

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİYEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ANABİLİM DALI

**SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ANLAYIŞINDA ENDÜSTRİYEL TASARIM BÖLÜMÜNÜN
ÖNEMİ VE ÜNİVERSİTELERİN UYGULADIĞI SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK
UYGULAMALARIN KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÖKÇE NUR ÜNAL

TEZ DANIŐMANI

DR. ÖĞR. ÜYESİ MUSTAFA KAPLAN

BİLECİK, 2025

10747773

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİYEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ANABİLİM DALI

**SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ANLAYIŞINDA ENDÜSTRİYEL TASARIM BÖLÜMÜNÜN
ÖNEMİ VE ÜNİVERSİTELERİN UYGULADIĞI SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK
UYGULAMALARIN KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÖKÇE NUR ÜNAL

TEZ DANIŐMANI

DR. ÖĞR. ÜYESİ MUSTAFA KAPLAN

BİLECİK, 2025

10747773

BEYAN

“Sürdürülebilirlik Anlayışında Endüstriyel Tasarım Bölümünün Önemi ve Üniversitelerin Uyguladığı Sürdürülebilirlik Uygulamaların Karşılaştırılması” adlı yüksek lisans tezi hazırlık ve yazımı sırasında bilimsel araştırma ve etik kurallarına uyduğumu, başkalarının eserlerinden yararlandığım bölümlerde bilimsel kurallara uygun olarak atıfta bulunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, tezin herhangi bir kısmının Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını, aksinin tespit edileceği muhtemel durumlarda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Bu çalışmanın, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP), TÜBİTAK veya benzeri kuruluşlarca desteklenmesi durumunda; projenin ve destekleyen kurumun adı proje numarası ile birlikte, ETİK KURUL onayı alınması durumunda ise ETİK KURUL tarih karar ve sayı bilgilerinin beyan edilmesi gerekmektedir.			
DESTEK ALINMIŞTIR		DESTEK ALINMAMIŞTIR	X
Destek alındı ise;			
Destekleyen kurum;			
Desteğin Türü		Proje Numarası	
1- BAP (Bilimsel Araştırma Projesi)			
2- TÜBİTAK			
Diğer;.....			
ETİK KURUL onayı var ise;			
ETİK KURUL karar tarih/sayı:	/.....	

Gökçe Nur ÜNAL

.../.../2025

İmza

ÖN SÖZ

Bu tez çalışmasının yazılmasında çalışmamı takip eden, çalışmanın her aşamasında bilgi ve tecrübeleriyle katkıda bulunan, değerli zamanını ayırıp her ihtiyaç duyduğumda yanımda olan ve akademik hayatıma yön verirken her daim desteğini gördüğüm çok kıymetli danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Mustafa KAPLAN'a değerli katkı ve emekleri için teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Yıllar boyunca bilgi, emek ve tecrübeleri ile beni bugünlere getiren Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Endüstriyel Tasarım Bölümü hocalarıma, teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Son olarak bugünlere ulaşmamda emeklerinin karşılığını asla ödeyemeyeceğim kıymetli aileme sonsuz teşekkür ederim.

Sevgimi, saygımı ve şükranlarımı sunuyorum.

Gökçe Nur ÜNAL

2025

ÖZET

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ANLAYIŞINDA ENDÜSTRİYEL TASARIM BÖLÜMÜNÜN ÖNEMİ VE ÜNİVERSİTELERİN UYGULADIĞI SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK UYGULAMALARIN KARŞILAŞTIRILMASI

Bu tez çalışması, sürdürülebilirlik kavramı bağlamında endüstriyel tasarımcının rolünü çevresel, ekonomik ve sosyal boyutlarıyla incelemeyi amaçlamaktadır. Sürdürülebilirliğin tarihsel gelişimi, Brundtland Raporu ışığında ele alınarak kavramsal bir çerçeve sunulmuş; döngüsel ekonomi, atık yönetimi ve üretim süreçleriyle ilişkilendirilmiştir. Sanayi devrimi ile başlayan teknolojik dönüşüm süreci, Toplum 1.0'dan Toplum 5.0'a ve Endüstri 1.0'dan Endüstri 4.0'a uzanan gelişmelerle birlikte analiz edilmiştir. Tez kapsamında, sürdürülebilir tasarım ilkeleri, yeşil tasarım ve “X için tasarım” gibi yaklaşımlar üzerinden sürdürülebilir ürün tasarımı değerlendirilmiş; endüstriyel tasarımın bu süreçteki önemi vurgulanmıştır. Ayrıca Türkiye ve Almanya'daki üniversitelerde endüstriyel tasarım eğitimi sürdürülebilirlik perspektifinden karşılaştırmalı olarak incelenmiş, tasarımcıların meslekî donanımlarını şekillendiren eğitim yaklaşımları analiz edilmiştir. Çalışmanın sonunda, endüstriyel tasarımcının sürdürülebilir kalkınmadaki rolü; sosyal sorumluluk, çevresel duyarlılık ve ekonomik sürdürülebilirlik bağlamında değerlendirilerek, bu mesleğin sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmadaki stratejik önemi ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, Endüstriyel Tasarım, Döngüsel Ekonomi, Sürdürülebilir Ürün Tasarımı, Brundtland Raporu.

ABSTRACT

THE IMPORTANCE OF INDUSTRIAL DESIGN IN THE CONCEPT OF SUSTAINABILITY AND A COMPARISON OF SUSTAINABILITY PRACTICES IMPLEMENTED BY UNIVERSITIES

This thesis aims to examine the role of industrial designers within the framework of sustainability, addressing environmental, economic, and social dimensions. The historical development of sustainability is discussed in the light of the Brundtland Report, providing a conceptual framework and establishing connections with circular economy, waste management, and production processes. The technological transformation that began with the Industrial Revolution is analyzed through the progression from Society 1.0 to Society 5.0 and from Industry 1.0 to Industry 4.0. The study evaluates sustainable product design through principles of sustainable design, green design, and approaches such as “design for X,” emphasizing the significance of industrial design in this context. Additionally, industrial design education in universities in Turkey and Germany is comparatively analyzed from a sustainability perspective, examining how educational approaches shape the professional competencies of designers. In conclusion, the thesis highlights the role of industrial designers in sustainable development, evaluating their importance in achieving sustainability goals through social responsibility, environmental awareness, and economic viability.

Keywords: Sustainability, Industrial Design, Circular Economy, Sustainable Product Design, Brundtland Report

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖN SÖZ.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
KISALTMALAR LİSTESİ	viii
1.GİRİŞ	1
2.SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAVRAMI.....	3
2.1. Brundtland Raporu ve Sürdürülebilir Kalkınma	5
2.2 Sürdürülebilirliğin Boyutları.....	6
2.2.1 Sosyal Boyut.....	8
2.2.2 Ekonomik Boyut.....	11
2.2.3. Çevresel Boyut	12
2.3. Döngüsel Ekonomi ve Sıfır Atık.....	14
2.3.1 Atık Yönetimi	18
2.3.2. Atık Azaltımı	18
2.3.3. Tekrar Kullanım	19
2.3.4. Geri Dönüşüm.....	20
2.3.5. Atık Bertarafı.....	21
3. ENDÜSTRİ DEVRİMİ VE ÜRETİM.....	24
3.1. Endüstri 4.0.....	25
3.1.1. Endüstri 4.0 Avantajları.....	28
3.2. Endüstri 5.0.....	29
3.2.1. İnsan Odağında Üretim	31
3.2.2. Esnek Üretim Sistemleri ve Üretimde Kişiselleştirme	31
3.2.3. Veri Güvenliği, Etik ve Bilgi Paylaşımı	32

3.2.4 Daha Yeşil ve Sürdürülebilir Üretim	32
3.3. Toplum 5.0.....	33
3.4. Üretim	35
3.4.1.Üretim Öncesi Malzeme Seçimi	37
3.4.2. Üretim Süreci.....	37
3.4.2.1. Dağıtım.....	38
3.4.2.2. Kullanım	38
3.4.2.3. Bertaraf.....	39
4. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE ENDÜSTRİYEL TASARIM	40
4.1. Tasarım.....	40
4.1.1 Tasarım İlkeleri.....	42
4.1.2. Tasarım Öğeleri	43
4.2. Endüstriyel Tasarım.....	44
4.3. Sürdürülebilir Ürün Tasarımı.....	46
4.3.1.Yeşil Tasarım	47
4.3.2. X için Tasarım.....	47
4.3.3. Eko Tasarım	48
4.3.4. Beşikten Beşiğe Tasarım	48
4.3.5. Yaşam Döngüsü Tasarımı.....	49
5. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ANLAYIŞINDA ENDÜSTRİYEL TASARIMCININ ROLÜ	50
5.1 Üniversitelerde Endüstriyel Tasarım Eğitimi: Almanya ve Türkiye Örneği.....	50
5.1.1 Almanya'daki Üniversitelerde Endüstriyel Tasarım ve Sürdürülebilirlik Eğitimi	50
5.1.2. Türkiye'deki Üniversitelerde Endüstriyel Tasarım ve Sürdürülebilirlik Eğitimi	51
5.2. Karşılaştırmalı Değerlendirme: Almanya ve Türkiye'de Endüstriyel Tasarım Eğitiminde.....	52
5.2.1. Sürdürülebilirlik Yaklaşımları	54
5.2.2. Müfredat Entegrasyonu ve Disiplinlerarası Yapı.....	54
5.2.3. Proje Tabanlı Öğrenme ve Uygulama.....	55
5.2.4. Sanayi ile İş Birliği	55

5.2.5. Genel Değerlendirme	56
5.3. Endüstriyel Tasarımcının Rolü	56
5.3.1. Sürdürülebilir Kalkınmadaki Rolü: Çevresel Boyut	57
5.3.2. Sürdürülebilir Kalkınmadaki Rolü: Sosyal Boyut.....	58
5.3.3. Sürdürülebilir Kalkınmadaki Rolü: Ekonomik Boyut.....	58
6. SONUÇ.....	60
KAYNAKÇA.....	62

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Sürdürülebilirliğin Üç Ana Temeli.....	7
Şekil 2.2. Atık Hiyerarşisi.....	15
Şekil 5.1. Almanya’da Endüstriyel Tasarım Bölümü Olan Üniversitelerdeki Profesör ve Diğer Akademik Personel Sayısı.....	52
Şekil 5.2. Türkiye’de Endüstriyel Tasarım Bölümü Olan Üniversitelerdeki Profesör ve Diğer Akademik Personel Sayısı.....	53
Şekil 5.3. Türkiye ve Almanya’daki Endüstriyel Tasarım Bölümü Profesör Dışı Akademik Kadro Sayısı Oranı.....	53
Şekil 5.4. Türkiye ve Almanya’daki Üniversitelerdeki Endüstriyel Tasarım Bölümündeki Profesör Sayısı Oranı.....	54

KISALTMALAR LİSTESİ

- SDG:** Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri
- WCED:** Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu
- BM:** Birleşmiş Milletler
- ESG:** Çevresel, Sosyal ve Yönetişim
- WWF:** Dünya Doğayı Koruma Vakfı
- GHA:** Global Hektar
- AB:** Avrupa Birliği
- MWh:** 1 megavat-saat
- PLC:** Programlanabilir Mantıksal Denetleyicilerin
- RFID:** Radyo Frekansı Tanımlayıcı
- HTW:** Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin
- ODTÜ:** Orta Doğu Teknik Üniversitesi
- İTÜ:** İstanbul Teknik Üniversitesi
- BŞEÜ:** Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi
- LCA:** Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

1.GİRİŞ

Küresel düzeyde yaşanan çevresel krizler, ekonomik eşitsizlikler ve sosyal adaletsizlikler, sürdürülebilirlik kavramını çağımızın en temel meselelerinden biri haline getirmiştir. Sanayileşme süreciyle hız kazanan doğal kaynakların aşırı kullanımı, çevreye verilen zarar ve atık miktarındaki artış, yalnızca çevresel değil, aynı zamanda ekonomik ve sosyal düzeyde de sürdürülemez bir yapının oluşmasına neden olmuştur. Bu bağlamda sürdürülebilirlik, yalnızca çevreyi korumaya yönelik bir yaklaşım değil; kaynakların verimli kullanıldığı, toplumsal refahın gözetildiği ve ekonomik kalkınmanın sağlandığı bütüncül bir sistemin inşası olarak değerlendirilmelidir. Sürdürülebilirlik kavramı, ilk kez 1987 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun yayınladığı ve literatürde Brundtland Raporu olarak bilinen "Our Common Future" başlıklı raporda geniş ölçekte tanımlanmıştır (Brundtland, 1987). Raporda sürdürülebilir kalkınma, "gelecek kuşakların kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğinden ödün vermeden, bugünkü kuşakların ihtiyaçlarını karşılayan kalkınma" olarak tanımlanmıştır. Bu tanım, sürdürülebilirliğin yalnızca çevreyle sınırlı kalmayıp, toplumsal ve ekonomik sorumlulukları da kapsadığını vurgulaması açısından önem taşımaktadır. Söz konusu rapor, günümüzde Birleşmiş Milletler'in (BM) Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri'nin (SDG) temelini oluşturmuş ve çok sayıda disiplini bu kavram etrafında düşünmeye yönlendirmiştir.

Sürdürülebilirlik, çevresel, ekonomik ve sosyal olmak üzere üç temel boyutta ele alınmaktadır. Çevresel sürdürülebilirlik, doğal kaynakların korunmasını ve ekosistemlerin devamlılığını merkeze alırken; ekonomik sürdürülebilirlik, kaynakların etkin kullanımı ve uzun vadeli ekonomik büyümeyi amaçlar. Sosyal sürdürülebilirlik ise bireylerin temel ihtiyaçlarının karşılanması, eşitlik, adalet ve yaşam kalitesinin artırılması üzerine odaklanır. Bu üç boyutun etkileşimi, sürdürülebilir sistemlerin yapı taşlarını oluşturur. Bu bağlamda, sürdürülebilirliğin sağlanmasında kritik roller üstlenen alanlardan biri de endüstriyel tasarımıdır. Endüstriyel tasarım, yalnızca estetik ve işlevsel ürünler yaratmayı hedefleyen bir alan olmanın ötesinde; üretim süreçlerinden atık yönetimine, kullanıcı alışkanlıklarından toplumsal değerlere kadar uzanan çok katmanlı bir yapıya sahiptir.

Döngüsel ekonomi yaklaşımıyla birlikte, ürünlerin yaşam döngüsü boyunca sürdürülebilirliğe nasıl katkı sağlayabileceği konusu, endüstriyel tasarımın temel araştırma ve uygulama alanlarından biri haline gelmiştir. Atık yönetimi, geri dönüşüm, yeniden kullanım ve atık hiyerarşisi gibi kavramlar, tasarım sürecinin parçası olarak değerlendirilmelidir.

Endüstriyel sürdürülebilirlik, çevresel, ekonomik ve sosyal boyutları bir araya getirmeyi hedeflese de uygulamada pek çok eksiklik mevcuttur. Bu kapsamda; Enerji tüketimi ve fosil yakıt bağımlılığının devam etmesi, Atık yönetimi ve geri dönüşüm uygulamalarının tasarım sürecine yeterince entegre edilememesi, Kullanıcı alışkanlıklarının ve toplumsal değerlerin sınırlı ölçüde dikkate alınması, Ürün yaşam döngüsü yaklaşımının teoride tartışılmasına rağmen uygulamada yeterince benimsenmemesi gibi başlıca eksiklikler söylenebilir.

Yukarıda bahsedilen eksiklikler ve problemlerden ötürü böyle bir çalışmaya ihtiyaç duyulmuştur.

Bu çalışma kapsamında; sürdürülebilirlik ve endüstriyel tasarım ilişkisinin kurulmasıyla, temel tasarım ilkeleri, tasarım öğeleri ve tasarım süreçlerinin sürdürülebilir ürün tasarımıyla nasıl ilişkilendirilebileceği ele alınmıştır. Bu noktada, ürün tasarımının yalnızca nesne merkezli bir etkinlik olmadığı; aksine yaşam döngüsü boyunca insanla, çevreyle ve ekonomiyle etkileşim içinde olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca, Türkiye ve Almanya'daki üniversitelerin endüstriyel tasarım eğitimi konusundaki yaklaşımlarının karşılaştırılması oluşturmaktadır. Bu karşılaştırma, iki farklı ülkenin sürdürülebilirlik bağlamında tasarım eğitime ne ölçüde ağırlık verdiğini ortaya koymak açısından değerlidir. Özellikle sürdürülebilirlik odaklı eğitimin, tasarımcıların meslekî yetkinliklerini ve toplumsal sorumluluk bilincini ne ölçüde etkilediği önem arz etmektedir.

Bu çalışmanın genel amacı, endüstriyel tasarımcının sürdürülebilir kalkınma sürecindeki rolünü çevresel, ekonomik ve sosyal boyutlarıyla analiz etmektir. Tasarımcının mesleki sorumluluklarının sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle ne derece örtüştüğü, bu rolün hangi araçlarla ve hangi eğitim altyapısıyla desteklenebileceği ortaya konmuştur.

2.SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAVRAMI

Günümüzde sürekli artan nüfus, kentleşme gibi birçok faktörlerden ötürü ihtiyaçların hızla artmasına sebep olmaktadır. Bu durum beraberinde kaynaklarda azalma, kirlilik ve aşırı tüketim sorunlarını getirmiştir. Sürdürülebilirlik, sürekli olma becerisi olarak isimlendirilir. Birçok alanda karşımıza çıkan bu kavramın ilk kez ne zaman, nerede ve kim tarafından kullanıldığı önemini korumaktadır. Kaynaklarda birebir anlamı olmamasıyla birlikte, ‘kesintisiz olma hali’ şeklinde tercüme edebileceğimiz bu kavram, Latince ‘sustain’ sözcüğüne karşılık gelmektedir. İngilizceye geçişi de yakın zamanda olan bu kavram ilk kez 1980’lerin ortalarında kullanılmıştır. Belli bir oranda devam edebilme şeklinde açıklanabilir. Sürdürülebilirlik kavramı oldukça geniş bir açıklamaya ve alana sahip olduğundan kısa bir şekilde tanımlayabilmek oldukça zordur. Bu kavram hayatımıza girdikten sonra sadece bir alanda kalamamakla birlikte her alan için anlamca çeşitlenmiş ve günümüzde çok kullanılmaya başlamıştır. Bu alanlara örnek olarak, sağlık, iletişim, kurumsallık, finans, tarım, kültürel değerler ve tasarım gibi pek çok başlık sıralanabilir. Kavramın bu kadar fazla alanda kullanılabiliyor olması onun herkes için başka anlamlara gelmesine sebep olmuş bu nedenle tam ve doğru tanımlanması zorlaşmıştır. Bu tanımda yaşanan zorluklardan biri, kavramın zamanla gelişebilen ve sürekli olarak güncellenebilen bir yapıda olmasıdır. Sürdürülebilirlikle ilgili literatüre baktığımızda henüz üzerine karar verilmiş net bir cevap bulunmamaktadır. Örneğin çevresel bağlamda sürdürülebilirlik doğayı muhafaza konusuna girerken, toplumsal açıdan baktığımızda sürdürülebilirlik, adaletin sağlanması, yoksulluk sorunu gibi konuları ele almaktadır. Salomone sürdürülebilir kalkınma ile sürdürülebilirlik kavramlarının birbirine yakın olabileceğini, ancak bu iki terimin tam anlamıyla birbirinin yerine kullanılmasının sorgulanması gerektiğini ileri sürmektedir. Çünkü sürdürülebilirlik, dinamik ve zamanla evrilen bir kavramdır. Salomone (2014), sürdürülebilirlik tanımlarının çoğunun, insan faaliyetlerinin çevre üzerindeki olumsuz etkileri ve ekosistem üzerindeki sonuçlarına odaklandığını belirtmekte ve bu bağlamda sürdürülebilirliği, “insanlık yükünü taşımaya devam edebilmek için yeryüzünün kapasitesini korumak” şeklinde tanımlamaktadır. Bu tanım, çevresel sürdürülebilirliğin önemini vurgular ve doğal kaynakların korunması gerektiğini öne çıkarır (Salomone, 2014). Sonuç olarak, sürdürülebilir kalkınma ve sürdürülebilirlik arasındaki ilişki, zamanla değişen ve gelişen sürdürülebilirlik anlayışına göre dikkatle ele alınmalıdır. Sürdürülebilir kalkınma genellikle ekonomik ve sosyal boyutlarla ilişkilendirilirken, sürdürülebilirlik daha çok çevresel koruma ve ekosistem dengesinin sağlanması ile ilgilidir.

Bu iki kavram arasındaki farklar, her iki anlayışın da farklı bir perspektife ve önceliğe sahip olduğunu göstermektedir. Kısacası, sürdürülebilirlik ile ilgili yapılan açıklamalara dayanarak bazı temel noktalar üzerinde durulabilir.

Sürdürülebilirlik sadece geçmişini değil, aynı zamanda bugünü ve geleceği de kapsayan bir kavramdır. Bu günümüz nesillerinin ihtiyaçlarını, geleceğin ihtiyaçlarını göz ardı etmeden karşılamayı hedefler. Sürdürülebilirlik, sürekli bir evrim içindedir; kendini sürekli olarak yenileyip güncellemektedir. Bu nedenle, statik değil, dinamik bir kavramdır. Zaman içinde büyük bir değişim geçirmiştir, en belirgin örneği ise sürdürülebilir kalkınma kavramının ortaya çıkması ve gelişmesidir. Sürdürülebilirliğin arkasındaki ana motivasyon, kaynakların yetersizliği ve bu dengenin, ihtiyaçların artışıyla bozulmasıdır. Yani, sürdürülebilirliği ön plana çıkaran esas sebep, kaynakların tükenmesi riski ve sürekli büyüyen ihtiyaçlar arasındaki uyumsuzluktur. Sürdürülebilirlik ve özellikle sürdürülebilir kalkınma, karmaşık ve çok yönlü bir kavramdır, birçok farklı amacı içermektedir. Sürdürülebilir kalkınma bağlamında bile olsa, sürdürülebilirlik tartışmalarının çevre duyarlılığını artırdığı açıkça görülmektedir. Sürdürülebilirlik kavramının 1700'lü yılların başlarında, özellikle ormanların yönetimi ile ilgili olarak ortaya çıktığına dair yaygın bir görüş bulunmaktadır. Bu görüşün dayandığı temel kaynak ise Alman maden işletmecisi ve muhasebeci olan Hans Carl von Carlowitz'in 1713'te yazıp 1732'de yayımlanan "Yabani Ağaç Yetiştirme Klavuzu [Sylvicultura Oeconomica]" adlı eseridir. Carlowitz, Saksonya bölgesindeki maden ocaklarının artan kereste ihtiyacının ormanlar üzerinde büyük tahribat yaratmaya başladığını fark etmiş ve bu sorunu çözmek amacıyla ormancılık sektörünün korunmasına dair yazdığı eserde, Almanca'da sürdürülebilirliği tanımlayan "nachhaltigkeit" terimini kullanmıştır. Bu eser, sürdürülebilirliğin erken dönemlerdeki önemli tanımlarından biri olarak kabul edilmektedir (Wiersum, 1995). Sürdürülebilir orman kullanımının temel prensibini ise şu şekilde ifade etmiştir: "Sürekli, kalıcı ve sürdürülebilir kullanı" (Vehkamaki, 2005). Modern anlamda sürdürülebilirliği ormancılık bağlamında ilk kez dile getiren ve tanımlayan kişi olarak, Carlowitz'in sürdürülebilirlik literatüründeki önemi tartışmasıdır. Bu çalışma, Sanayi Devrimi'ne doğru ilerlerken kereste kıtlığının ortaya çıkmasının bir sonucu olarak gündeme gelen sorunlara da ışık tutması açısından büyük bir öneme sahiptir. 1700'lü yılların Avrupası'nda, özellikle sanayi öncesi dönemde yaşanan doğal kaynak dengesizliğinin boyutları göz önünde bulundurulduğunda, Carlowitz'in kitabında sürdürülebilirliğin esas amacının Avrupa toplumunu büyük ekonomik ve sosyal felaketlerden korumak olduğu açıkça belirtilmektedir.

Bu bağlamda, sürdürülebilirliğin sadece çevresel bir yaklaşım değil, aynı zamanda toplumun ekonomik ve sosyal yapılarının da sağlam temeller üzerinde inşa edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır.

Carlowitz, bu amaca ulaşmak için yalnızca doğal kaynakların sürdürülebilir bir biçimde kullanılmasının yeterli olmayacağını, aynı zamanda Hristiyan kültürünün değerlerinin ve doğanın estetik değerlerinin de korunması gerektiğini ifade etmektedir. Böylece sürdürülebilirlik, sadece çevresel bir olgu değil, ekonomik, sosyal ve çevresel unsurları bir araya getiren çok boyutlu bir yaklaşım olarak ortaya çıkmaktadır. Bu üç temel boyutun birbirini destekleyerek, toplumların uzun vadeli refahı doğa ile uyumlu bir yaşam sürmelerini sağlamayı amaçladığı söylenebilir.

2.1. Brundtland Raporu ve Sürdürülebilir Kalkınma

Sürdürülebilirlik kavramının hem dünya çapında popülerlik kazanması hem de çevre ile kalkınma arasındaki ilişkinin daha fazla bilinçlendirici bir şekilde tartışılmaya başlanması, kuşkusuz 1987 yılında dünya kamuoyu ile paylaşılan ve Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu (WCED) tarafından hazırlanan Brundtland Raporu sayesinde mümkün olmuştur. Bu rapor, özellikle küresel çapta çevre sorunlarının hızla arttığı bir dönemde, çevre ile ekonomi arasındaki ilişkinin giderek daha önemli bir mesele haline gelmesine ve sürdürülebilir kalkınma kavramının sıkça gündeme gelmesine olanak sağlamıştır. Çevre, ekonomi, nüfus gibi kritik konuları ele alan ve bu sorunların ardındaki temel nedenleri araştıran Brundtland Raporu, özellikle gelecek kuşakların daha sağlıklı bir çevrede yaşaması için mevcut neslin büyük bir sorumluluk taşıdığını vurgulamaktadır. Bu önemli rapor, 1983 yılında dönemin (BM) Genel Sekreteri'nin önerisi üzerine, WCED tarafından hazırlanmış ve 1987 yılında BM Genel Kurulu'nun onayına sunulmuştur. Rapor, çevre sorunlarının sadece doğal dengeyi değil, aynı zamanda toplumsal ve ekonomik yapıları da tehdit ettiğine dikkat çekerek, sürdürülebilir kalkınmanın küresel bir hedef haline gelmesinin zeminini hazırlamıştır. Brundtland Raporu'nda sürdürülebilirlik kavramıyla ilgili şu önemli ifade yer almaktadır: “Bugünün ihtiyaçları, gelecekteki nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılayabilmelerini mümkün kılacak şekilde karşılanmalıdır. Başka bir deyişle, mevcut yaşam standardı, ekonomik açıdan gelecek kuşakların refahını tehdit etmemelidir. Ancak eğer mevcut yaşam tarzı ve ekonomik anlayış devam ederken doğal kaynaklar tükenirse, o zaman gelecekteki yaşam standartları için gerekli kaynaklar da tükenmiş olacaktır” (WCED, 1987: 43).

2.2 Sürdürülebilirliğin Boyutları

Sağlıklı bir ekosistem, yalnızca insanlar için değil, tüm canlılar için yaşamın sürekliliği açısından kritik bir rol oynar. Ekosistemlerin sağlıklı olması, doğal kaynakların sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasını ve biyolojik çeşitliliğin korunmasını sağlar. Ancak, 18. yüzyılda başlayan endüstri devrimi ile birlikte insanlar, daha fazla üretim yapmaya ve bu üretimleri daha fazla tüketmeye yöneldiler. Bu dönemde, fabrikaların kurulması, makinelerin yaygınlaşması ve fosil yakıt kullanımının artması, doğal kaynakların hızla tükenmesine ve çevre kirliliğinin artmasına neden oldu. 2. Dünya Savaşı sonrası dönemde, bu eğilim daha da hızlandı ve ekonomik yapılar, üretim ve tüketim odaklı bir hal aldı. Sonuç olarak, çevreye verilen zarar büyük ölçüde arttı. Dünya nüfusunun hızla artması, üretim taleplerini de artırarak, daha fazla mal üretilip tüketildikçe doğal kaynakların tükenme hızını hızlandırdı. Bu da ekosistem dengesinin bozulmasına, habitatların yok olmasına ve birçok canlı türünün tehdit altına girmesine yol açtı. Aşırı üretim ve tüketim alışkanlıklarının bir sonucu olarak çevre ve ekosistemler hızla zarar görmeye devam etti. Sürdürülebilir bir dünya inşa edebilmek için, insanların tükettiklerinin doğanın ürettikleriyle dengede olması gerekir. Bu denge, ekosistemlerin sağlığını koruyarak doğal kaynakların tükenmesini engelleyecektir. Ancak, artan nüfus bu dengeyi bozarak daha fazla üretim ve tüketimi teşvik etmektedir.

Bu olumsuz etkileri azaltmak için iki temel yaklaşım vardır. İlk olarak çevre yönetimi, çevreyi korumak ve doğal kaynakları verimli bir şekilde kullanmak için uygulanması gereken politikalardır. İkinci olarak ise insan tüketiminin yönetilmesi, yani tüketim alışkanlıklarını dengeleyerek üretim ve tüketimi sürdürülebilir bir seviyeye çekmektir (Parsons vd., 2004). Bu iki faktör, ekonomik büyüme ile doğrudan ilişkilidir çünkü kalkınma sürdürülebilir şekilde yapılmalıdır. Ekonomik ilişkilerin sürdürülebilirliği ve bireylerin yaşamlarını devam ettirebilmeleri için en büyük zorluk, doğal kaynakları tahrip etmeden üretim ve tüketim süreçlerini yönetebilmektir. Doğal kaynakların sınırlı olması, çevre kirliliği, iklim değişikliği ve biyolojik çeşitliliğin azalması gibi küresel sorunlar, günümüzde bireylerin ve toplumların daha dikkatli ve sorumlu bir şekilde hareket etmelerini gerektirmektedir. Bu bağlamda, bireylerin çevre ile uyumlu bir şekilde yaşamlarını sağlayacak çözümler geliştirmek, çevre dostu üretim yöntemleri ve sürdürülebilir tüketim alışkanlıklarını benimsemek, tüm modern toplumların en öncelikli hedeflerinden biri haline gelmiştir. Sürdürülebilirlik, yalnızca çevreyi korumakla ilgili bir kavram olmakla kalmayıp, aynı zamanda ekonomik ve sosyal açıdan da toplumsal dengeyi sağlamak için kritik bir rol oynamaktadır (Ashima vd., 2021).

Kaynakların verimli kullanılması, atıkların azaltılması, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı gibi unsurlar, sürdürülebilir kalkınmanın temel taşlarıdır. Ancak, bu hedeflere ulaşmak için bireylerin, şirketlerin ve hükümetlerin birlikte hareket etmesi, uzun vadeli düşünceleri ve kısa vadeli kazançlardan ziyade çevresel ve toplumsal yararları ön planda tutmaları gerekmektedir. İktisat, maliye, çevre, turizm, tarım, ulaşım ve sivil toplum faaliyetlerinin finansmanı gibi birçok farklı alanda sürdürülebilirlik kavramı etkisini gösterir. Her bir sektör, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için farklı stratejiler benimsenmektedir. Örneğin, tarım sektöründe sürdürülebilir tarım uygulamaları, çevre dostu üretim teknikleri ve organik ürünlerin yaygınlaştırılması önemli bir yer tutarken, turizm sektöründe doğa dostu turizm ve ekoturizm gibi uygulamalar ön plana çıkmaktadır. Aynı şekilde, finans sektöründe sürdürülebilir yatırım ve finansal araçların geliştirilmesi, şirketlerin çevresel, sosyal ve yönetim (ESG) kriterlerine göre değerlendirilen projelere yönlendirilmesi büyük bir önem taşımaktadır. Sürdürülebilirlik, kullanım amacına ve yerine göre farklı boyutlar kazanır. Örneğin, bir ülkenin sürdürülebilir kalkınma hedefleri, o ülkenin ekonomik yapısına, coğrafi özelliklerine ve kaynaklarına bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Gelişmiş ülkeler, genellikle teknolojik yenilikler ve yeşil enerji yatırımlarıyla sürdürülebilir kalkınmayı sağlarken, gelişmekte olan ülkeler daha çok doğal kaynakların korunması ve çevresel sorunların çözülmesi için altyapı yatırımlarına odaklanmaktadır. Dolayısıyla, sürdürülebilirlik kavramı evrensel bir kavram olmakla birlikte, her toplumun ihtiyaçlarına ve koşullarına uygun farklı stratejiler gerektirir. Sonuç olarak, sürdürülebilirlik, yalnızca çevresel bir sorun değil, aynı zamanda ekonomik ve sosyal bir sorundur. Bu nedenle, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için toplumların, bireylerin ve tüm paydaşların ortak bir çaba içinde olması, bu hedeflerin başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesi için temel gerekliliktir.



Şekil 2.1. Sürdürülebilirliğin Üç Ana Temeli
Kaynak: (Yorulmaz, 2023:3)

Sürdürülebilirlik, üç ana temel üzerine inşa edilmektedir: Ekonomik sürdürülebilirlik, Çevresel sürdürülebilirlik, Sosyal sürdürülebilirlik. Sağlam bir sürdürülebilirlik yapısının oluşturmak için bu üç boyutun paralel bir şekilde gerçekleştirilmesi büyük bir öneme sahiptir. Çünkü bu üç unsuru birbirine uyumlu bir şekilde entegre etmek, sürdürülebilirlik alanındaki araştırmalarda sıklıkla vurgulanan bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır (Kılıç, 2006).

2.2.1 Sosyal Boyut

Sürdürülebilirlik, teorik ve pratikte genellikle ekonomik ve çevresel boyutlarıyla daha fazla ön plana çıkmış bir kavramdır. Bu durum, sosyal boyutunun uzun yıllar boyunca göz ardı edilmesine yol açmıştır. Başlangıçta, sürdürülebilirlik çoğunlukla yalnızca çevresel ve ekonomik sorunlarla ilişkilendirilmiş, sosyal yönü ise ikinci planda kalmıştır. Bu bağlamda, sürdürülebilirliğin sosyal boyutunun ihmal edilmesi, bu kavramın daha çok çevre ve ekonomi üzerinden ele alınmasına sebep olmuştur. Ancak, son yıllarda sosyal boyutun önem kazanmaya başlamasıyla birlikte sürdürülebilirlik anlayışı daha kapsamlı bir hale gelmiştir. Son 30 yıl içinde, sürdürülebilir kalkınma kavramının ortaya çıkışı, sosyal boyutun daha fazla dikkate alınmasına büyük katkı sağlamıştır. 1987 yılında WCED, sürdürülebilir kalkınma kavramını tanıttığında, yalnızca çevresel sorunları değil, aynı zamanda çevresel problemlerle fakirlik ve sosyoekonomik eşitsizlik arasındaki ilişkiyi de vurgulamıştır. Bu durum, sürdürülebilirlik kavramının daha geniş bir perspektife oturmasına yardımcı olmuştur. Sürdürülebilir kalkınma

anlayışı, sosyal boyutun da ekonomik ve çevresel boyutlarla paralel olarak ele alınması gerektiğini ortaya koymuştur. Zamanla sürdürülebilirlik kavramı gelişirken, sosyal boyut da daha fazla önem kazandı (Moldan vd., 2012). Ancak, yine de bu boyut hiçbir zaman çevresel ve ekonomik boyutların önüne geçmemiştir. Sosyal sürdürülebilirlik, genellikle ikinci planda kalmış ve çevresel ile ekonomik faktörlerle daha az ilişkilendirilmiştir. Bununla birlikte, son dönemde sosyal sürdürülebilirlik, küresel ve yerel kalkınma politikalarının merkezine yerleşmeye başlamıştır. Bu da sürdürülebilirliğin yalnızca çevreyi ve ekonomiyi değil, aynı zamanda toplumları da kapsaması gerektiğini ortaya koymaktadır. Sosyal sürdürülebilirlik, toplumların refahını, adaletini ve eşitliğini sağlamayı amaçlar. Bu boyut, insanların yaşam kalitesinin artırılmasını, eşit fırsatlar sunulmasını ve toplumsal bütünlüğün korunmasını içerir. Sosyal sürdürülebilirlik, eğitim, sağlık, gelir dağılımı, iş güvenliği ve insan hakları gibi konuları kapsar. Ayrıca, toplumların çevreye duyarlı, adil ve eşitlikçi bir şekilde gelişmelerini sağlamak, sosyal adaletin temellerini atmak da sosyal sürdürülebilirliğin bir parçasıdır. Bu, aynı zamanda toplumsal kalkınmayı teşvik etmek ve insanların temel ihtiyaçlarını karşılamak için gerekli şartları oluşturmayı gerektirir (Littig ve Griebler, 2005).

Sosyal sürdürülebilirliği tanımlamanın zorlukları, analitik, normatif ve politik açların birbirinden net bir şekilde ayrılmaması ve bireylerin birini diğerine tercih edebilmesinden kaynaklanmaktadır. Bu sorunun temel nedenlerinden biri hem analitik hem de normatif bir boyuta sahip olan “sosyal” kelimesinin geniş ve çok katmanlı anlamlar taşımasından kaynaklanmaktadır (Littig ve Griebler, 2005). Sosyal sürdürülebilirlik, toplumlar içinde olumlu yaşam koşullarının sağlanması ve bu koşullara ulaşmak için gereken sürecin varlığı olarak en yaygın şekilde de tanımlanır. Bu tanım, şu temel ilkelere dayanır (Morelli, 2011).

Temel hizmetlere eşit erişim: Her bireyin sağlık, eğitim gibi temel hizmetlere eşit şekilde erişim hakkına sahip olması gerektiği,

Kuşaklar arası adalet: Mevcut nesillerin, gelecek nesillerin de aynı kaynaklara ve fırsatlara sahip olabilmesi için gerekli önlemlerin alınması,

Çeşitli kültürlere saygı gösteren sosyal ilişkiler: Toplumun içinde farklı kültürlere değer vererek, hoşgörü ve saygıyı teşvik eden bir ilişki yapısının oluşturulması,

Yerel düzeyde vatandaş katılımı: İnsanların, özellikle yerel yönetimlerde ve toplumsal süreçlerde aktif katılımını sağlayacak mekanizmaların kurulması,

Topluluk bilinci: İnsanların, dayanışma içinde ve ortak bir kimlik etrafında birleşerek güçlü bir topluluk hissi geliştirmeleri,

Sosyal sürdürülebilirlik farkındalığı: Sosyal sürdürülebilirliğin önemini anlatacak sistemler ve eğitim yollarının oluşturulması,

Toplumların kendi ihtiyaçlarını karşılamak için sistemler: Toplumların, mümkünse kendi temel ihtiyaçlarını karşılayabilmek için sürdürülebilir yapılar geliştirmeleri,

Siyasi savunuculuk: Toplulukların, kendi kaynaklarıyla çözemeyecekleri sorunlar için siyasette destek arayarak çözüm önerileri geliştirmeleri gerekir.

Sosyal sürdürülebilirlik, toplumların değerlerini, kimliklerini, ilişkilerini ve kurumlarını geleceğe taşıma yeteneğini ifade eder. Bu kavram, toplumların bütünlüğünü ve ortak hedeflere ulaşma becerisini sürdürmesini gerektirir. Ayrıca, bireylerin temel ihtiyaçlarını karşılamaya odaklanır.

Sağlık, eğitim, beslenme, barınma ve kültürel ifade gibi alanlarda sürdürülebilir çözümler sunar. Sosyal sürdürülebilirlik, toplumda adaletin ve eşitliğin sağlanması için önemlidir. Bireylerin yaşam kalitesini artırarak, sosyal refahı güçlendirir. Sonuç olarak, sosyal sürdürülebilirlik, toplumsal yapının dayanıklılığını ve gelecek kuşaklara aktarılabilirliğini güvence altına alır (Moldan vd., 2012). 2002 yılında yayımlanan Johannesburg Sürdürülebilir Kalkınma Bildirgesi, sosyal sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için ülkelerin üretim ve tüketim alışkanlıklarını gözden geçirmelerini ve yoksulluğu ortadan kaldırmak ya da en aza indirmek için ortak taahhütlerde bulunmalarını istemektedir. Bildirgede, bu hedeflere ulaşmada karşılaşılan zorluklar arasında, zengin ile yoksul arasındaki uçurumun derinleşmesi ve demokratik sistemlere olan güvenin azalması vurgulanmıştır. Ayrıca, insani dayanışmanın önemi ve toplumlar arası iş birliğinin güçlendirilmesi gerektiği ifade edilmiştir. Temiz su, temiz enerji, sağlık hizmetleri ve gıda erişimi gibi alanlarda iş birliğinin artırılması gerektiği belirtilmiştir. Özetle, sosyal sürdürülebilirlik, uzun bir süre sürdürülebilirliğin teorik ve pratikte en fazla göz ardı edilen boyutu olmuştur. Ekonomik ve çevresel boyutlar daha fazla ilgi görürken, sosyal boyut hem akademik hem de politik düzeyde ihmal edilmiştir. Bu durum, sosyal sürdürülebilirliğin genellikle basitleştirilerek ele alınmasına ve diğer iki boyutla kıyaslandığında geri planda kalmasına yol açmıştır (Colantonio, 2008).

2.2.2 Ekonomik Boyut

Ekonomik sürdürülebilirlik, ekonomik kalkınmanın uzun vadede çevresel ve sosyal zararlara yol açmadan sürdürülmesi anlamına gelir. Bu bağlamda, ekonomik büyüme sağlanırken doğal kaynakların aşırı tüketilmesinden ve çevresel tahribattan kaçınılması hedeflenir. Ekonomik sürdürülebilir bir sistem, mal ve hizmet üretimini tahrip edebilecek dengesizliklerden kaçınarak, iç ve dış borç seviyelerinin yönetilebilir düzeyde tutulmasını sağlar. Bu sistem, aynı zamanda iş gücünü geliştirmek, kaynakları verimli kullanmak, yenilikçi ve çevre dostu teknolojilere yatırım yapmak, adil ticaretin teşvik edilmesi ve ekonomik eşitsizliğin azaltılmasına yönelik politikalar geliştirmeyi de içerir. Ekonomik sürdürülebilirlik, doğal sermayenin korunmasını ve kaynakların etkin bir şekilde kullanılmasını sağlayarak, uzun vadeli ekonomik refahı güvence altına almayı amaçlar. Böylece hem mali yapı istikrarlı olur hem de üretim sistemleri ekonomik çevreyle uyum içinde çalışarak sürdürülebilir kalkınma sağlanabilir (Alagöz 2007).

Sürdürülebilirliğin ekonomik boyutu, bireyler, organizasyonlar, ülkeler ve topluluklar için maliyetleri düşürmek, değer yaratmak ve yeni ekonomik fırsatlar oluşturmak üzerine odaklanır. Bu boyut, ekonomik büyümenin sağlıklı bir ekosistemle uyumlu bir şekilde ilerlemesini garanti eder (Burki vd., 2021). Ekonomik sürdürülebilirliğin farklı tanımları bulunmaktadır. Bu tanımlar arasındaki fark, farklı sürdürülebilirlik modellerinin temel alınmasından kaynaklanmaktadır. Ekonomik sürdürülebilirlik, ekolojik veya sosyal sürdürülebilirlik üzerinde zarar verici bir etkisi olmayan ekonomik kalkınmayı ifade eder. Bu anlamda, ekonomik sermayenin artması, doğal veya sosyal sermayenin azalmasıyla sağlanmamalıdır (Kth Royal Institute of Tecnology, 2020).

Ekonomik sürdürülebilirlik açısından, işletmelerin iç ve dış etkilerinin değerlendirilmesi büyük bir öneme sahiptir. Sürdürülebilirlik yönetimi, işletmelerin finansal performansını analiz etmeyi, maddi olmayan duran varlıklarını nasıl yönettiklerini incelemeyi ve işletmelerin ekonomi üzerindeki genel etkisini gözlemlemeyi içermelidir. Ayrıca, işletmelerin sosyal ve çevresel etkileri de dikkate alınarak, bu etkilerin nasıl yönetildiği belirlenmelidir. İşletmelerin kaynakları verimli kullanarak çevresel ve sosyal sorumluluklarını yerine getirmeleri, uzun vadede rekabet avantajı sağlar. Bu unsurlar, yalnızca ekonomik sürdürülebilirliği sağlamakla kalmaz, aynı zamanda toplumun ve çevrenin de uzun vadeli refahını güvence altına alır. Tüm bu faktörler göz önünde bulundurularak, işletmelerin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine

ulaşabilmesi için stratejik planlama ve yönetim süreçleri geliştirilmelidir (Doane ve Macgilivray, 2001).

2.2.3. Çevresel Boyut

Geleneksel anlamıyla çevre, insanların ve diğer canlıların yaşamlarını sürdürdükleri, etkileşimde buldukları ve birbirleriyle sürekli ilişki içinde oldukları fiziksel, biyolojik, sosyal, ekonomik ve kültürel ortamı tanımlar. Başka bir ifadeyle, çevre, organizmaların varlıklarını sürdürebilmek için ihtiyaç duyduğu tüm doğal ve sosyal koşulları kapsar. İnsanlar da dahil olmak üzere tüm canlılar için sağlıklı bir yaşamın temeli, çevrenin bozulmamış ve dengede tutulmuş olmasına bağlıdır. Bu bağlamda çevresel boyut, doğal kaynakların korunmasını ve çevrenin sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesini hedefler. Bu yaklaşım, ekosistemlerin zarar görmeden, biyolojik çeşitliliğin yok edilmeden doğanın kaynaklarının kullanılmasını savunur.

Çevresel sürdürülebilirlik, hava, su ve toprak kirliliğini en aza indirmek, doğal kaynakları israf etmeden kullanmak, karbon emisyonlarını kontrol altına almak gibi önemli önlemleri içerir. Bunun yanı sıra, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik etmek, atıkların geri dönüşümünü sağlamak ve doğal alanları korumak, çevresel sürdürülebilirliğin temel bileşenlerindedir. Bu unsurlar, doğal dengenin bozulmadan, uzun vadede sürdürülebilir bir yaşam alanı yaratılmasını mümkün kılar. Çevresel sürdürülebilirlik düşüncesinin temelleri, büyük ölçüde 1960'lı yıllara dayanmaktadır. O dönemde, dünya genelinde birçok ülkenin ekonomik gündeminde yer alan “kalkınmacı ideoloji” oldukça etkili olmuştur. Bu ideoloji, kalkınmayı ekonomik büyüme ve endüstriyel gelişmeyle eşdeğer tutarak çevreye dair sorunları ikinci planda görmüştür. Kalkınmacı ideolojiye göre, çevre sorunları kalkınmanın doğal bir yan etkisi olarak kabul edilmekte ve bu sorunlar, kalkınma sürecinin bir sonucu olarak yaşanması gereken zorluklar olarak değerlendirilmiştir. Bu anlayışa sahip olanlar için, çevre sorunları öncelikli olarak ele alınması gereken bir konu değil, ilerleyen dönemlerde dikkate alınması gereken ikincil bir mesele olarak görülüyordu. Kalkınmacı ideolojinin etkisiyle şekillenen bu yaklaşım, çevresel sorunları genellikle görmezden gelmiş ve çözüm yolları daha sonraya bırakılmıştır.

Çevre literatüründe bu strateji, “tepki ve tedavi stratejisi” olarak adlandırılmaktadır. Bu yaklaşımda çevre sorunlarına yalnızca, kalkınma sürecinde ortaya çıkan somut sorunlar ve zararlar belirginleştiğinde müdahale edilmesi gerektiği savunulmuştur. Ancak 1970'li yıllarda, çevre hareketlerinin etkisiyle bu görüş ciddi bir şekilde sorgulanmaya başlanmış ve çevre

sorunlarına yönelik daha proaktif ve kapsamlı çözümler geliştirilmesi gerektiği fikri yayılmaya başlamıştır. Bu dönem, çevre ile kalkınma arasındaki ilişkinin yeniden değerlendirilmeye başlandığı, çevresel sürdürülebilirlik düşüncesinin güç kazandığı bir dönüm noktası olmuştur (Bozlağan, 2005). Ekolojik ayak izi, bir bireyin, topluluğun veya organizasyonun doğal kaynakları kullanma ve atık üretme miktarını ölçen bir kavramdır. Bu kavram, insanların ihtiyaçlarını karşılamak için ne kadar biyolojik verimli arazi ve su alanına ihtiyaç duyduğunu belirler. Ekolojik ayak izi, çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir göstere olup, insanların doğa üzerindeki etkilerini anlamaya yardımcı olur. Dünya Doğayı Koruma Vakfı (WWF) tarafından 2012’de yayımlanan Yaşayan Gezegen Raporu’nda, çevresel sürdürülebilirlik açısından dikkat çeken önemli bir terim ekolojik ayak izidir.

WWF, ekolojik ayak izini, insan faaliyetlerinin doğadan aldığı kaynakları üretmek ve bu kaynaklardan oluşan atıkları yok etmek için gereken biyolojik verimli toprak ve su alanlarının hesaplanmasında kullanılan bir yöntem olarak tanımlar. Bu terim, doğanın, insanların ihtiyaçlarını karşılayabilme kapasitesini ölçmeye yönelik bir araç olarak işlev görür ve çevresel etkilerimizin büyüklüğünü gösterir (World Wildlife Fund, 2012).

2008 yılında Dünya’nın biyolojik kapasitesi, yani doğanın kaynakları sağlama ve atıkları işleme yeteneği, toplamda 12 milyar global hektar (GHA) olarak belirlenmiştir. Bu, her bir kişi için yaklaşık 1,8 gha’ya denk gelmektedir. Fakat, insanların oluşturduğu ekolojik ayak izi bu değer çok daha üzerinde olup, 18,2 milyar gha ya da kişi başına 2,7 gha’dır. Bu büyük fark, Dünya’nın sunduğu kaynakların, insanların tükettiği miktara ulaşabilmesi için gereken sürenin yaklaşık 1,5 yıl daha uzun olması gerektiğini gösterir. Başka bir deyişle, insanlık doğal kaynakları tüketirken, doğa bu kaynakları yenilemede yetersiz kalmakta ve kaynakların tükenme hızı doğanın yenileme hızını aşmaktadır (Moldan 2012).

Sürdürülebilir bir çevrenin sağlanması için doğal kaynakların iyi bir şekilde değerlendirilmesi gerektiği vurgusu, çevresel etkilerin yönetilmesi ve gelecekteki nesillerin kaynaklara eşit erişimi için önemlidir. Bu bağlamda, Organizational Carbon Footprint (OCF) raporu çevresel sürdürülebilirliği sağlamak adına karbon ayak izinin hesaplanmasını, değerlendirilmesini ve azaltılmasını içerir. Sürdürülebilir kalkınma kapsamında, çevresel sürdürülebilirliği sağlamak amacıyla düşük maliyetli ve etkili çevre politikaları geliştirmek için birçok birbirine bağlı hedef ve temel ilke bulunmaktadır (European Commission, 1999).

Bu ilkelerin başında, doğal kaynakların verimli bir şekilde yönetilmesi ve ekosistemlerin bütünlüğünün korunması yer alır. Kaynakların doğru bir şekilde yönetilmesi hem çevresel

dengeyi korur hem de ekosistemlerin doğal işlevlerini sürdürebilmelerini sağlar. Bu da çevresel sürdürülebilirliğin temel unsurlarından biridir. (Daly, 1990). Ayrıca, karar alma süreçlerinde doğru bilgiye dayalı hareket etmek çok önemlidir. Bu nedenle, çevreyle ilgili verilerin toplanması ve göstergeler aracılığıyla ilerlemenin ölçülmesi, daha bilinçli ve etkili politika geliştirilmesine olanak sağlar. (European Environment Agency, 2005). Bir diğer önemli ilke ise sosyal ve çevresel etkileşimlerin doğru şekilde yönetilmesidir. Bu bağlamda, yaşam kalitesinin artırılması hedeflenir. İnsanların çevre ile olan ilişkisini iyileştirerek, daha sağlıklı ve sürdürülebilir yaşam alanları yaratmak, bu hedefin bir parçasıdır. Küresel çevresel bağlılık da sürdürülebilir kalkınma için kritik bir unsurdur. Bu, uluslararası iş birliği ve yönetim süreçlerinin güçlendirilmesi anlamına gelir (European Commission, 1999).

Çevresel sorunların küresel boyutta ele alınması, her ülkenin kendi yerel sınırlarının ötesinde ortak çözümler geliştirmesini gerektirir. Bunun yanı sıra, geri dönüşüm uygulamalarına büyük bir önem verilmesi gerektiği de vurgulanmaktadır. Atıkların geri dönüştürülmesi, kaynakların israfını engelleyerek, doğal çevreye daha az zarar verilmesini sağlar (OECD, 2008). Ayrıca, çevreye zarar veren tehlikeli maddelerin salınımını önlemek, kirletici unsurların doğaya salınımını engellemek için stratejiler geliştirmek de bu ilkeler arasında yer alır. Yenilenemez kaynakların verimli kullanılması ise sürdürülebilirlik açısından önemli bir diğer hedefdir. Bu kaynakların kullanımını minimize etmek ve bu kaynakların yerine yenilenebilir enerji ve malzemelerle ikame etmek gerekmektedir. Sürdürülebilir kalkınma, uzun vadeli bir perspektif gerektirir. Bu, belirli zaman sınırlamaları olmaksızın çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmayı amaçlayan bir yaklaşımı ifade eder. Aynı zamanda, geri bildirimlere duyarlı olmak da oldukça önemlidir (IPCC, 2014).

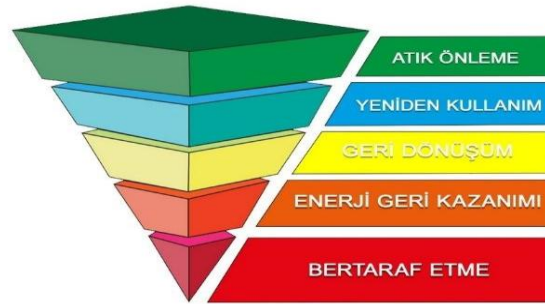
Çevre politikaları, toplumsal ve çevresel koşullara göre esnek bir şekilde gelişmeli ve gerektiğinde değişen koşullara adapte olmalıdır. Bu esneklik, sürdürülebilir çözümler üretmek ve öğrenmek için kritik bir adımdır. Son olarak, doğaya ve biyolojik çeşitliliğe saygı göstermek, bu süreçlerin tümünü kapsayan en temel ilkedir. İnsanların çevreye duyarlı, sürdürülebilir bir şekilde yaşamaları, bu ilkelerin tümünü uygulayarak sağlanabilir. Bu tür bütünsel bir yaklaşım, çevre, toplum ve ekonomi arasındaki dengeyi kurarak, gelecekte daha sağlıklı ve sürdürülebilir bir dünya inşa etmeye yardımcı olacaktır (Kaypak, 2011).

2.3. Döngüsel Ekonomi ve Sıfır Atık

Nüfusun artması ve tüketim alışkanlıklarının değişmesi, atık üretimini artırmakta ve bunun sonucunda yeni yönetim yaklaşımlarına duyulan ihtiyaç giderek büyümektedir (Ulusoy

vd., 2023:12). Sürdürülebilir atık yönetimi anlayışında, atığın büyük bir kısmı geri dönüşüm ve enerji geri kazanımı yöntemleriyle değerlendirilebilir, böylece bertarafa gönderilen atık miktarı ciddi şekilde azaltılabilir (European Environment Agency, 2016). Bu modelin sıfır atık yönetimi ve döngüsel ekonomi prensiplerine uyarlanabilmesi için öncelikli olarak atığın oluşumunun engellenmesi, engellenemeyen kısmının ise mümkün olduğunca geri dönüştürülmesi önem taşır (OECD, 2019). Normal koşullar altında atığın taşınması ve bertarafı yüksek maliyetler yaratırken, atık bir kaynak olarak ele alındığında çevresel ve ekonomik açıdan önemli faydalar sağlanmaktadır (European Commission, 2020). Atıkların kaynağa dönüştürülmesi, birincil hammaddelere olan talebi düşürür ve büyük ölçüde hammadde ithal eden ülkelerde ithalat oranlarını azaltarak ekonomik kazançlar elde edilmesine olanak tanır (UNEP, 2011).

Kaynakların korunması, çevre kirliliğinin engellenmesi ve sürdürülebilir atık yönetimi sistemlerinin kurulması açısından atık yönetimi hiyerarşisi önemli bir rehberdir. Bu hiyerarşide, atıkların oluşmadan önce önlenmesi en öncelikli adımdır. Önlenmesi mümkün olmayan atıkların ise yeniden kullanım veya geri dönüşüm yoluyla değerlendirilmesi gerekmektedir (European Environment Agency, 2016). Eğer bu yöntemler de uygulanamıyorsa, enerji geri kazanımı gibi alternatif çözümler devreye girmelidir. Son çare olarak, atıkların hiçbir şekilde değerlendirilemeyecek kısmı, bertaraf edilmek üzere işleme alınır. İlgili hiyerarşiye ait önem sıralaması Şekil 2.2’de verilmiştir. (OECD, 2019).



Şekil 2.2. Atık hiyerarşisi

Kaynak: (Ulusoy vd., 2023:12)

Avrupa Birliği (AB), 2018’de kabul ettiği döngüsel ekonomi paketiyle atık yönetimi mevzuatını güncellemiş ve yeni hedefler belirlemiştir. Düzenli depolama sahasında bertaraf edilecek atık miktarının 2035’ e kadar %10 ile sınırlı tutulması öngörülmüştür, bu da atığın

%90'ının geri dönüştürülmesi gerektiğini göstermektedir (European Commission, 2008). Ayrıca, kentsel atıkların 2025'e kadar %55, 2030'a kadar %60 ve 2035'e kadar %65 oranında geri dönüşüm hedeflenmiştir (European Commission, 1994). Ambalaj atıkları için 2025'te %65, 2030'da ise %70 geri dönüşüm hedeflenmiş, plastik poşet kullanımının 2025'e kadar yıllık 40 adedi aşmaması gerektiği belirtilmiştir (European Commission, 2019). Tek kullanımlık plastikler için de kısıtlamalar getirilmiş ve 2025'te PET şişelerde %25, 2030'da ise %30 geri dönüştürülmüş plastik kullanılması zorunlu hale getirilmiştir (European Commission, 2020). 2015'te kabul edilen Döngüsel Ekonomi Eylem Planı'na dayanan bu değişiklikler, 2020'de güncellenmiş bir eylem planıyla devam etmiştir (Sıfır Atık, 2022).

- Ürünlerin dayanıklılığının, yeniden kullanılabilirliğinin, kalitesinin artırılabilirliğinin ve onarılabilirliğinin geliştirilmesi; aynı zamanda ürünlerdeki tehlikeli kimyasalların azaltılması, enerji ve kaynak verimliliğinin artırılması gereklidir.
- Performans ve güvenlik sağlandığı takdirde, ürünlerde geri dönüştürülmüş malzeme oranının artırılması hedeflenmelidir.
- Yeniden üretim ve yüksek kaliteli geri dönüşüm süreçlerinin teşvik edilmesi önemlidir.
- Karbon ve çevresel ayak izlerinin azaltılması sağlanmalıdır.
- Tek kullanımlık ürünlerin kullanımı kısıtlanmalı ve erken aşamalarda eskimeyi önleyici önlemler alınmalıdır.
- Satılmayan uzun ömürlü ürünlerin imhası yasaklanmalıdır.
- Üreticiler, ürünün sahipliğini ve kullanım ömrü boyunca performansını kontrol etme sorumluluğunu taşımaktadır.
- Ürün etiketleme, filigran gibi bilgilerin dijitalleştirilmesi potansiyeli kullanılmalıdır.
- Yüksek sürdürülebilirlik performansına sahip ürünler, belirli kriterlere göre ödüllendirilmelidir.

Döngüsel ekonomi ve sıfır atık yönetimi sistemlerine geçiş konusunda dünya genelindeki gelişmeler, ülkemizde dikkatle takip edilmektedir. Çevre mevzuatında da bu doğrultuda önemli güncellemeler yapılmaktadır. Ayrıca, kaynakların korunması, çevre kirliliğinin engellenmesi, geri dönüşüm oranlarının artırılması ve atık üretiminin azaltılması amacıyla sürdürülebilir çözümler geliştirmek için çeşitli projeler uygulanmaya başlanmıştır.

Sıfır Atık Projesi, atıkların önlenmesini ve önlenemeyen atıkların yeniden kullanım, geri dönüşüm ve enerji geri kazanımı yoluyla değerlendirilmesini amaçlayarak, bertarafa gönderilen atık miktarını mümkün olan en aza indirmeyi hedeflemektedir.

Ülkemizde kurumlar, sıfır atık yönetim sistemine hızla geçiş yaparak 2019'da 25 bin kurum bu sisteme dahil olmuştur (Sıfır Atık, 2022). Ancak, oluşturulan sistemlerin sürdürülebilirliği büyük önem taşımaktadır. Bu yüzden sistemin etkinliğinin düzenli olarak izlenmesi, halkın bilinçlendirilmesi için sürekli eğitimlerin verilmesi, denetimlerin yapılması ve gerektiğinde cezai yaptırımların uygulanması gerekmektedir. 2022 yılından itibaren, sıfır atık yönetimine daha etkin bir şekilde katılım sağlanması amacıyla yerel yönetimlerin sıfır atık birimleri kurması zorunlu kılınmıştır (Milliyet, 2021). 2019' da alışveriş poşetlerinin ücretlendirilmesiyle plastik kullanımının azaltılması hedeflenmiş ve 2020 yılında plastik poşet tüketiminde %75 oranında bir düşüş sağlanmıştır. Bu sayede 8.300 ton daha az sera gazı salınıp, 3 milyon MWh enerji tasarrufu elde edilmiş ve 1,8 milyon varil petrol tüketimi azaltılmıştır (Sıfır Atık Mavi, 2022).

Deniz ve kıyıların korunması, gelecek nesillere sağlıklı bir çevre bırakılması amacıyla 2019 Haziran ayında Sıfır Atık Mavi Projesi başlatılmıştır (Sıfır Atık Yönetmeliği, 2019). 2019 Temmuz ayında yayımlanan Sıfır Atık Yönetmeliği, doğal kaynakların verimli kullanımı ve çevre sağlığının korunması amacıyla sıfır atık yönetim sisteminin kurulmasını öngörmüştür.

Yönetmeliğe göre, sistemin uygulanması için belirlenen tarihler, mahalli idareler, binalar ve yerleşkeler için farklılık göstermekte olup, geçişin 31 Aralık 2022'ye kadar tamamlanması beklenmiştir. Yönetmelik, Ekim 2021'de revize edilmiştir. Yeni versiyonla, ayrı toplanan atıkların geri dönüşüm veya bertaraf için toplanacağı atık getirme merkezlerinin oluşturulması gerektiği vurgulanmıştır. Ayrıca, zincir marketler ve 400 m²'yi aşan satış alanına sahip yerlerde, kâğıt, cam, metal ve plastik atıklar ile pil, elektrikli küçük ev aletleri ve tekstil atıklarının ayrı biriktirilmesi için toplama noktaları oluşturma yükümlülüğü getirilmiştir.

Atık getirme merkezlerinin boyutu, belediyelerin hizmet verdiği nüfusa göre belirlenmiştir ve alışveriş merkezlerinde mobil atık getirme merkezlerinin kurulması gerektiği belirtilmiştir (Akdemir, 2021). Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB) kurumlar için sıfır atık yönetimi uygulamalarını rehber almak amacıyla Sıfır Atık Yönetim Sistemi Kılavuzları yayımlamıştır.

2.3.1 Atık Yönetimi

Atık yönetimi, üretim ve tüketim alışkanlıklarıyla doğrudan bağlantılı olan döngüsel ekonominin temel unsurlarından biri haline gelmiştir. Atık yönetimi, atıkların toplanması, ayrılması, taşınması ve geri kazanılması sürecidir. Günümüzde, atık yönetimi anlayışının daha kapsamlı bir hale getirilmesi ve tüm değer zincirlerinin üretim ile tüketim modelleri göz önünde bulundurularak kaynak ihtiyaçlarının belirlenmesi gerekmektedir.

Atık yönetimi, yalnızca atıkların azaltılması, toplanması, işlenmesi ve yok edilmesi ile sınırlı kalmayıp, sosyoekonomik kalkınma, devlet düzenlemeleri, politika tercihleri ve kaynakların verimli kullanımını da içine alan geniş bir alan olarak değerlendirilmektedir. Atık yönetimi, merkezi hükümetlerin stratejiler geliştirip ulusal planlar oluşturması, yerel ve bölgesel yönetimlerin politikalar hazırlayıp uygulaması ve atık toplama, işleme ve bertaraf süreçlerini organize etmesini içeren çok katmanlı bir yönetim yapısını kapsamaktadır. Avrupa Birliği'nin atık yönetimi politikaları, “kirleten öder”, “üreticinin sorumluluğu”, yeterli altyapının sağlanması, atığın meydana geldiği bölgede işlenmesi ve atık yönetimi hiyerarşisi gibi temel ilkeleri içermektedir. Avrupa Birliği'nin 2008/98/AT sayılı Atık Çerçeve Direktifi, atıkların oluşumunun önlenmesini ve atık yönetimi hiyerarşisinin hayata geçirilmesini teşvik etmeyi hedeflemektedir (Seyhan, 2023).

2.3.2. Atık Azaltımı

Atık hiyerarşisinin en temel ve en önemli basamağı olan atık azaltımı, bireylerin, işletmelerin ve toplumun genel olarak ürettiği atık miktarının mümkün olduğunca düşürülmesini, atıkların içeriğinde bulunan zararlı veya çevreye zarar verebilecek maddelerin oranının en aza indirilmesini ve doğaya olan olumsuz etkilerin azaltılmasını hedefleyen bir yaklaşımdır. Atık yönetimi süreçlerinin en başında yer alan bu aşama, atığın henüz oluşmadan önce önlenmesini ve böylece çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasını amaçlamaktadır. Atık azaltımı, üretimden tüketime kadar geçen süreçlerde daha bilinçli kararlar alınmasını gerektirir ve bu sayede doğal kaynakların daha verimli kullanılmasına olanak tanır. Bu yaklaşımın temel mantığı, bir ürün ya da hizmeti tüketirken gereksiz kaynak kullanımından kaçınmak, mümkün olduğunca az malzeme tüketmek ve böylece doğaya bırakılan atık miktarını asgari seviyeye indirmektir.

Atık azaltımı uygulamalarına bireysel ve kurumsal düzeyde birçok farklı yöntemle katkı sağlanabilir. Örneğin, alışveriş yaparken tek kullanımlık plastik torbalar yerine tekrar

kullanılabilir bez çantaların tercih edilmesi, gereksiz ambalajlı ürünlerden kaçınılması, dayanıklı ve uzun ömürlü ürünlerin satın alınması gibi bilinçli tüketim alışkanlıkları, atık miktarını büyük ölçüde azaltabilir (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2021). Ayrıca, fazla gıda tüketiminden kaçınarak israfı önlemek, dijital ortama yönelerek kâğıt kullanımını en aza indirmek ve enerji tasarruflu cihazları tercih etmek gibi uygulamalar da atık oluşumunu en baştan engelleyen önemli adımlardır. (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2019; TÜBİTAK, 2020). Atık azaltımının çevresel faydaları kadar ekonomik açıdan da önemli avantajları bulunmaktadır. Üretilen atık miktarının düşürülmesi, atığın toplanması, taşınması, işlenmesi ve bertaraf edilmesi için harcanan enerji, maliyet ve iş gücünü azaltarak hem bireyler hem de kurumlar için ekonomik tasarruf sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, daha az kaynak tüketilmesi, enerji kullanımının azalmasına ve dolayısıyla karbon ayak izinin düşmesine katkıda bulunarak küresel ölçekte iklim değişikliğiyle mücadeleye yardımcı olmaktadır. (Ulusoy vd., 2023:45). Sonuç olarak, atık hiyerarşisinin en üst basamağında yer alan atık azaltımı, sürdürülebilir bir çevre ve ekonomik verimlilik açısından büyük bir öneme sahiptir. Atıkların oluşumunu en aza indirerek doğaya zarar vermeden, kaynakları daha bilinçli ve verimli bir şekilde kullanarak, hem gelecek nesillere daha temiz bir çevre bırakmak hem de ekonomik anlamda tasarruf sağlamak mümkündür. Bu nedenle, bireylerden işletmelere ve devlet politikalarına kadar geniş bir çerçevede atık azaltımı bilincinin yaygınlaştırılması ve uygulanması, çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasında kritik bir rol oynamaktadır.

2.3.3. Tekrar Kullanım

Atık hiyerarşisinin ikinci basamağını oluşturan tekrar kullanım, bir ürünün ömrünü uzatmaya yönelik sürdürülebilir bir yaklaşımdır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2019). Bu yöntem, artık kullanılmayan ya da asıl amacı doğrultusunda işlevini tamamlamış olan bir eşyanın tamamen atık haline gelmeden önce farklı bir şekilde değerlendirilmesini içerir (TÜBİTAK, 2020). Tekrar kullanım, bir ürünün ya da malzemenin geri dönüştürülmesine veya bertaraf edilmesine gerek kalmadan, başka bir işlevle yeniden kullanılmasını sağlamaktadır (European Environment Agency, 2016). Bu sayede, hem doğal kaynakların korunmasına katkıda bulunmakta hem de atık miktarı azaltılarak çevresel sürdürülebilirlik desteklenmektedir (Ulusoy vd., 2023:33). Bu yöntem, günlük yaşamda birçok farklı şekilde uygulanabilir. Örneğin, ülkemizde yaygın bir alışkanlık haline gelen yoğurt ve dondurma kaplarının, kullanıldıktan sonra doğrudan çöpe atılmak yerine mutfakta saklama kabı ya da bitkiler için saksı olarak değerlendirilmesi tekrar kullanıma verilebilecek en basit örneklerden

biridir (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2021). Cam kavanozların baharat, bakliyat veya ev yapımı reçel ve turşuların saklanması için yeniden kullanılması, eski giysilerin temizlik bezi olarak değerlendirilmesi ya da mobilyaların onararak veya farklı amaçlara uygun hale getirilerek yeniden kullanıma sunulması da bu yaklaşımın yaygın örneklerindedir. Tekrar kullanım, geri dönüşüm sürecinden farklı olarak, malzemenin herhangi bir fiziksel ya da kimyasal işleminden geçirilmesini gerektirmez. Ürün, ilk üretildiği haliyle ya da küçük modifikasyonlarla başka bir işleyle kullanılmaya devam eder. Bu nedenle, geri dönüşümde olduğu gibi ek enerji ve su tüketimine ya da endüstriyel işleme ihtiyaç duyulmaz (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2021). Aynı zamanda, atıkların toplanması, taşınması ve işlenmesi gibi süreçlere gerek kalmadan doğrudan yeniden kullanılabilmesi, ekonomik açıdan da avantaj sağlamaktadır (Ulusoy vd., 2023:40). Tekrar kullanım fikrine teşvik eden yenilikçi tasarımlardan biri de ünlü tasarımcı Nicolas Le Moigne tarafından geliştirilen özel bir alettir. Bu tasarım sayesinde, kullanıldıktan sonra genellikle çöpe atılan plastik su şişeleri farklı bir işleve sahip olabilmekte ve sulama şişesi olarak yeniden kullanılabilir (Papanek, 1995; Le Moigne, 2008). Su şişesinin ağzına takılan bu aparat sayesinde, şişe herhangi bir geri dönüşüm sürecinden geçmeden veya bertaraf edilmeden doğrudan yeni bir kullanım alanı bulmaktadır. Bu tür tasarımlar, tekrar kullanım fikrinin yaygınlaşmasına katkı sağlarken, aynı zamanda atık oluşumunu da büyük ölçüde azaltmaktadır (Papanek, 1995). Sonuç olarak, tekrar kullanım, atık hiyerarşisinin önemli bir basamağı olup, çevreye olan olumsuz etkileri en aza indirmenin yanı sıra ekonomik tasarruf sağlayan bir yöntemdir (European Environment Agency, 2016). Tekrar kullanım sayesinde hem atık miktarı azalmakta hem de yeni ürünlerin üretilmesi için harcanacak olan ham madde ve enerji tüketimi düşmektedir (Ulusoy vd., 2023:42). Bu doğrultuda, bireyler ve işletmeler, atıklarını azaltmak ve sürdürülebilir bir tüketim alışkanlığı kazanmak için tekrar kullanım yöntemlerine daha fazla önem vermeli, bu konuda farkındalığı artıran projelere destek olmalıdır (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2021; United Nations, 2015).

2.3.4. Geri Dönüşüm

Geri dönüşüm, atık hiyerarşisinde üçüncü sırada yer alan önemli bir süreçtir. Geri dönüşüm, kullanılmış veya atık haline gelmiş malzemelerin çeşitli fiziksel ve kimyasal işlemlerden geçirilerek tekrar ham maddeye dönüştürülmesi ve yeni ürünlerin üretiminde kullanılması sürecidir (European Commission, 2020). Bu yöntem, doğal kaynakların korunmasına katkı sağlarken, atık miktarını azaltarak çevresel kirliliğin önlenmesine yardımcı

olur (EEA, 2016). Plastik, cam, kağıt, metal ve organik atıklar gibi birçok malzeme geri dönüştürülebilir ve böylece enerji tasarrufu sağlanarak üretim süreçlerinin çevreye olan etkisi azaltılabilir (UNEP, 2021).

Geri dönüşüm sayesinde çöplerde biriken atıkların miktarı azalır ve doğaya zarar verme riski en aza indirgenmiş olur. Bireylerin geri dönüşüm bilincine sahip olması ve atıkları doğru şekilde ayrıştırarak geri dönüşüm sürecine katkıda bulunması, sürdürülebilir bir çevre için büyük önem taşır (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2021). Açık veya kapalı döngü geri dönüşüm yöntemleriyle, bu atıklar sisteme tekrar kazandırılarak ekonomik ve çevresel faydalar sağlanır (Geyer vd., 2017).

Her iki geri dönüşüm sürecinde de kullanılan malzemeler geri dönüştürülebilir atıklardır ve temel fark, elde edilen son üründür. Kapalı döngü geri dönüşümde, üretim sürecinde kullanılan malzemeler, aynı ürünün ya da onun belirli bileşenlerinin geri dönüşümüyle tekrar ham madde olarak kazanılmaktadır. Bu döngüye örnek olarak alüminyum içecek kutuları verilebilir; kullanılmış alüminyum kutular toplanarak yeniden eritilir ve tekrar içecek kutusu üretiminde kullanılır. Benzer şekilde, cam şişeler toplanarak yeniden cam şişe üretiminde değerlendirilmekte, kâğıt atıklar tekrar kâğıt üretiminde kullanılmaktadır (EPA, 2022).

Öte yandan, açık döngü geri dönüşümde, geri dönüştürülen malzemeler farklı bir ürün üretiminde kullanılmakta ve genellikle malzemenin kalitesinde belirli bir düşüş meydana gelmektedir. Bu geri dönüşüm türüne plastik içecek şişelerinin işlenerek plastik drenaj borularına dönüştürülmesi örnek olarak verilebilir. Ayrıca, tekstil atıklarının geri dönüştürülerek izolasyon malzemesi haline getirilmesi, lastiklerin yol kaplamalarında veya çocuk parklarında kullanılan kauçuk malzemeye dönüştürülmesi gibi uygulamalar da açık döngü geri dönüşümün yaygın örnekleri arasındadır (OECD, 2021).

2.3.5. Atık Bertarafı

Atıkların bertarafı, atık yönetimi süreçlerinin önemli bir parçası olup, geri kazanım yöntemleriyle doğrudan ilişkilidir (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2021). Atıkların bertaraf edilmesi sırasında uygulanan bazı yöntemler, aynı zamanda enerji geri kazanım sürecine de katkı sağlamaktadır (UNEP, 2021). Bu süreçte, atıklardan enerji elde edilmesini sağlayan yakma tesisleri ve biyogaz üretim sistemleri gibi yöntemler öne çıkmaktadır (European Environment Agency, 2016). Geri kazanım süreçlerinin dışında kalan ve bertaraf yöntemleri arasında yer alan bir diğer önemli uygulama ise düzenli depolama

sahalarıdır (TÜBİTAK, 2020). Düzenli depolama sahaları, sanılanın aksine rastgele oluşturulan alanlar olmayıp, belirli mühendislik prensiplerine göre tasarlanan ve çevresel etkileri en aza indirmek amacıyla dikkatlice planlanan tesislerdir (OECD, 2021). Bu alanlarda, atıklar belirli katmanlar halinde düzenlenerek depolanmakta ve doğal süreçlerle parçalanmaları için uygun koşullar sağlanmaktadır.

Özellikle organik atıkların ayrıştırılması sırasında bakterilerin devreye girmesiyle atıkların çürümesi sağlanır ve bu süreç sonucunda metan gazı açığa çıkar. Bu gaz, modern bertaraf tesislerinde toplanarak enerji üretiminde kullanılmakta ve böylece hem atık yönetimi sağlanmakta hem de enerji ihtiyacının karşılanmasına katkıda bulunmaktadır (Ulusoy vd., 2023:50). Atık bertaraf yöntemleri arasında yakma (termal bertaraf), biyolojik ayrıştırma ve düzenli depolama gibi farklı uygulamalar bulunmaktadır. Yakma tesislerinde, yüksek sıcaklıklarda atıkların yakılması sonucu ısı ve elektrik enerjisi elde edilebilirken, biyolojik bertaraf yöntemleri ile özellikle organik atıklar kontrollü ortamlarda parçalanarak kompost veya biyogaz gibi faydalı ürünlere dönüştürülmektedir (EPA, 2022). Düzenli depolama alanları ise geri dönüşümü veya enerji geri kazanımı mümkün olmayan atıkların çevreye zarar vermeden uzun süreli olarak muhafaza edilmesini sağlamaktadır (European Commission, 2020).

Sonuç olarak, atık bertarafı, çevreye minimum zarar verecek şekilde uygulanması gereken bir süreç olup, geri kazanımla birlikte ele alındığında sürdürülebilir bir atık yönetimi sisteminin temelini oluşturmaktadır. Atıkların enerjiye dönüştürülmesi, düzenli depolama sahalarının verimli kullanılması ve çevreye duyarlı bertaraf yöntemlerinin uygulanması hem çevresel sürdürülebilirliği sağlamakta hem de ekonomik açıdan önemli fırsatlar sunmaktadır (UNEP, 2021). Yurt dışında, kullanım süresi dolmuş bu tür düzenli depolama sahaları, çevreye yeniden kazandırılarak yeşil alan oluşturma amacıyla değerlendirilmektedir, Türkiye'de ise atık üretim miktarının oldukça yüksek olması ve bertaraf için yeterli alan bulunması nedeniyle, düzenli depolama sahaları en yaygın kullanılan atık bertaraf yöntemi olarak öne çıkmaktadır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2019).

Ancak, bu alanlarda atıkların bakteriler tarafından tamamen ayrışabilmesi için, depolama sürecine girmeden önce geri dönüştürülebilir atıklardan arındırılması gerekmektedir. Çünkü geri dönüştürülebilir atıklar, bakterilerin doğal ayrıştırma süreçlerini olumsuz etkileyerek sürecin sağlıklı işlenmesini engelleyebilmektedir. Bu nedenle, depolama alanlarının ömrünü uzatmak ve atık yönetimini daha verimli hale getirmek için, geri dönüştürülebilir

atıkların önceden ayrıştırılarak tekrar ekonomiye kazandırılması büyük önem taşımaktadır (TÜBİTAK, 2020).

Türkiye'de, atıkların kaynağında ayrıştırılmadığı bölgelerde, düzenli depolama tesislerinin ilk aşamasında atık ayırma sistemleri bulunmakta ve gelen atıkların bileşimi analiz edilerek geri dönüştürülebilir malzemeler ayrıştırılmaktadır (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2021). Yurt dışında, işlevini yitirmiş ve tamamen dolmuş depolama sahaları, yani üzeri kapatılmış eski çöp alanları, güneş panelleriyle kaplanarak enerji üretiminde kullanılmaktadır. Bu sayede, artık iyileştirilmesi mümkün olmayan bölgeler dahi yenilenebilir enerji üretimi açısından değerlendirilmekte ve böylelikle çevresel fayda sağlanmaya devam edilmektedir (OECD, 2021; European Commission, 2020).

3. ENDÜSTRİ DEVRİMİ VE ÜRETİM

Endüstri, doğal kaynakların ve hammaddelerin bilimsel yöntemler ve teknolojik araçlarla işlenerek, ekonomik değeri olan ürünlere dönüştürülmesini ifade eder. Bu dönüşüm süreci; üretim dağıtım ve tüketim aşamalarını kapsayan karmaşık bir sistem olarak tanımlanır. Endüstri, emek, enerji, arazi, sermaye ve bilgi gibi üretim faktörlerini bir araya getirerek katma değer yaratır.

Tarım ekonomisinden sanayi makineleri ekonomisine geçiş, ticaret alanında yeni fırsatların doğmasına zemin hazırlamıştır. Teknolojik gelişmeler, üretim süreçlerini daha etkili hale getirmek, maliyetleri azaltmak ve ürün kalitesini yükseltmek için aktif olarak kullanılmaktadır. Teknoloji odaklı sanayi merkezleri, yenilikçi çözümlerin geliştirilmesi, uygulanması ve yaygınlaştırılmasıyla birlikte çeşitli endüstriyel değişimlere öncülük etmektedir. Sonuç olarak, teknolojik yenilikler sürekli bir gelişim sürecidir ve inovasyonun ivmesi, sanayi dönüşümünün kesintisiz bir şekilde ilerlemesini sağlamaktadır. Bu dönüşüm, sanayi sektörlerinde uzun süredir var olan bir süreç olmasına rağmen, endüstriyel ekonominin temel yapı taşlarından biri olarak önemini korumaktadır (Elangovan, 2021). Günümüz dünyasında üretim tesislerinin dönüşümü, ileri teknolojiye dayalı sanayi merkezleri tarafından şekillendirilmektedir. Sanayi sektöründeki bu değişim süreci, teknolojik yeniliklerin sürekli gelişmesiyle ivme kazanarak devam etmektedir. Bu dönüşümün başarılı bir şekilde gerçekleşebilmesi için işletmelerin dijitalleşme sürecini net bir stratejiyle yönetmesi kritik bir öneme sahiptir. Şirketler, rekabet avantajı elde etmek, pazar dinamiklerine hızla uyum sağlamak, büyümeyi desteklemek ve inovasyonu ürün yelpazelerine entegre etmek amacıyla iş modellerini sürekli olarak geliştirmektedir. Bu süreçte yaratıcılık ve inovatif düşünce, sanayi üretim süreçlerine doğrudan dahil edilmekte ve ürünlerin katma değerini artıran temel unsurlar arasında yer almaktadır. Sanayi devrimi tarihsel olarak belirli aşamalar halinde ilerlemiş olup, günümüze kadar dört büyük dönüşüm süreci yaşanmıştır. İlk sanayi devrimi, 18. yüzyılın sonlarında buhar gücünün üretimde kullanılmasıyla başlamış ve mekanik sistemlerin yaygınlaşmasını sağlamıştır. 19. yüzyılın sonlarına doğru gerçekleşen ikinci sanayi devrimi, elektrik enerjisinin kullanımıyla seri üretim süreçlerinin hızlanmasına öncülük etmiştir. Üçüncü sanayi devrimi ise 20. yüzyılın ortalarında dijital teknolojilerin sanayiye entegrasyonu ile şekillenmiş ve otomasyon sistemlerini ön plana çıkarmıştır.

Günümüzde ise dördüncü sanayi devrimi olarak adlandırılan Endüstri 4.0, yapay zekâ, nesnelerin interneti, büyük veri ve robotik sistemler gibi ileri teknolojilerle sanayi üretiminde

köklü değişiklikler yaratmaktadır (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020). Bununla birlikte, beşinci sanayi devrimi de hızla kendini göstermeye başlamış ve insan-robot iş birliği ile üretimin daha kişiselleştirilmiş, esnek ve sürdürülebilir hale gelmesini hedeflemektedir (TÜBİTAK, 2021). Sanayi devrimleri, üretim süreçlerini sürekli ileri taşıyan ve ekonomik büyümeye yön veren itici güçler olarak değerlendirilmektedir. Dolayısıyla, sanayi sektöründeki bu dönüşüm yalnızca teknolojik ilerlemelerle sınırlı kalmayıp, aynı zamanda işletmelerin inovasyon kültürünü benimsemesini ve sürekli değişime uyum sağlamasını zorunlu hale getirmektedir (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020).

3.1. Endüstri 4.0

İlk topluluklarda üretim, insan emeği, arazi ve hayvan gücüne dayanıyordu. Ticari sistemleri bulunmuyor ve genellikle dışa kapalı bir yapıya sahiplerdi. Tarımla uğraşılıyor, fiziksel gücü kullanarak üretim yapıyorlardı. Birinci Sanayi Devrimi'yle birlikte buhar makinesinin icadı, üretim süreçlerini büyük ölçüde değiştirdi. Kas gücüyle gerçekleştirilen birçok üretim süreci, buhar enerjisiyle desteklenmeye başladı. Sanayide makinelerin kullanılması, seri üretimin önünü açtı (Drath ve Horch, 2014). Birinci Sanayi Devrimi (Endüstri 1.0) ilk olarak İngiltere'de ortaya çıkmış ve 18. yüzyılın ikinci yarısından 19. yüzyılın ortalarına kadar etkisini sürdürmüştür. Bu dönemin başlamasında en önemli faktörlerden biri, buhar gücüyle çalışan makinelerin tekstil sektöründe verimliliği artırması ve demirin üretimidir (Coleman, 1956). İngiltere'de buhar gücüyle çalışan yeni fabrikalar sayesinde üreticiler daha fazla ve daha verimli üretim yapmaya başladılar. Bu durum, üretilen mallar için hammadde ve pazar ihtiyacını doğurdu. Böylece ülkeler arasında ticaret ve ihracat yaygınlaştı. Endüstri 1.0 ile birlikte ülkelerin sermayeleri büyümeye, toplumların ekonomik refah seviyeleri yükselmeye başladı.

İkinci Sanayi Devrimi (Endüstri 2.0), 19. yüzyılın sonlarından 20. yüzyılın başlarına kadar uzanan ve büyük teknolojik ilerlemelerin yaşandığı bir dönem olarak kabul edilir. Bu dönemde en belirgin gelişmelerden biri, demiryolu ağlarının genişlemesi sayesinde uzak bölgelere ulaşımın kolaylaşması ve hammaddelere erişimin daha hızlı hale gelmesidir. Sanayiye yön veren temel etkenler arasında enerji kaynaklarındaki yenilikler ve teknolojik gelişmeler yer almaktadır. Bu çağda çelik üretimi büyük önem kazanırken, kimyasal maddelerin kullanımı yaygın hale gelmiştir. Elektrik gücünün ve petrolün sanayi alanında kullanımı, üretim süreçlerini hızlandırarak fabrikalardaki verimliliği artırmıştır.

Bunun yanı sıra, üretim hatlarının devreye alınmasıyla birlikte seri üretim modeli yaygınlaşmış ve Henry Ford bu sistemin öncüsü olmuştur. Ayrıca, iletişim alanındaki devrim

niteliğindeki yenilikler, telefon ve telgraf gibi araçların icadıyla bilgi akışının çok daha hızlı ve etkin bir hale gelmesini sağlamıştır. Bu gelişmeler, uzak mesafeler arasındaki haberleşmeyi büyük ölçüde kolaylaştırmıştır (Pamuk ve Soysal, 2018). İkinci devrim ile birlikte elektriğin üretimde kullanılmaya başlanması, iletişim teknolojilerindeki ilerlemeler ve seri üretim sistemlerinin yaygınlaşması, toplumsal ve kültürel alanlarda da büyük değişimlere yol açtı. Kırsal yaşamın yerini giderek şehir hayatı almaya başladı. Sanayileşme ile birlikte işçi sınıfı ortaya çıktı ve farklı kültürlerden insanlar şehirlerde bir arada yaşamaya başladı. Bu dönemde bireylerin yaşam standartları yükselmeye başladı. Kırsaldan kentlere doğru hızlanan göç dalgası, geleneksel mesleklerin unutulmasına neden oldu. Bu dönüşüm yalnızca Avrupa ile sınırlı kalmayıp, pek çok ülkeye yayılarak küresel ölçekte toplumsal yapıları etkiledi (Yıldız ve Tonga 2022).

Endüstri 3.0, İkinci Dünya Savaşı'nın ardından başlayan ve 1970'lerde ivme kazanan bir süreç olup, bilgi, iletişim ve elektronik teknolojilerindeki ilerlemelerle birlikte üretimde otomasyonun yaygınlaşmasına yol açmıştır. Programlanabilir Mantıksal Denetleyicilerin (PLC) gelişimi sayesinde üretim süreçleri daha hızlı ve verimli hale gelmiştir. Önceleri basit hesap makineleri ile yapılan işlemlerin yerini, daha karmaşık hesaplamaları gerçekleştirebilen mikro bilgisayarlar almıştır. Bu yeni dönemde bilgisayarların işlem kapasitesinin artması, akıllı makinelerin ortaya çıkmasına katkıda bulunurken, robotik teknolojiler hızla gelişmiş ve üretim süreçlerinde insan emeğine duyulan ihtiyaç azalmıştır. Bu doğrultuda, otomatik robotlar üretimde insan gücünün yerine geçmeye başlamıştır. 1960'lı yıllarda kullanılmaya başlanan internet, bilgiye erişimi kolaylaştırarak önemli bir dönüşüm sağlamıştır. 1995 yılından itibaren internetin yaygınlaşmasıyla birlikte, bilgi üretimi ve paylaşımı büyük bir artış göstermiştir. Böylece, sosyal ve teknolojik gelişmeler bilginin üretilmesi, yayılması ve toplum tarafından benimsenmesi süreçlerini hızlandırarak bilgi toplumuna geçişi desteklemiştir. Tüm bu teknik gelişmelerin yanı sıra, Endüstri 3.0'ın en kritik sonuçlarından biri de dünyadaki doğal kaynakların hızla tükenmeye başlaması olmuş, bu durum sürdürülebilirlik kavramının giderek daha fazla önem kazanmasına neden olmuştur.

Dördüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 4.0) konsepti, 2011 yılında Almanya'da High-Tech strateji planı çerçevesinde tanıtılmıştır. Endüstri 4.0, üretim endüstrisinde dijitalleşmeyi hızlandırmayı amaçlamaktadır (Bmbf, 2015). Endüstri 4.0, yapay zekâ, 3D yazıcılar, robot teknolojileri ve biyo, nano ve uzay bilimlerindeki önemli gelişmelerin birleşimiyle şekillenen, ekonomik değeri olan her türlü canlı ve cansız nesnenin internet bağlantıları aracılığıyla

birbirleriyle iletişim kurabildiği ve etkileşimde bulunabildiği akıllı üretim devrimi olarak tanımlanmaktadır. Bu dönemde, üretim süreçlerinde dijitalleşmenin hız kazanmasıyla birlikte, sanal ve fiziksel sistemlerin birbirine entegre olduğu, internet bağlantılı nesnelerin birbirleriyle bilgi alışverişi yaparak “akıllanması” ve bu sayede daha verimli, esnek ve otonom üretim süreçlerinin ortaya çıkması sağlanmaktadır. Bu dönüşüm, üretim alanında çok daha ileri düzeyde otomasyon ve veri analitiği kullanarak, süreçlerin optimize edilmesini ve daha dinamik bir üretim modelinin oluşturulmasını mümkün kılmaktadır. Endüstri 3.0 döneminde bilgisayarlar ve otomasyon sistemleri yaygın olarak kullanılırken, günümüzde Endüstri 4.0, akıllı ve kendi kendine çalışan sistemler aracılığıyla sanayiye yeni fırsatlar sunmaktadır. Otomasyonlar artık sadece bağımsız çalışan robotlardan ibaret olmayıp, aynı zamanda üretim süreçlerini daha verimli, esnek ve entegre hale getiren teknolojileri de kapsamaktadır. Endüstri 4.0’ın öncüsü olarak kabul edilen Almanya, bu devrimsel dönüşümün ilk uygulamalarını gerçekleştiren ülkelerden biridir. İlk olarak, Almanya’da bulunan Alman Yapay Zekâ Araştırma Merkezi’nin liderliğinde ve Siemens’in de içinde yer aldığı 20 kadar endüstriyel ve araştırma kurumunun iş birliğiyle, Kaiserslautern şehrinde küçük bir akıllı fabrika kurulmuştur. Bu fabrika, Endüstri 4.0 sistemlerinin nasıl çalışacağını gösteren ilk uygulamalardan biri olmuştur. Bu tesiste, ürünler ile makineler arasındaki etkileşimi ve iletişimi görselleştirebilmek amacıyla sabun şişeleri kullanılmıştır. Sabun şişelerinin üzerine, Endüstri 4.0’ın temel bileşenlerinden biri olan radyo frekans tanımlayıcı (RFID) etiketler yerleştirilmiştir.

Bu etiketler, şişenin rengi, boyutu ve hacmi gibi özellikleri taşıyan bilgileri içerir. Aynı zamanda, kullanıcıların belirlediği tanımlamalara göre makinelerle iletişim kurarak, şişelere ait özelliklerin dijital ortamda kaydedilmesini sağlar. RFID etiketleri aracılığıyla akıllı makineler, şişeleri üzerlerindeki etiketlerdeki verilere göre tanıyıp sınıflandırma yapar. Örneğin, şişenin rengi gibi bir özelliğe göre, makineler uygun renkli sabunu doğru şişeye dolduracak şekilde işlem yapar. Bu sistemin önemli bir özelliği ise, ürünlerin radyo sinyalleri ile ilettiği bilgilerin, üretim sürecinin başından itibaren dijital ortamda saklanmasıdır.

Bu, bir siber-fiziksel sistemin çalışma biçimini temsil eder; yani fiziksel dünya ile dijital sistemler arasında kesintisiz bir bilgi alışverişi ve etkileşimi sağlar. Bu teknoloji sayesinde, üretim süreçleri çok daha verimli, izlenebilir ve otomatik hale gelir (Selek, 2015). Endüstriyel pazarlar, büyük veri, nesnelerin interneti ve veri analitiği gibi gelişmiş teknolojilerden yararlanarak, daha etkili üretim süreçleri ve inovasyonlar yaratmaktadır. Endüstri 4.0, bu yeni teknolojileri kullanarak, makineler ve verilerle desteklenen akıllı üretim süreçlerini geliştirmeyi

ve işletmelerin verimliliğini artırmayı amaçlamaktadır. Bu dönemde şirketler, dijitalleşme yoluyla entegre, veri odaklı ve optimize edilmiş organizasyonlar kurarak, gelişen otomasyon çözümlerini aktif bir şekilde benimsemekte ve kullanmaktadır (IAO, 2013).

Üretim süreçlerini optimize etmek ve verimliliği artırmak amacıyla büyük miktarda veriyi analiz eden ve makine öğrenimiyle sürekli gelişen sistemler, Endüstri 4.0'ın temel unsurlarındandır. Bu teknolojiler sayesinde üreticiler, gerçek zamanlı verilere dayanarak daha doğru kararlar alabilir, tedarik zinciri yönetimini iyileştirebilir ve müşteri taleplerine hızlı bir şekilde yanıt verebilirler. Endüstri 4.0, imalat sektörünü daha esnek, verimli ve rekabetçi bir hale getirerek, gelecekteki üretim süreçlerinin temelini atmaktadır. Bu dönüşüm, üretim süreçlerini daha dinamik ve sürdürülebilir hale getiren bir yapı oluşturur.

3.1.1. Endüstri 4.0 Avantajları

Teknolojinin her geçen gün daha ileriye gitmesiyle birlikte, üretilen ürünlerin güvenilirliği, sağlamlığı ve hızı artmaktadır. Endüstri 4.0, fabrikalarda bilgisayar kontrollü üretim süreçlerinin geliştirilmesi ve bu süreçlerin daha verimli hale getirilmesi için önemli bir adım atmaktadır. Bu teknolojik dönüşüm sayesinde, üretim süreçleri çok daha hızlı ve verimli bir şekilde tamamlanacak, sonuç olarak ürünler daha kısa sürede müşteriye sunulabilecektir. Ayrıca, üretim maliyetlerinin önemli ölçüde azalması, ürünlerin piyasada daha uygun fiyatlarla sunulmasına olanak tanıyacaktır. Bu durum hem üreticilere hem de tüketicilere büyük faydalar sağlayacak, ürünlerin erişilebilirliğini artıracaktır. Endüstri 4.0'ın sağladığı en önemli avantajlardan biri, üretim süreçlerinde büyük bir esneklik kazandırmasıdır. Bu esneklik, üretimin farklı taleplere uyum sağlamasına olanak tanır, böylece değişen piyasa koşullarına hızlı bir şekilde adapte olunabilir. Aynı zamanda, verimlilikte belirgin bir artış yaşanacaktır. Süreçlerin dijital olarak yönetilmesi ve otomasyon sistemlerinin devreye girmesi, hataları minimize ederek üretim hızını artıracaktır.

Endüstri 4.0 sayesinde, özellikle tek tip üretimlerde kaliteyi sürekli kılmak çok daha kolay olacaktır. Bu, aynı zamanda müşteri memnuniyetini de artıracak, üretim süreçlerinin kalitesinin sürdürülebilir olmasını sağlayacaktır. Yeni iş modelleri ve hizmetlerin geliştirilmesi, Endüstri 4.0'ın bir diğer önemli avantajıdır. Bu sistem, sadece üretimi değil, aynı zamanda iş yapış biçimlerini de yeniden şekillendirecektir. Dijitalleşme, yenilikçi iş modellerinin ortaya çıkmasına ve daha verimli hizmetlerin sunulmasına imkân tanıyacaktır. Ayrıca, Endüstri 4.0, çevre dostu ve sürdürülebilir üretim politikalarının uygulanmasını kolaylaştıracaktır. Bu, hem doğal kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlayacak hem de çevreye olan etkileri en aza

indirecektir. Üretimdeki bu çevre dostu yaklaşım, gelecekteki nesiller için daha sürdürülebilir bir endüstriyel çevre oluşturulmasına katkıda bulunacaktır.

Bir diğer önemli gelişme ise sistemin izlenmesi ve arıza tespitinin daha kolay hale gelmesidir. Endüstri 4.0 ile entegre edilen sistemler, anlık verileri toplayarak herhangi bir arıza durumunda otomatik olarak uyarılar verecek ve böylece bakım süreçleri çok daha hızlı ve verimli hale gelecektir. Bu teknolojiler, üretim hatalarının önlenmesine ve sistemin sürekli çalışabilir olmasına olanak tanır. Ayrıca, üretim maliyetlerinde sağlanan düşüşler, şirketlerin daha rekabetçi olmasına ve pazar paylarını artırmalarına yardımcı olacaktır. İnsan gücünün azaltılmasıyla birlikte, üretim süreçlerinde daha verimli makineler kullanılacak ve insan kaynaklı hatalar ortadan kaldırılacaktır. Bu durum, iş gücünü minimize ederek, makinelerin daha etkin bir şekilde kullanılmasını sağlayacaktır (Haleem ve Javaid, 2019).

Sonuç olarak, Endüstri 4.0, sadece üretim süreçlerini daha verimli hale getirmekle kalmaz, aynı zamanda ekonomik, çevresel ve sosyal faydalar da sağlar. Bu teknoloji, üreticilerin daha düşük maliyetlerle yüksek kaliteli ürünler üretmelerine olanak tanırken, çevre dostu üretim politikalarıyla sürdürülebilirliği de teşvik etmektedir. Endüstri 4.0'ın sağladığı faydalar kadar bazı olumsuz etkileri de göz önünde bulundurulmalıdır. Otomasyonun artmasıyla birlikte cihazların sayısının çoğalması, veri güvenliği sorunlarına yol açabilir ve bu da üretim süreçlerinin güvenliğini riske atabilir. Ayrıca, siber-fiziksel sistemlerin üretim süreçlerinde kullanılması, siber güvenlik tehditlerini beraberinde getirebilir, bu da kritik verilerin çalınması veya manipülasyonu gibi riskleri doğurur. İnsan faktörünün üretim süreçlerinden daha fazla dışlanması, kalite kontrol ve sürdürülebilirlik konusunda zorluklar yaratabilir, çünkü makinelerin sürekli verimli çalışması sağlansa da kaliteyi insana dayalı denetimlerden bağımsız tutmak zor olabilir. Akıllı fabrikalarda robotların üretimde görev alması, insan gücüne duyulan ihtiyacı azaltarak işsizlik ve istihdam sorunlarını gündeme getirebilir. Ayrıca, Endüstri 4.0'a geçiş süreci, teknik problemlerin çözülmesi için uzun vadeli ve yüksek maliyetler gerektirebilir. Son olarak, hızla gelişen teknoloji ve piyasa koşulları, küçük ve orta ölçekli üreticilerin rekabet gücünü zayıflatabilir, bu da sektördeki dengeyi bozabilir ve daha fazla konsolidasyona yol açabilir (Okan, 2021).

3.2. Endüstri 5.0

Endüstri 5.0, 2011 yılında Almanya'da ortaya çıkan ve Endüstri 4.0'ın temellerine dayanan bir vizyon olarak geliştirilmiştir. Bu kavram, sadece üretim süreçlerini dönüştürmeyi değil, aynı zamanda daha sürdürülebilir, verimli ve insan odaklı bir endüstri yapısının inşa

edilmesini amaçlamaktadır. Almanya’da, bu yaklaşım ülkenin yüksek teknoloji stratejisinin kritik bir unsuru olarak kabul edilmiştir ve bilim insanları, sanayi liderleri ve politika yapıcılar tarafından geniş bir şekilde benimsenmiş ve desteklenmiştir. Endüstri 5.0’ın ana hedeflerinden biri, üretimde çalışan sayısını koruyarak verimliliği artırmak ve aynı zamanda çevre dostu bir üretim modeli olan yeşil üretimi teşvik etmektir.

Bu hedef, enerji verimliliği sağlamak, atıkları minimize etmek ve endüstriyel süreçlerde çevresel etkileri azaltmak gibi unsurları içermektedir. Bu yaklaşım, ekonomik büyüme ve çevresel sürdürülebilirliği bir arada sağlama çabasıyla, endüstriyel sistemlerin daha uyumlu ve sürdürülebilir hale gelmesini hedeflemektedir. Hem ekonomik hem de ekolojik gereksinimleri karşılamak adına, Endüstri 5.0, daha dinamik ve esnek bir üretim sistemi oluşturmayı amaçlar (Momenta, 2022). Endüstri 4.0’daki teknoloji odaklı yaklaşımın aksine, Endüstri 5.0, üretim süreçlerinin insan merkezli yönünü daha belirgin bir şekilde ön plana çıkarır. Bu yeni yaklaşımda, robotlar, makineler ve insanlar arasındaki etkileşim ve iş birliği artırılmaya çalışılmaktadır. Üretim ortamına entegre edilen otomasyonlar, cihazlar ve sistemler sayesinde, makinelerle birlikte çalışan personel, cihazların ve robotların daha verimli ve etkili bir şekilde çalışmasını sağlamak için önemli bir rol üstlenir. Bu, insanın üretim süreçlerinde daha aktif bir şekilde yer almasına ve teknolojinin insan yeteneklerini desteklemesine olanak tanır. Endüstri 5.0’ın getirdiği en büyük hedeflerden biri de sıfır atık prensibini üretim süreçlerine entegre etmektir. Bu amaç doğrultusunda, malzeme kullanımı ve atık yönetimi süreçlerinin daha verimli hale getirilmesi, üretim maliyetlerini önemli ölçüde düşürmeye yardımcı olurken, çevresel etkileri azaltacak ve ekonomik açıdan daha verimli bir üretim modeli yaratacaktır.

Bu sayede, Endüstri 5.0’ın sağladığı yenilikler hem çevresel sürdürülebilirliği destekleyecek hem de işletmelere daha düşük maliyetli ve verimli bir üretim süreci sunacaktır (Xu vd., 2021). Endüstri 4.0, dijital sürdürülebilirlik anlayışına yeni bir bakış açısı getirmiştir. Bu yeni yaklaşım ile üretim süreçlerinde malzeme ve atık yönetimi dijital ortamda daha etkili bir şekilde yönetilmeye başlanmıştır. Endüstri 4.0 sayesinde kaynak israfları büyük ölçüde azaltılmakta ve bu sayede gelecek nesillerin ihtiyacı olan doğal kaynakların daha verimli bir şekilde korunması sağlanmaktadır. Bu, aynı zamanda çevresel etkilerin en aza indirilmesine katkıda bulunarak daha sürdürülebilir bir üretim ortamı yaratmaktadır.

Üretim maliyetleri ise dijitalleştirme ve otomasyon teknolojileri sayesinde düşürülmekte, bu sayede hem bugünün ihtiyaçları daha verimli bir şekilde karşılanmakta hem de ekonomik açıdan önemli kazançlar elde edilmektedir. Akıllı fabrikalar, üretim süreçlerini

daha çevre dostu bir hale getirerek, üretimden kaynaklanan olumsuz çevresel etkileri azaltmaktadır. Bu bağlamda, Endüstri 4.0'ın getirdiği değişim, yalnızca ekonomik alanda değil, çevresel alanda da önemli dönüşümlere yol açmıştır. Endüstri 5.0 ise bu temeli daha ileriye taşıyarak, insan faktörünü üretim süreçlerine entegre etmeyi amaçlamaktadır. Endüstri 5.0, esnek ve sürdürülebilir bir üretim ortamı oluşturmayı hedefler. İnsan odaklı bir üretim anlayışı ile teknolojinin sınırlarını zorlayan bir yaklaşım benimsenir. Bu, sadece üretim süreçlerini daha verimli hale getirmekle kalmaz, aynı zamanda daha çevre dostu ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılmasına da olanak tanır. Endüstri 5.0 ile kaynak verimliliği artırılabilecek, daha az enerji harcanacak ve atık üretimi minimize edilecektir. Bu süreç, akıllı fabrikalar ve akıllı şehirler aracılığıyla hem çevresel hem de ekonomik anlamda büyük değişimler yaratacaktır.

Ayrıca, akıllı teknolojiler, insan davranışlarıyla ilgili büyük veri toplayıp arşivleyerek, toplumların ve kültürlerin dijital ortamda daha etkili bir şekilde korunmasına katkı sağlayacaktır. Kültürel ve doğal mirasların dijitalleştirilmesi, geleceğe aktarılması ve korunması süreci hızlanacak ve daha güvenli bir şekilde muhafaza edilecektir. Akıllı teknolojiler, dijital eğitimi ve dijital ekonomiye geçişi hızlandırarak, küresel ölçekte yenilikçi çözümler ve fırsatlar yaratacaktır. Endüstri 5.0, bu dönüşümle birlikte yalnızca üretim süreçlerini değil, aynı zamanda toplumsal yapıyı, kültürel mirası ve ekonomik yapıyı dönüştürecek bir model ortaya koymaktadır (Güdek, 2023).

3.2.1. İnsan Odağında Üretim

Endüstri 5.0, üretim süreçlerinin insan odaklı bir şekilde şekillendirilmesini hedefleyen bir yaklaşımı benimsemektedir. Bu anlayışta, insan, üretimin merkezine yerleştirilmiş ve teknolojiyle olan ilişkisi daha da derinleştirilmiştir. Özellikle robotlar ve diğer otomasyon teknolojileri, insanların iş gücüyle etkileşim içinde çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Bu sayede, robotlar yalnızca insanları destekleyici bir araç değil, aynı zamanda onların becerilerini tamamlayan birer yardımcı haline gelmektedir. İnsan ve robotların ortak çalışması, üretim süreçlerinin daha esnek ve verimli olmasına olanak tanırken, aynı zamanda daha uyumlu ve sürdürülebilir bir üretim ortamı yaratılmasına katkı sağlar. Bu iş birliği, üretim süreçlerinin hızını ve doğruluğunu artırarak, endüstriyel verimliliği maksimize eder (Xu, 2017).

3.2.2. Esnek Üretim Sistemleri ve Üretimde Kişiselleştirme

Endüstri 5.0, üretim süreçlerinin daha esnek ve değişen koşullara uyum sağlayabilen bir yapıya kavuşturulmasını amaçlayan bir anlayışı benimsemektedir. Bu yaklaşım, üretim

hatlarının hızla yeniden düzenlenebilmesini ve mevcut üretim sürecine anında adapte edilebilmesini mümkün kılar. Aynı zamanda, ürünlerde yapılacak değişikliklere hızlı bir şekilde uyum sağlanması, endüstriyel esnekliği artırarak üretimin kesintisiz bir şekilde devam etmesine olanak tanır. Bu esneklik, şirketlerin müşteri taleplerine daha dinamik ve hızlı bir biçimde yanıt verebilmesini sağlar, böylece talep dalgalanmalarına, pazardaki değişikliklere ve farklı müşteri isteklerine zamanında ve etkili çözümler sunulabilir. Sonuç olarak, Endüstri 5.0, üretim süreçlerinin çevik, yenilikçi ve müşteri odaklı olmasını sağlayarak, rekabetçi bir avantaj elde edilmesine yardımcı olur (Ashima vd., 2021).

Endüstri 5.0, müşteri ihtiyaçlarına daha hızlı ve etkili bir şekilde yanıt verebilmek için üretim süreçlerinde kişiselleştirme ön plana çıkarmaktadır. Bu yaklaşım, her bir müşterinin taleplerine uygun özelleştirilmiş ürünlerin daha verimli bir şekilde üretilmesine imkân tanır (Schulze vd., 2018).

3.2.3. Veri Güvenliği, Etik ve Bilgi Paylaşımı

Veri güvenliği, dijital veya fiziksel ortamlarda bulunan bilgilerin yetkisiz erişim değişikliği, yok olma veya zarar görmeye karşı korunmasıdır. Endüstri 5.0, endüstriyel verilerin güvenliğini en ön planda tutmaktadır. Bunun yanı sıra, bu verilerin etik kurallar çerçevesinde kullanılması ve işlenmesi gerektiğini vurgular. Bu yaklaşım, endüstriyel süreçlerde güvenilirlik ve şeffaflık sağlamaya yönelik bir odaklanma yaratır (Zengin ve Zengin, 2021). Endüstri 5.0, üretim süreçlerinde bilgi paylaşımını ve etkili iletişimi destekleyen bir yaklaşımı benimsemektedir. Bu anlayış, makineler, sistemler ve çalışanlar arasında etkileşimi artırarak, daha entegre ve veri odaklı bir üretim ortamı yaratmayı hedefler. Bilgi akışının hızlanması, üretim süreçlerinin daha verimli ve uyumlu hale gelmesini sağlayarak, tüm paydaşların birbirleriyle daha etkili bir şekilde çalışmasına olanak tanır. Bu sayede, üretim ortamı daha şeffaf, dinamik ve bilgiye dayalı bir yapıya bürünür (Lee vd., 2022).

3.2.4 Daha Yeşil ve Sürdürülebilir Üretim

Daha yeşil ve sürdürülebilir üretim, çevresel etkileri azaltan doğal kaynakları verimli kullanan ve toplumsal refahı gözetilen üretim modelidir. Endüstri 5.0, çevresel sürdürülebilirliği sağlamak amacıyla enerji kullanımının daha verimli hale getirilmesi, atıkların minimize edilmesi ve endüstriyel faaliyetlerin çevresel etkilerinin azaltılması gibi önemli alanlara odaklanmaktadır. Bu yaklaşım, üretim süreçlerinin çevreye duyarlı bir biçimde tasarlanarak yönetilmesini ve doğal kaynakların daha etkin bir şekilde kullanılmasını hedefler.

Aynı zamanda, endüstriyel süreçlerin çevre dostu yöntemlerle optimize edilmesi hem çevre hem de toplum için daha sürdürülebilir bir üretim modelinin oluşturulmasına katkı sağlamaktadır (European Commission, 2020).

3.3. Toplum 5.0

İkinci Dünya Savaşı sonrasında Japonya, büyük bir yıkımın ardından hızla toparlanarak kısa süre içinde küresel bir ekonomik güç haline gelmiştir. Bu başarıda, Tam Zamanında Üretim, Kaizen ve Toplam Kalite Yönetimi gibi yenilikçi yönetim ve üretim felsefelerinin büyük rolü olmuştur. Bu felsefeler, sadece üretim süreçlerini iyileştirmekle kalmamış, aynı zamanda Japonya'nın ekonomik yeniden yapılanmasına da katkı sağlamıştır. Söz konusu yaklaşımlar, organizasyonlarda her seviyedeki çalışanların aktif katılımını, onların fikirlerinin dikkate alınmasını ve sürekli bir gelişim kültürünün yerleşmesini zorunlu kılmaktadır. Ayrıca, bu felsefelerin başarılı olabilmesi için üst düzey yöneticilerin tam desteği ve liderliği büyük önem taşımaktadır. Japonya'nın bu stratejik yaklaşımları, yalnızca verimliliği artırmakla kalmamış, rekabetçi bir avantaj yaratmış ve lider konumda olmalarına yardımcı olmuştur.

Bu süreç, Japonya'nın sadece ekonomik anlamda değil, aynı zamanda yönetim anlayışı ve iş kültürü açısından da önemli bir dönüşüm yaşamasını sağlamıştır. Japonya tarafından başlatılan Toplum 5.0 inisiyatifi, teknolojinin toplumun her alanında dönüşüm sağlamak amacıyla bir girişim olarak ortaya çıkmıştır. Bu proje, Birleşmiş Milletler'in Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları çerçevesinde belirlenen 17 hedefi temel alarak şekillenmiştir. Bu inisiyatifin temel yaklaşımı, merkezi yapıların yerine daha dağılmış ve yerinden yönetilen sistemleri teşvik etmek ve dijital dönüşüm araçları aracılığıyla toplumu dönüştürmektir. Bu dönüşüm sayesinde, toplumların daha sağlıklı ve kaliteli bir yaşam sürmesi, kapsamlı bir eğitim imkânına ulaşması, eşitlikçi bir yapı içerisinde faaliyet göstermesi, hijyen ve temizliğe erişimin artması, sürdürülebilir üretim ve tüketim sistemlerinin benimsenmesi, temiz enerji kaynaklarına ulaşılması, adaletin sağlanması ve verimli iş birliklerinin kurulması hedeflenmektedir. Bu yenilikçi yaklaşım, toplumu daha iyi bir geleceğe taşımayı amaçlarken, teknolojinin toplumsal yararlar için etkin bir şekilde kullanılmasını vurgulamaktadır.

İnsanlık tarihinin en eski aşamalarından biri olan toplum1.0 (avcı-toplayıcı toplum), insanların doğada hayatta kalabilmek için bilgiyi kullanmaya başladığı dönemdir. Temel ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla bitki toplama ve avlanma yöntemleri geliştirmişler, aynı zamanda ateşi keşfederek korunma ve beslenme süreçlerini iyileştirmişlerdir. Göçebe yaşam süren bu topluluklar, su kaynaklarına ve av hayvanlarının yoğun olduğu bölgelere göre hareket

etmişlerdir. Zorluklarla başa çıkabilmek için iş bölümü yaparak dayanışma içinde yaşamışlar, taş ve kemikten aletler üreterek avcılık ve savunma tekniklerini geliştirmişlerdir. Doğaya karşı fiziksel üstünlükleri olmamasına rağmen, zekâlarını kullanarak hayatta kalmayı başarmış ve bilgiyi nesilden nesile aktarmışlardır (Sezer, 2018). Bu süreç, ilerleyen dönemlerde tarım toplumuna ve daha gelişmiş medeniyetlerin ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır.

Toplum 2.0 (tarım topluluğu), insanlığın avcı-toplayıcı yaşam biçiminden uzaklaşıp tarım yapmaya başlamasıyla ortaya çıkan bir toplumsal yapıdır. Bu dönemde insanlar, doğada kendiliğinden yetişen bitkileri toplamaktan ziyade, belirli bitki türlerini ekmeyi, yetiştirmeyi ve hasat etmeyi öğrenmişlerdir. Bununla birlikte hayvanları evcilleştirerek beslenme ve üretim süreçlerine entegre etmişlerdir. İnsanların su kaynaklarını etkin kullanmayı, güneş ışığını verimli değerlendirmeyi ve toprağı işleyerek daha fazla ürün elde etmeyi keşfetmesi, bu dönemin en önemli gelişmelerindendir (Canlıoğlu, 2008).

Zamanla tarıma dayalı üretim faaliyetleri genişlemiş, bu da insanların göçebe hayattan yerleşik hayata geçmesine olanak tanımıştır. Böylelikle köyler, kasabalar ve daha büyük yerleşim alanları inşa edilmeye başlanmıştır; toplum yapısı daha karmaşık hale gelmiştir. Tarımla birlikte üretim fazlası oluşmuş, bu durum ticaretin gelişmesine ve toplum içinde iş bölümünün ortaya çıkmasına yol açmıştır. İnsanlar arasında mülkiyet kavramı güçlenmiş, sosyal sınıflar belirginleşmiş ve toplumsal hiyerarşi oluşmaya başlamıştır. Tarihsel olarak bakıldığında, tarım toplumunun kökleri M.Ö. 13.000’li yıllara kadar uzanmaktadır. İnsanlar bu süreçte toprağı bağımlı hale gelmiş, böylece belirli bir bölgeye yerleşerek uzun süreler boyunca aynı yerde yaşamaya başlamışlardır. Tarım toplumunun etkisi, Sanayi Devrimi’nin başladığı 18. yüzyıl ortalarına kadar sürmüştür. Bu süreç boyunca dünya nüfusu giderek artmış, ticaretin gelişmesiyle ekonomik yapılar daha karmaşık hale gelmiş ve günümüz modern şehirlerinin temelleri atılmıştır. Aynı zamanda, toplumsal, kültürel ve ekonomik ilişkiler dönüşüme uğramış, bugünkü uygarlıkların temelini oluşturan sosyal dinamikler ortaya çıkmıştır.

Avrupa’da gerçekleşen Rönesans ve Reform hareketleri, baskıcı feodal düzeni, totaliter yönetimleri ve katı skolastik düşünceyi reddeden bir dönüşüm sürecini toplum3.0 başlatmıştır. Bu değişime, ekonomik gücü artan burjuvazi öncülük etmiş ve bu hareket zamanla ‘Aydınlanma Çağı’ olarak adlandırılmıştır. 18. Yüzyılın ortalarına gelindiğinde, özellikle İngiltere’de bu düşünce yapısının etkileri hissedilmeye başlamış ve toplumda önemli değişimler meydana gelmiştir (Canlıoğlu, 2008).

Freyer'e (1954) göre, Sanayi Devrimi 1760'lı yıllarda ilk olarak dokuma sektöründe kendini göstermiştir. Bu süreçte, James Watt buhar makinesini geliştirerek sanayinin dönüşümüne büyük katkı sağlamıştır. Dokuma sanayisindeki bu ilerlemeyi zamanla başka endüstriyel gelişmeler takip etmiştir: 1800'lerde demir ve çelik sanayisi güçlenmiş, 1825'te ulaşım alanında büyük gelişmeler yaşanmış, 1850'de kimya sanayi öne çıkmış, 1900'lü yıllarda ise elektrik ve benzin motorlarıyla yeni bir çağ başlamıştır (Freyer, 1954).

Sanayinin büyümesiyle birlikte fabrikalar ve üretim merkezleri giderek cazip hale gelmiş, kırsal kesimden kentlere yoğun göçler yaşanmış ve büyük şehirler oluşmaya başlamıştır. İnsanlar makinelerin yardımıyla daha verimli çalışmaya başlamış, ağır işlerin çoğu artık makineler tarafından yapıldığı için yaşam şartları iyileşmiş, ömürler uzamış ve hayat kalitesi yükselmiştir. Sanayi Devrimi ile ortaya çıkan yeni icatlar, günlük yaşamı kolaylaştırmış ve toplumun sosyal yapısını köklü bir şekilde değiştirmiştir.

Toplum 4.0, sanayi devrimi ile makineleşmenin insan hayatını kolaylaştırdığı fark edilmiş ve sanayi toplumu, gelişimini daha ileri bir noktaya taşımıştır. 20. yüzyılın son çeyreğine gelindiğinde, bilişim teknolojilerinin hızla yayılmasıyla birlikte bilgi üretimi, paylaşımı, erişimi ve pazarlanması büyük bir önem kazanmıştır. Bu dönemde bilgi, toplumun tüm alanlarında kullanılan en değerli kaynak haline gelmiştir. Bilgi toplumu, her türlü bilgiyi üretebilen, bilgi ağlarına bağlanarak mevcut bilgilere erişebilen, elde ettiği bilgileri hızla yayabilen ve bunları farklı alanlarda etkili bir şekilde kullanabilen bir yapı olarak tanımlanmaktadır (Bölükbaşı, 2021). Teknolojinin gelişmesiyle birlikte ülkeler arası iletişim ve iş birliği artmış, bilgi küresel ölçekte stratejik bir değer kazanmıştır. Bu süreçte, bireylerin sürekli öğrenme ihtiyacı doğmuş ve 'yaşam boyu eğitim' kavramı öne çıkmıştır. Nitelikli insan gücünün önemi artarken, uzmanlaşmış bireyler toplum içinde daha fazla değer görmeye başlamıştır. Sanayi toplumunda hâkim olan kitlesel üretim, merkezîyetçilik, standartlaşma ve geniş çaplı tüketim anlayışı yerini bireyselleşme, farklılaşma, yerel dinamiklere uyum sağlama ve eleştirel düşünme gibi kavramlara bırakmıştır. Bilgi teknolojilerinin sunduğu imkanlar, bireylerin daha özgür düşünmesine ve kendilerini daha etkin bir şekilde ifade etmelerine olanak tanımıştır. Bu dönüşüm, ekonomik, sosyal ve kültürel yapıları köklü bir şekilde değiştirerek bilgiye dayalı yeni bir toplum modelinin oluşmasını sağlamıştır.

3.4. Üretim

Sürdürülebilir ürün tasarımı kavramından söz edebilmek için, yalnızca ürünün kendisinin çevreye duyarlı ya da doğa dostu olması yeterli değildir. Asıl olarak, ürünün oluşum

sürecinin en başından en sonuna kadar tüm aşamalarının sürdürülebilirlik ilkelerine uygun bir şekilde planlanması ve uygulanması gerekmektedir. Bu süreç, kullanılan hammaddelerin doğadan temin edilmesinden başlayarak; ürünün üretim aşamasına, sonrasında tüketici tarafından kullanılmasına ve nihayet kullanım ömrünü tamamladıktan sonra bertaraf edilmesine kadar uzanan oldukça geniş ve çok yönlü bir döngüyü kapsamaktadır. İşte bu sürece, literatürde “ürün yaşam döngüsü” adı verilmektedir. Sürdürülebilir bir yaşam döngüsünün temel özelliği, açık uçlu ve atık oluşturan bir sistem yerine, kaynakları verimli kullanan ve atıkları minimuma indiren, hatta mümkünse tamamen ortadan kaldıran döngüsel bir sistem olmasıdır. Bu tür sistemler genellikle “beşikten beşiğe” (cradle to cradle) yaklaşımı olarak tanımlanır. Yani bir ürünün yaşam serüveni, doğal kaynaklardan elde edilerek başladığı noktaya, çevreye zarar vermeden ya da yeni bir ürünün hammaddesi haline gelerek geri döner.

Bu da demektir ki; Bir ürün kullanım ömrünü tamamladığında çöpe atılmak ya da yakılmak yerine, fiziksel ya da kimyasal dönüşüm süreçlerinden geçirilerek yeniden bir üretim döngüsüne dâhil edilmelidir. Dolayısıyla, bu yaklaşımın başarısı, kullanılan malzemelerin niteliğine ve sürdürülebilirlik özelliklerine doğrudan bağlıdır. Özellikle geri dönüştürülebilir, tekrar kullanılabilir, doğada kolayca çözünebilir ya da düşük enerjiyle işlenebilir malzemelerin tercih edilmesi büyük önem taşımaktadır. Ürün tasarımcıları, sadece işlevsellik ya da estetik değil, aynı zamanda çevresel etkiyi de göz önünde bulundurarak malzeme seçimlerini yapmalı, üretim tekniklerini belirlemeli ve ürünün ömrü sona erdiğinde nasıl bir dönüşüm geçireceğini baştan planlamalıdır.

Ancak bu şekilde, doğaya yük bindirmeyen, kaynak tüketimini minimize eden ve gelecek nesillere yaşanabilir bir dünya bırakmayı hedefleyen gerçek anlamda sürdürülebilir bir ürün yaşam döngüsünden bahsetmek mümkün olacaktır. Çevresel etki değerlendirmesi yapılırken, ürünün yaşam döngüsündeki her aşamada tüketilen su miktarı, kullanılan yenilenemez kaynaklar ve harcanan enerji dikkatle analiz edilmelidir. Bunun yanı sıra, süreçler boyunca ortaya çıkan katı ve kimyasal atıklar, atıksular, gaz emisyonları, ısı salınımı gibi unsurlar da çevresel açıdan önemli parametrelerdir. Ayrıca, üretim ve kullanım sırasında oluşabilecek ses kirliliği, titreşim, radyasyon ve elektromanyetik alan yayılımı gibi faktörler de göz önünde bulundurulmalı; bu etkilerin insan sağlığı ve çevre üzerindeki potansiyel zararları titizlikle değerlendirilmelidir (Vezzoli vd., 2018).

3.4.1. Üretim Öncesi Malzeme Seçimi

Üretim sürecine geçilmeden önce gerçekleştirilen aşamalar, ürün yaşam döngüsünün temelini oluşturan ve sürecin başarısını doğrudan etkileyen kritik adımlardır. Bu ön hazırlık süreci, ürünün üretiminde kullanılacak olan hammaddelerin ve yarı mamul malzemelerin belirlenmesini ve üretime uygun hale getirilmesini kapsar. Bu noktada yapılan malzeme seçimi, yalnızca ürünün performansı açısından değil, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik, maliyet etkinliği ve üretim verimliliği gibi faktörler açısından da büyük önem taşımaktadır. Ürün geliştirme süreci, tasarımcının bakış açısıyla değerlendirildiğinde, yaşam döngüsünün ilk adımı olarak kabul edilir. Bu süreçte, ürünün tasarımı yapılır, hedef pazarı belirlenir ve üretim sürecine yönelik stratejik planlamalar gerçekleştirilir. Ancak bu aşamada henüz fiziksel bir üretim başlamamış olup, süreç planlama ve karar verme düzeyindedir. Malzeme seçimi ise bu planlamanın merkezinde yer alır; çünkü seçilecek malzeme, ürünün fonksiyonelliğini, dayanıklılığını, estetik özelliklerini ve çevresel etkilerini doğrudan şekillendirir. Dolayısıyla, üretim öncesi yapılan doğru malzeme tercihi, ürünün genel başarısını belirleyen en önemli unsurlardan biridir.

3.4.2. Üretim Süreci

Üretim süreci genel olarak üç temel aşamaya ayrılmaktadır: malzemenin işlenmesi, parçaların birleştirilmesi (montaj) ve son aşama olan yüzey işlemleri, yani bitiş uygulamaları kapsar (Vezzoli ve Manzini, 2008). Üretim süreci, gerekli malzemelerin üretim tesisine ulaştırılması ile başlar. Bu malzemeler, işlenerek ürünün tümünü ya da belirli parçalarını oluşturacak formlara dönüştürülür. Ardından, bu parçalar montaj hattına aktarılır. Montaj aşaması, ürünün yapısına bağlı olarak çeşitlilik gösterir. Bazı ürünler yalnızca tek bir bileşenden oluşurken, bazıları farklı işlemlere sahip çok sayıda parçanın bir araya gelmesiyle meydana gelir. Bu parçalar genellikle farklı türde malzemelerden üretildiği için montaj süreci hem teknik hem de organizasyonel açıdan önemlidir. Montaj tamamlandıktan sonra –ve bazı durumlarda öncesinde– ürünler, “bitiş işlemleri” olarak adlandırılan özel uygulamalara tabi tutulur. Bu aşamada, ürünün yüzey özellikleri iyileştirilir ve estetik değeri artırılır. Boyama, kaplama (örneğin galvanizleme), cilalama veya parlatma gibi işlemler bu gruba girer. Bunun yanı sıra, üretimin bu son aşamasında kalite kontrol, ön testler ve süreç yönetimi gibi ek faaliyetler de yürütülür. Üretimin her aşamasında dikkate değer miktarda enerji tüketilir ve bu durum atmosfere sera gazı salınımına yol açar. Çevresel etkileri azaltmak amacıyla, üretimde daha az hammadde kullanılması ve mümkünse geri dönüştürülmüş malzemelerin tercih edilmesi hem

enerji tüketimini azaltmakta hem de karbon ayak izini düşürmektedir. Bu tür yaklaşımlar hem çevresel sürdürülebilirliği destekler hem de üretim maliyetlerini optimize etme açısından avantaj sağlar.

3.4.2.1. Dağıtım

Üretim tesisinde tamamlanan nihai ürün, son kullanıcıya ulaşmadan önce çeşitli aşamalardan geçerek paketlenir. Bu süreç yalnızca tek bir ürünün ambalajlanmasından ibaret değildir. Öncelikle ürün hem korunması hem de alıcıya görsel olarak hitap etmesi amacıyla bireysel olarak paketlenir. Ardından, bu paketler daha büyük gruplar halinde ikincil ve üçüncül ambalajlarla sarılır. Genellikle üç kademeli bir paketleme uygulanır. Paketleme sürecinin ardından ürünler, çeşitli taşıma yöntemleri (kara, hava, deniz veya raylı sistemler) kullanılarak dağıtım merkezlerine, oradan da perakende noktalarına ulaştırılır. Bu aşamalarda, ürünlerin geçici olarak depolanması da lojistik sürecin bir parçasıdır (Vezzoli ve Manzini, 2008).

3.4.2.2. Kullanım

Ürün kullanım aşaması, iki ana bileşenden oluşmaktadır: kullanım (veya tüketim) ve servis. Bu süreç, ürünün nihai olarak işlevsel hale getirilmesi ve sonrasında belirli bir süre boyunca işlevini yerine getirmesiyle başlar. Genellikle, bir ürünün kullanımı, enerji ve doğal kaynakların tüketilmesi ile ilişkilidir. Ürünün fonksiyonel hale gelmesi için gerekli olan enerji, çoğu zaman ürünün çalışma süresi boyunca tüketilir. Bunun yanı sıra, bu süreçlerin sonucunda ürünlerden atık da ortaya çıkabilir. Ancak, her kullanımda atık oluşması beklenmeyebilir. Bazı ürünler, uzun ömürlü olmaları sayesinde hasar görseler dahi, onarım ve bakım yoluyla işlevini sürdürebilirler. Bu ürünler, yenilenme ve onarım sürecine girerek uzun süre daha kullanılabilir. Diğer yandan, hasar görmüş ürünler, genellikle tamir edilerek ya da gerektiğinde tamamen değiştirilerek, tüketicinin ihtiyaçlarına devam edebilir. Enerji kullanan ürünlerin tasarım aşamasında, ürünün enerji verimliliğinin optimize edilmesi oldukça önemlidir. Ürün geliştirme aşamasında, yalnızca işlevsel değil, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirliği sağlayacak bir tasarım yapmaya özen gösterilmelidir. Bu tür ürünlerin kullanım ömrü, enerji verimliliği ile doğru orantılıdır ve bu faktör, ürünün çevresel etkilerinin minimize edilmesine yardımcı olur (Vezzoli ve Manzini, 2008). Bir ürün, son kullanıcı tarafından atık olarak kabul edilene kadar aktif olarak kullanılmaya devam eder. Bazı ürünler uzun süreli kullanım ömrüne sahipken, bazıları yalnızca kısa süreli kullanım ya da tüketim için tasarlanmışlardır. Bir ürünün kullanım süresi, genellikle ürünün dayanıklılığı ve ömrüyle doğrudan ilişkilidir. Ürün tasarımında dikkate alınması gereken en önemli faktörlerden biri, bu kullanım ömrünün maksimuma çıkarılmasıdır.

Kullanım süresinin uzunluğu, ürünün değerini artırır ve çevresel etkilerinin azaltılmasına katkıda bulunur (Vezzoli ve Manzini, 2008).

3.4.2.3. Bertaraf

Bir ürünün kullanım ömrü sona erdiğinde, artık atık olarak değerlendirilir ve bununla birlikte bertaraf edilmesi gerekir. Ancak, atık olarak kabul edilen bir ürünün nasıl bertaraf edileceği konusunda birden fazla seçenek mevcuttur.

Bu seçenekler, çevresel sürdürülebilirlik perspektifinden bakıldığında, atık hiyerarşisinde yer alan önemli adımları ifade eder. Bu adımlar sırasıyla, ürünün tekrar kullanımı, geri dönüşümü ve son çare olarak bertaraf edilmesidir. Tekrar kullanım, ürün ya da bileşenlerinin, aynı amaçla veya farklı bir amaç doğrultusunda yeniden kullanılabilmesi anlamına gelir. Yani, bir ürünün ömrü tamamlandıktan sonra, doğrudan bir şekilde kullanılmaya devam edilmesi sağlanabilir. Bu, genellikle daha az kaynak tüketimi gerektiren ve çevreye daha az zarar veren bir seçenektir. Bir örnek olarak, bir mobilyanın eskimesi durumunda, bu mobilyanın onarılarak veya farklı bir biçimde yeniden işlevlendirilmesi tekrar kullanım olarak değerlendirilebilir.

Geri dönüşüm ise, ürünün ya da bileşenlerinin kimyasal ve fiziksel işlemlerle işlenerek, orijinal malzemelere dönüştürülmesi ya da tamamen yeni bir ürünün üretiminde yeniden kullanılması anlamına gelir. Burada amaç, ürünün bileşenlerini yeniden işlevsel hale getirerek doğal kaynakları daha verimli kullanmak ve atık miktarını azaltmaktır. Örneğin, plastik veya metal malzemelerin geri dönüştürülmesi, bu materyallerin başka ürünler üretmek için tekrar kullanılmasını sağlar (EPA, 2025).

Son olarak, bertaraf etme aşaması, geri dönüştürülmesi veya yeniden kullanılabilir hale getirilmesi mümkün olmayan malzemelerin çevreye en az zarar vererek imha edilmesidir. Bu aşamada, malzemeler çeşitli yöntemlerle işlenir. Kompostlama, organik atıkların biyolojik olarak ayrışması yoluyla doğaya geri kazandırılması sürecidir. Enerji geri kazanımı ise, atıkların yakılarak enerjiye dönüştürülmesi anlamına gelir ve bu süreç, atıkların enerji kaynağı olarak kullanılmasını sağlar. Son olarak, geri dönüşüm veya yeniden kullanım seçeneklerinin uygun olmadığı durumlarda, atıklar depolama sahalarına (çöplükler) gömülerek bertaraf edilir. Ancak, bu son yöntem çevresel açıdan daha az tercih edilmekte olup, atıkların doğada daha uzun süre kalmasına ve ekosistem üzerinde olumsuz etkiler yaratmasına neden olabilir (EPA, 2025).

4. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE ENDÜSTRİYEL TASARIM

4.1. Tasarım

Tasarım özünü kazıdığıımızda, doğada örneği bulunmayan yollardan çevremizi biçimlendirip oluşturmaya, gereksinimlerimize hizmet etmeye ve yaşamlarımıza anlam katmaya yarayan insana özgü bir yetenek olarak tanımlanabilir.

“Heskett’e göre tasarım yapma yetisi, insanın doğuştan sahip olduğu ve varoluşunun temelinde yer alan özgün bir özelliktir. Bu yetenek yalnızca bireysel yaratıcılıkla sınırlı kalmayıp, insanın çevresiyle kurduğu ilişkilere, kullandığı nesnelere ve şekillendirdiği mekânlara kadar uzanan geniş bir etki alanına sahiptir (Heskett, 2005; Kotter vd., 1992).”

Karmaşık ve oldukça gelişmiş bir yapıya sahip olan bu beceri, insan eliyle temas etmiş hemen her yerde gözlemlenebilir. Heskett, tasarımın yalnızca bir meslek ya da teknik bir süreçten ibaret olmadığını, aynı zamanda insanın düşünsel ve kültürel varlığının bir yansıması olarak sayısız biçimde kendini ortaya koyduğunu ifade etmektedir. Tasarım yetisi, yalnızca profesyonel alanlarla sınırlı olmayan; bireylerin gündelik yaşamlarında, çoğu zaman bilinçli bir farkındalık olmaksızın gerçekleştirdikleri çeşitli eylemlerde de kendini gösteren temel bir insani beceridir. İnsanlar, yaşam alanlarını şekillendirirken-örneğin evlerindeki veya çalışma ortamlarındaki eşyaların yerleşimini düzenlerken-estetik, işlevsellik ve kişisel ihtiyaçları arasında denge kurmaya çalışırlar. Benzer şekilde, günlük programlarını planlarken ya da zaman yönetimi yaparken de belirli bir düzen ve amaç doğrultusunda karar alma süreçlerine dâhil olurlar. Bu süreçlerin her biri, özünde bir tasarım eylemi olarak değerlendirilebilir. “Çünkü bu eylemler, bireylerin karşılaştığı belirli durumlara çözüm üretme çabasını ve çevrelerini kendi gereksinimlerine uygun biçimde yeniden yapılandırma eğilimlerini yansıtır. Bu noktada Cooper ve Press’in tanımı önem kazanmaktadır; onlar tasarımı, farklı disiplinleri bir araya getiren, yaratıcı düşünmeyi temel alan ve problem çözme ile planlama süreçlerini kapsayan çok yönlü bir etkinlik olarak tanımlamaktadır (Cooper & Press, 1995; Özcan, 2011; Öztürk, 2016).”

Tüm bu örnekler, tasarımın yalnızca profesyonel ya da sanatsal bir faaliyet olarak değil, insan yaşamının her alanına nüfuz eden temel bir düşünme ve eylem biçimi olarak değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Gündelik yaşamdaki rutin kararlardan mekânsal düzenlemelere kadar uzanan geniş bir yelpazede, bireylerin çeşitli sorunlara yaratıcı çözümler üretme biçimi olarak kendini gösteren tasarım, aslında insanın çevresini algılama, yorumlama ve dönüştürme kapasitesinin somut bir ifadesidir. Dolayısıyla tasarım hem bireysel

hem de toplumsal düzeyde sürekli olarak deneyimlenen ve yeniden şekillenen bir süreçtir. Bu bağlamda, tasarımın ne olduğu sorusunu yalnızca nesne yaratma süreciyle sınırlamak yetersiz kalacaktır; çünkü tasarım çok daha geniş, çok katmanlı ve çok yönlü bir yapı arz eder.

Tasarım, yalnızca fiziksel nesnelerin biçimlendirilmesiyle sınırlı olmayan; aynı zamanda düşünsel, kültürel ve işlevsel unsurları bir araya getiren çok katmanlı bir süreçtir. Temelinde, mevcut bir duruma dair iyileştirme ya da yeniden yapılandırma ihtiyacından doğan tasarım, bireylerin çevreleriyle kurdukları etkileşimin bir sonucu olarak şekillenir. Bu süreç, bir problemin tanımlanmasından çözüm yollarının geliştirilmesine, estetik değerlerin değerlendirilmesinden kullanıcı ihtiyaçlarının analizine kadar geniş bir yelpazeyi kapsar. Tasarım, teknik bilgi ile yaratıcı düşüncenin kesişiminde yer alır ve insan deneyimini dönüştürme potansiyeli taşır (Ekmekçioğlu, 2024). Bu yönüyle etkinliktir. Tasarım hem bireysel hem de toplumsal düzeyde yaşam kalitesini artıran, bilinçli ya da bilinçsiz olarak sürekli değişim içinde olan bir etkinliktir. Tasarım, genellikle bir problemi çözme amacı güden yaratıcı bir süreçtir. Bu süreçte, tasarımın görsel ve işlevsel açıdan başarılı olabilmesi için belirli ilkeler ve öğeler önemli bir rol oynar. Tasarım ilkeleri, tasarımın düzenini ve etkisini belirleyen rehberlerdir. Düzen, denge, ritim, kontrast ve orantı gibi ilkeler, tasarımın hem estetik hem de işlevsel yönlerini dengeler.

Tasarım öğeleri ise çizgi, renk, şekil, hacim, doku ve alan gibi bileşenlerden oluşur ve tasarımın yapısını belirler. Her iki kavram da başarılı bir tasarım için temel taşlar olup, bir arada kullanıldığında etkili bir sonuç ortaya çıkar (Ayaydın, 2020). Tasarımda denge, öğelerin görsel olarak eşit şekilde dağıtılmasını sağlar. Simetrik ve asimetric denge, izleyicinin tasarımla olan etkileşimini yönlendirir. Kontrast, öğeler arasındaki farkları vurgulayarak dikkat çeker ve görsel enerjiyi artırır. Ritim ise tekrarlar aracılığıyla bir akış oluşturarak, tasarıma hareket katar. Orantı, öğelerin birbirine göre uygun ölçüde yerleştirilmesini sağlar, bu da tasarımın görsel uyumunu güçlendirir (Madran, 2013). Tasarım öğeleri, tasarımın görsel bileşenlerini oluşturur. Çizgi, tasarımın yapısını belirlerken, renk duygusal etki yaratır. Şekil, tasarımın formunu oluşturur ve hacim ile alan, üç boyutlu etkiler yaratır. Doku ise tasarımın yüzeyini tanımlar. Bu öğeler, tasarımın genel yapısının işlevsel ve estetik açıdan başarılı olmasına katkı sağlar (Pektaş, 2019). Sonuç olarak, tasarım ilkeleri ve öğeleri birbirini tamamlayan unsurlardır. İyi bir tasarım, bu öğelerin uyumlu bir şekilde kullanılmasıyla elde edilir. Hem estetik hem de işlevsel açıdan dengeli bir tasarım için her iki unsurun da doğru ve etkili bir şekilde birleşmesi gerekir

4.1.1 Tasarım İlkeleri

Denge, tasarımda öğelerin görsel anlamda eşit şekilde dağıtılmasını sağlayan bir ilkedir. Başarılı bir tasarım için öğelerin yerleştirilmesinde uyumlu bir düzen oluşturulması gerekir. Bu düzen, izleyicinin tasarımı rahatlıkla takip etmesini ve görsel olarak dengeli bir bütün algılamasını mümkün kılar.

Denge, üç şekilde kurulabilir: simetrik, asimetrik ve radikal. Simetrik denge, tasarımın her iki tarafının tamamen aynı olmasını sağlar ve görsel bir denklik oluşturur. Asimetrik denge ise öğelerin boyut, renk ve form farklarına rağmen görsel dengeyi korur. Bu tür denge, izleyicinin dikkatini farklı noktalara çekebilir ve tasarımın dinamik olmasını sağlar. Radikal denge ise öğelerin merkezden dışa doğru dairesel veya spiral biçimde düzenlenmesiyle oluşur ve izleyicide güçlü bir odak noktası algısı yaratır. Denge, tasarımın görsel etkisini ve izleyiciyle olan etkileşimini artırır, böylece izleyiciye güçlü bir estetik deneyim sunar (Madran, 2013).

Kontrast, tasarımda öğeler arasındaki belirgin farkların kullanılmasıyla yaratılan görsel bir etkidir. Farklı renkler, şekiller, dokular ve boyutlar arasındaki zıtlıklar, bir tasarıma enerji katarken, izleyicinin dikkatini çekmek için etkili bir araçtır. Kontrast, tasarımda öğelerin birbirinden ayrılmasını ve öne çıkmasını sağlar, bu da tasarımdaki ana öğelerin izleyicinin gözünde daha belirgin hale gelmesine yol açar. Koyu ve açık renkler arasındaki kontrast, özellikle bir öğeyi vurgulamak için kullanılır. Bu farklar, tasarımın görsel algısını yönlendirir ve izleyicinin dikkatini odaklar. Kontrast, aynı zamanda tasarımdaki hareketliliği ve dinamizmi artırarak, daha ilgi çekici ve etkili bir görsel deneyim yaratır (Ayaydın, 2020).

Ritim, tasarımda belirli bir düzenin ve öğelerin tekrarıyla oluşturulan bir ilkedir. Bu tekrarlamalar, izleyicinin gözünü bir noktadan diğerine yönlendirerek, tasarımda görsel bir akış yaratır. Tasarımdaki ritim, çizgi, şekil, renk ve doku gibi öğelerin düzenli bir şekilde kullanılmasıyla sağlanır. Bu akış, tasarımın doğal bir ritmini oluşturur ve izleyicinin tasarımı takip etmesini kolaylaştırır. Ritim, tasarımda belirli bir hareket hissi yaratırken aynı zamanda dengeli bir yapı da oluşturur. Bu yapı, izleyicinin dikkatini sürekli canlı tutar ve tasarımın estetik değerini artırır. Tasarımda ritmin doğru kullanımı, hem görsel açıdan zengin bir deneyim hem de izleyiciye anlamlı bir yönlendirici etkisi sunar (Pektaş, 2019).

Orantı, tasarımda öğelerin birbirine göre büyüklük, şekil ve yerleşim düzenini ifade eder. Tasarımda doğru orantılar kullanmak, görsel estetiği sağlar ve öğeler arasındaki dengeyi korur.

Her öge, diğerlerine göre doğru ölçüde yerleştirildiğinde tasarım daha hoş ve uyumlu bir görünüm elde eder. Orantı, özellikle tasarımın görsel algısını etkileyen ve izleyiciye tasarımın dengesini sunan önemli bir ilkedir. Bu ilke, tasarımda kullanılan öğelerin doğru ölçülerle yerleştirilmesini sağlayarak, tasarımın görsel bir bütünlük oluşturmaya yardımcı olur. Tasarımda bir öğenin büyüklüğü, küçük ya da büyük olmasına göre izleyicinin ilgisini çekebilir, ancak doğru orantılarla yapılan yerleşim tasarımın estetik açıdan uyumlu olmasını sağlar (Madran, 2013).

4.1.2. Tasarım Öğeleri

Çizgi, tasarımda öğeler arasında bağlantılar kuran ve görsel bir rehberlik sağlayan temel bir öğedir. Çizgi, düz, eğik, kıvrımlı ya da dalgalı olabilir ve her tür çizgi, tasarıma farklı bir anlam katar. Düz çizgiler, stabilite ve denge duygusu yaratırken, eğik çizgiler hareketliliği ve dinamik bir enerji hissini uyandırır. Çizgilerin yerleştirilmesi, izleyicinin gözünü yönlendirir ve tasarımın dikkat çekici noktalarını vurgular. Örneğin, çizgiler yardımıyla tasarımda ritim oluşturulabilir, böylece izleyiciye görsel bir akış sağlanır ve tasarımın akışı doğal bir biçimde devam eder (Pektaş, 2019).

Renk, tasarımda duyguları uyandıran ve izleyicinin algısını etkileyen güçlü bir araçtır. Her renk, belirli bir duygu yaratma kapasitesine sahiptir ve tasarımda doğru renk seçimi, görsel estetiği artırır. Sıcak renkler (kırmızı, sarı, turuncu) heyecan ve canlılık yaratırken, soğuk renkler (mavi, yeşil, mor) sakinlik ve huzur hissi verir. Renkler, tasarımda kontrast oluşturarak önemli öğeleri öne çıkarır ve izleyicinin dikkatini çeker. Bu nedenle, renklerin tasarımda kullanılan duygusal ve psikolojik etkileri, tasarımın genel anlamını ve izleyici üzerindeki etkisini büyük ölçüde belirler (Madran, 2013).

Hacim, bir nesnenin üç boyutlu yapısını ve çevresiyle olan ilişkisini belirleyen bir tasarım ögesidir. Hacim, tasarımdaki objelerin fiziksel varlıklarını somutlaştırarak, izleyiciye derinlik ve gerçeklik hissi verir. Form ise, bir nesnenin şekli ve yapısal düzenidir ve genellikle simetrik ya da organik olabilir. Hacim ve form, tasarımda öğelerin görünüşünü, algılanan büyüklüğünü ve dengeyi etkileyecek şekilde kullanılır. Bu öğeler, tasarımın estetik değerini artırırken, aynı zamanda işlevsel gereksinimlere de hitap eder (Ekmekçioğlu, 2024; Ayaydın, 2020).

Doku, tasarımda kullanılan yüzeylerin fiziksel ve görsel özelliklerini tanımlar ve tasarımın karakterini oluşturur.

Bir yüzeyin dokusu, onun pürüzlü, düz, mat veya parlak olup olmamasına göre değişir ve bu farklı dokular, izleyicide belirli duygusal tepkiler uyandırır. Pürüzlü yüzeyler doğallığı, sıcaklığı ve organik hissiyatı yansıtırken, düzgün yüzeyler daha modern ve sofistike bir etki yaratır. Tasarımda doku hem görsel çekiciliği artırır hem de objenin algısal değerini güçlendirir. Aynı zamanda, dokular arasındaki kontrast, tasarıma derinlik ve zenginlik katabilir (Madran, 2013). Doku, tasarıma görsel zenginlik ve derinlik katarak, aynı zamanda yapısal özelliklerin ön plana çıkmasını sağlar. Tasarımdaki renk ve doku arasındaki uyum, genel atmosferi şekillendirir ve tasarımın duygusal etkisini belirler (Cooper & Press, 2018).

Alan, tasarımda öğeler arasındaki boşlukları ve bu öğelerin birbirleriyle olan ilişkisini tanımlar. Alanın doğru kullanımı, tasarımda denge oluşturur ve görsel hiyerarşiyi sağlar. Pozitif alan, tasarımda ana öğelerin bulunduğu aktif alanları ifade ederken, negatif alan, öğeler arasındaki boşlukları belirler. Bu boşluklar, tasarımın nefes almasına ve izleyicinin gözünün rahatça yönlendirilmesine olanak tanır. Alanın etkin bir şekilde kullanılması, tasarımda derinlik duygusu yaratabilir ve öğeler arasındaki ilişkileri güçlendirir (Ayaydın, 2020).

4.2. Endüstriyel Tasarım

Endüstriyel tasarım, kullanıcı ihtiyaçlarını ve estetik değerleri göz önünde bulundurarak ürünlerin işlevsel, ergonomik ve görsel açıdan tasarlanması sürecidir. Sanayi devrimiyle birlikte ortaya çıkan ve 20. yüzyılın başlarında bir disiplin olarak şekillenen endüstriyel tasarım, günümüzde teknolojik gelişmelerle birlikte çok daha kapsamlı bir hâl almıştır.

Endüstriyel tasarım, günlük yaşamda kullandığımız ürünlerin estetik, işlevsel ve kullanıcı dostu bir biçimde tasarlanmasını sağlayan disiplinler arası bir alandır. Bu alan; mühendislik, sanat ve ergonomi gibi farklı disiplinleri bir araya getirerek hem kullanışlı hem de görsel olarak çekici ürünlerin ortaya çıkmasını amaçlar. Türk Patent ve Marka Kurumu'na göre, endüstriyel tasarım "bir ürünün tamamının veya bir parçasının ya da üzerindeki süslemenin çizgi, şekil, biçim, renk, doku, malzeme veya esneklik gibi özelliklerinden kaynaklanan görünümüdür (Akkaş, 2006:118).

Endüstriyel tasarım yalnızca bir ürünün nasıl görüldüğüyle değil, aynı zamanda nasıl çalıştığı, nasıl üretileceği ve kullanıcıyla nasıl etkileşim kuracağıyla da ilgilenir. Bu anlamda endüstriyel tasarımcılar, bir ürünün fikir aşamasından kullanıcıya ulaşana kadar olan tüm sürecinde aktif rol oynar.

Tim Parsons, endüstriyel tasarımın esas olarak üretim odaklı olduğunu ve el emeğine değil, seri üretime uygun makineyle üretilebilecek ürünlerin biçimsel tanımına odaklandığını belirtmektedir (Parsons vd., 2004). Bir başka deyişle, endüstriyel tasarım, teknik bilgi ile yaratıcı düşüncenin birleştiği bir noktadadır. Buchanan (1992), tasarımın temel amacını insan yaşamında karşılaşılan karmaşık problemlere yaratıcı ve işlevsel çözümler geliştirmek olarak ifade etmektedir. Bu bağlamda endüstriyel tasarımcılar yalnızca estetik kaygılarla değil, mühendislik, psikoloji, ergonomi ve pazarlama gibi çeşitli disiplinlerle de etkileşim içinde çalışmaktadır (Buchanan, 1992). Bir ürünü başarılı kılan unsurlardan biri, onun kullanıcı deneyimini ne kadar iyi tasarladığıdır. Norman (2004), tasarımın en etkili halinin kullanıcının dikkatini tasarıma yöneltmeden, ürünü sezgisel ve doğal bir şekilde kullanabilmesini sağlamak olduğunu savunur. Bu yaklaşım, endüstriyel tasarımın kullanıcı deneyimini merkezine alması gerektiğini ortaya koymaktadır (Norman, 2004).

Endüstriyel tasarım süreci genellikle kullanıcı ihtiyaçlarının belirlenmesiyle başlar ve bu doğrultuda yapılan eskiz çalışmaları, prototipleme ve test aşamalarıyla devam eder. Tasarımcılar bu süreçte ürünün işlevselliği, malzeme seçimi, üretim teknikleri ve sürdürülebilirliği gibi pek çok unsuru dikkate alır. Krippendorff (2004), tasarımın yalnızca fiziksel nesnelere yaratmak değil, aynı zamanda bu nesnelere insanlar tarafından anlam kazandırmakla ilgili olduğunu vurgular. Bu ifade, bir ürünün sadece işlevselliği değil, aynı zamanda kullanıcılarında uyandırdığı duygular ve çağrışımları da önemsemesi gerektiğini vurgular (Krippendorff, 2004). Örneğin, bir sandalye tasarımı sadece oturmak için değil, aynı zamanda estetik bir obje olarak da değerlendirilmektedir. Bu nedenle endüstriyel tasarımcılar, form ve işlev arasındaki dengeyi kurmak zorundadır. Tasarımcı Dieter Rams, endüstriyel tasarımda sadeliğin ve işlevselliğin ön planda olması gerektiğini savunur. Ona göre iyi bir tasarım, gereksiz karmaşadan uzak, sade ama etkili bir yapıya sahip olmalıdır (Akgün, 2017). Günümüzde sürdürülebilirlik ve kullanıcı deneyimi kavramları endüstriyel tasarımın merkezinde yer almaktadır. Doğaya saygılı, geri dönüştürülebilir malzemelerle üretilmiş, enerji verimliliği yüksek ve kullanıcıyı odağına alan ürünler giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bu da endüstriyel tasarımcıların yalnızca ürünün görünümünü değil, aynı zamanda çevresel ve sosyal etkilerini de düşünmesi gerektiği anlamına gelir. Sonuç olarak, endüstriyel tasarım; estetik, işlevsellik, kullanıcı deneyimi ve sürdürülebilirlik unsurlarını bir araya getiren yaratıcı bir süreçtir. Bu süreçte amaç yalnızca ürün üretmek değil, aynı zamanda insan yaşamını

kolaylaştırmak ve zenginleştirmektir. Tasarımın gücü, günlük yaşamın ayrıntılarında kendini gösterir (Akgün, 2017).

4.3. Sürdürülebilir Ürün Tasarımı

Sürdürülebilir ürün tasarımı, doğal kaynakların verimli kullanılması, çevresel etkilerin en aza indirilmesi ve sosyal sorumluluk ilkelerinin ürün geliştirme süreçlerine entegre edilmesi amacıyla yapılan tasarım faaliyetleridir. Bu tasarım yaklaşımı, sadece estetik ve işlevsellik değil, aynı zamanda ürünün üretiminden kullanımına ve nihayetinde atık haline gelene kadar olan tüm yaşam döngüsünü dikkate alır. Sürdürülebilir tasarım, çevresel, ekonomik ve toplumsal sürdürülebilirlik ilkelerini bir araya getirerek, kullanıcıların gereksinimlerini karşılayan, ancak doğal çevreye olumsuz etkisi minimal olan ürünlerin yaratılmasını hedefler. Sürdürülebilir ürün tasarımı, çevre dostu malzeme kullanımı, enerji verimliliği, uzun ömürlü ve geri dönüştürülebilir ürünlerin tasarımı gibi unsurları içerir. Tasarım sürecinde, ürünlerin çevre üzerindeki etkileri; üretim, taşıma, kullanım ve nihai atık yönetimi aşamaları göz önünde bulundurularak minimize edilir. Aynı zamanda, tasarımlar, kullanıcıların çevresel bilincini artıracak şekilde, daha az kaynakla daha fazla işlev sunma amacı güder. Bu tür tasarımlar, yalnızca ekolojik dengeyi korumakla kalmaz, aynı zamanda toplumsal fayda yaratır. Kullanıcılar, çevreye duyarlı ve ekonomik olarak sürdürülebilir ürünleri tercih ederek hem kendi yaşam kalitelerini artırır hem de toplumsal sorumluluklarını yerine getirirler.

William McDonough, Hannover'de yayımladığı Gezegen Hakları Beyannamesi'nde sürdürülebilir tasarımı, doğanın gelişen yapısının bir parçası olarak çevreye duyarlı bir biçimde gerçekleştirilmesi gerektiğini ifade etmektedir. Bu tanım, tasarımın sadece insan ihtiyaçlarını değil, aynı zamanda doğal çevrenin de sürdürülebilirliğini gözeterek şekillendirilmesi gerektiğini vurgular (Özsoy, 2018). Sürdürülebilir tasarım, doğal kaynakları koruyarak çevre üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirmekle birlikte, ekosistemle uyumlu ürünlerin yaratılmasını hedefler. Sürdürülebilir tasarım, yalnızca doğanın korunması değil, aynı zamanda toplumsal ve ekonomik sürdürülebilirlik hedeflerini de göz önünde bulundurur. Bu tasarım anlayışı, ürünlerin yaşam döngüsü boyunca çevresel etkilerini en aza indirirken, aynı zamanda toplumlar üzerinde pozitif etkiler yaratmaya çalışır. Borys'in sürdürülebilir tasarımın temel amacının, insan ve çevre arasındaki etkileşimi dengeleyerek her iki taraf için de fayda sağlamayı hedeflediğini belirtir. Tasarımcılar, bu süreçte yalnızca çevre dostu malzemeler kullanmakla kalmaz, aynı zamanda ürünlerin toplumsal etkilerini de göz önünde bulundurur, böylece hem çevresel hem de toplumsal sürdürülebilirlik sağlanır (Adler ve Borys, 1996).

Jason McLennan ise “Philosophy of Sustainable Design” adlı eserinde sürdürülebilir tasarımı, çevresel etkileri minimize etmek ve çevre kalitesini artırmak için geliştirilen bir tasarım felsefesi olarak tanımlar. McLennan’a göre, sürdürülebilir tasarım yalnızca doğal çevreye zarar vermemekle kalmaz, aynı zamanda çevreyi iyileştirmeyi ve ona değer katmayı amaçlar (McLennan, 2004). Bu tasarım yaklaşımı, ürünlerin yaşam döngüsü boyunca çevresel, ekonomik ve toplumsal fayda sağlayacak şekilde optimize edilmesini öngörür. Sürdürülebilir tasarımın özü, ekolojik dengeyi koruyarak, doğal kaynakları sınırsız bir şekilde kullanmak yerine onları yenileyebilme kapasitesine sahip ürünler tasarlamaktır. Bu anlayış, çevre üzerindeki yükü azaltmakla kalmaz, aynı zamanda insan sağlığı ve refahını iyileştirmeyi de hedefler (Arslan, 2004).

4.3.1. Yeşil Tasarım

Yeşil tasarım, ürünlerin çevresel etkilerini en aza indirmeyi ve doğal kaynakları verimli bir şekilde kullanmayı amaçlayan bir tasarım yaklaşımıdır. Bu tasarımda, ürünlerin üretim, kullanım ve atık aşamalarında çevreye duyarlı seçimler yapılır. Yeşil tasarımın temel hedefi, sürdürülebilirlik ilkesine uygun şekilde, minimum enerji tüketimi ve atık üretimi ile maksimum verimlilik sağlamaktır. Bu yaklaşım, yalnızca çevresel etkileri azaltmayı değil, aynı zamanda doğal kaynakların tükenmesini engellemeyi de hedefler. Bu tasarım anlayışı, özellikle endüstriyel üretim süreçlerinde kullanılan malzemelerin geri dönüştürülebilir, biyolojik olarak parçalanabilir ve ekolojik dengeyi bozmayan şekilde seçilmesine özen gösterir. Ayrıca, yeşil tasarım, ürünün yaşam döngüsü boyunca çevresel etkiyi minimize etmeye odaklanırken, sosyal sorumluluk ve kullanıcı sağlığı gibi toplumsal faktörleri de göz önünde bulundurur (Koyuncu, 2024).

4.3.2. X için Tasarım

“X için Tasarım” (Design for X), belirli bir hedef ya da performans ölçütü doğrultusunda ürün tasarımını optimize etmeye yönelik bir yaklaşımdır. X, ürünün belirli bir özelliği, hedefi veya kriterini temsil eder. Örneğin, “Design for Environment” (Çevre için Tasarım), tasarımın çevresel etkilerini en aza indirmeyi amaçlarken, “Design for Manufacture” (Üretim için Tasarım) ise üretim süreçlerini iyileştirmeye odaklanır. Bu tasarım anlayışının en önemli yönü, tasarımın her aşamasında belirli bir hedefe odaklanarak, ürünün toplam yaşam döngüsünü optimize etmektir.

X için Tasarım, sürdürülebilir tasarımda da önemli bir rol oynar; çünkü tasarımcılar, çevresel etkileri azaltma, maliyetleri düşürme ve verimliliği artırma gibi hedeflerle, tasarım sürecini her açıdan iyileştirebilirler (Van Hemel ve Brezet, 1997). Bu tür bir yaklaşım, tasarımcıların ürünün yalnızca estetik değil, fonksiyonel ve çevresel performansını da ön planda tutarak tasarımlarına olanak tanır.

4.3.3. Eko Tasarım

Eko tasarım, ürünlerin tasarım aşamasından başlayarak çevresel etkilerini dikkate almayı amaçlayan bir yaklaşımdır. Bu tasarım felsefesi, ürünlerin çevresel etkilerini minimize etmek için, üretim süreçlerinin, malzeme seçimlerinin, enerji tüketiminin ve atıkların dikkatle gözden geçirilmesini içerir. Eko tasarımın en belirgin özelliği, çevreye duyarlı malzemelerin kullanımı ve ürünlerin geri dönüşüm potansiyelinin artırılmasıdır. Bu yaklaşım, yalnızca doğrudan çevreyi korumakla kalmaz, aynı zamanda ürünlerin yaşam döngüsünü uzun tutarak kaynak israfını engeller. Eko tasarım, aynı zamanda sosyal ve ekonomik sürdürülebilirlik ilkelerini de göz önünde bulundurur; çünkü çevre dostu ürünler genellikle daha az enerji harcar ve bu da hem üretici hem de kullanıcı için ekonomik faydalar sağlar (Charter et al., 2002). Böylece, eko tasarım, çevresel zararları azaltmakla kalmaz, aynı zamanda ekonomik olarak verimli ve toplumsal fayda sağlayan ürünler yaratmayı amaçlar.

4.3.4. Beşikten Beşiğe Tasarım

Beşikten Beşiğe Tasarım, William McDonough ve Michael Braungart'ın öncülük ettiği bir tasarım felsefesidir ve ürünlerin yaşam döngüsünü kapalı bir sistemde ele alır (McDonough ve Braungart, 2002). Bu yaklaşımda, her ürün, kullanılan malzemelerin tamamen geri dönüştürülebilir veya biyolojik olarak parçalanabilir olmasını gerektirir. “Beşikten Beşiğe” yaklaşımının temel ilkesi, atıkların doğal bir döngüde yer almasını ve her ürünün sonunda yeniden kullanılabilir veya doğal çevreye zarar vermeden doğaya karışmasını sağlamaktır. Bu tasarım anlayışı, geleneksel “beşikten mezara” tasarım anlayışına karşı çıkar; çünkü bu modelde ürünler kullanıldıktan sonra genellikle atık haline gelir ve çevreye zarar verir. Beşikten Beşiğe Tasarım, ekosistemlerin doğasında var olan döngüyü taklit ederek, sürdürülebilirliği yalnızca çevresel değil, aynı zamanda ekonomik ve toplumsal bir hedef olarak görür (McDonough ve Braungart, 2002).

4.3.5. Yaşam Döngüsü Tasarımı

Yaşam Döngüsü Tasarımı, bir ürünün tasarım sürecinden başlayarak, üretim, kullanım, bakım ve nihayetinde atık haline gelene kadar geçen tüm aşamalarda çevresel etkilerini göz önünde bulundurur. Bu tasarım anlayışında, ürünlerin çevresel etkileri yalnızca üretim aşamasında değil, ürünün tüm yaşam döngüsü boyunca incelenir. Yaşam döngüsü tasarımı, genellikle “Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi” (LCA) adı verilen bir metodoloji kullanarak, ürünlerin çevresel etkilerini sistematik bir şekilde ölçer ve bu etkilerin azaltılması için stratejiler geliştirir. Bu yaklaşım, kaynakların daha verimli kullanılması, atıkların azaltılması ve geri dönüştürülebilir malzemelerin artırılması gibi hedeflere ulaşmayı amaçlar (Guinée, 2002). Yaşam döngüsü tasarımı, tasarımcıların yalnızca ürünün ilk kullanımını değil, ürünün ömrü boyunca meydana gelecek tüm çevresel etkileri minimize etmelerini sağlar.

5. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ANLAYIŞINDA ENDÜSTRİYEL TASARIMCININ ROLÜ

Endüstriyel Tasarım lisans programı Türkiye’de ilk olarak 1971 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi’nde açılmıştır. Bu alan, özellikle 2000’li yıllarla birlikte sanayileşmenin hız kazanması, kullanıcı odaklı tasarım anlayışının yaygınlaşması ve yaratıcı endüstrilere verilen önemin artmasıyla dikkat çekici bir gelişim göstermiştir. Endüstriyel tasarım, yalnızca ürünün işlevselliğini değil, aynı zamanda estetik, ergonomi ve kullanıcı deneyimi gibi unsurları da gözeten disiplinlerarası bir alan olarak konumlanmıştır. Bu doğrultuda, Türkiye’de hem akademik alanda hem de endüstriyel üretim süreçlerinde endüstriyel tasarımın rolü giderek daha fazla önem kazanmaktadır.

5.1 Üniversitelerde Endüstriyel Tasarım Eğitimi: Almanya ve Türkiye Örneği

Endüstriyel tasarım eğitimi, ülkelerin kültürel, ekonomik ve teknolojik altyapılarına göre farklılık gösterebilen çok yönlü bir disiplindir. Almanya ve Türkiye bu alanda farklı yaklaşımlar geliştirmiş olup, eğitim müfredatlarından uygulama yöntemlerine kadar çeşitli açılardan karşılaştırılabilecek örnekler sunar. Bu karşılaştırma, yalnızca akademik yapıların değil, aynı zamanda tasarımın toplumsal işlevinin ve sanayi ile ilişkilerinin de değerlendirilmesine olanak tanır.

5.1.1 Almanya’daki Üniversitelerde Endüstriyel Tasarım ve Sürdürülebilirlik Eğitimi

Almanya, endüstriyel tasarım eğitimi konusunda Avrupa’da öncü ülkelerden biri olarak öne çıkmaktadır. Üniversiteler, disiplinlerarası yaklaşımı benimseyerek öğrencilerin yaratıcı, eleştirel ve sürdürülebilir tasarım anlayışı geliştirmelerini hedeflemektedir. Bu doğrultuda, HTW Berlin (Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin), “Sustainable Product Service Systems” ve “Designing for Circular Economy” gibi dersler ile öğrencilerin ürün tasarım süreçlerinde çevresel etkileri değerlendirmelerine olanak sağlamaktadır (HTW Berlin, 2025).

Üniversite, sürdürülebilirlik kavramını yalnızca teorik düzeyde değil, aynı zamanda proje tabanlı öğrenme modeliyle pratiğe dökmektedir. Özellikle “Universal Design Thinking” gibi uygulamalı modüller, kullanıcı ihtiyaçlarına duyarlı, yenilikçi ve sürdürülebilir çözümler üretmeyi teşvik etmektedir (Vogel, 2017).

Benzer şekilde, Bergische Universität Wuppertal de endüstriyel tasarım programında sürdürülebilirliği merkezî bir kavram olarak konumlandırmaktadır. Üniversitenin “Industrial Design” lisans programında, temel tasarım stüdyolarının yanı sıra “Ökodesign”, “Design und

Innovation” ve “Material und Nachhaltigkeit” gibi dersler sunulmaktadır. Bu dersler, öğrencilerin malzeme seçimi, üretim teknikleri ve yaşam döngüsü değerlendirmesi gibi sürdürülebilirlik odaklı beceriler geliştirmesini hedefler. Üniversite bünyesinde yürütülen “Circular Design: Making the Invisible Visible” projesi ise, atık malzemelerin yeniden kullanımı üzerine odaklanmakta ve öğrencilere sosyal, ekonomik ve çevresel etkileri göz önünde bulunduran tasarım pratiği kazandırmaktadır (Hallaç, 2024).

Bauhaus-Universität Weimar ise sürdürülebilirlik odaklı projelerde disiplinlerarası iş birliklerine önem vermekte; tasarımın doğayla olan ilişkisini teorik ve pratik düzeyde irdelemektedir. Bu kapsamda “Design and Sustainability” gibi dersler, öğrencilerin sürdürülebilirlik konusunu hem çevresel hem de kültürel bağlamda değerlendirmelerine olanak sağlamaktadır. Bu örnekler, Almanya’daki endüstriyel tasarım bölümlerinin sürdürülebilirlik konusunda bütüncül ve uygulamaya dönük bir eğitim modeli benimsediğini göstermektedir. Ayrıca, öğrencilerin hem bireysel hem de toplumsal farkındalıklarını geliştirmeye yönelik pedagojik stratejiler öne çıkmaktadır (Ertaş ve Dereci, 2021).

5.1.2. Türkiye’deki Üniversitelerde Endüstriyel Tasarım ve Sürdürülebilirlik Eğitimi

Türkiye’de endüstriyel tasarım eğitimi son yıllarda gelişmeler göstermiştir. Birçok üniversite, tasarım programlarında sürdürülebilirlik konusuna daha fazla yer vermeye başlamıştır.

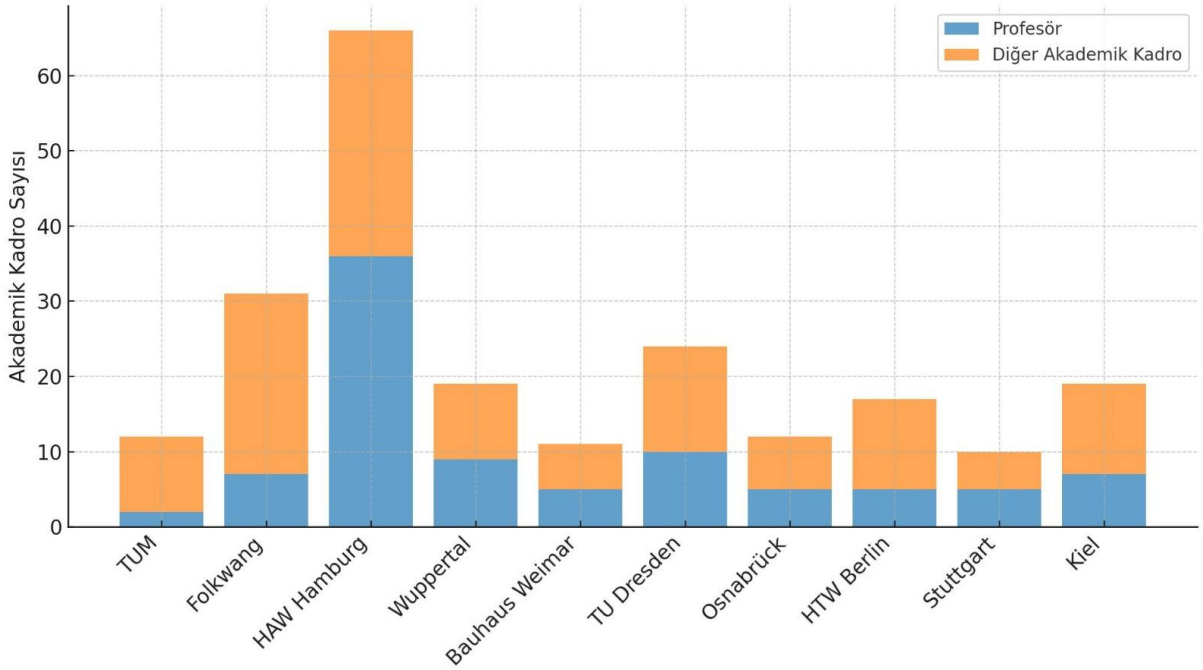
Örneğin, Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) Endüstriyel Tasarım Bölümü, “Sustainable Product Design” dersiyle öğrencilere sürdürülebilirliğin tasarıma entegrasyonu konusunda teorik ve pratik bilgi sunmaktadır. Bölüm, sanayi iş birlikleri ile sürdürülebilir çözümler üretmeye yönelik atölye ve projeleri desteklemektedir (ODTÜ Endüstriyel Tasarım, 2023). İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) ise “Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi”, “Malzeme Bilgisi” ve “Çevre Dostu Ürün Tasarımı” gibi derslerle sürdürülebilirlik kavramını müfredata dahil etmektedir. İTÜ’de ayrıca sürdürülebilirlik temalı bitirme projeleri ve tasarım yarışmaları teşvik edilmektedir. “İTÜ Girişimcilik ve İnovasyon Merkezi”nin desteklediği sürdürülebilir ürün tasarımı projeleri, öğrencilerin çevresel farkındalığını artırmaktadır.

Bunların yanı sıra, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Endüstriyel Tasarım Bölümü de sürdürülebilirlik perspektifiyle eğitim içeriğini güçlendirmektedir. Üniversitenin “Tasarımda Sürdürülebilirlik” dersi kapsamında öğrenciler, yerel kaynakların etkin kullanımı, geleneksel el sanatlarının modern tasarımla harmanlanması ve enerji verimliliği gibi konular üzerinde çalışmalar yapmaktadır. Ayrıca, bölgedeki doğal ve kültürel miras öğelerini tasarıma entegre

etme konusunda yapılan projeler, sürdürülebilir tasarım anlayışını pekiştirmektedir (BŞEÜ, 2023).

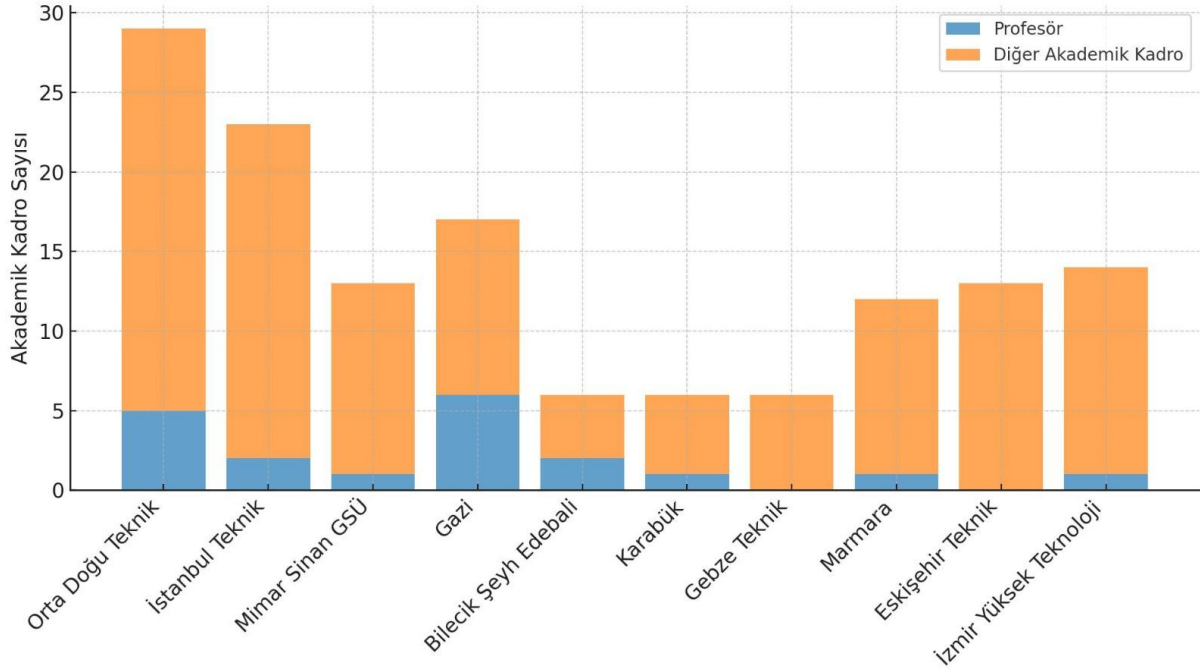
5.2. Karşılaştırmalı Değerlendirme: Almanya ve Türkiye’de Endüstriyel Tasarım Eğitiminde

Türkiye ve Almanya'dan seçilen 10’ar üniversitenin Endüstri Ürünleri Tasarımı bölümlerinde görev yapan akademik personelin dağılımı, profesörler ile diğer akademik kadrolar (doçent, doktor öğretim üyesi, araştırma görevlisi gibi) ayrı kategoriler halinde belirlenmiş ve bu veriler görsel olarak bir grafik aracılığıyla sunulmuştur. Bu yaklaşım, her iki ülkedeki akademik kadro yapısının karşılaştırmalı olarak incelenmesine olanak sağlamaktadır. Aşağıda verilen tabloda her üniversite için üstte profesör sayısı altta ise diğer akademik personellerin sayıları belirtilmiştir. Şekil 5.1’de Almanya’da Endüstriyel Tasarım Bölümü Olan Üniversitelerdeki Profesör ve Diğer Akademik Personel Sayısı verilmiştir.



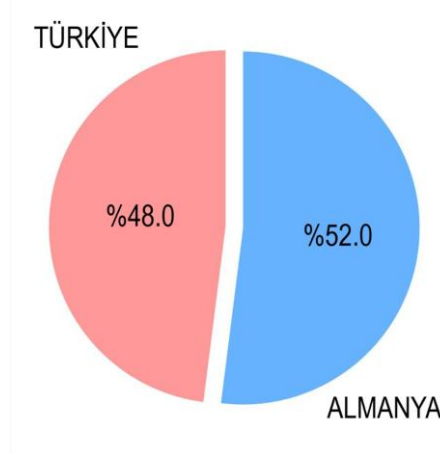
Şekil 5.1. Almanya’da Endüstriyel Tasarım Bölümü Olan Üniversitelerdeki Profesör ve Diğer Akademik Personel Sayısı

Şekil 5.2’de Türkiye’de Endüstriyel Tasarım Bölümü Olan Üniversitelerdeki Profesör ve Diğer Akademik Personel Sayısı verilmiştir.



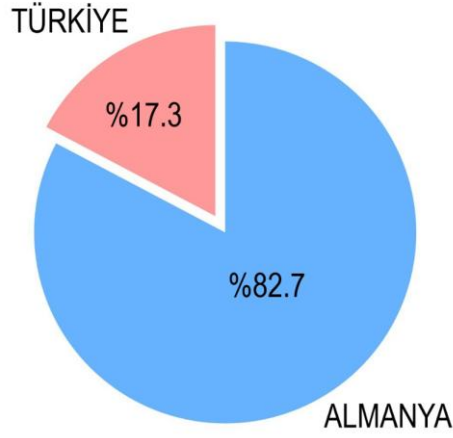
Şekil 5.2. Türkiye’de Endüstriyel Tasarım Bölümü Olan Üniversitelerdeki Profesör ve Diğer Akademik Personel Sayısı

HAW Hamburg, endüstriyel tasarım alanında bölüm olarak değil fakülte olarak öğrenim vermektedir. Bölüm çalışma alanlarına göre bölümlere ayrılmaktadır (HAW Hamburg, 2025). Şekil 5.3’te Türkiye ve Almanya’daki Endüstriyel Tasarım Bölümü Profesör Dışı Akademik Kadro Sayısı Oranı verilmiştir.



Şekil 5.3. Türkiye ve Almanya’daki Endüstriyel Tasarım Bölümü Profesör Dışı Akademik Kadro Sayısı Oranı

Şekil 5.4'te Türkiye ve Almanya'daki Üniversitelerdeki Endüstriyel Tasarım Bölümündeki Profesör Sayısı Oranı verilmiştir.



Şekil 5.4. Türkiye ve Almanya'daki Üniversitelerdeki Endüstriyel Tasarım Bölümündeki Profesör Sayısı Oranı

Almanya'daki endüstriyel tasarım bölümlerinde profesör sayısının Türkiye'ye kıyasla belirgin şekilde yüksek olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum, Türkiye'deki akademik kadro açısından bir eksikliğin bulunduğunu ortaya koymaktadır. Ancak, diğer akademik kadrolardaki sayısal yakınlık, Türkiye'deki mevcut akademik yapının, özellikle doktora sonrası araştırma görevlileri ve yardımcı öğretim üyeleri gibi destekleyici kadrolar aracılığıyla, profesör eksikliğini ilerleyen dönemlerde kısmen telafi edilebileceğini göstermektedir. Bu bağlamda, Türkiye'deki endüstriyel tasarım alanındaki akademik kapasitenin, uygun kariyer geliştirme ve yetiştirme politikaları ile sürdürülebilir bir şekilde artırılma potansiyeli bulunmaktadır.

5.2.1. Sürdürülebilirlik Yaklaşımları

Almanya ve Türkiye, endüstriyel tasarım eğitimi açısından farklı tarihsel gelişim çizgilerine, pedagojik yaklaşımlara ve akademik yapılara sahiptir. Her iki ülkede de tasarım eğitimi, son yıllarda sürdürülebilirlik kavramını içselleştirme çabası içerisindedir. Ancak bu entegrasyonun biçimi ve derinliği ülkeler arasında belirgin farklılıklar göstermektedir.

5.2.2. Müfredat Entegrasyonu ve Disiplinlerarası Yapı

Almanya'da endüstriyel tasarım eğitimi, disiplinlerarası bir yapı içinde şekillenmiştir. Üniversiteler, çevre mühendisliği, toplum bilimleri ve ekonomi gibi alanlarla iş birliği içinde sürdürülebilir tasarım ilkelerini bütüncül olarak ele alır. Örneğin HTW Berlin'de tasarım

öğrencileri, “Sustainable Design” modülü kapsamında yalnızca çevre dostu malzeme kullanımı değil, aynı zamanda sosyal eşitlik, döngüsel ekonomi ve evrensel tasarım gibi konular üzerinde de çalışmaktadır. Wuppertal Üniversitesi ise, sürdürülebilirliği yalnızca bir eğitim teması olarak değil, aynı zamanda kurumsal bir strateji olarak benimsemiştir. Üniversitenin “Circular Design” projeleri, öğrencilere karmaşık sistemler üzerine düşünme ve yenilikçi çözümler üretme becerisi kazandırmaktadır.

Türkiye’deki üniversitelerde de sürdürülebilirlik giderek daha fazla önem kazanmakta; ancak müfredat düzeyinde bu kavram henüz Almanya’daki kadar sistematik bir şekilde yerleşmemiştir. Örneğin ODTÜ ve İTÜ gibi köklü üniversitelerde sürdürülebilirlik konulu dersler ve bitirme projeleri yaygınlaşmakla birlikte, bu konular çoğunlukla seçmeli dersler aracılığıyla ele alınmaktadır. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi gibi gelişmekte olan kurumlarda ise yerel değerlerin ve kaynakların sürdürülebilir tasarımla ilişkilendirilmesi ön plandadır.

5.2.3. Proje Tabanlı Öğrenme ve Uygulama

Alman üniversiteleri, proje temelli öğrenme sistemini etkin biçimde kullanmaktadır. Öğrenciler, sektörel iş birlikleriyle geliştirilen gerçek projelerde görev alır; çevresel etki analizi, kullanıcı testleri, malzeme araştırmaları gibi süreçleri deneyimleme fırsatı bulur. Örneğin Wuppertal Üniversitesi öğrencileri, atık kumaşlardan modüler mobilya tasarımı yaparak döngüsel ekonomiye katkı sağlayan bir proje geliştirmiştir. Bu tür projeler, öğrencilerin sadece teorik değil, aynı zamanda uygulamalı bilgi edinmesini sağlar.

Türkiye’de proje tabanlı öğrenme yaklaşımı bazı üniversitelerde benimsenmiş olsa da genellikle sınırlı kaynaklar ve sektörle zayıf iş birlikleri nedeniyle uygulama düzeyi düşüktür. Bununla birlikte, bazı üniversiteler öğrenci projeleri için bölgesel kalkınma ajansları, TÜBİTAK veya Avrupa Birliği projeleri kapsamında fon desteği sağlayarak sürdürülebilirlik temalı projelerin gerçekleştirilmesini teşvik etmektedir. Bilecik Üniversitesi’nde yürütülen projeler, yerel hammaddelerin kullanımı ve geleneksel zanaat pratiklerinin çağdaş ürün tasarımıyla birleştirilmesini içermektedir.

5.2.4. Sanayi ile İş Birliği

Almanya’da sanayi-üniversite iş birliği oldukça gelişmiştir. Öğrenciler, öğrenimlerinin bir parçası olarak tasarım ofislerinde veya endüstri kuruluşlarında zorunlu staj yapmakta, hatta bazı projeler doğrudan sektör ihtiyaçlarına yönelik geliştirilmektedir. Örneğin, HTW Berlin’de

Bosch, Siemens ve BMW gibi firmalarla ortak sürdürülebilir ürün tasarımı projeleri yürütülmektedir (HTW Berlin, 2025).

Türkiye’de ise bu iş birliği henüz istenilen düzeye ulaşmamıştır. Büyükşehirlerdeki üniversitelerde sanayi bağlantıları daha kuvvetli olmasına rağmen, özellikle Anadolu’daki üniversitelerde bu bağlar sınırlıdır. Ancak son yıllarda bu yönde atılan adımlar mevcuttur. Örneğin, İTÜ ve ODTÜ’deki bazı öğrenci projeleri, özel sektörle yapılan protokol anlaşmaları çerçevesinde desteklenmektedir. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi ise, bölgedeki seramik ve maden firmalarıyla yaptığı iş birlikleri ile öğrencilerin sürdürülebilir üretim yöntemleri geliştirmesine katkı sunmaktadır.

5.2.5. Genel Değerlendirme

Almanya’daki sistem, sürdürülebilirliği eğitim felsefesine entegre eden, uygulama ve teori arasında köprü kuran güçlü bir yapıya sahiptir. Almanya’daki üniversiteler genel olarak sürdürülebilirliği eğitimlerinin temel taşı haline getirmiş, disiplinler arası bir yaklaşımla teknolojik gelişmelerle çevresel bilinci harmanlayan ders programları oluşturmuştur. Almanya’da müfredatın bir parçası olan yaşam döngüsü analizleri, döngüsel ekonomi ve yenilikçi malzeme kullanımı, öğrencilere küresel çevre sorunlarına tasarım yoluyla çözüm üretme bilinci kazandırmaktadır. Türkiye’de ise sürdürülebilirlik genellikle seçmeli dersler veya özel projeler kapsamında ele alınmaktadır. Ancak son yıllarda bu alanda kayda değer ilerlemeler gözlemlenmektedir. ODTÜ, İTÜ ve Bilecik gibi üniversiteler, eğitim içeriklerini sürdürülebilirlik ilkeleriyle yeniden yapılandırmaya başlamıştır. Bununla birlikte, Almanya’daki üniversitelerde sürdürülebilirliğin sistematik olarak tüm tasarım sürecine entegre edilmesi,

Türkiye’ye kıyasla daha kapsamlı bir yaklaşım ortaya koymaktadır. Türkiye’de ise sürdürülebilirlik konusu her ne kadar müfredata entegre edilmeye başlanmış olsa da uygulama ve kurumsallaşma açısından gelişime açıktır. Ancak Türkiye’deki üniversitelerin kültürel miras, yerel üretim biçimleri ve coğrafi avantajları değerlendirmesi, bu alanda özgün sürdürülebilirlik yaklaşımlarının doğmasına da olanak tanımaktadır.

5.3. Endüstriyel Tasarımcının Rolü

Endüstriyel tasarım mesleği, kullanıcı ihtiyaçlarını estetik, işlevsellik ve ergonomiyle birleştirerek yenilikçi ürünlerin ortaya çıkmasını sağlar. Bu meslek, ürünlerin piyasada rekabet

edebilmesi ve markaların fark yaratabilmesi açısından kritik bir rol oynar. Aynı zamanda sürdürülebilirlik ve çevre dostu üretim süreçlerine katkı sunar.

Toplumun yaşam kalitesini artıran çözümler geliştirerek sosyal fayda üretir. Bu yönleriyle endüstriyel tasarım, sadece tasarım değil, stratejik bir kalkınma alanıdır. Günümüzde sürdürülebilir kalkınma, yalnızca çevresel duyarlılıkla sınırlı kalmayan, ekonomik istikrarı ve toplumsal refahı da içeren bütüncül bir paradigma olarak değerlendirilmektedir. Bu kapsamda, endüstriyel tasarımcılar, karmaşık sistemler içerisinde çok yönlü etkiler yaratarak, sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleştirilmesinde stratejik aktörler hâline gelmiştir. Tasarım sürecinde alınan kararlar; doğal kaynakların verimli kullanımı, üretim süreçlerinin optimizasyonu, kullanım ömrü uzun ürünlerin tasarımı ve atıkların azaltılması gibi alanlarda önemli etkiler yaratmakta, böylece tasarımcılar, sürdürülebilir kalkınmanın çevresel boyutuna doğrudan katkı sunmaktadır (Bhamra ve Lofthouse, 2007). Bununla birlikte, kullanıcı davranışlarını dönüştüren, yerel ihtiyaçlara duyarlı ve sosyal açıdan kapsayıcı çözümler üretmeleri sayesinde tasarımcıların toplumsal sürdürülebilirliğe de hizmet ettikleri görülmektedir. Bu nedenlerle, endüstriyel tasarımcı yalnızca ürün geliştiricisi değil; aynı zamanda sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin şekillendirilmesinde sorumluluk üstlenen ve sistem düzeyinde etki yaratabilen bir dönüşüm aracıdır. Bu bağlamda, tasarımcının sürdürülebilir kalkınmadaki rolü, bir sonraki bölümde çevresel, ekonomik ve sosyal boyutlar üzerinden daha ayrıntılı biçimde analiz edilecektir (Vezzoli ve Manzini 2008).

5.3.1. Sürdürülebilir Kalkınmadaki Rolü: Çevresel Boyut

Endüstriyel tasarımcılar, çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasında kritik bir etkiye sahiptir. Ürün tasarımının erken aşamalarında alınan kararlar, bir ürünün tüm yaşam döngüsünü belirlerken; enerji tüketimi, hammadde kullanımı, üretim süreci, nakliye yöntemleri ve kullanım sonrası bertaraf gibi çevresel etkileri de doğrudan şekillendirir. Bu nedenle tasarımcılar, yalnızca işlevsel veya estetik çözümler değil, aynı zamanda çevreye duyarlı, kaynak verimliliğini önceleyen ve dögüsel ekonomi ilkeleriyle uyumlu tasarımlar geliştirmek zorundadır.

Ürünlerin ömrünü uzatacak şekilde modüler yapılarla tasarlanması, tamir edilebilirliğin gözetilmesi ve geri dönüştürülebilir malzemelerin tercih edilmesi, doğrudan karbon ayak izinin azaltılmasına katkı sunar. Bu bağlamda tasarımcı, yalnızca üretici için değil, kullanıcı ve çevre için de değer yaratan bir rol üstlenir. Özellikle “Cradle to Cradle” (beşikten beşiğe) yaklaşımı, ürünün yaşam döngüsünü doğal döngülerle uyumlu şekilde yeniden kurgulamayı önerir ve bu

yaklaşım, tasarımcının sürdürülebilirliğe dair sorumluluklarını daha da belirginleştirir (McDonough ve Braungart, 2002). Tasarımcıların kararları aynı zamanda üretim süreçlerini de etkiler. Enerji yoğun yöntemler yerine düşük emisyonlu teknolojilerin tercih edilmesi, malzeme israfının azaltılması ve sürdürülebilir tedarik zincirleriyle entegrasyon gibi konular, çevresel etkileri minimize etme hedefiyle tasarımın doğrudan ilişkili olduğu alanlardır. Bu anlamda endüstriyel tasarımcılar, çevresel sürdürülebilirliğin yalnızca teknik bir konu olmadığını, etik ve sorumluluk temelli bir yaklaşımı da içerdiğini kabul eden bir perspektifle hareket etmelidir (Bhamra ve Lofthouse, 2007). Sonuç olarak, endüstriyel tasarımcıların çevresel sürdürülebilirlik bağlamındaki rolü, pasif bir uyum sürecinden öte, aktif bir dönüşüm süreci olarak değerlendirilmelidir. Tasarımcılar, ürün tasarımı aracılığıyla doğaya verilen zararın azaltılmasında, kaynakların korunmasında ve uzun vadeli çevresel sürdürülebilirliğin inşasında öncü aktörlerdir.

5.3.2. Sürdürülebilir Kalkınmadaki Rolü: Sosyal Boyut

Sürdürülebilir kalkınmanın sosyal boyutu; toplumsal refahın artırılması, eşitsizliklerin azaltılması ve insan haklarına saygılı bir yaşam ortamının desteklenmesini kapsar.

Bu bağlamda, endüstriyel tasarımcılar sadece ürün yaratıcısı olarak değil, aynı zamanda sosyal değişimlerin kolaylaştırıcısı olarak da önemli bir sorumluluk taşırlar.

Tasarım sürecinde kullanıcı ihtiyaçlarını merkeze alan, kültürel bağlama duyarlı, kapsayıcı ve erişilebilir çözümler geliştirmek, sosyal sürdürülebilirliğe doğrudan katkı sunar. Özellikle dezavantajlı grupların —yaşlılar, engelliler, düşük gelirli bireyler— ihtiyaçlarını gözetken tasarım anlayışı, “evrensel tasarım” ilkeleri doğrultusunda, eşit erişim ve kullanım imkânı yaratmayı amaçlar. Tasarımcılar ayrıca, kullanıcıyı pasif bir tüketici olarak değil, sürece katılan bir paydaş olarak değerlendirdiklerinde, toplumsal katılım ve sahiplenme duygusu da güçlenir. Ayrıca, tasarımın sosyal etkileri yalnızca kullanıcıyla sınırlı kalmaz; ürünün üretim sürecindeki emek koşulları, yerel zanaatkârlara verilen destek, bölgesel kalkınma hedefleri gibi unsurlar da sosyal sürdürülebilirliğin parçasıdır. Bu nedenle tasarımcılar, toplumsal faydayı gözetken, adil ve etik değerlere dayanan bir üretim ve tüketim döngüsü oluşturma sorumluluğuna sahiptir (Steinfeld ve Maisel, 2012).

5.3.3. Sürdürülebilir Kalkınmadaki Rolü: Ekonomik Boyut

Sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik boyutu, kaynakların verimli kullanımı, uzun vadeli ekonomik büyüme ve istihdam olanaklarının artırılması gibi unsurları içerir. Bu

kapsamda endüstriyel tasarımcılar, ürünlerin maliyet-etkin biçimde geliştirilmesi, değer zincirlerinin optimize edilmesi ve rekabet avantajı sağlayacak yenilikçi çözümlerin tasarlanmasında kritik bir rol oynar. Tasarımcı, yalnızca estetik ya da işlevsel bir nesne üretmez; aynı zamanda ürünün pazardaki konumunu, kullanıcıyla kuracağı duygusal bağı ve yaşam döngüsü maliyetlerini de planlayarak ekonomik sürdürülebilirliğe katkıda bulunur (Verganti, 2003).

Malzeme seçimi, üretim teknikleri ve modüler tasarım yaklaşımları, ürünlerin hem üretim hem de bakım maliyetlerini düşürürken, aynı zamanda ürünün yeniden kullanım ve geri dönüşüm potansiyelini artırır. Bu da dögüsel ekonomiye dayalı iş modellerinin tasarımıyla desteklenmesini mümkün kılar. Öte yandan, kullanıcı odaklı tasarım sayesinde ürünlerin algılanan değeri artar, bu da ürünün piyasada daha uzun süre kalmasını ve daha yüksek ekonomik getiri sağlamasını mümkün kılar. Ayrıca yerel üretim tekniklerini destekleyen, küçük ölçekli üreticilerle iş birliği yapan ve yerel pazarlara özgü çözümler geliştiren tasarımcılar, bölgesel ekonomik kalkınmaya da katkı sağlar. Bu bağlamda endüstriyel tasarımcı, ekonomik değer yaratmanın yanı sıra bu değerini adil, sürdürülebilir ve uzun vadeli olarak dağıtılmasını sağlayan bir aracı işlevi görür (Orlandi 2016).

6. SONUÇ

Sürdürülebilirlik anlayışı, günümüzün en önemli küresel meselelerinden biri haline gelmiş ve bu anlayışın eğitim yoluyla yaygınlaştırılması büyük bir gereklilik olarak ortaya çıkmıştır. Endüstriyel tasarım disiplininin bu bağlamdaki rolü ise kritik bir öneme sahiptir. Endüstriyel tasarımcılar, ürünlerin tasarım sürecinde malzeme seçimi, üretim yöntemleri, kullanım ömrü ve geri dönüşüm süreçlerini dikkate alarak sürdürülebilir kalkınma hedeflerine doğrudan katkı sağlayabilirler. Bu nedenle, üniversitelerdeki endüstriyel tasarım bölümlerinin sürdürülebilirlik perspektifi ile yeniden yapılandırılması büyük bir gereklilik haline gelmiştir. Türkiye'deki üniversitelerde verilen sürdürülebilirlik odaklı endüstriyel tasarım eğitiminin, dünya genelindeki başarılı örneklerle kıyaslandığında belirli eksiklikler barındırdığı gözlemlenmektedir. Ders içeriklerinde sürdürülebilir tasarımın temel prensiplerine değinilse de öğrencilere bu prensipleri uygulamalı olarak deneyimleme fırsatı sunan projeler ve laboratuvar çalışmaları sınırlı sayıda kalmaktadır. Endüstriyel tasarım öğrencilerinin sürdürülebilir malzeme seçimi, enerji verimliliği, dögüsel ekonomi ve ürün yaşam döngüsü analizlerini içeren projeler geliştirmeleri, eğitim sürecinde yeterince teşvik edilmemektedir.

Buna ek olarak, Türkiye'deki üniversitelerde akademik kadronun eksikliği dikkat çekmektedir. Endüstriyel tasarım bölümlerinde sürdürülebilirlik eğitimi genellikle sadece belirli derslerle sınırlandırılmakta, bu konunun müfredatın geneline yayılarak çok boyutlu bir perspektifte ele alınması sağlanamamaktadır. Oysa Almanya gibi ülkelerde, sürdürülebilir tasarım dersleri sadece bir konu başlığı olarak değil, müfredatın genelini kapsayan bir yaklaşım olarak benimsenmektedir. Bu durum, öğrencilerin sadece sürdürülebilirlik alanında bilgi sahibi olmalarını değil, aynı zamanda bu bilgileri profesyonel hayatta nasıl kullanacaklarını öğrenmelerini sağlamaktadır.

Türkiye'deki sürdürülebilirlik eğitiminin bir diğer eksikliği, sanayi ve üniversite iş birliğinin yeterince güçlü olmamasıdır. Endüstriyel tasarım bölümlerinde sürdürülebilirlik temalı projeler geliştirilse dahi, bu projelerin sanayile entegre edilmesi konusunda yeterli altyapı sağlanamamaktadır. Bu durum, öğrencilerin sektördeki güncel sürdürülebilirlik uygulamalarını deneyimleme ve geliştirme fırsatını kaçırmalarına yol açmaktadır.

Bu bağlamda, Türkiye'deki sürdürülebilirlik eğitimine yönelik geliştirilebilecek olası çözümler şu şekilde sıralanabilir:

1. Uygulamalı Eğitim Programlarının Geliştirilmesi: Endüstriyel tasarım bölümlerinde sürdürülebilir tasarım derslerinin yalnızca teorik bilgi aktarımına dayanmaması, aynı zamanda proje bazlı uygulamalarla desteklenmesi gerekmektedir. Öğrencilere geri dönüşüm, yeniden kullanım ve döngüsel tasarım gibi kavramları içeren projeler sunulmalı ve bu projeler sektördeki firmalarla ortaklaşa yürütülmelidir.

2. Multidisipliner Eğitim Anlayışının Benimsenmesi: Sürdürülebilirlik konusunun yalnızca endüstriyel tasarım bölümleri ile sınırlı kalmaması, mühendislik, işletme, çevre bilimleri ve sosyal bilimler gibi farklı disiplinlerle entegre edilmesi, öğrencilerin daha kapsamlı bir perspektif kazanmasına olanak tanıyacaktır.

3. Akademik Kadronun Güçlendirilmesi: Sürdürülebilir tasarım konusunda uzmanlaşmış akademisyenlerin istihdam edilmesi ve mevcut akademik kadronun sürdürülebilirlik alanında seminer, sertifika programı ve çalıştaylarla desteklenmesi, eğitim kalitesini artıracaktır. Endüstriyel tasarım bölümlerinde bu alanda çalışan akademisyen sayısının artırılması, öğrencilerin daha donanımlı yetişmesini sağlayacaktır.

4. Sektörel İş Birliklerinin Artırılması: Endüstriyel tasarım bölümlerinin sürdürülebilirlik odaklı projeleri sanayi kuruluşlarıyla ortaklaşa yürütmesi, öğrencilerin gerçek hayat projelerinde yer alarak sektördeki uygulamaları deneyimlemelerine olanak tanıyacaktır. Bu sayede öğrenciler, mezuniyet sonrasında sektördeki sürdürülebilirlik uygulamalarına daha hızlı adapte olabileceklerdir.

5. Sürdürülebilirlik Laboratuvarlarının Kurulması: Endüstriyel tasarım öğrencilerine yönelik, sürdürülebilir malzeme kullanımı, enerji verimliliği ve döngüsel ekonomi gibi konuları uygulamalı olarak öğrenebilecekleri laboratuvarlar kurulmalıdır. Bu laboratuvarlar, öğrencilerin kendi projelerini geliştirirken aynı zamanda yenilikçi çözümler üretmelerine olanak tanıyacaktır.

Sonuç olarak, Türkiye'deki üniversitelerde endüstriyel tasarım bölümlerinde sürdürülebilirlik eğitiminin güçlendirilmesi için müfredatın uygulamalı çalışmalarla desteklenmesi ve akademik kadronun bu alanda uzmanlaşması gereklidir. Ayrıca, sanayi iş birliklerinin artırılması, öğrencilerin sektördeki uygulamaları deneyimlemelerine katkı sağlayacak ve sürdürülebilir tasarım anlayışının kalıcı hale gelmesini destekleyecektir.

KAYNAKÇA

ABK Stuttgart. (n.d.). *Industrial Design – Personen*. Akademie der Bildenden Künste Stuttgart. [Erişim: 11.08.2025, https://www.abk-stuttgart.de/studienangebot/industrial-design/#8_h3_personen].

Adler, P. S., & Borys, B. (1996). Two types of bureaucracy: Enabling and coercive. *Administrative Science Quarterly*, 41 (1), 61-89.

Akdemir, P. (2021). Covid-19 pandemi sürecinde turizm işletmelerinde atık yönetimi: Bir çözüm önerisi olarak döngüsel ekonomi. *İşletme Akademisi Dergisi*, 2(4), 366-380.

Akgün, B. (2017), Dieter Rams'ın Tasarım Anlayışı. *Art-Sanat Dergisi*, (8), 655-662.

Akkaş, Ş. (2006). *Endüstriyel Tasarımların Hukuki Korunması*. Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.

Alagöz, Ş. (2007). Sürdürülebilir Kalkınmada Çevre Faktörü: Teorik Bir Bakış Akademik Bakış. *Uluslararası Sosyal Bilimler e-dergisi*, ISSN:1694-528-1

Arslan, D. A. (2004). Temel Sorunları ve Açılımları ile Sınıf Teorisi, Sınıf Bilinci ve Orta Sınıflar. Kocaeli Üniversitesi, *Sosyal Bilimler Dergisi* (8), 126-143.

Ashima, R., Haleem, A., Bahl, S., Javaid, M., Mahla, S. K., & Singh, S. (2021). Automation and manufacturing of smart materials in Additive Manufacturing technologies using Internet of Things towards the adoption of Industry 4.0. *Materials Today: Proceedings*, 45, 5081-5088.

Ayaydın, A. (2020). *Tasarım İlkeleri ve Uygulamaları*. İstanbul: *Grafik Yayınları*.

Bhamra, T., Lofthouse, V. (2007). *Design for Sustainability A Practical Approach*. (R. Cooper, Ed.) (s. 185). Hampshire: Gower.

Brundtland, G. H. (1987). Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future, 1-300. Oslo.

BŞÜ. (n.d.). *Akademik Personel*. [Erişim: 11.08.2025, https://bilecik.edu.tr/guzelsanatlar/Icerik/Akademik_Personel_ef042].

BMBF. (2015). *Zukunftsprojekt Industrie 4.0- Forschung- BMBF*. Retrieved from [Erişim: 25.10.2024, <http://www.bmbf.de/de/9072.php>.]

Bozlağan, R. (2005). Sürdürülebilir Gelişme Düşüncesinin Tarihsel Arka Planı. *Sosyal Siyaset Konferansları Dergisi*, 50, 1011-1028.

Bölükbaşı, F. (2021). Revolution and Society 5.0: Japanese Human Centric Approach and Sectoral Changes. *Toplumsal Politika Dergisi*, 2(2), 1-28.

- Buchanan, R.** (1992). Wicked problems in design thinking. *Design Issues*, 8(2), 5.
- Burki, U., Azid, T., & Dahlstrom, R. F.** (2021). *Foundations of a Sustainable Economy*. Routledge.
- Canlioğlu, G.** (2008). *Değişen Toplum Yapılarında Bilginin Değişen Konumu*. Yüksek Lisans Tezi. Marmara Üniversitesi, Türkiyat Araştırmaları Enstitüsü, İstanbul.
- Charter, M., Peattie, K., Ottman, J., & Polonsky, M. J.** (2002). Marketing and sustainability. Centre for Business Relationships, Accountability, Sustainability and Society in association with the Centre for Sustainable Design. Retrieved [Erişim: 04.09.2024, <http://www.cfsd.org.uk/smart-know-net/smart-know-net.pdf>]
- Colantonio, A.** (2008). Traditional and Emerging Prospects in Social Sustainability. Measuring Social Sustainability: Best Practice from Urban Renewal in the EU, 2008/02: EIBURS Working Paper Series, Oxford Institute for Sustainable Development.
- Coleman, D. C.** (1956). Industrial Growth And Industrial Revolutions. *Economica*, 23(89), 1-22.
- Climate Change and the Life Cycle of Stuff (EPA).** (t.y.). [Erişim: 15.03.2025, <http://www.epa.gov/climatechange/climatechange-waste/life-cycle-diagram.html#endoflife>].
- Cooper, A., & Press, R.** (2018). *About Face: The Essentials of Interaction Design*. Wiley.
- Cooper, R., & Press, M.** (1995). *The design agenda: A guide to successful design management*. Chichester: Wiley.
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı.** (2021). *Sıfır Atık Yönetmeliği ve Uygulama Kılavuzu*. Ankara.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.** (2019). *Türkiye’de Atık Yönetimi ve Sıfır Atık Projesi Raporu*. Ankara.
- Daly, H.** (1990). Toward some operational principles of sustainable development. *Ecological Economics*, 2(1), 1–6.
- Doane, D., & MacGillivray, A.** (2001). Economic Sustainability: The Business of Staying in Business. *New Economics Foundation*, 1-52.
- Drath, R., & Horch, A.** (2014). Industrie 4.0: Hit or Hype? IEEE. *Industrial Electronics Magazine*, 8(2), 56-58.
- Ekmekçioğlu, D.** (2024). Endüstriyel Tasarım Eğitiminde Temel Tasarım Dersi Örneği ve Öğrenme Çıktılarının Değerlendirilmesi. *Türkiye Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 28(2), 562-574.
- Elangovan, U.** (2021). *Industry 5.0: The Future of the Industrial Economy*. USA: CRC Press.

EPA (United States Environmental Protection Agency). (2022). *Sustainable Materials Management: Recycling Basics*. Washington.

Er, Alpay Er ve B. T. Manzakoğlu. (2010) *Tasarım Yönetimi: Tanım, Kapsam ve Uygulama*. Design Management: Definition, *Scope and Application*.

Ertaş, B.S. & Dereci, Ş. (2021). Bauhaus Döneminde Mobilya ve Tekstil Atölyeleri Arasındaki Disiplinlerarası İş Birliği Marcel Breuer Örnekleme. *Art-E Sanat Dergisi*, 14(27), 453-472.

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi. (n.d.). *Akademik Kadro*. [Erişim: 11.08.2025, <https://endustriyeltasarim.eskisehir.edu.tr/tr/Icerik/Detay/akademik-kadro>].

European Commission. (1999). *European Sustainable Development Strategy*. Brussels

European Commission. (2018). Council Directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste.

European Commission. (2018). Directive 2008/98/EC Of The European Parliament And Of The Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives.

European Commission. (2018). European Parliament And Council Directive 94/62/EC of 20 December 1994 on packaging and packaging waste.

European Commission. (2019). Directive (Eu) 2019/904 Of The European Parliament And Of The Council of 5 June 2019 on the reduction of the impact of certain plastic products on the environment.

European Commission. (2020). New Circular Economy Action Plan.

European Commission. (2020). *A new Circular Economy Action Plan – For a cleaner and more competitive Europe*. Brussels.

European Commission. (2020). *Circular Economy Action Plan*. Brussels.

European Environment Agency. (2005). *Environmental indicators: Typology and overview*. EEA Technical report No 25/2005.

European Environment Agency. (2016). *Waste prevention in Europe – the status in 2016*. EEA Report No 18/2016.

Folkwang University of the Arts. (n.d.). *Industrial Design – People*. [Erişim: 11.08.2025, <https://www.folkwang-uni.de/en/home/design/industrial-design/people>].

Fraunhofer, (IAO) (2013). *Produktionsarbeit der Zukunft-Industrie 4.0*. Retrieved from [Erişim: 11.05.2024, https://www.busol.de/Fraunhofer-IAO-_Produktionsarbeit_der_Zukunft_Industrie_4_0.pdf].

Freyer, H. (1954). *İndüstri Çağı*. (Çev.) B. Akarsu & H. Batuhan, İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi. İstanbul.

Gazi Üniversitesi. (n.d.). *Akademik Personel*. <https://mim-eut.gazi.edu.tr/akademik-personel>

- Gebze Teknik Üniversitesi.** (n.d.). *Akademik Kadro.* [Erişim: 13.08.2025, <https://www.gtu.edu.tr/kategori/2474/12/display.aspx>].
- Geyer, R., Jambeck, J., & Law, K.** (2017). Production, Use, And Fate Of All Plastics Ever Made. *Science Advances*, 1-5.
- Guinée, J. B.** (2002). Handbook on life cycle assessment: operational guide to the ISO standards. *Springer Science & Business Media.*
- Güdek, B.** (2023). Endüstriyel dönüşüm ve endüstri 5.0. Ömer Halisdemir Üniversitesi. *İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(4), 1129–1142.
- Haleem, A., & Javaid, M.** (2019). Additive manufacturing applications in industry 4.0: A review. *Journal of Industrial Integration and Management*, 4(4), 1930001.
- Hallaç, U.** (2024). Pathological Elements Created by the Father Factor in Franz Kafka. *Journal of Social Sciences And Education*, 7(1), 182-200.
- Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg.** (n.d.). *Our Department.* [Erişim: 13.08.2025, <https://www.haw-hamburg.de/en/university/faculty-of-design-media-and-information/departments/design/our-department>].
- Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin.** (n.d.). *Personen.* [Erişim: 13.08.2025, <https://id.htw-berlin.de/personen/>].
- Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden.** (n.d.). *Personen.* [Erişim: 13.08.2025, <https://www.htw-dresden.de/hochschule/fakultaeten/design/personen>].
- Hochschule Osnabrück.** (n.d.). *Labor Industrial Design – Team.* [Erişim: 13.08.2025, <https://www.hs-osnabrueck.de/forschung/recherche/laboreinrichtungen-und-versuchsbetriebe/labor-industrial-design/team/>].
- Heskett, J.** (2005). *Design: A very short introduction.* Oxford: Oxford University Press.
- HTW Berlin.** (2025). *Industrial Design – Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin.* [Erişim: 13.08.2025, <https://id.htw-berlin.de/en/industrial-design/>].
- İstanbul Teknik Üniversitesi.** (n.d.). *Akademik Personel.* [Erişim: 10.08.2025, <https://tasarim.itu.edu.tr/personel/akademik-personel>].
- IPCC.** (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report.* Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva.
- İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü (İYTE).** (n.d.). *Akademik Personel.* [Erişim: 13.08.2025, <https://id.iyte.edu.tr/akademik-personel/>].
- Karabük Üniversitesi.** (n.d.). *Akademik Personel.* <https://gstf.karabuk.edu.tr/akademikPersonel.aspx?BA=endustriurunleri>

- Kaypak, Ş.** (2011). Küreselleşme Sürecinde Sürdürülebilir Bir Kalkınma İçin Sürdürülebilir Bir Çevre. *KMÜ. Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi* 13 (20): 19-33.
- Kılıç, S.** (2006). Yeni Toplumsal ve Ekonomik Arayışlar Sürecinde Sürdürülebilir Kalkınma. Gazi Üniversitesi. *İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(2), 81-101.
- Kotter, J. P., Schlesinger, L. A., & Sathe, V.** (1992). *Organization: Text, cases, and readings on the management of organizational design and change*. Homewood, IL: Irwin.
- Kotter, J., P. Heskett, & James L.** (1992). *Corporate Culture and Performance*. New York: The Free Press. ISBN 0- 02-918467-3.
- Koyuncu, A. A.** (2024). Özgürlüğün Bir İmkânı Olarak Belirsizlik: Bauman Bağlamında Eleştirel Bir Değerlendirme. *EKEV Akademi Dergisi (ICOAEF Özel Sayı)*, 21-38.
- Krippendorff, K.** (2004). *Content analysis: An introduction to its methodology*, Sage publications, California
- KTH Royal Institute of Technology.** (2018). Economic sustainability. Retrieved from [Erişim: 02.01.2025, <https://www.kth.se/en/om/miljohallbar-utveckling/>]
- Le Moigne, N.** (2008). *Design Works: Reuse and Transformation of Materials*. [Tasarım sergisi kataloğu].
- Lee, C. C., Qim, S., & Li, Y.** (2022). Does industrial robot application promote green technology innovation in the manufacturing industry? *Technological Forecasting and Social Change*, 183, 1-12.
- Littig, B., & Griebler, E.** (2005). Social Sustainability: A Catchword between Political Pragmatism and Social Theory. *International Journal for Sustainable Development*, 8(1/2), 65-79.
- Madran, İ.** (2013). *Tasarım İlkeleri ve Estetik Uygulamalar*. Tasarım Yayınları. İstanbul.
- Marmara Üniversitesi.** (n.d.). *Akademik Kadro*. [Erişim: 13.08.2025, <https://eut-gsf.marmara.edu.tr/akademik-kadro/>].
- McDonough, W. and Braungart M.,** (2002), *Cradle to cradle: Remaking the way we make things*, New York, NY: North Point Press.
- McLennan, J. F.** (2004). *The philosophy of sustainable design*. Kansas City: Ecotone Publishing.
- Mimar Sinan Üniversitesi – MSGSU.** (n.d.). *Endüstriyel Tasarım Akademik Kadro*. [Erişim: 13.08.2025, <https://msgsu.edu.tr/akademik/mimarlik-fakultesi/bolumler/endustriyel-tasarim/akademik-kadro/>].

Milliyet. (2021). Plastik poşette büyük tasarruf: Yüzde 75 azaldı. Retrieved from. [Erişim: 11.01.2025, <https://www.milliyet.com.tr/ekonomi/son-dakika-plastikposette-buyuk-tasarrufyuzde-75-azaldi-6394741>]

Momenta. (2022). Digital Delivered, "Industry 5.0 Purpose-Driven Technology Adoption for People and the Planet". [Erişim: 15.01.2025, <https://www.momenta.one/hubfs/Resources/Reports-and-Surveys/MomentaIndustry%205.0-Report-2022.pdf>].

Moldan, B., Janousková, S., & Hak, T. (2012). How To Understand And Measure Environmental Sustainability: Indicators And Targets. *Ecological Indicators*, 17, 4-13.

Momenta, Digital Delivered. (2022), "Industry 5.0 Purpose-Driven Technology Adoption for People and the Planet". [Erişim: 15.11.2024, <https://www.momenta.one/hubfs/Resources/Reports-and-MomentaIndustry%205.0Report-2022.pdf>]

Morelli, J. (2011). Environmental Sustainability: A Definition for Environmental Professionals. *Journal of Environmental Sustainability*, 1(1), *Article. 2*, 1-10.

Muthesius Kunsthochschule. (n.d.). *Industriedesign*. [Erişim: 13.08.2025, <https://muthesius-kunsthochschule.de/industriedesign/>].

Norman, D. (2004). *Emotional Design: Why We Love (or Hate) Everyday Things*. Basic Books; 1 edition.

Okan, Ş. (2021). Avantaj ve Dezavantajlarıyla Endüstri 4.0. Retrieved from [Erişim: 12.20.2024 <https://magg4.com/avantaj-ve-dezavantajlariylaendustri-4-0/>]

Orlandi, A. C. (2016). Yenilikçi Bir Üretim Modeli Olarak İtalyan Endüstri Kümeleri ve Tasarıma Dayalı İnovasyona Etkileri. *Tasarım + Kuram*, 9(16), 43-57.

Orta Doğu Teknik Üniversitesi. (n.d.). *People*. [Erişim: 13.08.2025, <https://id.metu.edu.tr/en/people>].

Özcan, K. (2011). Tasarım Eğitiminin Geleceği Üzerine bir Değerlendirme: Tasarımcının Değişen Rolü ve Tasarım Eğitiminin Bu Yeni Role Uyum Sağlama Süreci. *Endüstriyel Tasarımda Eğitimde 40 yıl Sempozyumu Bildiri Kitabı içinde* (129-134). İstanbul: Mimar Sinan Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Yayınları.

Özcan, O. (2011). *Endüstri ürünleri tasarımı: Kuramlar, kavramlar, süreçler*. Ankara: Detay Yayıncılık.

Özsoy, T. (2018). Endüstriyel Ekolojiyi Anlamak Adına Endüstriyel Ortakyaşarlık Örneklerinin

İncelenmesi. Artubilim: Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi. *Sosyal Bilimler Dergisi*, 1(2), 22-34.

Öztürk, A. (2016). Tasarım Eğitiminde Disiplinlerarası Yaklaşımlar ve Tasarımcı Düşünüş Modeli. *Uluslararası Disiplinlerarası ve Kültürlerarası Sanat*, 1(1), 57-72.

Öztürk, R. (2016). *Tasarım kuramları ve süreçleri*. İstanbul: Literatürk.

OECD. (2008). *Environmental Outlook to 2030*. OECD Publishing.

OECD. (2019). *Business models for the circular economy: Opportunities and challenges for policy*. OECD Publishing.

OECD. (2021). *Global Plastics Outlook: Economic Drivers, Environmental Impacts and Policy Options*. Paris.

Pamuk, N. S., & Soysal, M. (2018). Yeni Sanayi Devrimi Endüstri 4.0 Üzerine Bir İnceleme. *Verimlilik Dergisi*, 1, 41-66.

Papanek, V. (1995). *Design for the Real World: Human Ecology and Social Change*. Academy Chicago Publishers.

Parsons S. C., Brown P. U., Worley V. (2004). A Metaphor Analysis of Preservice Teachers' Reflective Writings About Diversity. *Curriculum and Teaching Dialogue*, 6: (1), 49-58.

Pektaş, Z. (2019). *Endüstriyel Tasarım ve Estetik İlişkisi*. Tasarım Akademisi Yayınları. Ankara.

Salomone, M. (2014). Sustainability. In: Alex C. Michalos (Ed.), *Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research*, Springer Dordrecht Heidelberg, 1924-1925.

Seyhan, N. (2023). AB'de Döngüsel Ekonomi Üretim ve Tüketim Göstergelerinin Değerlendirilmesi: MEREK Temelli MARCOS Uygulaması. *Sosyal Mucit Academic Review*, 4(3), 364-391.

Schulze, U., Aanestad, M., Mähring, M., Østerlund, C., & Riemer, K. (2018). Living with Monsters? Social implications of algorithmic phenomena, hybrid agency, and the performativity of technology. IFIP WG 8.2 Working Conference, San Francisco, CA, USA, December 11–12.

Selek, A. (2015). Endüstri Tarihine Kısa Bir Yolculuk. Retrieved from [Erişim: 11.12.2024, <http://www.endustri40.com/endustri-tarihine-kisa-bir-yolculuk/>]

Sezer, B. (2018). *Batı Dünya Egemenliği ve Endüstri Devrimi*. İstanbul: Doğu Kitabevi.

Sıfır Atık Mavi. (2022). [Erişim: 20.01.2025, Retrieved from <https://mavi.sifiratik.gov.tr/>]

Sıfıratik.gov.tr. (2022, March). [Erişim: 08.12.2024, Retrieved from <https://sifiratik.gov.tr/kutuphane/haberler/emine-erdogan25-bin-kamu-kurumu-binasinda-sifiratika-gectik>]

- Sıfır Atık Yönetmeliği.** (2019). Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı.
- Steinfeld, E. & Maisel, J.** (2012). *Universal design: Creating inclusive environments*, John Wiley&Sons, 2012
- Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı.** (2020). *Sanayi 4.0 Türkiye Yol Haritası*. Ankara.
- TUM ARC.** (n.d.). *Professorships*. [Erişim: 13.08.2025, <https://www.arc.ed.tum.de/en/arc/about-us/professorships/>].
- TÜBİTAK.** (2020). *Sürdürülebilir Tüketim ve Üretim Politikaları Raporu*. Ankara.
- TÜBİTAK.** (2021). *Endüstri 5.0 ve İnsan-Makine İş Birliği Raporu*. Ankara.
- Ulusoy, A.,** [vd.]. (2023). *Sürdürülebilir Atık Yönetimi Yaklaşımları*. Ankara.
- Ulusoy, K., Kavaklı, N. & Çiner, F.** (2023). Endüstriyel Katı Atık Yönetiminde Bilinç Seviyesi: Niğde Bor Karma ve Deri İhtisas Organize Sanayi Bölgesi Örneği, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12(4), 1566-1572.
- Universität Wuppertal.** (n.d.). *Studium – Team*. [Erişim: 13.08.2025, <https://uwid.uni-wuppertal.de/studium/team>].
- Universität Weimar.** (n.d.). *Produktdesign – Lehrgebiete & Personen*. [Erişim: 11.08.2025, <https://www.uni-weimar.de/de/kunst-undgestaltung/struktur/lehrge.personen/produktdesign/>].
- United Nations.** (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. New York.
- UNEP** (2011). *Waste: Investing in energy and resource efficiency*. In *Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication*. United Nations Environment Programme.
- UNEP** (2021). *From Pollution to Solution: A global assessment of marine litter and plastic pollution*. Nairobi.
- Van Hemel, C.G., Brezet, J.C.** (1997). *Ecodesign; a Promising Approach to Sustainable Production and Consumption*. Paris: United Nations Environmental Programme.
- Vezzoli, C., & Manzini, E.** (2008). *Design for Environmental Sustainability*. Springer-Verlag London Limited, London.
- Vezzoli, C., Ceschin, F., Osanjo, L., M'Rithaa, M. K., Moalosi, R., Nakazibwe, V., & Diehl, J. C.** (2018). Design for sustainability: An introduction. In *Designing Sustainable Energy for All* (9783319702223 ed., pp. 103-124). (Green Energy and Technology; No. 9783319702223). Springer.
- Vehkamaki, S.** (2005). *The Concept of Sustainability in Modern Times. Sustainable Use of Renewable Natural Resources-from Principles to Practice*, University of Helsinki, 37-58.

- Verganti, R.** 2003. Design as brokering of languages: Innovation strategies in Italian firms. *Design Management Journal* 14 (3): 34-42.
- Vogel, J.** (2017). *Chatbots: Development and Applications*. Yüksek Lisans Tezi. HTW Berlin University of Applied Sciences. International Media and Computing Faculty, Almanya.
- WCED.** (1987). *Our Common Future*. Oxford: Oxford University Press.
- Wiersum, K.F.** (1995). 200 years of sustainability in forestry: Lessons from history. *Environmental Management*, 19, 321–329.
- World Wildlife Fund.** (2012). *Living planet report 2012: Biodiversity, biocapacity and better choices*. Switzerland.
- Xu, X.** (2017). Machine tool 4.0 for the new era of manufacturing. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 92, 1893–1900.
- Xu, X., Lu, Y., & Vogel-Heuser, B.** (2021). Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception. *Journal of Manufacturing Systems*, 61, 530-535.
- Yıldız Tonga, M., & Tonga, M.** (2022). Endüstri 4.0'a genel bir bakış: Sanayinin geleceği. *G. Ü. İslâhiye İİBF Uluslararası E-Dergi*, 6(6), 40-60.
- Yorulmaz M., & Baykan, Y.** (2023). *Türkiye 'de Sürdürülebilir Liman İşletmeciliği ve Yönetimi Literatürünün Değerlendirilmesi. Sürdürülebilir Çevre Dergisi*, 3 (1), 01-12.
- Zengin, A. Y., & Zengin, R. B.** (2021). *Sosyal 5.0 ve Pazarlama 5.0 Kapsamında Yeşil Pazarlama Anlayışı*. Duvar Yayınları.