

2023



TÜBİTAK

YEŞİL BÜYÜME TEKNOLOJİ YOL HARİTASI

Genel Bilgiler ve Metodoloji

DEMİR ÇELİK
SEKTÖRÜ

ALÜMİNYUM
SEKTÖRÜ

ÇİMENTO
SEKTÖRÜ

KİMYASALLAR
SEKTÖRÜ

PLASTİK
SEKTÖRÜ

GÜBRE SEKTÖRÜ

Versiyon: 12.05.2023

Görüşlerinizi ve sorularınızı politikalar@tubitak.gov.tr adresine e-postayla iletebilirsiniz.

İçindekiler

Giriş	3
Yeşil Büyüme Konusunda Ulusal ve Uluslararası Gelişmeler	7
Teknoloji Yol Haritası Hazırlık Süreci.....	26
Ürün Yaşam Döngüsü Yaklaşımı.....	45
Enerji Arzının Dekarbonizasyonuna Yönelik Kritik Teknolojik Hususlar	53
Kaynaklar	60

Giriş

Dünya Ekonomik Forumunun 2022¹ yılı Küresel Risk Raporunda da yer verildiği üzere önümüzdeki 10 yılda en yüksek etkiye sahip ve en yüksek olasılıklı olduğu değerlendirilen risklerin çoğunluğu iklim değişikliği ile mücadele ve uyum, karbon nötr ekonomiye geçiş yatırımlarının yetersizliği, insan kaynaklı çevreye verilen zararlar, biyoçeşitliliğin kaybı, aşırı iklim olayları, doğal kaynak krizleri gibi çevresel risklerdir. Dünyamızın ortalama sıcaklığı şu anda, sanayi öncesi döneme göre 1.15 derece santigrad daha fazladır² ve ortalama sıcaklık artmaya devam etmektedir. Ülkemizin de tarafı olduğu Paris Anlaşmasıyla tüm ülkeler bu sıcaklık artışının 1,5 derece santigradın altında kalması için çaba göstermektedir³.

Ülkeler, iklim değişikliğinin olası endişe verici yansımalarını önlenmek ve yeni yeşil dünya düzenine uyum sağlamak için bütüncül politikalar belirlemektedir. Küresel düzeyde, iklim değişikliği ile ilgili olarak sera gazı azaltım hedefini gerçekleştirmek üzere Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) ve Kyoto Protokolü ile somut adımlar atılmıştır. 1994 yılında yürürlüğe giren BMİDÇS ile aralarında Türkiye'nin de bulunduğu 197 ülke atmosferdeki sera gazı yoğunluğunu "Atmosfere salınan sera gazlarının miktarını sınırlamak ve iklim sistemindeki olumsuz etkileri önlemek" amacıyla iklim değişikliğiyle mücadele konusunda genel bir yükümlülük altına girmiştir. Söz konusu sözleşmedeki hedeflere uygun olarak 1997'de Kyoto Protokolü imzalanmış ve 2005'te yürürlüğe girmiştir. Sözleşmeye taraf olan ülkeler, ilk olarak 2008-2012 yılları arasında sözleşmede belirlenen sera gazının emisyonlarını 1990 yılını temel alarak ortalama %5 dolayında azaltmayı taahhüt etmişlerdir. 2015 yılında BMİDÇS 21. Taraflar Konferansı'nda kabul edilen Paris Anlaşması ile iklim değişikliğiyle mücadelede azaltım ve uyum odağında küresel ısınmanın 1,5 derecede tutulması için 2030 yılına kadar ülkelerin sera gazı salımını, özellikle karbondioksit emisyonlarını yüzde 50 azaltması, 2050 yılına kadar ise sıfırlanması hedeflenmektedir.

Birleşmiş Milletler bünyesinde yapılan çalışmaların yanı sıra, 2050 yılında dünyanın ilk karbon nötr kıtası olmayı hedefleyen Avrupa Birliği, 2019 yılından bu yana çeşitli politika belgeleri, stratejiler ve eylem planlarıyla "Avrupa Yeşil Mutabakatı"ni ortaya koymuştur.

Ülkelerin yeşil dönüşüm stratejileri, çevreci politikaların ötesinde sürdürülebilir kalkınma, döngüsel ekonomi ve dijital dönüşümü de barındırmaktadır. Avrupa Birliği Yeşil Mutabakat ile 2030 yılına kadar karbon salınımını yüzde 50 oranda azaltmayı ve 2050 yılına kadar dünyanın ilk iklim-nötr

¹ "2022 Küresel Riskler Raporu", Dünya Ekonomik Forumu, 2022, (https://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2022.pdf)

² Dünya Meteoroloji Teşkilatı, Kasım 2022 (<https://public.wmo.int/en/media/press-release/eight-warmest-years-record-witness-upterage-climate-change-impacts>)

³ Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, Paris Anlaşması 2. bölüm, madde 1a, 2015 (https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf)

kıtası olmayı hedeflemektedir. ABD’de Yeni Yeşil Mutabakat planı ile 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarını net sifıra indirmeyi ve ülkedeki elektrik talebinin tamamını temiz ve yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılamayı hedeflemektedir. AB Yeşil Mutabakatı iklim değişikliğiyle mücadele dokümanı olmasının ötesinde yeşil ekonomik büyüme ve dönüşüme odaklanmaktadır. Sadece enerji sektöründe değil tüm sektörlerde yeşil teknolojiler ile enerji tasarrufundan, üretim sürecinin aşamalarının azaltılmasından, ileri malzemeler, atık yönetimi, akıllı tarım, biyo-malzeme ve biyo-yakıtlar, sürdürülebilir ulaşım kadar çok daha kapsamlı bir dönüşüm süreci başlamıştır. Yeşil dönüşüm, enerji başta olmak üzere ulaşım, inşaat, lojistik gibi pek çok sektörde yepyeni bir düzen ortaya çıkarmaktadır. Bu yeni düzen sayesinde, sanayi, yeşil teknolojilere dayalı iyileşen üretim süreçleri ve yenilenebilir enerji kaynaklarıyla tasarruf sağlayarak maliyetlerini düşürebilecek ve böylelikle verimliliklerini artıracaktır. Çin ise Yeşil Enerji Devrimi ile 2060 yılında karbon nötr bir ülke olma taahhüdünü verdi. Güney Kore 2050 Karbon Nötr Stratejisi ile 2030’a kadar ulusal çapta karbon emisyonlarında %24,4 azalma sağlanması ve yenilenebilir enerjilerin 2050 yılına kadar hakim güç kaynakları haline getirilmesini hedeflemektedir. Japonya, “Net-Sıfır Yol Haritası: İnovasyon ve Yatırıma Odaklanma” Stratejisi ile 2030 yılına kadar emisyonlarını yüzde 46 oranında azaltılmayı ve 2050 yılına kadar sıfır karbon hedefine ulaşmayı amaçlamaktadır. İngiltere Net Sıfır Stratejisi: Daha Yeşil Şekilde Yeniden İnşa Et Stratejisi ile 2035 yılına kadar tüm elektriğin “arızın güvenilirliğine bağlı olarak” temiz enerji kaynaklarından sağlanması hedeflenmektedir.

Ülkemiz 2053 Net Sıfır Emisyon Hedefini 27 Eylül 2021 tarihinde açıklamıştır. Paris Anlaşmasına taraf olunması ve yeşil kalkınma devrimi olarak tanımlanan net sıfır emisyon hedefinin açıklanması ile Türkiye yeşil dönüşüm ve büyüme yolunda önemli bir adım atmıştır.

Ülkemizin 2053 sıfır emisyon hedefi doğrultusunda öncelikli Ar-Ge ve Yenilik konularında iklim değişikliği ve çevre sorunlarına karşı mücadeleyi desteklemek amacıyla çalışmalar yoğun olarak yürütülmektedir. Bu doğrultuda, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından Şubat 2022’de düzenlenen İklim Şurası kapsamında oluşturulan ve koordinasyonu TÜBİTAK tarafından yapılan Bilim ve Teknoloji Komisyonunda, ülkemizin 2053 net sıfır emisyonu hedefi ve yeşil kalkınma politikası doğrultusunda, “İklim Değişikliği, Çevre ve Biyoçeşitlilik”, “Temiz ve Döngüsel Ekonomi”, “Temiz Erişilebilir ve Güvenli Enerji Arzı”, “Yeşil ve Sürdürülebilir Tarım”, “Sürdürülebilir Akıllı Ulaşım” olmak üzere 5 ana temada çığır açıcı Ar-Ge ve yenilik temelli çözümler üretmek için çalışmalar yürütülmüştür. İklim değişikliğine uyum ve mücadeleye yönelik olarak net sıfır hedefi doğrultusunda geleceğin teknolojilerinin öngörülerek, bu teknolojilerde ülkemizin Ar-Ge ve yenilik kapasitesini geliştirmesine imkan verilmesini ve bu sayede ülkemizin iklim değişikliği krizini orta/uzun vadede fırsata çevirmesi hedeflenmiştir. Disiplinlerüstü bütüncül bir yaklaşımla, üniversite, özel sektör, STK ve kamu 97 uzmanın katılımı ile 40’dan fazla çevrimiçi toplantı yapılmıştır. İklim değişikliğine uyum ve mücadeleye yönelik olarak net sıfır hedefi doğrultusunda geleceğin teknolojilerinin öngörülerek, bu teknolojilerde ülkemizin Ar-Ge ve yenilik kapasitesini geliştirmesine imkan verilmesi ve bu sayede

Ülkemizin iklim değişikliği krizini orta/uzun vadede fırsata çevirmesi hedeflenmiş ve Bilim ve Teknoloji Komisyonu çalışmaları sonucunda 34 Politika ve 262 Eylem belirlenmiştir. Belirlenen politikalar genel anlamda iklim değişikliğiyle mücadele ve uyuma yönelik, sektörel anlamda gerek enerji verimliliğinin sağlanması gerekse üretim süreçlerinde yeşil teknolojilerin kullanımıyla verimlilik artışına etki edecek çığır açıcı teknolojileri içermektedir.

Öte yandan, Ticaret Bakanlığı koordinasyonundaki Avrupa Yeşil Mutabakatı Eylem Planı kapsamında, ülkemizin yeşil kalkınma hedeflerine ilişkin sanayi kuruluşlarımızın teknolojik ihtiyaçlarının belirlenmesi amacıyla Mart 2022'de; 13 Kamu Kurumu ve 27 özel sektör şemsiye temsilcilerinin katılımıyla "Teknolojik Dönüşüm/Gelişim İhtisas Çalışma Grubu" kurulmuştur. Grup çalışmaları kapsamında ekonomimiz için kritik olan, lokomotif sektörlerle üretim zincirlerinin ilk aşamalarında temel girdiler sağlayan ve karbon emisyonu açısından ön plana çıkan Demir-Çelik, Alüminyum, Çimento, Kimyasallar, Plastik ve Gübre sektörlerinde "Yeşil Büyüme Teknoloji Yol Haritası" hazırlanmıştır.

Pilot sektörlerdeki teknolojik ihtiyaçlar; hammaddeden üretim proseslerine, enerji girdilerinden atık yönetimine ve kullanım sonrası geri kazanım aşamalarına kadar ürün yaşam döngüsü yaklaşımıyla belirlenmiştir. Sanayi kuruluşlarımızın teknolojik ihtiyaçlarını belirleme çalışması, sektörü temsil kabiliyeti olan şemsiye STK'lar tarafından yönetilmiştir. 371 özel sektör temsilcisiyle kurulan Sektörel Odak Gruplarda; Demir Çelik Sektörü Türkiye Çelik Üreticileri Derneği (TÇÜD), Alüminyum Sektörü Girişimci Alüminyum Sanayicileri ve İşadamları Derneği (GALSİAD), Kimya Sektörü Türkiye Kimya Sanayicileri Derneği (TKSD), Plastik Sektörü Türkiye Plastik Sanayicileri Araştırma, Geliştirme ve Eğitim Vakfı (PAGEV), Çimento Sektörü Sektörel Odak Grubu Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği (TÜRKÇİMENTO) ve Gübre Sektörü Gübre İmalatçıları, İthalatçıları ve İhracatçıları Birliği (GÜİD) tarafından bir araya getirilmiştir.

Sanayi kuruluşlarımız tarafından belirlenen teknolojik ihtiyaçlar; İklim Şurası Bilim ve Teknoloji Komisyonu çıktıları, her sektördeki "Mevcut En İyi Teknikler – Best Available Techniques (BAT)" referans dokümanlarından girdiler ve küresel teknolojik eğilimlerle zenginleştirilmiştir. Alanında yetkin yaklaşık 100 akademisyen ve araştırmacıyla birlikte 3 ay süren 60'ın üzerinde toplantıyla, özel sektörün yeşil dönüşümü için belirlenen ihtiyaçlara teknolojik çözümler oluşturulmuştur.

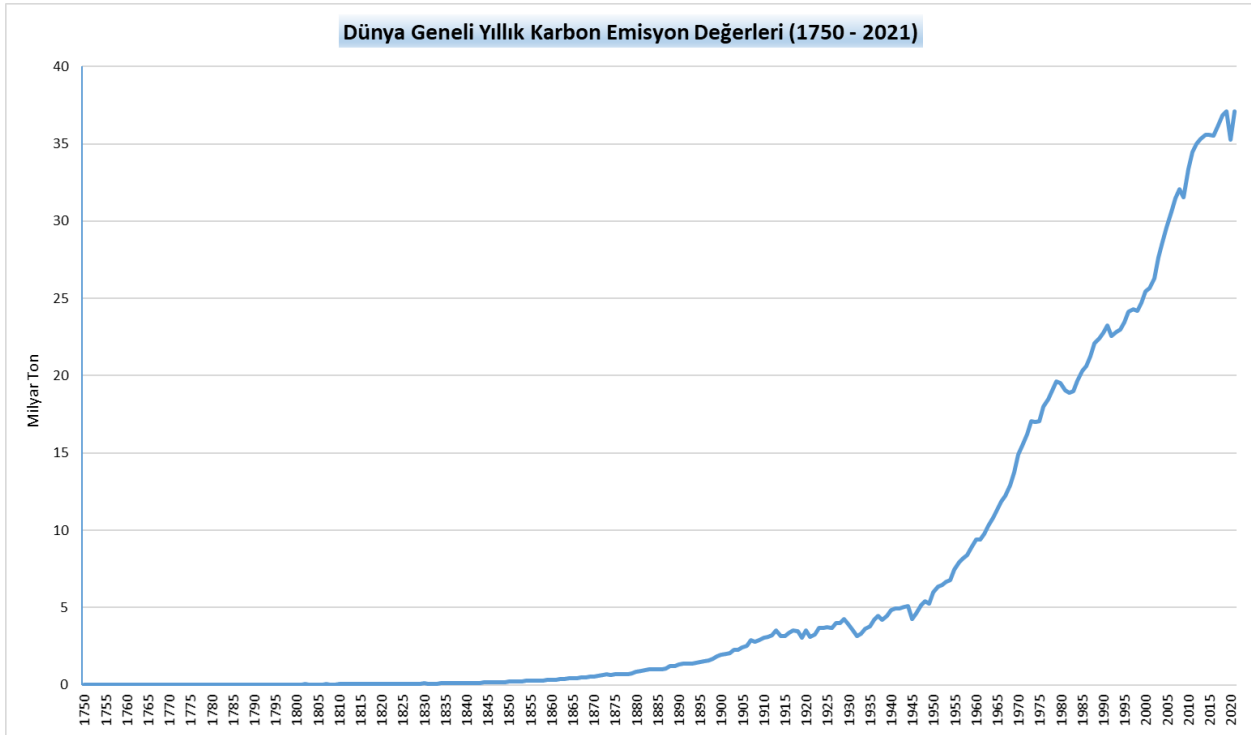
Ülkemizin 2053 net sıfır emisyonu hedefi ve yeşil kalkınma politikası doğrultusunda çığır açıcı Ar-Ge ve yenilik temelli çözümler; ekosistemdeki tüm paydaşlarla birlikte Demir-Çelik, Alüminyum, Çimento, Kimyasallar, Plastik ve Gübre sektörlerinde 2026, 2030 ve 2035 yıllarına ilişkin hedefler olarak belirlenmiştir. Tüm teknolojik hedefler; teknik açıklamalar, dünyadaki ve Türkiye'deki mevcut teknolojik hazırlık seviyeleri, ulusal ve uluslararası başarılı örnekler, teknolojinin kullanımı ve yaygınlaştırılmasına yönelik altyapılar, insan kaynakları, teşvikler gibi destekleyici unsurlarıyla birlikte detaylandırılmıştır.

Yeşil Büyüme Teknoloji Yol Haritası neticesinde sanayide yeşil üretimi artırmak için ihtiyaç duyulan teknolojileri belirlenmiş olup teknoloji sağlayıcı şirketlerdeki veya üniversiteler/araştırma enstitülerindeki mevcut teknolojik birikimin uygulamaya geçirilmesi; teknolojik gelişim açısından erken aşamada olan ihtiyaçlara ilişkin teknolojilerin geliştirilmesi ve Ar-Ge ve yenilik destekleri detaylandırılmış olup ülkemizdeki özel sektör kuruluşlarının yeşil büyümeye uyum sağlamalarına imkân tanıyacak teknolojik ihtiyaçlarına yerli çözümler üretecek Ar-Ge ve yenilik konularına odaklanması ve bu alanlarda desteklerin verilmesi sağlanacaktır.

Yeşil Büyüme Konusunda Ulusal ve Uluslararası Gelişmeler

Dünyanın sınırlı kaynakları, insanlığın sınırsız ihtiyaçları doğrultusunda günümüze kadar kullanılmıştır. Sonsuz ihtiyaçları karşılamak üzere gerçekleştirilen üretim faaliyetleri dünyadaki yaşamın geleceğini tehlikeye atmıştır. Gezegenin bir yılda ürettiği doğal kaynakları insanın tükettiği gün olarak adlandırılan “Dünya Limit Aşım Günü” 2021 yılı içerisinde 29 Temmuz olarak gerçekleşmiştir. Diğer bir ifade ile doğanın bir yıl için verdiği kaynaklar insanlık tarafından yedi ay gibi kısa bir süre içerisinde tüketilmiştir (Dünya Doğayı Koruma Vakfı, WWF, 2022).

Dünya nüfus artışı ve daha fazla tüketim anlayışının bir sonucu olarak tezahür eden “daha fazla üretimin” temelinde sanayi devriminden bu yana tüm dünyada hakim olan fosil yakıtlara dayalı doğrusal ekonomi bulunmaktadır. Küresel ekonominin etrafında şekillendiği bu modele bağlı olarak ortaya çıkan karbon emisyonları yerkürenin ısınmasına, iklim krizinin ve akabinde aşırı hava olaylarının (kuraklık, sel, orman yangınları, aşırı sıcak ve soğuk hava dalgaları vb.) yaşanmasına, biyoçeşitlilik kaybına, gezegendeki tüm bitki ve hayvan türlerinin yaklaşık %25'nin yok olma tehlikesi ile karşı karşıya kalmasına sebep olmuştur (OECD, 2020).



Kaynak: (Our World in Data, 2022)

Yukarıda dünya geneli yıllık karbon emisyonlarının değerini gösteren grafik incelendiğinde, Sanayi Devrimi öncesinde karbon emisyon değerlerinin oldukça düşük seviyede seyrettiği ve 20. yüzyılın ikinci yarısına kadar karbon salınım düzeyindeki artışların sınırlı kaldığı görülmektedir.

Karbon salınım düzeyinin 1950'lerden itibaren hızlıca arttığı ve günümüzde her yıl yaklaşık 35 milyar tonun üzerinde karbonun atmosfere salındığı tespit edilmiştir. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) 6. Değerlendirme Raporuna göre; insan kaynaklı karbon emisyonlarının neden olduğu iklim değişikliği, doğaya, insan sağlığına ve gıda üretimine zarar vermek ve ekonomik büyümeyi yavaşlatmak da dahil olmak üzere dünyayı katlanılamaz ve geri döndürülemez risklere maruz bırakmaktadır. İlgili rapor; iklim değişikliğinin insan refahı ve gezegenin sağlığı için bir tehdit oluşturduğunu, uyum ve azaltım konularında gecikme yaşanması halinde herkes için yaşanabilir ve sürdürülebilir bir geleceği güvence altına alma fırsatının kaçırılacağını belirtmektedir. Küresel sıcaklık artışının 1,5 °C ile sınırlandırılmasının iklim değişikliğinden kaynaklanacak potansiyel kayıp ve zararları azaltacağı ancak tamamen ortadan kaldırmayacağı, emisyonların mevcut planlar dahilinde azaltılmasının gıda üretimi, su kaynakları, insan sağlığı, kıyı yerleşimleri, ulusal ekonomileri ve doğayı tehdit altında bırakmaya devam edeceği IPCC tarafından vurgulanmaktadır. Mevcut karbon emisyon politikaları ve taahhütlerinin dünyanın 2 °C'den daha fazla ısınmasına sebep olacağı öngörülmektedir. "Son 50 yıl boyunca gözlenen küresel ısınmanın büyük oranda insan aktivitelerinden kaynaklandığına dair yeni ve güçlü kanıtlar bulunduğu" ifade edilmektedir (IPCC, 2022).

İklim değişikliğinden kaynaklı yukarıda özetlenen risklerin bertaraf edilmesi için uluslararası alanda çeşitli hukuki düzenlemeler, sözleşmeler yapılmış ve işbirlikleri geliştirilmiştir. Küresel ısınma ve iklim değişikliği 1990'lı yıllardan itibaren küresel bir gündem maddesi olarak ön plana çıkmaktadır. Ancak küresel ısınma ve iklim değişikliği hususuna ilişkin uluslararası alanda hukuki düzenleme ve işbirliği yapılmasına kapı açan ve bu yönde kilometre taşı olan gelişme Viyana Sözleşmesi ile Montreal Protokolü'nün hayata geçirilmesidir. "Ozon Tabakasının Korunmasına Dair Viyana Sözleşmesi" 1985 yılında, "Ozon Tabakasını İncelten Maddelere Dair Montreal Protokolü" ise 1987 yılında kabul edilmiştir. Bilimsel veriler ışığında ozon tabakasına zarar verdiği tespit edilmiş olan maddelerin azaltımına yönelik 196 ülke tarafından taahhüt verilmesini ve bu taahhütlerin hayata geçirilmesini sağlayan Montreal Protokolü, uluslararası alanda en başarılı çok taraflı anlaşmalardan biri olarak kabul edilmektedir. Montreal Protokolü'nün etkin olarak hayata geçirilmesini teminen Çok Taraflı Fon (MLF) kurulmuştur. Montreal Protokolü listesine 2016 yılında Kigali'de gerçekleştirilen 28. Taraflar Toplantısı'nda hidroflorokarbonlar eklenmiştir. Bu gelişme ile birlikte Protokole taraf olan ülkelerin hidroflorokarbonları %80-%85 oranında azaltılmasına yönelik azaltım takvimleri oluşturulmuştur. Kigali Değişikliğiyle 2100 yılı itibariyle sıcaklık artışında 0,5 °C'lik bir düşüş olacağı öngörülmektedir. Türkiye Montreal Protokolü'ne 1991 yılında taraf olmuş ve Protokole getirilen tüm değişiklikleri kabul etmiştir. Viyana Sözleşmesi ve akabinde düzenlenen Montreal Protokolü Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin oluşturulmasında bir dönüm noktası olmuştur (Dışişleri Bakanlığı, 2022).

BM Çevre Programı (UNEP) ile Dünya Meteoroloji Örgütü'nün (WMO) 1988'de ortaklaşa ihdas ettiği Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) ortaya koyduğu insan kaynaklı faaliyetlerin

neden olduğu küresel ısınmanın iklim üzerindeki etkilerine karşı, 1992 yılında Rio de Janeiro'da düzenlenen Birleşmiş Milletler (BM) Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda imzaya açılan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS), uluslararası alanda atılan ilk ve en önemli adımdır. Aralarında Türkiye'nin ve Avrupa Birliği ülkelerinin de bulunduğu 196 ülke tarafından imzalanan ve onaylanan BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi 1994 tarihinde yürürlüğe girmiştir. BMİDÇS, kalkınma önceliklerini ve özel koşullarını göz önünde bulundurarak "ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ve göreceli kabiliyetler" ilkesi çerçevesinde taraf ülkeleri karbon emisyonlarını azaltmaya ve buna yönelik araştırma ve teknoloji üzerinde işbirliği yapmaya, sera gazı yutaklarını (ormanlar, okyanuslar, göller vb.) korumaya ve geliştirmeye teşvik etmektedir. Bu bağlamda, BMİDÇS, yükledikleri sorumluluklara bağlı olarak ülkeleri üç gruba ayırmıştır: Ek-I ülkeleri, Ek-II ülkeleri ve Ek Dışı Ülkeler. Aralarında Türkiye'nin de bulunduğu 42 ülke ve AB ülkelerinden oluşan Ek-I ülkeleri karbon emisyonlarını sınırlandırmak, yutak alanlarını koruyup geliştirmek ve bu faaliyetlere yönelik politikalarını, gelişmelerini ve verilerini raporlayarak iletmekle yükümlüdür. 23 ülke ile AB ülkelerinden oluşan Ek-II ülkeleri ise birinci grupta üstlendikleri sorumluluklara ilaveten sera gazı emisyonunun azaltılmasını sağlayan teknolojilerin gelişmekte olan taraf ülkelere aktarılması ve bu teknolojilere erişimin teşvik edilmesi, kolaylaştırılması ve finanse edilmesi hususlarında her türlü tedbiri almakla yükümlendirilmişlerdir. Ek Dışı Ülkelerin ise sözleşme bağlamında herhangi bir sorumluluğu bulunmamakta olup bu ülkeler sera gazı emisyonlarının azaltılması ve yutakların korunmasına yönelik her türlü işbirliği yapmaya teşvik edilmiştir. Bu son grupta 154 ülke yer almaktadır. Türkiye'nin geçiş ekonomisi olmadığı Taraflar Konferansı kararlarıyla kabul edilmiş olup BMİDÇS müzakereleri kapsamında müstesna bir konuma sahip olduğu belirtilmiştir. 2001 yılında Marakeş'te düzenlenen 7. Taraflar Konferansında (COP 7) alınan karar ile Türkiye BMİDÇS Ek-II listesinden çıkarılmıştır. 2010 yılında Cancun'da düzenlenen 16. Taraflar Konferansında (COP 16) alınan karar ile Türkiye'nin Ek-I ülkeleri arasında özgün bir konuma sahip olduğu belirtilmiş olup finansman, kapasite geliştirme ve teknoloji transferi imkanlarından yararlanmaya elverişli olduğu işaret edilmiştir. 2012 yılında Doha'da düzenlenen COP 18'de Türkiye'ye iklim değişikliği kapsamında finansman, teknolojik, teknik ve kapasite geliştirmeye yönelik destek sağlanması çağrısı yapılmıştır. 2014 yılında Lima'da düzenlenen COP 20'nin karar metninde 2020 yılına kadar özel koşulları tanınmış olan taraflara sera gazı emisyonlarını azaltması ve iklim değişikliğine uyumlu kalkınma planlarını geliştirmesi amacıyla Küresel Çevre Fonu (GEF) dahil olmak üzere çok taraflı kurumlar, uluslararası kuruluşlar tarafından finans, teknoloji, teknik ve kapasite geliştirme desteği sağlanması gerektiği ifade edilmiştir (Dışişleri Bakanlığı, 2022).

BMİDÇS, iklim değişikliğiyle mücadelede uluslararası alanda atılan ilk somut ve büyük adımdır, bu kapsamda kendisinden sonra gerçekleşen gelişmelere temel teşkil etmiştir. 1990'lı yıllarda iklim değişikliğinden kaynaklı olumsuz gelişmelerin artmasıyla birlikte sera gazı emisyonlarının azaltılması ve Çerçeve Sözleşme'nin niteliğinin güçlendirilmesini teminen gelişmiş ülkelere azaltım

yükümlülükleri getiren Kyoto Protokolü 1997 yılında imzalanmış ve 2005 yılında yürürlüğe girmiştir. Kyoto Protokolüne halen 191 ülke ve Avrupa Birliği taraftır ve Türkiye 2009 yılında Protokol'e taraf olmuştur. BMİDÇS'de yer alan Ek-I ülkeleri, Kyoto Protokolünde Ek-B listesinde yer almaktadır. Ek-B Listesinde yer alan ülkelerin sera gazı emisyonlarının toplamının, 2008-2012 yılları arasındaki birinci taahhüt döneminde, 1990 yılındaki seviyenin % 5 altına düşürülmesi Kyoto Protokolü tarafından hedef olarak belirlenmiştir. Bu genel hedefe ulaşmak için anılan ülkeler, müzakereler sonucunda farklı oranlarda sera gazı emisyon azaltımı/sınırlandırması yükümlülükleri üstlenmişlerdir. Birinci taahhüt döneminin sonunda taraf ülkeler Protokolün 2020 yılına kadar uzatılması hususunda mutabık kalarak Kyoto Protokolünün ikinci taahhüt dönemini 2013-2020 olarak tespit etmişlerdir. İkinci taahhüt döneminde Ek-B listesinde yer alan ülkelerin emisyonlarını ilk taahhüt döneminden farklı olarak 2020 yılında 1990 yılına göre en az %18 azaltması 2012 yılında Doha'da düzenlenen 18. Taraflar Konferansı'nda kararlaştırılmıştır. Doha Değişikliğinin yürürlüğe girebilmesi için 144 ülke tarafından bu değişikliğin kabul edilmesi gerekmektedir ancak bu sayıya ulaşamadığı için ikinci taahhüt dönemi yürürlüğe girmemiştir. Amerika Birleşik Devletleri, Japonya, Rusya gibi ülkeler ikinci taahhüt döneminde yer almamıştır. Kyoto Protokolünde Ek-B listesi dışındaki ülkeler karbon emisyonlarının azaltılmasına yönelik herhangi bir azaltım taahhütü altına girmemiştir. Türkiye Protokolü kabul etmekle birlikte Ek-B liste dışı ülkeler arasında yer aldığından ilgili dönemde herhangi bir sayısal taahhüt altına girmemiştir (Dışişleri Bakanlığı, 2022). Kyoto Protokolü sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik aşağıda yer alan önerilerde bulunmuştur:

- Alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek
- Çimento ve çelik gibi yüksek enerji gereksinimi duyan fabrikalarda, gelişmiş atık sistemlerine yer vermek
- Termik santrallerde gelişmiş karbon filtreleme sistemleri kullanmak

Başta BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi olmak üzere yukarıda ayrıntıları ile açıklanan iklim değişikliğiyle mücadele kapsamında gerçekleşen diğer gelişmeler "sürdürülebilir bir gezegen" için çevre odaklı ulusal ve uluslararası girişimleri ortaya çıkarmış, politika yapıcıları harekete geçmeye zorlamıştır. İnsan kaynaklı iklim değişikliğinin olumsuz sonuçlarının küresel olması, bu mücadelede başarı sağlanması için ulusal çabaların yanında uluslararası işbirliği ve dayanışmanın olmasını zorunlu kılmıştır. Bu bağlamda, Avrupa Birliği 2008 yılında 96/61/AB "IPPC Direktifi'nin güncellenmiş hali olarak 2008/1/AB Direktifini kabul etmiş ve Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Yaklaşımını (EKÖK) benimsemiştir. Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Direktifi emisyonların kaynağında azaltımını, mevcut en iyi tekniklerin uygulanmasını, maliyet ve çevre kazancı gözetilerek değerlendirmeyi, enerji ve kaynak verimliliğini esas alan faaliyet öncesi bir çevresel değerlendirme mekanizması kurulmasını içermektedir. Çevrenin bir bütün olarak üst seviyede korunmasını sağlamak amacıyla, atıkları da içeren tedbirler dahil olmak üzere, yüksek kirlenici potansiyeline sahip sanayi ve

tarım faaliyetlerinden kaynaklanan emisyonların önlenmesi için, bunun mümkün olmadığı durumlarda da, havadaki, sudaki ve topraktaki emisyonların azaltımı için tasarlanmış tedbirleri ortaya koymakta; enerji, sanayi, metallerin üretimi ve işlenmesi, madencilik sektörü, kimya sanayii, atık yönetimi, canlı hayvan yetiştiriciliği, vb. alanlarda çevresel izin alınmasını EKÖK Direktifi zorunlu kılmaktadır (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2022). Bu kapsamda Direktif, işletmelere aşağıdaki yükümlülükleri getirmekte, üye ülkelerin yetkili makamlarının izin şartlarını belirlerken aşağıda belirtilen genel ilkeleri göz önünde bulundurmasını sağlamaktadır:

- Özellikle mevcut en iyi tekniklerin kullanılması yoluyla, kirliliğe karşı uygun bütün önleyici tedbirleri almak
- Hiç bir önemli kirliliğe neden olmamak
- Atıkların üretilmesi, geri kazanılması veya bunun teknik ve ekonomik olarak mümkün olmadığı yerlerde, çevre üzerindeki etkilerini önleyici veya azaltıcı bir şekilde depolamak
- Enerjeyi verimli şekilde kullanmak
- Kazaları önlemek ve sonuçlarını sınırlandırmak üzere gerekli tedbirleri almak
- Faaliyetin kesin olarak durdurulması halinde, herhangi bir kirlilik riskini önlemek ve faaliyet alanını kabul edilebilir uygun bir hale getirmek için gerekli tedbirler almak.

Endüstriyel Emisyonlarla ilgili bir diğer mevzuat 2009 yılında yürürlüğe giren Yenilenebilir Enerji Direktifidir. Yenilenebilir Enerji Direkti ile her ülkenin kendi ulusal hedefini belirlemesiyle, nihai tüketimde yenilenebilir enerjinin payını %20'ye çıkarması hedeflenmektedir. Bu Direktife göre ayrıca, ulaşımda kullanılan yakıtların da %10'unun yenilenebilir kaynaklardan sağlanması hedefleniyor. Bu direktif kapsamında, AB'nin yenilenebilir enerjide dünya çapında liderlik yapacak konuma gelmesi, bu kaynakların nihai enerji tüketimi içindeki payının 2030 yılına kadar %27'e yükselmesi üye ülkelerden istenmiştir (European Union, 2016). Bu direktif, AB'nin yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili yapmış düzenlemelerin hukuki zeminini oluşturmaktadır. Türkiye'nin bu hususta gerçekleştirdiği düzenlemelerin bu direktife uyumlu bir şekilde geliştirmesi, hem ekonomik hem de AB ile yapılan üyelik müzakerelerinin hızlandırılması açısından önemlidir.

Entegre Kirlilik ve Kontrol Direktifi (/2008/1/AB) 2010 yılında Endüstriyel Emisyonlar Direktifi (EED-2010/75/AB) ile güncellenmiştir. Endüstriyel Emisyonlar Direktifi (EED) 1970li yıllardan itibaren çevre ve iklim değişikliği kapsamında çıkarılan 7 direktifi (Titanyum Dioksit Direktifleri (3 adet), Solvent Direktifi, Atık Yakma Direktifi, Büyük Yakma Tesisleri Direktifi ve Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Direktifi) yeniden düzenleyen ve birleştiren yasal araçtır. Bu direktif ile endüstriyel faaliyetlerden kaynaklı kirliliğin entegre biçimde önlenmesinin ve denetlenmesinin kuralları ortaya koyulmakta; havaya, suya ve toprağa emisyon salımlarının önlenmesi, bu gerçekleştirilemiyorsa azaltılması ve atık üretiminin engellenmesi kuralları belirlenmekte, bu yolla çevrenin bir bütün olarak yüksek düzeyde korunması amaçlanmaktadır. EED ile üye devletlere hiçbir tesisin veya yakma tesisinin, atık

yakma tesisinin veya atık birlikte yakma tesisinin ruhsatsız faaliyet göstermesine izin vermeme yükümlülüğü getirilmekte ve üye devletlerin bu tesislere ruhsat verebilmesi için ilgili işletmenin EED şartlarını karşılaması gerekliliği ortaya koyulmaktadır. Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol (EKÖK) direktifinde işletmelere getirilen yükümlülükler, EED ile korunmuş ve geliştirilmiştir. EED entegre yaklaşım, kirliliğin kaynağında azaltılması, mevcut en iyi tekniklerin uygulanması, çevre kalite standartlarına göre değerlendirme yapılması, enerji ve kaynak verimliliği, faaliyet öncesi değerlendirme gibi esasları benimsemiştir (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2022).

Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Yaklaşımı ile Endüstriyel Emisyonlar Direktifi iklim değişikliği ve çevre konularında Avrupa Birliği Müktesebatında yer alan güncel hukuki düzenlemeler olmakla birlikte Avrupa Birliği'nin çevreye ilişkin politikaları 1970'li yıllara dayanmaktadır. AB Çevre müktesebatı 500'den fazla yasal düzenlemeyi içermekte olup yatay konuların yanında hava kalitesi, su kalitesi, atık yönetimi, doğa koruma, endüstriyel kirliliğin kontrolü, kimyasallar, gürültü ile iklim değişikliği alanındaki düzenlemeleri kapsamaktadır (Veral & Yiğitbaşıoğlu, 2018). 1987 yılında yürürlüğe giren Avrupa Tek Senedi ile AB'nin kurucu anlaşmaları revize edilmiş ve çevre konusu ayrı bir başlık olarak düzenlenmiştir. Avrupa Ekonomik Topluluğu Anlaşması'nın 3. Bölümü 130. Maddesine "Çevre" başlığı eklenerek çevrenin korunması, doğal kaynakların verimli kullanılması ve topluluk tarafından bu yönde eylem adımları atılması gerektiği düzenleme altına alındı. Mevcut Avrupa Birliği'nin kurucu antlaşması olan 1992 Maastricht Anlaşması ile çevreye saygılı sürdürülebilir bir kalkınma temel amaç olarak belirlenmiştir. Çevreyi korumak üzere uluslararası alanda çevre koruma önlemlerin geliştirilmesi ve bu çevre politikalarının finansmanına yönelik fon kurulması hususunda mutabakat sağlanmıştır. 1999 ve 2000 yılında Amsterdam ve Nice Anlaşmaları ile çevre kalitesinin korunması ve iyileştirilmesi, sürdürülebilir kalkınmanın desteklenmesi topluluğun temel amaçlarından biri olarak kabul edilmiştir. Avrupa Birliği akabinde Lizbon Stratejisini yürürlüğe koymuştur. Bu stratejide insan odaklı, Ar-Ge ve teknolojik gelişmeye dayalı sürdürülebilir kalkınma hedefi benimsenmiş olup bu hedefe ulaşılmasını temin etmek üzere yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması, ulaşım hizmetlerinde çevreye zarar vermeyecek çözümlerin geliştirilmesi, çevre ve gürültü kirliliği ile mücadele edilmesi, atık geri dönüşümünün sağlanması, doğal kaynakların verimli kullanılması, sera gazı salınımlarının 2005 yılına kadar hissedilir derecede azaltılması, 2010 yılına kadar biyolojik çeşitlilik kaybının durdurulması gibi hedefler konmuştur. Ancak 2005 yılında yapılan değerlendirme sonucu bu hedeflere ulaşamadığı tespit edilerek Lizbon Stratejilerini daha ileriye taşıması hedeflenen 2020 Stratejik Plan benimsenmiştir. AB 2020 Stratejisi "Çevre" politikalarını sürdürülebilir büyüme kapsamında düzenleyerek doğal kaynakların verimli kullanılmasını, biyoçeşitliliğin korunmasını ve düşük sera gazı emisyonunu hedeflemektedir. AB 2020 Stratejik Plan'da çevrenin korunması ve iklim değişikliğiyle mücadele kapsamında koyulan somut hedefler ise 1990 yılına kıyasla sera gazı emisyonlarının %20 - %30 aralığında azaltılması, toplam enerji

tüketiminin %20'sinin yenilenebilir kaynaklarından karşılanması ve enerji verimliliğinin %20 oranında artırılması olarak belirlenmiştir (Yaman & Gül, 2018).

Avrupa Birliğinin çevre politikası, kirliliği ortadan kaldırmayı-azaltmayı-önlemeyi, doğal kaynakların ekolojik dengeye zarar vermeyecek biçimde kullanılmasını temin ederek sürdürülebilir kalkınmayı sağlamayı, çevresel zararların kaynağında önlenmesini, çevre koruma hususunun diğer sektörel politikalarla entegrasyonunu güvence altına almayı hedeflemektedir. AB Çevre Politikası ve AB Çevre Müktesebatı “kirleten öder”, “bütünleyicilik”, “yüksek seviyede koruma”, “kaynakta önleme”, “önleyicilik” ve “ihtiyat” ilkelerine dayanmaktadır (Avrupa Birliği Başkanlığı, 2022). Bu ilkeler kapsamında AB Çevre Politikasının hukuki dayanağı oluşturulmuş ve öngörülen politikalar Avrupa Çevre Eylem Programları ile hayata geçirilmek istenmiştir. İlki 1973'te kabul edilen 8 Avrupa Çevre Eylem Programı hazırlanmış olup bu programlar ile Avrupa Çevre Politikasının hayata geçirilmesi amaçlanmıştır. AB Çevre Eylem Programlarının her ne kadar hukuksal bağlayıcılığı bulunmasa da çevre politikasının oluşmasında ve bu politikaların hayata geçirilmesinde önemli katkı sağlamış ve ortaya niyet beyanı koymuştur. 1973 – 1992 yılları arasında açıklanan dört Çevre Eylem Programı çevreye ilişkin koyulan hedeflere ulaşmada yeteri kadar başarılı olamamış ve AB'nin genelinde çevreye verilen zarar istenilen seviyede azaltılamamıştır. 2013-2020 yıllarını kapsayan AB 7. Çevre Eylem Programı “Çevre 2020: Geleceğimiz, Tercihimiz” adıyla tanıtılmış olup iklim değişikliği, doğal ve biyolojik çeşitlilik, çevre ve sağlık, doğal kaynaklar ve atıklar öncelikli tema alanları olarak belirlenmiştir. AB 7. Çevre Eylem Programında iklim değişikliği kapsamında 2013-2020 yılları arasında sera gazı salınımının %8 oranında azaltılması; doğal ve biyolojik çeşitlilik kapsamında farklı canlı türlerinin korunması ve endüstriyel kazaların önlenmesi; çevre ve sağlık kapsamında hava-su-gürültü kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki etkilerinin önlenmesi; doğal kaynaklar ve atıklar kapsamında kaynakların doğru kullanılması ve atık geri dönüşümünün sağlanması hedefleri konulmuştur. 2021-2030 yıllarını kapsayan güncel program olan AB 8. Çevre Eylem Programı aşağıdaki hedefleri koymuştur (Avrupa Birliği Başkanlığı, 2022):

- 2030 sera gazı emisyon azaltım hedefinin karşılanması ve 2050 yılına kadar iklim-nötr düzene geçişin gerçekleştirilmesi
- İklim değişikliğine yönelik adaptasyon kapasitesi ve direnç gücünün artırılması ile kırılganlığın azaltılması
- Yenileyici büyüme modeline geçişin sağlanması, ekonomik büyümenin kaynak kullanımı ve çevresel bozulmadan ayrıştırılması, dögüsel ekonomiye geçişin hızlandırılması
- Hava, su ve toprakta sıfır kirlilik hedefinin gerçekleştirilmesi ile vatandaşların sağlık ve refahının korunması
- Doğal sermayenin güçlendirilmesi, biyolojik çeşitliliğin korunması, muhafaza edilmesi ve güçlendirilmesi

- Üretim ve tüketim faaliyetlerinin çevre ve iklim üzerindeki baskısının azaltılması (özellikle enerji, endüstri, altyapı ve inşaat ile ulaşım ve gıda sektöründe)

AB Çevre Politikası yatay mevzuatla desteklenmiştir. AB Çevre müktesebatı, hava kalitesi, su kalitesi, atık yönetimi, doğa koruma, endüstriyel kirliliğin kontrolü, kimyasallar, gürültü ve iklim değişikliği alanındaki düzenlemelerin yanı sıra, belirli bir alt sektörle sınırlı olmayan genel çevre yönetimi sorunlarına ilişkin 'yatay' konuları kapsamaktadır. AB Entegre Çevre Uyum Stratejisi (UÇES) (2016-2023) AB çevre müktesebatına uyumun sağlanması ve mevzuatın etkin bir şekilde uygulanması amacıyla ihtiyaç duyulacak teknik ve kurumsal altyapı, gerçekleştirilmesi zorunlu çevresel iyileştirmeler ve düzenlemelerin neler olacağına ilişkin detaylı bilgileri içermektedir (Avrupa Birliği Başkanlığı, 2022).

Yatay mevzuat, Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED), Stratejik Çevresel Değerlendirme (SÇD), çevresel zararın önlenmesi ve giderilmesi ile ilgili çevresel sorumluluk ve çevresel bilgiye erişim gibi konuları içermektedir. Bu alandaki başlıca düzenlemelerden 2011/92/AB sayılı ÇED Direktifi, çevre ile bağlantılı resmi veya özel projelerin insan, bitki, hayvan, toprak, hava, iklim, maddi varlıklar ve kültürel miras üzerindeki olası doğrudan ve dolaylı etkilerinin belirlenmesini ve değerlendirmesini gerektirmektedir. 2001/42/AT sayılı SÇD Direktifi ise, plan ve programların çevre üzerindeki olası önemli etkilerinin değerlendirilmesi ve mümkün olan en az düzeye indirilmesi veya ortadan kaldırılması konularının ele alındığı bir süreci belirlemektedir. 2003/4/AT sayılı Çevresel Bilgiye Erişim Direktifi, çevresel bilgiye erişim hakkı ile ilgili şartları ortaya koyarken, çevresel bilginin erişilebilir olması ve halka duyurulması ile ilgili konuları düzenlemektedir (Avrupa Birliği Başkanlığı, 2022). Çevresel Sorumluluk Direktifi çevresel zararların önlenmesi ve giderilmesine ilişkin düzenlemeler getirmektedir. Bu Direktif ile kirleten teşhis edilebilir olmalı; zarar somut ve ölçülebilir olmalı; zarar ve teşhis edilmiş kirleten arasında nedensellik bağı olmalı biçiminde belirlenen ilkelerin yanı sıra "kirleten öder ilkesi" kabul edilmiştir. Direktifin amacı; çevresel zararın önlenmesi; zarar oluştu ise bu zararın giderilmesi; faaliyetleri sonucu çevresel zarara sebep olan işletenlerin bu zararın iyileştirilmesinden mali olarak sorumlu tutulmasıdır (Türker & Aydın, 2022).

Hava kalitesi başlığı altında, 2008/50/AT sayılı Hava Kalitesi Çerçeve Direktifi ile uçucu organik bileşiklere (VOC) ilişkin emisyonlar ile ilgili düzenlemeler yer almaktadır. Hava Kalitesi Çerçeve Direktifi, tüm kirleticiler için ortak metotlar vasıtası ile hava kalitesinin değerlendirilmesine, izleme gereklilikleri ve metotlarına, temiz hava plan ve programlarına ilişkin kurallar getirmektedir (Avrupa Birliği Başkanlığı, 2022).

Su kalitesi konusundaki mevzuatın temelini, 2000/60/AT sayılı Su Çerçeve Direktifi ile bağlı direktifler oluşturmaktadır. Su Çerçeve Direktifi, entegre havza yönetimi ve halkın karar alma süreçlerine katılımı esasına dayalı olarak, Avrupa Birliğindeki tüm su kütleleri çenin kalite ve miktar açısından korunmasını ve iyileştirilmesini öngörmektedir (Avrupa Birliği Başkanlığı, 2022).

Hava kirliliği konusunda 21 Mayıs 2008 Tarihli 2008/50/EC Dış Ortam Hava Kalitesi ve Avrupa İçin Daha Temiz Hava Direktifi ile 2008/50/AT sayılı Hava Kalitesi Çerçeve Direktifi ile ozon tabakasını incelten maddelerin azaltılması, uçucu organik bileşiklere (VOC) ilişkin emisyonlar ve yakıt kalitesi ile ilgili düzenlemeler yer almaktadır. AB Komisyonu tarafından yayımlanan 2008/EC/50 Dış Ortam Hava Kalitesi Direktifi'nde insan sağlığı açısından yaşamsal tehlike yaratan hava kirleticilerin solunan havada 1 m³'te bulunabilecek en yüksek miktarları belirlenmektedir. Bu limit değerler AB üyesi ülkeler için bağlayıcı; ulusal mevzuatlarda bu değerlerden daha sıkı limitler getirilebilir ancak hava kirleticilerine verilen izin bu değerleri aşamayacağı belirtilmektedir. Gürültü kirliliği konusunda ise çevresel gürültünün değerlendirilmesi ve yönetimine ilişkin 2002/49/AT sayılı Çevresel Gürültü Direktifi bulunmaktadır. Direktif kapsamında yerleşik nüfusu 250.000'den fazla olan yerleşim alanları, yılda 6 milyondan fazla aracın geçtiği ana kara yolları, yılda 60.000 den fazla trenin geçtiği ana demir yolları, yılda 50.000 den fazla hareketin gerçekleştiği hava alanları için stratejik gürültü haritalarının hazırlanması ve gürültü eylem planlarının oluşturulması gerekmektedir.

Atık yönetimi alanında Avrupa Birliği'nin temel prensipleri; kirlenen öder, üreticinin sorumluluğu, yeterlilik (yeterli miktarda tesis), yakınlık (atığın üretildiği yere en yakın alanda değerlendirilmesi) ve atık yönetimi hiyerarşisidir. 2008/98/AT sayılı Atık Çerçeve Direktifi'nde tanımlanan atık yönetimi hiyerarşisine göre, atık yönetimi stratejileri öncelikle atıkların oluşumunun kaynağında önlenmesine odaklanmalıdır. Bunun mümkün olmadığı hallerde, atık malzemeler yeniden kullanılmalı, yeniden kullanılamıyorsa geri dönüştürülmelidir. Geri dönüştürülmesi mümkün olmayan atık malzemeler ise geri kazanım (örneğin enerji geri kazanımı) amacıyla kullanılmalıdır. Atıkların yakma tesislerinde veya düzenli depolama sahalarında güvenli şekilde bertaraf edilmesi atık yönetimi hiyerarşisinde en son seçeneği oluşturmaktadır (Avrupa Birliği Başkanlığı, 2022).

Atık başlığı altında Çerçeve Direktifin yanı sıra, atıkların düzenli depolanması, atıkların taşınımı, ve özel atıklara (pil ve akümülatörler, ömrünü tamamlamış araçlar, atık elektrikli ve elektronik eşyalar, ambalaj ve ambalaj atıkları, inşaat ve yıkım atıkları, biyobozunur atıklar) ilişkin düzenlemeler yer almaktadır. İklim-nötr, kaynak-etkin ve rekabetçi bir AB ekonomisinin temini ve biyolojik çeşitlilik kaybının durdurulabilmesinin bir ön koşulu döngüsel ekonomiye geçiş olarak görülmektedir. Bu amacı teminen Avrupa Komisyonu 11 Mart 2020 tarihinde yeni Döngüsel Ekonomi Eylem Planı'nı kabul etmiştir. BU kapsamda doğa koruma ve biyoçeşitliliğin korunması kapsamında iki önemli direktif bulunmaktadır. NATURA 2000 olarak adlandırılan koruma ağlarının kurulması yoluyla biyolojik çeşitliliğin korunmasını hedefleyen 92/43/AET sayılı Habitat Direktifi ve nesli tehlikede olan yabani hayvan ve bitki türlerinin ticaretinin düzenleyen 2009/147/AT sayılı Kuş Direktifi mevcuttur (Avrupa Birliği Başkanlığı, 2022)

Kimyasallar alanındaki önemli düzenlemeler, 1272/2008/AT sayılı Madde ve Karışımların Sınıflandırılması, Etiketlendirilmesi ve Ambalajlanması (CLP) Tüzüğü ile 1907/2006/AT sayılı REACH

(Kimyasalların Kaydı, Değerlendirilmesi, İzni ve Kısıtlanması) Tüzüğü'dür (Avrupa Birliği Başkanlığı, 2022).

İklim değişikliği konusunda sera gazlarının emisyonunun izlenmesi, emisyon ticareti sistemi, emisyon ticareti sisteminin dışında kalan sektörlerden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılması (406/2009/AT sayılı Çaba Paylaşım Kararı ve (AB) 2018/842 Sayılı Tüzük), karbon yakalama ve depolaması, F-gazlarının kontrolü ve ozon tabakasının korunması, ulaştırmadan kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltımı, arazi ve arazi kullanım değişikliği ile ilgili emisyonlar hakkında AB düzenlemeleri bulunmaktadır (Avrupa Birliği Başkanlığı, 2022).

AB Ulusal Emisyon Tavan Direktifi ile belirlenen ulusal emisyon tavanlarının üye ülkeler tarafından yakalanabilmesi için emisyon envanteri hazırlanması ve azaltıma esas programlar oluşturulması hedeflenmiştir (Köksal & Güllü, 2019).

Avrupa Kirletici Salım ve Transfer Kaydı Tüzüğüne göre Kirletici Salım ve Taşıma Kaydı (KSTK) belirli endüstriyel tesislerden kaynaklanan kirleticilerin hava, su, toprak gibi alıcı ortamlara bırakılmasına arıtma, işleme v.b. faaliyetler için taşınmasına ilişkin bilgileri içeren ve düzenli aralıklarla raporlanan envanterin uluslararası tanımıdır. Avrupa-KSTK Tüzüğü, 65 aktivite ve 91 kirletici parametreyi kapsamaktadır. Enerji sektörü, metal üretimi ve işlenmesi, maden sanayisi, kimya sanayisi, atık ve atıksu yönetimi, kağıt ve ahşap üretimi ve işlenmesi, yoğun hayvancılık ve su ürünleri yetiştiriciliği, gıda ve içecek sektöründe hayvansal ve bitkisel ürünler sektörleri kapsamında 65 faaliyet yer almaktadır; sera gazları, diğer gazlar, ağır metaller, pestisitler, klorlu organik bileşikler, diğer organik bileşikler, inorganik bileşikler grupları altında ise 91 kirletici bulunmaktadır.

Küresel Isınma, İklim Değişikliği ve Sera Gazı Emisyonunun Azaltılması'na ilişkin birçok ülkede çeşitli çalışmalar yürütülmesine rağmen, bu konularda dünyada en somut adım 2015 yılında Paris İklim Anlaşması'nın imzalanması ile atılmıştır. Paris İklim Anlaşması ile bu anlaşmayı imzalayan ülkelerin ulusal katkı beyanlarında yer alan emisyon azaltım adımlarıyla küresel sıcaklık artışını 2 derecenin kayda değer şekilde altında tutmak, mümkünse 1,5 derecede sınırlamak ve 2050 itibarıyla tüm dünyayı karbon nötr hale getirmek hedeflenmiştir. Yukarıda belirtilen hedeflere ulaşmak için Paris İklim Anlaşmasını imzalayan ülkeler çeşitli taahhütlerde bulunmuştur. Ülkeler küresel ısınmayı azaltmak için ulusal katkı beyanlarını sunmak ve gelişmeleri düzenli olarak raporlamak yükümlülüğünü üstlenmiştir. Bu anlaşmaya göre hiçbir ülke belirli bir tarihe kadar belirli bir emisyon azaltma hedefi koymaya zorlanamamakla birlikte, ulusal katkı beyanında sunduğu önceden belirlenmiş hedeflerin daha aşağı seviyesine hedeflerini revize edememektedir. Ek olarak; Paris Anlaşması'nın, BMİDÇS ile karşılaştırıldığında en belirgin özelliği, tüm ülkelerin katkılarına dayanacak bir sistem öngörülmüş olmasıdır. Anlaşma, iklim değişikliğiyle mücadelede gelişmiş/gelişmekte olan ülke sınıflandırmasına ve tüm ülkelerin "ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ve göreceli kabiliyetler" ilkesi tahtında sorumluluk üstlenmesi anlayışına dayandırılmıştır. İklim değişikliği ile mücadele bağlamında Anlaşma, ulusal katkılar, azaltım, uyum, kayıp/zarar, finansman, teknoloji

geliştirme ve transferi, kapasite geliştirme, şeffaflık, durum değerlendirmesi konularına ilişkin uygulama usulleri belirlenmek üzere bir çerçeveye oluşturmuştur. Anlaşma, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine maruz kalan ülkelerin uyum ve direnç kabiliyetlerinin artırılması ile sera gazı emisyon azaltım kapasitelerinin yükseltilmesi amacıyla öncelikle gelişmiş ülkelerin, En Az gelişmiş Ülkeler ve Küçük Ada Devletleri başta olmak üzere, ihtiyacı olan gelişmekte olan ülkelere finansman, teknoloji transferi ve kapasite geliştirme imkanları sağlamalarını öngörmektedir. Emisyon azaltımı hususunda Anlaşma, gelişmiş ülkelerin mutlak emisyon azaltımı hedeflerini sürdürmeleri; gelişmekte olan ülkelerin ise emisyon azaltımı hedeflerini yükselterek farklı ulusal koşulları uyarınca, zaman içinde tüm ekonomiyi kapsayacak yeni, artırılmış hedefler benimsemelerini telkin etmektedir. Türkiye Paris Anlaşması'nı, 22 Nisan 2016 tarihinde imzalamış ve Ulusal Katkı Beyanında Anlaşmayı gelişmekte olan bir ülke olarak imzaladığını vurgulamıştır. Paris Anlaşması 7 Ekim 2021 tarihinde Cumhurbaşkanlığı Kararı ile onaylanmış olup, iç hukuk onay süreci tamamlanmıştır. Bu kapsamda 2053 yılı için net sıfır emisyon hedefi Türkiye için belirlenmiştir (Dışişleri Bakanlığı, 2023). BMİDÇS 27. Taraflar Konferansı, 6-18 Kasım 2022 tarihlerinde Mısır'ın Şarm El-Şeyh şehrinde düzenlenmiştir. COP 27 kapsamında Kayıp-Zarar Mekanizması, iklim değişikliğine uyum finansmanı gibi önemli konularda kararlar alınmıştır ve Türkiye 2030 yılına kadar %21'e varan artıştan azaltım hedefini (NDC) güncelleyerek %41'e yükselttiğini, böylelikle, 2030 yılı için yaklaşık 500 milyon ton emisyon azaltımı yapacağını ve en geç 2038 yılında emisyonların tepe noktasına ulaşacağını açıklamıştır (Dışişleri Bakanlığı, 2023)

Avrupa Birliği (AB), 11 Aralık 2019 tarihinde açıkladığı Avrupa Yeşil Mutabakatı ile 2050 yılında iklim-nötr ilk kıta olma hedefini ortaya koyarken; aynı zamanda sanayisinin dönüşümünü gerektiren yeni bir büyüme stratejisi benimseyeceğini ve tüm politikalarını iklim değişikliği ekseninde yeniden şekillendireceğini açıklamıştır. COVID-19 krizinin gözler önüne serdiği küresel ekonomideki yapısal dönüşüm ihtiyacı ile beraber, AB'nin 2050 yılında karbon-nötr ilk kıta olma yönünde kapsamlı ve iddialı yeşil dönüşüm hedeflerini açıklamasının ardından, iklim değişikliği ile mücadele alanında diğer ülkelerdeki politikalar da ivme kazanmıştır. Bu çerçevede, 2020 yılında Güney Kore, Japonya ve Çin gibi uluslararası ticaretin önde gelen diğer aktörlerinin de ekonomilerinin yeşil dönüşümüne yönelik hedeflerini açıklamaya başladıkları görülmektedir. Bunun yanı sıra, İsveç, Norveç, Kanada, Şili, Güney Afrika gibi ülkeler de net sıfır emisyon hedeflerini beyan eden ülkeler arasında yer almıştır (Ticaret Bakanlığı, 2022).

Avrupa Yeşil Mutabakatı ile Avrupa kıtasının 2050 yılına kadar dünyanın ilk iklim nötr kıtası olması amaçlanmakta olup bu amaca yönelik:

- 2050 yılına kadar net sera gazı emisyonlarının sıfıra indirilmesi
- Ekonomik büyümenin kaynak kullanımından ayrılması
- Kimsenin ve hiçbir bölgenin geride bırakılmaması

hedefleri ortaya koyulmuştur.

Avrupa Birliği yukarıda belirtilen hedeflere ulaşmak için çevre dostu - yeşil teknolojilerin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılmasına yönelik finansal destek sağlayacağını dile getirmiştir. Avrupa Yeşil Mutabakatı ile karbon emisyonlarının sıfıra indirilmesi, enerji sektörünün karbondan arındırılması, çevre dostu teknolojilerin geliştirilmesi ve üretimde kullanılması, biyolojik çeşitliliğin eski haline getirilmesi, kirliliğin azaltılması ve nihayetinde temiz, döngüsel bir ekonomiye geçilerek kaynakların verimli kullanılması hedeflenmektedir. Avrupa Yeşil Mutabakatının; AB'nin 2030 ve 2050 iklim hedefine ulaşma isteğini motive etmeyi, temiz-ulaşılabilir-güvenli enerji sağlamayı, döngüsel ve temiz bir ekonomi için endüstriyi harekete geçirmeyi, inşaat sektöründe enerji ve kaynak verimli dönüşümü gerçekleştirmeyi, zehirli maddelerin olmadığı bir çevre için sıfır kirliliğe ulaşmayı, ekosistemlerin ve biyoçeşitliliğin korunmasını ve iyileştirilmesini sağlamayı, tarladan sofraya yaklaşımıyla çevre dostu gıda sistemleri geliştirmeyi ve sağlıklı gıdaya ulaşımın adil olmasını sağlamayı, sürdürülebilir ve akıllı bir hareketliliğe geçişi hızlandırmayı amaçladığı açıkça ifade edilmiş ve 8 politika alanı kurgulanmıştır. Bu amaçlara ulaşmak ve arzu edilen dönüşümü sağlamak için finansman sağlanacağı belirtilmiştir.

Avrupa Yeşil Mutabakatında öngörüldüğü üzere 2021 yılında Avrupa İklim Yasası çıkarılmıştır. Yasa kapsamında, AB'nin 2030 yılına yönelik öngördüğü sera gazı emisyonlarında 1990'a kıyasla %40 azaltım sağlanması hedefi, "1990'a kıyasla en az %55 azaltım" olarak güncellenerek bağlayıcı hale getirilmiştir. Avrupa'nın iklim-nötr düzene geçişine yönelik siyasi taahhüdün hukuki açıdan bağlayıcı bir yükümlülüğe dönüştürülmesi Avrupa İklim Yasası ile sağlanmıştır. Bu Yasa ile AB'nin 2050 yılında iklim nötr olma hedefine yönelik gelişmeleri takip etmek ve değerlendirmek üzere İklim Değişikliği Avrupa Bilimsel Danışma Kurulu kurulmuştur. Ek olarak; AB'nin 2030 yılında %55 karbon emisyonları azaltma hedeflerine ulaşmak amacıyla AB 55'e Uyum (Fit for 55) düzenlemesi AB Parlamentosu tarafından kabul edilmiştir. Benzer şekilde yukarıda belirtilen hedeflere ulaşmak ve karbon kaçığını önleyerek iklim değişikliği ile mücadele etmek için "Sınırdaki Karbon Düzenlemesi" getirilmiştir.

55'e Uyum (Fit for 55) paketi enerji, toprak kullanımı, ulaşım ve vergi politikaları gibi pek çok düzenlemeyi içerse de getirdiği önemli düzenlemelerden biri "Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması"dır". Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması (SKDM) karbon kaçağı riskini bertaraf etmek üzere AB'ye ihraç edilen ürünlerin emisyon yoğunluğuna göre vergilendirilmesini öngörmektedir. SKDM ile düşük maliyetle üretilen yüksek emisyonlu ürünler ile yüksek maliyetle üretilen düşük emisyonlu ürünlerin rekabet edilmesi sağlanmaya çalışılmaktadır. SKDM mekanizmasının tam anlamıyla yürürlüğe girebilmesi için bir geçiş dönemi öngörülmüş olup bu geçiş döneminde aşağıdaki kurallar uygulanacaktır:

2023-2025 arası sürecek geçiş dönemi için demir-çelik, çimento, gübre, alüminyum ve elektrik sektörlerine uygulanacaktır.

AB menşeli ithalatçılar bu dönem için herhangi bir ödeme yapmayacaklardır.

İthalatçıların geçiş döneminde yalnızca ithal ettiği ürünlerde bulunan emisyonları bildirmeleri gerekecektir.

SKDM geçiş dönemi uygulamaları nihai sistemin yerleştirilmesi için zaman kazandıracaktır. Geçiş döneminin sonunda sistemin yeni sektörlere genişletilip genişletilmeyeceği konusunu değerlendirecektir. Karbon kaçağı göstergelerinin yoğunluğuna bağlı olarak SKDM'nin kapsamının genişletilmesinin ve mekanizmanın güçlendirilmesinin gerekebileceği de teklifte yer almaktadır (Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, 2021).

55'e Uyum Paketinde, AB Emisyon Ticaret Sisteminin (ETS) yeni sektörlere genişletileceği ifade edilmiş ve karayolu taşımacılığı ve binalarda yakıt dağıtımı için yeni bir emisyon ticaret sistemi kurulduğu belirtilmiştir. Bu paket ile her yıl sektörler için belirlenen emisyon üst sınırlarının daha yüksek oranlarda azaltılması önerilmiş olup havacılık alanı için sağlanan ücretsiz emisyon tahsisatlarının aşamalı olarak kaldırılması teklif edilmiştir (Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, 2021).

Paket kapsamında getirilen "Efor Paylaşımı Yönetmeliği" (Effort Sharing Regulation) ile üye devletlere yönelik binalar, taşımacılık, tarım, atık ve sanayi sektörlerinde sera gazı salınımı azaltım hedefleri belirlenmektedir. Belirlenen emisyon azaltım hedefleri ülkelerin gayrisafi yurtiçi hasılları ve kişi başı milli gelirleri ile doğru orantılı olarak saptanmaktadır (Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, 2021).

55'e Uyum Paketinde Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Orman Yönetmeliğinde güncelleme yapılmıştır. AB'nin iklim değişikliği kapsamında yeni emisyon azaltım hedeflerine ulaşmak üzere karbon yutaklarının (ormanların ve diğer doğal alanların) genişletilmesi ve kalitesinin artırılması önerilmiştir. Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık (AKAKDO) sektörlerinde 2030 yılına kadar 310 milyon ton CO₂ azaltım hedefi belirlenmiş ve bu kapsamda üye ülkelere ulusal hedefler koyulması önerisi getirilmiştir. Bu hedef ile yakın ilişki içerisinde olan AB Orman Stratejisi de yine pakette getirilen teklife uygun olarak AB ormanlarının genişletilmesi, kalitesinin artırılması ve biyoçeşitliliğin korunmasına yönelik tedbirler içermektedir. 2030 yılına kadar Avrupa'da 3 milyar ağaç dikilmesi öngörülmektedir (Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, 2021).

AB emisyonlarının %75'inin enerji sektöründen kaynaklandığı ve bu yüzden enerji sektörünü iklim nötr hale getirmenin AB'nin iklim değişikliği kapsamında belirlediği hedeflere ulaşmakta kritik öneme haiz olduğu belirtilmektedir. 55'e Uyum Paketi kapsamında Yenilenebilir Enerji Direktifi güncellenerek 2030 yılına kadar enerjide yenilenebilir enerjinin payının %40'a çıkarılması teklif edilmektedir. Enerji Verimliliği Direktifi Revizyonunda ise AB'de enerji tüketimini azaltmak, üye ülkelere enerji tasarrufu yükümlülüğü getirmek ve 2030 yılına kadar enerji tüketiminde %9'luk bir azalma sağlamak amaçlanmaktadır. Teklif kapsamında kamunun binalarının %3'nün yenilenmesi ve kamu kurumlarında %1,7 oranında enerji tüketiminin azaltılması ve AB üyesi devletlerin yıllık %1,5 enerji tasarrufunda bulunması gibi öneriler getirilmektedir. Enerji Vergilendirme Direktifinde yapılan

revizyon ile fosil yakıt kullanımının daha fazla vergilendirilmesi ve temiz enerjiye dönük teşviklerin sağlanması öngörülmektedir (Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, 2021).

Yeni otomobiller ve kamyonetler için CO2 emisyon standartlarının revizyonu ile ulaşımda net sıfır emisyona ulaşılacak hedeflenmektedir. Bu revizyona göre elektrikli ve hidrojenli araçlar net sıfır emisyon araçları olarak kabul edilmektedir. Bu kapsamda 2035 yılına kadar tüm yeni araçların sıfır emisyonlu elektrikli veya hidrojenli araç olması öngörülmektedir. Ek olarak; Alternatif Yakıtlar Altyapı Direktifi Revizyonu üye ülkelere sıfır emisyonlu araçların enerji ihtiyaçlarını karşılamak üzere uygun şarj altyapılarının kurulması sorumluluğunu yüklemektedir (Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, 2021).

Paket ile havacılık ve denizcilik sektörlerinde sürdürülebilir yakıtların kullanımını teşvik edilmesi önerilmektedir. Sürdürülebilir havacılık yakıtlarını teşvik edecek olan ReFuelEU Havacılık, AB havaalanlarında yüklenen mevcut jet yakıtlarına yakıt tedarikçilerinin gittikçe artan bir şekilde yüksek oranda sürdürülebilir havacılık yakıtı karışımlarını zorunlu tutacak, aynı zamanda eyakıt olarak bilinen sentetik yakıtların kullanımını teşvik edecektir. Paket ile gelen FuelEU Denizcilik önerisi ile gemilerin emisyon değerlerine sınır koymak ve bu sınırları sürekli aşağı doğru revize etmeyi önermektedir (Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, 2021).

İklim politikalarındaki radikal değişiklik belirli hassas gruplar üzerinde (hanehalkı, mikro işletme vb.) ekstra baskı oluşturma riskini taşımaktadır. Bu riski bertaraf etmek üzere iklim politikalarından en çok olumsuz etkilenen üye devletlere yönelik özel finansman sağlamak üzere Sosyal İklim Fonu oluşturulmuştur. Diğer bir ifade ile; fosil yakıtlarının pahalılaşmasından en çok zarar gören kesimlere yönelik Sosyal İklim Fonu ile destek sağlanması hedeflenmektedir (Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, 2021).

Avrupa Yeşil Mutabakat kapsamında Tarladan Sofraya stratejisi geliştirilmiştir. Tarladan Sofraya Stratejisi gıda üretiminin hava, su ve toprağa saldırdığı kirliliğin önlenmesi, biyoçeşitlilik kaybının engellenmesi, iklim değişikliğine uyum sağlanmasına katkıda bulunulması, herkesin yeterli-güvenli-besleyici gıdaya erişiminin temin edilmesini ve sürdürülebilir bir gıda üretim sisteminin döngüsel ekonomi içerisinde yer almasını hedeflemektedir.

Avrupa Yeşil Mutabakat kapsamında uygulamaya alınan diğer bir politika AB 2030 Biyoçeşitlilik Stratejisidir. Biyoçeşitlilik Stratejisi kapsamında 2030 yılına kadar doğanın korunması için aşağıdaki taahhütler verilmiştir:

- AB'nin kara ve deniz alanlarının en az % 30'unun yasal olarak korunması ve ekolojik koridorların birbirine bağlanması
- AB'nin kalan bakir ve balta girmemiş ormanları da dâhil olmak üzere, AB'de korunan alanlarının en az üçte birinin mutlak koruma altına alınması
- Tüm korunan alanların etkili bir şekilde yönetilmesi, koruma hedeflerinin ve önlemlerinin net olarak tanımlanması ve doğru düzgün bir şekilde denetlenmesi

Yukarıda ifade edildiği üzere Strateji, Avrupa'nın biyolojik çeşitliliğini 2030 yılına kadar toparlanmaya başlamasını sağlamayı hedeflemektedir. Bu amaçla; biyoçeşitliliğin korunmasını sağlamak üzere ulusal fonlar da dahil olmak üzere 20 milyar avro tutarında bir destek sağlanacağı ifade edilmektedir. Bu kapsamda ortaya koyulan diğer bir politika AB Doğa Restorasyon Planı'dır. Bu plan kapsamında Kimyasal pestisitlerin riskinin ve kullanımının %50 azaltılması, daha tehlikeli pestisitlerin kullanımının %50 azaltılması tarım alanlarının en az %10'unun yüksek biyoçeşitliliğe sahip doğal alanlar olması, tarım arazilerinin en az % 25'inde organik tarım yapılması, agroekolojik uygulamaların kullanımın önemli ölçüde artırılması, gübrelerden kaynaklanan besin kaybının %50 azaltılması ve gübre kullanımının en az %20 oranında azaltılması, AB kentsel yeşil alanları gibi hassas alanlarda hiçbir kimyasal pestisit kullanılmaması gibi iddialı hedefler koymaktadır.

Gümrük Birliği kapsamında ileri bir bütünleşme tesis ettiğimiz AB Tek Pazarı üzerinde dönüştürücü etkilere sahip olacak Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın, hem aday ülke statüsü hem Gümrük Birliği ortağı olarak Türkiye'nin AB'ye ticari entegrasyonu üzerinde önemli etkileri olması kaçınılmazdır. Avrupa Yeşil Mutabakatı ile AB politikalarında öngörülen kapsamlı değişiklikler karşısında, ülkemiz kalkınma hedefleriyle uyumlu bir şekilde sürdürülebilir, kaynak-etkin ve yeşil bir ekonomiye geçişi destekleyecek dönüşümün sağlanması büyük önem arz etmektedir. Türkiye ekonomisi ve sanayisinin yeşil dönüşümü; kapsayıcı ve sürdürülebilir bir büyümenin tesis edilmesinin yanı sıra, ülkemizin AB başta olmak üzere, üçüncü ülkelere ihracatında rekabetçiliğinin korunması ve güçlendirilmesi için elzem görülmektedir. Bu alanda atılacak adımlar aynı zamanda ülkemizin küresel değer zincirlerine entegrasyonunun geliştirilmesi bakımından da önem teşkil etmektedir (Ticaret Bakanlığı, 2022).

Uluslararası alanda yaşanan bu gelişmelere uyum sağlamak üzere Türkiye'nin yasal altyapı oluşturma süreci halihazırda yürürlükte bulunan 09.08.1983 tarihli Çevre Kanunu'na dayanmaktadır. Bütün canlıların ortak varlığı olan çevrenin, sürdürülebilir çevre ve sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda korunmasını amaçlayan Çevre Kanunu, çevrenin korunmasına, iyileştirilmesine ve kirliliğinin önlenmesine ilişkin genel ilkeler, önlemler, yasaklar ve idari yaptırımlar getirmektedir. Ek olarak; Çevre Kanunu ile Çevre Kirliliği Önleme Fonu kurulmuştur.

18/4/2007 tarihinde enerjinin etkin kullanılması, israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasını amaçlayan enerjinin üretim, iletim, dağıtım ve tüketim aşamalarında, endüstriyel işletmelerde, binalarda, elektrik enerjisi üretim tesislerinde, iletim ve dağıtım şebekeleri ile ulaşımda enerji verimliliğinin artırılmasına ve desteklenmesine, toplum genelinde enerji bilincinin geliştirilmesine, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılmasına yönelik uygulanacak usûl ve esasları belirleyen Enerji Verimliliği Kanunu çıkarılmıştır.

Türkiye'nin taraf olduğu Ozon Tabakasını İncelten Maddelere Dair Montreal Protokolü ile kontrol altına alınan maddelerin kullanılmasına ve sonlandırılmasına ilişkin usul ve esasları belirleyen "Ozon

Tabakasını İncelten Maddelere İlişkin Yönetmelik” çıkarılmıştır. Bu Yönetmelik, kontrol altına alınan maddelerin, yeni maddelerin, bu maddeleri içeren veya bu maddeler ile çalışan ürün ve ekipmanların; üretimi, dış ticareti, kullanımı, piyasaya arzı, geri kazanımı, geri dönüşümü, ıslahı ve bertarafı ile tüm bilgilerin rapor edilmesini ve kamuoyunun bilgilendirilmesini kapsamaktadır.

İklim değişikliği kapsamında çeşitli faaliyetlerden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının izlenmesi, raporlanması ve doğrulanması iş ve işlemleri ile doğrulayıcı kuruluşların ve işletmelerin mükellefiyetlerinin belirlenmesine dair usul ve esasları belirleyen Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik çıkarılmıştır. 29.06.2022 tarihli Florlu Sera Gazlarına İlişkin Yönetmelik ile ürün ve ekipman içinde olanlar da dahil olmak üzere florlu sera gazları ve diğer florlu maddelerin etiketlenmesine, verilerin toplanmasına, sızıntı kontrollerine, raporlanmasına, piyasaya arz, ithalat, ihracat ve kullanımına, kota dağıtımına ve florlu sera gazlarının geri kazanımına ve imhasına ilişkin esasları; florlu sera gazları içeren veya çalışması bu gazlara dayanan ekipmanlara müdahale eden gerçek ve tüzel kişilerin eğitimi ve belgelendirilmesine ilişkin konuları düzenlenmektedir.

Çevrenin korunması ile yayılı kaynaklar ve sanayi kaynaklı çevre kirliliğinin azaltılması için kirleticilerin salım ve taşıma kaydının oluşturulmasına yönelik usul ve esasları belirleyen Kirletici Salım ve Taşıma Kaydı Yönetmeliği 04.12.2021 tarihinde Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından çıkarılmıştır. Bu yönetmelik kapsamında kirliliğin azaltılması ve kirleticilerin salım ve taşıma kaydına ilişkin hem idareye hem de endüstriyel tesislere yönelik yükümlülükler getirilmektedir.

Ozon tabakasını incelten maddelerin kullanımının önlenmesi ve kontrol altında tutulması için ithalata ilişkin usul ve esasların düzenlenmesini sağlayan Ozon Tabakasını İncelten Maddeler ve Florlu Sera Gazlarının İthaline İlişkin Tebliğ, Ticaret Bakanlığı tarafından 31.12.2021 tarihinde çıkarılmıştır. Benzer şekilde kimyasalların ve ürünlerin çevrenin korunması yönünden uygunluk denetimine ilişkin usul ve esasları düzenleyen Çevrenin Korunması Yönünden Kontrol Altında Tutulan Kimyasalların İthalat Denetimi Tebliği aynı tarihte Ticaret Bakanlığı tarafından yürürlüğe konmuştur.

11. Kalkınma Planında coğrafi konumu itibarıyla iklim değişikliğinden en çok etkilenecek ülkeler arasında yer alan ülkemizin iklim değişikliğiyle mücadele çabalarına ülke gerçeklerini gözeten bir anlayışla katkı vermekte olduğu; gelişmekte olan ülke konumuna paralel şekilde, yeşil büyüme ve emisyon artış trendinin sınırlandırılması yönünde bir politika izlenmekte olduğu ve iklim değişikliğine uyum çabalarının önemini koruduğu belirtilmektedir. Planın hedefleri ve politikaları arasında ise “Yaşanabilir Şehirler, Sürdürülebilir Çevre” başlığı altında, iklim değişikliğiyle mücadele ve uyuma yönelik politika ve tedbirlere yer verilmektedir. Bu doğrultuda, 2022 yılı Cumhurbaşkanlığı Yıllık Programında da iklim değişikliğine yönelik politika tedbirleri ve hedefler yer almaktadır. 2022 yılı Cumhurbaşkanlığı Yıllık Programının makroekonomik amacı ihracata dayalı ve yeşil dönüşümü dikkate alan bir ekonomik yapının hayata geçirilmesi olarak belirlenmiştir. İlgili Programda TÜBİTAK’a “Yeşil Büyüme Teknoloji Yol Haritası hazırlanacak sektörlerin yeşil büyümeye ilişkin teknolojik

ihtiyaçları ortaya konularak bu ihtiyaçların giderilmesine ilişkin Ar-Ge ve yenilik destek alanları oluşturulması” görevi tevdi edilmiştir (Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2022).

Türkiye; enerji, sanayi ve ulaştırma sektörleri başta olmak üzere tüm ilgili sektörlerde iklim değişikliği ile mücadeleye yönelik tedbirler almakta, yeşil dönüşümün sağlanması, yeşil büyümenin gerçekleştirilmesi ve karbon emisyonunun azaltılması yönünde politika izlemektedir. Yeşil dönüşümün sağlanmasına yönelik tedbir, politika ve hedefler Orta Vadeli Program ve Ekonomik Reform Programında da yer almaktadır. Yeşil Mutabakat Eylem Planı’nda yeşil dönüşümün gerçekleştirilmesine yönelik eylem adımları belirlenmiştir. Bu bağlamda; Türkiye’nin uzun vadeli hedefi olan “sıfır emisyon” stratejisine ulaşılması yönünde çalışmalar gerçekleştirilmesinin önemi ortaya çıkmaktadır (Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2022).

12 Mart 2021 tarihinde açıklanan “Ekonomi Reformları Paketi” sanayide yeşil dönüşümün desteklenmesini teminen “yeşil üretim için gerekli teknolojilerin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması amacıyla Ar-Ge çalışmalarının desteklenmesi” eylemine yer verilmiştir. Yeni Ekonomi Programının (2021-2023) “Büyüme” başlığı altında yer alan politika tedbirleri arasında “Türkiye-AB Gümrük Birliği kapsamında AB’ye ihracatımızda Avrupa Yeşil Mutabakatı’na adaptasyon sağlanması amacıyla kamu, özel sektör, STK’lar ve üniversiteleri koordine ederek, AB ile diyalog içerisinde gerekli çalışmaların ve hazırlıkların yapılacağı” ifade edilmektedir (Ticaret Bakanlığı, 2022).

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığınca uygulanmakta olan 2023 Sanayi ve Teknoloji Stratejisinin “Dijital Dönüşüm ve Sanayi Hamlesi” bileşeni altında; yeşil üretim yaklaşımının sanayi politikaları ve uygulamalarında belirleyiciliğinin artırılacağı, sanayi üretiminin çevreye etkilerinin azaltılacağı ve temiz üretime dayalı yeni yatırımların destekleneceği ifade edilmektedir (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2022). Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından hazırlanan Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) Strateji Belgesi ve Eylem Planında (2020-2023) Akıllı Ulaşım Sistemleri uygulamaları ile ülkemizde tüm ulaşım modlarına entegre, güncel teknolojileri kullanan verimli sürdürülebilir, çevreci ve akıllı bir ulaşım ağı oluşturulması suretiyle ulaştırma sektöründen kaynaklanan emisyonların azaltılacağı belirtilmektedir (Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2022).

Ülkemiz 2053 Net Sıfır Emisyon Hedefini 27 Eylül 2021 tarihinde açıklamıştır. Paris Anlaşmasına taraf olunması ve yeşil kalkınma devrimi olarak tanımlanan net sıfır emisyon hedefinin açıklanması ile Türkiye yeşil dönüşüm ve büyüme yolunda önemli bir adım atmıştır. Ülkemizin 2053 sıfır emisyon hedefi ve yeşil kalkınma politikası doğrultusunda uluslararası ticaret düzeninde son yıllarda ivme kazanan iklim değişikliği ile mücadele politikalarına adaptasyonunu sağlamayı hedefleyen ve ihracatta rekabetçiliğimizi güçlendirecek bir yol haritası niteliğinde olan “Yeşil Mutabakat Eylem Planı” Temmuz 2021 tarihinde yayımlanmıştır.

2021 yılının henüz başında TÜBİTAK, iklim değişikliği ve çevre sorunlarına karşı mücadeleye katkı sağlamak amacıyla Avrupa Yeşil Mutabakatına Uyum Kapsamında Öncelikli Ar-Ge ve Yenilik Konuları Rehber Dokümanı’nı hazırlamıştır. İklim Değişikliği, Çevre ve Biyoçeşitlilik, Temiz ve

Döngüsel Ekonomi, Temiz, Erişilebilir ve Güvenli Enerji Arzı, Yeşil ve Sürdürülebilir Tarım ile Sürdürülebilir Akıllı Ulaşım olarak belirlenen altı tema kapsamındaki konulardaki projeler öncelikli olarak desteklenmektedir.

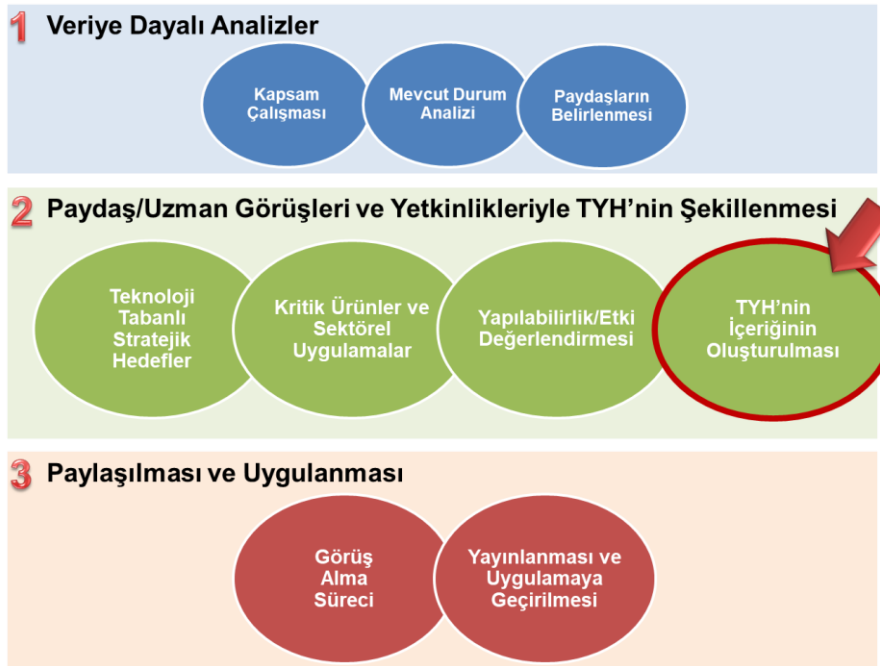
Ülkemizin 2053 sıfır emisyon hedefi ve yeşil kalkınma politikası doğrultusunda Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından Şubat 2022'de düzenlenen İklim Şurası kapsamında oluşturulan ve koordinasyonu TÜBİTAK tarafından yapılan Bilim ve Teknoloji Komisyonunda, ülkemizin 2053 net sıfır emisyonu hedefi ve yeşil kalkınma politikası doğrultusunda, "İklim Değişikliği, Çevre ve Biyoçeşitlilik", "Temiz ve Döngüsel Ekonomi", "Temiz Erişilebilir ve Güvenli Enerji Arzı", "Yeşil ve Sürdürülebilir Tarım", "Sürdürülebilir Akıllı Ulaşım" olmak üzere 5 ana temada çığır açıcı Ar-Ge ve yenilik temelli çözümler üretmek için çalışmalar yürütülmüştür. İklim değişikliğine uyum ve mücadeleye yönelik olarak net sıfır hedefi doğrultusunda geleceğin teknolojilerinin öngörülerek, bu teknolojilerde ülkemizin Ar-Ge ve yenilik kapasitesini geliştirmesine imkan verilmesini ve bu sayede ülkemizin iklim değişikliği krizini orta/uzun vadede fırsata çevirmesi hedeflenmiştir. Disiplinlerüstü bütüncül bir yaklaşımla, üniversite, özel sektör, STK ve kamu 97 uzmanın katılımı ile 40'dan fazla çevrimiçi toplantı yapılmıştır. İklim değişikliğine uyum ve mücadeleye yönelik olarak net sıfır hedefi doğrultusunda geleceğin teknolojilerinin öngörülerek, bu teknolojilerde ülkemizin Ar-Ge ve yenilik kapasitesini geliştirmesine imkan verilmesi ve bu sayede ülkemizin iklim değişikliği krizini orta/uzun vadede fırsata çevirmesi hedeflenmiş ve Bilim ve Teknoloji Komisyonu çalışmaları sonucunda 34 Politika ve 262 Eylem belirlenmiştir. Belirlenen politikalar genel anlamda iklim değişikliğiyle mücadele ve uyuma yönelik, sektörel anlamda gerek enerji verimliliğinin sağlanması gerekse üretim süreçlerinde yeşil teknolojilerin kullanımıyla verimlilik artışına etki edecek çığır açıcı teknolojileri içermektedir. İklim Şurası Bilim ve Teknoloji Komisyonu çıktıklarına TÜBİTAK 2022-2023 Öncelikli Ar-Ge ve Yenilik Konuları arasında yer verilmiş olup ilgili konulardaki projeleri öncelikli olarak desteklenmekte, birlikte iş yapma ve birlikte başarıya modelleri etkinleştirilmektedir. Öncelikli Ar-Ge ve Yenilik Konularının her 4'ünden 1'i Yeşil Büyümeye; her 2'sinden 1'i Dijitalleşme ana odağına hizmet etmektedir. Öncelikli ve yeşil büyümeye hizmet eden projeleri ek puan vererek desteklenmiştir. 2022 yılında desteklenen projelerin yüzde 20'si sadece yeşil özelindeki alanlara odaklanmıştır.

İklim Şurası Bilim ve Teknoloji Komisyonunun çıktılarının yanı sıra, Ticaret Bakanlığı koordinasyonundaki Avrupa Yeşil Mutabakatı Eylem Planı kapsamında, ülkemizin yeşil kalkınma hedeflerine ilişkin sanayi kuruluşlarımızın teknolojik ihtiyaçlarının belirlenmesi amacıyla Mart 2022'de; 13 Kamu Kurumu ve 27 özel sektör şemsiye temsilcilerinin katılımıyla "Teknolojik Dönüşüm/Gelişim İhtisas Çalışma Grubu" kurulmuştur. Grup çalışmaları kapsamında ekonomimiz için kritik olan, lokomotif sektörlerle üretim zincirlerinin ilk aşamalarında temel girdiler sağlayan ve karbon emisyonu açısından ön plana çıkan Demir-Çelik, Alüminyum, Çimento, Kimyasallar, Plastik ve Gübre sektörlerinde "Yeşil Büyüme Teknoloji Yol Haritası" hazırlanmıştır.

Teknoloji Yol Haritası Hazırlık Süreci

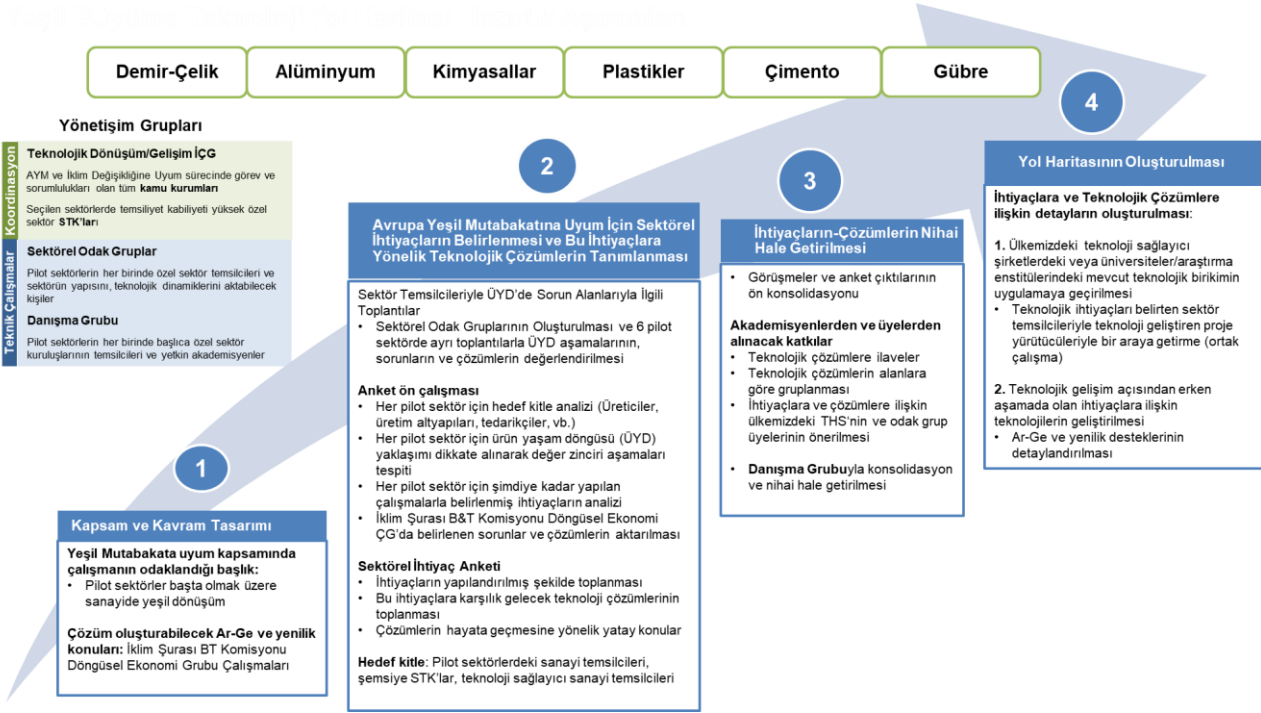
Ticaret Bakanlığı koordinasyonunda Temmuz 2021’de yayınlanan Avrupa Yeşil Mutabakatı Eylem Planı kapsamında, Mart 2022’de kurulan “Teknolojik Dönüşüm/Gelişim İhtisas Çalışma Grubu”, eylem planında yer alan “Hedef 2.2. Yeşil dönüşüm için teknolojik altyapının güçlendirilmesi” altındaki “Eylem 2.2.1. AYM’ye uyum ve yeşil üretimi destekleyecek ön plana çıkan teknolojilerin teknoloji ihtiyaç analizi ile belirlenmesi ve tespit edilen teknolojilerin geliştirilmesi/ yaygınlaştırılması/ transferine yönelik çalışmaların yapılması” ile görevlendirilmiştir. İhtisas Çalışma Grubu, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Milli Teknoloji Genel Müdürlüğü ve TÜBİTAK işbirliğinde çalışmalarını yürütmüş olup, Eylem 2.2.1.’de belirtilen teknolojik ihtiyaçların tespit edilmesi ve çözümlerin oluşturulmasına yönelik olarak “Yeşil Büyüme Teknoloji Yol Haritası” hazırlanmıştır. Özel Sektör kuruluşlarının yeşil dönüşümü gerçekleştirmek için ihtiyaç duydukları teknolojilerin belirlenmesi ve bu teknolojilerin yerli olarak geliştirilmesi için Yeşil Büyüme TYH çalışması yapılmaktadır. Belirtilen ihtiyaçlar ve oluşturulacak teknolojik çözümler, kamu kurumlarının Ar-Ge ve yenilik temelli destek ve teşviklerinde önceliklendirilecek olup diğer destek ve teşviklere de girdi oluşturacaktır.

Teknoloji Yol Haritası çalışmaları, mevcut yetkinlik açısından en yapılabilir, teknolojik eğilim bakış açısıyla en güncel, gelişim/büyüme/kalkınma için etki potansiyeli yüksek teknoloji tabanlı stratejik hedeflerin belirlenmesi bu hedeflere ulaştıracak teknolojik adımların belirlenmesi olmak üzere çok katmanlı bir sistematiğe yürütülmektedir (bkz, Şekil 1).



Şekil 1. Çok Katmanlı Teknoloji Yol Haritası Sistematiği

Yeşil Büyüme Teknoloji Yol Haritası Hazırlık Çalışmaları; Kapsam ve Kavram Tasarımı, Avrupa Yeşil Mutabakatına Uyum İçin Sektörel İhtiyaçların Belirlenmesi ve Bu İhtiyaçlara Yönelik Teknolojik Çözümlerin Tanımlanması, İhtiyaçların-Çözümlerin Nihai Hale Getirilmesi ve Yol Haritasının Oluşturulması olmak üzere dört aşamada yürütülmüştür. Yeşil Büyüme Teknoloji Yol Haritası Hazırlık Aşamaları Şekil 2’de verilmektedir:



Şekil 2. Yeşil Büyüme Teknoloji Yol Haritası Hazırlık Aşamaları

Teknoloji Yol Haritasının; ilgili alt teknolojiler özelinde belirlenecek stratejik hedefler, ülkemizin bu hedeflere ulaşması için geliştirilmesi kritik olan ürün ve teknolojiler, bunların geliştirilmesine yönelik Ar-Ge projeleri ve son olarak da geliştirilen kritik ürün/teknolojilerin öncelikli sektörel uygulamaları şeklinde çok katmanlı bir yapıda oluşturulması planlanmıştır.

Yeşil Büyüme Teknoloji Yol Haritası Yönetişim Mekanizması

Yeşil Büyüme Teknoloji Yol Haritası hazırlanması sürecinde ilgili kamu kurum kuruluşları ve özel sektör STK üyeleri arasındaki koordinasyon Teknolojik Dönüşüm/Gelişim İhtisas Çalışma Grubu

ile teknik çalışmaların yürütülmesi ise Sektörel Odak Grupları ve Danışma Grupları aracılığıyla sağlanmıştır. Yeşil Büyüme Teknoloji Yol Haritası hazırlanması sürecinde kullanılan yönetim mekanizmaları Şekil 3'de verilmektedir.

Koordinasyon

•Teknolojik Dönüşüm/Gelişim İÇG

- AYM ve İklim Değişikliğine Uyum sürecinde görev ve sorumlulukları olan tüm kamu kurumları
- Seçilen sektörlerde temsiliyet kabiliyeti yüksek özel sektör STK'ları

Teknik Çalışmalar

• Sektörel Odak Gruplar

- Pilot sektörlerin her birinde özel sektör temsilcileri ve sektörün yapısını, teknolojik dinamiklerini aktarabilecek temsilciler

• Akademik Danışma Grupları

- Pilot sektörlerin her birinde akademik çalışmaları ve Ar-Ge-Yenilik projeleriyle ön plana çıkan yetkin akademisyenler
- Sektörel Odak Grup Üyeleri

Şekil 3. Yeşil Büyüme Teknoloji Yol Haritası Hazırlık Çalışmaları Yönetişim Grupları

Yeşil Büyüme Teknoloji Yol Haritası Hazırlık Çalışmalarının koordinasyonu Teknolojik Dönüşüm/Gelişim İhtisas Çalışma Grubu Toplantıları ile sağlanmıştır. Teknolojik Dönüşüm/Gelişim İÇG'de, AYM ve iklim değişikliğine uyum sürecinde görev ve sorumlulukları bulunan tüm kamu kurumları ile seçilen sektörlerde temsiliyet kabiliyeti yüksek özel sektör STK üyeleri yer almıştır. Toplamda 43 Kuruluştan yaklaşık 100 üyenin katılım gösterdiği İÇG toplantıları aracılığıyla Yol Haritası Hazırlık sürecinin **tüm paydaşları** kapsamına ve çalışmaların **ortak akılla şekillenmesine** özen gösterilmiştir. Tablo 1'de Teknolojik Dönüşüm/Gelişim İhtisas Çalışma Grubu üye kurum ve kuruluşları, özel sektör temsilci listesi verilmektedir:

Tablo 1. Teknolojik Dönüşüm/Gelişim İhtisas Çalışma Grubu

Kamu Paydaşları (10 Kurum/Enstitü/Merkez)
T.C. Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi
T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı
T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı- İklim Değişikliği Başkanlığı
Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı (KOSGEB)
Türk Patent ve Marka Kurumu
Türk Standartları Enstitüsü
T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM)
T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Türkiye Enerji, Nükleer ve Maden Araştırma Kurumu (TENMAK)
TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (MAM)
TÜBİTAK Bilişim ve Bilgi Güvenliği İleri Teknolojiler Araştırma Merkezine (BİLGEM)

İç Paydaşlar (6 Kurum/Birim)
T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı - Milli Teknoloji Genel Müdürlüğü
TÜBİTAK Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikaları Dairesi
T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı - Sanayi Genel Müdürlüğü - Kimya Sanayi Daire Başkanlığı
T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı - Sanayi Genel Müdürlüğü - Metal Sanayi Daire Başkanlığı
T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı - Sanayi Genel Müdürlüğü - Çimento Sanayi Daire Başkanlığı
T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı - Sanayi Kaynaklarını Geliştirme Daire Başkanlığı/Çevre ve İklim Değişikliği Grubu
T.C. Ticaret Bakanlığı

Özel Sektör Şemsiye Kuruluşları (27 STK)
Dış Ekonomik İlişkiler Kurulu (DEİK)
Türkiye İhracatçılar Meclisi (TİM)
Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB)
Müstakil Sanayici ve İşadamları Derneği (MÜSİAD)
Türk Sanayicileri ve İş Adamları Derneği (TÜSİAD)
Türkiye Alüminyum Sanayicileri Derneği (TALSAD)
Boya Sanayicileri Derneği (BOSAD)

Çelik Boru İmalatçıları Derneği (ÇEBİD)
Çelik Dış Ticaret Derneği
Çelik İhracatçıları Birliği (ÇİB)
Girişimci Alüminyum Sanayici ve İşadamları Derneği (GALSİAD)
Gübre Üreticileri, İthalatçıları ve İhracatçıları Derneği (GÜİD)
İstanbul Demir ve Demir Dışı Metaller İhracatçıları Birliği (İDDMİB)
İstanbul Kimyevi Maddeler ve Mamulleri İhracatçıları Birliği (İKMİB)
Kauçuk Derneği
Kompozit Sanayicileri Derneği
Kozmetik ve Temizlik Ürünleri Sanayicileri Derneği (KTSD)
Patlayıcı Madde Sanayicileri Derneği (PAMSAD)
Plastik Sanayicileri Derneği (PAGDER)
Soğuk Haddeme Galvanizli ve Boyalı Sac Üreticileri Derneği (SOGAD)
Türk Plastik Sanayicileri, Araştırma, Geliştirme ve Eğitim Vakfı (PAGEV)
Türk Yapısal Çelik Derneği (TUCSA)
Türkiye Çelik Üreticileri Derneği (TÇÜD)
Türkiye Çimento Sanayicileri Birliği
Türkiye Döküm Sanayicileri Derneği (TÜDÖKSAD)
Türkiye Kimya Sanayicileri Derneği (TKSD)
Türkiye Mühendisler Birliği

Kapsam ve Kavram Çalışmaları

Yeşil Büyüme Teknoloji Yol Haritası Hazırlık Çalışmanın **ilk aşaması** olan ön hazırlık aşamasında, **Kapsam ve Kavram Çalışmaları** yürütülmüştür. Bu aşamada, pilot sektörlerin belirlenmesi ve gerekçelendirilmesi için araştırmalar yapılmış olup özellikle AB için Yeni Sanayi Stratejisi, Döngüsel Ekonomi Eylem Planı ve Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması kapsamında ele alınan sektörler incelenmiştir. Pilot Sektörlerin belirlenmesi ve gerekçelendirilmesi çalışmaları doğrultusunda Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Milli Teknoloji Genel Müdürlüğü ile koordinasyon toplantıları düzenlenmiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda, ekonomimiz için kritik olan, sektörlerde temel girdiler sağlayan ve karbon emisyonu açısından ön plana çıkan, üretim zincirlerinin ilk aşamalarındaki Demir-Çelik, Alüminyum, Çimento, Kimyasallar, Plastik ve Gübre sektörleri olmak üzere altı pilot sektör belirlenmiştir.

Belirlenen pilot sektör önerileri, **31 Mart 2022 tarihinde gerçekleştirilen Teknolojik Dönüşüm İhtisas Çalışma Grubu (İÇG) Hazırlık ve Eşgüdüm Toplantısında** grup üyeleri ile paylaşılmış ve onaylanmıştır.

Teknolojik Değişim/Dönüşüm İhtisas Çalışma Grubu 1. Toplantısı, 21 Nisan 2022'de Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı birimleri ve ilgili kuruluşları, Ticaret Bakanlığı, kamudaki diğer paydaşlar, ilgili kamu araştırma merkez/enstitüleri ve özel sektör şemsiye kuruluşları olmak üzere toplam 43 kuruluştan 100'ü aşkın katılımcıyla gerçekleştirilmiştir. Toplantıda çalışmanın kapsamı, iş planı ve takvimi, pilot sektörler ve planlanan çalışmalar konusunda bilgilendirme yapılarak üyelerin görüşleri ve katkıları alınmıştır.

Sektörel Kritik Üretim Teknolojilerinin ve Proseslerinin Tespiti / Teknolojik İhtiyaç ve Çözümlerin Taslak Olarak Belirlenmesi

Teknoloji Yol Haritası çalışmalarının ikinci aşamasında, Avrupa Yeşil Mutabakatına Uyum için Sektörel Kritik Üretim Teknolojilerinin ve Proseslerinin Tespiti / Teknolojik İhtiyaç ve Çözümlerin Taslak Olarak Belirlenmesi çalışması yürütülmüştür. Sektörel kritik üretim teknolojilerinin ve proseslerinin tespitine yönelik ürün yaşam döngüsü yaklaşımı ile pilot sektörlerde hammaddelerin üretiminden müşterinin kullanımı sonrasına kadar geçen tüm prosesler, girdiler ve çıktılar incelenmiş ve literatür taraması yapılmıştır. Ürün Yaşam Döngüsü Analizi yaklaşımı ile pilot sektörlerdeki bir ürün ya da hizmet üretiminde kullanılan hammadde, üretim, dağıtım, kullanım, geri dönüşüm veya atık aşamalarında yani yaşam döngüsündeki tüm aşamalarda girdi ve çıktıların çevresel etkiler araştırılmıştır.

Pilot sektörlerdeki teknolojik ihtiyaçlar; hammaddeden üretim proseslerine, enerji girdilerinden atık yönetimine ve kullanım sonrası geri kazanım aşamalarına kadar ürün yaşam döngüsü yaklaşımıyla tüm prosesler ve prosesler temelinde girdiler-çıktılar taranmış olup literatür taraması sonrasındaki bulgular sektörü temsil kabiliyeti olan şemsiye STK'lar ve sektörün önde gelen temsilcileri ile birlikte değerlendirilerek sektör kritik üretim teknolojileri taslak olarak hazırlanmıştır.

Bunun yanı sıra, her pilot sektör için şimdiye kadar yapılan çalışmalarla belirlenmiş ihtiyaçlar da analiz edilerek Kritik Üretim Teknolojilerinin ve Proseslerinin Tespiti / Teknolojik İhtiyaç ve Çözümlerin Belirlenmesine yönelik Sektörel Katkı Formu Ön Tasarımı yapılmıştır.

Sektörel Katkı Formu doğrultusunda, işletmelerin küresel ısınmayı sınırlandıran bir senaryo ile uyumlu faaliyet göstermelerinin önünde engel teşkil eden temel teknolojik ihtiyaç noktaları ve çözüm önerilerinin; ürün yaşam döngüsü yaklaşımıyla odak sektörlerin her birinin kendine has proses, girdi ve çıktıları doğrultusunda belirlenmesi amacıyla her bir pilot sektör için **Sektörel Odak Grubu** oluşturulmuştur. Sektörel Odak Grup üyeleri, pilot sektörlerdeki üreticiler, üretim altyapıları,

tedarikçiler ve benzeri aktörler bazı alınarak yapılan hedef kitle analizi ve Teknolojik Değişim/Dönüşüm İhtisas Çalışma Grubu üyelerinin önerdikleri sektör temsilcileri baz alınarak belirlenmiştir. Her odak grupta, ilgili sektörde temsiliyet kabiliyeti yüksek, özel sektör şemsiye STK'larından moderatörler seçilmiştir. 371 özel sektör temsilcisiyle kurulan Sektörel Odak Gruplarda; Demir Çelik Sektörü Türkiye Çelik Üreticileri Derneği (TÇÜD), Alüminyum Sektörü Girişimci Alüminyum Sanayicileri ve İşadamları Derneği (GALSİAD), Kimya Sektörü Türkiye Kimya Sanayicileri Derneği (TKSD), Plastik Sektörü Türkiye Plastik Sanayicileri Araştırma, Geliştirme ve Eğitim Vakfı (PAGEV), Çimento Sektörü Sektörel Odak Grubu Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği (TÜRKÇİMENTO) ve Gübre Sektörü Gübre İmalatçıları, İthalatçıları ve İhracatçıları Birliği (GÜİD) tarafından biraraya getirilmiştir.

Sektörel Odak Grup Toplantıları 24 Mayıs - 3 Haziran 2022 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir:

- Demir Çelik Sektörel Odak Grup Toplantılarına 87 özel sektör temsilcisi
- Alüminyum Sektörel Odak Grup Toplantılarına 58 özel sektör temsilcisi
- Kimyasallar Sektörel Odak Grup Toplantılarına 30 özel sektör temsilcisi
- Plastik Sektörel Odak Grup Toplantılarına 34 özel sektör temsilcisi
- Çimento Sektörel Odak Grup Toplantılarına 32 özel sektör temsilcisi
- Gübre Sektörel Odak Grup Toplantılarına 9 özel sektör temsilcisi katılım sağlamıştır.

Sektörel Odak Grup Toplantıları sürecinde odak grup üyelerinden toplantı öncesi girdiler alınmıştır. Sektörel Odak Grup Toplantıları ile ürün yaşam döngüsü yaklaşımıyla proses-girdi-çıktı temelinde teknolojik ihtiyaç ve çözümler hazırlanmıştır. Bu proseslerin daha yenilikçi proseslerle değiştirilmesi, girdilerin ve çıktıların temiz ve yeşil hale getirilmesini sağlayacak proses-girdi-çıktı aşamalarındaki teknolojik ihtiyaçların ve çözüm önerilerinin, her bir pilot sektördeki temsilcilerden katkılar alınarak nihai hale getirilmesi amacıyla çevrim içi (online) Katkı Formları nihai hale getirilmiştir. Katkı Formları her bir pilot sektör için hazırlanmış olup Katkı Formunda yer alan içerik aşağıda verilmektedir (bkz Şekil 4).

1. Üretim Teknolojisinin Seçilmesi
2. Seçilen Üretim Teknolojisindeki Prosesin Seçilmesi
3. Teknolojik İhtiyaçların ve Çözümlerin Belirlenmesi



Şekil 4. Kritik Üretim Teknolojilerinin ve Proseslerinin Tespiti / Teknolojik İhtiyaç ve Çözümlerin Belirlenmesine yönelik Sektörel Katkı Formu

Yeşil Büyüme ve İklim Değişikliği ile Mücadele/Uyum Kapsamında İyileştirmeye Açık «Teknolojik» Unsuru Tanımlayınız ve Teknolojik Çözüm Öneriniz.

Bu proses yerine yenilikçi başka bir prosesin kullanılmasına yönelik ihtiyaçlar ve çözümler		Prosesin aynı kaldığı durumda girdilerin değiştirilmesi/iyileştirilmesine ilişkin ihtiyaçlar ve çözümler		Prosesin aynı kaldığı durumda çıktıların iyileştirilmesine ilişkin ihtiyaçlar ve çözümler	
Proses		Girdi		Çıktı	
İhtiyaç	Çözüm	İhtiyaç	Çözüm	İhtiyaç	Çözüm
Hammade kurutma	Elektrikli ısıtma	Kuru plastik granül	Merkezi Kurutma-Otomasyon	Üretime uygun kurmuş hamamdde	Düşük enerji kullanımı, yüksek üretim kapasitesi, düşük fire oranları
Soğutma sistemi	Su soğutma	Soğuk su	Kapalı soğutma sisemleri kullanımı	Soğuk su	Daha az ısı kaybı, düşük enerji kullanımı
Makine verimi	Planlı bakım	Yağ, keçe, hortum...	Periyodik bakım ile bunları değişimi ve toplanması	Kirlenmiş yağ, keçe, hortum...	Uygun şekilde bertaraf edilmesi
Enerji	Yeni ve temiz enerji kaynağı	Güneş panelleri/ Rüzgar gücü	Çatıda güneş paneli yatırımı/Rüzgar gücü	Düşük enerji maliyeti	Minimum sınır konmaksızın teşvik kapsamına alınması

Her bir pilot sektör için hazırlanan Katkı Formları, sektörel ihtiyaçların yapılandırılmış şekilde toplanması ve bu ihtiyaçlara karşılık gelecek teknoloji çözüm önerilerinin alınması, çözümlerin hayata geçmesine yönelik yatay konuların belirlenmesi amacıyla sektör temsilcilerine, şemsiye STK'ların üyelerine ve pilot sektörlerde TÜBİTAK Ar-Ge ve Yenilik projeleri yürütmüş olan firmalara 14 Haziran 2022 tarihinde iletilmiştir.

Katkı formlarının nasıl doldurulacağına ilişkin bilgilendirmenin yapıldığı "İklim Değişikliği ve Avrupa Yeşil Mutabakatına İlişkin Teknolojik İhtiyaç/Çözüm Katkı Formu Bilgilendirme Toplantısı" Sektör Temsilcilerinin katılımıyla 6 Temmuz 2022 tarihinde gerçekleştirilmiştir.

Bilgilendirme toplantısında sektör temsilcilerinin yoğun talepleri üzerine çevrim içi katkı formlarına erişim 31 Temmuz 2022'ye kadar uzatılmıştır.

Çevrim içi Katkı Formları aracılığıyla pilot sektörler üretim teknolojileri temelinde alınan katkı sayıları aşağıda verilmektedir:

Demir Çelik Çevrim içi Katkı Formu: 14 Haziran-31 Temmuz 2022

İletilen Hedef Kitle: Odak grup üyeleri, ilgili STK'lar, STB Sanayi Daireleri , TÜBİTAK'tan Ar-Ge ve yenilik desteği almış firmalar.

Üretim Teknolojileri temelinde alınan girdi sayıları

Üretim Teknolojisi Adı	Üretim Teknolojisi Yanıt Sayısı
Yarı Mamul Çelik İşlenmesi	22
Döküm	21
Hurdadan Çelik Üretimi	20
Entegre Tesis Çelik Üretimi	9

Üretim Teknolojilerine
72 Katkı alınmıştır.

Alüminyum Sektörü Çevrim içi Katkı Formu: 14 Haziran-31 Temmuz 2022

İletilen Hedef Kitle: Odak grup üyeleri, ilgili STK'lar, STB Sanayi Daireleri , TÜBİTAK'tan Ar-Ge ve yenilik desteği almış firmalar.

Üretim Teknolojileri temelinde alınan girdi sayıları

Üretim Teknolojisi Adı	Üretim Teknolojisi Yanıt Sayısı
Yarı Mamul Alüminyum İşlenmesi	14
İkincil Alüminyum (Hurdadan) Üretimi	8
Parça Döküm	5
Birincil Alüminyum (Cevherden) Üretimi	3

Üretim Teknolojilerine
30 Katkı alınmıştır.

Kimyasallar Sektör Çevrim içi Katkı Formu: 14 Haziran-31 Temmuz 2022

İletilen Hedef Kitle: Odak grup üyeleri, ilgili STK'lar, STB Sanayi Daireleri , TÜBİTAK'tan Ar-Ge ve yenilik desteği almış firmalar.

Üretim Teknolojileri temelinde alınan girdi sayıları

Üretim Teknolojisi Adı	Üretim Teknolojisi Yanıt Sayısı
Esterleşme (Sentez)	8
Karbon Karası	4
Olefinler (Etilen, Propilen, Bütadien)	3
Buharla Kırma (Kraking)	1
Amonyak	1
Metanol	1
Sodyum Hidroksit (Mebran, Diyafram, Cıva)	1
Aromatikler (Ksilen Benzen Toluen)	1
Klor	0

Üretim Teknolojilerine
20 Katkı alınmıştır.

Plastik Sektörü Çevrim içi Katkı Formu: 14 Haziran-31 Temmuz 2022

İletilen Hedef Kitle: Odak grup üyeleri, ilgili STK'lar, STB Sanayi Daireleri , TÜBİTAK'tan Ar-Ge ve yenilik desteği almış firmalar.

Üretim Teknolojileri temelinde alınan girdi sayıları

Üretim Teknolojisi Adı	Üretim Teknolojisi Yanıt Sayısı
Geri Dönüşüm	13
Enjeksiyon	9
Ekstruzyon	5
Şişirme	3
Termaform	3
Biyoplastikler	3
Rotasyon	2

Üretim Teknolojilerine
38 Katkı alınmıştır.

Çimento Sektörü Çevrim içi Katkı Formu: 14 Haziran – 31 Temmuz

İletilen Hedef Kitle: Odak grup üyeleri, ilgili STK'lar, STB Sanayi Daireleri , TÜBİTAK'tan Ar-Ge ve yenilik desteği almış firmalar

Üretim Teknolojileri Temelinde Alınan Girdi Sayıları

Üretim Teknolojisi Adı	Üretim Teknolojisi Yanıt Sayısı
Çimento Üretimi	25
Klinker Üretimi	21
Beton Üretimi	14

Üretim Teknolojilerine
60 Katkı alınmıştır.

Gübre Sektörü Çevrim içi Katkı Formu: 14 Haziran-31 Temmuz 2022

İletilen Hedef Kitle: Odak grup üyeleri, ilgili STK'lar, STB Sanayi Daireleri , TÜBİTAK'tan Ar-Ge ve yenilik desteği almış firmalar.

Üretim Teknolojileri Temelinde Alınan Girdi Sayıları

Üretim Teknolojisi Adı	Üretim Teknolojisi Yanıt Sayısı
Organik Gübre Üretimi	31
Azotlu Gübre Üretimi	14
Kompoze Gübre Üretimi	13
Diğer	13
Buhar Üretimi	5
Su Hazırlama/Basınçlı Hava Üre	3
Sülfürik Asit Üretimi	2
Fosforik Asit Üretimi	2

Üretim Teknolojilerine
83 Katkı alınmıştır.

Çevrim içi alınan katkıların yanı sıra, Şubat ayında Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından organize edilen İklim Şurası kapsamında oluşturulan ve teknik koordinasyonunu TÜBİTAK'ın yürüttüğü Bilim ve Teknoloji Komisyonu çalışmalarından da ilgili tespit edilen sorun-çözümler alınmıştır. Komisyon altında odaklanılan ana konulardan birisi olan «Temiz ve Döngüsel Ekonomi» temasında, iklim değişikliğine uyum ve mücadeleye yönelik ülkemizin 2053 net sıfır emisyonu hedefi ve yeşil kalkınma politikası doğrultusunda çığır açıcı Ar-Ge ve yenilik temelli çözümler üretmek için çalışmalar yürütülmüştür. Dolayısıyla bu aşamaya girdi olabilecek nitelikte, teknolojik ihtiyaç ve çözümlere ilişkin ön çalışma yapma fırsatı olmuştur.

Her sektörde, ilgili odak grubunda belirlenen kritik üretim teknolojileri ve proseslere ilişkin tespitler, çevrim içi katkı formlarıyla alınan teknolojik ihtiyaçlar ve çözüm önerileri, İklim Şurası Bilim ve Teknoloji Komisyonu çıktıkları, her sektördeki “Mevcut En İyi Teknikler – Best Available Techniques (BAT)” referans dokümanlarından girdiler ve küresel teknolojik eğilimlerle zenginleştirilmiş ve pilot sektörlerdeki teknolojik ihtiyaçlar ve çözümler taslak olarak hazırlanmıştır. Hazırlanan taslak, **19 Ağustos 2022'de** kamu kurumlarından ve özel sektör şemsiye STK'larından 93 kişinin katılımıyla gerçekleştirilen **Teknolojik Değişim/Dönüşüm İhtisas Çalışma Grubu 2. Toplantısında** paylaşılarak üyelerin görüşleri alınmıştır.

Teknolojik İhtiyaç ve Çözümlerin Doğrulanması ve Zenginleştirilmesi

Yeşil Büyüme TYH 3. Aşamasında, **Teknolojik İhtiyaç ve Çözümlerin Doğrulanması ve Zenginleştirilmesi çalışmaları yapılmıştır.** Bu aşamada pilot sektörlerde, ilgili odak grubunda

belirlenen kritik üretim teknolojileri ve proseslere ilişkin tespitler, çevrim içi katkı formlarıyla alınan ihtiyaçlar ve çözüm önerileri, İklim Şurası Bilim ve Teknoloji Komisyonu çalışmalarında ilgili sektörlerle yönelik oluşturulan sorun ve çözümler ile her sektördeki “Mevcut En İyi Teknikler – Best Available Techniques (BAT)” referans dokümanlarından girdiler konsolide edilerek hazırlanan Taslak Sektörel Teknolojik İhtiyaçlar ve Çözümler Dokümanına ilişkin akademisyen görüşünün alınması amaçlanmıştır. Akademisyen katkılarının alınması amacıyla, Temmuz 2022’de hazırlanan pilot sektörlerdeki teknolojik ihtiyaçlar ve çözümleri içeren Taslak Form kullanılarak Proses-Girdi-Çıktı ve İhtiyaç-Çözüm matrisini içeren **Akademisyen Katkı Formu** hazırlanmıştır, (bkz, Şekil 5).

Şekil 1 ve Tablo 1'i incelediğinizde kimyasallar sektöründe Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın önümüzdeki dönemde getireceği yasal zorunluluklar ve iklim değişikliğine uyum bakımından bu başlıkları yeterli buluyor musunuz?

Eklennesinde fayda gördüğünüz bir başlık var mıdır? Eğer varsa detaylı olarak başlığı ve açıklamalarını aktarınız.

Kısa İsmi	Teknolojik Hedef	Kritik Ürün Teknoloji	Ekleme/Çıkarma/Birleştirme/Ayırma/Değiştirme Önerileriniz ve Görüşleriniz
1. Buharlı Kırıcı – Enerji Kullanımı	Petrokimyasalların üretiminde kullanılan Buharlı Kırıcıların (çiracılar) enerji kullanımına yönelik yeşil ve sürdürülebilir çözümleri geliştirilmesi, üretime entegre edilmesi	1.1 Elektrikle çalışan Buharlı Kırıcı: - Tasarlanması, geliştirilmesi ve üretime entegre edilmesi - Halihazırda buharlı kırıcıların elektrifikasyonu	
		1.2 Buharlı Kırıcıda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasına yönelik teknolojik çözümler: - Deniz üstü ve karasal rüzgar ve güneş enerjisi kullanılması - Kırıcı yakıtı olarak biyogaz kullanımı - Yeşil hidrojen, yeşil hidrojen metanol kullanılması (Enerji grubunda ele alınacaktır)	

Şekil 5. Akademisyen Katkı Formu

Temmuz 2022’de hazırlanan taslak sektörel ihtiyaçlar ve kritik ürün teknolojilere ilişkin görüş alınacak akademisyen listesi belirlenmiştir. Akademisyen listesinin belirlenmesi amacıyla İhtisas Çalışma Grubu ve Sektörel Odak Grup üyelerinden her sektör için akademisyen önerileri alınmıştır. Önerilen akademisyenlerin akademik çıktı üretme ve Ar-Ge-Yenilik projeleri tamamlama performanslarıyla çalışma konuları belirlenmiştir. Önerilen tüm akademisyenlere taslak teknolojik ihtiyaçlar ve çözümleri içeren Akademisyen Katkı Formu iletilerek, Eylül 2022 boyunca katkıları toplanmıştır.

Katkı Formu aracılığıyla Proses-Girdi-Çıktı ve İhtiyaç-Çözüm matrisi üzerinden alınan akademisyen görüşleri konsolide edilerek Taslak Ar-Ge ve Yenilik Konuları hazırlanmıştır.

Hazırlanan Ar-Ge ve Yenilik konuları 10 Ekim 2022 tarihinde gerçekleştirilen Teknolojik Değişim/Dönüşüm İhtisas Çalışma Grubunun 3.Toplantısında üyelerle paylaşılmış ve görüşleri alınmıştır.

Yol Haritasının Oluşturulması

Yeşil Büyüme TYH 4. Aşamasında Yol Haritası detay içeriklerin oluşturulması çalışmaları yürütülmüştür. Bu aşamada katkı formları aracılığıyla belirlenen ihtiyaçlar ve teknolojik çözümlere ilişkin detayların oluşturulması ve odaklanması gereken Ar-Ge ve yenilik konularının nihai hale getirilmesi çalışmalarını yürütmek amacıyla her bir pilot sektör için **Danışma Grupları** oluşturulmuştur. Danışma Grubu, Sektörel Odak Gruplarında bulunan sektör temsilcileri ve akademisyenlerden oluşmaktadır. Danışma Gruplarında yer alan akademisyenler, iletilen Akademisyen Katkı Formuna nitelikli katkı sağlamaları, son yıllardaki çalışma alanları, akademik çıktı üretme ve Ar-Ge-Yenilik projeleri yürütme performansları listelenerek; öneren kuruluş ve akademisyenin görev yaptığı kuruluş dağılımları gözetilerek belirlenmiştir. Akademisyen üyelerinin belirlenme kriterleri aşağıda verilmektedir:

Sektör	Alınan Akademisyen Önerisi Sayısı
Demir-Çelik	27
Alüminyum	29
Çimento	37
Gübre	33
Kimyasallar	30
Plastik	69

Her Danışma Grubunda **en nitelikli katkı veren özel sektör kuruluşları** ve **15 Akademisyen/ Araştırmacı** bulunması planlanmaktadır.

Akademisyenlerin Seçim Kriterleri

- ✓ Katkı formuna nitelikli katkı vermiş olması
- ✓ İlgili sektörde ve alanda akademik çıktı
- ✓ Ar-Ge ve yenilik projeleri gerçekleştirme performansı
- ✓ Alanların dağılımı
- ✓ Kuruluş dağılımı (öneren kuruluş ve akademisyenin kuruluşu)

Şekil 6. Danışma Grubu Akademisyen Üyelerin Belirlenmesi

Her pilot sektör için belirlenen Danışma Grupları, Eylül 2022- Ocak 2023 döneminde alanında yetkin yaklaşık 100 akademisyen ve araştırmacı ve sektör temsilcileri ile birlikte 4 ay süren 60'ın üzerinde toplantıyla, özel sektörün yeşil dönüşümü için belirlenen ihtiyaçlara teknolojik çözümler oluşturulmuştur. Toplantılarda Şekil 6'da yol haritası kapsamında detayları verilen içeriklerin oluşturulması çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Yeşil Büyüme TYH çalışması kapsamında, Toplantılarda, ilk olarak teknolojik ihtiyaçların ve çözümlere odaklanan Ar-Ge yenilik konularının nihai hale getirilmesi ve Ar-Ge konularının detaylandırılması çalışmaları ele alınmıştır.



Şekil 7.Yeşil Büyüme Teknoloji Yol Haritası İçeriği

Danışma Gruplarında yapılan çalışmalarla nihai teknolojik ihtiyaçların ve çözümlerin belirlenmesini müteakip, konunun teknik açıklamaları, bu konularda daha önce desteklenen Ar-Ge ve Yenilik projelerinde gelinecek teknolojik hazırlık seviyeleri, teknoloji geliştiren kuruluşlar, dünyadaki başarılı örnekler ve ülkemizdeki girişimler ve işbirliği ve destek mekanizmalarının ve zaman boyutunun belirlenmesi çalışmaları detaylandırılmıştır.

Hazırlanan Yeşil TYH, Ocak-Şubat 2023 döneminde İÇG üyelerine ve TÜBİTAK'ın ilgili destek gruplarında yer alan Yürütme ve Danışma Komitelerindeki görev alan akademisyenler olmak üzere yaklaşık 250 kişiye iletilmiş ve görüş ve önerileri alınmıştır. Gelen görüşler sonrasında Yeşil Büyüme TYH 2023 yılı Nisan Ayında tamamlanmıştır.

Yeşil Büyüme TYH'de Demir-Çelik, Alüminyum, Çimento, Gübre, Kimyasallar ve Plastik sektörlerinin, AYM'nin önümüzdeki yıllarda getireceği yasal zorunluluklardan zarar görmemesi ve teknoloji tabanlı, etkin bir yeşil büyüme doğrultusuna girmeleri için ihtiyaç duydukları kritik teknolojiler ve ürünler ortaya konmuştur. Bu teknolojiler ülkemizin gelecekteki büyüme dinamiklerini etkileyecek teknolojik eğilimlerdir.

Yeşil Büyüme Teknoloji Yol Haritası kapsamında;

- Demir Çelik Sektörü için 6 Hedef, 13 Kritik Ürün ve Teknoloji
- Alüminyum Sektörü için 5 Hedef, 8 Kritik Ürün ve Teknoloji
- Kimyasallar Sektörü için 9 Hedef, 22 Kritik Ürün ve Teknoloji
- Plastik Sektörü için 4 Hedef, 8 Kritik Ürün ve Teknoloji

TÜBİTAK Yeşil Büyüme Teknoloji Yol Haritası, Genel Bilgiler ve Metodoloji, 2023

- Çimento Sektörü için 3 Hedef, 7 Kritik Ürün ve Teknoloji
- Gübre Sektörü için 4 Hedef, 13 Kritik Ürün ve Teknoloji belirlenmiştir.

Yeşil Büyüme kapsamında Demir Çelik, Alüminyum, Kimyasallar, Plastik, Çimento ve Gübre sektörleri için belirlenen Hedef ve Kritik Ürün Teknolojiler Şekil 8'de sunulmaktadır.

Demir-Çelik Sektörünün Yeşil Dönüşümü için Teknolojik İhtiyaçlar ve Çözümler

- 1.1. Kok fırınlarında iyileştirilmiş ve alternatif kömür hammaddelerin kullanılması
- 1.2. Sinter ve Pelet tesislerinde enerji ve hammadde girdilerinin ve verimliliğinin iyileştirilmesi
- 1.3. Yüksek fırınların ve bazik oksijen fırınlarının alternatif hammadde kaynaklarının kullanımına ve enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik teknolojiler
- 1.4. Yüksek fırınlarda ve bazik oksijen fırınlarında dögüsel ve geri kazanım/kullanıma yönelik atık yönetimi proseslerinin tasarlanması, uygulanması

1. Entegre Demir-Çelik Üretimi



- 2.1. Sürekli döküm, haddeme, ısı işlem ve yüzey işlem proseslerinin iyileştirilmesine ve verimliliğini artırmaya yönelik alternatif ve yenilikçi proseslerin ve yöntemlerin geliştirilmesi

2. Sürekli Döküm ve Yarı Mamul İşlenmesi (Haddeme, Isıl ve Yüzey İşlem)

- 4.1. DRI ve diğer alternatif Demir-Çelik üretim yöntemleri geliştirilmesi, pilot gösterimleri ve ölçek büyüme çalışmaları

4. DR (Doğrudan İndirgeme) ve Diğer Alternatif Demir-Çelik Üretim Yöntemleri



- 5.1. Parça dökümde enerji verimliliğini artırmaya yönelik alternatif proseslerin ve yöntemlerin geliştirilmesi
- 5.2. Parça dökümde proses çıktılarının (döküm kumları, cürufur, filtre tozları vb.) değerlendirilmesine yönelik yöntemlerin geliştirilmesi

5. Parça Döküm



- 3.1. Hurdadan ayıklama ve hazırlama proseslerinin iyileştirilmesine yönelik yöntemlerin ve uygulamaların geliştirilmesi
- 3.2. Hurdadan çelik üretiminde alternatif hammaddelerin kullanımına yönelik yöntemlerin geliştirilmesi
- 3.3. Elektrikli ark ve pota ocaklarından çıkan katı atıkların dögüsel ekonomi süreçleriyle geri dönüşümüne yönelik yenilikçi proseslerin ve uygulamaların geliştirilmesi

3. Hurdadan Çelik Üretimi – Elektrikli Ark Ocağı, İndüksiyon Ocağı ve Pota Ocağı Fırınları

- 6.1. Demir-çelik ve parça döküm sektörlerinde optimizasyon, enerji girdisi, verimlilik ve atık yönetimine yönelik uygulamaların geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması
- 6.2. Karbon yakalama, kullanımı ve depolama (CCUS) teknolojilerinin prosese entegrasyonuna yönelik çalışmalar gerçekleştirilmesi

6. Demir-Çelik ve Parça Döküm Sektöründe Optimizasyon, Enerji Girdisi, Verimlilik ve Atık Yönetimi



Alüminyum Sektörünün Yeşil Dönüşümü için Teknolojik İhtiyaçlar ve Çözümler

- 1.1. Alümina üretiminde **enerji verimliliğinin artırılması, iyileştirilmiş hammaddeler ve proseslerin** kullanılmasına yönelik teknolojilerin geliştirilmesi
- 1.2. Alüminyum üretim prosesinde **yenilikçi proseslerin** geliştirilmesi ve entegrasyonları

1. Birincil Alüminyum Üretiminde Karbon Ayak İzinin Azaltılması



- 2.1. İkincil Alüminyum üretiminde, alüminyum **hurda ayıklama ve hazırlama** için yenilikçi teknolojilerin/yöntemlerin geliştirilmesi ve üretim sürecine entegrasyonları
- 2.2. İkincil Alüminyum üretiminde **enerji verimliliğini artırmaya yönelik** proseslerin ve yöntemlerin geliştirilmesi

2. İkincil Alüminyum Üretiminde Hurda Ayıklama, Verimlilik Artışı



- 3.1. Döküm, haddeleme, ekstrüzyon, dövme, ısıl işlem ve yüzey işlem proseslerinin **enerji verimliliklerinin artırılmasına** yönelik uygulamaların geliştirilmesi

3. Yarı Mamul İşlemede Enerji Verimliliği



- 4.1. Alüminyum parça dökümünde malzeme, makine ve sıvı metal **proses teknolojilerinin** geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması
- 4.2. Alüminyum parça dökümünde **proses tasarımı ve optimizasyonuna** yönelik teknolojilerin geliştirilmesi

4. Alüminyum Parça Dökümde Verimlilik Artışı



- 5.1. Alüminyum sektöründe optimizasyon, enerji girdisi, verimlilik ve atık yönetimine yönelik uygulamaların geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması

5. Alüminyum Sektöründe Optimizasyon, Enerji Girdisi, Verimlilik ve Atık Yönetimi



Kimyasallar Sektörünün Yeşil Dönüşümü için Teknolojik İhtiyaçlar ve Çözümler

- 1.1. Kimya sanayiinde hammadde ve procese dayalı **karbon ve su ayak izinin azaltılmasına yönelik yenilikçi çözümler ve katalizörler**
- 1.2. Temel **petrokimyasalların** sürdürülebilir üretimi

1. Enerji Yoğun Proseslerde Temiz Enerji Kullanımı ve Enerji Verimliliğinin Artırılması, Sürdürülebilir Hammadde Kullanımı



- 2.1. **Biyokütle kaynaklarından** (tarım, orman, evsel) ve **endüstriyel organik atıklardan** gazlaştırma, piroliz gibi termokimyasal ve/veya biyokimyasal yöntemlere dayalı **biyorafineri teknolojileri ve uygulamalarının** geliştirilmesi
- 2.2. Biyorafinerilerde kullanılacak **biyoreaktör verimlerinin artırılması**

2. Biyorafineriler



- 3.1 **Mavi Amonyak** üretimine ilişkin yenilikçi teknolojilerin geliştirilmesi
- 3.2. **Yeşil Amonyak** üretimi

3. Mavi/Yeşil Amonyak Üretimi



- 4.1. **Mavi Metanol** üretimine yönelik teknolojilerin geliştirilmesi
- 4.2. **Yeşil Metanol** üretimine yönelik teknolojilerin geliştirilmesi

4. Mavi/Yeşil Metanol Üretimi



- 5.1. Esterleşme proseslerinin minimum enerji ile ve sürdürülebilir hammaddeler kullanılarak gerçekleştirilmesi
- 5.2. Plastik sektörü için plastifiyan ve alev geciktirici üretimi
- 5.3. Yeşil çözücülerin ve fermente asit tuzlarının üretimi
- 5.4. Biyobazlı poliol üretim süreçlerinin geliştirilmesi (poliüretan ve poliester gibi proseslerde kullanılmak üzere)
- 5.5. Karbon kaynağı olarak karbondioksitin yeşil kimyasalların üretiminde kullanılması
- 5.6. Karbon kaynağı olarak karbondioksit ve yeşil hidrojenin kullanılması ile sentetik yakıt üretimi

5. Yeşil Kimyasallar (Esterler, Oleokimyasallar, Epoksiler gibi) ve Sentetik Yakıtlar



- 6.1. **Elektroliz proseslerinin iyileştirilmesiyle** yeşil hidrojen üretim teknolojilerinin geliştirilmesi
- 6.2. **Fotokatalitik proseslerinin iyileştirilmesiyle** yeşil hidrojen üretim teknolojilerinin geliştirilmesi
- 6.3. **Yeşil hidrojen depolama teknolojilerinin** geliştirilmesi

6. Yeşil Hidrojen Üretim Prosesleri



- 7.1. **Membran üretimi** ve kullanımına yönelik teknolojiler
- 7.2. **Yeni adsorban/adsorbent üretimi** ve kullanımına yönelik teknolojiler

7. Yeşil Kimyada İleri Ayırma Teknolojileri-Membranlar ve Adsorbanlar



- 8.1. Kauçuk sektöründe **yenilikçi geridönüşüm proseslerinin** geliştirilmesi
- 8.2. Doğal kauçuk ve karbon siyahı yerine kullanılabilen daha **çevre dostu alternatif ürünlerin** geliştirilmesi

8. Kauçuk Sektöründe Kullanılabilecek Alternatif Maddeler



- 9.1. **Yerli Kaynaklardan ve Atıklardan Geri Kazanım** teknolojilerinin geliştirilmesi

9. Yerli Kaynaklardan ve Atıklardan Kritik Hammaddelerin Üretimi



Plastik Sektörünün Yeşil Dönüşümü için Teknolojik İhtiyaçlar ve Çözümler

1.1. Atıkların toplanması, atıkların tasnifi, kaynağında ayrıştırılması (Kompostlanabilen ve Kompostlanamayan vb.)

1.2. Plastik sektörü atıklarının mekanik geri dönüşümlerine yönelik proseslerin ve teknolojilerin geliştirilmesi, pilot uygulamaların gerçekleştirilmesi

1.3. Plastik sektörü atıklarının kimyasal ve biyolojik geri dönüşümlerine yönelik proseslerin ve teknolojilerin geliştirilmesi, pilot uygulamaların gerçekleştirilmesi

1.4. Kapalı devre geri dönüşüm sistemlerinin oluşturulması (bottle-to-bottle)- Kapalı çevrim-depozit işlemleri

1. Geri Dönüşüm



2.1. Plastik sektöründe kullanılan proseslerde (Enjeksiyon, Ekstrüzyon, Şişirme, Rotasyon, Termoform gibi) enerji kullanımına yönelik yeşil ve sürdürülebilir çözümlerin geliştirilmesi, üretime entegre edilmesi

2. Plastik Üretim Proseslerinde Enerji Verimliliği



3.1. Polimer işleme makinalarının verimliliğinin artırılmasına yönelik yenilikçi tasarımlar, teknolojiler ve uygulamalar

3. Plastik Sektöründe Kullanılan Polimer İşleme Makinalarının Verimliliği



4.1. Biyobazlı malzemelerin üretiminde yenilikçi ve yeşil teknolojiler

4.2. Biyobazlı malzeme üretim süreçlerinde gıda dışı kaynakların kullanımına ve enerji verimliliğine yönelik teknolojilerin geliştirilmesi

4.3. Biyobazlı malzemelerin geri kazanımına yönelik teknolojik çözümlerin geliştirilmesi

4. Biyobazlı (biobased) Malzemeler



Çimento Sektörünün Yeşil Dönüşümü için Teknolojik İhtiyaçlar ve Çözümler

- 1.1. Klinker, çimento ve beton üretim süreçlerinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasına yönelik yerli teknolojik çözümlerin geliştirilmesi
- 1.2. Klinker ve çimento üretim proseslerinin verimliliğini artırarak karbon ayak izini azaltacak şekilde iyileştirmelerine yönelik teknolojilerin geliştirilmesi

1. Klinker, Çimento ve Beton Üretimine Yönelik Enerji Çözümleri



- 2.1. Klinker üretim süreçlerinin iklim etkilerini en aza indirecek ve verimliliklerini artıracak iyileştirmelere yönelik teknolojilerin ve uygulamaların geliştirilmesi
- 2.2. Klinker üretim süreçlerine entegre edilecek şekilde maliyet etkin karbon dioksit yakalama, depolama ve kullanımına yönelik teknolojilerin geliştirilmesi ve uygulamaların gerçekleştirilmesi

2. Klinker Üretiminde İklim Etkilerinin Azaltılması ve Verimin Artırılması



- 3.1. Beton ve çimento bağlayıcı malzemelerin üretim sürecinde karbon ayak izinin azaltılmasına yönelik alternatif çimento türlerinin kullanımının yaygınlaştırılması için pilot uygulamalar ve teknolojilerin geliştirilmesi
- 3.2. Beton ve çimento bağlayıcı malzemelerin ve hammaddelerinin üretim ve bakım sürecinde endüstriyel kaynaklı atık ısı ve karbondioksit emisyonlarının kullanımı ve değerlendirilmesine yönelik çözümlerin geliştirilmesi
- 3.3. Beton ve çimento bağlayıcı malzemelerin üretim sürecinde çimento kullanımını azaltmaya ve dayanıklılığı/kalıcılığı artırmaya imkan sağlayacak malzeme ve süreçlerin geliştirilmesi

3. Beton ve Çimento Bağlayıcı Malzemelerin Üretimine İyileştirilmesi ve Yeni Süreçlerin Geliştirilmesi



Gübre Sektörünün Yeşil Dönüşümü için Teknolojik İhtiyaçlar ve Çözümler

- 1.1. **Yenilenebilir ve yeni nesil enerji sistemlerinin** organik gübre üretimindeki fermentasyon, kurutma, hijyenizasyon ve buharlaştırma süreçlerinde kullanım
- 1.2. Aerobik/Anaerobik **fermente gübre** üretiminin yaygınlaştırılmasına yönelik teknolojilerin geliştirilmesi ve pilot gösterimlerin yapılması
- 1.3. Besin içeriği **yüksek organo-mineral gübrelerin** üretimine yönelik yenilikçi organik ve kimyasal katkıların ve süreçlerin öncelikli olarak yerel kaynaklar kullanılarak tasarlanması
- 1.4. **Biyostimulantların**, öncelikli olarak yerel kaynaklardan geliştirilmesi

1. Organik ve Organo-mineral Gübre Üretim Teknolojileri



- 2.1. **Kompoze gübre** üretim süreçlerinde **kayıpların önlenmesi** ve **geri kazanım** ilişkin yöntemlerin geliştirilmesi
- 2.2 **Azotlu gübre** üretiminin **hammadde, katalizörler** açısından iyileştirilmesi, daha verimli hale getirilmesi ve **azot gazı emisyonlarının düşürülmesine** ilişkin teknolojilerin geliştirilmesi
- 2.3. **Sülfürik asit** üretim sürecinde döngüsel süreçlerin tasarlanarak **enerji-kaynak verimliliği sağlanması** ve **sülfür dioksit emisyonlarının azaltılmasına** yönelik teknolojilerin geliştirilmesi
- 2.4. **Fosforik asit** üretim sürecinde döngüsel süreçler tasarlanarak **verimlilik artışı** ve **emisyon azaltımı** sağlanmasına yönelik teknolojilerin ve uygulamaların geliştirilmesi

2. Mineral Gübre Üretim Süreçleri



- 3.1. **Gübre etkinliğini artıracak** yeni nesil **aktivatör, kaplama, inhibitör** ve benzeri maddelerin üretimine ve uygulamalarına yönelik teknolojilerin geliştirilmesi
- 3.2. **Nanogübrelerin** ekonomik ve ekolojik üretimine yönelik teknolojilerin geliştirilmesi ve pilot gösterimlerin yapılması
- 3.3. **Yavaş salımlı ve kontrollü salımlı** gübrelerin üretilmesi ve ilgili teknolojilerin geliştirilmesi

3. İleri Teknoloji Gübreler



- 4.1. **Toprak ve bitki analizlerinin** izlenmesi ve değerlendirilmesi için yeni teknolojilerin geliştirilmesi
- 4.2 **Biyosensör** teknolojilerinin geliştirilmesi

4. Gübrelerin Etkin Kullanımı



Şekil 8. Yeşil Büyüme Teknoloji Yol Haritası Sektörel Teknoloji Hedefleri

Ülkemizin 2053 net sıfır emisyonu hedefi ve yeşil kalkınma politikası doğrultusunda çığır açıcı Ar-Ge ve yenilik temelli çözümler; ekosistemdeki tüm paydaşlarla birlikte Demir-Çelik, Alüminyum, Çimento, Kimyasallar, Plastik ve Gübre sektörlerinde 2026, 2030 ve 2035 yıllarına ilişkin hedefler olarak belirlenmiştir. Tüm teknolojik hedefler; teknik açıklamalar, dünyadaki ve Türkiye'deki mevcut teknolojik hazırlık seviyeleri, ulusal ve uluslararası başarılı örnekler, teknolojinin kullanımı ve yaygınlaştırılmasına yönelik altyapılar, insan kaynakları, teşvikler gibi destekleyici unsurlarıyla birlikte detaylandırılmıştır.

Hazırlanan Yeşil Büyüme Teknoloji Yol Haritası akademisyenler, kamu araştırma merkezleri, kamu kurumları ve özellikle sanayi kuruluşları tarafından, kendi katkılarıyla oluşturulmuş hedefler doğrultusunda yeni projelerin, girişimlerin, platformların oluşturulması beklenmektedir.

Yukarıdaki teknoloji temelli hedeflerden de görüleceği gibi, yeşil büyüme hedeflerinin ülkemizdeki **yenilenebilir ve/veya temiz enerji** alanındaki Ar-Ge ve yenilik faaliyetlerini ve yatırımlarını artırması beklenmektedir. Özellikle **hidrojen teknolojilerinin** yukarıda belirtilen sektörler açısından büyük katkılar sağlama potansiyeli bulunmaktadır. **Karbon yakalama ve kullanma teknolojilerinin** de, sektörler özelinde çalışıldığında ve yakalama sonrası kullanıma doğrudan verilmesi söz konusu olduğunda büyük faydalar sağlayabileceği değerlendirilmektedir. Ancak karbon

depolama teknolojilerinin, depolama yeri sıkıntısı ve maliyetinin çok yüksek olmasından dolayı; maliyet etkinliği sorununun çözülmesinden sonra uygulamalara yansıtacağı öngörülmektedir.

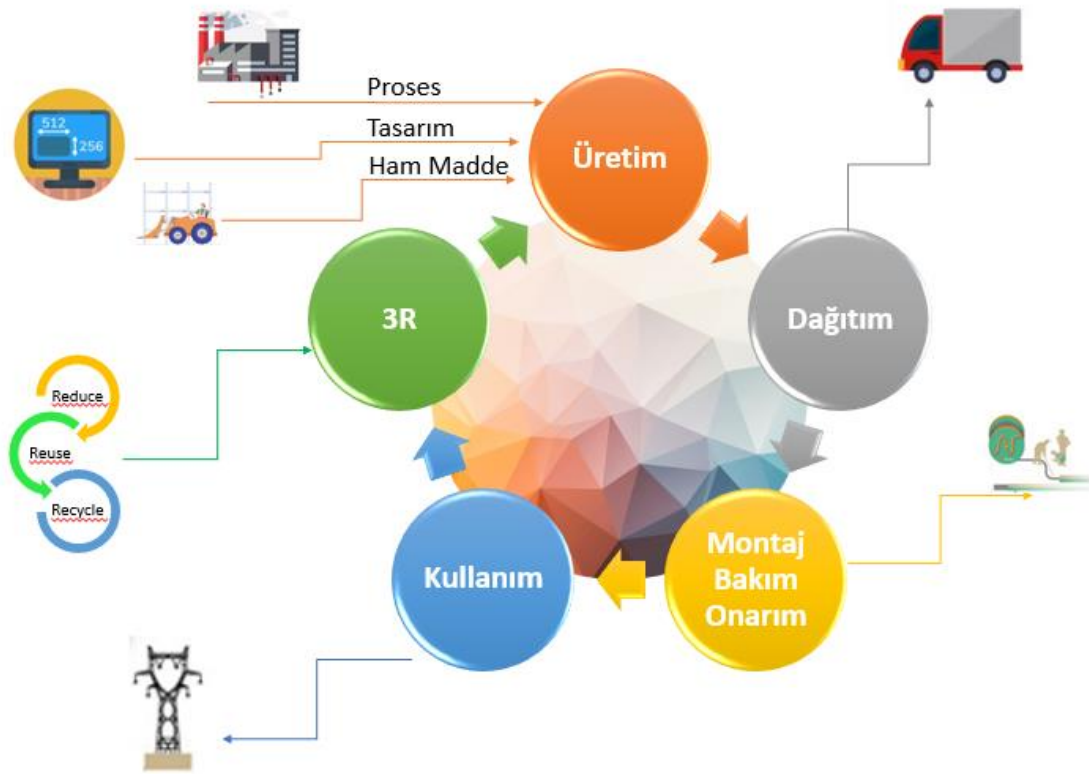
Bunun yanı sıra döngüsel ekonomiye ilişkin uygulamalar ve tasarımlara olan ihtiyacın **fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma, atık yönetimi ve atıkların katma değerli ürünlere, hammaddelere, ara ürünlere dönüştürülmesine ilişkin Ar-Ge ve yenilik faaliyetlerinin** artacağı beklenmektedir:

- ✓ Birlikte çalışma ve birlikte başarıma modeline (co-creation) dayalı destek mekanizmamız olan Sanayi Yenilik Ağ Mekanizması (SAYEM) çağrısına **özel sektör, üniversite ve kamu işbirliğiyle oluşturulacak olan Ar-Ge ve Yenilik Platformları** başvurabilecektir.
- ✓ Bu platformlar aracılığıyla **Ürünleştirme Yol Haritalarının (ÜYH) oluşturulması ve bu Yol Haritaları çerçevesinde yeşil dönüşüme yönelik ürün veya ürün grubu geliştirilmesine yönelik faaliyetler** desteklenecektir.
- ✓ Proje başvuruları TEYDEB Proje Değerlendirme İzleme Sistemi (PRODİS) üzerinden **23 Ocak 2023** tarihi itibarıyla alınmaya başlanacaktır. TÜBİTAK tarafından ayrıca bir duyuru yapılana kadar çağrılar **sürekli başvuruya açık** olacaktır.

Ürün Yaşam Döngüsü Yaklaşımı

Yeşil Büyüme Teknoloji Yol Haritası, Ürün Yaşam Döngüsü Analizi yaklaşımı ile pilot sektörlerdeki bir ürün ya da hizmet üretiminde kullanılan hammadde, üretim, dağıtım, kullanım, geri dönüşüm veya atık aşamalarında yani yaşam döngüsündeki tüm aşamalarda girdi ve çıktılarının çevresel etkiler göz önünde bulundurularak hazırlanmıştır. Demir-Çelik Sektörü Danışma Grubu Üyesi Prof. Dr. Gökçen Altun ÇİFTÇİOĞLU tarafından Ürün Yaşam Döngüsü değerlendirmesine ilişkin hazırlanan bölüm aşağıda sunulmaktadır:

Yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) çalışması en genel hali ile bir ürün veya hizmetin “beşikten mezara” bakış açısı ile tüm yaşam döngüsü aşamalarının incelenerek etkilerinin modellenmesi olarak tanımlanmış bir araçtır (Şekil 9). LCA firmaların çevresel etkilerini belirlemede ve hangi aşamalarda öncelikli olarak kontrol altına alma çalışmalarına odaklanması gerekliliğini ve finansal yatırımları yönlendirmede kullanılabilecek iyi bir çevresel etki hesaplama aracıdır.



Şekil 9. Yaşam döngüsü değerlendirme aşamaları

Konvansiyonel çevresel etki çalışmalarında ise göz önünde bulundurulmuş genellikle üretim aşamasıdır. Beşikten mezara yaklaşımı ile bir ürün veya hizmet için yapılan LCA çalışmalarındaki kapsam ise hammaddenin doğadan elde edilmesiyle başlayıp, üretim, kullanım süreçleri ve faydalı hizmet ömrünün sona erip atık bertarafı aşamalarından oluşmaktadır.

Ancak sürekli tek yönlü olan tüketimlerdeki iyileştirmeler ile atık yönetimine odaklanarak yapılan iyileştirme çalışmaları, dünya üzerinde yaratılan etkinin azaltılmasında olumlu katkılar sunsa da istenen değerlerde değildir. Dolayısı ile yaratılan etkilerin sonuçlarının anlaşılması, insanları ve işletmeleri daha sürdürülebilir olmaya yönlendirmiştir. Bu yönelim, çevresel performansı iyileştirmek için sadece atık yönetiminin bertaraf ve doğaya geri dönüş aşamalarından oluşan tek yönlü bakış açısından uzaklaştırarak faydalı ömrünü kaybetmiş ürünlerin, üretim aşamasında çıkan atıkların, ikincil yan ürünlerin, fazla ısıların, gaz emisyonlarının tekrar yaşam döngüsünde kullanılabilme bakış açısının gelişimini sağlamıştır. Sürdürülebilir yarımların önemi arttıkça döngüsel ekonomi konvansiyonel LCA ile bütünleşmiştir. Günümüzde döngüsel LCA yaklaşımı malzemelerin üretimlerindeki ve tüm diğer aşamalarındaki etki analizlerinin yapılarak emisyon dağılımlarının hesaplanmasında ve değerlendirilmesinde kullanılan en önemli model olmuştur.

Avrupa yeşil mütabakatı kapsamında ise çevresel etkilere neden olan aktiviteler karbon ayak izi ile ifade edilmekte ve kademeli olarak yapılacak yatırımlar ile sıfır karbon ile üretime geçme hedeflenmektedir.

Karbonsuzlaştırma taahhüdünde bulunmak ve küresel iklim hedeflerini yerine getirmek için yapılacak olan döngüsel ekonomi adımları küresel ekonominin yeşil toparlanmasını sağlamak, istihdam yaratmak ve yatırımı yönlendirmek için önemli bir anahtardır.

Ancak karbonsuzlaştırma taahhütleri, iklim değişikliğine ve geçiş sürecindeki iş ve teknoloji farklılığına karşı doğru planlama, destek ve sürekli gelişim sağlanmadığı sürece riskler taşıyor. Ekonomiler net sıfıra doğru hızlandıkça, iklim değişikliğini hafifletmeye yönelik küresel çabanın başarısı, farklı aşamalardaki AR-GE ve yenilik konularındaki süreçlerin ortak, bütünsel ve birlikte hareket edilmesi ile mümkün olacaktır.

Döngüsel LCA kavramındaki aşamaları beş indikatör altında incelenebilir (her aşama arasında lojistik olduğundan genel başlık içerisinde sunulmamıştır):

1. Ürün hammadde eldesi aşaması
2. Ürün üretim aşaması
3. Ürün kullanım aşaması
4. Ürün atık ve bertaraf aşaması
5. Ürünün döngüsel ekonomi aşaması

Her bir indikatörde yer alan genel tanımlamaları yapılan modüller aşağıdaki Tablo 2'de listelenmiştir.

Tablo 2. Döngüsel LCA sistem indikatörleri ve genel alt modüller

Döngüsel LCA sistem indikatörleri	İndikatör alt modülleri
Ürün hammadde eldesi aşaması	Ham madde çıkarımı
	Transport
	Ham madde üretim aşamaları
	Enerji ve elektrik tüketimleri
Ürün üretim aşaması	Transport
	Nihai ürün üretim aşamaları
	Atık yönetim ve kullanımı aşamaları
	Yan ürün ve alternatif kullanım aşamaları
	Ürün ambalajlamaları
	Enerji ve elektrik tüketimleri
Ürün kullanım aşaması	Enerji ve elektrik tüketimleri
	Transport
	Ambalaj yönetimi, geri dönüşümü
	Kullanım aşamaları
	Bakım
	Onarım
	Parça değişimi
	Yenileme
Su tüketimi	
Ürün atık ve bertaraf aşaması	Yıkım aşamaları
	Transport
	Atık yönetim ve kullanımı aşamaları
	Bertaraf
	Enerji ve elektrik tüketimleri
Ürünün döngüsel ekonomi aşaması	Gelecekteki tekrar kullanımı
	Ürün geri dönüşüm
	Enerji ve elektrik tüketimi veya üretimi
	Transport

Döngüsel LCA çalışmalarında artık sistem sınırları kalkmakta ve bütünsel bir çerçevede analizler yapılmaktadır. Tablo 1’de listelenen bu farklı faaliyet adımlarının tedarik zincirinde farklı taraflarca gerçekleştirilmesi ise buradaki analizlerin bütünsel şekilde değerlendirilmesini karmaşık hale getirmekte ve çok daha detaylı çalışmaların yapılmasını gerektirmektedir.

Örneğin Avrupa Kağıt Ambalaj İttifakı'nın (EPPA'nın) yapmış olduğu bir LCA çalışmasına göre tek kullanımlık kağıt bazlı gıda ambalajları, yaşam döngüsünün sonunda kendisini çok kullanımlı sistemler olan polipropilen veya geleneksel cam, metal ve seramik ambalajların aksine, tamamen geri dönüştürülebilir (Şekil 10). Tatlı su tüketiminde, kağıt bazlı ürünlerin geri dönüşüm oranınının %70'e çıkarılması, kağıt ürünlerin avantajını 3,4'ten 228 kata çıkarmaktadır.



Şekil 10. Tek kullanımlık kağıt ambalajın çoklu kullanım ambalajlarına göre avantajının şematik gösterimi

Ayrıca net sıfır ekonomisi insan kaynağının artık mavi yaka veya beyaz yaka tanımlamasından çıkarılarak yeşil yakalı iş gücü tanımını getirecektir. Bu tanım değişimi şu an ki iş gücünü sağlayan insanların veya becerilerinin kaybolduğu veya kullanılmayacağı anlamına gelmemektedir. Aslına bakılırsa, işçiler ve onların becerileri, yeni proses değişikliklerinde davranış ve proses kültürü değişimlerinde ve istihdam yaratmak için küresel net sıfır vaadini yerine getiren bir yol oluşturmak için hayati önem taşıyacaktır. Muhakkak insan gücüne ve bu yenilikçi konularda eğitimler, Tablo 1'deki konular bazında belirlenmeli ve oluşturulmalıdır.

Dünyada kabul görmüş uluslararası standartlar, prensipler ve databaseler aracılığı ile LCA çalışmalarının nasıl yapılacağı, çevresel ürün beyanı (Environmental Product Declarations (EPD)) netlik kazanmıştır. Bu standartlar aşağıdaki gibi sıralanabilir ancak bunlar ile limitli değildir:

- Brown DG, Pimentel RJ, Sansom MR (2019)/ Yapısal çeliğin yeniden kullanımı - değerlendirme, test ve tasarım ilkeleri (SCI-P427). Çelik Konstrüksiyon Enstitüsü, Ascot.
- BS EN 1090-1:2009+A1:2011/ Çelik yapılar ve alüminyum yapıların uygulanması. Yapısal bileşenlerin uygunluk değerlendirmesi için gereksinimler, BSI.

- BS EN 1090-2:2018/ Çelik yapıların ve alüminyum yapıların uygulanması. Çelik yapılar için teknik gereklilikler, BSI
- Ecoinvent/ Ecoinvent Centre. www.ecoinvent.org
- EN 15804:2012+A2:2019/ İnşaat işlerinin sürdürülebilirliği - Çevresel Ürün Beyanları - Yapı malzemeleri ürün kategorisi için temel kurallar
- EN ISO 9001/ Kalite Yönetim Sistemleri - Gereklilikler
- EN ISO 14001/ Çevre Yönetimi Sistemler - Gereksinimler
- Gervasio, H. & Dimova, S., (2018)/Binaların Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA) Modeli.
- GPI/ Uluslararası EPD® Sisteminin Genel Program Talimatları. Sürüm 4.0.
- ISO 14020:2000/ Çevre Etiketleri ve Beyanları — Genel ilkeler
- ISO 14025/ DIN EN ISO 14025:2009-11: Çevre etiketleri ve beyanları - Tip III çevre beyanları — İlkeler ve prosedürler
- ISO 14040/44/ DIN EN ISO 14040: 2006-10. Çevre yönetimi - Yaşam döngüsü değerlendirilmesi - İlkeler ve çerçeve (ISO14040:2006) ve Gereksinimler ve yönergeler (ISO 14044:2006)
- Yapı Ürünleri ve CPC 54 İnşaat Hizmetleri için PCR/ IVL İsveç Çevre Araştırma Enstitüsü tarafından hazırlanmıştır. İsveç Çevre Koruma Ajansı. SP TRä. İsveç Ahşap Koruma Enstitüsü. İsveçlisol. SCDA. Svenskt Limträ AB. SSAB. Uluslararası EPD Sistemi. 2019:14 Sürüm 1.11 TARİH 201912-20
- Uluslararası EPD® Sistemi/ Uluslararası EPD® Sistemi, tip III çevre beyanları için bir programdır. EPD®'leri doğrulamak ve kaydetmek için bir sistemin yanı sıra ISO 14025'e uygunluk EPD® ve PCR kütüphanesi tutmak.

Bilindiği gibi, sanayileşme ile birlikte kaynak kullanımına bağlı olarak artan atıklar çeşitli sorunları beraberinde getirmektedir. Sınırlı kaynaklar giderek azalmakta, hammaddelere erişim zorlaşmakta, rekabet artmakta ve iklim değişikliğinin kaçınılmaz sonuçları dikkat çekici bir şekilde görülmektedir.

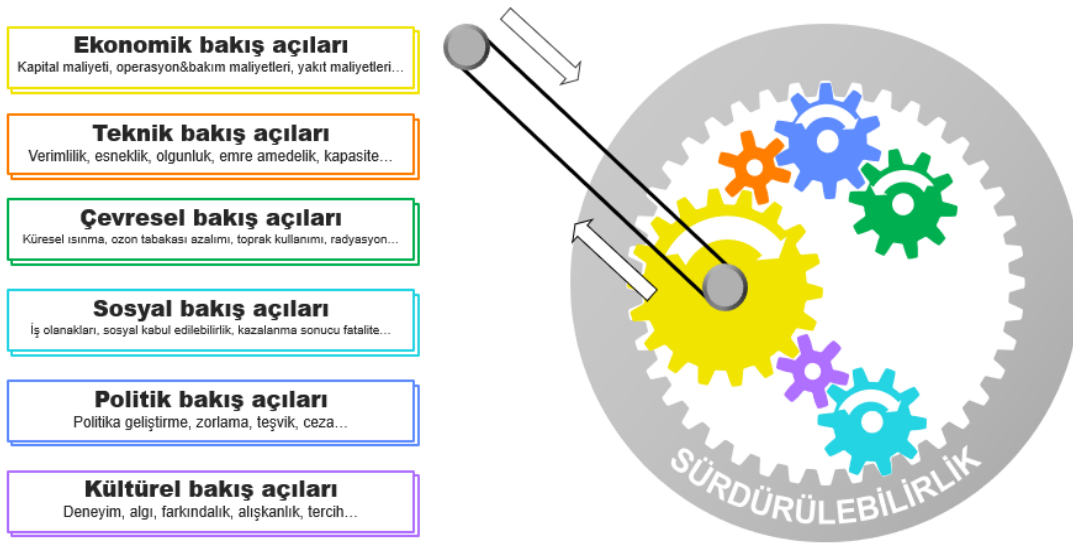
Giderek artan çevre kirliliği ve iklim krizi nedeniyle ülkeler çeşitli çözümler aramaya başlamıştır. Son yıllarda; sürdürülebilirlik, döngüsel ekonomi, yeşil ekonomi, eko-verimlilik, eko-etkinlik, endüstriyel simbiyoz gibi yerinde-yeniden kullanım temelli kaynak tüketimini ve atık üretimini azaltarak çevresel ve ekonomik etkinliği arttırmayı amaçlayan birçok sistem yönetimi kavramı ortaya çıkmıştır [18]. Üretim sisteminde oluşan her atığın tekrar değerlendirildiği, bu sayede hammadde maliyetinin minimize edildiği, kaynak verimliliğinin ise en üst düzeyde tutulduğu, sürdürülebilir bir üretim modeli olan döngüsel ekonomi de bu soruna çözüm olarak sunulan kavramlardan biridir.

Karar vericiler ve uygulayıcılar döngüsel ekonomi ve sürdürülebilirlik konularında politikalar üretmek, projeler geliştirmek, sistem tasarımları yapmak gibi birçok aksiyon almaktadır. En büyük

nedeni ise endüstrilere ekonomik ve çevresel faydalar sağlamasıdır. Yerinde ve uygulanabilir eylemlerin ortaya konması için problemin tanımının doğru yapılarak, doğru çözüm önerilerinin sunulması gerekmektedir. Bu noktada da birer problem çözücü olarak tanımlanan mühendislere; çevresel, ekonomik ve sosyal olarak çok yönlü tasarımlar, projeler ve politikalar geliştirebilmeleri amacıyla sürdürülebilirlik ve dögüsel ekonomi konuları hakkında bilgi sahibi olmaları da ayrıca önem arz etmektedir.

Dünyada, yukarıda listelenmiş olan standart yönergeleri kullanarak ağ bağlantılarının tanımlanmasını, malzemelerin yaşam döngüsü değerlendirmesini, ekonomik değerlendirmeyi ve çevresel performansı içeren endüstriyel simbiyozun sürdürülebilir çalışmasını yürütme çalışmaları için kapsamlı model çalışmaları giderek yaygınlaşarak yapılmaktadır.

Sürdürülebilirlik, “bugünün ihtiyaçlarını, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğinden ödün vermeden karşılamak” olarak tanımlanan çok yönlü bir kavramdır. Holistik bir yaklaşımdır. Sürdürülebilirlik değerlendirmeleri ekonomik, teknik, çevresel, sosyal, politik ve kültürel yönleri içerir. Sürdürülebilirliği sağlamak için bu hususlar eş zamanlı olarak değerlendirilmekte ve yenilikçi konular bu bütünsellik çerçevesinde irdelenmektedir (Şekil 11).



Şekil 11. Sürdürülebilirlik araştırma konuları başlıkları

Dünyada ve Türkiye'deki Mevcut Duruma İlişkin Başarılı Örnekler

Analizlerin daha kolay yapılabilmesi, LCA adımlarının anlaşılması ve yönlendirilebilir olması ve en önemlisi toplanan verilerin anlamlandırılarak etkilerinin hesaplanması gerekmektedir. Bu amaç ile LCA çalışmalarında kullanılmak üzere bilgisayar programları geliştirilmiştir. Dünya'da geliştirilen ve sürdürülebilirlik performanslarının iyileştirilmesi adımlarında da kullanılabilen birkaç program aşağıda açıklanmıştır.

GaBi programı 25 senedir LCA özelinde geliştirilen ve 10.000'den fazla kullanıcıya sahip olan dünyada lider bir yazılımlardan biridir. GaBi işe kapsamlı LCA hesaplamaları, karbon ve su ayak izi, çevre dizaynı, EPD ve PEF, kaynak ve enerji verimliliği hesaplamaları yapılabilmektedir. Sphera Ürün Sürdürülebilirliği (GaBi) veritabanları, büyük ölçüde yüksek kaliteli endüstri verilerine dayanan doğru, kapsamlı Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA) veritabanlarıdır. Her yıl güncellenen 15.000'den fazla veri seti ve yaklaşık 20 konu veri tabanında paketlenmiş olan Sphera'nın verileri, Ecodesign ve Çevresel Ürün Beyanlarından (EPD) stratejik teknoloji kararlarına, karbon nötrlük yol haritalarına ve diğerlerine kadar değişen yaşam döngüsü tabanlı karar desteği için güvenilir bir temel sağlar. Sphera ayrıca, tam olarak ihtiyaç duyduğunuz verileri ihtiyaç duyduğunuz anda size sağlamak için hızlı ve yetkin talep üzerine veri hizmetleri sunmaktadır.

SimaPro programı 30 senenin üzerinde LCA özelinde geliştirilen ve danışmanlık firmalarında, üretim yapan işletmelerde ve üniversitelerde 80'in üzerinde ülkede kullanılmaktadır. SimaPro ile karmaşık yaşam döngülerini sistematik ve şeffaf bir şekilde kolayca modellemesini ve analizini yapma, tüm yaşam döngüsü aşamalarında ürün ve hizmetlerinizin çevresel etkisini hesaplama ve hammaddelerin çıkarılmasından üretime, dağıtıma, kullanıma ve imhaya kadar tedarik zincirinizin her halkasındaki sıcak noktaları tanımlama kabiliyetine sahip bir programdır.

openLCA program ise 2006 yılında açık kaynak kodlu olarak GreenDelta firması tarafından geliştirilmeye başlanmıştır.

Türkiye'deki uygulamalar ise daha çok metodolojisel yaklaşım ile çevresel etki analizlerine yöneliktir. Örneğin metsims tarafından geliştirilen C-Age Carbon program vardır. Bu program kapsamında karbon ayak izi hesaplamaları kapsam 1, kapsam 2 ve kapsam3 başlıkları altında hesaplanabilmektedir.

3 Kasım 2022 tarihinde ise Amerikan Demir Çelik Enstitüsü (AISI), çelik üretiminden kaynaklanan sera gazı emisyonları hakkında, ürün düzeyindeki açıklamalara ve kurumsal düzeydeki açıklamalara odaklanarak, sektör genelinde tutarlı ve kapsamlı veriler sağlamak için önerilen çelik endüstrisi sera gazı (GHG) emisyonları hesaplama yönergelerini uzun süren iş birlikleri sonucu oluşturulmuştur.

Sera gazı emisyonlarının hesaplanmasına yönelik önerilerinde ön plana çıkan başlıklar ise aşağıda sıralanmıştır:

- Hesaplamalar, Kapsam 1, 2'ye benzer kapsamlı bir "beşikten kapıya" (tanımlanmış bir ürünü üretmek için gereken tüm işleme adımları) kapsamını ve ham madde eldesi, enerji ve ulaşım Kapsam 3 emisyonlarını içermelidir;
- Doğrudan (Kapsam 1) emisyonların hesaplanmasında, yıllık 25.000 metrik ton CO₂'e raporlama eşiğinin altında kalan ABD merkezli tesisler için EPA GHG Raporlama Kuralı metodolojisi kullanılmalıdır;

- Elektrik alımından kaynaklanan emisyonlar, yerel elektrik şebekesi faktörlerine dayanmalı ve belirli durumlarda yenilenebilir enerji araçlarını yansıtmalıdır; ve
- Emisyonlar, ticaret, satın alma ve çevresel ürün beyanı amaçları için ürün bazında hesaplanmalı, kurumsal raporlama için ise şirket çapında bir baz kullanılmalıdır.
- Ancak bu önerilerde bile kapsam 3'ün yukarı akış veya kaynak (upstream) ile sınırlandırıldığı ve aşağı akıştan (downstream) bahsedilmediği görülmektedir.

Enerji Arzının Dekarbonizasyonuna Yönelik Kritik Teknolojik Hususlar

Dünya nüfusunun giderek artması ve teknolojinin hızla gelişmesiyle, enerji kaynaklarına olan ihtiyaç her geçen gün katlanarak artmaktadır. Artan enerji talebi ise, küresel ısınma, iklim değişikliği ve hava kirliliği gibi çevresel zararları olan fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Çevresel kaygılar, karbonsuzlaştırma politikaları, sürdürülebilir ekosistem ve bu kapsamda yenilenebilir elektrik üretim payını artırma hedeflerinden dolayı öncül enerji teknolojilerine olan ilgi ve ihtiyaç artmaktadır.

Son dönemde enerji arzı, iklim değişikliği ve küresel rekabet nedenleri ile enerji teknolojileri alanında büyük bir değişim ve gelişim süreci yaşanmaktadır. Özellikle, yenilenebilir ve temiz enerji teknolojileri alanında ticari uygulamalar giderek yaygınlaşmakta ve sektörde yeni aktörler ortaya çıkmaktadır. Ülkemizin enerjide geleceğini şekillendirmek, enerjide dışa bağımlılığını azaltmak, enerji çeşitliliğini ve enerji arz güvenliğini sağlamak ve ilgili teknoloji alanlarında Ar-Ge ve yenilikle “kendi kendine yeten” ve daha da “güçlenen” bir konumda olması önem kazanmaktadır.

Enerji konusu Yeşil Büyüme TYH kapsamında her bir pilot sektör için belirlenen ihtiyaç ve teknolojik çözümler kapsamında öncelikle vurgulanan ve tüm sektörleri çapraz kesen bir husus olarak yer almaktadır. Konunun önemine istinaden Kimyasallar Sektörü Danışma Grubu Üyesi Prof. Dr. Serdar S. Çelebi ve TOBB Kimya Sanayi Meclisi Başkan Yardımcısı Dr. Erol Özensoy tarafından hazırlanan bölüm aşağıda sunulmaktadır:

Nükleer Enerji

Temiz Enerji - Yerli ve Milli

Enerji üretiminde karbon esaslı fosil yakıtların (kömür, petrol türevleri ve doğal gaz) kullanımı küresel ısınmaya, kuraklığa ve iklim değişikliklerine ve sonuçta tarımda verim düşüklüğüne, bölgesel ani yağış ve sellere hatta yaz aylarında orman yangınlarına neden olmaktadır. Bu nedenle AB - Yeşil Mutabakatı çerçevesinde karbon emisyonu sıfır olan temiz enerji üretim yatırımlarının devlet tarafından desteklenerek teşvik edilmesinde yarar vardır. Enerjide büyük ölçüde dışa bağımlı olmamız nedeniyle fosil yakıtlar (petrol ve doğal gaz) ithalatı dış ticaret açığımızda önemli paya sahiptir. Bu nedenle AB Yeşil Mutabakatı' na tamamen uyan ve tüm canlılara temiz bir atmosfer sağlanan sürdürülebilir nitelikte nükleer enerji de dahil bu tür “ karbon sıfır emisyonlu ” temiz enerji yatırımlarının devletçe desteklenmesi yerinde olacaktır. Çünkü ülkemizde tüm sektörlerde ancak bu tür temiz enerjilerin elektrik ve ısı eldesinde kullanılması ile karbon ayakizi (karbon emisyonu) düşük ürünlerin imalatı yapılabilecektir. Böylece düşük karbon ayakizine sahip ürünlerle dış pazarlarda özellikle AB'ne ihracatta Çin'e ve Hindistan'a karşı rekabet gücümüzün artırılması ve ülkemiz dış ticaret açığının azaltılması mümkün olacaktır. Bu amaçla ülkemizde Yenilenebilir Enerji Kaynakları kullanımına yönelik devlet desteklerine ilaveten; Karbon emisyonu sıfır olması nedeniyle artık günümüzde elektrik

üretiminde karbon nötr enerji olarak değerlendirilen nükleer enerji kullanımına yönelik Ar-Ge ve Teknoloji Geliştirme çalışmalarının da devlet tarafından koordine edilerek vakit kaybetmeksizin başlatılması ve desteklenmesi isabetli olacaktır. Bu konuda dünyadaki yeni gelişmeler ışığında farklı iki önemli öneri (I ve II olarak) aşağıda ele alınmıştır.

I - Toryum Saflaştırma ve Toryum Reaktörleri

Özellikle yeterli miktarda yataklarına sahip olduğumuz toryumu yakıt olarak kullanan nükleer reaktörlerin ülkemizde kurulmasına yönelik Ar-Ge ve Teknoloji Geliştirme çalışmalarının artık gündeme alınması ve gecikmeksizin devlet koordinasyonunda başlatılması ülkemiz için büyük önem arz etmektedir. Hindistan'da Indira Gandhi Atom Araştırma Merkezi (Indira Gandhi Centre for Atomic Research) ve Bhabha Nükleer Araştırma Merkezi (Bhabha Atomic Research Centre – BARC) 'nde toryumun nükleer enerji eldesinde kullanıma yönelik teknolojik ve bilimsel araştırmalar yürütülmektedir. On yıl içinde Hindistan, toryum kökenli ağır su nükleer enerji reaktörleri çalıştırılması ve işletilmesini planlamıştır. Çin'de ise; Çin Bilimler Akademisi (Chinese Academy of Sciences – CAS) ve Shanghai Uygulamalı Fizik Enstitüsü (Shanghai Institute of Applied Physics – SINAP) tarafından toryumun kullanıldığı nükleer santraller kurulmasına yönelik bilimsel ve teknolojik araştırmalar yapılmaktadır. Çin'in deneme amaçlı prototip toryum reaktörü 2015 yılında faaliyete geçmiştir. Ayrıca, eritilmiş toryum florit yakıtlı toryum reaktörü çalışmaları da sürdürülmektedir. Diğer taraftan, Çin ve Hindistan'da yürütülen toryum reaktörleri ile ilgili bilimsel ve teknolojik araştırmalar Türkiye için de büyük önem taşımaktadır [1]. Çünkü toplam 344 000 tonluk toryum cevherleri rezervi ile Türkiye dünyada Avustralya ve Amerika Birleşik Devletleri'ni takiben üçüncü sırada [1], diğer bir kaynakta ise 374 000 ton rezervle dünya altıncısı olarak yer almaktadır [2]. Bu nedenle kendi öz kaynağımız toryumun nükleer yakıt olarak kullanımına yönelik; devletimizce desteklenen aşağıda belirtilen konularda yapılacak Ar-Ge çalışmalarına ve Teknoloji Geliştirme projelerine acil ihtiyaç olduğu değerlendirilmektedir:

- a. Monazit ve Torit gibi cevherlerden Toryum Reaktörlerinde yakıt olarak kullanılmak üzere saf toryum ve yan ürün olarak kritik öneme haiz nadir toprak elementlerinin eldesine yönelik proses ve teknolojilerin geliştirilmesi ve uygulanması önemlidir. Ayrıca toryum cevherlerinin zenginleştirilmesi ve saflaştırılması konunun diğer çok önemli stratejik ve askeri boyutudur. Türkiye halen mevcut yetişmiş insan gücü ile toryum metali ve tuzlarının birkaç yıl içinde endüstriyel boyutta üretimi gerçekleştirebilecek yeterlidir.
- b. Halen dünyada kullanılan ve/veya geliştirilmekte olan farklı toryum nükleer reaktör tipleri mevcuttur. Bunlardan son yıllarda ticari kullanım açısından en dikkati çekenler;

- Ergimiş Tuz Reaktörleri - Sıvı Florür Toryum Reaktörleri (Molten Salt Reactors MSR - Liquid Fluoride Thorium Reactors - LFTR). Bu tip reaktörlerde yakıt olarak Uranium Tetra Florür ve Toryum Tetra Florür'ün, moderator olarak da Lityum Florür ve Berilyum Florür kullanılır. Bu reaktörler farklı boyutlarda/ güçlerde çok amaçlı olarak imal edilebilmektedir.
- Hızlandırıcı Tahrikli Reaktörler (Accelerator Driven Reactors- ADR)
- LPS (Laser Powered System) olarak adlandırılan toryum reaktörleri ise çok önemli avantajlara sahiptir. Bu avantajlar; emisyon olmaması, ucuz imalat ve kolay işletim, güvenli hatta mobil kullanım ve 1 KW tan 100 MW' a kadar çok geniş ölçekte kurulu güç imkanı. Bu nedenlerle LPS tipi toryum reaktörlerinin ABD'de nükleer denizaltılarda, tank vb. askeri araçlarda hatta sivil taşıtlarda ve fabrikalarda, iş yerlerinde ve site tipi evlerde kullanımı planlanmaktadır. Çünkü bu özelliklere haiz küçük boyutlu LPS reaktörlerde kg mertebesinde çok az yakıtla bir yıl gibi uzun süre enerji üretimi mümkün olabilmektedir.

Bu özelliklerinden ötürü MSR – LFTR, ADR ve LPS tipi toryum reaktörleri dünyada ticari ölçekte her an devreye girebilecek niteliktedir. Bu nedenle ülkemizde de bu tip reaktörlerin önümüzdeki birkaç yıl içinde hızla araştırılması, tasarlanması, pilot ve ticari ölçekte imalat teknolojisinin geliştirilerek uygulanması büyük önem arz etmektedir.

- c. İlave olarak gerekirse farklı tipte Toryum Nükleer Reaktörlerinin ülkemizde tasarım ve imalatına yönelik dünyanın önde gelen ülkeleri ile teknik iş birliğine gidilmesi yerinde olacaktır.

Şu an Toryum tipi nükleer reaktör imalatında ABD, Kanada (CANDU tipi reaktörleri), Hindistan, Çin, Rusya, İngiltere ve Çekya önde gelen ülkelerdir. Örneğin halen Şangay'da Toryum Reaktörü ile enerji üretimi yatırımını yapan Çin hükümeti, bu reaktörlerin imalatına yönelik Ar-Ge ve teknoloji / know-how geliştirme çalışmaları için bugüne değin yaklaşık 340 milyon USD harcamıştır. Toryum yakıtlı nükleer enerji reaktörleri diğer tip nükleer güç santralleri ünitelerine kıyasla yıllarca fasılasız ve hiç durmaksızın çalışabilecektir. Çünkü enerji olarak 1 ton toryum yaklaşık 200 ton uranyuma eşdeğerdir. Uranyum kullanan diğer nükleer enerji reaktörleri ise nükleer yakıt çubuklarının değiştirilmesi için ortalama her 18 ayda bir durdurulmaktadır [1,3]. Toryumun başka avantajları ve üstünlükleri de mevcuttur. Örneğin, LFTR toryum reaktörleri klasik nükleer reaktörlere nazaran daha az zararlı radyoaktif atık üretmektedir. Oluşan nükleer atığın iyonlaştırıcı radyasyon doz düzeyleri de yüzde bir oranında olup daha düşüktür. Bu bağlamda LFTR toryum reaktörü radyoaktif atıkları yüzyıllar mertebesinde güvenli seviyeye indirgenmektedir. Diğer nükleer reaktörlerin radyoaktif atıklarının bekletilme süreleri ise bu sürenin çok çok üstündedir. Toryum reaktörlerinin en önemli diğer bir avantajı da küçük ölçekte örneğin bir sitenin ısınma ve elektrik ihtiyacının karşılanmasına yönelik güç ve boyutta yapılabilmesidir. Bu özellik, enerji üretiminde toryum nükleer reaktörlerinin kullanımı için önemli derecede esneklik ve pratiklik sağlamaktadır [3]. Desteklenecek Ar-Ge ve Teknoloji

Geliştirme çalışmalarının idari ve mali açıdan organizasyon ve koordinasyonunun nasıl yapılacağı - yani koordinasyonun devlette ait hangi kurum tarafından üstlenileceği, hangi kurumlar tarafından hangi destek mekanizmaları ile nasıl yürütüleceği - belirlenmelidir. Bu çalışmalarda; örneğin Türkiye Enerji, Nükleer ve Maden Araştırma Kurumu (TENMAK), Nükleer Düzenleme Kurumu (NDK), TÜBİTAK vd. gibi ilgili kurumların rolleri ne olacaktır? TENMAK' ın yukarıdaki konularda yaptığı, desteklediği Ar- Ge, teknoloji geliştirme niteliğindeki proje ve uygulamaları var mıdır ve gelecek için planlandıkları nelerdir? Yukarıda verilen bilgiler ışığında; enerji üretiminde kendi öz kaynağımız toryumun yakıt olarak kullanılabilmesine ve ilgili yerli ve milli reaktörlerin tasarım ve imalatına imkan sağlayacak Ar-Ge ve Teknoloji Geliştirme çalışmalarının en kısa sürede desteklenerek başlatılması ve ayrıca bu alanda ilgili ülkelerle teknik iş birliğine girilmesi ülkemiz yararına olacaktır. Çünkü;

Türkiye'nin toryum yakıtlı nükleer enerji üretimi ve kullanımı yarışına bir an evvel katılması;

- Ekonomik
- Stratejik
- Askeri

açılardan çok önem arz etmektedir. **Bu nedenle toryum; kısa sürede ileri ülkeler düzeyinde yerimizi alabilmemiz için değerlendirilmesi gereken bu kadar büyük ve elimizde olan önemli bir güç ve şanstır.**

Kaynaklar:

- 1) <https://fütürizm.com/toryum-kaynakli-nukleer-elektrik-reaktorleri/>, 29.10.2018 veya <https://www.fmo.org.tr/wp-content/uploads> ve IAEA - International Atomic Energy Agency Report, 2005.
- 2) MTA - Dünyada ve Türkiye'de Uranyum ve Toryum, Maden Serisi: 3, 2017
- 3) Erol Özensoy, "Toryum: Geleceğin Yeşil Enerji Kaynağı", TOBB- Kimya Sanayi Meclisi Sunumu, Kasım 2021.

II - Düşük Enerjili Nükleer Reaksiyon Çalışmaları

1989' da Fleischmann ve Pons ve sonrasında diğer bir çok araştırmacı tarafından Soğuk Füzyon (Cold Fusion) olayı "Ağır suyun elektrolizi ile elde edilen döteryumun palladyum elektroda adsorpsiyonu (emdirilmesi) ile sonuçta doldurulmuş palladyumun kristal örgüsü (lattice) içinde elektronlarından sıyrılan döteryum atomlarının birbiri ile çarpışması sonucu ani sıcaklık yükselmeleri ve gama ışımalarının görülmesi " şeklinde dünyaya sunulmuştu. Ancak o yıllarda özellikle fizik bilim insanları tarafından "bu derece ılımlı (gentle) koşullarda füzyon reaksiyonunun gerçekleşmesinin

mümkün olamayacağı” tezi ile kabul edilmeyen bu açıklama yoğun bilimsel tartışmalara neden olmuş, sonuçta Fleischmann ve Pons bilim dünyasından dışlanmış ve konu böylece gündemden düşmüştü. Ancak bu ve ilişkili konularda geçen sürede ve özellikle son yıllarda dünya genelinde yapılan bazı araştırma ve gelişmeler aşağıda özetlenmektedir:

a- Metal Kristal Örgüsü İçinde Nükleer Enerji (Lattice - metal - Confinement Nuclear Energy) Araştırmaları: Bazı ülkelerin (ABD, Japonya vd.) üniversite ve araştırma merkezlerine ilaveten NASA’da - büyük ihtimalle ileride uzayın derinliklerine araştırma yapmak üzere gidecek uzay araçlarının enerji ihtiyaçlarını karşılamak üzere - "Metal Kristal Örgüsü İçinde Nükleer Enerji (Lattice - metal - Confinement Nuclear Energy)" adıyla metal- hidrojen sistemleri tekrar ele alınarak üzerinde yoğun çalışmalar yapılmakta ve olumlu sonuçlar alındığı bildirilmektedir. Bu çalışmalarla ilgili yayınlardan bazıları aşağıda verilmiştir.

- “Nuclear fusion reactions in deuterated metals”, V. Pines, M. Pines, A. Chait, B.M. Steinetz, L. P. Forsley, R. C. Hendricks, G. C. Fralick, T. L. Benyo, B. Baramsai, Philip B. Ugorowski, M. D. Becks, R. E. Martin, N. Penney, and C. E. Sandifer, Phys. Rev. C 101, 044609 –20 April 2020.
- “Novel nuclear reactions observed in bremsstrahlung-irradiated deuterated metals”, B.M. Steinetz, T. L. Benyo, A. Chait, R.C. Hendricks, L. P. Forsley, B. Baramsai, P. B. Ugorowski, M. D. Becks, V. Pines, M. Pines, R. E. Martin, N. Penney, G. C. Fralick, and C. E. Sandifer, Phys. Rev. C 101, 044610 –20 April 2020.
- “Lattice confinement fusion eliminates massive magnets and powerful lasers”, B. Baramsai, T. Benyo, L. Forsleys and B. Steinetz, NASA’s New Shortcut to Fusion Power. (<https://spectrum.ieee.org/amp/lattice-confinement-fusion-2656768216>)
- “NASA Detects Lattice Confinement Fusion” , J. Wittry and Theresa L. Benyo, NASA’s Glenn Research Center. (<https://www1.grc.nasa.gov/wp-content/uploads/Lattice-Confinement-Fusion-POC-with-PRC-links-July-17-Final-3.pdf>)
- The 17th Meeting of Japan CF-Research Society , Japan Cold Fusion - JCF17 Abstracts, March 19-20, 2017 National Institute of Technology, Tokyo College.
- Proceedings of the 22nd Meeting of Japan CF- Research Society (edited by Shinya Narita) , Japan Cold Fusion - JCF 22, March 5, 2022.
- “Nuclear Fusion Reactions in Deuterated Metals” by NASA’s Glenn Research Center. (<https://www.youtube.com/watch?v=ug7B7Gsm-2Y>)

b – Düşük Nükleer Enerji Reaksiyonları (LNER- Low Nuclear Energy Reactions) Araştırmaları Özellikle son yıllarda Japonya’da karbon emisyonunu önlemek amacıyla “fosil yakıt kullanmayacak araçlar” da güç kaynağı olarak kullanılmak üzere bu konunun " LNER- Low Nuclear Energy Reactions " adıyla ele alındığı ve araştırmalar yapıldığı görülmektedir. Bu gelişmeler aşağıda sunulmaktadır:

- Toyota ve Nissan Otomotiv firmaları dört üniversite ile birlikte, Japon Hükümetinin Yeni Enerji ve Endüstriyel Teknoloji Geliştirme Araştırma ve Geliştirme Organizasyonu (NEDO) desteği ile “Metal- Hidrojen arasındaki Yeni Ekzotermik Reaksiyonun Olabilirliği ve Kontrol Edilebilirliği” adlı projeyi üstlendiklerini Mart 2019’ da duyurdular. (<https://www.ecat.org/?p=665>)
- “Metal ve hidrojen arasında ısı üreten yeni reaksiyon konusunda beklentiler (Expectations on the new heat-generation-reaction between metal and hydrogen)” başlıklı araştırma Nissan Motor Co. Ltd.’den araştırmacılar M. Nakamura*, M. Uchimura, H. Takahashi, S. Sumitomo tarafından Japan CF (Cold Fusion) - Research Society’ nin 19- 20 Mart 2017 ‘deki 17. Toplantısında sunuldu.
- ABD Enerji Departmanı (DOE) 13 Eylül 2022’de “ LENR’ in karbonsuz enerji kaynağına geçişte bir potansiyele sahip olup olamayacağını açık şekilde ortaya koyacak sonuçlar ” için 10 Milyon USD’ lık ödülünü tekrar duyurdu. Bu ödülün tarafı olan İleri Araştırma Projeleri Enerji Ajansı (ARPA-E) da söz konusu ödülü, bu alandaki araştırma sonuçlarına dair tartışmaların neticelendirmesi amacıyla koyduklarını açıkladı.
(<https://news.newenergytimes.net/2022/09/15/u-s- department- of-energy-announces-up-to-10-million-to-study-low-energy-nuclearreactions/>)

c- Geçmişte Türkiye’de Yapılan Benzer Çalışmalar

Fleischmann ve Pons’ un soğuk füzyon çalışmaları hakkındaki açıklamalarının ardından dünyanın çeşitli ülkelerinde benzer şekilde ağır suyun elektrolizi ile açığa çıkan döteryum gazının palladyum katotta adsorplanması ile yürütülen ve “tekrara yönelik farklı soğuk füzyon çalışmaları” yapılmış ve bu tür denemelerde başarılı sonuç aldığını açıklayan ülkelerden biri de Türkiye olmuştur. 1989’da Hacettepe Üniversitesi’nde TÜBİTAK’ın hızlı desteği ile Türk “Elektrokimyasal Uyarılmış Füzyon” ekibinin yaptığı çalışmalarda; döteryum ile doyurulmuş palladyum metal katotda ani sıcaklık yükselmesi deformasyonları ve gama radyasyonu gözlemlenmişti. Ancak yapılan denemelerde reaksiyonun düşük verimle gerçekleştiği görülmüş ve sonuçlar noterde kayıt altına alınarak en kısa sürede aşağıdaki makale aracılığıyla bilim dünyası ile paylaşılmıştı.

- Birgül, Ö., Çelebi, S. S., Özdural, A. R., Pekmez. K., Yıldız, A., Yürüm, Y., "Electrochemically Induced Fusion of Deuterium Using Surface Modified Palladium Electrodes", *Doğa - Tr. J. of Engineering and Environmental Sciences* , 14, 373- 390, 1990.

III - Sonuç:

Yukarıdaki güncel bilgiler, insanlığın karbon emisyonu minimize edilmiş bir dünyada sürdürülebilir bir çevrede yaşayabilmesi için kaçınılmaz olan temiz enerji üretiminde; öz kaynağımız toryum nükleer yakıtı ile çalışacak Toryum Reaktörlerinin ve ayrıca Düşük Enerjili

Nükleer Reaksiyon Sistemlerinin potansiyelini ve önemini ortaya koymaktadır. Bu nedenle; ülkemizde de acilen bu konuların dünyadaki teknolojik gelişmelere paralel olarak Ar-Ge ve Teknoloji Geliştirme düzeylerinde ele alınmasında yarar vardır. Bu amaçla üniversitelerimizde, özel sektörümüzde ve kamuda münferit veya ortak olarak yürütülecek uygulamaya yönelik bilimsel ve teknolojik projelerin devletimizin ilgili kurumlarınca bir an önce çeşitli mekanizmalarla desteklenerek teşvik edilmesi ülkemiz için çok büyük önem arz etmektedir. Ayrıca gerekirse bu konularda özellikle nükleer enerji üretim sistem ve teknolojilerinde yol almış diğer ülkelerle teknik iş birliğine gidilmesinin önemli olduğu değerlendirilmektedir.

Kaynaklar

- Avrupa Birliği Başkanlığı. (2022, Aralık 30). *Fasıl 27: Çevre ve İklim Değişikliği*. Avrupa Birliği Başkanlığı Websitesi: https://www.ab.gov.tr/fasil-27-cevre_92.html adresinden alındı
- Baykara, T. (2015). From the classical scheme to a smart/functional materials system: A generic transformation of advanced materials technologies. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 181, 79-88.
- Besbanes, L. V. (2007). *Advanced materials research trends*. Nova Publishers.
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2022, Aralık 29). *Endüstriyel Emisyonlar Direktifi*. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı: <https://ippc.csb.gov.tr/endustriyel-emisyonlar-direktifi-101809> adresinden alındı
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2022, Aralık 29). *Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Yaklaşımı*. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Websitesi: <https://ippc.csb.gov.tr/ekok-yaklasimi-i-101808> adresinden alındı
- Dışişleri Bakanlığı. (2022, Aralık 28). *BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi*. Dışişleri Bakanlığı Websitesi: <https://www.mfa.gov.tr/bm-iklim-degisikligi-cerceve-sozlesmesi.tr.mfa> adresinden alındı
- Dışişleri Bakanlığı. (2023, Ocak 9). *Paris Anlaşması*. Dışişleri Bakanlığı Websitesi: <https://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa> adresinden alındı
- Dünya Doğayı Koruma Vakfı, WWF. (2022, Aralık 20). *2021 Limit Aşım Günü*. Dünya Doğayı Koruma Vakfı Websitesi: <https://www.wwf.org.tr/?11020/2021limitasimgunu> adresinden alındı
- emergingmaterials.euroscicon*. (tarih yok). (EuroSciCon) 3 1, 2021 tarihinde <https://emergingmaterials.euroscicon.com/> adresinden alındı
- emergingmaterials.materialsconferences.com*. (tarih yok). 3 1, 2021 tarihinde <https://emergingmaterials.materialsconferences.com/events-list/advanced-materials> adresinden alındı
- European Commission High Level Expert Group. (2015). *Key Enabling Technologies*.
- IPCC. (2022, Aralık 28). *AR6 Climate Change 2021: Mitigation of Climate Change*. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) Websitesi: <https://report.ipcc.ch/> adresinden alındı
- KLINEC, I. (2016). Impacts of Advanced Materials on Economy and Society - Strategic Implication and Policies. *Journal of Environmental Protection, Safety, Education and Management*, 4(7), 83-88.
- Köksal, C. E., & Güllü, G. (2019). Türkiye'de Ulusal Emisyon Tavanları Direktifinin Uyumlaştırma Sürecinin Değerlendirilmesi.
- MatSEEC. (2011). *Materials for Key Enabling Technologies*.
- National Science Foundation. (tarih yok). *seedfund.nsf.gov*. 3 1, 2021 tarihinde <https://seedfund.nsf.gov/topics/advanced-materials/> adresinden alındı
- OECD. (2017). *The Next Production Revolution: A Report For The G20*.

TÜBİTAK Yeşil Büyüme Teknoloji Yol Haritası, Genel Bilgiler ve Metodoloji, 2023

- OECD. (2020, Eylül 28). *Biodiversity and the economic response to COVID-19: Ensuring a green and resilient recovery*. OECD Websitesi: <https://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/biodiversity-and-the-economic-response-to-covid-19-ensuring-a-green-and-resilient-recovery-d98b5a09/> adresinden alındı
- Our World in Data. (2022, Aralık 20). *Annual CO₂ emissions by world region*. Our World in Data Websitesi: https://ourworldindata.org/grapher/annual-co-emissions-by-region?tab=chart&stackMode=absolute&time=earliest..latest&country=~OWID_WRL®ion=World adresinden alındı
- Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2022, 11 9). *Sanayi Strateji Belgesi 2019-2023*. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı İnternet Sitesi: <https://www.sanayi.gov.tr/assets/pdf/SanayiStratejiBelgesi2023.pdf> adresinden alındı
- Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (2022, 11 9). *Cumhurbaşkanlığı Yıllık Programı 2022*. Strateji ve Bütçe Başkanlığı İnternet Sitesi: <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2021/10/2022-Yili-Cumhurbaskanligi-Yillik-Programi-26102021.pdf> adresinden alındı
- Ticaret Bakanlığı. (2022, 11 9). *Yeşil Mutabakat Eylem Planı*. Ticaret Bakanlığı İnternet Sitesi: <https://ticaret.gov.tr/data/60f1200013b876eb28421b23/MUTABAKAT%20YE%C5%9E%C4%B0L.pdf> adresinden alındı
- Transparency Market Research. (2016). *Global Advanced Materials Market*.
- Türker, Y. Ö., & Aydın, A. (2022). Çevresel Sorumluluk Direktifinin Türk Mevzuatına Uyumlaştırılması. Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği. (2021). *55'e Uyum Bilgi Notu*. Ankara.
- Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2022, 11 9). *Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı*. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı İnternet Sitesi: <https://www.uab.gov.tr/uploads/pages/bakanlik-yayinlari/ulusal-akilli-ulas-im-sistemleri-strateji-belgesi-ve-2020-2023-eylem-plani.pdf> adresinden alındı
- Veral, E. S., & Yiğitbaşıoğlu, H. (2018). Avrupa Birliği Atık Politikasında Atık Yönetiminden Kaynak Yönetimi Yaklaşımına Geçiş Yönelimleri ve Döngüsel Ekonomi Modeli. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 1-19.
- Yaman, K., & Gül, M. (2018). Kuruluşundan Günümüze Avrupa Birliği'nin Çevre Politikası. *Ekonomi, İşletme ve Yönetim Dergisi*, 198-217.