



## Endüstri 5.0: İnsan-Teknoloji Dengesinin Yeniden İnşası Industry 5.0: Reconstructing The Human-Technology Balance

Serap Demirler <sup>a\*</sup>

<sup>a</sup>Dr., Bağımsız Araştırmacı, Manisa/Türkiye, demirler@yahoo.com, ORCID: 0000-0002-6799-6469

### MAKALE BİLGİSİ

### ÖZ

#### Makale Türü

Araştırma Makalesi

#### Anahtar Kelimeler

Endüstri 5.0  
Toplum 5.0  
Beşinci Sanayi Devrimi  
İnsan Merkezli Üretim

**Geliş Tarihi :** 10 Kasım 2025

**Kabul Tarihi:** 05 Nisan 2026

Bu çalışma, Endüstri 5.0'i insan, teknoloji ve çevre etkileşimini yeniden yapılandıran dönüşümsel bir paradigma olarak değerlendirmektedir. Bu bağlamda çalışma, kavramın kuramsal boyutlarını bütüncül bir yaklaşımla ele alan kavramsal bir incelemedir. Endüstri 4.0'in otomasyon ve verimlilik odaklı anlayışının ötesine geçen Endüstri 5.0, insan-merkezlilik, sürdürülebilirlik ve dayanıklılık boyutlarıyla teknolojik ilerlemeyi etik ve toplumsal değerlerle bütünleştirmektedir. İnsan-merkezli yapay zekâ, işbirlikçi robotlar ve çevre dostu teknolojiler gibi yenilikler, üretim süreçlerinde insanın yaratıcılığını ve sorumluluğunu yeniden ön plana taşımaktadır. Ancak teknolojik altyapı eksiklikleri, etik düzenlemeler ve dijital eşitsizlikler sürecin temel sınırlılıkları arasında yer almaktadır. Bu çalışma endüstri 5.0'in kavramsal sınırlarını belirlemeyi, Endüstri 4.0 ve Toplum 5.0 ile arasındaki temel farkları ortaya koymayı amaçlamaktadır. Böylece çalışma, literatürde dağınık biçimde ele alınan Endüstri 5.0 tartışmalarını bir araya getirerek, kavramın teorik sınırlarını bütünleştirici bir çerçevede yeniden tanımlamaktadır.

### ARTICLE INFO

### ABSTRACT

#### Article Type

Research Article

#### Keywords

Industry 5.0  
Society 5.0  
Fifth Industrial Revolution  
Human-Centric Manufacturing

**Received:** Nov, 10, 2025

**Accepted:** Apr, 05, 2026

This study evaluates Industry 5.0 as a transformative paradigm that reconstructs the interaction among humans, technology, and the environment. In this regard, the study constitutes a conceptual inquiry that examines the theoretical dimensions of the concept through a comprehensive and holistic approach. Moving beyond the automation- and efficiency-oriented logic of Industry 4.0, Industry 5.0 integrates technological progress with ethical, social, and ecological values through its three foundational pillars, human-centricity, sustainability, and resilience. Innovations such as human-centered artificial intelligence, collaborative robots, and eco-friendly Technologies human creativity and responsibility at the core of production systems. However, technological infrastructure gaps, ethical governance challenges, and digital inequalities remain key constraints to its full implementation. This study aims to define the conceptual boundaries of Industry 5.0 and to identify its fundamental differences from Industry 4.0 and Society 5.0. Thus, the study consolidates the fragmented discussions on Industry 5.0 in the literature and redefines the theoretical boundaries of the concept within an integrative framework.

### Extended Abstract

**Aim:** This study examines *Industry 5.0* as a transformative paradigm that reconstructs the symbiotic balance between humans, technology, and the environment. The primary aim is to redefine the direction of technological progress not solely through the lenses of efficiency and automation but through the core principles of human-centricity, sustainability, and resilience. As highlighted in the European Commission (2021) report, Industry 5.0 represents a new era in which the human element must be re-embedded into the center of industrial systems, following a period in which humans were often marginalized by technology-driven production. In this context, the study critiques the efficiency-oriented and mechanistic nature of Industry 4.0 for neglecting the human factor, and instead, proposes Industry 5.0 as an industrial philosophy that integrates technology with ethical, social, and environmental values. This transition is not only technological but also philosophical, representing a shift from the instrumental use of technology to a reflective model where innovation serves human flourishing and social resilience.

\* Sorumlu Yazar / Corresponding Author

**Atıf/Cite as:** Demirler, S. (2026). Endüstri 5.0: İnsan-Teknoloji Dengesinin Yeniden İnşası. *Uluslararası Ekonomi, İşletme ve Politika Dergisi*, 10(1), 375-398. <https://doi.org/10.29216/ueip.1821299>



Bu makale, [Creative Commons Atıf \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) lisansının hüküm ve koşulları altında dağıtılan açık erişimli bir makaledir. / This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license.

**Methods:** The research adopts a qualitative, conceptual approach. Using a purposive sampling method, it draws from recent conceptual and theoretical studies in the fields of human-centered artificial intelligence, socio-technical systems, sustainable production, and resilience. The purposive sampling strategy was particularly suitable for capturing diverse yet convergent theoretical perspectives on human–technology interaction within Industry 5.0 studies. Conceptual articles, policy papers, and theoretical frameworks were reviewed and synthesized to build a comprehensive understanding of the Industry 5.0 paradigm. Through interpretative analysis, findings from multiple disciplines were integrated, and the conceptual boundaries, theoretical foundations, and practical dimensions of Industry 5.0 were defined within a holistic conceptual framework.

**Findings:** The findings indicate that Industry 5.0 is structured upon three fundamental pillars: human-centricity, sustainability, and resilience. The human-centric pillar places people at the heart of production, transforming them from passive operators into cognitive and ethical co-creators. The sustainability pillar links technological advancement with ecological awareness and social welfare, redefining success beyond mere economic performance. The resilience pillar emphasizes the adaptive capacity of both organizations and societies to respond to crises and disruptions. Collectively, these three dimensions establish Industry 5.0 as a value-driven, ethically grounded ecosystem that strengthens the human-technology relationship while promoting long-term well-being.

Industry 5.0 distinguishes itself from both Industry 4.0 and Society 5.0 through its normative and human-centered orientation. While Industry 4.0 was characterized by digitalization, automation, and productivity gains, it largely excluded the human dimension, focusing instead on cyber-physical systems and data efficiency. In contrast, Industry 5.0 repositions technology as a partner that complements and enhances human potential rather than replacing it. Society 5.0, on the other hand, emphasizes the integration of digital technologies into social life, whereas Industry 5.0 focuses specifically on the ethical, environmental, and organizational transformation of industrial systems. Thus, Industry 5.0 represents not only a technological transition but also a humanistic, managerial, and normative reorientation in industrial thought.

The theoretical underpinnings of Industry 5.0 are multidimensional and interdisciplinary. Socio-Technical Systems Theory highlights the mutual adaptation between social and technical subsystems, emphasizing balance between productivity and human well-being. Human-Centered Artificial Intelligence (HCAI) advocates for the design of algorithmic systems aligned with ethical and human values. Corporate Sustainability Theory integrates digital transformation with economic, environmental, and social responsibility. Resilience Theory explains how organizations and societies adapt and evolve in response to crises, ensuring continuity and learning. These theoretical perspectives reveal that Industry 5.0 extends beyond technological advancement; it is also a paradigm for leadership, organizational behavior, and societal change, bridging technology with moral and human development.

The implementation of Industry 5.0 faces several structural and managerial challenges. Key barriers include inadequate technological infrastructure, disparities in digital maturity, gaps in ethical governance, and shortages of skilled human capital. Algorithmic bias and data privacy concerns also hinder the adoption of human-centered technologies. Cultural resistance and organizations' focus on short-term productivity create further obstacles to transformation. Overcoming these challenges requires the development of inclusive policies, ethical leadership, and lifelong learning systems that enable individuals and institutions to adapt to continuous technological evolution.

**Conclusions:** This study delineates the conceptual boundaries of Industry 5.0, highlighting its foundation on the principles of human-centricity, sustainability, and resilience. The findings

confirm that Industry 5.0 is not merely a continuation of the Fourth Industrial Revolution but a socio-technical paradigm that redefines the human role in production systems. By addressing the human dimension neglected in Industry 4.0, Industry 5.0 establishes a new framework for ethical, inclusive, and sustainable industrial progress. Ultimately, the success of Industry 5.0 will not be determined by the speed of technological innovation, but by humanity's ability to transform that innovation into meaningful, moral, and enduring prosperity. This conceptual paper clarifies the theoretical scope, distinctive features, and practical challenges of Industry 5.0, offering a foundation for future empirical research and policy development. Future research should further examine how these principles manifest across industries and cultural contexts, contributing to a more humanized and ethically grounded industrial transformation globally.

## 1. Giriş

21. yüzyılın üretim sistemleri, teknolojik yeniliklerin ötesine geçerek, insan ile teknoloji arasındaki ilişkinin anlamını yeniden tanımlayan bir dönüşüm sürecine girmiştir. Dijitalleşme, yapay zekâ ve otonom sistemlerin sağladığı üretkenlik artışları, kısa sürede 'endüstriyel verimlilik' sınırlarını aşarak, etik, insani ve ekolojik soruların merkezine taşınmıştır. Bu bağlamda Endüstri 5.0, teknolojinin tek yönlü hâkimiyetine karşı, insanı yeniden üretim süreçlerinin öznesi konumuna yerleştiren yeni bir paradigma olarak yükselmektedir (European Commission, 2024).

Endüstri 5.0, son yıllarda yalnızca bir üretim devrimi olarak değil, aynı zamanda insanın teknolojik sistemlerdeki yerini yeniden tanımlayan bütüncül bir paradigma olarak tartışılmaktadır. Literatür, özellikle 2020'li yıllardan itibaren kavramın hızla geliştiğini, bilimsel yayınlarda geometrik bir artışla temsil edildiğini göstermektedir (Madsen vd., 2023). Örneğin son yıllarda Endüstri 5.0 sürecinde yaşanan gelişmelerin çeşitli sektörlerle ve iş süreçlerine etkisine yönelik kavramsal ve ampirik çalışmaların yaygınlaştığı görülmektedir (Fatima vd., 2022; Redchuk vd., 2023; Akman ev Erdirençelebi, 2024; Karafakioğlu, 2024; Laddha ve Agrawal, 2024; Teoman, 2024; Sonar vd., 2025; Wang vd., 2025). Bu artış, bir yandan Endüstri 4.0'ın olgunluk dönemine ulaştığını, diğer yandan ise onun bıraktığı insani, etik ve çevresel boşlukların yeni bir kavramsal yaklaşımla doldurulmaya çalışıldığını göstermektedir. Endüstri 4.0, akıllı fabrikalar, siber-fiziksel sistemler, büyük veri, yapay zekâ ve nesnelerin interneti gibi teknolojik yeniliklerle üretim süreçlerinde devrim yaratmış; verimlilik, hız ve otomasyonun ön plana çıktığı bir dönem başlatmıştır (Crnobrnja vd., 2023). Ancak bu dönüşüm, insanın üretim sürecindeki konumunu sorgulayan bir dizi eleştiriyi de beraberinde getirmiştir.

Avrupa Komisyonu'nun (2024) Endüstri 5.0 kavramsallaştırması, tam da bu noktada ortaya çıkmıştır. Komisyon, teknolojik ilerlemenin ekonomik faydalarının ötesinde, insanın refahı, çevresel sürdürülebilirlik ve sistemsel dayanıklılığın eş zamanlı olarak gözetilmesi gerektiğini vurgulamaktadır (Ghobakhloo vd., 2024). Böylece Endüstri 5.0 yalnızca bir teknoloji anlatısı değil; etik, sosyal, ekonomik ve ekolojik yönleriyle bütünlük bir endüstriyel dönüşüm vizyonu hâline gelmiştir. Bu dönüşüm, dijitalleşmenin getirdiği hız ve verimlilik arayışını, insanın değerini ve anlam üretme kapasitesini yeniden merkeze alarak dengelemeyi amaçlamaktadır (Cimino vd., 2025).

Sanayi devrimlerinin tarihsel seyri incelendiğinde, her bir dönemin üretim biçimleriyle birlikte insanın konumunu da dönüştürdüğü görülmektedir. Mekanizasyonla başlayan Endüstri 1.0 döneminde insan, üretim aracını kontrol eden temel güç iken; Endüstri 2.0 ile elektrikli montaj hatlarının ortaya çıkışı, insan emeğini makine ritmine uyumlayan bir düzen yaratmıştır. Endüstri 3.0'da bilgisayar ve otomasyon sistemleri insanı üretim sürecinin dışına itmeye başlamış, Endüstri 4.0 ile birlikte dijital ağlar, sensör sistemleri ve yapay zekâ, insanı çoğu zaman veri sağlayıcısı veya hata düzeltici konuma indirgemıştır (Oukili Garti vd., 2025). Bu nedenle Endüstri 5.0, bir yönüyle teknolojik ilerlemenin doğal uzantısı olsa da diğer yönüyle 'insanı yeniden üretim sahnesine davet

*eden'* bir tepki hareketi olarak tanımlanmaktadır (Saniuk vd., 2024). İnsan-makine işbirliği, etik farkındalık, sürdürülebilirlik, dayanıklılık ve sosyal refah, bu dönemin belirleyici unsurları olarak ön plana çıkmaktadır (Narkhede vd., 2023).

Endüstri 5.0'ın amacı, yalnızca dijitalleşmenin sınırlarını genişletmek değil; dijitalleşmenin insan, çevre ve toplumla olan ilişkisini yeniden inşa etmektir. Mevcut çalışmaların çoğu, Endüstri 5.0'ı ya teknolojik bir uzantı (örneğin yapay zekâ, işbirlikçi robotlar, dijital ikizler) ya da etik ve sürdürülebilirlik odaklı bir yaklaşım olarak ele almakta; bu durum kavramın sınırlarının parçalı biçimde tanımlanmasına yol açmaktadır (Maddikunta vd., 2021; Van Erp vd., 2024). Oysa Endüstri 5.0, teknik ilerlemeden çok daha fazlasını temsil etmekte ve insan yaratıcılığının, empatisinin ve anlam arayışının dijital zekâyla birleştiği değer-odaklı bir üretim felsefesini yansıtmaktadır (Nahavandi, 2019; Mourtzis, 2023).

Bununla birlikte, kavramın hızla gelişmesi ve farklı disiplinlerde dağınık biçimde ele alınması, literatürde bütüncül bir tanım ve kuramsal çerçeve eksikliğine yol açmaktadır. Endüstri 5.0'a ilişkin tanımların, odaklandıkları kavramlar (örneğin 'human-in-command' (insan komutasında), 'sürdürülebilir inovasyon', 'etik yapay zekâ') bakımından farklılık göstermesi, disiplinler arası bir uzlaşmayı zorlaştırmaktadır (Gajdzik vd., 2024). Bu nedenle, kavramın tarihsel kökenlerini, felsefi dayanaklarını, Endüstri 4.0 ve Toplum 5.0 ile farklarını, temel boyutlarını ve dönüştürücü etkilerini sistematik biçimde ele alan bütüncül bir kavramsal çalışma gereklidir. Son yıllarda bu eksikliğin giderilmesine yönelik olarak, Endüstri 5.0 literatürünün yapısını, evrimini ve araştırma ağlarını analiz eden bibliyometrik inceleme sayısı giderek artmıştır (Madsen vd Berg, 2021; Madsen vd., 2023; Ramos-Gutiérrez ve García-Gutiérrez, 2023; Karafakıoğlu, 2024; Yiğit ve Engin, 2025). Bu çalışmalar, kavramın henüz erken aşamalarında olmasına rağmen disiplinler arası ilgi ve araştırma yoğunluğunun belirgin biçimde arttığını göstermektedir. Bu makalenin amacı, Endüstri 5.0 kavramını çok boyutlu bir perspektifle ele almak; kavramsal temellerini, teorik dayanaklarını, Endüstri 4.0 ile farklarını ve temel boyutlarını ortaya koymak; ayrıca sürecin karşılaşılabileceği zorluklara dair bütüncül bir analiz sunmaktır. Literatürde Endüstri 5.0'ın henüz erken evrelerinde olması, özellikle gelişmekte olan ülkeler açısından, kavramın doğru anlaşılması ve stratejik olarak uygulanabilmesi için yönlendirici bir çerçeveye duyulan ihtiyacı göstermektedir (Ali vd., 2025; Brückner vd., 2025). Bu bağlamda çalışma, insan-teknoloji-toplum üçgeninde dengeli bir dönüşümün nasıl gerçekleştirilebileceğine dair kuramsal bir zemin ve pratik bir vizyon sunmayı amaçlayan kavramsal bir değerlendirmedir. Endüstri 5.0 literatürüne yönelik bütüncül bir bakış ortaya koymak ve kavramın teorik sınırlarını netleştirmek üzere çalışma tasarlanmıştır.

Çalışma, Endüstri 5.0 literatürünü kuramsal derinlik ve kavramsal bütünlük açısından sentezleyen kavramsal çalışma niteliğindedir. Kavramsal çalışmalarda amaç, ilgili alandaki kavramların anlamını, kapsamını ve birbirleriyle ilişkilerini ortaya koymaktır. Bu çalışmada alanda vurgulanan noktaları ele alarak teorik bir bütünlük oluşturulmak ve yeni araştırmalar için teorik bir temel sağlamak hedeflenmiştir (Rocco ve Plakhotnik, 2009). İlgili alanda kavramsal çerçeveler oluşturulurken, kavramı tanımlayan ve şekillendiren temel çalışmaların dikkate alınması ve bu süreçte amaçlı örnekleme tercih edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Majeed vd., 2023). Kavramsal derleme yöntemine uygun olarak, bu çalışmada konuya açıklayıcı katkı sağlayan amaçlı örnekleme yaklaşımı benimsenmiştir. Analize dâhil edilen çalışmalar, Avrupa Komisyonu raporları gibi kurucu belgeler; Endüstri 5.0 boyutlarını, Endüstri 4.0 ve Toplum 5.0 paradigmasıyla farklarını, Endüstri 5.0 sürecine geçişte muhtemel zorlukları ele alan ve erişime açık teorik araştırmalardan oluşmaktadır. Literatür seçimi, konuyla ilgili kavramsal ya da bibliyometrik yöntem kullanılarak yapılan çalışmalar ve atıf zincirlemesi yöntemiyle ulaşılan yayınlara dayanmaktadır. Analiz sürecinde, metinlerin içeriği incelenmiş, elde edilen bulgular AB raporlarında belirtilen insan merkezlilik, sürdürülebilirlik ve dayanıklılık boyutları, Endüstri 4.0 ile Endüstri 5.0 farkları, Toplum 5.0 ile Endüstri 5.0'ın ayrıştığı noktalar ve Endüstri 5.0 sürecinde yaşanması muhtemel zorluklar ekseninde yeniden yapılandırılmıştır. Bu yöntem, sistematik

sınırlılıklar taşımakla birlikte, kavramın disiplinlerarası yapısına uygun çok yönlü açıklamalar yapmayı amaçlamaktadır.

## 2. Kavramsal ve Kuramsal Arka Plan

Endüstri 5.0, yalnızca teknik bir yenilik dizisi değil; toplumsal, etik ve kültürel bir yeniden yapılanma sürecidir. Özdemir ve Hekim (2018) Endüstri 5.0'ı, insan zekâsı ile yapay zekâ arasındaki anlam kurucu birliktelik olarak tanımlamaktadır. Bu bölümde kavrama yönelik tanımlamalar, kavramın temel bileşenleri, konunun teorik arka planı ve Endüstri 5.0'ın önceki sanayi paradigmasıyla olan ayrışma noktaları ele alınmaktadır.

### 2.1. Endüstri 5.0 Kavramının Ortaya Çıkışı ve Evrimi

Endüstri 5.0, son on yılda sanayi dönüşüm söylemlerinde ortaya çıkan en kritik kavramsal sıçramalardan biridir. Kavram, yalnızca teknolojik yenilikleri değil, teknolojinin insanla kurduğu ilişkinin yeniden inşasını temsil etmektedir. Avrupa Komisyonu'nun 2021 tarihli politika belgelerinde açıklandığı üzere Endüstri 5.0, Endüstri 4.0'ın dijitalleşme ve otomasyon merkezli rasyonel modelini aşarak teknolojik ilerlemeyi insan refahı, sürdürülebilirlik ve dayanıklılık ilkeleriyle bütünleştiren yeni bir sanayi paradigması olarak görülmektedir (Saniuk vd., 2024). Bu yönüyle Endüstri 5.0, üretim sistemlerini yalnızca verimlilik odaklı süreçler olmaktan çıkararak, değer temelli bir dönüşümün öznesi hâline getirmektedir (Ghobakhloo vd., 2024).

Kavram ilk kez 2015 yılında Çek mühendis Michael Rada tarafından açıklanmıştır (Islam vd., 2025). Michael Rada Endüstri 5.0'ı, "insan tarafından yönetilen ilk sanayi evrimi" olarak tanımlamaktadır. Rada'ya göre bu dönüşüm, 6R ilkeleri – tanı, yeniden düşün, gerçekleştir, azalt, yeniden kullan, geri dönüştür – üzerine kuruludur. Amaç, endüstriyel süreçlerde insan emeğini yalnızca üretim aracı olmaktan çıkarıp, sürdürülebilir yenilik ve atık önleme stratejilerinin merkezine yerleştirmektir. Rada'nın yaklaşımı, insanın üretim süreçlerinden dışlanmasına yol açan otomasyon eğilimlerine bir tepki olarak, teknolojik sistemleri insani yaratıcılıkla bütünleştirmeyi savunmaktadır. Bu görüş, sanayi üretiminde atık önleme, kaynak verimliliği ve sürdürülebilir süreç yönetimi ilkelerini merkeze alarak Endüstri 4.0'ın mekanik karakterine eleştirel bir alternatif sunmaktadır (Saniuk vd., 2024).

Avrupa Komisyonu, 2021'de yayımladığı "Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry" başlıklı raporla bu fikri kurumsal bir çerçeveye taşımıştır (European Commission, 2021). Raporda sanayinin yalnızca ekonomik büyüme değil, insan onuru, çevresel bütünlük ve toplumsal refah üretmekle yükümlü olduğu vurgulanmıştır (Thompson-Bahm vd., 2025). Böylece Endüstri 5.0, üretim sistemlerinin ekonomik hedeflerinin ötesine geçerek, normatif bir vizyonun, 'insan için sanayi' anlayışının somutlaşmış biçimi hâline gelmiştir (Fogaça vd., 2025). Bu bağlamda Endüstri 5.0, yalnızca teknolojik bir ilerleme evresi değil; insan, teknoloji ve çevre arasındaki ilişkinin yeniden dengelenmesini hedefleyen bir düşünsel dönüşüm şeklinde ifade edilmektedir (Narkhede vd., 2023). Önceki sanayi devrimlerinden farklı olarak, Endüstri 5.0 ile üretim kapasitesini arttırmaktan ziyade anlamlı ve sorumlu üretim kültürü oluşturmanın amaçlandığı vurgulanmaktadır (Maddikunta vd., 2021; Jiménez-Partearroyo, 2024). Buna dayanarak farklı yaklaşımlar, araştırmacılar ve kurumlar tarafından kavramın teori-uygulama aralığını yansıtan çoklu tanımlar ortaya konmuştur.

Avrupa Komisyonu'na göre (European Commission, 2021) Endüstri 5.0, "insan-merkezlilik, sürdürülebilirlik ve dayanıklılık" sütunları üzerine inşa edilen, Avrupa sanayisinin yeni yönelimidir. Bu tanım, teknolojik ilerlemenin sınırlarını insan refahı ve gezegenin ekolojik dengesiyle çerçevelemekte, sanayiye salt ekonomik kârlılıktan ziyade değer-odaklı bir sistem hâline getirmektedir. Avrupa Ekonomik ve Sosyal Komitesi (Akt. Ali vd., 2022) için Endüstri 5.0, insan zekâsı ile siber-fiziksel üretim sistemlerinin güçlü yanlarını birleştirerek 'sinerjik fabrikalar' yaratmaktır. Bu yaklaşım, Endüstri 4.0'ın 'insansızlaşan' üretim mantığını tersine çevirerek, üretim süreçlerinde insanın yeniden kurucu aktör konumuna yükselmesini savunmaktadır. Başka bir tanım Endüstri 5.0'ı (Özdemir ve Hekim, 2018), insan-makine işbirliğini üretim zincirinin kalbine

yerleştirmektedir. Kavram, insan dokunuşunun sanayiye geri dönüşünü temsil etmektedir. Bu tanım, bilişsel yaratıcılığın makinelerin doğruluk ve hız kapasitesiyle birleştiği bir ortak zekâ ekosistemini öngörmektedir. Özdemir ve Hekim (2018) Endüstri 5.0'ı, büyük veriden anlam üretme sürecinde insan ve akıllı sistemlerin işbirliği yaptığı evre olarak tanımlamaktadır.

Nahavandi (2019) beşinci sanayi devrimini, insan zekâsının yapay zekâ ve akıllı sistemlerle bütünleştiği, kişiselleştirilmiş üretim paradigması olarak tanımlamaktadır. Ona göre Endüstri 5.0, kitle üretiminden kitleye özel üretime geçişi temsil etmekte ve üretim kalitesini '*insan-robot işbirliği*' aracılığıyla arttırmaktadır. Crnobrnja vd. (2023) için Endüstri 5.0 yaklaşımı, Endüstri 5.0'ı teknolojik yeniliğin etik ve insani boyutlarını içerecek biçimde yeniden tanımlamaktadır. Teknoloji artık yalnızca verimlilik aracı değil, insan onurunu, özerkliğini ve güvenliğini koruyan sosyo-teknik sistemin bir bileşenidir. Maddikunta vd. (2021) Endüstri 5.0'ı, '*Sosyal Akıllı Fabrika*' çağının temsili olarak tanımlamaktadır. Burada işbirlikçi robotlar (cobot) insanlarla doğrudan iletişim kurmakta ve üretim süreçleri kurumsal sosyal ağlar aracılığıyla yönetilmektedir. Bu sistemde insan, üretimin yalnızca denetleyicisi değil, deneyimsel ortağı hâline gelmektedir. Ali vd.'ne göre (2025) Endüstri 5.0, teknolojik rasyonalite ile etik, sosyal ve ekolojik sorumluluğu uzlaştıran bütüncül bir değer sistemidir. Kavram, '*teknolojik gelişme*' ile '*toplumsal ilerleme*' arasındaki dengenin normatif çerçevesini tanımlamaktadır. Fogaça vd.'nin (2025) tanımına göre Endüstri 5.0, ekonomik performansın ötesine geçen ve toplumsal refahı önceliklendiren bir üretim kültürüdür. Bu tanım, endüstriyel inovasyonun nihai amacını sürdürülebilir insan gelişimi olarak yeniden yorumlamaktadır. Demir vd. (2019) ise Endüstri 5.0'ı, "*yeşil üretim ve toplumsal faydayı merkeze alan yeni bir endüstriyel ethos*" olarak ele almakta; teknolojinin sürdürülebilir değer üretimi için araçsallaştırılmasını savunmaktadır.

Bu tanımlamaların ortak noktası, teknolojiyi bir amaç olarak değil, insan ve gezegen yararına dönüştürücü bir araç olarak konumlandırmalarıdır. Böylece Endüstri 5.0, Endüstri 4.0'ın verimlilik odaklı mantığından normatif bir kayma ile değer temelli sanayi paradigmasına geçişi temsil etmektedir (Ali vd., 2022). Tanımlar arasındaki çeşitlilik, Endüstri 5.0'ın yalnızca teknolojik bir yenilik değil, sosyo-teknik ve normatif bir dönüşüm paradigması olduğunu göstermektedir. Kavram, modern sanayi sistemlerinin işlevsel verimliliğinin ötesine geçerek, insanın yaratıcı potansiyelini, etik sorumluluğunu ve ekolojik bilincini sanayinin merkezine taşımaktadır. Böylece Endüstri 5.0'ın, Endüstri 4.0'ın dijital otomasyon mirasını insanî bir ruh ve sürdürülebilir bir yönetim anlayışıyla yeniden tanımladığı yorumunu yapmak mümkündür.

## 2.2. Endüstri 5.0'da Öne Çıkan Teknolojiler

Endüstri 5.0, yalnızca yeni teknolojilerin ortaya çıkışıyla değil, bu teknolojilerin insan odaklı, etik ve sürdürülebilir biçimde bütünleştirilmesiyle tanımlanmaktadır. Bu dönem, insanın analitik, sezgisel ve etik karar becerilerinin yapay zekâyla birleştiği bir üretim paradigmasını yansıtmaktadır (Özdemir ve Hekim, 2018). Bu bakımdan, Endüstri 4.0'ın temel teknolojik mirasını (ör. bulut bileşim, siber fiziksel sistemler, yapay zekâ, büyük veri) devralmaktadır. Ancak bu araçların kullanım amacını, yönünü ve değer sistemini dönüştürmektedir. Teknoloji artık yalnızca verimlilik aracı değil, aynı zamanda insan refahını ve çevresel dengeyi güçlendiren bir sistemik unsur hâline gelmiştir. Aşağıda Endüstri 5.0'ı yönlendiren ve dönüştürücü etkileriyle öne çıkan temel teknolojiler özetlenmektedir.

**Yapay Zekâ (AI) ve İnsan-Merkezli Yapay Zekâ (HCAI):** Endüstri 5.0 döneminin en kritik bileşenlerinden biri, insan-merkezli yapay zekâ (Human-Centered Artificial Intelligence – HCAI) yaklaşımıdır. Endüstri 4.0'da yapay zekâ, karar alma süreçlerini otomatikleştiren bir araç olarak görülürken, 5.0'da insan sezgilerini, yaratıcılığı ve etik ilkeleri destekleyen ortak akıl sistemi hâline gelmektedir (Martini vd., 2024). Bu geçiş, '*otomasyondan işbirliğine*' doğru bir paradigma değişimini temsil etmektedir (Alojaiman, 2023; Islam vd., 2025). HCAI sistemleri, insanla sürekli etkileşim içinde öğrenen, şeffaf ve açıklanabilir algoritmalarla desteklenmektedir. Böylece insanın üretim

sürecindeki rolü yeniden tanımlanmakta; işgücü artık makinelerin gözetmeni değil, onların yaratıcılık ortağı haline gelmektedir (Koska, 2025). Yapay zekâ aynı zamanda bilişsel ergonomiyi geliştirerek, çalışanların karmaşık süreçlerde hata riskini azaltmakta, üretim güvenliğini arttırmakta ve kişiselleştirilmiş destek sağlamaktadır (Masoomi vd., 2025). Bu nedenle HCAI, Endüstri 5.0'ın yalnızca teknik değil, etik bir omurgası olarak da kabul edilmektedir.

**Siber-Fiziksel Sistemler (CPS) ve İşbirlikçi Robotlar (Cobot'lar):** Endüstri 4.0'ın çekirdeğini oluşturan siber-fiziksel sistemler (CPS), 5.0'da daha karmaşık ve insana duyarlı bir biçimde yeniden tasarlanmaktadır. CPS, sensör ağları, otonom robotlar ve kontrol sistemleriyle fiziksel üretim ortamını dijital dünyayla bütünleştirmektedir. Ancak Endüstri 5.0 süreci bu sistemlere '*empati, güvenlik ve işbirliği*' boyutları eklemiştir. Bu dönüşümün merkezinde işbirlikçi robotlar (cobot'lar) yer almaktadır. Cobot'lar, insanla aynı çalışma alanında birlikte görev yapabilen, insan hareketlerini algılayarak tepki verebilen robotik sistemlerdir (Kasap, 2021). Dış iskelet destekli çözümler, ergonomiyi iyileştirirken fiziksel yükü azaltmakta; jest tanıma ve davranışsal niyet tahmini sistemleri, insan-makine etkileşimini doğal hâle getirmektedir. Böylece üretim süreçleri yalnızca otonom değil, aynı zamanda eşgüdümlü ve psikolojik olarak güvenli hâle gelmektedir (Martini vd., 2024).

**Nesnelerin İnterneti (IoT) ve Endüstriyel IoT (IIoT):** Endüstri 5.0 ekosisteminde Nesnelerin İnterneti, yalnızca makineleri birbirine bağlayan bir ağ değil; anlam üreten, veri-insan döngüsünü tamamlayan bir sistem olarak işlev görmektedir (Crnobrnja vd., 2023). Endüstriyel IoT (IIoT), sensörler ve akıllı cihazlar aracılığıyla üretim tesislerinde gerçek zamanlı veri toplamakta; ancak bu veriler artık yalnızca süreç optimizasyonu için değil, aynı zamanda çalışan sağlığı, enerji verimliliği ve çevresel performansın izlenmesi için kullanılmaktadır. Bu yaklaşımın, teknolojiyi verimlilikten refaha geçişin temel aracı hâline getirdiği ifade edilmektedir. Özellikle insan-makine arayüzleri (HMI), çalışanların bilişsel yükünü azaltırken karar kalitesini arttırmaktadır (Islam vd., 2025; Masoomi vd., 2025).

**Büyük Veri (Big Data) ve Akıllı Analitik Sistemler:** Endüstri 5.0'ın bilgi altyapısı, büyük verinin anlamlı bilgiye dönüştürülmesi ilkesine dayanmaktadır. Bu bağlamda, yapay zekâ ve makine öğrenimi algoritmalarıyla bütünleşmiş veri analitiği sistemleri, yalnızca üretim hatalarını değil, aynı zamanda insan davranış kalıplarını, stres düzeylerini ve ekolojik etkileri de izleyebilmektedir (Ali vd., 2025; Masoomi vd., 2025). Bu yönüyle büyük veri analitiği, operasyonel karar destek sistemi olmasının ötesine geçerek, etik karar alma süreçlerinin de bilgi kaynağı hâline gelmektedir (Adel, 2022; Jiménez-Partearroyo vd., 2024). Veri odaklı üretim yaklaşımı, sürdürülebilir tedarik zincirlerinin yönetiminde, atık minimizasyonunda ve kaynak tahsisinde stratejik bir araç olarak kullanılmaktadır (Brückner vd., 2025).

**Dijital İkizler (Digital Twins) ve Gerçek Zamanlı Simülasyon:** Endüstri 5.0'ın bir diğer teknolojisi, fiziksel sistemlerin dijital yansımalarını oluşturan dijital ikizlerdir. Bu sistemler, üretim tesislerini, insan-makine etkileşimlerini ve çevresel etkileri eşzamanlı olarak simüle ederek, karar süreçlerini güçlendirmektedir (Crnobrnja vd., 2023). Dijital ikizlerin 5.0 versiyonu, yalnızca teknik performans değil, aynı zamanda insan güvenliği, iş ergonomisi ve sürdürülebilirlik etkilerini de modellemeye olanak tanımaktadır. Bu nedenle dijital ikiz teknolojisi, '*akıllı fabrika*' vizyonundan '*insan odaklı dijital ekosistem*' vizyonuna geçişin sembolü olarak ifade edilmektedir (Narkhede vd., 2023; Jiménez-Partearroyo vd., 2024).

**Blokzincir Teknolojileri:** Blokzincir, Endüstri 5.0'da güven, şeffaflık ve izlenebilirlik ilkelerini dijital düzlemde güvence altına alan temel teknolojilerden biri olarak belirtilmektedir (Khan vd., 2023). Tedarik zincirlerinin dijitalleşmesi sürecinde, blokzincir yapıları veri manipülasyonunu önlemekte, sürdürülebilir kaynak kullanımını belgeler ve paydaşlar arasında etik sorumluluğun izlenebilirliğini sağlamaktadır (Fogaça vd., 2025). Ayrıca blokzincir, çalışan verilerinin gizliliğini ve üretim süreçlerindeki etik standartları korumada güvenilir bir altyapı sunmaktadır. Böylece teknolojik sistemlere duyulan kurumsal güvenin temeli güçlenmektedir (Ghobakhloo vd., 2023).

**Artırılmış ve Karma Gerçeklik (AR/MR):** Endüstri 5.0'da Artırılmış Gerçeklik (AR) ve Karma Gerçeklik (MR) sistemleri hem üretim verimliliğini arttıran hem de insanın bilişsel kapasitesini destekleyen araçlardır (Crnobrnja vd., 2023). Operatörler, karmaşık montaj süreçlerini artırılmış gerçeklik gözlükleriyle daha güvenli ve hızlı biçimde gerçekleştirebilmekte; uzaktan destek sistemleri, bilgi paylaşımını gerçek zamanlı hâle getirmektedir. Bu teknolojilerin, özellikle iş güvenliği, ergonomi ve eğitim süreçlerinde insan faktörünü güçlendirerek, Endüstri 5.0'in öğrenen organizasyon vizyonuna katkı sağladığı vurgulanmaktadır (Narkhede vd., 2023).

**Yeşil Bilişim, Enerji Verimliliği ve Akıllı Malzemeler:** Endüstri 5.0'in sürdürülebilirlik yönünü destekleyen en önemli teknolojik eksenlerden biri, yeşil bilişim (green computing) ve enerji verimliliği teknolojileridir (Ali vd., 2025; Masoomi vd., 2025). 'Edge Computing' ve bulut tabanlı enerji yönetim sistemleri, veri merkezlerinin karbon ayak izini azaltırken, yenilenebilir enerji entegrasyonunu kolaylaştırmaktadır (Narkhede vd., 2023). Ayrıca akıllı malzemeler ve biyolojik esinli teknolojilerin, üretim süreçlerinde geri dönüştürülebilir, kendini onarabilen ve çevresel koşullara uyum sağlayabilen yeni üretim biçimlerinin kapısını açtığı ifade edilmektedir. Bu tür teknolojilerin, Endüstri 5.0'in yalnızca 'daha az kirleten' değil, aynı zamanda 'doğayla simbiyotik' bir sanayi hedeflediği belirtilmektedir (Saniuk vd., 2024).

**Siber Güvenlik ve Güvenilir Veri Altyapıları:** Endüstri 5.0 ekosistemi, yoğun veri alışverişi nedeniyle yüksek güvenlik gerektirmektedir. Siber güvenlik, yalnızca teknik bir gereklilik değil, aynı zamanda etik ve toplumsal bir zorunluluk hâline gelmiştir (Narkhede vd., 2023; Masoomi vd., 2025). Makine öğrenimi tabanlı saldırı önleme sistemleri, çok katmanlı güvenlik mimarileri ve güvenilir veri yönetimi mekanizmaları, 5.0 sistemlerinin sürdürülebilirliğini sağlamaktadır. Verinin korunması, yalnızca sistem güvenliği değil, aynı zamanda insan onuru ve dijital mahremiyetin korunması anlamına gelmektedir (Crnobrnja vd., 2023). Dolayısıyla siber güvenlik, Endüstri 5.0'in etik altyapısının ayrılmaz bir parçası haline gelmektedir.

**Yeni Gelişen Teknolojiler: Duygusal Yapay Zekâ, Bio-Esinli Sistemler ve Kuantum Hesaplama:** Son yıllarda literatürde Endüstri 5.0 ile ilişkilendirilen yeni teknolojiler de dikkat çekmektedir. Duygusal yapay zekâ, insanın duygusal durumlarını algılayarak etkileşimi derinleştiren sistemler geliştirmektedir. Böylece, özellikle eğitim, sağlık ve müşteri deneyimi alanlarında insan-makine empatisi mümkün hale gelmektedir (Alojaiman, 2023; Narkhede vd., 2023). Bio-temelli sistemler, doğanın işleyişinden ilham alan sürdürülebilir üretim modelleri geliştirmektedir (Saniuk vd., 2024). Kuantum hesaplama ise büyük veri analizinde hız ve doğruluk sınırlarını aşarak, Endüstri 5.0'in karmaşık sistem modellemelerinde devrim yaratma potansiyeli taşımaktadır (Jiménez-Partearroyo vd., 2024; Fogaça vd., 2025). Bu teknolojiler henüz erken aşamada olsa da, insan-merkezli dijital dönüşümün geleceğini şekillendirecek kritik alanlar arasında görülmektedir.

Endüstri 5.0 teknolojileri, üretim sistemlerinin akıllı, etik ve duyarlı hâle gelmesini sağlayan çok katmanlı bir ekosistem oluşturmaktadır. Bu teknolojilerin ortak noktasının, insanı üretim döngüsünün dışına itmek yerine, merkezine yeniden yerleştirilmesi olarak ifade edilmektedir (Saniuk vd., 2024). Her bir teknoloji farklı düzeylerde, insan-teknoloji dengesinin yeniden kurulmasına katkı sunmaktadır. Yapay zekâ bilişsel desteği güçlendirmekte ve karar süreçlerini optimize etmektedir (Crnobrnja vd., 2023). İşbirlikçi robotlar insanla fiziksel işbirliği yaparak ergonomik ve güvenli üretim ortamları yaratmaktadır (Narkhede vd., 2023). Dijital ikizler karmaşık sistemleri simüle ederek görünür kılmakta ve insanın sezgisel kontrol kapasitesini arttırmaktadır (Masoomi vd., 2025). Buna paralel olarak yeşil bilişim, enerji verimliliğini yükselterek çevreyle uyumu temin etmekte (Ali vd., 2025); siber güvenlik ise bu sistemin etik bütünlüğünü ve veri güvenliğini korumaktadır (Fogaça vd., 2025). Dolayısıyla Endüstri 5.0, yalnızca teknolojik bir evrim değil, insan ile teknolojinin simbiyotik bir ekosistem içinde yeniden bütünleşmesi sürecini ifade etmektedir.

### 2.3. Endüstri 5.0'ın Teorik Dayanakları

Endüstri 5.0'ı açıklamada farklı kuramsal perspektifler kullanılmaktadır. Literatürde en sık atıf yapılan çerçeveler arasında Sosyo-Teknik Sistemler Teorisi (STS), İnsan-Merkezli Yapay Zekâ (HCAI), Kurumsal Sürdürülebilirlik Teorisi, İnovasyon Ekosistemleri Yaklaşımı ve Direnç Teorisi öne çıkmaktadır (Jiménez-Partearroyo vd., 2024; Martini vd., 2024; Fogaça vd., 2025). Bu yaklaşımlar, Endüstri 5.0'ın yalnızca teknolojik değil, aynı zamanda örgütsel, psikolojik ve ekolojik yönleriyle anlaşılması gerektiğini vurgulamaktadır.

Sosyo-Teknik Sistemler Teorisi, Endüstri 5.0'ın kavramsal temel taşlarından biridir. Trist ve Emery'nin klasik çalışmalarından türetilen bu teori, teknolojik sistemlerin insan faktöründen bağımsız düşünülmemeyeceğini öne sürmektedir. Endüstri 5.0 bağlamında, sosyo-tekniik yaklaşım insan ve teknolojinin simbiyotik bir ilişki içinde çalıştığı, ortak adaptasyon süreçleri geliştirdiği bir örgütsel yapıyı savunmaktadır. Bu teoriye göre, üretkenlik ile çalışan esenliği arasındaki denge, sistemin sürdürülebilirliği için vazgeçilmezdir (Alves vd., 2023; Crnobrnja vd., 2023; Martini vd., 2024).

Bir diğer yaklaşım, İnsan-Merkezli Yapay Zekâ (Human-Centered AI, HCAI)'dır. Bu çerçeve, algoritmik sistemlerin insan değerleriyle uyumlu biçimde tasarlanmasını savunmaktadır. Endüstri 5.0 literatüründe HCAI, üretim ve karar süreçlerinde insan sezgilerini, etik ilkeleri ve bilişsel becerileri destekleyen bir model olarak öne çıkmaktadır (Martini vd., 2024). HCAI yaklaşımı, *'teknoloji insanı değil, insan teknolojiyi yönlendirmelidir'* ilkesine dayanarak, otomasyonun ötesine geçmeyi hedeflemektedir.

Kurumsal Sürdürülebilirlik Teorisi, Endüstri 5.0'ın çevresel ve toplumsal yönlerini açıklamada kullanılmaktadır. Bu teoriye göre işletmelerin varlığını sürdürmesi, yalnızca ekonomik performansa değil; ekolojik sorumluluk, sosyal adalet ve etik yönetim gibi üçlü temele bağlıdır (Masoomi vd., 2025). Endüstri 5.0, bu temeli teknolojik yeniliklerle bütünleştirerek, kurumların sürdürülebilirlik kapasitelerini dijitalleşme aracılığıyla güçlendirmektedir (Ali vd., 2025).

Dayanıklılık Teorisi, sistemlerin dışsal şoklara karşı esnekliğini açıklayan bir yaklaşımdır. Pandemi, jeopolitik krizler ve tedarik zinciri kırılmaları, bu teoriyi Endüstri 5.0 tartışmalarında merkezi hâle getirmiştir (Narkhede vd., 2023). Bu teoriye göre dayanıklılık yalnızca krizlere tepki verme yeteneği değil, aynı zamanda değişime uyum sağlama ve ondan öğrenme kapasitesidir. Endüstri 5.0 sistemleri, dijital izleme, tahmine dayalı analitik ve otonom karar destek sistemleriyle bu kapasiteyi kurumsal düzeyde inşa etmeyi hedeflemektedir (Jiménez-Partearroyo vd., 2024).

Son olarak, İnovasyon Ekosistemleri Yaklaşımı, Endüstri 5.0'ın işbirlikçi doğasını açıklamaktadır. Bu yaklaşımda teknoloji tedarikçileri, üniversiteler, hükümetler, kullanıcılar ve toplum arasında simbiyotik ilişkiler kurulmaktadır. Endüstri 5.0'ın yenilik ekosistemi, yalnızca ürün geliştirmeye değil, sosyal değer üretmeye de odaklanmaktadır (Madsen ve Berg, 2021; Brückner vd., 2025; Ghobakhloo vd., 2024). Böylece inovasyon, teknik bir süreçten ziyade kolektif öğrenmenin bir biçimi haline gelmektedir.

### 2.4. Endüstri 4.0 ve 5.0 Paradigmalarının Karşılaştırılması

Endüstri 4.0 ve Endüstri 5.0, birbirini izleyen ancak temelde farklı değer sistemleri, üretim felsefeleri ve toplumsal öncelikler üzerine kurulu iki ayrı paradigmayı temsil etmektedir. Endüstri 4.0'ın ortaya çıkışıyla birlikte üretim süreçlerinde otomasyon, dijitalleşme ve veri merkezli yönetim öne çıkmaktadır. Bu dönem, özellikle siber-fiziksel sistemler (CPS), Nesnelerin İnterneti (IoT) ve yapay zekâ (AI) entegrasyonu, verimlilik ve maliyet optimizasyonunu merkeze alan bir endüstriyel dönüşümü simgelemektedir (Oukili Garti vd., 2025). Ancak Endüstri 4.0 paradigması, insan unsurunu üretim sürecinin dışına itmesi ve toplumsal, çevresel etkileri yeterince gözetmemesi nedeniyle eleştirilmektedir (Teoman, 2024). Endüstri 5.0 ise bu eksikliklerin giderilmesi yönünde şekillenmektedir. Yeni paradigma, teknolojik ilerlemeyi insan refahı, sürdürülebilirlik ve dayanıklılıkla bütünleştiren yeni bir düşünsel ve etik çerçeve sunmaktadır (Narkhede vd., 2023). Teorik olarak bu paradigma kayması, insan-merkezlilik, değer temelli üretim

ve etik sorumluluk gibi ilkelerin sanayi sisteminin çekirdeğine yerleşmesini ifade etmektedir. Endüstri 5.0, teknolojiyi insanın yerini alan bir araç olarak değil, onun bilişsel kapasitesini tamamlayan bir ortak olarak konumlandırmaktadır (Saniuk vd., 2024). Bu yönüyle Endüstri 5.0'ın, teknolojik determinizmden sosyo-teknik bütünleşmeye geçişin somut bir örneği olduğu ifade edilmektedir (Fogaça vd., 2025).

Endüstri 4.0'ın üretim paradigması, büyük veri, bulut bilişim ve otomasyon odaklı; verimlilik ve performans öncelikli metriklerle tanımlanmaktadır (Oukili Garti vd., 2025). Buna karşılık Endüstri 5.0, değer yaratımını yalnızca ekonomik değil; insani, toplumsal ve çevresel etkiler üzerinden değerlendiren çok boyutlu bir anlayışı benimsemektedir (Narkhede vd., 2023). Endüstri 5.0'ın temel farkı, makinelerin ve insanların birlikte çalıştığı bir 'eş üretim' modeli ortaya koymasındır. Burada işbirlikçi robotlar (cobotlar) yalnızca üretim aracı değil, insan yaratıcılığını güçlendiren iş ortakları olarak görülmektedir (Crnobrnja vd., 2023). Ayrıca, Endüstri 4.0'ın doğrusal üretim mantığı yerini, Endüstri 5.0'da döngüsel ekonomi ilkelerine bırakmaktadır (Jiménez-Partearroyo vd., 2024). Bu yaklaşım, atık azaltımı, kaynak verimliliği ve karbon nötrlüğü gibi çevresel hedefleri doğrudan üretim stratejisine dâhil etmektedir (Masoomi vd., 2025). Böylece endüstri, ekonomik büyüme ile ekolojik denge arasında sürdürülebilir bir uyum arayışına girmektedir.

Bu iki paradigmanın örgütsel düzeydeki en belirgin farkı, karar alma süreçlerinde ve liderlik biçimlerinde görülmektedir. Endüstri 4.0, hiyerarşik ve teknoloji-merkezli liderlik modellerini desteklerken; Endüstri 5.0, insan merkezli, katılımcı ve etik liderlik biçimlerini ön plana çıkarmaktadır (Fogaça vd., 2025). Bu bağlamda, '*insan için teknoloji*' anlayışı, 5.0 paradigmasının hem stratejik hem de kültürel yönelimini tanımlamaktadır (Saniuk vd., 2024). Son olarak, Endüstri 4.0 verimliliği arttırmayı hedefleyen reaktif bir paradigma iken, Endüstri 5.0 proaktif, kapsayıcı ve öngörülü bir paradigma olarak tanımlanmaktadır (Crnobrnja vd., 2023). Bu, üretim süreçlerinde yalnızca hata düzeltici yaklaşımlardan değil; önleyici, empatik ve öğrenen sistemlerden oluşan yeni bir endüstriyel aklın doğuşuna işaret etmektedir (Narkhede vd., 2023). Tablo 1'de, Endüstri 4.0 ve Endüstri 5.0 paradigmalarının çeşitli kaynaklarda vurgulanan farklılıkları özetlenmektedir (Narkhede vd., 2023; Crnobrnja vd., 2023; Jiménez-Partearroyo vd., 2024; Saniuk vd., 2024; Fogaça vd., 2025; Oukili Garti vd., 2025).

**Tablo 1. Endüstri 4.0 ve Endüstri 5.0 Paradigmalarının Karşılaştırması**

Boyut	Endüstri 4.0	Endüstri 5.0
<b>Temel Odak</b>	Dijitalleşme, otomasyon, verimlilik	İnsan-merkezlilik, sürdürülebilirlik, dayanıklılık
<b>Teknolojik Rol</b>	Teknoloji insanın yerini alır	Teknoloji insanı tamamlar ve güçlendirir
<b>Üretim Modeli</b>	Kitlesel üretim, otomasyon	Kitleye özel üretim, insan-robot işbirliği
<b>Değer Sistemi</b>	Kârlılık, hız, performans	Etik değerler, refah, çevresel duyarlılık
<b>Liderlik Anlayışı</b>	Teknoloji-merkezli, hiyerarşik	Katılımcı, insan-odaklı, etik
<b>Ekonomik Yaklaşım</b>	Doğrusal ekonomi, maliyet azaltımı	Döngüsel ekonomi, sürdürülebilir kalkınma
<b>Toplumsal Etki</b>	İşgücü dışlanması, insansızlaşma riski	İnsan refahı, güvenli çalışma ortamı, sosyal kapsayıcılık

**Kaynak:** Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Endüstri 4.0, ekonomik büyümenin hızını arttıran teknolojik bir atılım olsa da, bu büyümenin insanı merkez dışına iten olumsuz etkileri ortaya çıkmaktadır (Saniuk vd., 2024). Endüstri 5.0 ise teknolojiyi yeniden 'insanlaşan bir araç' olarak konumlandırarak, üretim sistemlerini etik, çevresel

ve toplumsal sorumluluk ekseninde yeniden inşa etmeyi hedeflemektedir. Bu yönüyle 5.0 paradigması, sanayi tarihinin yalnızca teknik değil, insanlık değerleriyle yeniden bütünleşen bir aşamasını temsil etmektedir (Fogaça vd., 2025).

### 3. Endüstri 5.0'ın Temel Boyutları

Endüstri 5.0 paradigması, endüstriyel gelişimin yalnızca teknolojik bir evrim olmadığını vurgulamaktadır. Yeni endüstri süreci, insan, toplum ve çevre arasındaki dengeyi yeniden kurmayı hedefleyen bir dönüşümü yansıtmaktadır. Avrupa Komisyonu (European Commission 2021) tarafından çerçevelenen bu yaklaşım, üretim sistemlerinin ekonomik rasyonaliteyle sınırlı kalamayacağını; etik, sosyal ve ekolojik sorumlulukları da içermesi gerektiğini savunmaktadır. Bu yeni endüstriyel vizyon üç temel sütuna dayanmaktadır. Bunlar insan-merkezlilik, sürdürülebilirlik ve dayanıklılıktır. Bu boyutlar yalnızca Endüstri 4.0'ın eksik bıraktığı alanları tamamlamakla kalmamakta; aynı zamanda insan ve teknolojinin simbiyotik bir denge içinde yeniden konumlanmasını sağlamaktadır (Crnobrnja vd., 2023; Narkhede vd., 2023). İnsan-merkezlilik, dijitalleşmenin toplumsal değerlerle uyumlu hâle getirilmesini hedeflerken; sürdürülebilirlik, çevresel sorumluluğun ekonomik kârlılıkla birlikte düşünülmesi gerektiğini savunmaktadır. Dayanıklılık ise tüm bu yapının, krizler ve belirsizlikler karşısında sürekliliğini koruyabilmesi için stratejik bir direnç kapasitesi oluşturmaktadır (Jiménez-Partearroyo vd., 2024).

#### 3.1. İnsan-Merkezlilik

Endüstri 5.0'ın özünde yer alan insan-merkezlilik ilkesi, teknolojik ilerlemenin yalnızca üretkenlik odaklı değil, aynı zamanda insan refahı ve etik değerlere dayalı bir biçimde kurgulanması gerektiğini vurgulamaktadır (Saniuk vd., 2024). Endüstri 4.0 döneminde dijitalleşme ve otomasyonun sağladığı avantajlar, teknolojik ilerleme sonucunda insanın üretimden dışlanması ya da üretim sürecinde ikincil bir aktöre dönüşmesiyle oluşan '*işgücünün insansızlaşması*' ve '*bilişsel emeğin değersizleşmesi*' riskini beraberinde getirmektedir (Oukili Garti vd., 2025). Endüstri 5.0 bu sorunu tersine çevirerek teknolojiyi insan yaratıcılığı, sezgisi ve duygusal zekâsı ile bütünleştirmektedir. Bu nedenle insan artık üretim sürecinin dışsal bir bileşeni değil, değer yaratımının merkezi olarak vurgulanmaktadır (Jiménez-Partearroyo vd., 2024). Bu yaklaşımın teorik temelleri, Sosyo-Teknik Sistemler Teorisi ve İnsancıl Yönetim Yaklaşımıyla uyumludur. Sosyo-tekniğin bakış açısı, verimlilik ve insan refahının karşıt kavramlar değil, tamamlayıcı unsurlar olduğunu ileri sürmektedir (Cimino vd., 2025). Bu bağlamda, Endüstri 5.0'daki insan-merkezlilik yalnızca ergonomik veya bilişsel bir kolaylaştırma değil, anlam odaklı çalışmanın yeniden inşasını ifade etmektedir. Çalışan, yalnızca bir üretim girdisi değil, örgütsel yeniliğin aktörü hâline gelmektedir (Narkhede vd., 2023). Bununla beraber, İnsan-siber fiziksel sistemler (HCPS-Human-Cyber-Physical Systems) kavramı kritik bir rol oynamaktadır. HCPS, fiziksel süreçlerin, siber altyapının ve insanın bilişsel kapasitesinin bütünleşik bir sistem olarak tasarlanmasını öngörmektedir (Jiménez-Partearroyo vd., 2024). Bu yapı, yapay zekâ (YZ), artırılmış gerçeklik (AR), işbirlikçi robotlar (cobot) ve dış iskelet sistemleriyle desteklenmektedir. Böylece insanın bilişsel ve duygusal kapasitesi, makinenin işlem gücüyle birleşmekte ve ortaya bilişsel tamamlayıcılık temelli bir üretim modeli çıkmaktadır (Jiménez-Partearroyo vd., 2024).

İnsan-merkezliliğin aynı zamanda etik inovasyon anlayışını da içerdiği ifade edilmektedir. Endüstri 5.0'da teknoloji, bireylerin mahremiyetini, güvenliğini ve özerkliğini koruyacak biçimde tasarlanmalıdır (Fogaça vd., 2025). Bu yönüyle kavram, yalnızca mühendislik değil, etik felsefe ve insan hakları boyutunu da kapsamaktadır. Nitekim Avrupa Komisyonu'nun (European Commission, 2022) çerçevesi, insan-merkezli dijitalleşmeyi sosyal kapsayıcılık, toplumsal cinsiyet eşitliği ve yaşam kalitesiyle doğrudan ilişkilendirmektedir. Sonuç olarak, Endüstri 5.0'daki insan-merkezlilik, teknolojiyi insanın yerine değil, insanın potansiyelinin uzantısı olarak konumlandırmaktadır. Bu yaklaşım, üretim süreçlerinde hem bilişsel hem etik bir dönüşüm yaratarak, dijital çağın '*insanlı üretim paradigmasını*' ortaya koymaktadır (Saniuk vd., 2024).

### 3.2. Sürdürülebilirlik

Endüstri 5.0'ın ikinci boyutu olan sürdürülebilirlik, ekonomik verimliliğin çevresel ve sosyal maliyetlerle dengelenmesini amaçlamaktadır. Endüstri 4.0'ın hız, otomasyon ve ölçek ekonomisi odaklı yaklaşımı, kaynak tüketimini ve karbon ayak izini arttırmış; 'teknolojik büyümenin ekolojik bedeli' tartışmalarını gündeme getirmiştir (Oukili Garti vd., 2025). Buna karşın Endüstri 5.0, ekolojik modernizasyon teorisi ile uyumlu biçimde, teknoloji ve çevre arasındaki karşıtlığı değil, sinerjiyi vurgulamaktadır (Yiğit ve Engin, 2025). Bu çerçevede sürdürülebilirlik, üç boyutlu bir kavram olarak ele alınmaktadır. Bunlar; çevresel sürdürülebilirlik, ekonomik sürdürülebilirlik ve sosyal sürdürülebilirliktir. Çevresel sürdürülebilirlik, yenilenebilir enerji, döngüsel ekonomi ve yeşil bilişim uygulamalarıyla sağlanmaktadır. Ekonomik sürdürülebilirlik, kaynak verimliliği ve uzun vadeli rekabet gücüyle ilişkilidir (Ali vd., 2025). Sosyal sürdürülebilirlik ise çalışan refahı, adil ücret, iş güvencesi ve yaşam kalitesi gibi faktörleri içermektedir (Ghobakhloo vd., 2022).

Endüstri 5.0'daki sürdürülebilirlik yaklaşımı, yalnızca çevre dostu teknolojilerin uygulanmasını değil, değer zincirlerinin yeniden tasarımını gerektirmektedir. Özellikle yenilenebilir enerji, tedarik zincirlerinde yapay zekâ, IoT ve blokzincir entegrasyonları sayesinde kaynak yönetimi şeffaflaşmakta, enerji verimliliği artmakta ve atık oranları azalmaktadır (Kasap, 2025). Bu tür dijital çözümler, işletmelerin sürdürülebilirlik performansının ölçülebilir ve optimize edilebilir hâle gelmesini sağlamaktadır. Ayrıca, biyomimetik üretim sistemleri ve akıllı malzemeler gibi teknolojiler, doğanın kendini yenileme ilkelerini endüstriyel sürece entegre etmektedir. Böylece teknoloji yalnızca insan yaşamını kolaylaştırmakla kalmayarak, doğayla simbiyotik bir ilişki kurmasını sağlamaktadır (Narkhede vd., 2023). Kısacası, Endüstri 5.0 sürdürülebilirliği, yalnızca karbon azaltımı veya enerji tasarrufu değil, gezegen-insan-ekonomi üçlüsünde dengeyi yeniden tesis etme çabası olarak kavramsallaştırılmaktadır. Bu yönüyle, sürdürülebilirlik artık bir çevre politikası değil, geleceğin üretim etiği haline gelmektedir.

### 3.3. Dayanıklılık

Endüstri 5.0'ın üçüncü boyutu olan dayanıklılık, sistemlerin kriz, belirsizlik ve dış şoklar karşısında uyarlanabilirliğini ve sürekliliğini ifade etmektedir. Bu kavram, özellikle COVID-19 pandemisi ve küresel tedarik zinciri kırılmalarından sonra stratejik önem kazanmıştır (Crnobrnja vd., 2023). Dayanıklılık, yalnızca fiziksel üretim sistemlerinin değil; örgütlerin, işgücünün ve toplumun bütünsel direncini kapsamaktadır. Teorik olarak bu boyut, örgütsel dayanıklılık ve sistemik adaptasyon literatürüyle bağlantılıdır. Bu çerçevede dayanıklılık, iki düzeyde işlemektedir. İlk olarak mikro düzeyde bireysel psikolojik dayanıklılığını yani insanın stres ve belirsizlikle başa çıkma gücünü; ikinci olarak ise makro düzeyde örgütlerin esneklik ve çeviklik kapasitesini ifade etmektedir (Masoomi vd., 2025). Endüstri 5.0'ın, söz konusu bu iki düzeyi sosyo-teknik bağlamda birleştirdiği yorumunu yapmak mümkündür.

Teknolojik açıdan dayanıklılık, öngörüye dayalı analitikler, dijital ikizler, yapay zekâ destekli karar sistemleri ve siber güvenlik altyapıları ile sağlanmaktadır (Masoomi vd., 2025). Bu araçlar, sistemlerin potansiyel arızaları veya arz zinciri kesintilerini önceden tespit etmesine olanak tanımaktadır. Ancak dayanıklılığın özünde yalnızca teknoloji değil, insan faktörü de söz konusudur. Çalışanların esnek düşünme, hızlı öğrenme ve kolektif problem çözme becerileri, teknolojik dayanıklılığın ön koşulu olarak vurgulanmaktadır (Saniuk vd., 2024). Bu nedenle Endüstri 5.0'deki yansımalarıyla dayanıklılığın, klasik anlamda risk yönetimi anlayışını aşarak, adaptasyonu, dönüşümü ve öğrenmeyi merkeze aldığı görülmektedir. Literatürde vurgulandığı üzere, dayanıklı sistemler, belirsizliğe uyum sağlamakla kalmamakta, ondan öğrenerek kendini yeniden inşa etmektedir. Diğer taraftan, bu yaklaşımın etik boyutu olduğu da ifade edilmektedir. Dayanıklı bir sanayi, yalnızca üretimi sürdürebilen değil, insan ve toplumun sürekliliğini güvence altına alan bir sistem olarak ifade belirtilmektedir. Dolayısıyla Endüstri 5.0 dayanıklılığının, teknolojik altyapı, çeviklik ve insani direncin dinamik dengesini yansıttığı yorumunu yapmak mümkündür.

#### 4. Endüstri 5.0'da İşgücü ve Yeni Yetkinlikler

Endüstri 5.0, insan emeğini üretim döngüsünün merkezine yeniden yerleştiren bir sanayi vizyonu olarak öne çıkmaktadır. Bu dönemde teknolojik araçlar artık insanı ikame eden değil, onun yaratıcılığını ve bilişsel kapasitesini destekleyen unsurlar olarak görülmektedir. Endüstri 4.0'ın verimlilik ve otomasyon odaklı mantığı, insanın üretimden dışlanması riskini ortaya çıkarmıştır. Oysa Endüstri 5.0, bu eğilimi tersine çevirerek insan ile makine arasında bilişsel bir ortaklık kurmayı amaçlamaktadır (Saniuk vd., 2024). Bu dönüşüm, yalnızca teknolojik adaptasyon değil, aynı zamanda değerler sisteminde bir değişimi ifade etmektedir. Üretim süreçleri artık salt ekonomik çıktılar yerine insan onuru, güvenliği ve refahı gibi etik ölçütlere göre değerlendirilmektedir (Ali vd., 2022).

Yeni endüstriyel dönemde işgücünden beklenen en temel değişim, teknik yeterliliklerin ötesine geçen çok katmanlı bir beceri seti ortaya koymasıdır. Siber-fiziksel sistemler, yapay zekâ ve dijital ikizler gibi teknolojilerle etkileşim kurabilen çalışanlar, yalnızca veri analiz eden değil, bilgiyi yorumlayarak karar süreçlerine katkı sunan aktörler hâline gelmektedir (Crnobrnja vd., 2023). Bu durum çeviklik, sistemik düşünme ve sürekli öğrenme gibi yetkinliklerin önemini arttırmaktadır (Ghobakhloo vd., 2024). Ayrıca dijital farkındalığın yanında, teknolojiyle etkileşimde etik duyarlılık ve sosyal sorumluluk bilinci de temel bir gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır (Jiménez-Partearroyo vd., 2024). Endüstri 5.0 sürecinde insan yalnızca üretim araçlarının bir bileşeni değil, teknolojik sistemlerin insani yönünü temsil eden bilinçli bir paydaş olarak tanımlanmaktadır (Narkhede vd., 2023).

Endüstri 5.0 işgücü modeli aynı zamanda sürdürülebilirlik ve dayanıklılık kavramlarıyla yakından ilişkilidir. Çalışanların yalnızca ekonomik üretkenliğe değil, çevresel etkilerine karşı da sorumluluk taşımaları beklenmektedir. Bu bağlamda 'yeşil beceriler' olarak adlandırılan yeni bir yetkinlik grubu ön plana çıkmaktadır (Masoomi vd., 2025). Yenilenebilir enerji farkındalığı, döngüsel ekonomi uygulamalarına katılım ve enerji verimliliği bilinci, üretim sürecinin parçası hâline gelmektedir. Böylece Endüstri 5.0, sürdürülebilir kalkınmayı yalnızca politika düzeyinde değil, mikro ölçekte işgücü davranışları üzerinden de somutlaştırmaktadır (Ghobakhloo vd., 2024). Bu yaklaşım, sanayinin doğa ile çatışan değil, onunla uyumlu bir ekosistem kurmasını hedefleyen normatif bir çerçeve yaratmaktadır (Ali vd., 2022).

Son olarak, Endüstri 5.0'da işgücünün en belirgin niteliği çevikliklerdir. Belirsizliklerle dolu dijital ekonomide çalışanlardan beklenen, değişimi öngörmek ve ona uyum sağlamakla sınırlı değildir. Bununla birlikte, çalışanlardan değişimi yönlendirebilmeleri beklenmektedir. Bu nedenle öğrenen birey modeli, yeni endüstriyel paradigmanın özünü oluşturmaktadır (Islam vd., 2025). Yeniden beceri kazandırma ve sürekli gelişim süreçleri, örgütsel rekabet gücünün sürdürülebilirliği için stratejik bir araç hâline gelmektedir (Ghobakhloo vd., 2024). İnsan-makine işbirliği ortamında çalışan bireyler, artık yalnızca üretim hatlarının değil, inovasyonun da taşıyıcısı haline gelmektedir. Böylelikle Endüstri 5.0, insanın teknolojik sistemler içindeki konumunu edilgen bir unsurdan, dönüşümün bilinçli mimarına yükselten bir dönüm noktasını temsil etmektedir (Saniuk vd., 2024).

#### 5. Endüstri 5.0'ın Zorlukları

Endüstri 5.0'ın vaat ettiği insan-merkezli, sürdürülebilir ve dayanıklı üretim modeli, önceki sanayi devrimlerinin aksine salt teknolojik yeniliklerle değil, sosyo-teknik dönüşümün karmaşık etkileşimleriyle ilerlemektedir (Saniuk vd., 2024). Bu nedenle, sürecin kendisi yalnızca bir fırsatlar dizisi değil; aynı zamanda çok katmanlı zorluklar bütünü olarak ifade edilmektedir. Avrupa Komisyonu (European Commission, 2021), Endüstri 5.0'ın temel amacının 'insan ve gezegen için değer yaratan bir sanayi' olduğunu belirtse de, sürecin devamlılığı için teknolojik ve altyapısal, örgütsel ve kültürel, ekonomik, politik, etik, sosyal ve düzenleyici birtakım zorluklar barındırdığı belirtilmektedir (Nahavandi, 2019; Adel, 2022; Çevik Aka, 2025). Bu bölümde söz konusu zorluklar tartışılmaktadır.

### 5.1. Teknolojik ve Altyapısal Zorluklar

Endüstri 5.0'ın teknolojik çekirdeğini yapay zekâ, işbirlikçi robotlar (cobot'lar), dijital ikizler, blokzincir, bulut bilişim, 5G, artırılmış gerçeklik ve biyomimetik malzemeler gibi ileri teknolojiler oluşturmaktadır (Narkhede vd., 2023). Ancak bu teknolojilerin entegrasyonu, özellikle gelişmekte olan ülkelerde altyapı yetersizlikleri ve veri yönetimi zorlukları nedeniyle sınırlı kalmaktadır. Endüstri 5.0'ın hedefi, insan zekâsı ile yapay zekâyı bilişsel tamamlayıcılık içinde buluşturmadır (Saniuk vd., 2024). Fakat bu sinerjiyi kurmak, yalnızca teknik kapasiteyle değil, veri güvenliği, birlikte çalışabilirlik ve etik algoritma tasarımıyla da ilgilidir. İnsan merkezli siber fiziksel sistemler (HCPS-Human-Cyber-Physical Systems) altyapısının, siber güvenlik açıkları ve veri gizliliği sorunları gibi kritik riskler barındırdığı ifade edilmektedir (Çevik Aka, 2025). Özellikle sağlık, enerji ve savunma gibi sektörlerdeki siber-fiziksel saldırılar, sistemlerin dayanıklılığını doğrudan tehdit etmektedir (Masoomi vd., 2025). Bunun yanında, hızlı ve verimli üretim sistemlerinin aşırı üretim olgusunu tetikleyebileceği endişesi ifade edilmektedir (Nahavandi, 2019).

Bir diğer önemli zorluk, teknolojik olgunluk farkıdır. Endüstri 4.0 teknolojilerini dahi tam olarak içselleştirememiş birçok işletmenin, Endüstri 5.0'ın insan-merkezli dijital ekosistemlerine geçmekte zorlanmaları muhtemeldir (Crnobrnja vd., 2023). Bu geçiş, yalnızca makine modernizasyonu değil, aynı zamanda veri standardizasyonu, bulut mimarisi dönüşümü ve bilişsel sistemlerin entegrasyonunu gerektirmektedir. Ayrıca, teknolojik inovasyonun hızına karşın düzenleme mekanizmalarının yavaşlığı, inovasyon ile düzenlemeler arasında bir uyum sorunu yaratmaktadır. Bu durum, etik tasarım, veri sahipliği ve algoritmik şeffaflık gibi konularda belirsizliklere yol açmaktadır (Narkhede vd., 2023). Özetle, Endüstri 5.0'ın teknolojik temeli sağlam olsa da altyapısal eşitsizlikler ve dijital güvenlik açıkları, bu vizyonun evrensel ölçekte hayata geçmesini sınırlamaktadır.

### 5.2. Örgütsel ve Kültürel Zorluklar

Endüstri 5.0'ın başarısının, yalnızca teknolojik donanımın değil, örgütsel zihniyetin dönüşümüne de bağlı olduğu vurgulanmaktadır. Ancak literatür, örgütlerin büyük bölümünde Endüstri 4.0 kültürünün hâlâ içselleştirilmemiş olduğunu belirtmektedir (Fogaça vd., 2025). Bu durum, insan-merkezli bir Endüstri 5.0 kültürünün inşasını daha da karmaşık hâle getirmektedir. Örneğin, mevcut işgücünün insan-makine işbirliğini sağlayacak bilişsel ve teknik yetenekler açısından geliştirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Adel, 2022).

Örgütlerin karşılaştığı temel kültürel zorluklardan biri, teknoloji-merkezli düşünme biçiminin hâkimiyetidir. Yöneticiler sıklıkla dijital dönüşümü teknoloji yatırımıyla eşdeğer tutmakta; insan faktörünü, öğrenme kapasitesini ve kültürel adaptasyonu ikinci plana atmaktadır (Jiménez-Partearroyo vd., 2024). Bu yaklaşım, Endüstri 5.0'ın özündeki 'insan-teknoloji uyumu' düşüncesini zayıflatmaktadır. Ayrıca, örgütsel direnç önemli bir engel olarak ifade edilmektedir. Değişime yönelik belirsizlik ve korku, çalışanların yeni teknolojileri benimsemesini yavaşlatmaktadır. Özellikle işbirlikçi robotlarla birlikte çalışma, geleneksel iş tanımlarını dönüştürdüğü için iş güvencesi ve kimlik kaygılarını arttırmaktadır. Bu durum, psikolojik güvenlik ve örgütsel bağlılık düzeylerini olumsuz etkileyebilir (Çevik Aka, 2025). Bunun yanında, yeni sanayi devrimiyle, örgütlerin üretim politikalarına yeni görevler eklemesi gerektiği ifade edilmektedir (Nahavandi, 2019). Örgütleri etkileyen stratejik zorluklardan bir diğeri ise güvenlidir. Veri akışlarının geniş bir iş ekosisteminde sağlanması ciddi güvenlik açıklarına neden olabilir. Bunun için örgütlerin ileri teknoloji yatırımları yanında, iş akışını kesintisiz sağlayacak güvenlik sistemlerine sahip olmaları Endüstri 5.0 sürecinde kritik bir konudur (Adel, 2022).

Bir diğer boyut, liderlik kültürüdür. Endüstri 5.0'da liderler, artık yalnızca verimliliği arttıran yöneticiler değil, insan-teknoloji etkileşimini yöneten 'dijital etik liderler' olmak zorundadır (Fogaça vd., 2025). Dijital liderlik, duygusal zekâ, etik karar verme ve dijital empati gibi yeni becerileri içermektedir. Ancak bu becerilerin geliştirilmesinin, mevcut yönetim kültürlerinde hâlâ zayıf bir

alan olduğu ifade edilmektedir (Jiménez-Partearroyo vd., 2024). Dolayısıyla Endüstri 5.0'ın kültürel başarısı, teknolojiye uyumdan ziyade, insan-merkezli bir örgütsel kimlik inşasına bağlı olarak vurgulanmaktadır. Bu kimliğin, çevik öğrenme, sürekli gelişim ve ortak değer yaratma ilkeleri üzerine kurulması gerektiği belirtilmektedir (Islam vd., 2025).

### 5.3. Ekonomik ve Politik Zorluklar

Endüstri 5.0 yalnızca teknolojik bir paradigma değil, aynı zamanda ekonomik yeniden yapılanma sürecidir. Bu süreç, yatırımların yönünü, istihdam biçimlerini ve küresel rekabeti yeniden tanımlamaktadır (Fogaça vd., 2025). Ancak dönüşüm sürecinin ekonomik ve politik maliyetleri göz ardı edilememelidir.

Birincisi, yüksek yatırım gereksinimidir (Adel, 2022). Gelişmiş dijital altyapıların kurulması, yapay zekâ sistemlerinin lisanslanması ve sürdürülebilir enerji dönüşümü, büyük sermaye gerektirmektedir (Masoomi vd., 2025). Küçük ve orta ölçekli işletmelerin (KOBİ'ler), bu yatırımları karşılamakta güçlük çekebileceği belirtilmektedir. Bu durumun, Endüstri 5.0'ın kapsayıcı niteliğini zayıflatması muhtemeldir (Ali vd., 2025). İkincisi küresel eşitsizliklerdir. Gelişmiş ekonomiler insan-merkezli üretim teknolojilerini hızla benimserken, gelişmekte olan ekonomiler hâlâ Endüstri 4.0'a uyum sürecindedir (Saniuk vd., 2024). Bu farklılığın, küresel tedarik zincirlerinde yeni bağımlılık ilişkileri yaratma riski taşıdığı belirtilmektedir. İleri otonom sistemlerin etik ilkeleri nasıl içselleştirebileceği, etik davranışların nasıl çözümlenebileceğini ve hangi standartların geçerli olabileceğinin tartışılması önerilmektedir (Nahavandi, 2019). Endüstri 5.0'ın etik sanayi vurgusu, ancak bu eşitsizliklerin giderilmesiyle gerçek anlamda küresel bir dönüşüme yol açabilecektir (Crnobrnja vd., 2023).

Üçüncüsü, politik yönetim eksiklikleridir. Endüstri 5.0'ın insan-merkezli hedefleri, sürdürülebilir kalkınma politikalarıyla uyumlu olmalıdır. Ancak birçok ülkede sanayi politikalarının hâlâ kısa vadeli ekonomik kazançlara odaklandığı ifade edilmektedir (Fogaça vd., 2025). Ulusal düzeyde düzenleyici netlik eksikliği, özel sektör yatırımlarını caydırmaktadır. Son olarak, işgücü piyasasında nitelik uyumsuzluğu ciddi bir ekonomik engel olarak belirtilmektedir. Yüksek dijital okuryazarlık, bilişsel esneklik ve etik farkındalık gerektiren yeni roller, mevcut eğitim sistemleriyle desteklenmemektedir. Bu durumun da dijital işsizlik ve toplumsal dengesizlik risklerini arttırabileceği yorumunu yapmak mümkündür (Nahavandi, 2019). Sonuç olarak Endüstri 5.0'ın ekonomik başarısı, yalnızca teknolojik inovasyona değil, adil geçiş mekanizmalarının ve insan sermayesine yapılan stratejik yatırımların varlığına bağlıdır.

### 5.4. Etik, Sosyal ve Düzenlemelerden Kaynaklı Zorluklar

Endüstri 5.0'ın en tartışmalı yönlerinden birinin, etik ve sosyal meşruiyet meselesi olduğu ifade edilmektedir. İnsan-merkezli bir sanayi vizyonu, aynı zamanda teknoloji kullanımında sınırları da yeniden tanımlamaktadır. Yapay zekâ algoritmalarının karar süreçlerinde kullanılması, önyargı, hesap verebilirlik ve şeffaflık sorunlarını beraberinde getirmektedir (Canbay ve Demircioğlu, 2021). Bu durum, özellikle algoritmik etik ve insan-makine güveni konularında yeni düzenleme ihtiyaçlarını ortaya çıkarmaktadır (Crnobrnja vd., 2023). Avrupa Komisyonu'nun "*Ethics Guidelines for Trustworthy AI*" dokümanı, bu tartışmanın temel referans noktalarından biri olarak belirtilmektedir (Akt. Nahavandi, 2019). Ancak bu yönergelerin sanayi düzeyinde uygulanmasının, ülkeler arası farklı yasal sistemler nedeniyle homojen ilerlemediği ifade edilmektedir (Nahavandi, 2019).

Etik zorlukların yanı sıra, toplumsal kabul sorunu da Endüstri 5.0 sürecinde önemli bir konudur. İnsan-merkezli teknoloji vizyonunun toplumun tüm kesimleri tarafından eşit şekilde benimsenmediği belirtilmektedir (Saniuk vd., 2024). Özellikle otomasyonun istihdam üzerindeki etkileri, sosyal güvenlik sistemlerinin ve gelir dağılımının yeniden yapılandırılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle Endüstri 5.0'ın etik ilkelerinin, yalnızca mühendislik düzeyinde değil, toplumsal sözleşme düzeyinde de yeniden tanımlanması vurgusu yapılmaktadır (Oukili Garti vd., 2025). Düzenleyici açıdan ise en kritik sorunun, hızla gelişen teknolojilere uyumlu hukuk çerçevesi

oluşturma gücüne olduğu belirtilmektedir. Mevcut veri koruma ve iş sağlığı yasalarının, yapay zekâ temelli çalışma ortamlarının risklerini kapsamakta yetersiz kaldığı ifade edilmektedir (Jiménez-Partearroyo vd., 2024). Yeni çalışma biçimlerinde sınırların bulanıklaşması, iş tanımlarının ve sorumluluk alanlarının belirsizleşmesine yol açmaktadır (Narkhede vd., 2023). Sonuç olarak etik, sosyal ve düzenleyici zorluklar, Endüstri 5.0'in yalnızca teknik değil, normatif ve değer temelli bir proje olduğunu göstermektedir. Bu nedenle Endüstri 5.0'in başarısının, inovasyonun hızından çok, etik yönetişimin kalitesine bağlı olacağı vurgulanmaktadır (Canbay ve Demircioğlu, 2021).

## 6. Toplum 5.0 ve Endüstri 5.0 Arasındaki Farklar

Beşinci Sanayi Devrimi tartışmalarında sıklıkla birlikte anılan Toplum 5.0 ve Endüstri 5.0 kavramları, görünüşte benzer hedeflere yönelse de temelde farklı felsefi kökenlere, kurumsal bağlamlara ve uygulama alanlarına sahiptir. Her iki paradigma da dijital dönüşüm sürecinin insan odaklı yeniden inşasını hedeflemektedir. Ancak biri toplumsal düzeyde sistemsel dönüşümü, diğeri endüstriyel düzeyde üretim sistemlerinin insani değerler üzerine inşa edilmesini merkeze almaktadır.

### 6.1. Kavramsal Kökenler ve Felsefi Temeller

Toplum 5.0 kavramı, ilk kez Japonya'da 2016 yılında yayımlanan Beşinci Bilim ve Teknoloji Temel Planı çerçevesinde ortaya çıkmıştır. Bu yaklaşım, "süper akıllı toplum" vizyonu ile bireyin, toplumsal refahın ve teknolojik ilerlemenin bütünleşmesini amaçlamaktadır. Japonya'nın demografik yaşlanma, işgücü azalışı ve sosyal hizmetlerde sürdürülebilirlik gibi ulusal sorunlarına yanıt olarak geliştirilen bu paradigma, teknolojiyi insan yaşam kalitesini arttıran bir araç olarak konumlandırmaktadır (Yetkin ve Coşkun, 2021).

Buna karşılık Endüstri 5.0, Avrupa Komisyonu'nun 2021 yılında yayımladığı politika belgeleriyle kurumsallaşmış endüstriyel bir yaklaşımdır. Avrupa'nın önceliği, dijital dönüşümün yalnızca ekonomik büyümeye değil, aynı zamanda insan refahına, çevresel sürdürülebilirliğe ve sanayi dayanıklılığına hizmet etmesini sağlamaktır (Fogaça vd., 2025). Dolayısıyla Endüstri 5.0, Japonya'nın sosyal refah merkezli vizyonuna karşın, Avrupa sanayi politikasının dönüşüm vizyonu olarak şekillenmektedir.

### 6.2. Odak Düzeyi ve Uygulama Alanı

Toplum 5.0, insan-makine işbirliğini toplumsal yaşamın geneline yaymayı hedefleyen bir sistemsel dönüşüm projesi olarak ifade edilmektedir. Kavram, eğitim, sağlık, enerji, ulaşım ve kamu yönetimi gibi alanlarda teknolojinin etik ve insani kullanımını teşvik etmektedir. Bu modelde teknoloji, sosyal sorunları çözüme aracı olarak ele alınmaktadır. Örneğin yaşlı bakımında robot destekli hizmetler veya akıllı şehirlerde sürdürülebilir altyapı uygulamaları gibi gelişmeler akıllı toplum örnekleridir (Yacan, 2021).

Buna karşın Endüstri 5.0, daha dar kapsamlı ancak derinlemesine bir yaklaşım benimsemektedir. Endüstri 5.0 üretim sistemlerinin, özellikle siber-fiziksel sistemler (CPS) ve işbirlikçi robotlar (cobot) aracılığıyla insanla yeniden bütünleştirilmesini ifade etmektedir (Islam vd., 2025). Amaç, Endüstri 4.0'in otomasyon odaklı doğasından uzaklaşarak, üretim süreçlerinde yaratıcılık, esneklik ve insani sezgiyi yeniden merkezi hâle getirmektir. Dolayısıyla Toplum 5.0 toplumsal düzeyde refahı arttırmayı hedeflerken, Endüstri 5.0 ekonomik sistemin insanileşmesine odaklanmaktadır (Canbay ve Demircioğlu, 2021).

### 6.3. Politika Düzeyinde Ayrışma

Politika düzeyinde iki paradigma arasında belirgin bir ayrım vardır. Japonya'nın Toplum 5.0 stratejisi, kamu yönetimi ve vatandaş etkileşimi perspektifinden tasarlanmıştır. Toplum 5.0 devletin, özel sektörün ve bireylerin ortak değer üretimini teşvik etmektedir (Yıldız ve Alan, 2025).

Avrupa Birliği'nin Endüstri 5.0 politikası ise kurumsal sorumluluk, sanayi dayanıklılığı ve dijital etik ilkeleri üzerine kuruludur. AB çerçevesinde Endüstri 5.0, 'rekabet gücü + sosyal kapsayıcılık + yeşil dönüşüm' üçlemesini ekonomik sürdürülebilirliğin temeli olarak ele almaktadır (Fogaça vd., 2025).

#### 6.4. Değerler, Hedefler ve Yönetişim Yaklaşımları

Toplum 5.0 ve Endüstri 5.0, her ne kadar 'insan merkezli dijital dönüşüm ideali' etrafında birleşse de farklı değer sistemlerine dayanmaktadır (Islam vd., 2025). Toplum 5.0, bütüncül iyi oluş (holistic well-being) yaklaşımına yaslanmakta ve birey, toplum ve doğa arasındaki dengeyi merkeze almaktadır. Endüstri 5.0 ise kurumsal dayanıklılık ve etik üretkenlik ilkelerini öne çıkarmakta ve üretim sistemlerinde insanın 'değer yaratan ortak' olarak yeniden tanımlanmasını hedeflemektedir (Fogaça vd., 2025). Yönetişim açısından da Toplum 5.0 ve Endüstri 5.0 yaklaşımları arasında farklılıklar olduğu belirtilmektedir. Toplum 5.0 yatay işbirliği ve kamusal yönetim modellerini benimserken; Endüstri 5.0 işletme düzeyinde etik, sürdürülebilir ve çevik yönetim ilkelerini kurumsal stratejilere entegre etmektedir (Thompson-Bahm vd., 2025).

#### 6.5. Karşılaştırmalı Değerlendirme

Toplum 5.0 ile Endüstri 5.0 yaklaşımları arasındaki farkları dikkate aldığımızda, yaklaşımların arasındaki ilişkinin basit bir '*üst-şemsiye-alt-uygulama*' hiyerarşisinden daha karmaşık olduğu görülmektedir. Her iki kavram, ontolojik konumlanış, normatif yönelim, yönetim mantığı, uygulama ölçekleri ve başarı ölçütleri bakımından hem ayrışmakta hem de birbirini tamamlamaktadır. Aşağıdaki karşılaştırmalı çözümleme, bu çok katmanlı ilişkiyi derinleştirmektedir.

**(i) Ontoloji ve amaç mimarisi:** Toplum 5.0, teknolojiyi insani gelişmeyi hızlandıran bir kamusal değer üretim aracı olarak çerçevelemektedir. Amaç, ekonomik büyüme ile toplumsal refahın birlikte ilerlediği süper akıllı toplum düzeni inşa etmektir (Ali vd., 2022). Endüstri 5.0 ise aynı insani hedefleri kurumsal işleyişin iç mantığına işleyerek üretim ve tedarik zincirlerinin etik, sürdürülebilir ve dayanıklı bir biçimde yeniden tasarlanmasına odaklanmaktadır (Fogaça vd., 2025). Bu nedenle Toplum 5.0, '*nihai toplumsal hedefi*' formüle ederken; Endüstri 5.0, bu hedefe endüstriyel dönüşüm yoluyla ulaşmanın ilkelerini somutlaştırmaktadır (Islam vd., 2025).

**(ii) Normatif pusula ve değer öncelikleri:** Toplum 5.0, kapsayıcılık, eşit erişim, yaşam kalitesi ve toplumsal adalet gibi kamusal değerleri merkeze almaktadır (Yiğit ve Engin, 2025). Endüstri 5.0, bu değerleri sorumlu inovasyon, etik üretkenlik ve paydaş odaklılık ilkeleri altında işletmeye uyarlamaktadır. Endüstri 5.0, çevresel sınırlar ile çalışan esenliğini operasyon tasarımının çekirdeğine yerleştirmektedir. Böylelikle Toplum 5.0'ın toplumsal normatifliği, Endüstri 5.0'da şirket-düzeyi tasarım kriterlerine dönüşmektedir (Thompson-Bahm vd., 2025)

**(iii) Yönetişim mimarisi ve aktör konfigürasyonları:** Toplum 5.0'da devletin yönlendirici ve kolaylaştırıcı rolü güçlü ve kamusal-özel-vatandaş üçgeninde kamusal yönetişimin baskın olduğu ifade edilmektedir. Endüstri 5.0 düzenleyici çerçeveyi veri alırken, işletmelerin kurumsal yönetişim kapasitesini paydaş katılımı, etik standartlar, çevresel taahhütler gibi operasyonel zorunluluklara dönüştürmektedir (Fogaça vd., 2025).

**(iv) Uygulama ölçeği ve araç seti:** Toplum 5.0 sağlık, eğitim, şehircilik ve sosyal hizmetler dâhil toplumsal sistemler ölçeğinde veri-yoğun tasarımları öngörmektedir (Yetkin ve Coşkun, 2021). Endüstri 5.0, üretim mimarisinde HDT/DT (insan-dijital ikiz), işbirlikçi robotlar, gelişmiş insan-makine arayüzleri, yapay zekâ, CPS/IoT, enerji verimliliği ve siber güvenlik gibi somut teknolojik yığınlar üzerinden ilerlemektedir. Bu teknolojiler Endüstri 4.0'dan devralınmakla birlikte, insan-merkezli iş tasarımı ve sürdürülebilirlik kısıtları altında yeniden işlevselleştirilmektedir (Saniuk vd., 2024).

**(v) Dayanıklılık ve sürdürülebilirlik tasarımı:** Toplum 5.0, dayanıklılığı toplumsal sistemlerin kırılabilirlik azaltımı ve hizmet sürekliliği üzerinden tanımlamaktadır (Yacan, 2021).

Endüstri 5.0 ise tedarik zinciri dayanıklılığı, döngüsel üretim ve net-sıfır hedefleri gibi ölçülebilir endüstriyel göstergelerle somutlaştırmaktadır. Yenilenebilir enerji entegrasyonu, kapalı-döngü malzeme akışları ve onarılabilir tasarım bunun başlıca operatörleri olarak ifade edilmektedir (Ghobakhlo vd., 2023). Dolayısıyla aynı ilke, makro (toplumsal) ve mikro (kurumsal) düzeylerde farklı metriklerle izlenmektedir (Masoomi vd., 2025).

**(vi) İnsan faktörü ve işin geleceği:** Toplum 5.0'da 'insan' dijitalleşmenin nihai yararlanıcısıdır. Bu yaklaşımda beceri ekosistemleri ve kapsayıcı politikalar ön plandadır (Yetkin ve Coşkun, 2021). Endüstri 5.0, 'Operatör 4.0/5.0' yaklaşımıyla iş tasarımı, güvenlik, yetkinlik mimarisi ve ortak biliş üzerine odaklanmaktadır. İnsan-teknoloji arayüzleri (HDT), artırılmış gerçeklik, güvenli işbirlikçi robot etkileşimi gibi bileşenler iş-insan arayüzünü yeniden kurgulamaktadır. Bu çerçevede işçi sağlığı-iş güvenliği, psikososyal riskler ve etik insan-makine sınır koşulları üretim tasarımının ayrılmaz parçası hâline gelmektedir (Narkhede vd., 2023).

**(vii) Başarı ölçütleri ve değerlendirme rejimleri:** Toplum 5.0'da başarı, yaşam kalitesi, kapsayıcılık, hizmet etkinliği ve kamu değeriyle ölçülmektedir (Ghobakhloo vd., 2024). Endüstri 5.0'da çoklu değer üretimi (ekonomik-çevresel-sosyal), insan-merkezli performans (çalışan refahı, beceri yoğunluğu), dayanıklılık metrikleri (tedarik sürekliliği, siber güvenlik olgunluğu) ve döngüsellik göstergeleri öne çıkmaktadır (Teoman, 2024). Bu durum klasik verimlilik setinin normatif genişlemesi anlamına gelmektedir (Thompson-Bahm vd., 2025).

**(viii) Dönüşüm mantığı: Evre mi, kopuş mu, melez mi?:** Evrimci okuma, Endüstri 5.0'ı Endüstri 4.0'ın normatif genişlemesi; Toplum 5.0'ı ise bu genişlemenin toplumsal vizyon katmanı olarak görmektedir. Kurumsal yaklaşım, iki söylemin farklı kurumsallaşma evrelerinde olduğunu göstermektedir. Endüstri 4.0 artık küresel ölçekte somutlaşmış ve kurumsallaşmış bir üretim modeli hâline gelmiştir. Buna karşın Endüstri 5.0 hâlâ kavramsal olarak biçimlenme ve yaygın örnekler üzerinden şekillenme sürecindedir (Yetkin ve Coşkun, 2021). Bu nedenle pratikte söz konusu iki yaklaşım iç içe geçmekte, yapı çoğunlukla melez biçimde görülmektedir (Fogaça vd., 2025).

**(ix) Risk profili:** Toplum 5.0 için temel risk, kamusal düzeyde verilen vaatlerle uygulama arasındaki uçurumun büyümesi ve dijital eşitsizliklerin derinleşmesidir (Ghobakhloo vd., 2024). Endüstri 5.0 açısından ise başlıca riskler, 'yeşil göz boyama' eğilimleri, etik ilkelerin yalnızca sembolik düzeyde kalması ve insan-makine (H-M) ya da insan-dijital teknoloji (HDT) arayüzlerinin veri, gizlilik ve güvenlik alanlarında kötüye kullanılma olasılığıdır (Saniuk vd., 2024). Ayrıca, küçük ve orta ölçekli işletmeler (KOBİ'ler) için ölçeklenebilirlik ve finansman güçlükleri ile tedarik zincirlerinde şeffaflık ve yük paylaşımı konuları, sürecin en kritik yapısal gerilim alanları olarak öne çıkmaktadır (Khan vd., 2023; Masoomi vd., 2025).

**(x) Tamamlayıcılık hipotezi:** Karşıt değil, tamamlayıcı iki yapı söz konusudur: Toplum 5.0, kamusal amaç fonksiyonunu (refah, kapsayıcılık, sürdürülebilirlik) belirlerken; Endüstri 5.0, bu amacı kurumsal tasarım kararlarına çeviren operasyonel geçerlilik sağlamaktadır (Ghobakhloo vd., 2024; Fogaça vd., 2025). Bu işleyiş, sosyo-teknik sistemler mantığı içinde insan-merkezli tasarım ve döngüsel üretimle kurulmaktadır (Saniuk vd., 2024).

Sonuç olarak Toplum 5.0, toplumsal refahın teknolojiyle yeniden mimarisi için normatif ufku çizerken; Endüstri 5.0, bu ufku kurumsal tasarım, süreç mimarisi ve teknoloji seçimi düzeyinde gerçekleştirmenin yol haritasını oluşturmaktadır. Uyum başarıldığında, iki paradigma birlikte insan-merkezli, dayanıklı ve sürdürülebilir bir üretim-toplum düzeni inşa edebilecektir. Yaşanması muhtemel uyumsuzlukta ise kamu vizyonu ile kurumsal pratik arasında meşruiyet boşlukları doğması muhtemeldir. Bu nedenle, normatif hedeflerin ölçülebilir kurumsal metriklere çevrilmesi ve bu metriklerin politika-piyasa teşvikleriyle tutarlı şekilde yönetilmesi, Endüstri 5.0'da başarının anahtarı olarak nitelenmektedir (Ghobakhloo vd., 2024; Fogaça vd., 2025). Aşağıdaki Tablo 2'de, ilgili metinlerden faydalanılarak oluşturulan ve iki paradigmanın temel farklarını özetleyen nitelikler

görülmetedir (Ghobakhloo vd., 2024; Thompson-Bahm vd., 2025; Ali vd., 2022; Adel, 2022; Van Erp, 2024; Narkhede vd., 2023; Masoomi vd., 2025; Fogaça vd., 2025; Ali vd., 2025).

**Tablo 2: Endüstri 5.0 ve Toplum 5.0 Paradigmaları Arasındaki Temel Farklar**

Boyut	Endüstri 5.0	Toplum 5.0
<b>Köken</b>	Avrupa Komisyonu – Endüstriyel Strateji (2021)	Japonya – Bilim ve Teknoloji Temel Planı (2016)
<b>Kavramsal Odak</b>	Üretimde insan, teknoloji ve sürdürülebilirlik dengesini kuran beşinci sanayi paradigması.	Dijital teknolojileri sosyal refah ve yaşam kalitesi için kullanan toplum vizyonu.
<b>Amaç</b>	Etik, dayanıklı ve insan odaklı üretim kültürü oluşturmak.	Kapsayıcı, güvenli ve refah temelli dijital toplum inşa etmek.
<b>Merkez Aktör</b>	Endüstriyel işletmeler, mühendisler ve dijital liderler.	Vatandaşlar, kamu kurumları ve topluluklar.
<b>Teknolojik Temeller</b>	Yapay zekâ, cobot'lar, dijital ikizler, yeşil bilişim, blokzincir.	Nesnelerin interneti, büyük veri, akıllı şehir sistemleri.
<b>Değerler</b>	İnsan-merkezlilik, sürdürülebilirlik, etik inovasyon.	Sosyal eşitlik, katılımcılık, güvenlik ve yaşam kalitesi.
<b>Yönetişim</b>	Çok paydaşlı, etik ve döngüsel ekonomi odaklı yönetim.	Kamu politikası ve dijital vatandaşlık temelli yönetim.
<b>Zorluklar</b>	KOBİ'lerin dönüşüm maliyetleri, etik standartlar, veri güvenliği.	Dijital eşitsizlik, gizlilik sorunları, politika uygulama açığı.

**Kaynak:** Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Literatürdeki çalışmalarda Endüstri 5.0 özetle, '*teknolojiye uygun insanı yaratmak*' sürecini yansıtırken; Toplum 5.0, '*teknolojiyi toplumla bütünleştirme*' vizyonunu temsil ettiği görülmektedir. Endüstri 5.0 mikro boyutta üretim paradigmasının dönüşümünü; Toplum 5.0 ise makro boyutta refah politikalarının dijitalleşmesini hedeflemektedir. Bu nedenle, iki kavram bir rekabet değil, tamamlayıcı bir dönüşüm ilişkisi içindedir. Kısaca, Endüstri 5.0 uygulamalarının Toplum 5.0 vizyonunun kurumsal zemini olarak işlev gördüğü yorumunu yapmak mümkündür.

## 7. Sonuç

Endüstri 5.0, sanayi tarihinin yalnızca teknik bir evrimsel aşaması değil, insan, teknoloji ve gezegen arasındaki ilişkinin normatif olarak yeniden tanımlandığı paradigmatik bir kırılma noktasıdır. Bu yeni endüstriyel paradigma, Endüstri 4.0'ın verimlilik temelli, rasyonalist üretim modelinin yol açtığı insansızlaşma, etik belirsizlik ve ekolojik maliyet sorunlarını aşma gereksiniminden ortaya çıkmıştır. Literatür incelemesi, üç temel boyutun (insan-merkezlilik, sürdürülebilirlik ve dayanıklılık) Endüstri 5.0'in kurucu eksenini oluşturduğunu ve teknolojik ilerlemenin yönünü değer temelli bir çerçevede yeniden tanımladığını göstermektedir. İnsan-merkezli yapay zekâ (HCAI), işbirlikçi robotlar, dijital ikizler, yeşil bilişim ve döngüsel ekonomi gibi bileşenler yalnızca teknik yenilikler değil, aynı zamanda etik sorumluluğun, bilişsel tamamlayıcılığın ve refah odaklı üretimin taşıyıcıları olarak değerlendirilmektedir. Dolayısıyla Endüstri 5.0, üretim mantığında otomasyondan işbirliğine, rekabetten dayanışmaya, performans odaklılıktan anlam odaklılığa yönelen bir zihniyet dönüşümünü temsil etmektedir.

Bu çalışmada gerçekleştirilen kavramsal analiz, literatürde öne çıkan dört somut sonucu ortaya koymaktadır. İlk olarak, Endüstri 5.0'in teknoloji tasarımında insanın bilişsel, etik ve sosyal gereksinimleriyle uyumlu hâle getirilen bir insan-teknoloji dengeleme modeline ihtiyaç duyulduğu görülmektedir. Bu bağlamda, operatörün bilişsel yükünü azaltan arayüz tasarımları, etik karar verme süreçlerini destekleyen yapay zekâ uygulamaları ve çalışan güvenliğini arttıran cobot işbirliği modelleri bu dönüşümün somut örnekleri olarak öne çıkmaktadır. İkinci olarak ise sürdürülebilirlik boyutu, enerji verimliliği, döngüsel ekonomi ve yeşil bilişim uygulamalarıyla yalnızca çevresel değil, uzun vadeli kurumsal dayanıklılık açısından da belirleyici bir rol üstlenmektedir. Nitekim yeşil veri merkezleri, enerji geri kazanım sistemleri ve atık minimizasyonuna dayalı yenilikçi üretim döngüleri, sürdürülebilirlik boyutunun kurumsal performans üzerindeki etkisini görünür kılmaktadır. Üçüncü olarak, dayanıklılık boyutunun tedarik zincirlerinin dijitalleşmesi, esnek

üretim yapıları ve gelişmiş siber güvenlik mekanizmaları aracılığıyla sanayi sistemlerinin olası krizlere karşı direncini yükselttiği anlaşılmaktadır. Örneğin, dijital ikizlerle senaryoya dayalı risk tahminleri, esnek üretim hücreleri ve gerçek zamanlı tehdit izleme sistemleri, organizasyonların şoklara adaptasyon kapasitesini güçlendiren kritik uygulamalar olarak sıralanabilir. Son olarak, Endüstri 5.0'in insan-merkezli niteliği, organizasyonların yalnızca teknolojik değil, aynı zamanda kültürel dönüşüm süreçlerini de yeniden tanımlamalarını gerektirmektedir. Bu bağlamda çevik öğrenme kültürü, etik liderlik pratikleri ve çalışan refahını güçlendiren insan odaklı yönetim modelleri, dönüşümün kültürel boyutunun ne kadar kritik olduğunu ortaya koymaktadır.

Bununla birlikte literatür, paradigmanın uygulanmasında bir dizi yapısal ve kurumsal zorluk bulunduğunu vurgulamaktadır. Endüstri 5.0'in bütüncül biçimde uygulanabilirliğini sınırlayan temel etmenleri altyapısal eşitsizlikler, siber güvenlik riskleri, nitelikli işgücü açığı, etik yönetim eksiklikleri ve düzenleyici çerçevelerdeki uyumsuzluklar olarak sıralamak mümkündür. Özellikle gelişmekte olan ekonomilerde teknolojik olgunluk farkı ve finansal kapasite yetersizliği, insan-merkezli üretim sistemlerine geçişi yavaşlatmaktadır. Bu nedenle kapsayıcı sanayi politikaları, dijital-etik yetkinlikleri güçlendiren eğitim ekosistemleri ve uluslararası işbirliği ağları, literatürde sürdürülebilir başarının ön koşulları olarak ifade edilmektedir.

Bu çalışma, literatürdeki mevcut boşlukları görünür kılmaktadır. İlk olarak, Endüstri 5.0 henüz olgunlaşma aşamasında olduğu için sürecin uygulamada nasıl işleyeceği netleşmemiştir. Endüstri 5.0 alanında kavramın hızlı yükselişiyle birlikte literatürün genel görünümünü haritalandırmak amacıyla çok sayıda bibliyometrik ve kavramsal analiz gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar çoğunlukla yayın eğilimlerini, tematik kümeleri ve kavramsal ağları betimlemekle sınırlı kalmakta; paradigmanın uygulamaya dönük mekanizmalarını açıklığa kavuşturamamaktadır. Bu nedenle, Endüstri 5.0'in pratikte nasıl inşa edildiğini ve hangi kurumsal dinamiklerle şekillendiğini ortaya koyan ampirik araştırmalar hâlen oldukça sınırlıdır. Özellikle insan-siber-fiziksel sistemlerin (HCPS) işleyişi, insan-makine işbirliğinin psikososyal etkileri ve etik yapay zekâ tasarımının kurumsal çıktıları literatürde yeterince incelenmemiş kritik alanlar olarak öne çıkmaktadır. İkinci olarak, KOBİ'lerin dönüşüm kapasitesi, finansal ve teknolojik bariyerler bağlamında derinlemesine araştırılmayı bekleyen bir alandır. Üçüncü olarak, kamu politikalarının Endüstri 5.0 değerleriyle uyumlu biçimde tasarlanması için gerekli yönetim modelleri konusunda literatürde fikir birliği bulunmamaktadır.

Bu boşluklar ışığında gelecek araştırmalar için üç temel eksen önerilmektedir.

- İnsan boyutu: Çalışan deneyimi, bilişsel yük, etik farkındalık, motivasyon ve iş-psikolojisi temelli etkilerin derinlemesine incelenmesi önerilmektedir. Bu eksende, örneğin insan-makine işbirliğinde bilişsel yükün üretim hatasızlığına etkisi, çalışanların cobot'lara yönelik güven algısının iş tatmini ve performans üzerindeki rolü ya da etik yapay zekâ uygulamalarının çalışan refahı ve psikolojik güvenlik algısı üzerindeki etkileri gibi araştırmalar alana katkı sağlayacaktır.

- Teknolojik boyut: HCPS (İnsan merkezli siber fiziksel sistemler) mimarileri, dijital ikiz tabanlı karar destek modelleri, cobot güvenliği ve açıklanabilir yapay zekâ üzerine ampirik çalışmaların artırılması gerekmektedir. Bu bağlamda HCPS tabanlı üretim sistemlerinde insan-makine koordinasyonunu optimize eden algoritmaların geliştirilmesi, dijital ikizlerin bakım, kestirim ve süreç iyileştirme performansı üzerindeki etkilerinin test edilmesi ya da açıklanabilir yapay zekâ modellerinin operatör karar süreçlerini nasıl etkilediğini inceleyen deneysel çalışmalar yapılması önemli araştırma alanları olarak öne çıkmaktadır.

- Kurumsal-politik boyut: Ülke karşılaştırmaları, sektör bazlı dönüşüm modelleri, ölçülebilir insan-merkezli performans göstergeleri ve politika-bilim entegrasyonu üzerine çalışmaların geliştirilmesi önerilmektedir. Bu doğrultuda AB ve Asya-Pasifik ülkelerinde Endüstri 5.0 politikalarının karşılaştırmalı analizi, KOBİ'lerde insan-merkezli dönüşüm kapasitesinin ölçülmesi için performans göstergesi setlerinin tasarlanması ya da Endüstri 5.0 normlarının ulusal sanayi

stratejilerine nasıl entegre edildiğini analiz eden uygulamalı araştırmalar gerçekleştirilmesi literatüre önemli katkılar sunacaktır.

Politika ve uygulama düzeyinde, Endüstri 5.0'in başarısı teknolojik ilerlemenin hızına değil, bu ilerlemenin etik, sürdürülebilir ve insani değerlerle uyumlu bir üretim düzenine dönüştürülebilmesine bağlıdır. Bu nedenle ulusal sanayi stratejilerinin normatif hedeflerle uyumlu, ölçülebilir ve hesap verebilir metriklere dayandırılması gerekmektedir. Etik yönetim mekanizmalarının kurulması, dijital okuryazarlık ve etik farkındalık eğitimlerinin yaygınlaştırılması, KOBİ'lere yönelik finansal-teknik desteklerin güçlendirilmesi ve uluslararası işbirliklerinin artırılması literatürde kritik politika gereklilikleri olarak vurgulanmaktadır.

Sonuç olarak, Endüstri 5.0 insan, teknoloji ve çevreyi karşıt unsurlar olarak değil, birbirini tamamlayan bileşenler olarak ele alan değer-odaklı bir dönüşüm paradigmasıdır. Henüz olgunlaşma aşamasında olan Endüstri 5.0, Endüstri 4.0 ve Toplum 5.0 paradigmalarıyla kıyaslanmaktadır. Bu çalışma, söz konusu paradigmanın kuramsal temellerini, çok boyutlu fırsatlarını ve uygulamaya dönük sınırlılıklarını bütüncül biçimde ortaya koyarak literatüre kavramsal bir katkı sunmaktadır. Endüstri 5.0'in nihai başarısı, teknolojinin potansiyelinden çok, insanın bu potansiyeli etik, anlamlı ve sürdürülebilir bir refah sistemine dönüştürebilme kapasitesine bağlıdır. Bu dönüşümün ilk koşulu, kavramın kuramsal çerçevesinin ve pratikte nasıl işletildiğinin doğru ve bütüncül biçimde anlaşılmasıdır.

**Destek ve Teşekkür Beyanı:** Bu araştırmanın hazırlanmasında herhangi bir dış destek alınmamıştır.

**Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı:** Bu çalışma tek yazarlıdır.

**Çatışma Beyanı:** Bu çalışma ile ilgili olarak herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

**Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı:** Bu araştırmanın her aşamasında "Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi"nde belirtilen tüm kurallara uyulmuştur. Yönergenin "Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler" başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbiri gerçekleştirilmemiştir. Bu çalışmanın yazım sürecinde etik kurallarına uygun alıntı yapılmış ve kaynakça oluşturulmuştur. Çalışma intihal denetimine tabi tutulmuştur.

**Etik Kurul İzni:** Çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir

### Kaynakça

- Adel, A. (2022). Future of industry 5.0 in society: human-centric solutions, challenges and prospective research areas. *Journal of Cloud Computing: Advances, Systems and Applications*, 11(40), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s13677-022-00314-5>.
- Akman, A.Z. ve Erdirencelebi, M. (2024). A Human-Centered Digital Transformation: A Bibliometric Analysis of Society 5.0 and Industry 5.0. *Istanbul Management Journal*, 96, 1-16. <https://doi.org/10.26650/imj.2024.96.1361480>
- Ali, I., Nguyen, K. ve Oh, I. (2025). Systematic literature review on Industry 5.0: current status and future research directions with insights for the Asia Pacific countries. *Asia Pacific Business Review*, DOI: 10.1080/13602381.2025.2452877.
- Ali, S.H., Ayad, H. ve Al Rubaie, M. T. (2022). Fifth Industrial Revolution (New Perspectives). *International Journal of Business, Management, and Economics*, 3(3), 196-212. DOI: <https://doi.org/10.47747/ijbme.v3i3.694>.
- Alojaiman, B. (2023). Technological Modernizations in the Industry 5.0 Era: A Descriptive Analysis and Future Research Directions. *Processes*, 11, 1318. <https://doi.org/10.3390/pr11051318>
- Alves, J., Lima, T.M. ve Gaspar, P.D. (2023). Is Industry 5.0 a Human-Centred Approach? A Systematic Review. *Processes*, 11(193). <https://doi.org/10.3390/pr11010193>
- Brückner, A., Wölke, M., Hein-Pensel, F., Schero, E., Winkler, H. ve Jabs, I. (2025). Assessing industry 5.0 readiness—Prototype of a holistic digital index to evaluate sustainability, resilience and human-centered factors. *International Journal of Information Management Data Insights*, 5(1), <https://doi.org/10.1016/j.jjime.2025.100329>.

- Canbay, P. ve Demircioğlu, Z. (2021). Endüstri 5.0'a Doğru: Zeki Otonom Sistemlerde Etik Ve Ahlaki Sorumluluklar. *AJIT-e: Academic Journal of Information Technology*, 12(45), 106-123. <https://doi.org/10.5824/ajite.2021.02.006.x>
- Cimino, A., Zangara, G., Cosma, A.M.I., Mazzitelli, D. ve Filice, D. (2025). On the verge of Industry 5.0: a socio-technical perspective on non-knowledge workers and workplace well-being. *European Journal of Innovation Management*, 28(11), 301-320. <https://doi.org/10.1108/EJIM-04-2025-0424>
- Crnobrnja, J., Stefanovic, D., Romero, D., Softic, S. ve Marjanovic, U. (2023). Digital Transformation Towards Industry 5.0: A Systematic Literature Review. In: Alfnes, E., Romsdal, A., Strandhagen, J.O., von Cieminski, G., Romero, D. (eds) *Advances in Production Management Systems. Production Management Systems for Responsible Manufacturing, Service, and Logistics Futures. APMS 2023. IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 689. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-43662-8\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-031-43662-8_20)
- Çevik Aka, D. (2025). Industry 5.0 Challenges: Analyzing with Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy AHP. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 16(2), 491-510.
- Demir, K. A., Döven, G. ve Sezen, B. (2019). Industry 5.0 and human-robot co working. *Procedia computer science*, 158, 688-695.
- European Commission (2021). Industry 5.0 - Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. [https://research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-and-data/publications/all-publications/industry-50-towards-sustainable-human-centric-and-resilient-european-industry\\_en](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-and-data/publications/all-publications/industry-50-towards-sustainable-human-centric-and-resilient-european-industry_en)
- European Commission (2022). Industry 5.0, a transformative vision for Europe. [https://research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-and-data/publications/all-publications/industry-50-transformative-vision-europe\\_en](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-and-data/publications/all-publications/industry-50-transformative-vision-europe_en)
- European Commission (2024). Industrial Technologies Roadmap on Human-Centric Research and Innovation for the manufacturing sector. [https://research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-and-data/publications/all-publications/industrial-technologies-roadmap-human-centric-research-and-innovation-manufacturing-sector\\_en](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-and-data/publications/all-publications/industrial-technologies-roadmap-human-centric-research-and-innovation-manufacturing-sector_en)
- Fatima, Z., Tanveer, M.H., Waseemullah, Zardari, S., Naz, L.F., Khadim, H., Ahmed, N. ve Tahir, M. (2022). Production Plant and Warehouse Automation with IoT and Industry 5.0. *Applied Sciences*, 12, 2053. <https://doi.org/10.3390/app12042053>
- Fogaça, D.R., Grijalvo, M. ve Sacomano Neto, M. (2025). What Are Industry 4.0 and Industry 5.0 All About? An Integrative Institutional Model for the New Industrial Paradigms. *Administrative Sciences*, 15(4), 118. <https://doi.org/10.3390/admsci15040118>
- Ghobakhloo, M., Iranmanesh, M., Morales, M.E., Nilashi, M. ve Amran, A. (2023). Actions and approaches for enabling Industry 5.0-driven sustainable industrial transformation: A strategy road map. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 30(3), 1473-1494. <https://doi.org/10.1002/csr.2431>.
- Ghobakhloo, M., Iranmanesh, M., Fathi, M., Rejeb, A., Foroughi, B., ve Nikbin, D. (2024). Beyond Industry 4.0: a systematic review of Industry 5.0 technologies and implications for social, environmental and economic sustainability. *Asia-Pacific Journal of Business Administration*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/APJBA-08-2023-0384>
- Golovianko, M., Terziyan, V., Branytskyi, V. ve Malyk, D. (2023). Industry 4.0 vs. Industry 5.0: Co-existence, Transition, or a Hybrid. *Procedia Computer Science*, 217, 102-113. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.206>.

- Islam, M.T., Sepanloo, K., Woo, S., Woo, S.H. ve Son, Y.-J. (2025). A Review of the Industry 4.0 to 5.0 Transition: Exploring the Intersection, Challenges, and Opportunities of Technology and Human-Machine Collaboration. *Machines*, 13(267), 1-34. <https://doi.org/10.3390/machines13040267>
- Jiménez-Partearroyo, M., Medina-López, A. ve Juárez-Varón, D. (2024). Towards industry 5.0: evolving the product-process matrix in the new paradigm. *The Journal of Technology Transfer*, 49, 1496-1531z . <https://doi.org/10.1007/s10961-023-10053-7>
- Karafakıoğlu, Engin (2024). İşletmelerin Dijital Evrimi: Endüstri 5.0'ın Bibliyometrik Yansımaları. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 13 (3), 1109-1129. <https://doi.org/itobiad.1426641>
- Kasap, A. (2025). Industry 5.0 and digitalizing societies: Turkey on the brink of a new revolution. *Uluslararası Anadolu Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(1), 178-192. DOI: <https://doi.org/10.47525/ulasbid.1620668>
- Khan, M., Haleem, A. ve Javaid, M. (2023). Changes and improvements in Industry 5.0: A strategic approach to overcome the challenges of Industry 4.0. *Green Technologies and Sustainability*, 1(2), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.grets.2023.100020>.
- Laddha, S. ve Agrawal, A. (2024). Unveiling barriers to Industry 5.0 adoption in supply chains: a DEMATEL approach. *RAUSP Management Journal*, 59(2), 123-137. <https://doi.org/10.1108/RAUSP-08-2023-0146>
- Maddikunta, P.K., Pham, V.Q., Prabadevi, B., Deepa, N., Dev, K., Gadekallu, T.R., Ruby, R. ve Liyanage, M. (2021). Industry 5.0: A survey on enabling technologies and potential applications. *Journal of Industrial Information Integration*, 26, 100257. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100257>
- Madsen, D.Ø. ve Berg, T. (2021). An Exploratory Bibliometric Analysis of the Birth and Emergence of Industry 5.0. *Applied System Innovation*, 4(87). <https://doi.org/10.3390/asi4040087>
- Madsen, D.Ø., Berg, T. ve Di Nardo, M. (2023). Bibliometric Trends in Industry 5.0 Research: An Updated Overview. *Applied System Innovation*, 6(63), 2-14. <https://doi.org/10.3390/asi6040063>
- Majeed, N., Mukhtar, M.A. ve Ehsan, M.I. (2023). Theoretical And Conceptual Frameworks in Social Sciences And Law: Meaning, Functions And Differences. *Pakistan Journal of Social Research*.
- Martini, B., Bellisario, D. ve Coletti, P. (2024). Human-Centered and Sustainable Artificial Intelligence in Industry 5.0: Challenges and Perspectives. *Sustainability*, 16, 5448. <https://doi.org/10.3390/su16135448>
- Masoomi, B., Sahebi, I.G., Kumar, A., Ghobakhloo, M. ve Iranmanesh, M. (2025). Industry 5.0 and opportunities for promoting supply chain sustainability: A study of the renewable energy industry. *Technology in Society*, 83, <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2025.103023>.
- Nahavandi, S. (2019). Industry 5.0—A Human-Centric Solution. *Sustainability*, 11(16), 4371. <https://doi.org/10.3390/su11164371>
- Narkhede, G., Pasi, B., Rajhans, N. ve Kulkarni, A. (2023). Industry 5.0 and the future of sustainable manufacturing: A systematic literature review. *Business Strategy & Development*, 1(20). <https://doi.org/10.1002>.
- Oukili Garti, M. Arif, J., Jawab, F., Frichi, Y. ve Benbrahim, F.Z. (2025). Factors Impacting the Sustainability of Supply Chain in Industry 5.0: An Exploratory Qualitative Study in Morocco. *Logistics*, 9(57). <https://doi.org/10.3390/logistics9020057>

- Özdemir V. ve, Hekim, N. (2018). Birth of Industry 5.0: Making Sense of Big Data with Artificial Intelligence, "The Internet of Things" and Next-Generation Technology Policy. *OMICS*, 22(1),65-76. doi: 10.1089/omi.2017.0194. Epub 2018 Jan 2. PMID: 29293405.
- Ramos-Gutiérrez, S. ve García-Gutiérrez, I. (2025). Comparison of Industry 4.0, Industry 5.0, and Related Political Initiatives Using Bibliometric Data. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 18(2), 328-341. <https://doi.org/10.3926/jiem.8587>
- Redchuk, A., Walas Mateo, F., Pascal, G. ve Tornillo, J.E. (2023). Adoption Case of IIoT and Machine Learning to Improve Energy Consumption at a Process Manufacturing Firm, under Industry 5.0 Model. *Big Data and Cognitive Computing*, 7(42). <https://doi.org/10.3390/bdcc7010042>
- Rocco, T.S. ve Plakhotnik, M.S. (2009). Literature Reviews, Conceptual Frameworks, and Theoretical Frameworks: Terms, Functions, and Distinctions. *Human Resource Development Review*, 8, 120-130.
- Saniuk, S., Grabowska, S. ve Thibbotuwawa, A. (2024). Challenges of industrial systems in terms of the crucial role of humans in the Industry 5.0 environment. *Production Engineering Archives*, 30(1), 94-104. Doi:10.30657/pea.2024.30.9
- Sonar, H., Ghag, N. ve Sharma, I. (2025). Reshaping industry 5.0: Unveiling supply chain resilience for a carbon-neutral future. *Sustainable Futures*, 9, 100513, <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2025.100513>
- Teoman, S. (2024). Endüstri 5.0 Kapsamında İnsan Merkezli Tedarik Zinciri Yapılandırmasına Yönelik Stratejik ve Teknolojik Çerçeve Analizi. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 25(2), 375-387. <https://doi.org/10.31671/doujournal.1372249>
- Thompson-Bahm, H., Teixeira, J.E. ve Lobo, R.C.G. (2025). Enhancing sustainability and human centricity through emerging technologies from Industry 4.0 to Industry 5.0: An integrative literature review. *Corporate Governance and Sustainability Review*, 9(3), 90-104. <https://doi.org/10.22495/cgsrv9i3p7>
- Van Erp, T., Carvalho, N.G.P., Gerolamo, M.C., Gonçalves, R., Rytter, N.G.M. ve Gladysz, B. (2024). Industry 5.0: A new strategy framework for sustainability management and beyond. *Journal of Cleaner Production*, 461, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142271>
- Wang, M., Kumar, M. ve Tsolakis, N. (2025). Exploring the role of job satisfaction in enhancing logistics performance in the era of Industry 5.0. *International Journal of Logistics Research and Applications*, DOI: 10.1080/13675567.2025.2486645
- Yetkin, E. G. ve Coşkun, K. (2021). Endüstri 5.0 (Toplum 5.0) ve Mimarlık. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (27), 347-353. DOI: 10.31590/ejosat.969631
- Yıldız, S. ve Alan, M. A. (2025). Innovation and Marketing from the Perspective of Industry 5.0 and Society 5.0. *The Journal of International Scientific Researches*, 10(2), 229-248. <https://doi.org/10.23834/isrjournal.1625524>
- Yiğit, G. ve Engin, O. (2025). Endüstri 5.0 İle Sürdürülebilirliğin Sağlanması: Bir Bibliyometrik Analiz. *İstanbul Aydın Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 17(1), 23-46.