kuruluşları, TÜBİTAK Ar-Ge birimleri ve özel sektör tarafından hazırlanan projeler Ar-Ge Destek Programı çerçevesinde desteklenmektedir.

Destek Programına proje başvurusunda bulunabilecek kurum/kuruluşlar aşağıda belirtilmiştir:

- a) Üniversiteler,
- b) TÜBİTAK Ar-Ge birimleri,
- c) Sivil toplum, meslek ve çiftçi kuruluşları,
- ç) Özel sektör kuruluşları

Ar-Ge Destek Programının yürütülmesine ilişkin her türlü kararı almakla yetkili en üst mercii Ar-Ge Destek Programı Değerlendirme Kuruludur. Söz konusu Kurul, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü'nün (TAGEM) ilgili kurumlardan üye talebi doğrultusunda kurumlarınca yapılan görevlendirme sonucunda oluşturulmaktadır. Kurul tarafından belirlenen öncelikli konular, Genel Müdürlük internet sayfasında ilan edilerek çağrıya çıkmaktadır. Proje başına verilebilecek Bakanlık destek üst limitleri ve oranları, Çağrı öncesinde Kurul tarafından belirlenip çağrıda ilan edilmektedir. Hali hazırda açık olan güncel Ar-Ge Destek Programı 19. Proje Çağrısı olarak yayınlanmıştır. Yürütücü kurum türüne göre KDV hariç Bakanlık destek üst limitleri ve oranları aşağıda özetlenmiştir:

Başvuruda Bulunacak Kurum/Kuruluş Türü	Bakanlık Destek Üst Limiti (TL)	Bakanlık Destek Oranı (En Fazla)
Üniversiteler ve TÜBİTAK Ar-Ge Birimleri	300.000	%100
Sivil Toplum, Meslek ve Çiftçi Kuruluşları	300.000	%70
Özel Sektör Kuruluşları	3.000.000	%70

Genel Müdürlüğü'nün (TAGEM) ilgili ku 8.2.11. T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Ar-Ge Destekleri

T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından Elektronik haberleşme, havacılık ve uzay teknolojileri ile ilgili alanlarda yerli tasarım ve üretime yönelik araştırma, geliştirme ve eğitim faaliyetlerine ilişkin projeler desteklenmektedir.

Projelerde aşağıdaki kalemler desteklenebilmektedir:

- a. Projede kullanılan malzeme giderleri,
- b. Alet, makine, teçhizat, yazılım ve donanım giderleri,
- c. Proje yöneticisi ve projede görev alan personele ödenen ücretler,
- ç. Laboratuvar test ve analiz raporları ile ilgili giderler,
- d. Danışmanlık ve eğitim hizmeti alım giderleri.

Proje destek başvuruları, proje içeriğinin Ar-Ge tanımına uygunluğu, projenin Bakanlıkça ilan edilmiş olan öncelikli konular kapsamında olup olmaması açısından ön değerlendirilmeye alınmaktadır. Ön değerlendirmede yeterli bulunan projeler aşağıdaki kriterler dikkate alınarak proje değerlendirme kılavuzunda belirlenen esaslar çerçevesinde değerlendirmeye tabi tutulur. Projelere verilebilecek destek süresi en fazla otuz altı ay olup, gerekmesi halinde Bakanlık, projenin tamamlanabilmesi için destek süresinin üçte birini aşmamak kaydıyla ve ek bütçe tahsis etmeksizin ilave süre verebilir. Destek oranı en fazla %75'tir. Kamu kurum/ kuruluşları ve üniversiteler ile yürütülen projelerde bu oran %100'e kadar uygulanabilmektedir.

8.3. Avrupa Birliği Tarafından Sağlanan Destek ve İlgili Mevzuat

Avrupa Birliği, sanayi üretimini ve teknoloji yatırımlarını çeşitli fonlar ve düzenlemelerle teşvik etmektedir. Bununla birlikte Avrupa Birliği'nde sanayi ve teknoloji sektörlerini düzenleyen birçok mevzuat bulunmaktadır.

Türkiye’de bu alanlarda Avrupa Birliği müktesebatına uyum çalışmaları yapılmakla birlikte, bazı spesifik düzenlemeler henüz Türkiye’de tam olarak bulunmamaktadır. Avrupa’da bulunan bazı önemli düzenlemeler aşağıdaki şekilde örneklendirilebilir:

8.3.1. Dijital Avrupa Programı (Digital Europe Programme)

2021-2027 mali döneminde uygulanmakta olan Dijital Avrupa Programının bütçesi 8,1 milyar euro olup “Süper Bilgisayarlar”, “Yapay Zekâ”, “Siber Güvenlik ve Güven”, “İleri Dijital Beceriler” ve “Dijital Kapasitelerin Oluşturulması, En İyi Kullanımı ve Birlikte Çalışabilirlik” ve “Yarı İletkenler” olmak üzere 6 bileşenden oluşmaktadır. Ülkemizin Dijital Avrupa Programı’na katılımına yönelik anlaşma 31 Temmuz 2023 (Ankara) ve 31 Ağustos 2023 (Brüksel) tarihinde imzalanmış ve katılımımızı sağlayan anlaşma 01 Ocak 2023 tarihinden geçerli olmak üzere 02 Kasım 2023 tarihinde Resmî Gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Programın koordinasyonu Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi ve T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından sağlanmaktadır.

Programın amacı;

- Avrupa ekonomisi, sanayisi ve toplumunun dijital dönüşümünü desteklemek ve hızlandırmak,
- Dijital dönüşümden AB vatandaşlarının, kamu kurumlarının ve işletmelerin yararlanmasını sağlamak,
- Küresel dijital ekonomide AB’nin rekabetçiliğini sağlamak,
- Dijital teknoloji ve altyapılarda AB’nin dışa bağımlılığını azaltmak ve stratejik özerkliğini sağlamak,
- Birlik içerisindeki dijital bölünmenin azaltılmasına destek olmaktır.

Program kapsamında öncelikli olarak Yüksek Başarımlı Hesaplama, Yapay Zekâ, Veri ve Siber Güvenlik alanlarında kritik dijital altyapıların kurulması ve stratejik öneme sahip yenilikçi dijital teknolojilerin geliştirilmesi desteklenecektir. İkinci aşamada ise, kurulan altyapıların ve dijital teknolojilerin KOBİ’lerin, kamu kurumlarının ve vatandaşların erişimine açılması ve kullanımının yaygınlaştırılması hedeflenmektedir.

8.3.2. Ufuk Avrupa Programı (Horizon Europe)

Avrupa Birliği 9. Çerçeve Programı olan Ufuk Avrupa ile 2021-2027 yılları arasında 95,5 milyar euro bütçeyle bilim ve yenilik faaliyetlerinin desteklenmesi hedeflenmektedir.

Avrupa Birliği, araştırmacıların bilimsel bilginin ve teknolojinin serbestçe dolaştığı bir Avrupa araştırma alanı oluşturarak Avrupa Birliği’nin bilimsel ve teknolojik temelini güçlendirmek ve rekabet edilebilirliğini artırmak amacıyla Birlik hedefleri doğrultusunda tüm araştırma faaliyetlerini teşvik etmektedir. Bu teşvik mekanizması da 1984 yılından bu yana çerçeve programlar aracılığı ile oluşturulan çok yıllık Ar-Ge ve yenilikçilik mali destekleri ile yürütülmektedir. Ülkemiz de 2003 yılından bu yana Ar-Ge ve Yenilikçilik alanında yürütülen çok yıllık çerçeve programlarına katılım sağlamaktadır.

8.3.2.1. Ülkemizin Programa Katılımı

Ülkemiz 6. Çerçeve Programından başlayarak Avrupa Birliği’nin bilim ve araştırma alanındaki çerçeve programlarına katılım sağlamıştır. Son olarak 9. Çerçeve Programı olarak bilinen 2021-2027 döneminde yürütülmekte olan Ufuk Avrupa Programı’na 27 Ekim 2021 tarihinde imzalanan ve katılımımız 16 Kasım 2021 tarihli Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren katılım anlaşması uyarınca katılım sağlamaktadır. Ufuk Avrupa Programı ülkemizde TÜBİTAK tarafından koordine edilmektedir.

8.3.2.2. Ufuk Avrupa Programının Amaçları

- Avrupa Birliği’ni bilimsel ve teknolojik yönden güçlendirmek,
- Avrupa’nın yenilik kapasitesini, rekabetçiliğini ve istihdamını yükseltmek, toplum önceliklerini karşılamak,
- Avrupa’nın sosyo-ekonomik model ve değerlerini sürdürmektir.

Türkiye’nin Ufuk Avrupa Programı ve diğer tüm programlardan önemli kazanımlar elde etmesi mümkündür. Program, bilimsel araştırmalardan teknoloji geliştirmeye, inovatif ürünlerden sosyal sorunların çözümüne kadar geniş bir yelpazede fırsatlar sunarak Türk sanayisi için stratejik bir kaldıraç görevi görmektedir. Sağladığı finansal destekler, Ar-Ge ve inovasyon projelerinin hızlanmasını sağlarken Avrupa’daki önde gelen kurumlarla ortaklıklar kurma imkânı sunmaktadır. Bu işbirlikleri, Türk sanayisinin küresel ağlarını genişletmesine ve Avrupa pazarlarına daha güçlü bir giriş yapmasına olanak tanımaktadır.

Ufuk Avrupa, sanayi kuruluşlarının yeni teknolojilere erişimini kolaylaştırarak ürün ve hizmetlerin rekabet gücünü artırırken, yenilikçi fikirlerin ticarileşmesi ve uluslararası yatırımcılarla işbirliği yapma fırsatları sunarak sürdürülebilir iş modellerinin benimsenmesini teşvik etmektedir. Ayrıca, program kapsamında sağlanan danışmanlık ve kapasite geliştirme imkanları, şirketlerin proje yönetimi ve uluslararası iş birliklerini daha etkin şekilde yürütmelerine katkıda bulunmaktadır. Bu çerçevede, Ufuk Avrupa Programı Türk sanayisi için yalnızca finansal bir kaynak değil, aynı zamanda teknoloji transferi, yetkinlik geliştirme ve küresel değer zincirlerine entegrasyon açısından kritik bir önem taşımaktadır. Programdan etkin şekilde yararlanılması, Türkiye'nin sanayi ve teknoloji alanındaki dönüşümüne ivme kazandırarak uluslararası rekabet gücünü artıracaktır.

8.3.3. Avrupa Dijital İnovasyon Merkezleri (European Digital Innovation Hubs – EDIHs)

Avrupa Dijital İnovasyon Merkezleri (kısaca “ADİM” veya “EDIH”), şirketlerin – özellikle KOBİ’lerin, kamu kurumlarının, büyük ölçekli işletmelerin ve üniversite araştırma merkezlerinin – dijital dönüşüm süreçlerini hızlandırmak amacıyla tasarlanmış dijital destek noktalarıdır. Bu merkezler; yatırım öncesi test imkanları, eğitim programları, yatırımcı ve ortak bulma desteği ile dijital teknolojilerin uygulanmasını ve inovasyonu teşvik etmek amacıyla yerel ihtiyaçlara uygun hizmetler sunarken aynı zamanda pan-Avrupa ağı üzerinden bilgi ve deneyim paylaşımını sağlamaktadır. Avrupa Dijital İnovasyon Merkezleri, Avrupa Birliği’nin Dijital Avrupa Programı kapsamında finanse edilmekte olup, bölgesel kalkınmayı destekleyecek stratejik aktörler olarak öne çıkmaktadır. Türkiye’de de bu program kapsamında çeşitli konsorsiyumlar aracılığıyla ADİM’lere yer verilmektedir.

8.3.4. Tek Pazar Programı

Tek Pazar Programı, altı bileşenden oluşmaktadır. Bunlar: Gıda Güvenliği, Tüketicilerin Korunması, Daha İyi İşleyen Bir Tek Pazar, Yüksek Kalitede İstatistiki Veri Sağlanması ve Avrupa Çapında Standartların Geliştirilmesi ve İşletmelerin Desteklenmesi (COSME) hedefleridir. Türkiye 2021-2027 döneminde Tek Pazar Programının sadece COSME bileşenine katılım sağlamaya karar vermiştir. Daha önce ayrı bir program olarak yürütülmekte olan COSME, 2021-2027 döneminde işletmelerin ve özellikle de KOBİ’lerin desteklenmesine yönelik bir bileşen olarak Tek Pazar Programının altında yer almaktadır. Tek Pazar Programının 2021-2027 dönemi için belirlenen 4.21 milyar avro olup bütçenin %24’ü COSME bileşenine tahsis edilmiştir. COSME (KOBİ’ler ve Rekabetçilik) Bileşeni, başta KOBİ’ler olmak üzere işletmelere çeşitli şekillerde destek sağlamayı hedeflemektedir. Böylece, işletmelerin rekabet güçlerini ve sürdürülebilirliklerini artırmak hedeflenmektedir.

8.3.5. European Green Deal (Avrupa Yeşil Mutabakatı)

Avrupa Birliği için yeni büyüme stratejisi olarak kabul ediliyor. AB bu mutabakatla kendisini, 2050’ye kadar net sera gazı emisyonu olmayan, modern, kaynak verimli ve rekabetçi bir ekonomiye sahip, daha adil ve daha müreffeh bir topluma dönüştürmeyi amaçlıyor. Bu nedenle AB, sanayi stratejisinin temellerini, yeşil ve dijital ekonomiye geçişi destekleyecek, AB endüstrisini küresel olarak daha rekabetçi hale getirecek ve Avrupa’nın dışarıya bağımlılığını azaltacak şekilde yeniden gözden geçirmekte ve düzenlemekte. Bu amaçla sanayi için 3 hedef belirlendi. Bunlar:

- Küresel olarak rekabeti çok yüksek,
- İklim nötrlüğüne giden, ve
- Avrupa’nın dijital geleceğini şekillendiren bir endüstri.

8.3.6. Dijital Hizmetler Yasası (“Digital Services Act” veya “DSA”)

DSA kuralları, Avrupa Birliği dışında yerleşik olup olmadığına bakılmaksızın dijital hizmetlerini (Avrupa Birliği’nde yerleşik veya Avrupa Birliği’nde bulunan gerçek veya tüzel kişi alıcılara sunan) Tek Pazar’da sunan tüm sağlayıcılar için geçerlidir. Böylece tüm dijital hizmet sağlayıcılarının Avrupa Birliği’nde hizmetlerini sunarken tek bir kurallar dizisine bağlı kalmaları sağlanmaktadır. Bu sayede, farklı ülkelerde farklı yasalara uyum sağlama yükümlülüğü ortadan kalkmakta ve platformların iş yapma şekli netleşmektedir. Bu netlik hem hizmet sağlayıcılar hem de kullanıcılar için yasal belirlilik ve öngörülebilirlik sağlamaktadır.

Avrupa Birliği’nde hizmet sunan online araçlar ve platformlar için 17 Şubat 2024 itibarıyla DSA tam kapsamıyla yürürlüğe girmiştir. Bu yasa, yasal olmayan ve zararlı online faaliyetleri önlemek ve bunlarla mücadele etmek için yeni standartlar belirlerken, kullanıcılar ve şirketler için daha fazla şeffaflık ve güvenilirlik sağlıyor. DSA, pazar yerleri, sosyal ağlar, içerik paylaşım platformları, uygulama mağazaları, online seyahat ve konaklama platformları gibi geniş bir yelpazedeki online hizmetler için geçerli geniş bir kapsam içeriyor. Dijital Hizmetler Yasası, araçların ve platformların günlük süreçleri, sistemleri ve arayüzleri üzerinde büyük bir etki yaratacak yeni yükümlülükler ve sorumluluklar getiriyor:

- Kullanıcıların yasal olmayan içerik, hizmet veya ürünleri kolay bir şekilde bildirmelerini sağlamak, içerik denetimi (içerik kaldırma ya da hesap erişimi sınırlandırma kararları) ve uyuşmazlık çözümüne yönelik açık ve etkili mekanizmalar sunmak.

- DSA Şeffaflık Veri Tabanını kullanarak yasal olmayan ve zararlı içeriklerle nasıl mücadele ettikleri konusunda düzenli ve detaylı şeffaflık raporları yayımlamak.
- Sıralama ve kişiselleştirme dahil olmak üzere online reklamcılık yöntemleri konusunda şeffaf olmak ve kullanıcılara daha fazla kontrol ya da iptal seçenekleri sunmak.
- Reşit olmayanları uygunsuz ve zararlı içerik ve reklamlara karşı korumak, bu kişilerin yeterli gizlilik ve güvenlik ayarlarını yapmalarını sağlamak.
- Online pazar yerlerindeki satıcıların kimliklerini ve sorumluluklarını doğrulamak, kullanıcıları satın aldıkları mal ve hizmetlerin menşei ve kalitesi hakkında bilgilendirmek.

DSA'ya uyum, AB'ye aday ve potansiyel aday ülkeler için bir zorunluluk değildir ancak AB'nin dijital ekosistemiyle bütünleşme açısından aday ve potansiyel aday ülkelerin DSA'ya hazırlıklı olması gerekmektedir. Türkiye de bu kapsamda AB ile uyumlu bir dijital strateji çatısı altında bu ilkelerini benimsemesi Türkiye'nin dijital hizmetlerini geliştirecek ve AB ile bütünleşme sürecinde önem arz edecektir.

İktisadi Kalkınma Vakfının Temmuz 2024 tarihli Avrupa Birliği Dijital Hizmetler Yasası'na Türkiye'nin Uyumu Raporu'na göre; Türkiye'nin DSA'ya uyumu, dijital hizmetlerin AB standartlarına göre düzenlenmesini ve denetlenmesini sağlayarak daha güvenli, şeffaf ve adil bir dijital ekosistem oluşturmayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda Türkiye'nin;

- Mevcut ve gerekli yasal düzenlemeleri değerlendirmesi,
- Dijital hizmet sağlayıcılarını ve ilgili kurumları (STK'lar, araştırma kurumları, teyit kontrol ağı vb.) haritalandırması,
- Paydaş katılımı sağlayarak ulusal düzeyde dijital hizmet düzenlemelerini oluşturması,
- Bağımsız bir düzenleyici yapı kurarak denetim ve yaptırım mekanizmalarını geliştirilmesi,
- Medya okuryazarlığını destekleyerek yasadışı içerik ve dezenformasyonla mücadele etmesi gerekmektedir.

Bu uyum süreci, Türkiye – Avrupa Birliği ilişkileri açısından da önem taşımakta olup, Gümrük Birliği'nin modernizasyonu ve hizmet ticaretinin serbestleştirilmesi hedefleriyle de bağlantılıdır. 8 Temmuz 2024'te yapılan Türkiye – Avrupa Birliği Ticaret Konulu Yüksek Düzeyli Diyalog toplantısı ve teknik görüşmeler, bu süreçte ivme kazanılmasını sağlamaktadır.

8.3.7. Dijital Pazarlar Yasası (Digital Markets Act veya “DMA”)

DMA, Avrupa Birliği tarafından dijital pazarlarda adil rekabeti sağlamak ve büyük teknoloji şirketlerinin (“eşik bekçileri” veya “gatekeeper”) pazar üzerindeki hakimiyetini denetlemek amacıyla oluşturulmuş bir düzenlemedir. Bu yasa, dijital platformların işleyişini düzenleyerek, kullanıcıların ve işletmelerin daha adil ve şeffaf bir dijital ortamda faaliyet göstermesini hedeflemektedir.

8.3.7.1 Eşik Bekçisi (Gatekeeper)

DMA kapsamında, “eşik bekçisi” olarak tanımlanan platformlar, dijital pazarda önemli bir etkiye sahip olan ve işletmeler ile son kullanıcılar arasında aracılık hizmeti sunan büyük teknoloji şirketleridir. Eşik bekçileri (gatekeepers), çevrimiçi arama motorları, uygulama mağazaları ve mesajlaşma hizmetleri gibi önceden tanımlanmış bir dizi dijital hizmeti (“temel platform hizmetleri”) sağlayan büyük dijital platformlardır. Bu şirketler:

- Güçlü bir ekonomik konuma, iç pazarda önemli bir etkiye sahiptir ve birden fazla AB ülkesinde faaliyet göstermektedir.
- Güçlü bir aracılık konumuna sahiptir, yani geniş bir kullanıcı tabanını çok sayıda işletmeyle buluşturur.
- Piyasada köklü ve kalıcı bir konuma sahiptir, yani konumları zaman içinde istikrarlı kalmıştır.
- (Google, Amazon, Facebook, Apple ve Microsoft)

8.3.7.2 Dijital Pazarlar Yasası'nın Getirdiği Yükümlülükler

Eşik bekçisi olarak tanımlanan platformlar için DMA, aşağıdaki yükümlülükleri getirmektedir:

- **Adil Erişim Sağlama:** Platformlar, kendi hizmetleriyle rekabet eden üçüncü taraf hizmetlere adil ve eşit erişim imkânı sunmalıdır.
- **Veri Paylaşımı ve Taşınabilirlik:** Kullanıcıların verilerini diğer hizmetlere taşımasına olanak tanımalı ve işletme kullanıcılarına kendi müşteri verilerine erişim imkânı vermelidir.
- **Kendi Hizmetlerini Kayırmama:** Platformlar, kendi ürün ve hizmetlerini haksız bir şekilde ön plana çıkarmamalı veya avantaj sağlamamalıdır.
- **Reklam Şeffaflığı:** Reklamcılık hizmetlerinde şeffaflığı artırmalı ve reklam verenlere, reklamlarının performansı hakkında detaylı bilgi sunmalıdır.

Bu yükümlülöklere uyulmaması durumunda, Avrupa Komisyonu tarafından ciddi yaptırımlar ve para cezaları uygulanabilmektedir.

8.3.7.3. Dijital Pazarlar Yasası'nın Amacı ve Etkileri

DMA, dijital ekonomide adil rekabetin sağlanmasını hedefler ve şu temel amaçlara sahiptir:

- **Teknoloji devlerinin tekelleşmesini önlemek:** Büyük dijital platformların pazar üzerindeki baskın gücünü sınırlandırarak, küçük ve orta ölçekli işletmelerin rekabet edebilmesini sağlamak.
- **Adil rekabet ortamı yaratmak:** Dijital pazarlarda rekabetin ve yenilikçiliğin teşvik edilmesi.
- **Kullanıcı haklarını korumak:** Tüketicilerin seçim özgürlüğünü artırmak ve verilerin korunmasını güçlendirmek.
- **Açık pazar ve inovasyonu desteklemek:** Büyük platformların yeni girişimlerin ve KOBİ'lerin büyümesini engellemesine karşı koruma sağlamak.

8.3.7. Yapay Zekâ Yasası (Artificial Intelligence Act)

Bu yasanın amacı, özellikle Avrupa Birliği'nde yapay zekâ sistemlerinin geliştirilmesi, piyasaya sunulması, hizmete alınması ve kullanımı için birlik değerlerine uygun olarak tek tip bir hukuki çerçeve oluşturarak iç pazarın işleyişini iyileştirmektir. İnsan merkezli ve güvenilir yapay zekanın benimsenmesini teşvik ederken, Avrupa Birliği Temel Haklar Şartı'nda (Şart) yer alan demokrasi, hukukun üstünlüğü ve çevrenin korunması da dahil olmak üzere sağlık, güvenlik ve temel hakların yüksek düzeyde korunmasını sağlamayı amaçlar. Ayrıca, Avrupa Birliği'nde yapay zekâ sistemlerinin zararlı etkilerine karşı koruma sağlamak ve inovasyonu desteklemek hedeflenmektedir. Bu Tüzük, yapay zekâ tabanlı mal ve hizmetlerin serbest ve sınır ötesi dolaşımını güvence altına alarak, Üye Devletlerin yapay zekâ sistemlerinin geliştirilmesi, pazarlanması ve kullanımına bu Tüzük tarafından açıkça yetki verilmediği sürece kısıtlama getirmesini önler.

8.3.8. Endüstriyel Emisyonlar Direktifi (IED-2010/75/EU)

24 Kasım 2010 tarihinde yayımlanan 2010/75/AB sayılı Endüstriyel Emisyonlar Direktifi, sanayi tesisleri ve yoğun canlı hayvan çiftliklerinden kaynaklanan kirlletici emisyonları düzenleyen ana Avrupa Birliği aracıdır.

8.3.9 Avrupa Birliği Ülkelerinden Bazı Destek ve Teşvik Örnekleri

Avrupa Birliği'nden yapılan açıklamada, Avrupa'nın derin teknoloji (deep tech) araştırma sektörünü desteklemek için gelecek yıl 1,4 milyar avro (1,5 milyar dolar) yatırım yapılacağı duyuruldu. Bu yatırımla AB, teknoloji alanında ABD ve Çin ile rekabet etmeyi hedefliyor. Finansman, AB'nin araştırma ve inovasyon programının bir parçası olan Avrupa İnovasyon Konseyi'nden (EIC) sağlanacak ve 2024'e kıyasla yatırım açısından yaklaşık 200 milyon avroluk bir artış kaydedilecek.

Fransa 2030 Programı: Bu program Fransa'nın 2030 yılına kadar sanayi, teknoloji ve inovasyon alanlarında rekabet gücünü artırması, sanayisini modernleştirmesini, küresel rekabet gücünü artırmasını ve çevresel hedeflere ulaşmasını sağlamayı amaçlayan büyük ölçekli bir yatırım planı olarak adlandırılabilir. Bu plan ile birlikte Fransa; yenilikçi küçük nükleer reaktörler, karbonsuz hidrojen, sıfır karbon emisyonlu elektrikli araçlar ve biyomedikaller üretmeyi, ilk düşük karbonlu uçağın imalatını amaçlamaktadır.

Spain Digital 2025 Programı: İspanya'nın dijital dönüşümünü hızlandırmak ve ekonomisini dijital çağa uygun hale getirmek amacıyla 2020 yılında başlatılan beş yıllık bir stratejik plandır. Programın temel hedefi, İspanya'yı Avrupa'nın dijital liderlerinden biri haline getirmek ve dijital teknolojileri tüm sektörlerde yaygınlaştırmaktır.

Hollanda, yazılım ve teknoloji sektöründe faaliyet gösteren şirketlere geniş çaplı teşvikler sunmaktadır. Vergi avantajlarından uluslararası fonlara kadar birçok destek mekanizması, firmaların maliyetlerini düşürmelerine ve büyümelerine katkı sağlamaktadır. Innovatiebox ile yenilikçi ürün veya süreçlerden elde edilen gelirleri daha düşük bir kurumlar vergisi oranına tabi tutmaktadır. Standart kurumlar vergisi %19 ve %25,8 arasında değişirken, bu teşvik kapsamında gelirler %9 oranında vergilendirilmektedir. Patentli ürünler veya WBSO desteği alan projeler bu kapsamda değerlendirilir. Hollanda hükümeti, Ar-Ge faaliyetlerini teşvik etmek amacıyla WBSO programını sunmaktadır. Bu destek, Ar-Ge çalışanlarının maaşlarından alınan vergilerde ve sosyal güvenlik primlerinde indirim sağlamaktadır. Yazılım projeleri, yapay zeka, veri analitiği ve algoritma geliştirme gibi teknik yenilikler içerdiği sürece WBSO teşvikinden faydalanabilir. Yeni kurulan teknoloji şirketleri, mali teşvikler, vergisel avantajlar ve rehberlik programları gibi çeşitli desteklerden yararlanabilir.

8.4. Asya Ülkeleri Tarafından Sağlanan Destek Ve İlgili Mevzuat

Asya'da sanayi ve teknoloji sektörüne yönelik büyük ölçekli devlet destekleri bulunmaktadır. Her bölgenin kendine özgü düzenlemeleri ve teşvik mekanizmaları bulunmakla birlikte, genel eğilim sürdürülebilirlik, dijital dönüşüm ve yüksek teknoloji yatırımlarını teşvik etmek yönündedir.

8.4.1. Made in China 2025 (“MIC 2025”)

MIC 2025, Çin'in yüksek teknoloji alanında küresel bir lider olmasını hedefleyen bir sanayi stratejisidir. Bu girişim, ülkenin yabancı teknolojiye bağımlılığını azaltarak kendi inovasyonlarını geliştirmesine ve dünya çapında rekabetçi şirketler oluşturmaya odaklanmaktadır. Çin, bu plan sayesinde küresel üretim zincirine daha iyi entegre olmayı ve sanayileşmiş ülkelerle işbirliğini güçlendirmeyi amaçlamaktadır. Ancak, AB, Almanya ve ABD gibi ileri teknolojiye sahip ülkeler, Çin'in düşük maliyetli üreticiden katma değer sağlayan güçlü bir rakibe dönüşmesini tehdit olarak görerek bu girişime karşı çıkmaktadır. Bu strateji, Almanya'nın Endüstri 4.0 programından esinlenmiştir ve Almanya ile Japonya'nın ekonomik büyüme ve inovasyon modellerine paralellik göstermektedir. Endüstri 4.0, Almanya'nın makine mühendisliği alanındaki teknolojik üstünlüğünü korumak amacıyla 2013'te hayata geçirilen bir devlet destekli stratejidir. Yüksek Teknoloji 2020 Stratejisi kapsamında yer alan en önemli projelerden biri olan bu plan, üretimde dijitalleşmeyi teşvik ederek nesnelerin interneti (IoT) gibi teknolojilerle küçük ve orta ölçekli işletmeleri küresel üretim ağlarına entegre etmeyi hedeflemektedir. Böylece şirketlerin daha rekabetçi ve verimli hale gelmesi amaçlanmaktadır.

8.4.2. Society 5.0

Society 5.0, Japonya'nın dijitalleşme ve ileri teknolojiye dayalı toplumsal dönüşüm stratejisidir. Japon hükümeti tarafından 2016 yılında duyurulmuş olup, 4. Sanayi Devrimi'nin (Endüstri 4.0) bir adım ötesine geçerek insan merkezli bir “Süper Akıllı Toplum” yaratmayı hedefler. Society 5.0, yapay zeka (AI), büyük veri, nesnelerin interneti (IoT), robotik, blockchain ve 5G gibi teknolojileri kullanarak sanayi, ekonomi ve toplumu dönüştürmeyi amaçlamaktadır.

8.4.3. Japan Investment Corporation Agency (JICA)

JICA, Japonya'da gelecek nesil endüstrileri desteklemek için bir risk sermayesi döngüsü oluşturmayı amaçlamaktadır. Bu vizyonu gerçekleştirmek için, büyümeyi teşvik etmek ve işletmelerin uluslararası rekabet gücünü artırmak amacıyla açık inovasyonu desteklemektedir.

JICA, bu hedeflere ulaşmak için, özel sektör yatırımlarını teşvik ederek ve kendi yatırımlarıyla destekleyerek açık inovasyonu canlandırmakta, aynı zamanda yatırım profesyonellerinin gelişimini sağlamaktadır.

8.4.4. Robot Revolution Initiative (RRI, 2015)

Japonya'nın Robot Devrimi Girişimi (RRI), çeşitli sektörlerde robot teknolojisinin geliştirilmesini ve benimsenmesini teşvik etmeyi amaçlayan hükümet destekli bir programdır. 2014 yılında başlatılan bu girişim, Japonya'yı robotik inovasyon ve kullanımında küresel bir lider olarak konumlandırmayı hedeflemektedir.

8.4.5. Kore Yeni Anlaşması (Korean New Deal)

Kore Yeni Anlaşması, Güney Kore hükümeti tarafından 2020 yılında başlatılan bir ekonomik kalkınma ve dönüşüm planıdır. Bu strateji, COVID-19 sonrası ekonomik toparlanmayı hızlandırmak, sürdürülebilir büyümeyi teşvik etmek ve Güney Kore'yi dijital ve yeşil ekonomide küresel bir lider haline getirmek amacıyla oluşturulmuştur. Kore Yeni Anlaşması projesi üç ana bileşene ayrılabilir:

Dijital Yeni Anlaşma: Kore Dijital Yeni Anlaşması, daha iyi bir gelecek için tüm ekonomik ve sosyal faaliyetlerin dijitalleştirilerek reforme edilmesini amaçlamaktadır. Bu, 5G teknolojisi, yapay zekâ ve büyük veri ile uyumlu bir altyapı sağlanmasını içermektedir. Kore hükümeti, üretim, dağıtım, yönetim, insan kaynakları tahsis ve finansal yönetim için tek bir dijitalleştirilmiş (akıllı hükümet) sistem oluşturacaktır. Bu sistem ayrıca trafik yönetimi, su kaynakları yönetimi ve afet müdahale süreçlerinde de yardımcı olacaktır.

Yeşil Yeni Anlaşma: Kore hükümeti, Yeşil Yeni Anlaşma (Green New Deal) kapsamında çevre dostu ve karbon salınımından arındırılmış bir toplum inşa etmeyi hedeflemektedir. Bu nedenle, Yeşil Yeni Anlaşma'nın ana amacı, çevre dostu bir sanayi ve sosyal ortam oluşturmak olacaktır. Ayrıca, hükümet beş büyük yeşil sanayi alanında yenilikçi bir ekosistem kurmayı ve sektördeki en iyi 100 lideri seçerek bu alanları desteklemeyi planlamaktadır. Kore, 2034 yılına kadar kömürle çalışan enerji santrallerinin %50'sini kapatmayı planlamaktadır.

İnsan Yeni Anlaşması: İnsan Yeni Anlaşması (Human New Deal), Kore'deki işçi sınıfı için acil güvenlik ağları sağlamayı amaçlamaktadır. Genişletilen sosyal güvenlik ağı, ülkedeki zengin ve fakir arasındaki gelir eşitsizliğini azaltacaktır. İnsan Yeni Anlaşması kapsamında, yeni teknolojiler üzerine işgücü eğitimi ve yenilikçi sektörlerde istihdam yaratmaya yönelik projeler yürütülecektir.

8.5. Amerika Birleşik Devletleri Destekleri Ve Mevzuatı

8.5.1. Clarifying Lawful Overseas Use of Data Act (“ABD CLOUD Act”)

ABD CLOUD Act, 2018 yılında yürürlüğe giren bir yasadır. Bu yasa, ABD kolluk kuvvetlerine ve hükümet yetkililerine, Amerikan şirketlerinin yurt dışında depolanan verilerine erişme yetkisi verir. Yani, Microsoft, Google, Apple gibi ABD merkezli teknoloji şirketleri, verileri ABD dışında saklasa bile, mahkeme kararıyla ABD hükümetine bu verileri sağlamak zorundadır. Yasa, gizlilik ve sivil özgürlükler konusunda güçlü korumalara sahip olan yabancı ortakların, ABD ile yürütme anlaşmaları yaparak kendi yasal yetkilerini kullanarak elektronik delillere erişim sağlamalarına olanak tanımaktadır. Bu yasa, yeni bir paradigma sunmaktadır: Mevcut yasal yetkilere dayalı olarak elektronik verilere etkin erişimi artırarak kamu güvenliğini sağlarken gizliliği ve bireysel özgürlükleri koruyan verimli bir yaklaşım. CLOUD Act, hem ABD'yi hem de uluslararası ortaklarını daha güvenli hale getirirken, yüksek seviyede gizlilik ve sivil özgürlük korumasını da sürdürmesini amaçlamaktadır.

8.5.2 Chips and Science Act (CHIPS)

CHIPS Yasası, yerli yarı iletken üretimi ile araştırma ve geliştirme faaliyetlerini teşvik etmek amacıyla 53 milyar dolarlık federal teşvik tahsis etmiştir. Bu miktarın 39 milyar doları, ABD Ticaret Bakanlığı tarafından yönetilen ve yeni yarı iletken tesisleri inşa etmek veya mevcut tesisleri genişletmek için oluşturulan bir mali yardım programına—aynı zamanda CHIPS for America Fund olarak da adlandırılan fona—ayrılmıştır. Şirketler ayrıca %25 vergi kredisi almaya da hak kazanabilir. ABD'de tesisleri bulunan ABD'li ve yabancı şirketler, bu federal teşviklerden yararlanabilir. Bu yasa, ABD'nin çip üretiminde küresel rekabet gücünü artırmayı, dışa bağımlılığı azaltmayı ve teknolojik inovasyonları desteklemeyi hedeflemektedir. ABD, 53 milyar dolarlık CHIPS Yasası'nın doğrudan hibelerle dağıtılacak 39 milyar dolarlık kısmının büyük kısmını Intel, TSMC, Samsung ve Micron için harcamış olup; doğrudan hibelere karşılık olarak çip şirketleri ve tedarik zinciri ortakları 10 yıl içinde ABD'de toplam 327 milyar dolarlık yatırım yapmayı hedeflemektedir.

8.5.3. Advanced Manufacturing Tax Credit

Advanced Manufacturing Tax Credit (Gelişmiş Üretim Vergi Kredisi), ABD'de gelişmiş üretim tesislerine yapılan yatırımları teşvik etmek amacıyla oluşturulmuş bir vergi indirimidir. Advanced Manufacturing Tax Credit ikiye ayrılmaktadır:

8.5.3.1 Advanced Manufacturing Production Credit

2022 yılında yürürlüğe giren Enflasyonu Düşürme Yasası (Inflation Reduction Act) kapsamında oluşturulmuştur. Bu vergi kredisi, belirli Uygun Bileşenleri (Eligible Components) üreten ve bunları ilgili vergi yılı içinde satan üreticilere sağlanmaktadır. Kredi miktarı, üretilen uygun bileşenlerin türüne ve miktarına bağlı olarak değişen özel bir kredi oranına dayanır.

8.5.3.2 Advanced Manufacturing Investment Credit

Gelişmiş Üretim Yatırım Kredisi, 2022 yılında yürürlüğe giren ve yaygın olarak CHIPS Yasası olarak bilinen “Yarı İletken Üretimini Teşvik Etmek İçin Yararlı Teşvikler Yaratma Yasası” kapsamında oluşturulmuştur. Bu vergi kredisi, uygun vergi mükelleflerine ait bir gelişmiş üretim tesisi için ilgili vergi yılı içerisindeki nitelikli yatırımın %25'ine eşittir. Gelişmiş üretim tesisi, temel amacı yarı iletken veya yarı iletken üretim ekipmanı üretmek olan tesislerdir. Nitelikli yatırım, mükellef tarafından hizmete alınan ve gelişmiş üretim tesisinin bir parçası olan herhangi bir nitelikli mülkün maliyetini ifade eder. ABD'de faaliyet gösteren ve belirli uygunluk kriterlerini karşılayan yarı iletken üreticileri ve yarı iletken üretim ekipmanı üreticileri bu vergi kredisinden yararlanabilir.

8.6. Tartışma

Küresel ölçekte sanayi ve teknoloji politikalarının dönüşümü, yalnızca teknolojik gelişmelere değil, aynı zamanda jeopolitik güç mücadelelerine, çevresel krizlere ve toplumsal dönüşümlere verilen stratejik tepkiler üzerinden şekillenmektedir. ABD'nin CHIPS and Science Act gibi mevzuatla yarı iletken üretiminde özerklik hedeflemesi, Avrupa Birliği'nin Dijital Pazarlar Yasası (DMA) ve Dijital Hizmetler Yasası (DSA) ile dijital ekonomide adil rekabet ve veri egemenliği sağlamaya çalışması, Çin'in “Made in China 2025” stratejisiyle yüksek teknoloji sektörlerde küresel liderlik iddiası, sanayi politikalarının yeniden stratejik öncelik haline geldiğini göstermektedir. Benzer şekilde Japonya'nın Society 5.0 ve Güney Kore'nin Dijital Yeni Anlaşması gibi girişimler, teknolojinin sadece ekonomik büyüme değil, aynı zamanda toplumsal fayda ve sürdürülebilirlik için nasıl seferber edilebileceğini göstermektedir.

Bu bağlamda Türkiye'nin sanayi ve teknoloji politikalarında son yıllarda attığı adımlar önemli olmakla birlikte, hâlen yapısal bazı kısıtlarla karşı karşıya olduğu görülmektedir. Ar-Ge harcamalarının GSYH içindeki payının sınırlı kalması, nitelikli iş gücü açığı, yüksek teknoloji ürün ihracatının toplam ihracat içindeki düşük payı ve kamu-özel sektör işbirliğinde süreklilik sorunu gibi etmenler, Türkiye'nin küresel rekabet gücünü sınırlamaktadır. Türkiye'nin sanayi altyapısı güçlü olsa da, teknoloji tabanlı üretim kapasitesini ölçeklendirme konusunda istikrar ve uzun vadeli koordinasyon ihtiyacı sürmektedir.

Ayrıca, Türkiye'nin Avrupa Birliği ile sanayi ve dijital uyum süreçleri belirli başlıklarda ilerlese de, mevzuat uyumunun hızlandırılması ve özellikle dijital haklar, yapay zekâ regülasyonları ve veri yerelliği gibi yeni alanlarda daha proaktif politikaların geliştirilmesi gerekmektedir. Uluslararası örneklerde görüldüğü üzere, stratejik sektörlerle yönelik teşviklerin yalnızca mali destek değil, aynı zamanda ekosistem düzeyinde koordinasyon, kurumsal kapasite ve regülasyon desteğiyle birlikte tasarlandığı görülmektedir. Türkiye'nin teşvik sistemlerinde bu bütünsel yaklaşım henüz yeterince kurumsallaşmamıştır.

Bununla birlikte, Türkiye'nin sahip olduğu genç ve dinamik girişimcilik potansiyeli, stratejik coğrafi konumu, büyüyen teknopark ağı, uluslararası programlara erişimi (örn. Ufuk Avrupa) ve yeşil dönüşümde artan kamu farkındalığı, dönüşüm sürecinde önemli avantajlar sunmaktadır. Özellikle İHA teknolojilerinde olduğu gibi, belirli niş alanlarda geliştirilen küresel rekabet avantajları, stratejik uzmanlaşma yoluyla ölçeklenebilir başarıların mümkün olabileceğini göstermektedir.

Bu çerçevede tartışılması gereken temel mesele, Türkiye'nin teknoloji odaklı sanayi dönüşümünü sadece kısa vadeli büyüme hedefleriyle değil, aynı zamanda yapısal ve kurumsal kapasite inşasıyla uzun vadeye yayılmış bir stratejik vizyon içinde gerçekleştirebilmesidir. Politika araçlarının çok katmanlı, dinamik ve etkileşimli hale getirilmesi, kamu, özel sektör, üniversiteler ve sivil toplum arasında daha koordineli bir yönetim modelinin inşa edilmesi, bu dönüşüm sürecinde kilit rol oynayacaktır.

8.7. Sonuç Ve Öneriler

Genel olarak ülkemizde sanayi ve teknoloji alanında yapılan destekler, en temelde Ar-Ge alanının desteklenmesi yoluyla sağlanmakta olup yukarıda genel olarak ele alınan mevzuat ve uygulamalar ile Ar-Ge çalışmaları ve bunun çıktısı olan teknoloji tabanlı ürünler ve en genelde sanayi desteklenmektedir. Yukarıda ele alınan tüm destek ve teşvik uygulamalarından görüleceği üzere esasında ülkemizde teknoloji odaklı çalışan birçok gerçek ve tüzel kişi bulunmakta olup bu kişiler için oldukça kapsamlı birbirini takip edebilen destek ve teşvik sistemi mevcuttur. Bu alanda ülkemizde başta T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı olmak üzere TÜBİTAK, KOSGEB ve diğer ilgili Bakanlık ve kuruluşlar tarafından da aynı kapsamda destek ve teşvik uygulamaları hayata geçirilmiştir.

Ülkemizde Ar-Ge çalışmasında bulunan şirketler, yukarıda belirtilen önemli vergisel avantajlardan, destek ve/veya teşviklerden en az birinden ve bunun yanında kayda değer teşvik ve hibe gibi maddi desteklerden faydalanabilmektedir. Örneğin ilgili mevzuat kapsamında (Teknopark, Ar-Ge / Tasarım Merkezi, TEKMER vb.) Ar-Ge yapılması ve mevzuatda belirtilen ilgili şartların taşınması halinde, bu şartları taşımayıp bahsedilen avantajlardan

faydalanmayan şirketlere göre ortalama %30 ile %45 arasında bir maliyet avantajı yakalama imkânı bulunmaktadır. Bu alanda yapılması gereken birtakım hususlar daha olmakla birlikte sistem ve mevzuat açısından bu alanda ülkemizde önemli kazanımlar sağlanmıştır. Bunun yanında Ar-Ge ve teknolojinin desteklenmesi konusunda en temel sorun, bahse konu destekler kapsamında verilecek doğrudan parasal destekler kapsamında ayrılan bütçenin yeterli olmamasıdır. Bu alanda ayrılacak bütçenin artırılması ile var olan mekanizmalar daha fazla amaca uygun işletilebilecek ve teknolojik kalkınma sağlanması yolunda önemli adımlar daha hızlı atılabilecektir. Kanımızca, her ne kadar bu konuda sistem ve mevzuat açısından temel ihtiyaçlar karşılanmış olsa da bu alanda en önemli ihtiyaç yukarıda bahsedilen mevzuat ve mekanizmaların efektif işletilmesini sağlamak için daha fazla kaynak ve bütçe ihtiyacı olduğunu değerlendiriyoruz. Ayrıca hibe kısımlarının firmaya ödenmesi aşamasında süre sorunları bulunmaktadır, bu hususunda dikkate alınması gerekmektedir.

Bununla birlikte Türkiye ekonomisine ve KOBİ'lere bakıldığında en ciddi sorunun başında şirketlerin birleşememe sorunu olduğunu görülmektedir. Belli alanlarda uzmanlaşmış ve birbirini tamamlayabilen, bunun yanında birlikte olunca gerekli finansal yeterliliğe de sahip olabilecek firmaları güçlerini birleştirebilmeleri ve bunu yaparken de hukuki ve vergisel sorunlarla karşılaşmamaları bizce hayati derecede önemlidir. Türk Ticaret Kanunu kapsamında bu amaçla yapılacak şirket birleşimlerinin önü açık olup bu açıdan önemli bir sorun bulunmamaktadır. Ancak maalesef bu konuda vergisel dezavantajlı durumlar devam etmekte olup vergisel konularda sorunların çözülmesi bizce elzemdir. Bu konuda mutlaka ve ivedilikle değerlendirmeler yapılması ve çözümler geliştirilmesi gerekmektedir.

Birleşmenin vergisel sorunları kapsamında önerilen çözüm yollarından biri olan KOBİ'lerin birleşmesi konusu T.C. Maliye ve Hazine Bakanlığı tarafından gündeme alınmış ve 18.01.2017 tarihli 6770 sayılı Kanun 27 Ocak 2017 tarihindeki Resmi Gazete'de yayımlanarak; Kurumlar Vergisi Kanunu'nun 32. maddesi değiştirilerek KOBİ'lerin birleşmesi konusunda çok önemli vergi indirimleri kanunumuza dahil edilmiştir. Bu değişikliği bizce de hem zamanlama hem içerik olarak çok yerinde ve bahse onu köklü çözümleri motive edici bir çözümdür. Çok önemli ekonomik sorunlarımıza etkili, fayda üretebilecek birleşmeleri arttırabilecek bu vergi indirimi teşvikinin maalesef ifadece ikincil mevzuat ile vergi indirim oranları tespit edilmediği/edilmediği için uygulanamaz durumda olduğunu da belirtmek gerekmektedir. Bu anlamda önerimiz bahse konu indirim oranlarının hızla tespit edilip yayımlanması ve KOBİ'lerin birleşmelerinin hızla teşvik edilmesi ile bu projelerin motive edilerek Türkiye ekonomisi için acil çözüm geliştirilmesidir.

Sanayi ve teknolojinin gelişmesi için güçlü sermaye yapısı yanında yeterli teknolojik ve teknik birikim de oldukça önemli olduğu için bizce bu alanda özellikle KOBİ'lerin birleşmesini özendirici ve kolaylaştırıcı yaklaşımlar sergilemek gerekmektedir. Birleşmelerin teşvik edilmesini sağlayan ilgili kanunun hızla uygulanabilmesi için yukarıda ifade ettiğimiz üzere, acilen ilgili vergi indirim oranlarının tespit edilmesi yanında aşağıdaki konularda da mevzuata değişiklikler ve ikincil düzenlemelere ilaveler yapılması kanaatimizce hem KOBİ'lerin birleşmelerini hızlandıracak hem de bu birleşmelerin olumlu etkisini derinleştirip çözümünü sürdürülebilir kılacaktır. Özetle:

- Teknolojik gelişmeleri inceleyip ufka baktığımızda, yazılım teknoloji ile diğer ürünlerin entegrasyonunu hesaba katıp artık sanayi de de neredeyse her alanın yazılımlar ile yönetildiği düşünüldüğünde; birleşme bir yazılım KOBİ'si ile diğer üretici KOBİ arasında gerçekleşir ise vergi indirimini en yüksek artırılmış seviyeden (örneğin %95-100) uygulanması,
- Birleşme sonucunda İhracat oluşmuş ve veya artırılmış ise vergi indirimi süresi 3 yıl yerine 5 yıl uygulanması (İhracat için + 2 yıl),
- Katma değer odaklı proje ve ürünler için birleşme olacak ise bu proje ve ürünlerden kar elde etmenin bir kuluçka süresi olacaktır. Bu yaklaşımla vergi indirimi için 3 yıl süre birleşme tarihi değil birleşme sonrası ilk Kurumlar vergisi matrahı (kar) olduğundan itibaren başlaması,
- Birleşen KOBİ'lerden en az birisi Ar-Ge / Tasarım Merkezi olan ya da Teknopark da faaliyet gösteren KOBİ ise indirim oranı +%20 ilave ile arttırılmış şekilde uygulanması sağlanmalı ve bunun yanında Birleşme sonrası istihdam artışı da ayrıca desteklenmelidir.

Yukarıda belirtilenlere ek olarak Avrupa Birliği, Amerika Birleşik Devletleri ve Asya ülkelerindeki çevre, veri koruma, teknoloji, sanayi, rekabet ve sürdürülebilirlik düzenlemeleri ve mevzuatı Türkiye'ye kıyasla daha katı olup Türkiye, diğer ülkeler ile ticari uyum sağlayabilmek için birtakım düzenlemeleri hayata geçirirse de yeni mevzuat ile tam anlamıyla uyum sağlanması için ek mevzuat çalışmalarına ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle Türkiye'ye sanayi ve teknoloji alanında mevzuat ve ilgili destekler kapsamında yapılması gereken stratejik önerilerimiz aşağıdaki şekildedir:

- AB, ABD ve Asya ülkelerinin yürürlüğe koyduğu dijital hizmetler, yapay zekâ, veri güvenliği ve çevresel düzenlemelerle uyumlu mevzuat ve teşvik mekanizmalarının oluşturulması,
- İleri mühendislik, yapay zekâ, biyoteknoloji ve malzeme bilimi gibi alanlarda yerli ve milli strateji, yetkinlik ve üretim kapasitesinin artırılması için ilgili mevzuatın oluşturulması,

- Savunma sanayi, yenilenebilir enerji, yarı iletkenler ve ilaç sektörü gibi kritik alanlarda yerli üreticilere özel teşvik mekanizmaları oluşturulması için SSB'ye uygun bütçe aktarımı ile bu kapsamda ilgili mevzuat düzenlemesinin yapılarak SSB'ye özel yetki verilmesi,
- Küçük ve orta ölçekli işletmelerin dijital dönüşüm süreçlerine hız kazandıracak özel fonlar ve danışmanlık mekanizmalarının devreye alınması için KOSGEB bünyesinde bir fon veya Kalkınma Bankası gibi bir uygulama ile KOSGEB'e yetki verilmesini sağlayan daha kapsamlı bir KOSGEB Kanunu değişikliğinin yapılması,
- Belirli sektörlerde odaklanan organize sanayi bölgeleri ve teknoloji geliştirme bölgelerinin daha fazla teşvik edilmesi,
- Üniversitelerin sanayi ile ortak projeler geliştirmesi için teknoloji transfer ofislerinin (TTO) daha etkin hale getirilmesi ve ortak fonların arttırılması için rektörlüklere yetki verilmesini sağlayan yasal düzenlemelerin yapılması,
- Yeşil üretim tekniklerinin yaygınlaştırılması, sanayide döngüsel ekonomi modellerinin benimsenmesi ve düşük karbonlu üretime yönelik teşvik mekanizmalarının artırılması,
- Start-up ekosisteminin güçlendirilmesi için özel fonlar, hızlandırıcı programlar ve büyük ölçekli yatırımcıların yerli girişimlere yönlendirilmesi kapsamında Sermaye Piyasası Kanunu ("SPK") ve Türk Ticaret Kanunu ile İstanbul Menkul Kıymetler Borsası mevzuatında düzenleme yapılması,
- Türkiye'nin küresel değer zincirlerinde daha yüksek katma değerli ürünlerle yer almasını sağlayacak ihracat teşviklerinin yapılandırılması,
- Büyük veri, yapay zekâ ve blok zincir gibi alanlarda yerli çözümlerin geliştirilmesi ve kritik sektörlerin siber güvenlik açısından daha dirençli hale getirilmesi için bu alanların özellikli alan ilanı ile öncelikle desteklenmesi,
- SPK mevzuatı ve uygulamaları ile yukarıda ele alınan genel Ar-Ge destekleri SPK kapsamında ele alınmalı ve İstanbul Menkul Kıymetler Borsası ikinci pazar vb. uygulamalar ile Ar-Ge projelerinin ayrıca desteklenebilmesi için yatırıma açılma yollarının kurgulanması ve bu kapsamda gerekli mevzuat çalışmasının yapılması, mevcut istisnai uygulamalarında ilgili sektörde tabana yayılabilmesi için gereken ilgili katkının ortaya konulması,
- Patent borsası vb. uygulamalar ile Ar-Ge çıktılarının ticarileşmesine destek olunması için Türk Marka Patent Kurumu ile SPK'nın birlikte çalışarak gerekli alt yapının kurgulanması ve bu kapsamda yasal altyapının da güncellenmesi,

- SMK kapsamındaki fikri hakların değerlendirilmesi ve bu gayri maddi hakların şirketlerin bilançolarında aktif varlıklar olarak kaydedilebilmesinin yolunun açılması için yasal düzenlemelerin yapılması,
- Patent değerlendirme yapılarının ve sisteminin Türk Marka Patent Kurumu nezdinde oluşturulması ve faal hale getirilmesi,
- Ar-Ge yoğun şirketlere yapılan yatırımlarda gerekli vergisel düzenlemelerin yapılarak bu yatırımların teşvik edilmesi.

Bu rapor, küresel ölçekte sanayi ve teknoloji politikalarını şekillendiren stratejik girişimleri, mevzuat düzenlemelerini ve kamu desteklerini karşılaştırmalı bir perspektifle incelemiştir. ABD'nin CHIPS ve Cloud Act gibi düzenlemelerle stratejik sektörlerle yönelik yatırımları teşvik etmesi, Avrupa Birliği'nin Dijital Pazarlar Yasası, Dijital Hizmetler Yasası ve Avrupa Yeşil Mutabakatı gibi kapsamlı politikalarla dijitalleşme ve sürdürülebilirliği önceleme, Asya ülkelerinin (özellikle Japonya, Çin ve Güney Kore) inovasyon odaklı kalkınma stratejileri ile teknoloji liderliği iddiası, Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler açısından hem bir ilham hem de rekabet ortamı yaratmaktadır. Türkiye'nin de bu küresel dönüşüme uyum sağlayabilmesi için yerli ve milli teknoloji politikalarını geliştirirken, uluslararası gelişmeleri yakından takip etmesi, teknoloji transferi ve Ar-Ge yatırımlarına öncelik vermesi büyük önem taşımaktadır. Geleceğe dönük stratejik planlamalarda, dijital egemenlik, çevresel sürdürülebilirlik, veri güvenliği ve küresel tedarik zincirlerinde dirençlilik gibi temaların merkezde yer alacağı öngörülmektedir. Bu bağlamda, küresel iyi uygulamaların dikkatle incelenmesi ve ulusal politikaların bu doğrultuda uyarlanması, teknoloji odaklı kalkınma hedeflerinin başarılması için kritik bir gerekliliktir.

Kaynaklar

Donanım Haber. (2024). ABD CHIPS yasası ile 327 milyar dolarlık yatırım çekti. <https://www.donanimhaber.com/abd-chips-yasasi-ile-327-milyar-dolarlik-yatirim-cekti--176761>

Council on Foreign Relations (CFR). (t.y.). What is the CHIPS Act? <https://www.cfr.org/in-brief/what-chips-act>

European Commission. (t.y.). Ensuring fair and open digital markets: Digital Markets Act. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/digital-markets-act-ensuring-fair-and-open-digital-markets_en

European Commission. (t.y.). Gatekeepers under the Digital Markets Act. https://digital-markets-act.ec.europa.eu/gatekeepers_en

Hukuk ve Bilişim Dergisi. (t.y.). Avrupa Birliği Dijital Piyasalar Yasası (Digital Markets Act) Düzenlemesi. <https://www.hukukvebilisimdergisi.com/avrupa-birligi-dijital-piyasalar-yasasi-digital-market-act-duzenlemesi/>

Hukuk ve Bilişim Dergisi. (t.y.). Avrupa Birliği Dijital Piyasalar Yasası. <https://www.hukukvebilisimdergisi.com/avrupa-birligi-dijital-piyasalar-yasasi-digital-market-act-duzenlemesi/>

Internal Revenue Service (IRS). (t.y.). Advanced Manufacturing Investment Credit. <https://www.irs.gov/credits-deductions/advanced-manufacturing-investment-credit>

İktisadi Kalkınma Vakfı (İKV). (t.y.). AB Dijital Hizmetler Yasasına Türkiye'nin Uyumu. https://www.ikv.org.tr/images/files/ab_dijital_hizmetler_yasasına_turkiyenin_uyumu_sema_nur_yeniylidiz.pdf

Japan Investment Corporation (JIC). (t.y.). About JIC. <https://www.j-ic.co.jp/en/about/>

Newtone. (2025). Programmatuur: Fiscale subsidie WBSO en innovatiebox (ENG). <https://newtone.nl/wp-content/uploads/2025/01/Programmatuur-Fiscale-subsidie-WBSO-en-innovatiebox-ENG.pdf>

Paksoy & Partners. (t.y.). Hollanda'da yazılım şirketleri için vergi avantajları ve teşvikler. <https://www.paksoyandpartners.com/tr/post/hollanda-da-yaz%C4%B1%C4%B1m-sirketleri-i-c-in-vergi-avantajlar%C4%B1-ve-tes-vikler>

Rekabetçi Sektörler Programı. (t.y.). Ulusal Çağrı Rehberi - ADIM. https://rekabetsektorler.sanayi.gov.tr/media/dokumanlar/AD%C4%B0M_ULUSAL_%C3%87A%C4%9ERI_REHBER%C4%B0_-_SON.pdf

Seoulz. (2020). The Korean New Deal: A complete breakdown. <https://www.seoulz.com/the-korean-new-deal-a-complete-breakdown/>

Swanstrom, N. (2018). Made in China 2025: Backgrounder. Institute for Security & Development Policy (ISDP). <https://www.isdp.eu/wp-content/uploads/2018/06/Made-in-China-Backgrounder.pdf>

T.C. Avrupa Birliği Başkanlığı. (t.y.). Avrupa Yeşil Mutabakatı (European Green Deal). https://www.ab.gov.tr/avrupa-yesil-mutabakatı_53729.html

T.C. Avrupa Birliği Başkanlığı. (t.y.). Dijital Avrupa Programı (Digital Europe). https://www.ab.gov.tr/dijital-avrupa-programi-digital-europe-_53088.html

T.C. Avrupa Birliği Başkanlığı. (t.y.). Tek Pazar Programı. https://www.ab.gov.tr/tek-pazar-programi_53087.html

T.C. Avrupa Birliği Başkanlığı. (t.y.). Ufuk Avrupa Programı (Horizon Europe). https://www.ab.gov.tr/ufuk-avrupa-programi-horizon-europe-_53080.html

T.C. Ekonomi ve Dijital Dönüşüm Bakanlığı (İspanya). (2021). Digital Spain 2025. https://portal.mineco.gob.es/RecursosArticulo/mineco/ministerio/ficheros/210204_Digital_Spain_2025.pdf

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (t.y.). Avrupa Dijital İnovasyon Merkezleri Ağına Ülkemizden 5 Konsorsiyum Dahil Oldu. <https://www.sanayi.gov.tr/medya/haber/avrupa-dijital-inovasyon-merkezleri-agina-ulkemizden-5-konsorsiyum-dahil-oldu>

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (t.y.). Mevzuat. <https://www.sanayi.gov.tr/mevzuat>

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (t.y.). Teknoloji Geliştirme Bölgeleri Portalı. <https://teknopark.sanayi.gov.tr/>

T.C. Ticaret Bakanlığı. (2023). Fransa'da Yeşil Dönüşüme İlişkin Gelişmeler. <https://ticaret.gov.tr/data/5b8a-43355c7495406a227638/2023%20Y%C4%B1%C4%B1%20Raporlar%C4%B1/FRANSA'DA%20YE%C5%9E%C4%B0L%20D%C3%96N%C3%9C%C5%9E%C3%9CME%20%C4%B0L%C4%B0%C5%9EK%C4%B0N%20GEL%C4%B0%C5%9EMELER.pdf>

T.C. Ticaret Bakanlığı. (t.y.). AB Döngüsel ve Sürdürülebilir Sanayi Politikaları. <https://ticaret.gov.tr/dis-iliskiler/yesil-mutabakat/ab-dongusel-ve-surdurulebilir-sanayi-politikalari>

TÜBİTAK. (t.y.). Mevzuatlar. <https://tubitak.gov.tr/tr/kurumsal/hakkimizda/mevzuat>

TÜGVA İhtisas Akademisi. (2021). Toplum 5.0: Japonya. <https://ihtisasakademi.tugva.org/wp-content/uploads/2021/05/TOPLUM-5.0-JAPONYA.pdf>

Türkiye Ulusal Koordinasyon Ofisi. (t.y.). Ufuk Avrupa (Horizon Europe) Bilgilendirme Portalı. <https://ufukavrupa.org.tr/tr>

TÜSİAD. (2022). Perspektif 2025: Dönüşüm ve Gelecek İçin Yol Haritası & Öneriler Raporu. <https://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/11753-perspektif-2025-donusum-ve-gelecek-icin-yol-haritasi-oneriler>

U.S. Department of Justice. (t.y.). Cloud Act. <https://www.justice.gov/criminal/media/999616/dl?inline>

Unusual Companies. (t.y.). Hollanda teknoloji start-uplarına sunulan devlet destekleri. <https://unusualcompanies.com/tr/kutuphane/hollanda-teknoloji-start-uplarına-sunulan-devlet-destekleri>

Uysal, M. (2022). Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Türkiye İçin Uyum Süreci. Dergipark. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1923045>

9. AFETLERE HAZIRLIK

Dr. Abdullah Eriş

MÜSİAD Sanayi Politikaları ve Yatırım Komisyonu Başkanı

Dr. Hakan Başdoğan

1. Giriş: Afet Risklerinin Belirlenmesi ve Yönetimi

Afetler, insan yaşamını, çevreyi ve ekonomik sistemleri doğrudan etkileyen, genellikle ani ve yıkıcı olaylar olarak tanımlanır. Doğal ya da insan kaynaklı biçimlerde ortaya çıkan bu olaylar, sanayi alanlarında çok daha geniş ve zincirleme etkilere yol açabilmektedir. Özellikle yüksek tehlike içeren kimyasal maddelerin kullanıldığı, büyük ölçekli ekipmanların çalıştığı ve kesintisiz enerji ihtiyacı bulunan sanayi tesisleri, afetlere karşı son derece kırılgan yapılar arasında yer almaktadır (Krausmann & Cruz, 2013).

Sanayi tesislerinde meydana gelebilecek herhangi bir afet durumu, yalnızca tesisin kendisini değil; iş gücü, çevre, bölgesel ekonomi ve tedarik zinciri gibi geniş etki alanlarını da tehdit etmektedir. Deprem, sel, yangın, endüstriyel patlama veya siber saldırı gibi olaylar, üretimin durmasına, ciddi çevresel kirliliklere veya can kayıplarına neden olabilmektedir. Örneğin, 2011 yılında Japonya'da yaşanan Tōhoku depremi ve tsunamisi, yalnızca fiziksel yapıları değil; kimya endüstrisindeki birçok tesisi de durma noktasına getirmiş, toksik sızıntılar ve üretim kayıplarıyla sonuçlanmıştır (Krausmann & Cruz, 2013; Gomez & Baker, 2019).

Bu nedenle, sanayi tesislerinin afetlere karşı dayanıklılığını artırmak için risklerin doğru şekilde tanımlanması, değerlendirilmesi ve önceliklendirilmesi kritik bir öneme sahiptir. Bu süreç, yalnızca fiziksel tehditleri değil; aynı zamanda operasyonel, insan kaynaklı ve teknolojik tehditleri de kapsamaktadır. Risk yönetimi, bu tehditleri sistematik biçimde analiz ederek, hem önleyici stratejiler hem de müdahale planları oluşturmaya olanak tanır (Flage v.d., 2014).

Sanayi tesislerinde afet yönetimi yalnızca güvenlik açısından değil; aynı zamanda sürdürülebilirlik, kurumsal itibar ve yasal uyumluluk açısından da ele alınmalıdır. Özellikle uluslararası üretim yapan, çok paydaşlı organizasyonlar açısından iş sürekliliğinin sağlanması ve kriz durumlarında operasyonel kapasitenin korunması, rekabet avantajı yaratmaktadır (Cerullo & Cerullo, 2004; Ivanov & Dolgui, 2020).

Bu bölümde, sanayi alanlarında afet risklerinin belirlenmesi ve yönetimi için temel kavramsal çerçeve sunulacak; risk türleri, değerlendirme teknikleri, kritik altyapıların korunması, eğitim ve teknoloji temelli stratejiler gibi temel konular detaylandırılacaktır. Ayrıca, Türkiye özelinde sanayi bölgelerinde karşılaşılan bölgesel afet türlerine de değinilerek yerel bağlam vurgulanacaktır. Kurumların afet yönetimi stratejilerini oluştururken kullanabilecekleri kapsamlı ve sürdürülebilir bir yol haritası sunmak, bu çalışmanın temel hedefidir.

2. Sanayi Alanlarında Karşılaşılan Başlıca Afet Türleri

Sanayi tesisleri, gerek kullanılan teknolojilerin karmaşıklığı gerekse barındırdığı tehlikeli maddeler nedeniyle afetlere karşı oldukça hassas yapılardır. Bu tesislerde meydana gelebilecek bir afet yalnızca üretim süreçlerini aksatmakla kalmaz; aynı zamanda çevre kirliliğine, insan sağlığına zarar veren olaylara ve büyük ekonomik kayıplara yol açabilir. Bu nedenle sanayi alanlarında karşılaşılan başlıca afet türlerinin iyi analiz edilmesi, risk yönetimi politikalarının etkili bir şekilde oluşturulması açısından kritik önemdedir (Ani v.d., 2016).

Sanayi tesislerini tehdit eden afet türleri genel olarak doğal ve insan kaynaklı olarak ikiye ayrılmaktadır. Doğal afetler arasında en yaygın olanı depremlerdir. Özellikle aktif fay hatları üzerinde yer alan bölgelerde bulunan sanayi tesisleri, sismik hareketlere karşı yüksek risk altındadır. Depremler sadece yapısal hasara yol açmakla kalmaz, aynı zamanda gaz sızıntıları, yangınlar ve tehlikeli madde salınımları gibi ikincil felaketleri de tetikleyebilir. Türkiye gibi aktif deprem kuşakları üzerinde bulunan ülkelerde sanayi tesislerinin sismik güvenliğinin sağlanması yaşamsal öneme sahiptir (Krausmann & Cruz, 2013).

Bir diğer önemli doğal afet türü sel ve su baskınlarıdır. Sanayi bölgeleri çoğunlukla düz arazilerde, su kaynaklarına yakın bölgelerde konumlandıkları için yoğun yağışlar ve taşkınlar karşısında büyük risk altındadır. Sel suları yalnızca fiziksel altyapıya zarar vermekle kalmaz, aynı zamanda kimyasal maddelerin yayılmasına, çevreye ve yeraltı su kaynaklarına ciddi zararların oluşmasına neden olabilir. Özellikle Karadeniz ve Marmara bölgelerinde yoğun sanayileşmenin olduğu alanlar, geçmişte yaşanan su baskınlarıyla bu riski sıkça deneyimlemiştir (Waghwal & Agnihotri, 2019).

Küresel iklim değişikliğinin etkisiyle daha sık yaşanan fırtına ve kasırgalar da sanayi tesisleri için önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Kuvvetli rüzgarlar; çatıların uçmasına, açık hava ekipmanlarının zarar görmesine ve elektrik şebekelerinin devre dışı kalmasına neden olabilir. Bu durum, üretimin durmasına, iş güvenliğinin tehlikeye girmesine ve uzun süreli altyapı kesintilerine yol açabilir. Artan meteorolojik şiddet, afet yönetimi planlarında bu tür olaylara özel senaryolar geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır (Cutter v.d., 2003).

Doğal afetlerin yanı sıra insan kaynaklı afetler de sanayi tesisleri için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Bunların başında yangınlar gelmektedir. Özellikle petrokimya, tekstil, plastik ve ilaç gibi sektörlerde kullanılan kolay tutuşabilen kimyasallar, yangın riskini ciddi ölçüde artırmaktadır. Yangınlar yalnızca üretim alanlarında değil; depolama, nakliye ve atık sahalarında da büyük tehlike yaratmaktadır. Yangına karşı etkili otomatik algılama ve söndürme sistemlerinin varlığı, bu riski azaltmada belirleyici bir rol oynamaktadır (Ani v.d., 2016).

Endüstriyel kazalar da sanayi tesislerinde sık karşılaşılan ve çoğu zaman büyük çaplı felaketlere neden olan olaylardır. Gaz sızıntıları, toksik madde dökülmeleri, basınçlı kapların patlaması veya sistem arızaları gibi olaylar hem çalışan sağlığını tehdit eder hem de çevreye geri dönülemez zararlar verebilir. Bu tür kazalar çoğunlukla insan hatasından, yetersiz bakım faaliyetlerinden ya da uygun olmayan işletme prosedürlerinden kaynaklanmaktadır (Lounis & McAllister, 2016). Özellikle tehlikeli madde ile çalışan tesislerde, süreç güvenliği uygulamaları büyük bir zorunluluk halini almıştır.

Son yıllarda dijitalleşmenin sanayi üretiminde yaygınlaşmasıyla birlikte, siber saldırılar da ciddi bir afet türü olarak kabul edilmektedir. Otomasyon sistemleri, üretim yönetim yazılımları ve veri merkezlerinin dış tehditlere açık hale gelmesi, sanayi tesislerinin siber güvenliğe karşı savunmasız kalmasına neden olmuştur. Elektrik üretim santralleri, gıda işleme tesisleri ve ilaç fabrikaları gibi kritik altyapıya sahip tesislerde yaşanabilecek bir siber saldırı, tüm üretim zincirini durdurabilir ve ulusal düzeyde ekonomik istikrarsızlıklara yol açabilir (Ani v.d., 2016).

Sanayi tesislerinin karşı karşıya olduğu afet riskleri, tesisin bulunduğu bölgeye göre değişiklik gösterebilir. Türkiye özelinde değerlendirildiğinde, Marmara Bölgesi'nde depremler öne çıkarken, Karadeniz Bölgesi'nde sel ve heyelan riski daha baskındır. Ege Bölgesi, hem depremler hem de yaz aylarında sık yaşanan orman yangınları ile karşı karşıyadır. İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri ise kuraklık, dolu ve ani fırtınalar gibi meteorolojik olaylarla daha sık karşılaşmaktadır (Chen v.d., 2019). Bu nedenle, her sanayi tesisinin risk değerlendirmesi yaparken genel afet türlerinin yanı sıra bulunduğu bölgenin iklimsel ve jeolojik özelliklerini de dikkate alması büyük önem taşımaktadır.

Sanayi alanlarında karşılaşılan afet türlerinin sistematik şekilde sınıflandırılması ve bu afetlerin her birine karşı ayrı ayrı önlem ve müdahale planları hazırlanması, hem çalışan güvenliği hem de tesisin uzun vadeli sürdürülebilirliği açısından gereklidir. Bu nedenle, bir sonraki aşamada bu afetlere karşı nasıl risk analizi yapılması gerektiği ve önceliklendirme süreçlerinin nasıl tasarlanacağı ele alınacaktır.

3. Afet Risklerinin Belirlenmesi ve Önceliklendirme Süreci

Sanayi tesislerinin afetlere karşı dirençli hale getirilmesinde en temel adım, potansiyel risklerin sistematik bir şekilde belirlenmesi ve bu risklerin etkilerine göre önceliklendirilmesidir. Risk değerlendirme süreci yalnızca tehlikelerin tanımlanmasını değil, aynı zamanda bu tehlikelerin tesise olan etkisinin ne ölçüde olacağını, hangi altyapıların daha kırılgan olduğunu ve hangi süreçlerin iş sürekliliği açısından kritik olduğunu ortaya koymayı hedefler.

Bu doğrultuda risk değerlendirme; tehlike tanımlama, maruziyet ve duyarlılık analizi, risk analizi ve önceliklendirme aşamalarını kapsayan çok katmanlı bir süreçtir (Lind-Kohvakka v.d., 2008; Choi v.d., 2024).

Risk değerlendirme süreci, ilk olarak sanayi tesislerine özgü tehlikelerin kapsamlı bir biçimde tanımlanmasıyla başlar. Bu aşamada, tesisin bulunduğu bölgenin jeolojik, meteorolojik ve çevresel özellikleri dikkate alınır. Örneğin, aktif fay hatları üzerinde yer alan bir tesis için sismik riskler, deniz seviyesinin altında kalan bir tesis için ise sel riski öncelikli tehlikeler olarak ele alınmalıdır (Krausmann & Cruz, 2013). Bununla birlikte, tesisin faaliyet gösterdiği sektöre özgü riskler de detaylı biçimde analiz edilmelidir. Kimyasal, petrokimya veya ilaç sektöründe yer alan sanayi tesislerinde, toksik madde sızıntıları, gaz kaçakları ve kimyasal patlamalar önemli risk kaynaklarıdır (Lounis & McAllister, 2016).

Tanımlanan tehlikeler doğrultusunda bir sonraki adım, bu tehlikelere karşı tesisin ne derece maruz kalabileceğini ve ne ölçüde duyarlı olduğunu belirlemektir. Bu süreçte tesisin yapısal özellikleri, üretim sistemlerinin kırılganlığı, kullanılan teknolojilerin hassasiyeti ve kritik ekipmanların korunma düzeyi analiz edilir (Ani v.d., 2016). Aynı zamanda coğrafi konum, zemin özellikleri, hava koşulları ve çevredeki risk unsurları da dikkate alınır. Örneğin, eski yapı stokuna sahip sanayi binaları, depreme karşı daha duyarlıdır. Benzer şekilde, açık alanlarda depolanan tehlikeli maddeler, fırtına veya sel durumlarında çevresel tehditleri artırabilir (Chen v.d., 2019).

Risk yalnızca varlığı değil, olasılığı ve etkisi de göz önünde bulundurularak kapsamlı bir analiz yapılmalıdır. Bu nedenle, niteliksel ve niceliksel yöntemlerin birlikte kullanıldığı risk analizi çalışmaları yürütülür. Olasılık-etki matrisleri, farklı tehlikelerin hangi sıklıkla ve hangi şiddette gerçekleşebileceğini öngörerek, karar vericilere yol gösterir (Flage v.d., 2014). Bu tür matrislerde yüksek olasılıklı ve yüksek etkili tehlikeler ilk sırada değerlendirilirken, düşük olasılıklı fakat yıkıcı etkileri olabilecek senaryolar da göz ardı edilmez. Özellikle karmaşık üretim sistemlerine sahip tesislerde, karar ağaçları ve Monte Carlo simülasyonları gibi ileri düzey analiz yöntemleriyle farklı senaryoların sonuçları modellere yansıtılarak daha sağlam risk öngörülleri elde edilir (Choi v.d., 2024).

Bir sanayi tesisinin işleyişini doğrudan etkileyen altyapı bileşenleri, bu risk analizi sürecinde öncelikli olarak ele alınmalıdır. Elektrik dağıtım sistemleri, su ve gaz hatları, veri merkezleri, haberleşme ağları ve üretim bantları gibi kritik sistemler, afet anında kesintiye uğradığında hem üretim süreci durur hem de can ve mal kayıpları artar (Rød v.d., 2020). Bu nedenle risk değerlendirme süreci sadece riskin büyüklüğünü değil, etkilediği kritik fonksiyonları da dikkate alarak önceliklendirme yapılmalıdır.

Örneğin, enerji altyapısında yaşanacak bir kesinti, tüm üretim zincirinin durmasına neden olabileceğinden bu altyapı öncelikli olarak korunmalı ve güçlendirilmelidir. Risk değerlendirme sürecinin başarıya ulaşabilmesi için disiplinler arası bir yaklaşıma ihtiyaç vardır. Mühendislik, çevre bilimi, işletme yönetimi, bilgi teknolojileri ve iş sağlığı güvenliği alanları birlikte çalışarak çok boyutlu bir değerlendirme modeli ortaya koymalıdır. Ayrıca, değerlendirme süreci sadece bir defaya mahsus değil, periyodik olarak güncellenmeli ve yeni riskler ışığında dinamik şekilde revize edilmelidir. Teknolojideki gelişmeler, iklim değişikliğinin etkileri ve üretim süreçlerindeki değişiklikler, mevcut risk profillerini dönüştürebilir. Bu yüzden risk yönetimi, bir “proje” değil; süreklilik arz eden bir “yönetim sistemi” olarak değerlendirilmelidir (Haimes, 2015; Linkov & Trump, 2019).

Afet risklerinin doğru biçimde tanımlanması ve önceliklendirilmesi, sanayi tesislerinin hem afet öncesi hazırlık düzeyini artırır hem de afet anında etkin müdahale ve afet sonrası hızlı toparlanma süreçlerini mümkün kılar. Bu sürecin etkili yönetilmesi, sadece tesisin değil; aynı zamanda çevresel sürdürülebilirliğin, iş sürekliliğinin ve çalışan güvenliğinin korunmasını da sağlar.

4. Afetlere Karşı Hassas Olan Altyapıların ve Sistemlerin Belirlenmesi

Sanayi tesislerinin afetlere karşı dirençliliğini artırmak amacıyla yürütülen risk yönetimi süreçlerinin en kritik adımlarından biri, tesis bünyesindeki hassas altyapıların ve sistemlerin belirlenmesidir. Her sanayi tesisinin yapısal, operasyonel ve teknolojik açıdan kendine özgü altyapı bileşenleri bulunmaktadır ve bu sistemlerin bir kısmı, diğerlerine kıyasla afetlere daha kırılgan olabilir. Bu nedenle afet öncesi hazırlık, müdahale ve toparlanma planlarının etkili biçimde uygulanabilmesi için öncelikle bu kırılganlıkların açık bir şekilde tanımlanması gerekmektedir (Rød v.d., 2020).

Afet risklerine karşı hassas olan altyapılar genellikle üç ana grupta incelenebilir: enerji ve tedarik sistemleri, haberleşme ve bilgi altyapısı, ve su-gaz hatları ile üretim ekipmanları. Enerji tedarik sistemleri, sanayi tesislerinin üretim ve güvenlik süreçlerinin omurgasını oluşturur. Elektrik, doğalgaz ve alternatif enerji kaynakları ile çalışan bu sistemlerin zarar görmesi, yalnızca üretimin durmasına değil, aynı zamanda tehlikeli süreçlerin kontrolsüz hale gelmesine neden olabilir. Örneğin, elektrik kesintisi nedeniyle otomatik kontrol sistemlerinin devre dışı kalması, kimyasal maddelerin taşınması veya reaktör sistemlerinin aşırı ısınması gibi olaylarla sonuçlanabilir (Panteli & Mancarella, 2015).

Sanayi tesislerinin bir diğer hayati altyapı bileşeni ise haberleşme ağları ve bilgi sistemleridir. Bu sistemler, üretim kontrolü, izleme, güvenlik ve kriz anı iletişimde merkezi bir rol oynar. Ancak dijitalleşmenin artmasıyla birlikte bu sistemler, siber saldırılar başta olmak üzere birçok tehdit karşısında kırılgan hale gelmiştir. Kritik kontrol yazılımlarına yapılan bir siber müdahale, üretim hattının tamamen durmasına ya da hatalı ürünlerin piyasaya sürülmesine neden olabilir (Ani v.d., 2016). Bu nedenle tesisin dijital altyapısı, sadece bilgi teknolojileri uzmanlarının değil, aynı zamanda kriz yönetim ekiplerinin de dikkatle değerlendirmesi gereken bir kırılganlık alanıdır.

Ayrıca su ve gaz hatları, hem üretim süreçlerinde doğrudan kullanılan hem de potansiyel çevresel riskler taşıyan kritik altyapılar arasında yer alır. Su hatlarında meydana gelen sızıntılar, üretim süreçlerini aksatmanın yanı sıra yangın söndürme sistemlerinin de devre dışı kalmasına yol açabilir. Gaz hatlarında yaşanacak bir hasar ise yangın veya patlama riski doğurabilir. Bu sistemlerin tesis içinde açıkta mı yoksa zemin altında mı geçtiği, yedek sistemlerin bulunup bulunmadığı gibi teknik detaylar, altyapının risk düzeyini doğrudan etkiler (Chang v.d., 2007).

Afetlere karşı hassas sistemlerin belirlenmesinde yalnızca fiziksel hasar potansiyeli değil, aynı zamanda iş sürekliliği üzerindeki etkileri de dikkate alınmalıdır. Bazı sistemler, tesisin hayati fonksiyonlarını sürdürebilmesi açısından daha kritiktir ve bu sistemlerin geçici olarak bile devre dışı kalması, tüm üretim zincirini olumsuz etkileyebilir. Örneğin, bir veri merkezinin çalışmaması üretim emirlerinin iletilmesini engelleyebilirken, bir gaz vanasının zarar görmesi doğrudan iş güvenliğini tehdit edebilir. Bu nedenle, yalnızca yapısal analizlerle değil, aynı zamanda işlevsellik odaklı değerlendirme yöntemleriyle altyapıların öncelik sıralaması yapılmalıdır (Rinaldi v.d., 2001).

Kritik altyapıların değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler arasında saha gözlemleri, teknik envanter analizleri, geçmiş olay kayıtları ve uzman görüşleri yer alır. Ayrıca yapısal dayanıklılık analizleri, sismik risk modellemeleri ve iklim senaryoları üzerinden hassasiyet çalışmaları yapılması önerilir (Wang v.d., 2025). Bu analizler sonucunda elde edilen veriler, tesisin hangi bileşenlerinin daha önce müdahale gerektirdiğini, hangilerinin daha fazla yedekleme ve koruma ile desteklenmesi gerektiğini ortaya koyar.

Belirlenen kırılgan altyapı ve sistemlerin, önceliklendirilerek risk azaltma planlarına entegre edilmesi gerekmektedir. Bu önlemler, bazı durumlarda fiziksel güçlendirme (örneğin; çelik takviyeler, betonarme koruma duvarları), bazı durumlarda ise sistem yedeklemesi (örneğin; alternatif jeneratörler, ikincil veri merkezleri) şeklinde olabilir. Aynı zamanda bu sistemlerin acil durum planları içinde özel prosedürlerle tanımlanması, kriz anında personelin daha etkili müdahale etmesini sağlar (Mızrak, 2024).

Sanayi tesislerinde afetlere karşı hassas altyapı ve sistemlerin belirlenmesi, afet risk yönetimi zincirinin merkezinde yer alır. Bu süreç yalnızca fiziksel güvenliğin değil; aynı zamanda çevresel sürdürülebilirliğin, üretim sürekliliğinin ve insan yaşamının korunmasının da temel şartıdır. Bu nedenle tesislerde yapılan her risk yönetimi çalışmasının, altyapı kırılabilirlik analizleri ile entegre şekilde yürütülmesi büyük önem arz etmektedir.

5. Hazırlık Planlaması ve Acil Durum Yönetimi

Sanayi tesislerinin afetlere karşı hazırlıklı olması, yalnızca fiziksel altyapının dayanıklılığıyla sınırlı değildir. Etkin bir hazırlık planlaması ve organize edilmiş bir acil durum yönetimi, afetlerin yıkıcı etkilerini önlemek ya da en aza indirmek açısından hayati öneme sahiptir. Hazırlık planlaması, risk değerlendirmelerine dayalı olarak olası afet senaryolarına yönelik sistematik stratejilerin oluşturulmasını ve uygulanmasını içerirken, acil durum yönetimi bu planların kriz anında doğru şekilde işletilmesini sağlar (Lennquist, 2014). Her iki süreç de bir bütünlük içinde ele alınmalı ve tesisin genel kriz yönetimi sistemine entegre edilmelidir.

Hazırlık sürecinin temel adımı, daha önceki bölümlerde ele alınan risk analizlerine dayalı olarak acil durum planlarının oluşturulmasıdır. Bu planlar, sanayi tesisinin karşı karşıya kalabileceği doğal ve insan kaynaklı afet türlerine göre özelleştirilmeli, tesisin coğrafi konumu, üretim altyapısı ve personel profili dikkate alınarak yapılandırılmalıdır. Özellikle deprem, yangın, sel ve kimyasal sızıntı gibi olaylara yönelik senaryo bazlı planlamalar yapılmalı; her bir senaryo için müdahale, tahliye ve iletişim prosedürleri açıkça tanımlanmalıdır (Alexander, 2005).

Sanayi tesislerinde erken uyarı sistemlerinin kurulması, hazırlık planlamasının en kritik bileşenlerinden biridir. Gelişmiş sensörler ve otomatik alarm sistemleri, tesisin farklı bölümlerinde olası riskleri önceden tespit edebilir ve müdahale ekiplerini harekete geçirebilir. Örneğin, gaz sızıntılarını algılayan sistemler, yangın riskini büyümeden ortadan kaldıracaktır. Aynı şekilde, sismik uyarı sistemleri, çalışanların güvenli alanlara geçmesini sağlayarak can kayıplarının önüne geçebilir (Jafari v.d., 2003).

Tahliye planları ise, afet anında personelin hızlı ve güvenli bir şekilde binayı terk etmesini sağlayacak şekilde detaylandırılmalıdır. Bu planlarda çıkış yolları, toplanma alanları, yönlendirme işaretleri ve engelli bireyler için özel tahliye çözümleri yer almalıdır. Ayrıca, tahliye planlarının çalışanlar tarafından bilinmesi ve uygulanabilirliğinin test edilmesi için düzenli olarak tatbikatlar yapılmalıdır. Tatbikatlar, planın zayıf yönlerini ortaya koyarak iyileştirme fırsatları sunar (Perry & Lindell, 2003).

Acil durum yönetimi, afet anında ve sonrasında koordineli müdahalenin gerçekleştirilmesini amaçlar. Bu süreç, yalnızca fiziksel müdahale değil; bilgi akışı, kaynak dağılımı ve kriz iletişimini de kapsar. Sanayi tesislerinde etkili bir kriz yönetimi için Acil Durum Yönetim Ekibi (ADYE) kurulmalıdır. Bu ekip; kriz lideri, iletişim sorumlusu, lojistik koordinatörü, güvenlik görevlisi ve teknik müdahale personelinin oluşmalıdır. Her bir görevlinin rolü önceden tanımlanmalı ve olası bir kriz anında otomatik olarak devreye girmelidir (FEMA, 2010).

Bunun yanında, afet müdahale ekipleri de tesisin farklı alanlarında görev almalıdır. Bu ekipler, yangın söndürme, ilk yardım ve teknik destek gibi spesifik alanlarda uzmanlaşmış personelden oluşur. Müdahale ekiplerinin hızlı ve doğru hareket etmesi, yalnızca ekipmanla değil aynı zamanda düzenli eğitimlerle de mümkündür. Bu kapsamda, yangın tüpleri, solunum cihazları ve ilk yardım kitleri gibi ekipmanların periyodik kontrolü yapılmalı ve ekip üyeleri bu araçları kullanma konusunda tam yetkinliğe sahip olmalıdır (Haddow v.d., 2017).

Acil durum planlarının etkinliği, iletişim sistemlerinin sürekliliğine bağlıdır. Kriz anında hem iç iletişimin (çalışanlar arası) hem de dış iletişimin (belediye, itfaiye, sağlık kuruluşları) aksatılmadan yürütülmesi gerekir. Bu nedenle telsiz sistemleri, acil durum uygulamaları, yedek iletişim altyapıları gibi alternatif kanallar oluşturulmalı ve bunların etkinliği periyodik olarak test edilmelidir. Ayrıca, kriz iletişiminin doğruluk ve zamanlama açısından iyi yönetilmesi, yanlış anlaşılmalardan ve panik durumlarının önüne geçer (Smith, 2006).

Hazırlık planlamasının başarılı bir şekilde yürütülebilmesi için tüm personelin sürece dahil edilmesi gerekir. Bu nedenle eğitim ve farkındalık faaliyetleri, hazırlık planlarının ayrılmaz bir parçasıdır. Eğitim programları aracılığıyla çalışanlara afet türleri, tahliye prosedürleri, müdahale ekipmanlarının kullanımı ve kriz anındaki davranış biçimleri hakkında bilgi verilir. Ayrıca her yıl belirli periyotlarla yapılan tatbikatlar sayesinde bu bilgilerin pratikte uygulanabilirliği artırılır. Eğitimlerin içeriği, görev tanımlarına göre farklılaştırılmalı; yönetici, teknik personel ve destek hizmetleri çalışanlarına özgü modüller geliştirilmelidir (Bryson, 2018).

Sanayi tesislerinde hazırlık planlaması ve acil durum yönetimi, afet risklerinin etkili biçimde kontrol altına alınabilmesi için hayati bir süreçtir. Bu sürecin başarıyla yönetilmesi, yalnızca insan hayatını korumakla kalmaz; aynı zamanda çevresel zararları, ekonomik kayıpları ve operasyonel kesintileri de minimize eder. Dolayısıyla hazırlık planlarının oluşturulması, ekiplerin yapılandırılması, iletişim sistemlerinin güçlendirilmesi ve eğitim faaliyetlerinin sürdürülebilir kılınması, sanayi kuruluşlarının afetlere karşı dirençli bir yapı kazanmasında kilit rol oynar.

6. Altyapı Güçlendirme ve Dayanıklılık Stratejileri

Sanayi tesislerinde afet risklerinin azaltılmasına yönelik en etkili stratejilerden biri, altyapıların fiziksel ve işlevsel açıdan güçlendirilmesidir. Altyapının dayanıklılığının artırılması, yalnızca afetin etkilerini sınırlamakla kalmaz; aynı zamanda afet sonrası toparlanma sürecini hızlandırarak tesisin sürdürülebilirliğine katkıda bulunur. Bu bağlamda, yapıların yapısal güçlendirilmesi, enerji ve su altyapılarının korunması, lojistik erişimin sürekliliğinin sağlanması ve afet sonrası operasyonel dönüşüm stratejileri, bütüncül bir dayanıklılık yaklaşımının temel bileşenlerini oluşturmaktadır (Wang v.d., 2025).

Sanayi tesislerindeki binaların ve üretim altyapısının yapısal güvenliği, özellikle deprem, fırtına ve sel gibi fiziksel kuvvetlerin etkili olduğu afet türlerine karşı kritik bir önceliğe sahiptir. Yapısal güçlendirme, yeni yapıların dayanıklı malzemelerle inşa edilmesini ve mevcut yapıların ise sismik izolasyon, karbon fiber takviye, çelik levha destekleme veya betonarme güçlendirme gibi yöntemlerle afetlere karşı dirençli hale getirilmesini içerir (FEMA, 2006). Özellikle Türkiye gibi aktif fay hatlarının bulunduğu coğrafyalarda, endüstriyel tesislerin depreme dayanıklılık kriterlerine uygun olarak yeniden yapılandırılması elzemdir.

Yapı güvenliğinin ötesinde, sanayi tesislerinin enerji ve su altyapısı da afetler karşısında en kırılgan sistemler arasında yer alır. Elektrik kesintileri, üretimin durmasına, kontrol sistemlerinin devre dışı kalmasına ve güvenlik sistemlerinin çalışmamasına yol açabilir. Bu nedenle, yedek jeneratör sistemleri, güneş panelleri gibi alternatif enerji kaynakları ve kesintisiz güç kaynakları (UPS) gibi çözümlerle enerji altyapısının sürekliliği sağlanmalıdır (Chang v.d., 2007). Benzer şekilde, kritik üretim süreçlerinde kullanılan su hatları da yedeklenmeli, su depolama tankları ile desteklenmeli ve su baskınlarına karşı fiziksel bariyerlerle korunmalıdır.

Afetler sırasında ve sonrasında tesisin dış dünya ile bağlantısının kopmaması için lojistik ve ulaşım altyapısı da dayanıklı hale getirilmelidir. Sanayi bölgelerine ulaşımı sağlayan yollar, köprüler ve erişim noktaları sel, deprem veya heyelan gibi olaylarda kolaylıkla zarar görebilir. Bu risklerin azaltılması için altyapılar sel ve sismik risklere karşı güçlendirilmelidir. Ayrıca, alternatif erişim rotaları belirlenmeli ve bu yolların sürekli kullanılabilirliği sağlanmalıdır (Tierney & Bruneau, 2007). Lojistik altyapıdaki bu süreklilik, hem acil müdahale hem de yeniden başlama sürecinde kritik rol oynar.

Afetlerin ardından sanayi tesislerinin en hızlı biçimde işlevlerine geri dönebilmesi için operasyonel toparlanma stratejileri de altyapı güçlendirme planlarının bir parçası olmalıdır. Bu süreç, hasar tespiti, kritik ekipmanların yeniden devreye alınması ve üretim süreçlerinin kademeli olarak başlatılmasını içermelidir. Önceden hazırlanmış müdahale ve

iyileştirme planları, hızlı karar alma süreçleriyle entegre edilmeli; kriz anında kullanılmak üzere belirlenmiş acil durum bütçeleri ve ekipman envanterleri oluşturulmalıdır (Kleindorfer & Saad, 2005). Böylece tesisin yalnızca fiziksel değil, fonksiyonel olarak da direnci artırılmış olur.

Bütün bu stratejilerin etkin bir şekilde uygulanabilmesi için çok sektörlü ve disiplinler arası bir yaklaşım benimsenmelidir. Altyapı güçlendirme çalışmaları sadece mühendislik uygulamalarıyla sınırlı kalmamalı; tesis yönetimi, güvenlik uzmanları, çevre mühendisleri ve yerel yönetimlerle iş birliği içinde yürütülmelidir. Ayrıca, altyapı yatırımları yapılırken sadece geçmiş afetlere değil, iklim değişikliği gibi yeni nesil risklere karşı da adaptif sistemler geliştirilmelidir (Holling, 2001). Bu tür dinamik risklere karşı dayanıklı altyapı sistemleri, sadece bugünün değil geleceğin sanayi sistemlerini de koruma altına alacaktır.

Sanayi tesislerinde altyapının güçlendirilmesi ve dayanıklılığın artırılması, afetlere karşı direncin temelini oluşturur. Yapısal güvenlikten enerji sürekliliğine, su ve gaz hatlarından ulaşım altyapısına kadar her bileşenin entegre şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu sayede yalnızca afetlerin yıkıcı etkileri azaltılmakla kalmaz; aynı zamanda sürdürülebilir üretim ve toplumsal güvenlik açısından da önemli kazanımlar elde edilir.

7. İş Sürekliliği Yönetimi

Afetlerin sanayi tesisleri üzerindeki etkileri yalnızca fiziksel hasarla sınırlı kalmaz; aynı zamanda üretim süreçlerinin durmasına, tedarik zincirlerinin aksamasına ve ekonomik kayıplara da yol açar. Bu nedenle, afet sonrası operasyonel devamlılığı sağlamak amacıyla geliştirilen iş sürekliliği yönetimi (business continuity management), sanayi işletmeleri için hayati bir stratejik süreçtir. İş sürekliliği yönetimi, olası kesintilere karşı organizasyonel dayanıklılığın sağlanması, operasyonların alternatif yollarla devam ettirilmesi ve kriz sonrası normal faaliyetlere dönüşün hızlandırılması açısından kritik bir rol üstlenir (Cerullo & Cerullo, 2004).

İş sürekliliği yönetiminin temelini oluşturan unsur, afet gerçekleşmeden önce oluşturulan iş sürekliliği planlarıdır. Bu planlar, tesisin hangi kritik süreçlerinin hangi zaman aralığında yeniden faaliyete geçmesi gerektiğini (Recovery Time Objectives - RTO) ve hangi düzeyde performansla bu işlevlerin sürdürülebileceğini (Recovery Point Objectives - RPO) tanımlar. Özellikle üretim hatları, bilgi işlem sistemleri ve tedarik süreçleri gibi hayati fonksiyonların kesintisiz çalışması için alternatif senaryolar oluşturulmalı ve bu senaryoların uygulanabilirliği test edilmelidir (Smith, 2006). Böylelikle afetin etkisiyle oluşabilecek iş kesintileri minimum düzeye indirilebilir.

İş sürekliliği yönetiminin etkinliği, sadece teknik çözümlerle değil, aynı zamanda kriz yönetimi ve iletişim stratejileri ile desteklenmelidir. Kriz anında karar alma yetkinliğine sahip bir kriz yönetim ekibi oluşturulmalı ve bu ekibin hızlı, güvenilir ve eşgüdümlü şekilde hareket etmesi sağlanmalıdır. Ayrıca, iç paydaşlar (çalışanlar, yöneticiler) ile dış paydaşlar (tedarikçiler, müşteriler, kamu kurumları) arasında güçlü bir iletişim ağı kurularak bilgi akışı kesintisiz sürdürülebilir. Kriz iletişimi, özellikle kararların zamanında ve doğru bir biçimde aktarılması için kritik önem taşır (Smith, 2006).

Afet sonrası operasyonel devamlılığın sağlanmasında en büyük engellerden biri, tedarik zinciri kesintileridir. Bu tür durumlar, üretimde kritik rol oynayan hammadde ve ara ürünlerin tedarikinde sorunlara neden olur. Bu riskin önlenmesi için, sanayi tesisleri birden fazla alternatif tedarikçi ile çalışmalı, kritik ürünler için güvenli stok seviyeleri belirlemeli ve tedarik zinciri esnekliğini artıracak lojistik stratejiler geliştirmelidir (Ivanov & Dolgui, 2020). Ayrıca, dijital tedarik zinciri yönetim sistemleriyle stok durumu, sevkiyat süreçleri ve tedarikçi performansı gerçek zamanlı olarak izlenmeli ve veri odaklı kararlar alınmalıdır.

İş sürekliliği yönetimi, uluslararası standartlara uygun olarak yapılandırıldığında, tesisin kurumsal risk yönetimiyle bütünleşik bir yapıya kavuşur. Bu noktada ISO 22301 İş Sürekliliği Yönetim Sistemi, sanayi tesislerine kapsamlı bir çerçeve sunar. ISO 22301 standardı, risk değerlendirmesi, planlama, uygulama, test ve sürekli iyileştirme döngüsünü esas alır. Bu sistemin uygulanması sayesinde, iş sürekliliği planları kurumsal politika haline gelir ve düzenli denetimlerle performans takibi sağlanabilir. Ayrıca, bu sistem bilgi güvenliği, çevresel yönetim ve iş sağlığı gibi diğer kurumsal sistemlerle entegre edilerek sinerjik bir yapı oluşturulabilir.

İş sürekliliği yönetiminin sürdürülebilirliği için organizasyon genelinde eğitim ve farkındalık çalışmaları yapılması gereklidir. Çalışanlar, görev ve sorumluluklarını net şekilde bilmeli, afet durumunda nasıl hareket edeceklerini öğrenmelidir. Bu amaçla, düzenli eğitim seminerleri, masa başı tatbikatlar ve senaryo temelli kriz simülasyonları gerçekleştirilmelidir. Ayrıca, bu faaliyetler sonucunda elde edilen geri bildirimlerle iş sürekliliği planları sürekli olarak güncellenmeli ve gelişen risk ortamına uyum sağlamalıdır (Herbane, 2010).

Sanayi tesislerinde iş sürekliliği yönetimi, afet risklerinin operasyonel etkilerine karşı direnç oluşturma için en sistematik yoldur. Kritik süreçlerin belirlenmesi, alternatif çözümlerin geliştirilmesi, güçlü iletişim sistemlerinin kurulması ve kurumsal eğitimlerin düzenlenmesi, iş sürekliliğinin temel yapı taşlarını oluşturur. Bu sürecin etkinliği ise ancak proaktif planlama, disiplinler arası iş birliği ve uluslararası standartlara uyumla sağlanabilir. Bu sayede sanayi işletmeleri, yalnızca krizlere müdahale etmekle kalmaz; aynı zamanda krizlerden öğrenerek daha dirençli bir yapıya dönüşebilir.

8. Eğitim ve Farkındalık Programları

Sanayi tesislerinin afetlere karşı dirençli hale gelmesi, yalnızca teknik altyapıların güçlendirilmesiyle değil, aynı zamanda çalışanların ve toplumun afetlere karşı bilinçli ve hazırlıklı olmasıyla mümkündür. Bu nedenle eğitim ve farkındalık programları, afet risk yönetiminin ayrılmaz bir bileşeni olarak değerlendirilmelidir. Bu tür programlar, personelin afet öncesinde, sırasında ve sonrasında nasıl davranması gerektiğine dair bilgi ve beceriler kazanmasını sağlarken, aynı zamanda kurumsal düzeyde afet kültürünün oluşturulmasına katkı sunar (Lennquist, 2014).

Afet bilinci eğitim programlarının temel amacı, çalışanlara olası afet türlerini tanıtmak ve bu afetlere karşı alabilecekleri kişisel ve kurumsal önlemleri öğretmektir. Sanayi tesislerinde görev alan personel, özellikle yangın, kimyasal sızıntı, deprem gibi afet türlerine karşı hazırlıklı olmalı; bu afetler sırasında doğru ve zamanında kararlar alabilecek şekilde eğitilmelidir. Temel afet bilinci eğitimi kapsamında tahliye prosedürleri, güvenli toplanma alanları, acil müdahale araçlarının kullanımı ve ilk yardım bilgileri verilmelidir. Bu eğitimlerin teorik bilgilerle sınırlı kalmaması, pratik uygulamalar ve simülasyonlarla desteklenmesi oldukça önemlidir.

İş yeri güvenliği ve afet planlamasına yönelik eğitimler ise çalışanların yalnızca bireysel değil, kurumsal düzeyde de sorumluluk almasını sağlar. Bu kapsamda, risk değerlendirme yöntemleri, kriz iletişimi protokolleri ve afet planı hazırlama süreçlerine yönelik detaylı eğitimler düzenlenmelidir. Özellikle afet ekiplerinde görev alacak kişilerin iş tanımları net olarak belirlenmeli ve her ekip üyesi, üstleneceği rol doğrultusunda özel olarak eğitilmelidir. Bu sayede kriz anında görev dağılımında yaşanabilecek karmaşaların önüne geçilerek müdahale etkinliği artırılır (Lindell & Perry, 2012).

Tatbikatlar ve simülasyonlar, eğitim programlarının etkinliğini ölçmek ve afet anına yönelik davranış biçimlerini geliştirmek açısından vazgeçilmezdir. Gerçeğe yakın koşullarda yapılan bu uygulamalar sayesinde hem bireysel refleksler hem de ekip koordinasyonu test edilebilir. Tatbikatlar sırasında ortaya çıkan eksiklikler analiz edilmeli, elde edilen geri bildirimler doğrultusunda acil durum planları ve eğitim içerikleri sürekli olarak güncellenmelidir. Böylelikle eğitim süreçleri dinamik bir yapıya kavuşturularak afetlere karşı sürdürülebilir hazırlık sağlanmış olur (Perry & Lindell, 2003).

Eğitim ve farkındalık yalnızca personel ile sınırlı kalmamalı, aynı zamanda sanayi tesislerinin bulunduğu yerel toplulukları da kapsamalıdır. Toplum temelli afet farkındalığı programları, yerel halkın da afetlere karşı bilinçlenmesini sağlar ve afet yönetimi sürecine aktif katılımlarını teşvik eder. Bu kapsamda düzenlenen seminerler, kamu spotları, broşürler,

sosyal medya kampanyaları ve yerel liderlerle yapılan eğitim çalışmaları, afet kültürünün yaygınlaştırılmasında etkilidir (Lennquist, 2014). Toplumun afetlere karşı hazırlıklı olması, yalnızca bireysel güvenliği değil; aynı zamanda endüstriyel tesislerin de güvenliğini do- laylı olarak artırmaktadır.

Eğitim ve farkındalık programlarının başarıya ulaşabilmesi için uygun materyallerin ve dijital kaynakların hazırlanması da büyük önem taşır. Etkileşimli e-öğrenme platformları, video içerikler, mobil uygulamalar ve oyun tabanlı öğrenme yöntemleri, farklı yaş ve eği- tim gruplarına hitap edecek esnek çözümler sunar. Ayrıca, acil durum rehberleri, tahliye planları ve iletişim listeleri gibi pratik dokümanlar, çalışanların her an ulaşabileceği şekilde erişilebilir olmalıdır (FEMA, 2013). Bu sayede bilgi yalnızca eğitim anında değil, sürekli olarak ulaşılabilir bir kaynak haline gelir.

Sanayi tesislerinde afetlere karşı dayanıklı bir yapı inşa edebilmenin yolu, güçlü bir afet eğitimi ve farkındalık kültürü oluşturmaktan geçer. Bu süreçte eğitim programlarının sü- rekliliği, tatbikatların düzenliliği, çalışanların görev tanımlarına uygun donanımı ve top- lumla kurulan bilinçlendirme köprüleri büyük önem arz etmektedir. Eğitim ve farkındalık, yalnızca bireysel güvenliği değil, aynı zamanda sanayi tesislerinin kurumsal sürdürülebi- lirliğini de garanti altına alır.

9. Sonuç ve Değerlendirme

Sanayi tesisleri, ekonomik kalkınmanın temel taşı olmakla birlikte aynı zamanda yüksek riskli alanlar olarak da karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada sanayi alanlarında karşılaşılan afet risklerinin doğası, değerlendirme süreçleri, alınabilecek önlemler ve yönetim strate- jileri sistematik bir şekilde incelenmiştir. Hem doğal hem de insan kaynaklı afetler, sanayi tesisleri için yalnızca fiziksel zararlarla sınırlı kalmayıp, aynı zamanda çevresel, ekonomik ve sosyal etkiler de yaratmaktadır. Bu nedenle, afet risklerinin doğru bir şekilde tanım- lanması ve yönetilmesi, yalnızca bir güvenlik önlemi değil, aynı zamanda sürdürülebilir sanayi politikalarının da temel bir parçası haline gelmiştir.

Sanayi tesisleri özelinde yürütülecek afet risk yönetimi çalışmaları, sadece mühendislik çö- zümleriyle sınırlı kalmamalı, aynı zamanda yönetsel kapasite, kurumlar arası iş birliği, bilgi teknolojileri ve toplum katılımı gibi çok boyutlu yaklaşımları içermelidir. Risk değerlendirme süreçlerinin, coğrafi özellikler, endüstriyel faaliyet türü, yapısal dayanıklılık ve teknolojik alt- yapılar dikkate alınarak özgün şekilde yapılandırılması kritik öneme sahiptir. Bu bağlamda, tehlike tanımlama, maruziyet ve duyarlılık analizleri ile bütüncül risk analizlerinin entegras- yonu, önceliklendirme ve strateji geliştirme süreçlerine doğrudan katkı sunmaktadır.

Yapısal ve yapısal olmayan önlemlerin yanı sıra, kurum içi kriz yönetim sistemlerinin geli- tirilmesi, acil durum planlarının oluşturulması ve çalışanların düzenli olarak eğitilmesi ge- rekmemektedir. İş sürekliliği planları ve kriz senaryolarına dayalı simülasyon çalışmaları, afet sonrası toparlanmayı hızlandırmakta ve tesislerin operasyonel kapasitesini korumaktadır. Ayrıca, teknoloji ve inovasyonun etkin kullanımı –örneğin yapay zekâ destekli erken uyarı sistemleri, coğrafi bilgi sistemleri ve bulut tabanlı yönetim platformları– afetlere hazırlık seviyesini artırmakta ve müdahale süreçlerini daha etkin hale getirmektedir.

Çalışma aynı zamanda sürdürülebilirlik ilkesini ön plana alarak, afetlerin çevresel etkile- rinin de göz önünde bulundurulması gerektiğini vurgulamaktadır. Ekosistemlerin zarar görmesini engelleyecek planlamalar, doğa temelli çözümler, yeşil altyapı uygulamaları ve afet sonrası çevresel restorasyon faaliyetleri, hem çevre sağlığı hem de toplumsal refah açısından büyük önem taşımaktadır.

Eğitim ve farkındalık programlarının, afetlere karşı dayanıklı toplumların inşasında mer- kezi bir rol oynadığı görülmektedir. Bu kapsamda, sadece sanayi çalışanlarının değil, tesislerin bulunduğu çevredeki yerel halkın da afetlere hazırlıklı olması sağlanmalıdır. Böylece afetlerin yalnızca kurumsal değil, toplumsal düzeyde de etkin bir şekilde yöne- tilmesi mümkün hale gelir.

Sonuç olarak, sanayi alanlarında afet risklerinin yönetimi yalnızca bir teknik mühendislik meselesi değil, aynı zamanda yönetim, stratejik planlama, teknoloji, çevre yönetimi ve insan kaynağı unsurlarını içeren kapsamlı bir süreçtir. Bu bütüncül yaklaşım benimsendi- ğinde, sanayi tesislerinin afetlere karşı dirençliliği artırılabilir, ekonomik ve çevresel kayıp- lar en aza indirilebilir ve uzun vadeli sürdürülebilir kalkınma hedeflerine katkı sağlanabilir.

Kaynaklar

- Alexander, D. (2005). Towards the development of a standard in emergency planning. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 14(2), 158–175.
- Ani, U. P. D., He, H. (Mary), & Tiwari, A. (2016). Review of cybersecurity issues in industrial critical infrastructure: Manufacturing in perspective. *Journal of Cyber Security Technology*, 1(1), 32–74.
- Bryson, J. M. (2018). *Strategic planning for public and nonprofit organizations: A guide to strengthening and sustaining organizational achievement* (5th ed.). Wiley.
- Cerullo, V., & Cerullo, M. J. (2004). Business continuity planning: A comprehensive approach. *Information Systems Management*, 21(3), 70–78. <https://doi.org/10.1201/1078/44432.21.3.20040601/82484.9>
- Chang, S. E., McDaniels, T. L., Mikawoz, J., & Peterson, K. (2007). Infrastructure failure interdependencies in extreme events: Power outage consequences in the 1998 Ice Storm. *Natural Hazards*, 41(2), 337–358.
- Chen, G., Huang, K., Zou, M., Yang, Y., & Dong, H. (2019). A methodology for quantitative vulnerability assessment of coupled multi-hazard in chemical industrial park. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 58, 30–41.
- Choi, Y. H., Yoo, D. G., Kwak, P. J., Kim, H. D., Park, J., Park, J., & Yoon, Y. (2024). Comprehensive vulnerability assessment for environmental facility depending on spatial characteristics in South Korea. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 47, 100715
- Cutter, S. L., Boruff, B. J., & Shirley, W. L. (2003). Social vulnerability to environmental hazards. *Social Science Quarterly*, 84(2), 242–261.
- Flage, R., Aven, T., Zio, E., & Baraldi, P. (2014). Concerns, challenges, and directions of development for the issue of representing uncertainty in risk assessment. *Risk Analysis*, 34(7), 1196–1207. <https://doi.org/10.1111/risa.12214>
- Gomez, C., & Baker, J. W. (2019). An optimization-based decision support framework for coupled pre- and post-earthquake infrastructure risk management. *Structural Safety*, 77, 1–9.
- Haddow, G., Bullock, J., & Coppola, D. P. (2017). *Introduction to emergency management* (6th ed.). Butterworth-Heinemann.
- Haimes, Y. Y. (2015). *Risk modeling, assessment, and management* (4th ed.). Wiley.
- Herbane, B. (2010). Small business research: Time for a crisis-based view. *International Small Business Journal*, 28(1), 43–64.
- Holling, C. S. (2001). Understanding the complexity of economic, environmental, and social systems. *Ecosystems*, 4(5), 390–403.
- Ivanov, D., & Dolgui, A. (2020). Viability of intertwined supply networks: Extending the supply chain resilience angles towards survivability. *International Journal of Production Research*, 58(10), 2904–2915.
- Jafari, M., Bakhadyrov, I., & Maher, A. (2003). Technological advances in evacuation planning and emergency management: Current state of the art (Report No. EVAC-RU4474). Rutgers University, Center for Advanced Infrastructure

- and Transportation. United States Department of Transportation, Research and Special Programs Administration; United States Federal Highway Administration.
- Kleindorfer, P. R., & Saad, G. H. (2005). Managing disruption risks in supply chains. *Production and Operations Management*, 14(1), 53–68.
- Krausmann, E., & Cruz, A. M. (2013). Impact of the 11 March 2011, Great East Japan earthquake and tsunami on the chemical industry. *Natural Hazards*, 67(2), 811–828. <https://doi.org/10.1007/s11069-013-0607-0>
- Lennquist, S. (2014). Response to major incidents and disasters: An important part of trauma management. In H. J. Oestern, O. Trentz, & S. Uranues (Eds.), *General trauma care and related aspects*. Springer.
- Lind-Kohvakka, S., Nenonen, S., & Kivistö-Rahnasto, J. (2008). Safety risk assessment in industrial maintenance. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 14(3)
- Lindell, M. K., & Perry, R. W. (2012). The protective action decision model: Theoretical modifications and additional evidence. *Risk Analysis: An International Journal*, 32(4), 616–632.
- Linkov, I., & Trump, B. D. (Eds.). (2019). *The science and practice of resilience*. Springer.
- Lounis, Z., & McAllister, T. (2016). Risk-based decision making for sustainable and resilient infrastructure systems. *Journal of Structural Engineering*, 142(10), F4016005
- Mızrak, K. C. (2024). Crisis management and risk mitigation: Strategies for effective response and resilience. In F. Mızrak (Ed.), *Trends, challenges, and practices in contemporary strategic management* (pp. 254–278). IGI Global Scientific Publishing.
- Panteli, M., & Mancarella, P. (2015). The grid: Stronger, bigger, smarter?: Presenting a conceptual framework of power system resilience. *IEEE Power and Energy Magazine*, 13(3), 58–66.
- Perry, R. W., & Lindell, M. K. (2003). Preparedness for emergency response: Guidelines for the emergency planning process. *Disasters*, 27(4), 336–350.
- Rinaldi, S. M., Peerenboom, J. P., & Kelly, T. K. (2001). Identifying, understanding, and analyzing critical infrastructure interdependencies. *IEEE Control Systems Magazine*, 21(6), 11–25.
- Rød, B., Lange, D., Theoharidou, M., & Pursiainen, C. (2020). From risk management to resilience management in critical infrastructure. *Journal of Management in Engineering*, 36(3), 04020030.
- Smith, D. (2006). Crisis management – practice in search of a paradigm. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 14(2), 75–87.
- Tierney, K. J., & Bruneau, M. (2007). Conceptualizing and measuring resilience: A key to disaster loss reduction. *TR News*, 250, 14–17.
- Waghwal, R. K., & Agnihotri, P. G. (2019). Flood risk assessment and resilience strategies for flood risk management: A case study of Surat City. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 40, 101155.
- Wang, F., Tian, J., Ling, J., Chen, Z., & Xu, Z. (2025). A multi-stage resilience analysis framework of critical infrastructure systems based on component importance measures. *Reliability Engineering & System Safety*, 256, 110720

10. GELECEK EĞİLİMLERİ VE STRATEJİK ÖNERİLER

Prof. Dr. Deniz Tunçalp

İTÜ İşletme Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. Bülent Güloğlu

İTÜ Ekonomi Bölümü

Türkiye'nin sanayi ve teknoloji alanlarında sürdürülebilir bir kalkınma ivmesi yakalaması, küresel eğilimlerin yakından takip edilmesine ve bu doğrultuda şekillendirilen bütüncül politika yaklaşımlarına bağlıdır. Günümüz dünyasında dijitalleşme, yapay zekâ, robotik sistemler, yeşil üretim anlayışı ve yenilikçi üretim teknikleri gibi gelişmeler, sanayi ve teknoloji alanlarında köklü bir paradigma değişimini beraberinde getirmektedir. Türkiye'nin bu dönüşüm süreçlerinden azami düzeyde fayda sağlaması, yalnızca teknolojik yatırımlar ile değil, aynı zamanda stratejik planlama, insan kaynağının niteliği ve güçlü bir yönetim çerçevesi ile mümkündür.

10.1. Küresel Sanayi ve Teknoloji Trendleri

Sanayi ve teknoloji, çağdaş ekonomilerin temel yapı taşlarını oluşturmaktadır. Sanayileşme, ülkelerin üretim kapasitesini artırarak ekonomik büyüme, istihdam yaratma ve refah düzeyinin yükseltilmesinde başat rol oynamaktadır. Buna paralel olarak teknolojik ilerlemeler, üretim süreçlerinin verimliliğini artırmakta, maliyetleri düşürmekte ve sürdürülebilir üretim modellerinin yaygınlaşmasına katkı sağlamaktadır.

Küresel düzeyde öne çıkan sanayi ve teknoloji trendleri aşağıda özetlenmiştir:

- **Dijitalleşme ve Endüstri 4.0:** Sanayi üretiminde dijital dönüşüm, büyük veri, yapay zekâ, nesnelerin interneti (IoT) ve siber-fiziksel sistemler gibi teknolojilerin entegrasyonu ile daha esnek, özelleştirilebilir ve verimli üretim modellerinin yaygınlaşmasını sağlamaktadır.
- **Yapay Zekâ ve Makine Öğrenmesi:** Yapay zekâ destekli sistemler; kalite kontrol, tahmine dayalı bakım ve üretim planlaması gibi alanlarda etkin çözümler sunmakta, insan temelli karar süreçlerini hızlandırarak üretkenliği artırmaktadır.
- **Robotik ve Otomasyon Teknolojileri:** Kolaboratif robotlar, otomatik lojistik sistemleri ve 3D yazıcılar gibi yenilikler, üretim süreçlerinde insan gücüne olan bağımlılığı azaltmakta, üretim hızını ve standardizasyonu artırmaktadır.
- **Yeşil Sanayi ve Sürdürülebilir Teknolojiler:** Karbon emisyonlarının azaltılması, döngüsel ekonomi uygulamaları, yenilenebilir enerji kullanımı ve karbon yakalama gibi teknolojiler, çevresel sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda sanayi yapılarını dönüştürmektedir.
- **Yenilikçi Üretim Teknikleri:** Nanoteknoloji, biyoteknoloji ve katmanlı üretim (3D baskı) gibi teknikler, üretimde esneklik, hız ve maliyet avantajı sağlayarak rekabetçiliği artırmaktadır.

Küresel düzeyde Almanya, Japonya, Güney Kore, Çin ve Amerika Birleşik Devletleri gibi ülkeler, bu dönüşümleri stratejik politikalarla destekleyerek sanayi ve teknoloji alanlarında öncü konumlarını pekiştirmektedir. Türkiye ise son yıllarda yerli elektrikli otomobil üretimi, teknoparkların yaygınlaştırılması, yapay zekâ stratejileri ve girişimcilik ekosisteminine yönelik destek programları ile bu trendlere uyum sağlama yönünde önemli adımlar atmaktadır. Ancak dönüşümün derinleştirilmesi ve yaygınlaştırılması gerekmektedir.

10.2. Türkiye İçin Stratejik Hedefler ve Yol Haritası

Türkiye'nin 2030 yılına yönelik sanayi ve teknoloji vizyonu, katma değeri yüksek üretim yapılarının yaygınlaştırılması, dijital dönüşümün hızlandırılması ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması gibi temel stratejik hedefler üzerine inşa edilmiştir. Bu hedefler çerçevesinde oluşturulan yol haritası; kamu-özel sektör iş birliklerinin güçlendirilmesi, eğitim reformlarının hayata geçirilmesi ve yenilikçi teknolojilere yönelik yatırımların artırılmasını içermektedir.

Stratejik hedeflerin başlıcaları aşağıda sıralanmıştır:

- **Yüksek Katma Değerli Üretimin Yaygınlaştırılması:** Savunma sanayi, elektronik, biyoteknoloji ve otomotiv gibi stratejik sektörlerde yerli üretim kapasitesinin geliştirilmesi, teknoloji transferi ve Ar-Ge yatırımlarının artırılması yoluyla sağlanmalıdır.
- **Dijital Dönüşümün Hızlandırılması:** Endüstri 4.0 uygulamalarının sanayinin tüm katmanlarına yaygınlaştırılması, yapay zekâ destekli üretim süreçlerinin yaygınlaştırılması ve veri altyapısının güçlendirilmesi öncelikli hedeflerdendir.
- **Sürdürülebilirlik ve Yeşil Dönüşüm:** 2053 net sıfır emisyon hedefi doğrultusunda; demir-çelik, çimento, kimya ve plastik sektörlerinde yeşil dönüşümün teşvik edilmesi, yenilenebilir enerji entegrasyonunun artırılması gerekmektedir.
- **Beşerî Sermayenin Geliştirilmesi:** Sanayi sektörlerinin gereksinim duyduğu dijital becerilerle donatılmış insan kaynağının yetiştirilmesi amacıyla mesleki ve teknik eğitim programlarının güncellenmesi, STEM odaklı eğitim politikalarının güçlendirilmesi ve yaşam boyu öğrenme fırsatlarının artırılması önem arz etmektedir.
- **Girişimcilik Ekosisteminin Güçlendirilmesi:** Teknoloji girişimciliğine yönelik finansal teşviklerin genişletilmesi, kamu destekli start-up programlarının yaygınlaştırılması ve teknopark altyapısının bölgesel düzeyde güçlendirilmesi hedeflenmektedir.

- **Altyapı ve Lojistik Sistemlerinin Modernizasyonu:** Organize sanayi bölgeleri, lojistik merkezler ve dijital altyapılar başta olmak üzere üretim ekosisteminin bütüncül biçimde modernizasyonu hedeflenmektedir.

Belirtilen hedeflerin gerçekleştirilmesi, sadece yatırım ve teknoloji politikalarıyla değil, aynı zamanda bütünsel kalkınma yaklaşımlarını içeren kurumsal, hukuki ve yönetsimsel reformlarla desteklenmelidir.

10.3. Politika Önerileri ve Uygulama Planları

Sanayi ve teknoloji alanlarında belirlenen stratejik hedeflere ulaşılabilmesi için çok boyutlu, bütüncül ve uygulanabilir politika çerçevelerinin oluşturulması gerekmektedir. Aşağıda, bu doğrultuda geliştirilen politika önerileri ve uygulama planları sunulmaktadır:

(1) Ar-Ge ve İnovasyonun Güçlendirilmesi

- Ar-Ge harcamalarının GSYİH içindeki payının %2,5-3 seviyelerine çıkarılması,
- Üniversite-sanayi iş birliklerinin artırılması,
- Teknoloji Transfer Ofisleri ve kuluçka merkezlerinin yaygınlaştırılması.

(2) Dijital Dönüşüm ve Endüstri 4.0

- Sanayi 4.0 destek fonlarının oluşturulması,
- Robotik, yapay zekâ ve büyük veri uygulamalarının üretime entegrasyonu,
- KOBİ'lere yönelik dijital dönüşüm destek programlarının genişletilmesi.

(3) Yeşil ve Sürdürülebilir Sanayi

- Karbon emisyonlarını azaltan teknolojilere özel teşvik sistemlerinin geliştirilmesi,
- Döngüsel ekonomi uygulamalarının yaygınlaştırılması,
- Yeşil OSB'lerin kurulması ve enerji verimliliği kriterlerinin zorunlu hale getirilmesi.

(4) Nitelikli İş Gücü ve Eğitim Reformu

- STM odaklı eğitim politikalarının yaygınlaştırılması,
- Meslek liseleri ve teknik üniversitelerin sanayi ile entegre çalışmasını sağlayan modellerin geliştirilmesi,

- Çalışanlara yönelik sürekli beceri geliştirme programlarının yaygınlaştırılması.

(5) Yerli Üretim ve Tedarik Zincirlerinin Güçlendirilmesi

- Stratejik sektörlerde yerlileştirme programlarının uygulanması,
- Yüksek teknolojiye dayalı üretimi teşvik edecek özel ekonomik bölgelerin kurulması,
- Küresel tedarik zincirlerinde Türkiye'nin rolünü artıracak lojistik yatırımların hızlandırılması.

(6) Girişimcilik ve Start-up Ekosisteminin Geliştirilmesi

- Start-up'lara yönelik vergi ve yatırım teşviklerinin artırılması,
- Teknoparkların ve inovasyon merkezlerinin bölgesel çeşitliliğinin artırılması,
- Uluslararası yatırımcıların girişimcilik ekosistemine dahil edilmesini sağlayacak diplomatik ve ekonomik teşviklerin geliştirilmesi.

(7) Küresel Pazarlarda Rekabetçilik ve Markalaşma

- Yerli sanayi ürünlerinin uluslararası pazarlarda markalaşmasının desteklenmesi,
- Katma değerli ihracat stratejilerinin geliştirilmesi,
- Uluslararası ticaret diplomasisi faaliyetlerinin artırılması.

(8) Bölgesel Sanayi Stratejileri ve Yatırımlar

- Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde sanayi altyapı yatırımlarının teşvik edilmesi,
- Lojistik ve ulaşım altyapısının iyileştirilmesi,
- Sektörel uzmanlaşma bölgeleri ve kümelenme stratejilerinin uygulanması.

(9) Sanayi İşgücünün Güçlendirilmesi ve Demografik Dönüşüm

- Mesleki eğitim merkezlerinde sanayi odaklı müfredatların geliştirilmesi,
- Kadın ve genç istihdamının artırılmasına yönelik özel programların oluşturulması,
- Geleceğin mesleklerine uygun beceri kazandıran eğitim içeriklerinin hayata geçirilmesi.

Türkiye'nin küresel sanayi ve teknoloji trendlerine uyum sağlayarak üretim sistemini yeniden yapılandırması, sadece ekonomik büyümeyi değil, aynı zamanda toplumsal refahı ve çevresel sürdürülebilirliği de destekleyecektir. Bu bağlamda, önerilen stratejik hedeflerin ve politika çerçevelerinin, güçlü bir yönetim modeli ve etkili uygulama planları ile desteklenmesi, Türkiye'yi sanayi ve teknoloji alanlarında daha rekabetçi ve dirençli bir konuma taşıyacaktır.

10.4. Stratejik Yol Haritası Özeti ve MUST Endeksi'nin Geliştirilmesi

Türkiye'nin sanayi ve teknoloji alanlarında 2030 ve 2053 vizyonlarına ulaşabilmesi, yalnızca stratejik planların varlığı ile değil, aynı zamanda bu planların etki ve ilerleme düzeylerinin sistematik biçimde izlenebilmesiyle mümkündür. Bu bağlamda, ülkenin sanayi ve teknoloji performansını bütüncül bir yaklaşımla değerlendirecek, sektörel ve bölgesel gelişmeleri düzenli olarak ölçebilecek bir endeks geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyaca cevap vermek amacıyla, MÜSİAD Sanayi ve Teknoloji Endeksi (MUST Endeksi)'nin geliştirilmesi önerilmektedir.

MUST Endeksi, Türkiye'nin sanayi ve teknoloji alanındaki yapısal dönüşümünü izleyebilmek amacıyla, çok boyutlu bir ölçüm aracı olarak tasarlanmalıdır. Endeksin geliştirilmesi sürecinde aşağıdaki tematik boyutlar, hem teorik çerçeve hem de uygulamaya dönük tasarım açısından temel girdileri oluşturmaktadır:

(1) Üretim ve Katma Değer Boyutu

Bu boyut, Türkiye'nin sanayi üretim kapasitesinin gelişimini ve yüksek katma değerli üretime geçiş sürecini yansıtmalıdır. Göstergeler şunları içermelidir:

- İmalat Sanayi Üretim Endeksi (Mevsim ve takvim etkilerinden arındırılmış)
- Yüksek teknolojlili ürünlerin toplam ihracat içindeki payı
- Sanayi sektöründe GSYH'ye katkı oranı

(2) Dijitalleşme ve Endüstri 4.0 Boyutu

Sanayide dijitalleşme düzeyinin ve Endüstri 4.0 uygulamalarının yaygınlığının ölçülmesi, teknolojik olgunluk seviyesinin değerlendirilmesi açısından önemlidir. Geliştirilecek göstergeler şunları kapsamalıdır:

- KOBİ'lerin dijital olgunluk düzeyi (anket tabanlı skorlar)
- Endüstri 4.0 uygulaması yapan işletme oranı
- Dijital altyapı erişim oranı (fiber ağ, bulut sistemleri, otomasyon yazılım penetrasyonu)

(3) Ar-Ge ve İnovasyon Boyutu

Ar-Ge kapasitesi ve yenilikçilik performansı, uzun vadeli rekabet gücü ile doğrudan ilişkilidir. Bu boyutun geliştirilmesinde aşağıdaki göstergeler temel alınmalıdır:

- Ar-Ge harcamalarının GSYH içindeki payı (%)
- Kişi başı patent başvuru sayısı
- Teknoloji Geliştirme Bölgeleri'nin çıktı göstergeleri (ticarileşen proje sayısı, ihracat değeri)

(4) Sürdürülebilirlik ve Yeşil Sanayi Boyutu

Çevresel sürdürülebilirlik odaklı sanayi politikalarının başarısını ölçmek amacıyla şu göstergelerin endekse entegrasyonu önerilmektedir:

- Sanayi kaynaklı karbon emisyon yoğunluğu (ton/GSYH)
- Sanayide yenilenebilir enerji kullanım oranı (%)
- Döngüsel ekonomi uygulamaları yaygınlık endeksi (yeniden kullanım, geri dönüşüm oranları)

(5) İnsan Kaynağı ve Yetenek Gelişimi Boyutu

Nitelikli iş gücünün gelişimi, sanayi ve teknoloji politikalarının başarısında kritik rol oynamaktadır. Bu boyut için geliştirilecek ölçütler şunlardır:

- STEM alanlarında mezun oranı
- Dijital beceri sahibi iş gücü oranı
- Yaşam boyu öğrenme kapsamında alınan mesleki eğitim saatleri (kişi başı/yıl)

MUST Endeksi, yukarıda sıralanan beş temel boyutta geliştirilecek göstergeler aracılığıyla, Türkiye'nin sanayi ve teknoloji dönüşümünü kapsamlı bir şekilde izlemeyi mümkün kılacaktır. Bu endeksin:

- Yıllık veya altı aylık periyotlarla yayınlanması,
- Bölgesel karşılaştırmalara olanak tanınması,
- Sektörel derinleşmeye uygun esneklikte olması,
- Kamu ve özel sektör politikaları için erken uyarı mekanizması işlevi görmesi beklenmektedir.

Böyle bir endeksin geliştirilmesi, yalnızca performans ölçümü açısından değil, aynı zamanda stratejik önceliklerin yeniden değerlendirilmesi ve politika revizyonlarının kanıta dayalı şekilde yapılabilmesi açısından da kritik olacaktır.

Sonuç olarak, MUST Endeksi'nin hayata geçirilmesi, Türkiye'nin sanayi ve teknoloji alanındaki dönüşümünü veri temelli izleyen ve yönlendiren bir referans noktası oluşturacaktır. MÜSİAD öncülüğünde geliştirilecek bu endeks, hem ulusal kalkınma planlarına entegre edilebilir hem de özel sektör yatırımlarının yönünü belirleyecek stratejik bir bilgi altyapısı olarak işlev görebilir.

11. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Prof. Dr. Hasan Mandal

İstanbul Teknik Üniversitesi Rektörü

Dr. Abdullah Eriş

MÜSİAD Sanayi Politikaları ve Yatırım Komisyonu Başkanı

11.1. Genel Değerlendirme

Bu rapor, Türkiye'nin sanayi ve teknoloji alanlarındaki mevcut durumunu çok boyutlu bir çerçevede analiz etmiş ve küresel eğilimlerle uyumlu bir stratejik yön haritası önermiştir. Türkiye, güçlü bir sanayi altyapısına ve gelişen bir teknoloji ekosistemine sahip olmakla birlikte, bu altyapıyı küresel rekabet gücü ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda dönüştürmek zorundadır.

Sanayi sektörleri genel olarak üretim, ihracat ve istihdam açısından önemli bir potansiyel taşımaktadır. Ancak dijitalleşme düzeyinin sınırlı kalması, Ar-Ge harcamalarının düşük olması, sürdürülebilirlik kriterlerine yeterince entegre olunamaması ve beşerî sermayenin dijital dönüşüme uyumunda yaşanan zorluklar, bu potansiyelin yeterince değerlendirilememesine neden olmaktadır. Bu durum, dönüşüm ihtiyacının stratejik ve yapısal bir perspektifle ele alınmasını zorunlu kılmaktadır.

Teknolojik kapasitenin artırılması, yenilikçi üretim süreçlerinin yaygınlaştırılması, yeşil dönüşümün gerçekleştirilmesi ve dijital becerilerle donatılmış iş gücünün yetiştirilmesi; Türkiye'nin sanayi ve teknoloji alanlarında küresel ölçekte rekabetçi bir konuma ulaşmasının temel koşullarıdır. Raporda önerilen stratejik hedefler, politika çerçeveleri ve yol haritası, bu doğrultuda yol gösterici bir referans sunmaktadır.

Buna ek olarak, T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından yayımlanan 2030 Sanayi ve Teknoloji Stratejisi, bu raporun analiz çerçevesiyle doğrudan örtüşmekte ve önerilerimizin kurumsal temellendirmesini güçlendirmektedir. Strateji belgesi, sadece sektörel gelişim hedeflerini değil, aynı zamanda bilim ve teknoloji politikalarının sanayiye nasıl entegre edilmesi gerektiğini de ortaya koymaktadır. Bu rapor, söz konusu stratejinin sahaya uygulanabilirliğini tartışan ve izleme-değerlendirme ekseninde somut öneriler sunan bir tamamlayıcı belge olarak okunmalıdır.

11.2. Türkiye'nin 2030 Sanayi ve Teknoloji Stratejisi

Türkiye Cumhuriyeti Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından yayımlanan 2030 Sanayi ve Teknoloji Stratejisi, Millî Teknoloji Hamlesi vizyonu doğrultusunda hazırlanmış, Türkiye'nin sanayi ve teknoloji alanlarında bağımsızlığını sağlamayı ve yüksek teknolojili üretim ile ihracatta lider ülkeler arasına girmesini hedefleyen kapsamlı bir yol haritasıdır. Belge; beş temel amaç, yirmi makro hedef, yüz strateji ile bunlara eşlik eden öncelikli program ve projelerden oluşmaktadır. Bu stratejik çerçeve, küresel düzeyde yaşanan ekonomik ve teknolojik dönüşümlere uyum sağlamayı ve Türkiye'nin kendi bölgesinde ve dünyada etkin bir aktör hâline gelmesini amaçlamaktadır.

Stratejinin ilk amacı, yüksek teknolojide ve kritik alanlarda yerli üretim kapasitesini artırmak ve dışa bağımlılığı ortadan kaldırmaktır. Bu kapsamda savunma, yapay zekâ, çip teknolojileri, biyoteknoloji, mobilite, uzay ekonomisi gibi alanlara öncelik verilmiştir. Stratejide, yüksek teknolojili ürün ihracatının üç kat artışla 30 milyar dolara, orta-yüksek teknolojili ürün ihracatının ise 180 milyar dolara çıkarılması hedeflenmektedir. Bu hedeflere ulaşmak için "HIT-30 Yüksek Teknoloji Yatırım Programı" ve "Ulusal Çip Konsorsiyumu" gibi odaklanmış programlar geliştirilmiştir. Savunma sanayiinde elde edilen başarıların sivil sektöre yayılması, yapay zekâ süperbilgisayar altyapılarının kurulması, elektrikli ve otonom araçlara yönelik yerli çözümlerin teşvik edilmesi, biyoteknolojik ilaç ve tarım teknolojilerinde yerleşmenin sağlanması öncelikli adımlar arasında yer almaktadır.

İkinci amaç, dijital ekonomiye geçişi gerçekleştirmektir. Bu hedef, Türkiye'nin dijital altyapısını güçlendirmeyi, yerli dijital çözümleri geliştirmeyi ve dijital dönüşüm süreçlerinde yüksek verimlilik sağlamayı amaçlamaktadır. Belge, 2030 yılına kadar sanayide kurulu robot sayısının sekiz kat artırılarak 200 bine çıkarılmasını hedeflemekte; yerli sosyal medya, arama motoru, mesajlaşma uygulamaları ve navigasyon sistemleri geliştirilmesini öngörmektedir. Blokzincir, merkeziyetsiz finans (DeFi), bulut bilişim ve Nesnelerin İnterneti (IoT) gibi alanlarda yeni yatırımlar ve regülasyonlar planlanmaktadır. Dijital dönüşümün yalnızca teknolojik değil, aynı zamanda kültürel ve beşerî sermaye boyutları da ele alınmakta; dijital beceri eğitimleri, yaşam boyu öğrenme olanakları ve dijital olgunluk değerlendirmeleri ile iş gücü bu dönüşüme uyumlu hâle getirilmektedir.

Stratejinin üçüncü ayağı olan yeşil dönüşüm, sanayinin sürdürülebilirliğini artırmayı ve karbon ayak izini azaltmayı hedeflemektedir. Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Sınırdan Karbon Düzenleme Mekanizmasına uyum çerçevesinde, sanayi tesislerinde enerji verimliliği, geri dönüşüm uygulamaları ve yeşil teknolojiler desteklenmektedir. Güneş ve rüzgâr enerjisi, yeşil hidrojen, nükleer enerji yatırımları ile enerji bağımsızlığı sağlanmaya çalışılmaktadır. Su verimliliği, atık yönetimi ve çevre bilinci artırılmakta; yeşil iş gücü piyasası oluşturularak dönüşümün toplumsal temele oturtulması hedeflenmektedir.

Dördüncü amaç, küresel entegrasyonu derinleştirmektir. Türkiye'nin küresel değer zincirlerinde daha dirençli ve etkin bir pozisyon alması, yeni ticaret koridorlarının oluşturulması ve ihracatın stratejik şekilde artırılması hedeflenmektedir. Terminal İstanbul, Ceyhan Petrokimya Endüstri Bölgesi, El-Faw ve Zengezur koridorları gibi projeler bu entegrasyonun altyapısını oluştururken, Türk Devletleri ve İslam Ülkeleri ile bilimsel iş birliklerini güçlendirecek yapılar da kurulacaktır. Ayrıca, dijital gümrük ve blokzincir tabanlı lojistik platformları, ihracat süreçlerini hızlandırmak için devreye alınacaktır.

Son olarak, stratejinin beşinci amacı olan yapısal dönüşüm, İmalat sanayiinin verimlilik, kapasite ve ölçek sorunlarını çözmek; kriz ve şoklara karşı dayanıklılığı artırmayı hedeflemektedir. Mega Endüstriyel Parklar, modüler sanayi tesisleri, üretim ve istihdam koridorları gibi uygulamalarla sanayi bölgeleri güçlendirilecek; Ulusal Sanayi Alanları Master Planı ile üretim güvenli alanlara kaydırılacaktır. Kadın ve genç girişimciler için özel destekler, Sanayi ve Teknoloji Kolejlere ile mesleki eğitim seferberliği öngörülmektedir. Finansal altyapının dönüştürülmesi, sanayiye özel bankacılık modelleri ve fintek çözümleri ile desteklenecektir.

Stratejinin hazırlanma süreci de bu vizyonun kapsayıcılığına paralel olarak geniş katımlı ve veri temelli bir yaklaşımla yürütülmüştür. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı öncülüğünde yürütülen hazırlık çalışmalarına kamu, akademi, özel sektör ve sivil toplum kuruluşları dâhil edilmiş; 2.908 firmanın katılım sağladığı çevrimiçi anketle öncelikler belirlenmiştir. Bu strateji belgesi, yalnızca bir kalkınma planı değil, aynı zamanda Türkiye'nin bilimsel, teknolojik ve ekonomik bağımsızlığına giden yolda kolektif bir seferberlik çağrısı niteliğindedir.

11.3. MÜSİAD Sanayi ve Teknoloji Endeksi Önerisi

Türkiye'nin sanayi ve teknoloji alanlarındaki ilerlemesini sistematik ve ölçülebilir biçimde izlemek, stratejik karar alma süreçlerini veri temelli biçimde yönlendirmek amacıyla MÜSİAD Sanayi ve Teknoloji Endeksi (MUST Endeksi)'nin geliştirilmesi önerilmektedir. MUST Endeksi, yılda iki kez yayınlanarak güncel verilerle sürekli olarak güncellenmeli ve politika yapıcılar, yatırımcılar, akademisyenler ve özel sektör temsilcileri için yol gösterici bir referans haline getirilmelidir. MÜSİAD'ın sektörel temsili gücü ve veri toplama kabiliyeti, bu endeksin sahada uygulanabilirliğini ve etkisini artıracaktır.

11.4. Sonuç

Türkiye'nin sanayi ve teknoloji alanındaki dönüşüm süreci, yalnızca teknik ve ekonomik bir mesele değil; aynı zamanda stratejik, çevresel ve toplumsal bir sorumluluktur. Bu raporun sunduğu analizler, politika önerileri ve stratejik yol haritası, Türkiye'nin 21. yüzyıl sanayi toplumuna dönüşüm yolculuğuna katkı sunmayı amaçlamaktadır.

Bu bağlamda, 2030 Sanayi ve Teknoloji Stratejisi çerçevesinde tanımlanan hedeflere ulaşılabilmesi için bu politikaların etkin biçimde uygulanması, izlenmesi ve değerlendirilmesi de kritik önemdedir. Strateji belgesinde açıkça ifade edildiği üzere, bu süreçler Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Stratejik Araştırmalar ve Verimlilik Genel Müdürlüğü (SAVGM) koordinasyonunda yürütülecek ve izleme-değerlendirme raporları yılda iki kez hazırlanacaktır.

Bu resmi ve merkezi izleme mekanizmasına destekleyici nitelikte, özel sektör tabanlı ve sivil bir girişim olarak önerdiğimiz MÜSİAD Sanayi ve Teknoloji Endeksi (MUST Endeksi) ise, paydaş katılımını esas alan ve sahadaki gelişmeleri yakından izleyen bir alternatif gözlem platformu sunmayı hedeflemektedir. MUST Endeksi, sahadaki reflekslerin, aktör deneyimlerinin ve sektörel verilerin özel sektör perspektifinden toplanıp analiz edilmesi yoluyla kamu politikalarına destek sunmak üzere önerilmektedir.

Dolayısıyla MUST Endeksi hem iş dünyasının dönüşüm kapasitesini yansıtan bir gösterge sistemi olacak, hem de Türkiye'nin sanayi ve teknoloji politikalarının sahadaki yansımalarını saptayarak kamusal bilgi ekosistemine katkı sağlama potansiyeline sahip olacaktır.

Türkiye'nin kalkınma yolculuğu, yalnızca doğal kaynaklara veya coğrafi avantajlara değil; insan kaynağının eğitim seviyesine, yaratıcılığına, sanayinin üretim gücüne ve teknolojinin dönüştürücü potansiyeline dayanacaktır. Sanayi ve teknoloji, bugün sadece ekonomik büyümenin değil; toplumsal refahın, çevresel sürdürülebilirliğin ve uluslararası rekabet gücünün de anahtarıdır. Türkiye, bilimsel kapasitesini stratejik vizyonla birleştirerek, yüksek teknolojiye dayalı üretimi öncelediği ve tüm toplum kesimlerini bu dönüşümün paydaşı haline getirerek, yalnızca gelişen bir ekonomiyi değil, aynı zamanda adil, dirençli ve yenilikçi bir kalkınma modelini de inşa etmektedir. Böyle bir model, Türkiye'yi 21. yüzyılın küresel sanayi ve teknoloji liginde güçlü, üstün başarılı ve sürdürülebilir bir konuma taşıyacaktır.

MÜSİAD

MÜSİAD MÜSTAKİL SANAYİCİ VE İŞADAMLARI DERNEĞİ

Ataköy 7-8-9-10 Mah. E5 Yanyol Cad. No.4 Çobançeşme, Bakırköy / İSTANBUL

T: 0212 395 00 00 - 444 0 893 F: 0212 395 00 01