

## MUHASEBE VE FİNANS İNCELEMELERİ DERGİSİ

Dergi Anasayfası: <https://dergipark.org.tr/pub/mufider>

### AKILLI ÜRETİMİN İŞLETME PERFORMANSINA ETKİSİ: VAKA ANALİZİ YAKLAŞIMI\*

#### THE EFFECT OF SMART MANUFACTURING ON BUSINESS PERFORMANCE: CASE STUDY ANALYSIS APPROACH

Aslı DUMAN <sup>a\*\*</sup>, Sibel KARGİN <sup>b</sup>

<sup>a\*\*</sup> Sorumlu Yazar, 100/2000 Bursiyeri., İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Doktora Öğrencisi, dumann.asli@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3561-4996.

<sup>b</sup> Doç. Dr., Manisa Celal Bayar Üniversitesi İİBF İşletme Bölümü, sibel.kargin@cbu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-6955-398X.

#### MAKALE BİLGİLERİ

Makale Tarihçesi:

Gönderilme Tarihi: 30.04.2021

Düzenleme Tarihi: 12.05.2021

Kabul Tarihi: 19.05.2021

Anahtar Sözcükler: Endüstri 4.0,  
Akıllı Üretim, Akıllı Fabrika,  
İşletme Performansı,  
Derinlemesine Mülakat Tekniği.

Jel Kodları: L25, L60, M11

#### RESEARCH ARTICLE

#### BENZERLİK/ PLAGIARISM

Ithenticate: %1

#### ÖZET

İlk kez 2011 yılında telaffuz edilen Endüstri 4.0 ya da Dördüncü Sanayi Devrimi ile üretim yöntemleri bir kez daha köklü bir değişim yaşamaktadır. Bu değişimi tanıtmak amacıyla ülkemizin önde gelen şirketlerinden olan Vestel'de bir çalışma gerçekleştirilerek, Endüstri 4.0 vizyonu ile hayata geçen 'Akıllı Üretim'in işletme performansına etkisi ortaya konulmaya çalışılmıştır. Vestel Buzdolabı Fabrikası'nda gerçekleştirilen ön inceleme sonucunda Akıllı Üretim sistemlerinin kullanıldığı gözlemlenmiş ve çalışma bu fabrikada yürütülmüştür. Çalışmanın amacı doğrultusunda toplanması hedeflenen bilgi ve verilere, derinlemesine mülakat yöntemi ile ulaşılmıştır. Sistematik ve derinlemesine bilgi toplanabilmesi için yarı yapılandırılmış görüşme tekniği tercih edilmiştir. Hazırlanan görüşme formu doğrultusunda, Vestel Buzdolabı Fabrikası Üretim Müdürü'ne toplamda iki yüz on altı soru sorulmuştur.

Elde edilen bilgiler doğrultusunda Akıllı Üretim sistemi ile hatalı montaj %40 ve ürünlerde meydana gelen arıza %20 oranında azalmış, üretim hızı %20 ve satışlar %10-15 oranında artmıştır. Günlük üretim miktarında meydana gelen artışın %25'lik kısmı doğrudan AÜ sistemleri sayesinde sağlanmıştır. Üretilen ürün miktarı ve ürün çeşitliliği konularında da iyileşme yaşanmıştır. Günlük ürün miktarı yaklaşık %40 ve ürün çeşitliliği de %50 oranında artmıştır. AÜ ile stok miktarları minimum seviyede tutulabilmektedir. Eski sistemde %60 seviyelerinde olan stok miktarı, yeni sistem ile %5 ile %10 seviyeleri arasında tutulabilmektedir. Kurulan AÜ sistemlerinde kullanılan makine ve robot oranındaki artış enerji giderlerini yaklaşık %5 oranında artırmıştır. Aynı şekilde sistem gereği kullanılan hammadde ve malzeme giderlerinde %10, makine ve teçhizat giderlerinde de %6-7 oranında artış meydana gelmiştir.

\*Bu çalışma, Doç. Dr. Sibel KARGİN danışmanlığında hazırlanan Aslı DUMAN'ın "Endüstri 4.0 ile Akıllı Üretim İşletme Performansına Etkisi: Vestel Buzdolabı Fabrikası'nda Bir Uygulama" isimli yüksek lisans tezinden türetilmiştir. .

APA Stili Kaynak Kullanımı: Duman, A . & Kargın S. (2021). AKILLI ÜRETİMİN İŞLETME PERFORMANSINA ETKİSİ: VAKA ANALİZİ YAKLAŞIMI . Muhasebe ve Finans İncelemeleri Dergisi ,4(2) , 91 – 109. DOI: 10.32951/mufider.930504

**ABSTRACT****ARTICLE INFO**

Article history:

Received: 30.04.2021

Revised: 12.05.2021

Accepted: 19.05.2021

Keywords: Industry 4.0, Smart Manufacturing, Smart Factory, Business Factory, In-depth Interview Method

Jel Codes: L25, L60, M11

*Industry 4.0, which was pronounced for the first time in 2011 or with fourth industrial revolution is once again experiencing a radical change. In order to introduce this change, a study was carried out at Vestel, one of the leading companies in our country, and the effect of Smart Manufacturing (SM), which was implemented with the vision of Industry 4.0, on the business performance was tried to be revealed. As a result of the preliminary examination carried out at the Vestel Refrigerator Factory, it was observed that smart manufacturing systems were used, and the study was conducted in this factory. The information and data that were aimed to be collected in line with the purpose of the study were reached by in-depth interview method. Semi-structured interview technique was preferred to collect systematic and in-depth information. In line with the prepared interview form, a total of two hundred and sixteen questions were asked to the Vestel Refrigerator Factory Production Manager.*

*Thanks to the smart manufacturing system faulty assembly decreased by 40% and product malfunctions decreased by 20%, production speed increased by 20% and sales increased by 10-15%. 25% of the increase in daily production has been provided directly by SM systems. There has also been an improvement in the amount of products produced and product diversity. The daily product amount has increased by approximately 40% and the product range has increased by 50%. With SM, stock amounts can be kept at a minimum level. The stock amount, which was around 60% in the old system, can be kept between 5% and 10% with the new system. The increase in the ratio of machine and robot used in SM systems has increased the energy costs by approximately 5%. Likewise, there was a 10% increase in raw material and material expenses used as a requirement of the system, and a 6-7% increase in machinery and equipment expenses.*

**1. GİRİŞ**

İşletmelerin Toplumsal aşamaları endüstri devrimleri ile eşleştirdiğimizde, endüstri toplumunun Birinci ve İkinci Sanayi Devrimi'ni kapsadığını, bilgi toplumunun ise Üçüncü Sanayi Devrimi ile ortaya çıktığını söyleyebiliriz. Bugün ise başını dijitalleşmenin çektiği yeni bir çağın kapıları aralanmıştır. Hayatımızın her alanına giren bu kavram bir endüstri devrimine kaynaklık etmektedir. Endüstri 4.0 veya Dördüncü Sanayi Devrimi olarak ifade edilen bu dönem üretim yöntemlerinde köklü bir değişim yaratmaktadır. Gelişen teknolojiler, ortaya çıkan yeni kavramlar, ülkelerin bir sanayi devriminin üzerine bu kadar yoğun bir şekilde düşmesi 2011 yılında tanıştığımız ve yeni bir endüstri devrimini ifade eden Endüstri 4.0'ın önemini göstermektedir. Endüstri 3.0'da ortaya çıkan otomasyona dayalı üretim Endüstri 4.0'da yerini akıllı fabrikalarda (AF) gerçekleştirilen akıllı üretime (AÜ) bırakmıştır.

Endüstri 4.0 imalat sistemlerini kökünden dönüştüren bir yapıya sahiptir. Bu dönüşüm, Endüstri 4.0'ın teknolojileri sayesinde gerçekleşmektedir. Bu teknolojiler ile modernleştirilen fabrikalar, akıllı fabrikalar ve yine bu teknolojiler ile gerçekleştirilen üretim, akıllı üretim olarak ifade edilmektedir. Akıllandırılan fabrikalar veya üretim sistemlerinin,

eski sistemlere nazaran işletme ekosisteminde bulunan her paydaşa birçok olumlu etkisi vardır. Bu etkiler günümüzde çok net bir şekilde ortaya konulamamaktadır. Çünkü henüz yeteri kadar işletme üretim sistemlerini bu teknolojilere entegre edememiştir. Bu şu an için içinde bulunduğumuz devrimin teknolojilerinin tanınmamasından, sağlayacağı faydaların bilinmemesinden ve bu teknolojilere erişimin maliyetli olmasından kaynaklanmaktadır. Ancak günümüzde özellikle büyük ölçekli firmalar bu dönüşüm için kolları sıvamış durumdadırlar. Endüstri 4.0 vizyonuyla modernleşen fabrikalar her anlamda rakiplerinin bir adım önünde olacaktır. Endüstri 4.0 ile gerçekleşen, çevreye saygılı, hızlı, kaliteli ve daha az maliyetli üretim işletmenin performansına da etki etmektedir. İşletme performansı çeşitli göstergeler yardımıyla işletmenin hedeflerine ulaşma derecesini gösteren, elde edilen veriler ile önceki dönemlerle kıyaslama yapılmasını sağlayan ve ileriki dönemler için belirlenecek olan hedeflere kaynaklık eden günümüz işletmelerinin son derece önemsendiği bir kavramdır.

Sanayileşme tarihine baktığımızda başından beri sürekli bir değişim sürecinin yaşandığını görüyoruz. Aslına bakıldığında bu değişimi tetikleyen kişisel ürün talep eden tüketicilerdir. İlk sanayi devriminden itibaren üretimde sırasıyla makineler,

elektrik ve bilgi teknolojileri kullanılmıştır. Bugün ise üretimde Nesnelere İnterneti (Nİ) ve Siber-Fiziksel Sistemler (SFS) kullanılmaktadır. Bu iki dev teknoloji sürecin otomatik bir şekilde işlenmesini sağlamaktadır.

Endüstri 4.0 devrimi tüketicinin talebiyle başlayan sürecin dijitalleşmesini ifade etmektedir. Üçüncü Sanayi Devrimi'nde imalat süreçlerinin dijitalleşmesi üzerine odaklanılmış, daha çok üretimde kullanılan makinelerin otomasyonu için çalışmalar yapılmıştır. İçinde bulunduğumuz Dördüncü Sanayi Devrimi'nde ise sadece imalatın değil bir işletmenin tüm değer zincirinin dijital entegrasyonu söz konusudur. Özellikle değer zincirinin bir halkası olan müşterilerin sürece entegre edilmesi ürünlerin bireyselleştirilmesine olanak sağlamaktadır.

2011 yılında Almanya'da düzenlenen ve dünyanın en büyük sanayi fuarı olan Hannover Fuarı'nda tanıtılan Endüstri 4.0 rekabetin yeni adıdır. Alman Hükümeti konunun üzerine gitmiş ve 2012 yılında bir takım kurmuştur. Bu takım bir yıl çalıştıktan sonra 2013 yılında Almanya, sanayisini 'Endüstri 4.0' adı altında dönüştüreceğini tüm dünyaya duyurmuş ve endüstrisini 3.0'dan 4.0'a geçirmek için bir yol haritası hazırlamıştır. Bu sayede Endüstri 4.0 resmi bir kimlik kazanmıştır. Ayrıca Endüstri 4.0'ı stratejik bir girişim haline getirip 'Yüksek Teknoloji Stratejisi 2020 Eylem Planı'na dahil etmiştir (Kagerman vd. 2013'ten aktaran Mrugalska ve Wyrwicka, 2017:469). Bu devrimin başarıyla hayata geçirilmesi için araştırma ve geliştirme faaliyetlerine uygun sanayi politikaları belirlenmelidir. Bu noktada aşağıdaki sekiz kilit alanda eyleme ihtiyaç duyulduğu düşünülmektedir (Acatech, 2013:6-7):

- ✓ Standardizasyon ve referans mimarisi: Endüstri 4.0'ın kazanımlarından olan, bir işletmenin değer zincirinin entegrasyonu, birkaç farklı şirketin değer ağları üzerinden ağ kurmasını ve entegrasyonunu içermektedir. Bu işbirlikçi ortaklık ancak ortak bir standartlar kümesi geliştirildiğinde mümkün olacaktır.
- ✓ Karmaşık sistemlerin yönetimi: Artan ürün ve üretim sistemleri karmaşıklığına karşın uygun planlama ve açıklayıcı modeller bu karmaşıklığın yönetimi için bir temel hazırlayabilir.
- ✓ Endüstri için kapsamlı bir geniş bant yapısı: Güvenilir, kapsamlı ve yüksek kaliteli iletişim ağları bu devrimin temel gereksinimleridir.

- ✓ Güvenlik: Kritik öneme sahip gerekliliklerden bir tanesidir. Bunun temel nedeni işletme için kritik öneme sahip tüm bilgilerin artık sanal ortamda saklanmasıdır. Bu noktada kötüye kullanım ve yetkisiz erişimin önüne geçileceği önemli güvenlik önlemleri alınmalıdır.
- ✓ İş organizasyonu ve tasarımı: Akıllı fabrikalarda çalışanların rolü büyük ölçüde değişecektir. Bu fabrikalarda bir nitelik gerektirmeyen işler robotlara devredilecek ve çalışanlara daha fazla sorumluluk alma ve kişisel gelişimlerini hızlandırma fırsatı sunulacaktır.
- ✓ Eğitim ve sürekli mesleki gelişim: Endüstri 4.0 çalışanların iş ve yeterlilik profillerini kökten değiştirmektedir. Bu nedenle işletmede uygun eğitim stratejileri geliştirilmeli ve sürekli mesleki gelişimi mümkün kılacak bir kurum kültürü oluşturulmalıdır.
- ✓ Düzenleyici yasal çerçeve: Değişen yapı ve mevcut yenilikler göz önünde bulundurularak mevcut mevzuatın da uyarlanması bir gerekliliktir.
- ✓ Kaynak verimliliği: Yüksek maliyetlerin yanı sıra, imalat sanayinin büyük miktarda hammadde ve enerji tüketimi de çevre ve tedarik güvenliği için tehdit oluşturmaktadır. Endüstri 4.0 doğası gereği kaynakların etkin kullanımında ve verimlilikte kazançlar sağlayacaktır. Akıllı fabrikalara yapılması gereken ek yatırımlar ile üretilen potansiyel tasarruflar arasındaki dengeyi hesaplamak gerekecektir.

Endüstri 4.0'ın bir sonucu olarak, dünya çapında milyarlarca makine, sistem ve sensör birbiriyle iletişim kuracak ve bilgi paylaşacaktır (Siemens, 2016). Bu iletişim Nİ teknolojisi sayesinde gerçekleşmektedir. Nİ teknolojisi, sadece nesnelere değil, aynı zamanda süreçleri, verileri, insanları ve hayvanları birbirine bağlayan dijital iletişimin yeni adıdır. Endüstri 4.0 teknolojileri içerisinde merak edilen teknolojilerin başında gelmektedir. Bu yüzdendir ki kavramın Kevin Ashton tarafından ortaya atılmasının üzerinden yaklaşık on yıl sonra akla gelebilecek her tip cihaz, 10 Milyon sensör tarafından Nesnelere İnternetine bağlanmış duruma gelmiştir (Rifkin, (Çev. Levent Göktem) 2015:81).

Endüstri 4.0'ın hedeflerinden bir tanesi

günümüz fabrikalarını akıllı hale çevirmektir. Akıllı fabrika, ürünlerin, üretim süreçlerinin ve tedarik zincirlerinin artan karmaşıklığı karşısında, bilgi teknolojileri yardımıyla tüm süreçlerde esneklik sağlayabilen fabrikalardır. Bilgi teknolojileri, telekomünikasyon ve üretimin birleştiği akıllı fabrikalarda, üretim araçları daha özerk hale gelmekte ve bu sayede insan müdahalesine gerek duymadan kendi kendine organize olabilen fabrikalar ortaya çıkmaktadır. Bu bütünleşik sistem ile üretimin her aşaması izlenebilir, süreçlerdeki sorunlara anında müdahale edilebilir ve gerçek zamanlı olarak tedarik zincirinden bilgi sağlanabilmektedir. Akıllı fabrika için verilebilecek en güzel örneklerden bir tanesi Siemens'in 1989 yılında Amberg'de kurduğu fabrikadır. Aslında Siemens burayı teknoloji üssü olarak tanımlamaktadır. Bu fabrikada iş süreçleri, bilgisayarlar, makineler ve robotlar yardımıyla yürütülmektedir. Durum böyle olunca bine yakın ürün üreten fabrikada insan gücüne olan ihtiyaç sadece %25'lik kısmı kapsamaktadır (Sarı, 2016). Bir başka güzel örnek olarak, General Electric'in Gebze'deki Güç Transformatörleri Fabrikası verilebilir. Fabrika'nın 'akıllanma' dönüşümüyle, üretimde %30'luk verimlilik artışı, üretim süreçlerinde %25, stok seviyeleri ve maliyetlerde %20 oranında bir azalış beklenmektedir (Kabaklarlı, 2016:42). Şu an Endüstri 4.0 dönüşümünü başlatanlar örneklerde verildiği gibi büyük işletmelerdir. Bu noktada işletme kültürü büyük bir önem taşımaktadır. Yeniliklere açık işletmelerin dijital dönüşümü tamamlaması çok daha hızlı gerçekleşmektedir. Ancak devrimin getirilerini toplumun uç noktalarına kadar yayabilmemiz için bu değişim sürecine orta ve küçük ölçekli işletmeleri de dahil etmemiz gerekir. Bu entegrasyonu sağladığımızda akıllı sistemi yönetebilen, gerektiğinde müdahale edebilen, makinelerle çalışmayı başarabilen nitelikli iş gücüne ihtiyaç artacaktır. Bu demektir ki girilen dijitalleşme sürecinin altının doldurulabilmesi için açılması gereken ilk kapı eğitimidir.

Günümüz fabrikalarını akıllı hale çevirmeye yarayan teknolojilerin başında Nesnelerin İnterneti (Nİ) ve Siber-Fiziksel Sistemler (SFS) gelmektedir. Nİ teknolojisi ile işletmenin yatay ve dikey entegrasyonu gerçekleşmektedir. Yatay entegrasyonu ile işletmenin ekosisteminde bulunan diğer paydaşlar birleştirilirken, dikey entegrasyonda yöneticiler, çalışanlar, işletme bünyesinde bulunan tüm birimler, makineler ve mekanlar birbirine bağlanmaktadır (Banger, 2016:100). SFS, fiziksel dünya ile sanal bilgi işlem dünyasını birleştiren teknolojidir. Bu kavram ilk kez 2006 yılında Lee tarafından fiziksel dünya ile bağlantılı bilgisayar sistemlerinin önemine değinmek için kullanılmıştır (Alçın, 2016:23). Lee

(2006), bu teknolojinin 20. yüzyıl teknolojilerini geride bırakacak bir potansiyele sahip olduğunu altını çizmiştir.

SFS, imalat, mühendislik, malzeme kullanımı, tedarik zinciri ve ürün yaşam döngüsü yönetiminde yer alan endüstriyel süreçlerde temel iyileştirmeleri kolaylaştırır. Bu sistemler ile işletmeler, makinelerini, depolama sistemlerini ve üretim tesislerini birleştiren küresel ağlar kurabileceklerdir (Acatech, 2013:5).

Avrupa'nın 'Geleceğin Fabrikaları', Amerika'nın 'Endüstriyel İnterneti' ve Çin'in 'İnternet +'ı, Endüstri 4.0 çerçevesinde yeni bir dijital üretim vizyonunu tanımlamaktadır (Mrugalska ve Wyrwicka, 2017: 469). Avrupa özellikle son yirmi yılda sanayide kaybettiği zemini Endüstri 4.0 ile geri kazanmayı amaçlamaktadır (Berger, 2014:3).

2011 yılında gelişmekte olan ülkelerin sınavı değer payları %40 civarındaydı. Bu oran 1990'lı yıllar ile karşılaştırıldığında müthiş bir artışı gözler önüne seriyordu. Buna karşılık Batı Avrupa ülkelerinde bu oran %36'dan %25 seviyelerine kadar düşmüştür (Qin vd., 2016:173).

Endüstriyel krallığını geri isteyen batı hızlı, yıkıcı ve tüm süreçleri dönüştüren bir başlangıç yapmıştır. Bu devrim temelde üç ayak üzerine kurulmuştur. Bunlar hız, esneklik ve verimlilik. Müşteriyi tam merkezine yerleştiren bu sistem, müşteri profilini göz önünde bulundurup taleplere en hızlı şekilde ve kişiselleştirilmiş ürünler ile cevap verebilmektedir. Bunu gerçekleştirirken, insan, makine, malzeme, enerji vb. gibi üretim girdilerinde tasarruf sağlayabilmektedir.

Tüm açıklamalar dahilinde Endüstri 4.0'ın tetikleyicilerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- ✓ Teknolojiye dayalı, güçlü, çevik, hızlı bir sanayiye sahip olmak,
- ✓ Özellikle Almanya'nın dünya çapında bir teknoloji tedarikçisi konumuna yerleşme isteği,
- ✓ Avrupa'nın endüstrisini eski gücüne kavuşturma hedefi,
- ✓ Artan nüfusa karşın azalan kaynakların daha etkin ve verimli bir şekilde kullanılması gerekliliği,
- ✓ Endüstriye bağlı çevresel kirliliğin önüne geçmek için, doğaya saygılı üretim yapma gerekliliği,
- ✓ Tüketici taleplerine hızlı, inovatif ve kişiselleştirilmiş ürünlerle cevap verme isteği,

- ✓ İnovasyona dayalı ekonomik büyüme ile rekabet gücünü artırma,
- ✓ Düşük maliyetlerle üretimi gerçekleştirme,
- ✓ Yatırımcıları Güneydoğu Asya ülkelerine çeken ucuz işgücüne karşın güçlü teknoloji ile yatırımları Avrupa'da tutma isteği ve
- ✓ Özellikle Avrupa ülkelerinde yaşlı nüfusun her geçen gün artması ve doğum oranlarının düşüklüğü sonucunda işgücü arzında meydana gelebilecek problemleri ortadan kaldırmak amacıyla, sanayide insana olan ihtiyacı minimuma indirecek teknolojilerle üretimi gerçekleştirmektir.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Endüstri 4.0, AÜ ve/veya akıllı fabrika (dijital fabrika, karanlık fabrika (KF)) ile ilgili kavramsal yapıyı tanımlayan birçok çalışma bulunmaktadır. Bununla birlikte yeni kavramlar olduklarından ampirik çalışmalar sayıca sınırlıdır. Bu nedenle literatür taraması iki başlık altında toplanmıştır.

### 2.1. Kavramsal Çalışmalar

Witkowski (2017), iş süreçlerinin bilgisayarlaşmasına ve üretimde bilgi teknolojilerinin kullanımına dayanan Endüstri 3.0'dan sonra, akıllı ürünlerin ortaya çıktığı ve 3B yazıcılar ve otonom cihazların yoğun olarak kullanıldığı dördüncü bir dalganın geldiğini belirtmiştir. Fırat ve Fırat (2017)'a göre Endüstri 4.0, Dijital Dönüşüm, Dijitalleşen Endüstri, Dördüncü Sanayi Evrimi gibi çeşitli kelimelerle de ifade edilebilmektedir. Lee vd. (2014), Almanya'nın başı çektiği Endüstri 4.0'ın, SFS destekli üretim ve hizmet yeniliğine dayalı dördüncü nesil endüstri devrimi olduğunu belirtmişlerdir. Vaidya vd. (2018), Endüstri 4.0'ı giderek artan kişiselleştirilmiş ürün talebine cevap verebilecek, sürekli iyileştirmenin önünü açacak, katma değer yaratan alanlara yönelmesine imkân sağlayacak, üretim esnasında israfı ortadan kaldıracak ve ürünlerin tüm değer zinciri boyunca kontrolünü sağlayacak yeni bir üretim vizyonu olarak tanımlamışlardır. Ulusoy (2018), Endüstri 4.0'a büyük şirketlerin KOBİ'lere nazaran daha kolay adapte olduklarını belirtmiştir.

Kolberg ve Zühlke (2015), Endüstri 4.0'ın önemli özelliklerini belirttikleri çalışmalarında bu özellikleri Yalın yaklaşımla ilişkilendirmişlerdir. Bu entegrasyon ile Endüstri 4.0'ın bilimden gerçeğe geçişinin hızlanacağı, yeni çözümler üretilebileceği

ve basit Yalın Üretim yönteminin yetersiz kaldığı durumlarda bilgi iletişim teknolojileriyle entegrasyonun çok kazançlı olacağı belirtilmiştir. Stock ve Seliger (2016), Endüstri 4.0'ın ekonomi, toplum ve çevre üzerinde yarattığı faydalar ile sürdürülebilir üretim için bir fırsat olduğunu belirtmişlerdir. Erol vd. (2016), Nİ, Endüstriyel İnternet, Bulut Tabanlı Üretim ve AÜ gibi vizyoner kavramların Endüstri 4.0'ın itici güçleri olduğunu belirtmişlerdir. Lasi vd. (2014) ise Endüstri 4.0'ın temel kavramlarını, akıllı fabrika, SFS, kendiliğinden organize üretim süreçleri, dağıtım ve tedarikte yeni sistemler, ürün ve hizmetlerin geliştirilmesinde yeni sistemler, değişen müşteri taleplerine kolay adapte olacak yani esnek üretim sistemlerinin tasarlanması, sürdürülebilirlik ve kaynak verimliliğinin endüstriyel üretim süreçlerinin merkezine oturtulması olarak listelemişlerdir.

Crnjac vd. (2017), Endüstri 4.0'ın merkezine oturttukları akıllı fabrikaları, Nİ teknolojisi ile işçilerin, makinelerin ve kaynakların kolayca iletişim kurabildiği ve sanal ile fiziksel dünyadaki nesnelere birbirine bağlanabildiği fabrikalar olarak tanımlamışlardır. Radziwon vd. (2014) tarafından KF, karmaşıklaşan üretim süreçlerinde karşılaşılan sorunları çözebilecek, esnek ve durumlara göre uyarlanabilir üretim süreçleri sağlayan bir üretim çözümü olarak tanımlanmıştır.

Lee vd. (2017), çalışmalarında işletmeler için veri analizinin önemi üzerinde durmuşlardır ve Endüstri 4.0'ın yaratacağı dijital dönüşümün, işletme performansında büyük iyileştirmeler yaratacağı, müşteri ilişkilerinin daha iyi ve doğru bir şekilde yönetileceği, şirketlerin küreselleşme olanaklarının artacağı ve akıllı üretim girişimleri hayata geçirildiğinde maliyet tasarrufları sağlanacağını ifade etmişlerdir. Ayrıca akıllı üretim sistemleri ile şirket içindeki veriler değer zinciri ortaklarından gelen bilgilerle birleştirilerek, şirketlerin verimliliğinin artacağı, stok miktarının azalacağı ve ürün ve hizmet portföyünün dijitalleştirilmesinden dolayı gelir artışının yaşanacağı belirtilmiştir.

Chen (2017), Endüstri 4.0 adı altında entegre ve akıllı üretim olmak üzere iki benzersiz özellik ile karakterize edilebilecek yeni bir üretim paradigmasının ortaya çıktığını belirtmiştir. Cinkılıç (2017), Endüstri 4.0 fikrinin öngördüğü hedeflerle son on yılda AÜ konseptinin oluştuğunu belirtmiştir. Yıldız (2018), Endüstri 4.0'ı, bütün nesnelere internet aracılığıyla birbirleriyle iletişime geçebildiği bir AÜ sistemi olarak tanımlamıştır. Özsoylu (2017), AÜ sistemlerinin işletmeye esneklik ve çeviklik kazandıracağını belirtmiş ve bu sistemleri, üretim

esnasında yararlanılan her elemanın özerk bir şekilde ve aynı zamanda diğerleriyle de iletişim halinde kalarak görevlerini yerine getirdiği sistemler olarak tanımlanmıştır. Bağcı (2018), Endüstri 4.0 ile gelişen AÜ kavramını, bilişim teknolojilerinin üretim süreçleriyle entegrasyonu sonucunda ortaya çıkan yeni bir üretim şekli olarak tanımlamış ve akıllı üretimin yaratacağı dijital dönüşümün sanayide yeni bir paradigma doğuracağını ifade etmiştir. Felice vd. (2018a)'e göre AÜ, müşteri ihtiyaçlarını karşılamak için kişiselleştirilmiş ürünlerin, tüm değer zincirini yönettiği ve kontrol ettiği yeni bir organizasyon seviyesidir. Zhong vd. (2017) tarafından AÜ, geleneksel üretim sistemini dönüştürmek için yeni modeller, yeni formlar ve yeni ideolojilerin benimsenmesiyle ortaya çıkacak akıllı sistemde bir ürünün tasarımını, üretimini ve yönetimini büyük ölçüde geliştiren ve bu ürünün tüm yaşam döngüsünün entegrasyonunu sağlayan, bilim ve teknolojiye dayalı yeni bir üretim modeli olarak tanımlanmıştır.

## 2.2. Ampirik Çalışmalar

Brettel vd. (2014), Endüstri 4.0'ın literatürdeki gelişmelerini açıklamak amacıyla, bireyselleştirilmiş üretim, ortak ağlarda yatay entegrasyon ve uçtan uca dijital entegrasyon olmak üzere üç alanla ilgili sekiz bilimsel dergiyi analiz etmişlerdir. Çalışmada ilgili araştırma alanına alt başlıklar atamak için kümeleme analizi yapılmıştır. Kümeleme analizi sonucunda üç alan altında belirlenen alt başlıklar şu şekildedir; (i) kişiselleştirilmiş üretim için belirlenen 330 makalenin analizi sonucunda çıkarılan alt başlıklar, kitlesel özelleştirme, modülerleştirme, esnek ve yeniden yapılandırılabilir üretim sistemleri, dağıtılmış kontrol, otomatik optimizasyon, hızlı imalat ve bulut bilişimdir; (ii) işbirlikçi ağlarda yatay entegrasyon araştırma alanı altında 268 makalenin analiziyle belirlenen alt başlıklar, ortak ağlar, dağıtım, imalat, tedarik zinciri esnekliği ve Nesnelerin ve Hizmetlerin İnterneti'dir; (iii) mühendislik ve üretim sistemleri bağlamında uçtan uca dijital entegrasyon araştırma alanında 209 makalenin analizi sonucunda belirlenen alt başlıklar, bireyselleştirilmiş izlenen veri, gerçek zamanlı işletim sistemleri, ürünlerin simülasyonu ve modellenmesi ve üretim süreçleri, üretim ve üretim süreçlerinin eşzamanlı olarak planlanması ve katma değerli hizmetlerdir.

Kang vd. (2016) çalışmalarında, AÜ ile ilgili tanımlamalara, çeşitli ülkelerin hükümet planlarına ve temel teknolojilere değindikten sonra AÜ ile yakından ilgili olan literatür üzerinde bir araştırma

gerçekleştirmişlerdir. Araştırmalarında sırasıyla (i) AÜ kavramıyla ve temel teknolojiler ile ilgili Zaman Serisi Analizi yapılmıştır; (ii) ele alınan makalelerde açıklanan uygulamalar akıllı fabrikaların oluşturulması açısından, fabrika (genel yapı), süreç, makine ve altyapı olarak sınıflandırılmıştır; (iii) her bir teknolojinin çalışma alanları sınıflandırılmıştır (mühendislik, tasarım ve yapı, işlem (operasyon-süreç) ve bakım); (iv) seçilen teknolojilerin gelişim durumlarını belirlemek için çeşitli başlıklar altında sınıflandırılmışlardır; (v) son olarak, makalelerde kullanılan anahtar kelime ve anahtar teknolojiler ile akıllı üretimin anahtar teknolojileri arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Tüm bu adımlar sonucunda elde edilen veriler şu şekildedir; (i) AÜ kavramının ve belirtilen teknolojilerin 2014 yılından sonra literatürde kullanımı çarpıcı bir şekilde artmıştır; (ii) büyük veri ve hologram teknolojileri süreçler ve makineler ile daha yüksek oranda bağlantılıdır; (iii) SFS ve bulut üretimi, akıllı üretimi kapsayan ve çoğunlukla fabrikalarda yüksek oranlarda kullanılan teknolojilerdir; (iv) imalat sistemlerinin tasarım ve inşası, eklemeli (katkılı) imalat konusundaki makalelerde yüksek oranda dikkate alınmıştır; (v) makalelerde ele alınan teknolojilerin gelişme seviyelerini ortaya koymak için yapılan analizde, çoğu teknolojinin uygulama alanı bulmasının yanı sıra, konsept oluşturma, metodoloji ve sistem tasarımı aşamasında kalanlar da vardır; (vi) AÜ'nin kilit teknolojileri, SFS, Nİ, bulut, büyük veri ve akıllı sensörlerdir.

Tjahjono vd. (2017), devlet raporları ve şirketlerden gelen ticari raporlar da dahil olmak üzere mevcut literatürü tarayarak, Endüstri 4.0'ın tedarik zinciri yönetimine etkisini ortaya koyan bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Araştırmada dört tedarik zinciri kolu (satın alma, mal/hizmet üretimi, depolama, nakliye/lojistik/teslim) tanımlanmış ve kolların her biri tedarik zinciri yönetiminin bir alanı olarak temsil edilmiştir. Endüstri 4.0'ın yeni teknolojilerinin zaman içinde bu alanlarda değişiklik yaratıp yaratmadığını karşılaştırmak ve ölçülebilir önlemler almak için Anahtar Performans Göstergeleri tanımlanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen veriler şöyledir; (i) Endüstri 4.0 en çok üretim ve nakliye alanlarında etkili olacaktır; (ii) modern teknolojinin kullanılması ile ortaya çıkacak fırsatlar, siparişin yerine getirilmesinde %53,84, nakliye/lojistikte %61,54, depolamada %66,6 ve satın alma işleminde %71,43 şeklindedir; (iii) sanal ve artırılmış gerçeklik, 3B baskı ve simülasyon gibi bazı teknolojilerin kullanılması fırsatlarla sonuçlanmıştır; (iv) büyük veri analitiği, bulut teknolojisi ve siber güvenlik gibi bazı teknolojilerin kullanılması kuruluşlar için hem fırsatlara hem de tehditlere yol açabilir; (v) Endüstri

4.0'ın en önemli faydaları artan esneklik, kalite standartları, etkinlik ve verimlilik üzerinde olacaktır.

Dombrowski vd. (2017) çalışmalarında, Endüstri 4.0 ve Yalın Üretim Sistemleri'nin ilkeleri arasındaki karşılıklı bağımlılıkları analiz etmişlerdir. Çalışmada Almanya'nın Endüstri 4.0 Platformu'nda yer alan (haberler vb.) Endüstri 4.0 kullanım durumları ve elemanlarını içeren 260 olay/vaka analiz edilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen veriler şu şekildedir; (i) Endüstri 4.0 ile ilgili her türlü kullanım durumu Yalın Üretim Sistemleri ile bağlanabilir; (ii) şirketler Endüstri 4.0 potansiyellerini analiz etmekte ve onlar için en iyi Endüstri 4.0 teknolojisini seçmekte zorlanmaktadırlar; (iii) Endüstri 4.0 teknolojileri ile Yalın Üretim Sistemleri arasındaki en yüksek bağımlılık israfın önlenmesi ile bulut bilişim arasındadır; (iv) sıfır hata prensibi ile büyük veri arasında yüksek bağımlılık vardır; (v) yalın üretim ilkeleri üzerine en yüksek etki dijitalleşmeninidir; (vi) literatürde yatay ve dikey entegrasyonun Endüstri 4.0 için önemi sıkça vurgulansa da Yalın Üretim Sistemleri için yüksek etkiye sahip değildir.

Wiktorsson vd. (2018) çalışmalarında, akıllı üretim konseptini somutlaştırmak için Güney Koreli ve İsveçli KOBİ'leri ve büyük şirketleri incelemişlerdir. Çalışmada iki ülke içindeki örneklerle ve ulusal çabalara bakılarak şu sonuçlara ulaşılmıştır; (i) Güney Kore'de ulusal Akıllı Fabrika girişimleri daha hedef odaklıdır ve KOBİ'lerin akıllı üretim yeteneklerini geliştirmeye odaklanmışlardır; (ii) İsveç'in ulusal girişimi ise sanayisine akıllı yetenekler kazandırmak için dijitalleşme alanlarını (süreçler ve üretimin yanı sıra ürün ve hizmetler, iş ve iş modelleri) çeşitlendirmektedir; (iii) İsveç'in sanayisini akıllandırmak için hazırladığı projelerde, KOBİ'lerin dijital dönüşümünün hızlandırılması amaçlanmaktadır; (iv) dijital olgunluk seviyesi şirketler arasında farklılık göstermektedir; (v) dijitalleşmenin, verimliliğin artırılması, maliyetlerin azaltılması, yeni ürünler geliştirilmesi ve yeni iş modelleri yoluyla gelir elde edilmesinde bir araç olduğu kabul edilmektedir.

De Felice vd. (2018b) çalışmalarında, AÜ ile ilgili 2011 ve 2018 yılları arasında yayınlanan çalışmaları incelemişlerdir. Analiz yöntemi olarak bibliyometrik analiz ve çok kriterli karar verme modeli kullanılmıştır. Analiz sonuçları doğrultusunda şu veriler elde edilmiştir; (i) Almanya, %39.0'lık bir oranla AÜ ile ilgili en çok makalenin yayınlandığı ülkedir; (ii) makalelerin yayınlanma tarihleri bakımından özellikle son iki yılda konuya ilgi artmıştır; (iii) sırasıyla, SFS, büyük veri, Nİ, otomasyon, eklemeli imalat, bulut ve simülasyon

Endüstri 4.0 ile ilgili makalelerin anahtar kelimelerinde en çok kullanılan yedi teknolojidir; (iv) Analitik Hiyerarşi Prosesi ile bu yedi teknoloji ile dört anahtar üretim kriteri (güvenlik, çevre, verimlilik ve maliyetler) karşılaştırılarak en çok kullanılan anahtar kelimeler (otomasyon, eklemeli imalat ve simülasyon) ortaya konulmuştur; (v) SFS, Nİ ve büyük veri en çok alıntı yapılan alt anahtar kelimelerdir; (vi) son olarak çalışmada bir atıf analizi gerçekleştirilmiş ve çalışmalar arasından en çok atfı Lee vd. tarafından 2015 yılında yayınlanan 'Endüstri 4.0 Tabanlı Üretim Sistemleri İçin SFS Mimarisi' adlı makale almıştır.

### 3. YÖNTEM VE BULGULAR

#### 3.1. Araştırmanın Amacı ve Önemi

Endüstri 4.0, Akıllı Üretim veya Akıllı Fabrikalar başlıkları altında literatürde çok sayıda kavramsal çalışma bulunmaktadır. Ancak hem konunun çok yeni olması hem de değişimi net bir şekilde ortaya koyacak göstergelerin belirlenmesinin zorluğu ampirik çalışmalar yapılmasını engellemiştir. Bu devrimin ülkemizde sağlıklı bir şekilde hayata geçirilmesi için öncelikle teknolojik altyapısı güçlü olan şirketlerin girişimine ve daha sonra da akademi ve sanayi işbirliğine ihtiyaç vardır. Bu nedenle çalışmada teori ile uygulama birlikte değerlendirilmeye ve AÜ başlığı altında meydana gelen değişimler ortaya konulmaya çalışılmıştır.

#### 3.2. Araştırmanın Yöntemi ve Verilerin Toplanması

Araştırmada AÜ başlığı altında geliştirilen yöntemler ve yenilikler vaka analizi yöntemi ile incelenmiş ve nelerin başarılı olduğu ortaya konulmaya çalışılmıştır. Vaka analizi yöntemi sosyal bilimler alanında sıklıkla kullanılmaktadır (Hartley, 1994). Çalışmada bu yöntemin kullanılmasının başlıca nedeni AÜ uygulamalarının henüz yaygın bir şekilde işletmeler tarafından benimsenmemesidir. Bu kapsamda özellikle kullanılan akıllı sistemler ve çıktıkları ile ilgili derinlemesine bilgi toplanabilmesi amacıyla bu alanda öncü şirketlerden birisinde araştırma yürütülmüştür.

Araştırma, Vestel Buzdolabı Fabrikası'nda gerçekleştirilmiştir. Vestel Şirketler Grubu, Türkiye'de Endüstri 4.0'ı yakından takip eden ve modern sistemlere hızlı adapte olabilen şirketlerden bir tanesidir. AÜ ile ilgili olarak derinlemesine bilgi toplayabilmek amacıyla Vestel Buzdolabı Fabrikası Üretim Müdürü ile görüşülmüştür. Mülakat 13.05.2019 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Mülakat

öncesinde fabrikada bir ön çalışma yapılmış, kullanılan sistemler yerinde görülmüş, üretim mühendisleri ile görüşülmüş ve çalışmanın amacı hakkında uzmana bilgi verilmiştir. Değerlendirme sonucunda, araştırmanın Vestel Buzdolabı Fabrikası'nda gerçekleştirilmesi uygun görülmüştür.

Derinlemesine mülakat tekniğinin kullanıldığı çalışmada, Endüstri 4.0, AÜ, AF için kullanılan teknolojiler ve geliştirilen sistemler, AÜ sistemlerinin çıktıları ve işletme performansına etkisi araştırılmıştır. Nitel araştırma yöntemleri arasında yer alan ve sosyal bilimler alanında sıklıkla kullanılan derinlemesine mülakat tekniği, görüşme yapılan kişilerden alınan cevaplar yardımıyla konunun ayrıntılı bir şekilde araştırılmasına imkân sağlayan bir veri toplama yöntemidir (Tekin ve Tekin, 2006:103). Literatürde görüşme teknikleri, yapılandırılmış, yarı yapılandırılmış, yapılandırılmamış ve odak görüşme olarak sıralanmaktadır (Marshall 1996'dan aktaran Baltacı, 2019:374). Çalışmada sistematik, derinlemesine, zengin ve değerli verilerin toplanmasına katkı sağlayan yarı yapılandırılmış görüşme tekniği kullanılmıştır (Ersoy, 2007:57). Bu teknik kapsamında sorular önceden hazırlanmış olmakla beraber, görüşme esnasında yeni sorular da sorulabilmiştir.

Çalışma kapsamında, verilerin daha sistematik bir şekilde toplanabilmesi için bir görüşme formu hazırlanmıştır. Literatürde yer alan kavramsal ve ampirik çalışmalarda, Endüstri 4.0, AÜ ve AF başlıkları altında bu yeni sistemin etki edeceği alanlar belirli başlıklar altında ele alınmaktadır. Bu başlıklar genellikle, maliyetler, üretim hızı, kalite, ürün geliştirme ve çeşitlilik, üretim kısmında ergonomik olarak uygun olmayan durumlarda teknolojinin kullanılmasında, istihdam oranı ve satış oranları olarak sıralanmıştır. Literatürde ele alınan bu başlıklar dikkate alınarak görüşme formu başlıklara ayrılmış ve sorular hazırlanmıştır. Görüşme formu kapsamında beş ana başlıkta toplam iki yüz on altı soru sorulmuştur. Bu kapsamda çoğunlukla tanımlamaların yer aldığı 'Genel Yapı' başlığı altında otuz, kullanılan teknolojilere yönelik bilgilerin yer aldığı 'Akıllı Üretim İçin Kullanılan Teknolojiler' başlığı altında elli üç, Endüstri 4.0 süreci ile kullanılmaya başlanan yeni tekniklerin incelendiği 'Yeni Yöntemler' başlığı altında otuz yedi, 'Sistemin Çıktıları' başlığı altında kırk yedi ve performansla ilişkin verilerin yer aldığı 'Akıllı Üretim İşletme Performansına Etkisi' başlığı altında kırk dokuz soru sorulmuştur. Görüşme formu kapsamında yer alan sorularda genelden özele giden bir yapı söz konusudur.

Hazırlanan görüşme formuna uygun olarak şu

adımlar takip edilmiştir:

- ✓ Endüstri 4.0 için genel bir çerçeve çizilmiş ve Vestel Buzdolabı Fabrikası hakkında bilgi toplanmıştır,
- ✓ AÜ için gerekli olan teknolojiler hakkında bilgi toplanmıştır,
- ✓ AÜ başlığı altında Vestel Buzdolabı Fabrikası'nda kullanılmaya başlanan yeni sistemler incelenmiştir,
- ✓ Sistemin çıktıları başlığı altında yeni sistemin, tedarikçiler, üretim, personel, müşteriler ve pazarlama yöntemleri üzerinde yarattığı etkiler ortaya konulmaya çalışılmıştır,
- ✓ AÜ'in işletme performansı üzerindeki etkisi çeşitli göstergeler kullanılarak rakamsal veriler ile ifade edilmeye çalışılmıştır.

### 3.3. Araştırmanın Bulguları

#### 3.3.1. Genel Veriler

Bu başlık altında Vestel Buzdolabı Fabrikası ile ilgili sorulara geçmeden önce, Endüstri 4.0 ile ilgili genel sorular sorulmuş ve Endüstri 4.0'ın tanımı, Endüstri 4.0 ile 3.0 arasındaki temel farklar ve Endüstri 4.0'ın Akıllı Fabrika veya Akıllı Üretim ile ilişkisi hakkında şu bilgiler edinilmiştir:

- ✓ Endüstri 4.0, son gelişen teknoloji ile makinelerin birbiri ile haberleşmesi, veri alışverişinde bulunması ve insandan bağımsız olarak kendinin koordine edebilmesi, optimizasyonunu sağlaması ve bu şekilde hızlı üretim yapılarak akıllı fabrikalar oluşturulmasını kapsayan bir teknoloji olarak tanımlanmıştır.
- ✓ Endüstri 3.0 ile 4.0 arasındaki temel farklılıklar şunlardır:
  - Endüstri 3.0'da makineler operatörler yardımı ile hareket kazanırken, Endüstri 4.0'da makineler herhangi bir insana bağlı olmadan tamamen sanal bir zeka ile hareket kazanabilmektedir.
  - Endüstri 4.0'da makinelerin boyutları küçülmüş, harcadıkları enerji azalmış ve arıza oranları düşmüştür.
- ✓ Endüstri 4.0 ile akıllı fabrika ve AÜ kavramları çoğu zaman birbirleri yerine kullanılmaktadır. Bunun temel nedeni, Endüstri 4.0'ın bir sonucu olarak Akıllı



Fabrikaların ortaya çıkmasıdır. Kendi kendine üretim yapabilen, kendi hatalarını tespit edip onları onarabilen fabrikalar doğrudan Endüstri 4.0 konseptidir. Dolayısıyla bu kavramların birbiri yerine kullanılmasında bir yanlışlık yoktur.

Vestel, ülkemizin önde gelen şirketleri arasında yer almaktadır. Üretim kapasitesi, istihdam oranı bir yana fabrikalarda kullanılan son teknolojiler ile de dikkat çekmektedir. Bu noktada Vestel'in Endüstri 4.0'a ne derecede yakın olduğunu öğrenmek amacıyla sorulan sorulardan şu bilgiler elde edilmiştir:

- ✓ Endüstri 4.0 kavramı, 2011 yılında deklare edildiğinden itibaren, Vestel Şirketler Grubu en gelişmiş teknolojileri kullanma vizyonu ile Türkiye'de Endüstri 4.0'ı kendi üretim sistemlerine entegre eden şirketlerin başında gelmektedir.
- ✓ Türkiye'nin en çağdaş ve en teknolojik üretim tesislerinden birisine sahip olan Vestel, vizyonu gereği tüm yenilikleri yakından takip etmeye devam etmektedir,
- ✓ Kullanılan yüksek üretim teknolojileri ile ülkemizde Endüstri 4.0'a geçen şirketler arasında yer almaktadır,
- ✓ Gelişen teknolojiler ve artan rekabet şartları sistemlerin değiştirilmesi ve Endüstri 4.0'a geçilmesine öncülük etmektedir. Endüstri 4.0'ın en büyük avantajı, daha hızlı ve daha kaliteli üretim çıktısı sunmasıdır. Rakiplerinden daha az maliyetli ve daha kaliteli ürün ürettiğinde pazarda doğrudan bir adım öne geçme fırsatı doğmaktadır. Dolayısıyla Vestel, Endüstri 4.0'ı ulusal ve uluslararası rekabette bir adım öne geçmek için bir avantaj olarak görmektedir,
- ✓ Vestel Buzdolabı Fabrikası da bu vizyon ile sistemlerini yenilemektedir. Fabrikada ilk olarak robotik ve otomasyon sistemleri devreye alınmıştır. İş gücü ile yapılan işlemler artık robotlar tarafından yapılmaktadır. Üretim verileri dijital ortamda takip edilmeye başlanmıştır. Ayrıca ürün izleme sistemleri ile ürünü anlık olarak takip eden sistemler kurulmuştur,
- ✓ Vestel için artan müşteri talebine daha fazla ve daha kaliteli ürün portföyü ile karşılık verme zorunluluğu bu değişim sürecini

başlatmıştır. Değişim sürecinin başlaması ve yönetilmesinde en büyük destek yönetimden gelmiştir. Vestel'in üst yönetim ve alt yönetim kadrosu bu değişimin mimarlarıdır. Yönetimin göstermiş olduğu kararlılık fabrikaların Endüstri 4.0'a adaptasyon süreçlerini hızlandırmıştır,

- ✓ Endüstri 4.0, akıllı fabrika veya AÜ tüm dünya için yeni kavramlardır. Bu nedenle bir fabrikanın bu başlıklar altında modernleşmesi bazı sorunlar doğurabilir. Vestel için bu açıdan bakıldığında karşılaşılan en büyük sorun personelin yeni sürece adaptasyonunda ortaya çıkmıştır. Personelin yeni teknolojilere uyum sağlaması belli bir süre almıştır. Ancak bu durum personelde yeni teknolojilerin kullanılmasına karşın herhangi bir direnç yaratmamıştır. Adaptasyon sürecinin ardından süreç aksamadan devam etmiştir. Bir başka karşılaşılan zorluk ise ürünlerin bu yeni sisteme entegrasyonunda ortaya çıkmıştır. Ancak kıyaslandığında sistemin getirdiği kolaylıkların yanında karşılaşılan kısa süreli zorluklar göz ardı edilebilir boyuttadır.
- ✓ Değişime karar verildiğinde öncelikle bir yol haritası oluşturulmuştur. Bu noktada neye, ne miktarda ve ne zaman ihtiyacımız var sorularının cevapları aranmıştır. Tüm akıllı sistemler bu yol haritasında verilen cevaplar doğrultusunda kurulmuştur,
- ✓ Süreç başlamadan önce fizibilite çalışmaları yapılmış ve süreç planlanmıştır. Fizibilite çalışmalarında özellikle yatırım maliyetleri üzerinde durulmuştur. Bu çalışmalar esnasında Vestel'in üzerinde durduğu temel kriter, kalitenin artırılması ve en yeni teknolojilerin aktif olarak hayata geçirilmesi olmuştur. Planlama sürecinde ise hangi teknolojik alt yapının (makine ve yazılım) fabrikalara nasıl entegre edileceği, ne zaman kurulumunun yapılacağı ve nasıl faaliyette olacağı, ürünlerin insana daha az bağımlı halde üretilmesi için makine seçimleri ve ihtiyaç duyulan yazılımlar belirlenmiştir,
- ✓ AÜ için ciddi bir teknoloji altyapısına ihtiyaç vardır. Vestel, kurulan sistemin sorunsuz işlemesi için bilgisayar ve yazılımlarını güncellenmiştir. Yazılım ve entegrasyon

- süreci Vestel tarafından yürütülmüştür. Makineler için ise dışarıdan destek alınmıştır,
- ✓ Fabrikada şu an için kullanılan akıllı üretim sistemleri, operatöre ihtiyaç duyulmadan taşıma işlemlerinin gerçekleştiren AGV (Automated Guided Vehicle) taşıma sistemleri, lazer ile yarı mamül kesme robotları, ürün taşıma ve montaj etme robot kolları, bilgisayar ile bütünleşik veri takip sistemleri olarak sıralanabilir,
  - ✓ Fabrikada kullanılan akıllı cihazlar üretimin her alanında ve her anında etkin olarak kullanılmaktadır. Dolayısıyla işin çok büyük bir kısmını (%100'e yakın kısmı) bu sistemler yapmaktadır,
  - ✓ Kullanılan akıllı sistemler, üretimin daha hızlı, daha kaliteli ve daha ekonomik olmasına katkı sağlamaktadır. Diğer bir açıdan bakıldığında, özellikle kalitedeki artışın müşteri memnuniyetini de artırdığı dikkat çekmektedir. Dolayısıyla daha fazla müşteri memnuniyeti için üretim sistemleri sürekli olarak geliştirilmektedir,
  - ✓ Kullanılan son teknolojiler ile Vestel üretim sistemlerini güncellemiş ve AÜ için uygun ortamı yaratmıştır. Akıllı üretimin en belirgin faydası üretim alanında ortaya çıkmış ve yine sistem değişikliğinden en çok üretim etkilenmiştir. Üretimin arkasından sırasıyla, tasarım, depolama, nakliye ve satın alma birimlerini etkilemiştir.
  - ✓ Vestel Buzdolabı Fabrikası'nın üretim kısmı ile ilgili toplanan veriler şu şekildedir:
    - Fabrika iki farklı vardiya sistemi ile çalışmaktadır. İlki 4 saat mesai ile 2 vardiya, ikincisi de mesaisiz çalışma düzeni ile 3 vardiyadır,
    - Her vardiyada ortalama 750 çalışan (iki fabrikada toplam) vardır,
    - Fabrikada toplam 5 adet montaj bandı bulunmaktadır,
    - En fazla farklı model ikinci bantta üretilmektedir,
    - Üretim bandına göre değişiklik göstermekle birlikte bir bant üzerinde 50'ye (ikinci bantta) yakın farklı tip model üretilmektedir,
    - Fabrikada AÜ ile bir buzdolabı 26 saniyede üretilmektedir. Eski sistemde en hızlı üretilen model 34 saniyede

üretilmekteydi. Üretim sürecinin kısılmasındaki temel etkenler, proseslerin hızlanması, robotların üretime entegrasyonu ve bilgisayar sistemlerinin yaygınlaşması olarak sıralanabilir.

- Model bazlı üretimde ürünün hacmi, boyutu ve kompleks yapısı üretim sürecine etki etmektedir. Fabrikada yaklaşık olarak 94 adet farklı model buzdolabı üretilmektedir. Bunların içerisinde en hızlı üretilen model (Table Top ya da Ofis Tipi Buzdolabı) saatte 138 adet üretilirken en yavaş üretilen model olan Puzzle ya da French Door modelinden saatte 20 adet üretilmektedir,
- Bir buzdolabının üretilmesi için ihtiyaç duyulan malzemeler, ürünün soğutma komponentleri (Kompresör, Eşanjör, Hot Gas, Evap), plastik enjeksiyon malzemeleri (raf, sebzelik, kapı rafları, şişelik vb.), saç parçaları (yan paneller, üst paneller) ve plastik gövde olarak sıralanabilir. Ayrıca ürünün montajında kullanılan malzemeler (cıvata, vida vb.), ürünü paketlerken kullanılan ambalaj kartonları, ürünün üzerinde kullanılan etiketler ve logolar da bir buzdolabı üretiminde kullanılan malzeme gruplarından ve
- Fabrika üretim miktarı eski sistemde günlük 9.000-10.000 seviyesindeyken şu anda yaklaşık 13.000 adet üretim yapılmaktadır.

### 3.3.2. Vestel Buzdolabı Fabrikası'nda Akıllı Üretim İçin Kullanılan Teknolojiler

Endüstri 4.0 yeni bir üretim konseptini tanımlamaktadır ve bu konsepti oluşturan çeşitli teknolojiler mevcuttur. Daha önce de belirtildiği üzere Endüstri 4.0 bir teknoloji kümesinden oluşmaktadır. Fabrikasını akıllandırmak isteyen bir girişimci bu teknolojilerden yararlanmak zorundadır. Bu başlık altında Vestel'in AÜ için kurduğu sistemde hangi teknolojilerden (Nİ, SFS, yapay zeka, bulut bilişim, büyük veri ve analitiği, artırılmış gerçeklik, simülasyon, sistem entegrasyonu, otonom robotlar ve siber güvenlik) faydalandığı konusunda bilgi toplanmıştır.

Vestel Buzdolabı Fabrikası'nda, Nİ, yapay zeka, büyük veri ve analitiği, artırılmış gerçeklik ve sistem entegrasyonu ile ilgili çalışmalar sürdürülmektedir. En kısa sürede aktif olarak bu sistemler de kullanılmaya başlanacaktır. Bu teknolojiler dışında kalan SFS, bulut bilişim, simülasyon, robotlar ve siber güvenlik ise fabrikada aktif olarak kullanılmaktadır.

Siber Fiziksel Sistemler (SFS) ile ilgili ulaşılan veriler şunlardır:

- ✓ Fabrikada yaklaşık iki buçuk yıldır kullanılmaktadır,
- ✓ Buzdolabına kompresör takma, AGV ile malzeme taşıma, lazer robotu ile plastik kesim ve trimleme ve robotik boru sarmada bu teknolojilerden yararlanılmaktadır,
- ✓ SFS sayesinde özellikle yukarıda sıralanan işlerde insan etkinliği azalmış, insana bağlı ergonomik sorunlar ortadan kalkmış, daha verimli üretim ve hatasız ürün kalitesi sağlanmıştır,
- ✓ Bu teknoloji için bir milyon Euro'nun üzerinde yatırım yapılmıştır.

Bulut bilişim ile ilgili ulaşılan veriler şunlardır:

- ✓ Fabrikada yaklaşık beş yıldır kullanılmaktadır,
- ✓ Vestel veri depolama sistemlerinde bu teknolojiye yararlanılmaktadır,
- ✓ Bu teknoloji daha fazla veri depolama alanı ve daha hızlı veriye erişim imkanı sağlamaktadır,
- ✓ Bulut bilişim teknolojisi için beş yüz bin Euro'nun üzerinde yatırım yapılmıştır.

Simülasyon teknolojisi ile ilgili ulaşılan veriler şunlardır:

- ✓ Fabrikada iki yıldır aktif olarak kullanılmaktadır,
- ✓ Özellikle robotik kurulum ya da makine kurulumu yapmadan önce test aşamasında simülasyonlar yapılmaktadır,
- ✓ Simülasyondan, kurulumu yapılacak makinelerin entegrasyonu ve kurulum aşamalarında oluşması muhtemel hataların tespitinde faydalanılmaktadır. Aynı zamanda AÜ için gerekli bir kavram olan Dijital İkiz bu teknoloji ile yaratılmaktadır. Buzdolabı fabrikasında da bu teknolojiye

yararlanılmaktadır. Fiziki ortamda üretilen ürünün bire bir aynısı dijital ortamda da çalıştırılmaktadır. Bu da sistemlerin üretimde kullanılmadan önce taşıdığı risklerin veya avantajların saptanmasında çok etkili olmaktadır.

- ✓ Bu teknoloji için yüz bin Euro'nun üzerinde yatırım yapılmıştır.

Otonom robotlar ile ilgili ulaşılan veriler şunlardır:

- ✓ Bu robotlar işin %20'lik kısmını tek başlarına gerçekleştirmektedirler. Ancak, robotların varlığı tüm üretim sürecini doğrudan etkilemektedir.
- ✓ Robotlar özellikle hızlı ve kaliteli üretim için kullanılmaktadır. Aynı zamanda işçi sağlığını olumsuz etkileyen alanlarda kullanılmaları olumsuz ergonomik durumları ortadan kaldırmaktadır,
- ✓ Fabrikada kullanılan robotlar dışarıdan temin edilmektedir. Bir Alman markası olan Kuka robotları kullanılmaktadır,
- ✓ Totalde robotlar için bir milyon Euro'nun üzerinde bir yatırım yapılmıştır.

Siber güvenlik ile ilgili ulaşılan veriler şunlardır:

- ✓ Siber güvenlik yaklaşık olarak altı yıldır kullanılmaktadır,
- ✓ Siber güvenlik, dışarıdan erişimi engellemek ve Vestel'e özel bilgilerin dışarı sızmasını önlemek amaçlı geliştirilen bir teknolojidir,
- ✓ Sanal ortamda saklanan bilgilerin ve verilerin korunmasında önemi yüksek bir teknolojidir,
- ✓ Bu teknolojiye yararlanabilmek için dışarıdan yazılım desteği alınmaktadır.

### 3.3.3. Vestel Buzdolabı Fabrikası'nda Kullanılan Akıllı Sistemler

Vestel Buzdolabı Fabrikası'nda Akıllı Üretim başlığı altında değerlendirebileceğimiz akıllı sistemler şunlardır:

- ✓ Kompresör robotları,
- ✓ AGV insansız taşıma sistemleri,
- ✓ Lazer kesim ünitesi,
- ✓ Robotik lazer trim projesi ve
- ✓ Robotik boru sarma.

Ürün içine kompresör yerleştirmede robot kullanımını özellikle personel sağlığı açısından ciddi bir iyileşme sağlamıştır. Çünkü yaklaşık olarak beş kg ağırlığa sahip olan kompresörlerin sürekli olarak kaldırılıp, ürün içine yerleştirilmesi personel sağlığına zarar veren bir süreçtir. Bu nedenle daha önce personel tarafından takılan kompresörler şu an kompresör robotları tarafından ürünlere takılmaktadır. Bu sürece robotların entegre edilmesi personel tasarrufu da yaratmıştır. Bu sistem sayesinde üç işçinin yaptığı işi 1 robot yapabilmektedir. Kompresör yerleştirilmesinde toplamda altı adet aktif olarak çalışan robot bulunmaktadır. Bu da vardiya bazında altı personel, üç vardiyalık düzende ise 18 personel tasarrufu sağlamıştır. Sağlanan tasarrufu rakamsal olarak ifade etmek gerekirse yıllık on sekiz bin Euro'luk (18 x 10.000 € = 18.000 €) bir tasarruf sağlanmıştır. Bu aşamada robot kullanımının üretim miktarına herhangi bir etkisi olmamakla birlikte, maliyet tasarrufu ve ergonomik iyileşme sağlamaktadır.

AGV sistemleri, yeni nesil taşıma sistemlerini tanımlamaktadır. Kurulan sistem ile ürünler insana ihtiyaç duyulmadan istenilen noktaya yönlendirilebilmektedir. Fabrikada daha önce personel tarafından milk run denilen araçlarla taşınan, buzdolabı kapısı, yan panel ve üst panel gibi yarı mamuller artık navigasyon yöntemi sayesinde insansız araçlar ile taşınmaktadır. AGV taşıma sistemlerinin de personel sağlığına olumlu etkisi mevcuttur. Yani sistem ergonomik iyileşme açısından fayda sağlamaktadır. AGV sistemleri aslında dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır. Daha çok RFID teknolojisi ile kurulan bu sistemler Vestel'de navigasyon yöntemi kullanılarak kurulmuştur. AGV sistemleri iş gücü açısından tasarruf sağlamaktadır. Bu sistem ile personel tasarrufu toplamda iki kişidir ve yıllık olarak bu tasarrufun karşılığı yirmi bin Euro'ya tekabül etmektedir. Bu noktada da kurulan sistemin maliyetler üzerinde olumlu bir etkisi söz konusudur.

Lazer kesim ünitesi, plastik gövdelerin lazer ışını ile kesilmesi amaçlı kullanılmaktadır. Daha önce manuel olarak gerçekleştirilen kesme işlemi bugün kurulan barkod sistemi ile el değmeden gerçekleştirilmektedir. Bu sistemde plastik gövdeler kesilmeleri gereken noktalardan yüksek lazer ışını yardımı ile kesilmektedir. Barkod sistemi ile yapılan kesimler sayesinde artık her bir plastik gövde için ayrı kalıp masalarına olan ihtiyaç ortadan kalkmış durumdadır. Barkod okuyucular doğrudan ürün tipini algılayarak, hangi tip kesim olacaksa ürünü o robota yönlendirmektedir. Bu sistemin sağladığı en önemli fayda daha hassas ve kaliteli bir kesim sağlaması ve

bu sayede kesim sırasında oluşabilecek hataları minimize etmesidir. Aynı zamanda lazer kesim ünitesi ile gerçekleştirilen kesimler daha hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Sistem, kalıp maliyeti ve bu kalıplar için yapılan yatırım maliyetlerinden tasarruf sağlamıştır. Artık kesimler eskiye nazaran çok daha hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Bu sistem ile sağlanan personel tasarrufu dört-beş kişidir.

Plastik gövdeler lazer ile kesildikten sonra, montajı yapılacak olan malzemelerin gövdeye eklenebilmesi için gerekli olan detayların trimlenmesi (açılması) lazer trim projesi adı altında oluşturulan sistem ile gerçekleştirilmektedir. Bu sistem kurulmadan önce trimleme işi manuel bir şekilde gerçekleştirilmekteydi. Şu an ise bir robot yardımıyla trimlenecek kısımların kesilmesi şeklinde çalışan bir sistem kurulmuştur. Lazer trim projesi ile kalitesel iyileşme söz konusudur ve kesimler daha hızlı bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Aynı zamanda bu sistem tüm dolap modellerinin üretiminde sonsuz esneklik sağlamaktadır. Lazer trim projesi ile vardiya başı iki personel tasarrufu sağlanmıştır.

Bir diğer akıllı sistem ise robotik boru sarmadır. Bu sistem ürünlerin dondurucu plastiklerinin AI (Alüminyum) metal ile sarılması amacıyla kullanılmaktadır. Sistem, ürünü bir robot kolu yardımıyla kendi eksenini etrafında 360 derece döndürüp AI boruları ürün etrafına sarması şeklinde çalışmaktadır. Daha öncesinde fabrika bünyesinde böyle bir sistem mevcut değildi. Ürünlere plaka yapıştırılarak işlem tamamlanmaktaydı. Bu sistem ile ürünlerin soğutma verimi artmıştır. Aynı zamanda işlem hızlı bir şekilde tamamlanabilmektedir. Sistem stok miktarını da etkilemiştir. Bu sistem sayesinde stok miktarında da önemli kazanımlar elde edilmiş ve bu oran minimum seviyelere çekilebilmiştir. Eski sistemde %60 olan stok miktarı şimdilerde %5 ile %10 arasında değişim göstermektedir.

Boru sarma işleminin robot yardımı ile tamamlanması, ürün hacminde kazanç sağlamıştır. Bu teknoloji yan sanayiye bağımlılığı azaltmıştır. Aynı zamanda bu işin robot yardımı ile gerçekleştirilmesi yer tasarrufu da sağlamıştır. Aynı işlem makineler ile yapılsaydı ekstra 322 metrekare alana daha ihtiyaç duyulacaktı.

### 3.3.4. Akıllı Üretimin Çıktıları

AÜ, yeni teknolojilerin bir araya gelmesiyle, daha hızlı, daha kaliteli ve daha ekonomik üretim yapılmasına imkan veren bir sistemi tanımlamak için kullanılmaktadır. Bu sistemin getirilerini ortaya

koymak için sadece üretim kısmında yaşanan gelişmelere odaklanmak yeterli değildir. Bu noktada bakış açısını biraz genişletmekte fayda vardır. Bu nedenle bu başlık altında çıktılar şu başlıklar altında değerlendirilmiştir:

- ✓ Tedarikçiler,
- ✓ Üretim,
- ✓ Personel,
- ✓ Müşteriler ve
- ✓ Pazarlama stratejileri.

AÜ için sistem entegrasyonu kavramı son derece önemlidir. Bu entegrasyon sadece işletmenin birimleri arasındaki entegrasyonunu ifade etmez. İşletme dış çevresi ile beraber değerlendirilir. AÜ’de bahsedilen sistem entegrasyonuna paydaş çevresi de dahildir. Bu noktada işletmenin özellikle tedarikçilerle olan entegrasyonu üretimin aksamaması için önemlidir. Vestel Buzdolabı Fabrikası son teknoloji ile üretim yapan bir fabrikadır. Bu fabrikada son derece fazla ürün kısa sürelerde üretilebilmektedir. Bu hız Vestel için sorun olmamakla birlikte, tedarikçilerinin bu hıza karşılık verememesi doğrudan üretimini etkiler. Yapılan görüşme sonucunda Vestel’in çalıştığı tedarikçilerin, Vestel ile aynı teknolojilere sahip olmadıkları, bu nedenle özellikle malzeme tedariği noktasında üretim hızının gerisinde kaldıkları ve Vestel’in üretim sistemine ayak uydurmakta zorlandıkları bilgilerine erişilmiştir. Ancak Vestel’in sahip olduğu sistemler özellikle tedarikçilerine ilham vermektedir. Bu noktada tedarikçiler, üretimlerini hızlandırmak ve daha kaliteli ürünler üretmek adına kendilerini bu doğrultuda geliştirecek adımlar atmaktadırlar.

AÜ sistemlerinin üretim sürecine sağladığı katkılar şu şekildedir:

- ✓ Üretim daha hızlı ve daha kaliteli bir şekilde gerçekleştirildiğinden, birim zamanda oluşan çıktı miktarında artış meydana gelmiştir. Bu sistem diğer bir ifade ile üretim süreç döngüsünün kısalmasına fayda sağlamaktadır. Üretim eski sistemde günlük yaklaşık 9.000 seviyesinde gerçekleştirilirken, Endüstri 4.0 uygulamalarının desteği ile ortalama günlük 13.000 seviyesine yükselmiştir. Şu an için hafta içi yirmi dört saat üretim yapılabilmektedir. Cumartesi günü de 08.00 ile 24.00 arasında üretim yapılmaktadır. Normal şartlar altında herhangi bir makine arızası oluşmadıkça üretim sürekli olarak devam etmektedir. Yeni sistem makine arızası

riskini de minimize etmektedir. Makinelerde meydana gelecek arıza yeni sistemde önceden uyarı (alarm gibi) vermektedir.

- ✓ Tek bir seferde (bir üretim bandı üzerinde) üretilen ürün sayısında da artış olmuştur. Ortalama olarak bir bandın üretim hızı gerek makine yatırımları gerekse teknolojik ilerleme ile üç binden dört bin beş yüz seviyesine yükselmiştir.
- ✓ Sistem hata miktarını azaltmaktadır. Kurulan sistemler hatalı montajı %40 oranında engellemektedir. Ayrıca kurulan bilgisayar tabanlı kontrol sistemleri sayesinde hataların %100’ü yakalanmaktadır.
- ✓ Sistem esnek üretim yapılmasına imkan sağlamaktadır. Şu an için sadece bir bant üzerinde elli farklı ürün üretilebilmektedir.
- ✓ AÜ sistemlerinin israfı önleyen bir yapısı vardır. Bu nedenle Yalın Üretim kavramı, Endüstri 4.0’ın bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır. Fabrikada gerçekleştirilen üretimde de bu kavram önemli bir yer tutmaktadır. Bu noktada hat dengeleme ve 5s üretim felsefesi fabrikanın ana üretim şemasında önemli bir yer tutmaktadır.
- ✓ Yalın Üretim kavramı kadar Vestel için Tam Zamanında Üretim felsefesi ile üretimi gerçekleştirmek de büyük öneme sahiptir. Vestel Buzdolabı Fabrikası’nda üretim talep yani müşteri isteği doğrultusunda gerçekleşmektedir. JIT yani Tam Zamanında Üretim şirketin ana felsefesidir. Bu felsefenin stok tutma maliyetlerini ortadan kaldıran bir yapısı vardır. Ancak aynı zamanda üretici müşteriyi üretim süreci kadar bekletmeyi de göze almaktadır ve bu acil bir sipariş ise müşteri kaybına neden olabilir. AÜ ile hızlanan üretim, bu bekleme süresini minimuma indirdiği için bu risk ortadan kalkmaktadır. Vestel beklenmedik bir talep ile karşılaşırsa ürünlerin malzeme ihtiyaçları ellerinde mevcutsa üretime hemen başlayabilmektedir. Böyle bir durumda tek sorun olarak malzemelerin yan sanayiden gelmesi sürecindeki aksaklıklar söz konusu olabilir.
- ✓ AÜ müşteriyi üretime dahil etmektedir. Bu sayede müşterinin isteklerine bire bir cevap verilebilmektedir. Vestel’in üretim hattında

müşteri kaynaklı bir son dakika değişikliği yaşandığında bu malzeme ile alakalı ise malzemenin temininden sonra üretim kaldığı yerden devam edebilir. Değişiklik tasarım ile ilgiliyse de bir sonraki üretimde değişikliğe uygun olarak üretim yapılabilir. Normalde bir son dakika değişikliğine uyum sağlamak zordur. Ancak Vestel kurduğu esnek üretim hattı sayesinde bunu da kolaylıkla halledebilmektedir.

- ✓ Günümüzde üretimi çevreye saygılı bir şekilde yapabilmek büyük bir öneme sahiptir. Bu noktada Vestel de bu bilinç ile üretimini gerçekleştirmektedir. Atıkların ayrıştırılması ve kimyasal atıkların güvenli bir şekilde uzaklaştırılması için çevre yönetim sistemine (ISO Standartları) göre üretim yapılmaktadır.

AÜ ile değişen sistemlerden etkilenenler arasında personel de yer almaktadır. Özellikle geleneksel yöntemler ile üretimi gerçekleştirmeye alışmış personel yeni teknolojiler ile çalışmakta zorlanabilir. Bu açıdan AÜ sistemlerinin personel üzerindeki etkisinin de dikkate alınması gerekmektedir. Yapılan görüşmede konuyla alakalı şu bilgiler edinilmiştir:

- ✓ AÜ sistemlerine personelin çabuk adapte olabilmesi için çeşitli performans ölçümleri gerçekleştirilmelidir. Vestel bu bilinçle hareket etmiş ve belirli standartlar geliştirmiştir. Bunların başında makine kullanma becerisi ve makineyi tanıma yetisi gelmektedir. Bu standartlar, operatörlere uygulanmakta ve standartlar sürekli olarak güncellenmektedir. Aynı zamanda personele (özellikle operatörlere), makineleri tanıma ve yeni teknolojileri öğrenme konularında sürekli eğitimler verilmekte ve bu sayede personelin sisteme adaptasyon süreci hızlandırılmaktadır. Özellikle sisteme geçilirken personelin ilk zamanlarda karşılaştığı zorluklar bu sayede ortadan kaldırılmıştır. Bu noktada personele verilen eğitimin çok önemli olduğunu söyleyebiliriz.
- ✓ AÜ sistemleri yoğun teknoloji içerir ve insana olan ihtiyaç bu sistemde azalır. Bu durum personel üzerinde negatif bir etki yaratabilir. Ancak Vestel personeli üzerinde yeni sisteme geçerken böyle bir durum meydana gelmemiştir.

- ✓ AÜ için nitelikli iş gücüne ihtiyaç vardır. Vestel operatör bulmak için özellikle meslek lisesi öğrencilerine fabrikada geziler düzenlemekte ve bu öğrenciler mezun olduklarında onları istihdam etmektedir.
- ✓ AÜ sistemleri özellikle ergonomi açısından yani işçi sağlığı açısından çok faydalı olmuştur. Kompresör robotları sayesinde personelin artık ağır kompresörleri taşımasına gerek kalmamıştır. Aynı şekilde AGV sistemleri de manuel olarak ürün taşıma işlemini ortadan kaldırmıştır.

AÜ ile müşteriler sistemin tam merkezine yerleştirilebilmektedir. Dolayısıyla bu sistem müşteri memnuniyetine de etki etmektedir. Yapılan görüşmeler sonucunda Vestel'in müşterileri üretime dahil edip edemediği, kişiselleştirilmiş ürünler üretip üretmediği, taleplere hızlı cevap verip veremediği ve AÜ ile hızlanan üretimin yeni pazarlara dolayısıyla yeni müşterilere ulaşılmasında yardımcı olup olmadığı konusunda şu bilgilere erişilmiştir:

- ✓ Vestel, müşterilerinin talepleri doğrultusunda üretimini gerçekleştirebilmektedir. Bunun en büyük sebebi, üretimin esnek bir yapıya kavuşturulmasıdır. Müşteriler ürünlerin şekillenmesinde yani tasarım, soğutma tipi, aksesuar seçimi, etiket seçimi vb. aşamalarında doğrudan sürece müdahale edebilmektedirler.
- ✓ Vestel'in kurmuş olduğu sistem kişiselleştirilmiş ürünler üretilmesine imkan sağlamaktadır. Ancak Vestel bünyesinde üretilen ürünler kişilere değil kitlelere göredir. Fabrikada üretilen her ürün tipi ve modeli birbirinden farklıdır. Ancak bu bir kişiye göre değil daha çok markaya endekslidir.
- ✓ AÜ ile müşteri taleplerine çok daha hızlı cevap verilebilmektedir. Kurulan esnek üretim hattı, taleplere hızlı cevap verebilme yeteneği, müşteri isteğine göre ürünlerin tasarımında değişiklik yapabilme ve en önemlisi gelişen teknolojiler ile daha kaliteli, daha az maliyetli ve hatasız üretim yapabilme müşteri ilişkileri yönetimini de kolaylaştırmaktadır. Tüm bu artılar şirketin yeni pazarlara açılmasına imkan sağlamaktadır.

Son teknolojiler ile üretim sistemlerini modernleşiren Vestel, bu durumu bir pazarlama aracı

olarak da görmektedir. Endüstri 4.0, Vestel için gelişim, değişim ve ilerlemenin yeni adıdır. Bu nedenle şirket pazarlama stratejilerini en yeni teknolojileri üzerine kurmaktadır. Reklamlarda da en gelişmiş teknolojiler ile donatılmış tesisler ve yine bu teknolojiler ile üretildiği belirtilen ürünler kullanılmaktadır.

### 3.3.5. Akıllı Üretimin İşletme Performansına Etkisi

Performans ölçümü, belirli göstergelerden yararlanarak işletmenin durumunu ortaya koymakta ve aynı zamanda belirlenen hedeflere ulaşmadaki başarısını göstermektedir. Bu başlık altında öncelikle Vestel Buzdolabı Fabrikası'nın performansını ortaya koyacak göstergeler belirlenmiş, daha sonra da AÜ kavramının bu göstergelere etki edip etmediği araştırılmıştır. İncelenen performans göstergeleri şunlardır:

- ✓ Maliyetler,
- ✓ İstihdam oranı,
- ✓ Üretim hızı,
- ✓ Yatırımlar,
- ✓ Fiyatlar,
- ✓ Ürün geliştirme ve ürün pazara çıkış hızları,
- ✓ Ürün kalitesi,
- ✓ Verimlilik,
- ✓ Satış oranları ve
- ✓ Yatırımcıların şirkete ilgisi.

AÜ, AF ve Endüstri 4.0 ile işletme performansı arasındaki ilişkiye odaklanan çalışmaların sonuçları incelendiğinde, genellikle akıllı sistemlerin işletme performansına pozitif etki ettiği görülmüştür (Davis vd., 2012; Waibel vd., 2017; Edgar ve Pistikopoulos, 2017; Fay ve Kazantsev, 2018; Sjödin vd., 2018; Qamsane vd., 2019; Abubakr vd., 2020; Büchi vd., 2020; Kamble vd., 2020). Bu başlıklar ile AÜ ile değişen yapının yarattığı etki ortaya konulmaya çalışılmıştır. Yapılan görüşmeler sonucunda maliyetler ile ilgili şu verilere ulaşılmıştır:

- ✓ Vestel için şu anda en büyük maliyet kalemleri enerji tüketimi ve kalifiye personeldir (makine operatörleri),
- ✓ AÜ ile üretim genelinde yirmi işçilik bir tasarruf sağlanmıştır. Yıllık bazda bu değer iki yüz bin Euro'dur,
- ✓ Önemli bir kalem olan enerji giderlerinde, üretimde makine ve robot kullanımının artmasıyla yaklaşık %5 oranında bir artış meydana gelmiştir,

- ✓ Hammadde ve malzeme giderlerinde de değişim yaşanmıştır. bu noktada en büyük değişim boru sarma robotlarında kullanılan AI bant ve AI boru miktarında yaşanmıştır. totalde hammadde ve malzeme giderlerinde yaklaşık olarak %10 oranında bir artış meydana gelmiştir,
- ✓ Yeni alınan makinelerin periyodik bakımları, enerji tüketimi ve kurulumundan dolayı makine ve teçhizat giderlerinde %6-7 oranında bir artış meydana gelmiştir,

Yapılan görüşmeler sonucunda üretim hızında meydana gelen değişim ile ilgili şu verilere ulaşılmıştır:

- ✓ Yeni sistem ile mavi yakalı personel oranında dikkat çekecek bir değişim yaşanmamıştır. Kompresör takmada çalışan personel farklı alanlara kaydırılmıştır,
- ✓ Beyaz yakalı personel oranında bir değişiklik yoktur,
- ✓ AÜ ile birlikte 'Otomasyon ve Projeler Departmanı' kurulmuştur ve bu bölümde çalışacak, makine, tasarım ve yazılım mühendisleri istihdam edilmiştir.

Yapılan görüşmeler sonucunda üretim hızında meydana gelen değişim ile ilgili şu verilere ulaşılmıştır:

- ✓ Üretim hızı yeni sistem ile yaklaşık %20 oranında artmıştır. Bu artışın nedenleri, boru sarma makinelerinin hızı, son teknoloji fikstür yatırımları, üretim operasyonlarında yapılan iyileşmeler, üretim hattının son teknolojiye uygun olarak yenilenmesi ve ürünlerin kolay montaj olacak şekilde tasarlanmaları olarak sıralanabilir,
- ✓ Eski sistemde otuz dört saniyede üretilen bir ürün (en hızlı üretilebilen) şu an yirmi altı saniyede üretilmektedir,
- ✓ Şu an için günde ortalama on üç bin tane buzdolabı üretilmektedir. Eski sisteme nazaran ortalama dört bin adetlik bir artış sağlanmıştır. Aradaki artışın %25'lik kısmı doğrudan AÜ sistemleri sayesinde sağlanmıştır. Geri kalan kısma da dolaylı olarak etki etmektedir.

Yapılan görüşmeler sonucunda AÜ sistemlerinin kurulması için yapılan yatırımlar ile ilgili olarak şu verilere ulaşılmıştır:

- ✓ Yeni sistemin kurulması için fabrika bazında toplam iki milyon Euro'nun üzerinde bir yatırım yapılmıştır,
- ✓ Yapılan yatırımlar içerisinde en büyük kalem otonom robotlara aittir. Toplamda otonom robotlar için bir milyon Euro'nun üzerinde, AGV taşıma sistemleri için beş yüz bin Euro'nun üzerinde ve lazer kesme ünitesi için de beş yüz bin Euro'nun üzerinde bir yatırım yapılmıştır,
- ✓ Tüm bu yatırımlar dışında kompresör robotlarının yeni tip kompresörlere entegre edilmesi, AGV taşıma araçlarının hareket kabiliyetlerinin ve sayılarının artırılması ve lazer kesim makineleri için yeni modellerin sisteme entegre edilmesi için sürekli olarak yenileme yatırımları da yapılmaktadır,

Yapılan görüşmeler sonucunda modernleşen sistemin fiyat politikasına etkisi hakkında şu verilere ulaşılmıştır:

- ✓ Kaliteli ve hızlı üretim, ürünlerin fiyatlarına doğrudan etki etmektedir. Bu noktada farklı tasarımlar ve müşteri talepleri doğrultusunda fiyat politikası oluşmaktadır,

Yapılan görüşmeler sonucunda AÜ ile yenilenen sistemin ürün geliştirmeye ve ürünlerin pazara çıkış hızlarına etkisi hakkında şu verilere ulaşılmıştır:

- ✓ Ürün geliştirme yönünde kurulan sistemin, prototip oluşturma ve simülasyon gibi noktalarda çok faydası olmuştur,
- ✓ Modernleşen sistem ile üretim ve müşterinin beklentilerine cevap verebilme hızı arttığından, fabrikada üretilen buzdolaplarının pazara çıkış hızları artmıştır.

Yapılan görüşmeler sonucunda modernleşen sistemin ürün kalitesine etkisi hakkında şu verilere ulaşılmıştır:

- ✓ Kullanılan teknoloji arttıkça ürünlerin hatalı olarak müşteriye gitme durumu azalmıştır. Yeni sistemler sayesinde arıza oranı %20 azalmıştır,
- ✓ Ürünlerin kalitesinin artması ile verilen garanti sürelerinde de artış meydana gelmiştir. Kullanıma bağlı olmakla birlikte on yıllık garanti süresi yeni sistemle birlikte %20 artarak on iki yıl olmuştur.

Yapılan görüşmeler sonucunda modernleşen

sistemin verimliliğe etkisi hakkında şu verilere ulaşılmıştır:

- ✓ Vestel'de verimlilik, toplam maliyetler yani girdiler ile ortaya çıkan ürünler oranlanarak hesaplanmaktadır. 2011 yılında AÜ sistemlerini iş süreçlerine entegre etmeye başlayan Vestel'de verimlilik yüksek teknoloji kullanımının da etkisi ile %91 ile %95 arasında gerçekleşmektedir.
- ✓ Verimliliğin ölçülmesinde dikkate alınan en önemli kalem üretim hızıdır. Sistem sayesinde tasarruf sağlanan giderler (işçilik maliyetleri vb.) önem sırasında ikinci sırada kalmaktadır.

Yapılan görüşmeler sonucunda modernleşen sistemin satışlara etkisi hakkında şu verilere ulaşılmıştır:

- ✓ Sistemin sağladığı daha hızlı üretim ve daha kaliteli ürünler doğrudan satışları etkilemektedir. Satışlar ortalama olarak %10-15 oranında artmıştır.
- ✓ Vestel markası altında üretilen buzdolapları her yıl daha çok müşteri tarafından kullanılmaktadır. Bu durum kalitenin artması ile doğru orantılıdır.

Yapılan görüşmeler sonucunda yenilikçi anlayışın yatırımcılar üzerinde yarattığı etki hakkında şu verilere ulaşılmıştır:

- ✓ Yatırımcılar için rekabet gücü yüksek şirketlere yatırımlarını aktarmak önemlidir. Günümüzde rekabetçi olabilmek için yeniliğe açık olmak, sürekli gelişmek, en yeni teknolojileri takip etmek ve onları kullanarak en özel ve kaliteli ürünleri üretmek büyük öneme sahiptir. Bu nedenle yatırımcıların Vestel'e olan ilgilerinin artmasında bu yenilikçi anlayışın katkısı vardır.

#### 4. SONUÇ

Endüstri 4.0 ve bu başlık altında toplanan tüm yeni teknolojiler bugün hemen her sektörde kendine yer bulmaktadır. Tamamen yenilikçi bir anlayış ile karşımıza çıkan ve yeni bir sanayi devriminin başlangıcını ifade eden bu kavram tüm dünyada kendine hızlıca yer bulmuştur. Şu an için Endüstri 4.0, iş dünyasında ve akademide olduğu kadar, çoğu ülkenin makro bazda değerlendirdiği ve büyük bir ciddiyetle harekete geçtiği bir kavramdır.



Endüstri 4.0, birçok sektörü etkilemekle birlikte temelde imalat yani üretimi dönüştürücü bir etkiye sahiptir. Endüstri 4.0 teknolojileri ile donatılan fabrikalar bugün akıllı fabrika, bu teknolojiler ile gerçekleştirilen üretim ise AÜ olarak karşımıza çıkmaktadır. Literatürde bu isimler altında gerçekleştirilen üretimin daha az maliyetli, daha kaliteli ve daha hızlı gerçekleştiği, aynı zamanda AÜ sistemlerine sahip şirketlerin rekabette bir adım önde olacaklarını ifade eden çalışmalar mevcuttur. Yapılan çalışmada da literatür ile örtüşen verilere erişilmiştir.

Vestel Buzdolabı Fabrikası'nda şu an için Endüstri 4.0 teknolojilerinden olan, SFS, bulut bilişim, simülasyon, otonom robotlar ve siber güvenlik teknolojileri aktif olarak kullanılmaktadır. Bunlar dışında kalan, Nİ, yapay zeka, büyük veri ve analitiği, artırılmış gerçeklik ve sistem entegrasyonu ile ilgili çalışmalar sürmektedir. Fabrikada en yakın zamanda bu teknolojiler de aktif olarak kullanılmaya başlanacaktır.

Vestel Buzdolabı Fabrikası'nda gerçekleştirilen çalışmada AÜ sistemlerinin devreye alınması ile fabrikada meydana gelen değişim ile ilgili şu veriler toplanmıştır:

- ✓ Akıllı sistemler hatalı montajı %40 oranında azaltmıştır.
- ✓ Ürünlerde meydana gelen arıza oranı %20 azalmıştır.
- ✓ Üretim miktarı yaklaşık dokuz binden, on üç bine yükselmiştir.
- ✓ Yeni sistem ile bir buzdolabı yirmi altı saniyede üretilmektedir.
- ✓ Fabrikada doksan dört adet farklı tip ve modelde buzdolabı üretilmektedir. Bunlardan en hızlı şekilde üretilen modelden günlük yüz otuz sekiz adet, en yavaş üretilen üründen de günlük yirmi adet üretilmektedir.
- ✓ Bir bant üzerinde üretilen ürün sayısı günlük ortalama üç binden dört bin beş yüz seviyesine yükselmiştir.
- ✓ Sistemler esnek üretimi desteklediğinden bir bant üzerinde yaklaşık elli farklı ürün üretilmektedir.
- ✓ Sistem doğal olarak Yalın Üretimi desteklemektedir.
- ✓ Tam Zamanında Üretim felsefesi bu sistem ile rahatça uygulanabilmektedir. Bu sayede stok miktarı azalmıştır.

- ✓ Makine arızası meydana gelmediği sürece üretim yirmi dört saat devam etmektedir.

Tüm bu gelişmeler ışığında sistemde meydana gelen değişimin işletme performansına etki ettiğini söyleyebiliriz. Bu noktada AÜ ile gelen değişimin meydana getirdiği etkiyi ortaya koymak amacıyla, maliyetler, istihdam, üretim hızı, yatırım miktarı, fiyat politikaları, ürün geliştirme ve ürünlerin pazara çıkış hızları, kalite, verimlilik, satışlar ve yatırımcıların şirkete olan ilgilerinin araştırıldığı toplamda on işletme performansı göstergesi tanımlanmıştır. Bu göstergeler altında şu veriler elde edilmiştir:

- ✓ Üretim genelinde yirmi kişilik bir tasarruf sağlanmıştır.
- ✓ Kullanılan makine ve robot oranındaki artış ile orantılı olarak enerji giderleri de yaklaşık %5 oranında artmıştır.
- ✓ Hammadde ve malzeme giderlerinde %10 artış meydana gelmiştir.
- ✓ Makine ve teçhizat giderlerinde %6-7 oranında artış meydana gelmiştir.
- ✓ Üretim hızı %20 oranında artış göstermiştir.
- ✓ Sistemin kurulması için toplamda iki milyon Euro'nun üzerinde bir yatırım yapılmıştır.
- ✓ Fiyat politikaları, müşterilerin talepleri ve tasarımlar doğrultusunda oluşturulmaktadır.
- ✓ Ürünlerin pazara çıkış hızları artmıştır.
- ✓ Ürünlerde meydana gelen hata oranı azalmıştır. Bunun bir sonucu olarak Vestel garanti süresini on iki yıla çıkarmıştır.
- ✓ Akıllı sistemlerin kullanılmaya başlandığı günden itibaren verimlilik %91 ile %95 arasında değişiklik göstermektedir.
- ✓ Ürünlerin kalitesinde yaşanan iyileşme, Vestel'in müşteri portföyüne etki etmektedir. AÜ ile satışlar %10-15 artış göstermiştir.
- ✓ Yatırımcılar için bir şirketin yeni yöntemleri takip etmesi ve onları sistemlerine entegre edebilmeleri Vestel'e yatırım yapılmasında etkili olmaktadır.

Elde edilen tüm bu verilerin yanı sıra Endüstri 4.0 ile gerçekleştirilen üretimin aslında tam da işletme vizyonuyla alakalı olduğunu söyleyebiliriz. AÜ başlığı altında kurulan sistemler de rakamlarla ifade edilebilen iyileşmeler yanında, rakamlarla ifade edilemeyecek çıktılarında gözden kaçırılmaması gereklidir. Özellikle işçi sağlığını dikkate alan uygulamalar bu açıdan çok önemlidir.

AÜ kavramı ülkemizde de dikkat çekmeye başlamıştır. Üreticilerin ürün kalitesini ve üretim hızını artıran bu sisteme yaklaşımları pozitif yönlüdür. Ülkemizin Endüstri 4.0'ı yakından takip eden ülkeler ile aynı platformda yer alabilmesi için üreticilerin bu sisteme geçişleri, yatırımlar ve teşvikler vasıtasıyla desteklenmelidir. Bu noktada özellikle teknolojik altyapının yetersiz olduğu bölgelere yatırımlar yapılmalıdır. Altyapının yeterli düzeyde gelişmemiş olması sistemlerin entegrasyonu açısından sorun teşkil etmektedir. Aynı zamanda sistem değişikliğinde üreticiyi zorlayacak bir başka konu olan nitelikli iş gücünün temini ve çalışanların sisteme uyumu konusunda eğitim büyük bir öneme sahiptir. Özellikle meslek liseleri ve üniversitelerde konuyla ilgili eğitimler yoğunlaştırılmalıdır. Endüstri 4.0'ın ülke geneline yayılabilmesi için bu bir gerekliliktir.

## KAYNAKÇA

- Abubakr, M., Abbas, A.T., Tomaz, I., Soliman, M.S., Luqman, M. ve Hegab, H. (2020). Sustainable and Smart Manufacturing: An Integrated Approach. *Sustainability*. 12: 1-19.
- ACATECH, (2013). Acatech: Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0, Final Report of the Industry 4.0 Working Group. Erişim Adresi: [https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/Final\\_report\\_\\_Industrie\\_4.0\\_accessible.pdf](https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/Final_report__Industrie_4.0_accessible.pdf), (10.01.2019).
- Alçın, S. (2016). Üretim İçin Yeni Bir İzlek. *Journal of Life Economics*. 3(2): 19-30.
- Bağcı, E. (2018). Endüstri 4.0: Yeni üretim Tartzını Anlamak. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*. 9(24): 122-146.
- Baltacı, A. (2019). Nitel Araştırma Süreci: Nitel Bir Araştırma Nasıl Yapılır?. *Ahi Evran Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. 5(2): 368-388.
- Banger, G. (2016). Endüstri 4.0 ve Akıllı İşletme, Dorlion Yayınları, Ankara.
- Berger, R. (2014). Industry 4.0 – The New Industrial Revolution, How Europe Will Succeed. Erişim Adresi: <http://gesd.free.fr/rbindu4.pdf>, (10.01.2019).
- Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M. ve Resenberg, N. (2014). How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International Journal of Information and Communication Engineering*. 8(1): 37-44.
- Büchi, G., Cugno, M. ve Castagnoli, R. (2020). Smart Factory Performance and Industry 4.0. *Technological Forecasting & Social Change*. 150: 1-10.
- Chen, Y. (2017). Integrated and Intelligent Manufacturing: Perspectives and Enablers. *Engineering*. 3: 588-595.
- Cinkılıç, H. (2017). A Decision Support System for Production Planning and Scheduling in a Smart Factory Environment. İstanbul: Boğaziçi University Institute for Graduate Studies in Social Sciences.
- Crnjac, M., Veza, I. ve Banduka, N. (2017). From Concept to the Introduction of Industry 4.0. *International Journal of Industrial Engineering and Management*. 8(1): 21-30.
- Davis, J., Edgar, T., Porter, J, Bernaden, J. ve Sarli, M. (2012). Smart Manufacturing, Manufacturing Intelligence and Demad-Dynamic Performance. *Computers and Chemical Engineering*. 47: 145-156.
- De Felice, F., Petrillo, A ve Zomparelli, F. (2018a). Prospective Design of Smart Manufacturing: An Italian Pilot Case Study. *Manufacturing Letters*. 15: 81-85.
- De Felice, F., Petrillo, A ve Zomparelli, F. (2018b). A Bibliometric Multicriteria Model on Smart Manufacturing from 2011 to 2018. *IFAC Papers Online Conference Paper Archive* (pp. 1643-1648).16th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing INCOM 2018. 11-13 June 2018.
- Dombrowski, U., Richter, T. ve Krenkel, P. (2017). Interdependencies of Industry 4.0 & Lean Production Systems. *Procedia Manufacturing*. 11: 1061-1068.
- Duman, A. (2019). Endüstri 4.0 ve Akıllı Üretim İşletme Performansı Üzerine Etkisi: Vestel Buzdolabı Fabrikası'nda Bir Uygulama. *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Manisa*.
- Edgar, T.F. ve Pistikopoulos, E.N. (2018). Smart Manufacturing and Energy Systems. *Computers and Chemical Engineering*. 114: 130-144.
- Erol, S., Jager, A., Hold, P., Ott, K. ve Sihn, W. (2016). Tangible Industry 4.0: a scenario-based approach to learning for the Future of Production. *Procedia CIRP*. 54: 13-18.
- Ersoy, A. F. (2007). Sosyal Bilgiler Dersinde Öğretmenlerin Etkili Vatandaşlık Eğitimi Uygulamalarına İlişkin Görüşleri. *Yayınlanmamış Doktora Tezi, Eskişehir Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir*.
- Fay, M. ve Kazantsev, N. (2018). When Smart Gets Smarter: How Big Data Analytics Creates Business Value in Smart Manufacturing. *Thirty Night International Conference on Information Systems, San Francisco 2018*.

- Fırat, O. ve Fırat, S. (2017). Sanayi 4.0 Üzerine Karşılaştırmalı Bir İnceleme: Kavramlar, Küresel Gelişmeler ve Türkiye. *Toprak İşveren Dergisi*. 114: 10-23.
- Hartley, J. F. 1994. *Case Studies in Organizational Research*. In *Qualitative methods in organizational research: A practical guide*, edited by C. Cassell and G. Symon, 209–229. London: Sage.
- Kabaklarlı, E. (2016). Endüstri 4.0 ve Dijital Ekonomi- Dünya ve Türkiye İçin Fırsatlar, Etkiler ve Tehditler. İstanbul: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Kamble, S.S., Gunasekaran, A., Ghadge, A. ve Raut, R. (2020). A Performance Measurement System for Industry 4.0 Enabled Smart Manufacturing System in SMMEs – A Review and Empirical Investigation. *International Journal of Production Economics*. 229: 1-15.
- Kang, H., Lee, J.Y., Choi, S., Kim, H., Park, J. H., Son, J. Y., Kim, B. H. ve Noh, S. D. (2016). Smart Manufacturing: Past Research, Present Findings, and Future Directions. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing – Green Technology*. 3(1):111-128.
- Lasi, H., Fettke, P., Feld, T ve Hoffmann, M. (2014). *Industry 4.0. Business & Information Systems Engineering*. 4: 239-242.
- Lee, E. (2006). *Cyber-Physical Systems – Are Computing Foundations Adequate?*. NSF Workshop on Cyber-Physical Systems: Research Motivation, Techniques and Roadmap. October 16-17, 2006.
- Lee, J., Kao, H. ve Yang, S. (2014). Service Innovation and Smart Analytics for Industry 4.0 and Big Data Environment. *Procedia CIRP*. 16: 3-8.
- Lee, J., Bagheri, B. ve Kao, H. (2015). A Cyber-Physical Systems Architecture for Industry 4.0-Based Manufacturing Systems. *Manufacturing Letters*. 3: 18-23.
- Lee, M., Lee, Y. ve Chou, C.J. (2017). Essential Implications of the Digital Transformation in Industry 4.0. *Journal of Scientific & Industrial Research*. 76: 465-467.
- Kolberg, D. ve Zühlke, D. (2015). Lean Automation Enabled by Industry 4.0 Technologies. *IFAC- PapersOnLine*. 48(3): 1870-1875.
- Mrugalska, B. and Wyrwicka, M. (2017). Towards Lean Production in Industry 4.0. *Procedia Engineering*. 182: 466-473.
- Özsoyulu, A. (2017). Endüstri 4.0. Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi. 21(1): 41-64.
- Radziwon, A., Bilberg, A., Bogers, M. ve Madsen, E.S. (2014). The Smart Factory: Exploring Adaptive and Flexible Manufacturing Solutions. *Procedia Engineering*. 69: 1184-1190.
- Rifkin, J. (2015). *Nesnelerin İnterneti ve İşbirliği Çağı* (Çev. Levent Göktem), Optimist Yayıncılık, İstanbul.
- Qamsane, Y., Chen, C.Y., Balta, E.C., Kao, B.C., Mohan, S., Moyne, J., Tilbury, D. ve Barton, K. (2019). A Unified Digital Twin Framework for Real-time Monitoring and Evaluation of Smart Manufacturing Systems. 2019 IEEE 15th International Conference on Automation Science and Engineering (CASE).
- Qin, J., Liu, Y. ve Grosvenor, R. (2016). A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond. *Procedia CIRP*. 52(2016): 173-178.
- Sarı, H. (24.02.2016). İnsansız Fabrikalar 30 Yılda Türkiye’de. *Dünya Gazetesi*. Erişim Adresi: <https://www.dunya.com/ekonomi/insansiz-fabrikalar-30-yilda-turkiyede-haberi-308675>, (07.01.2019).
- Siemens, (21.01.2016). *Industrie 4.0: Seven Facts to Know about the Future of Manufacturing*. Erişim Adresi: <https://www.siemens.com/innovation/en/home/pictures-of-the-future/industry-and-automation/digital-factory-trends-industrie-4-0.html>, (07.01.2019).
- Sjödın, D.R., Parida, V., Leksell, M. ve Petrovic, A. (2018). Smart Factory Implementation and Process Innovation. *Research - Technology Management*. 61(5): 22-31.
- Stock, T. ve Seliger, G. (2016). Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. *Procedia CIRP*. 40: 536-541.
- Tekin, H.H. ve Tekin, H. (2006). Nitel Araştırma Yönteminin Bir Veri Toplama Tekniğı Olarak Derinlemesine Görüşme. *İstanbul Üniversitesi Sosyoloji Dergisi*. 3(13): 101-116.
- Tjahjono, B., Esplugues, C., Ares, E. ve Pelaez, G. (2017). What Does Industry 4.0 Mean to Supply Chain?. *Procedia Manufacturing*. 13: 1175-1182.
- Ulusoy, G. (2018). İmalat Sektöründe Endüstri 4.0 Dönüşüm Çabaları: Bazı Gözlemler. *İktisat ve Toplum*. 92: 121-123.
- Vaidya, S., Ambad, P., Bhosle, S. (2018). Industry 4.0 – A Glimpse. *Procedia Manufacturing*. 20: 233-238.
- Waibel, M.W., Steenkamp, L.P., Moloko, N. ve Oosthuizen, G.A. (2017). Investigating the Effects of Smart Production Systems on Sustainability Elements. *Procedia Manufacturing*. 8: 731-737.
- Wiktorsson, M., Noh, S. D., Bellgran, M. ve Hanson, L. (2018). Smart Factories: South Korean and Swedish Examples on Manufacturing Settings. *Procedia Manufacturing*. 25: 471-478.

- Witkowski, K. (2017). Internet of Things, Big Data, Industry 4.0 – Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management. *Procedia Engineering*. 182: 763-769.
- Yıldız, A. (2018). Endüstri 4.0 ve Akıllı Fabrikalar. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 22(2): 546-556.
- Zhong, R. Y., Xu, X., Klotz, E. ve Newman, S. T. (2017). Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review. *Engineering*. 3: 616-630.