

# **TÜRKİYE'NİN KÜRESEL REKABETÇİLİĞİ İÇİN BİR GEREKLİLİK OLARAK SANAYİ 4.0**

**GELİŞMEKTE OLAN EKONOMİ PERSPEKTİFİ**



**TUŞİAD**  
**SANAYİ 4.0**

**TÜRKİYE'NİN SANAYİ 4.0 DÖNÜŞÜMÜ**



## TÜRKİYE'NİN KÜRESEL REKABETÇİLİĞİ İÇİN BİR GEREKLİLİK OLARAK SANAYİ 4.0 GELİŞMEKTE OLAN EKONOMİ PERSPEKTİFİ



**Mart 2016**

**Yayın No: TÜSİAD-T/2016-03/576**

Meşrutiyet Caddesi, No: 46 34420 Tepebaşı/İstanbul  
Telefon: (0 212) 249 07 23 • Telefax: (0 212) 249 13 50  
[www.tusiad.org](http://www.tusiad.org)



© 2016, TÜSİAD

*Tüm hakları saklıdır. Bu eserin tamamı ya da bir bölümü,  
4110 sayılı Yasa ile değişik 5846 sayılı FSEK uyarınca,  
kullanılmadan önce hak sahibinden 52. Maddeye uygun  
yazılı izin alınmadıkça, hiçbir şekil ve yöntemle işlenmek, çoğaltılmak,  
çoğaltılmış nüshaları yayılmak, satılmak,  
kiralananmak, ödünç verilmek, temsil edilmek, sunulmak,  
telli/telsiz ya da başka teknik, sayısal ve/veya elektronik  
yöntemlerle iletilmek suretiyle kullanılamaz.*

ISBN: 978-605-165-016-6

Editörler: Dr. Nurşen Numanoğlu, Mehmet Evren Eynehan,

Gözde Morkoç-Nikelay, Ecem Aksoy

Kapak Tasarımı: Marjinal Porter Novelli

Dizgi ve Sayfa Uygulama: Kamber Ertem

Grafik Tasarım:

SİS MATBAACILIK PROM. TANITIM HİZ. TİC. LTD. ŞTİ.  
Eğitim Mah. Poyraz Sok. No:1/14 Kadıköy - İSTANBUL  
Tel: (0216) 450 46 38 Basım CB Basımevi: (0212) 612 65 22

# ÖNSÖZ

*TÜSİAD, özel sektörü temsil eden sanayici ve işinsanları tarafından 1971 yılında, Anayasamızın ve Dernekler Kanunu'nun ilgili hükümlerine uygun olarak kurulmuş, kamu yararına çalışan bir dernek olup gönüllü bir sivil toplum örgütüdür.*

*TÜSİAD, insan hakları evrensel ilkelerinin, düşünce, inanç ve girişim özgürlüklerinin, laik hukuk devletinin, katılımcı demokrasi anlayışının, liberal ekonominin, rekabetçi piyasa ekonomisinin kurum ve kurallarının ve sürdürülebilir çevre dengesinin benimsendiği bir toplumsal düzenin oluşmasına ve gelişmesine katkı sağlamayı amaçlar. TÜSİAD, Atatürk'ün öngördüğü hedef ve ilkeler doğrultusunda, Türkiye'nin çağdaş uygarlık düzeyini yakalama ve aşma anlayışı içinde, kadın-erkek eşitliğini, siyaset, ekonomi ve eğitim açısından gözeten iş insanlarının toplumun öncü ve girişimci bir grubu olduğu inancıyla, yukarıda sunulan ana gayenin gerçekleştirilmesini sağlamak amacıyla çalışmalar gerçekleştirir.*

*TÜSİAD, kamu yararına çalışan Türk iş dünyasının temsil örgütü olarak, girişimcilerin evrensel iş ahlakı ilkelerine uygun faaliyet göstermesi yönünde çaba sarf eder; küreselleşme sürecinde Türk rekabet gücünün ve toplumsal refahın, istihdamın, verimliliğin, yenilikçilik kapasitesinin ve eğitimin kapsam ve kalitesinin sürekli artırılması yoluyla yükseltilmesini esas alır.*

*TÜSİAD, toplumsal barış ve uzlaşmanın sürdürüldüğü bir ortamda, ülkemizin ekonomik ve sosyal kalkınmasında bölgesel ve sektörel potansiyelleri en iyi şekilde değerlendirerek ulusal ekonomik politikaların oluşturulmasına katkıda bulunur. Türkiye'nin küresel rekabet düzeyinde tanıtımına katkıda bulunur, Avrupa Birliği (AB) üyeliği sürecini desteklemek üzere uluslararası siyasal, ekonomik, sosyal ve kültürel ilişki, iletişim, temsil ve işbirliği ağlarının geliştirilmesi için çalışmalar yapar. Uluslararası entegrasyonu ve etkileşimi, bölgesel ve yerel gelişmeyi hızlandırmak için araştırma yapar, görüş oluşturur, projeler geliştirir ve bu kapsamda etkinlikler düzenler.*

*TÜSİAD, Türk iş dünyası adına, bu çerçevede oluşan görüş ve önerilerini Türkiye Büyük Millet Meclisi (TBMM)'ne, hükümete, diğer devletlere, uluslararası kuruluşlara ve kamuoyuna doğrudan ya da dolaylı olarak basın ve diğer araçlar aracılığı ile ileterek, yukarıdaki amaçlar doğrultusunda düşünce ve hareket birliği oluşturmayı hedefler. TÜSİAD, misyonu doğrultusunda ve faaliyetleri çerçevesinde, ülke gündeminde bulunan konularla ilgili görüşlerini bilimsel çalışmalarla destekleyerek kamuoyuna duyurur ve bu görüşlerden hareketle kamuoyunda tartışma platformlarının oluşmasını sağlar.*

*Sanayi sektörü özellikle 2008 yılında başlayan küresel ekonomik kriz sonrasında, birçok ülke açısından lokomotif sektör olarak büyümenin merkezine oturtulmuştur. Bu süreçte, verimlilik artışı ve yenilik sağlayan teknolojiler, bilgi toplumu temelli dönüşüm ile birlikte üretimde katma değer artışı açısından da belirleyici etkenler olarak ortaya çıkmıştır.*

*Türkiye ekonomisinin rekabet gücünün artırılması açısından da kritik önemde olan bu etkenler, küresel ölçekteki sürecin eş zamanlı ve titizlikle takip edilmesini bir gereklilik olarak ülke gündemine taşımaktadır.*

*Bu süreç, değer zincirinin tamamına yayılan bir dönüşümü işaret etmektedir. Bu noktada, yüksek teknolojiyi ve yenilikçiliği temel alan "Sanayi 4.0"ın Türkiye'de sanayinin dönüşümü açısından da bir çıpa olacağına inanılmaktadır.*

*Bu anlayışla, Sanayi 4.0'ın sunacağı fırsatları analiz etmek, Türkiye sanayisinin potansiyelini ortaya koymak ve bu dönüşümü gerçekleştirmeye yönelik ihtiyaçları tariflemek üzere TÜSİAD Sanayide Dönüşüm Yuvarlak Masası tarafından bir çalışma başlatılmıştır. The Boston Consulting Group'un içerik ortağı olduğu bu çalışmada potansiyel fayda ve maliyetlerin sektörel ve sayısal değerlendirmelerle ortaya konması hedeflenmektedir.*

*Sektörel çalışmalar için altı pilot sektör -otomotiv, makine, kimya, gıda, tekstil ve beyaz eşya- belirlenmiştir. Bu sektörlerden 25 farklı firmada mülakatların gerçekleştirilmesini mümkün kılan değerli yöneticilerine görüş ve değerlendirmelerini paylaşan yetkililerine katkılarından ötürü sonsuz teşekkürlerimizi sunuyoruz. Çalışmaların en sağlıklı çerçevede yürütülmesini teminen oluşturulan Yönlendirme Komitesi bünyesinde değerli fikirlerini paylaşan Koç Holding CEO'su Sayın Levent Çakıroğlu'na, Eczacıbaşı Holding CEO'su Sayın Erdal Karamercan'a ve Borusan Holding CEO'su Sayın Agah Uğur'a minnettarız.*

*Bu rapor, TÜSİAD Sanayide Dönüşüm Yuvarlak Masası eş başkanları Sayın Mehmet Bahadır Balkır ve Sayın Mehmet Nurettin Pekarun'un yönlendirmesi ve içerik ortağı The Boston Consulting Group (BCG) İstanbul Ofisi Ortakları Aykan Gökbulut ve Burak Tansan, BCG Kıdemli Danışmanı Tefvik Eren ve BCG Proje Yöneticisi Çağlar Targotay tarafından yürütülen çalışmalar neticesinde hazırlanmıştır. Raporun yayına hazırlanma sürecinde TÜSİAD Genel Sekreter Yardımcısı Dr. Nurşen Numanoglu ve Uzman Gözde Morkoç-Nikelay tarafından katkı sağlanmıştır.*

**Mart 2016**

# ÖZGEÇMİŞ

## **Burak Tansan**

### ***Genel Müdür ve Yönetici Ortak, BCG İstanbul***

Burak Tansan, 2010 yılında The Boston Consulting Group İstanbul ofisini kurmuştur ve halen BCG İstanbul Genel Müdürü ve Yönetici Ortağı olarak görev yapmaktadır. Yönetim danışmanlığı ve strateji geliştirme alanlarında 18 yılı aşan geniş tecrübeye sahiptir ve bu süre içerisinde Türkiye'nin lider finans kurumlarında 7 yıl üst düzey yöneticilik de yapmıştır.

Tansan, Harvard Business School'dan MBA ve Boston Üniversitesi'nden İşletme alanında lisans derecelerine sahiptir.

## **Aykan Gökbulut**

### ***Yönetici ortak, BCG İstanbul***

Aykan Gökbulut, 2005 yılında The Boston Consulting Group Viyana ofisine katılmıştır ve halen BCG İstanbul ofisinde Yönetici Ortak olarak görev yapmaktadır.

BCG'ye katılmadan önce 8 sene boyunca otomotiv sektöründe yönetici olarak çalışmıştır. Sanayi, tüketici ürünleri ve perakende sektörlerinde tecrübesi olan Gökbulut, BCG Türkiye Sanayi Ürünleri Grubu'na liderlik etmektedir.

Gökbulut, INSEAD'dan MBA derecesine, Viyana Teknoloji Üniversitesi'nden Elektrik Elektronik Mühendisliği alanında lisans ve yüksek lisans derecelerine sahiptir.

## **Çağlar Targotay**

### ***Proje Yöneticisi, BCG İstanbul***

Çağlar Targotay, The Boston Consulting Group İstanbul ofisine 2012 yılında danışman olarak katılmıştır ve halen Proje Yöneticisi olarak görev yapmaktadır.

Daha önce bir başka danışmanlık firmasının İstanbul ofisinde 4 sene boyunca finansal denetim ve danışmanlık alanında çalışmıştır.

Sanayi ve perakende sektörlerinde uzmanlığı bulunan Targotay, kurumsal strateji ve stratejik dönüşüm konularına odaklanmaktadır.

Targotay, SDA Bocconi'den MBA, Bilkent Üniversitesi'nden İşletme alanında lisans derecelerine sahiptir.

## **Tevfik Eren**

### ***Kıdemli Danışman, BCG İstanbul***

Tevfik Eren The Boston Consulting Group'a Kıdemli Danışman olarak katıldı ve öncelikli olarak Telekomünikasyon ve Endüstriyel Ürünler sektörlerindeki projelere odaklandı.

Tevfik Eren BCG'ye katılmadan önce 11 yıl boyunca teknoloji ve finans sektörlerinde global yönetici olarak çalıştı.

Kendisi çeşitli sektörlerde kurumsal strateji projeleri, büyük ölçekli dönüşüm programları ile satınalma ve birleşme inisiyatiflerine liderlik etti.

Tevfik Eren London Business School'dan MBA, ve Boğaziçi Üniversitesi'nden BA derecelerine sahiptir.





## **İÇİNDEKİLER**

YÖNETİCİ ÖZETİ.....	13
1 SANAYİ 4.0 NEDİR? .....	19
2 SANAYİ 4.0 NEDEN GÜNÜMÜZDE MÜMKÜN? .....	25
3 SANAYİ 4.0 TÜRKİYE İÇİN NEDEN YAŞAMSAL ÖNEME SAHİP? .....	33
4 SANAYİ 4.0'IN TÜRKİYE ÜZERİNDEKİ POTANSİYEL ETKİSİ.....	41
5 SONUÇ: TÜRKİYE İÇİN BİR YOL HARİTASI .....	59

## **KISALTMALAR**

AGV: Otomatik Yönlendirmeli Araç (Automated Guided Vehicle)

BT: Bilgi Teknolojileri

CNC: Bilgisayarla Kontrol Edilen Üretim Tezgahı (Computer Numerical Control)

CRM: Müşteri İlişkileri Yönetimi (Customer Relationship Management)

ERP: Kurumsal Kaynak Planlama (Enterprise Resource Planning)

FRT: İlk Uygulama Kapasitesi (First Run Capability)

FTT: İlk Defasında Doğru (First Time True)

GİTES: Girdi Tedarik Stratejisi

LGV: Lazer Yönlendirmeli Araç (Laser Guided Vehicles)

M2H: Makine-ile-İnsan (Machine to Human)

M2M: Makine-ile-Makine (Machine to Machine)

MES: Üretim Yürütme Sistemi (Manufacturing Execution System)

MOS: Üretim İşletim Sistemi (Manufacturing Operating System)

PLM: Ürün Yaşam-Döngüsü Yönetimi (Product Lifecycle Management)

REF: TÜSİAD-Sabancı Üniversitesi Rekabet Forumu

RFID: Radyo Frekansı ile Tanımlama (Radio-Frequency Identification)

SFS: Siber-Fiziksel Sistemler

SKU: Stok Bulundurma Birimi (Stock Keeping Unit)

## ŞEKİLLER

Şekil 1: Sanayi (D)evriminin Aşamaları.....	19
Şekil 2: Dünyanın Geleceğini Şekillendiren Akımlar .....	20
Şekil 3: Sanayi 4.0 ile Geleneksel Üretim Modellerinin Değişimi.....	21
Şekil 4: Sanayi 4.0'ı Tetikleyen Dokuz Teknolojik Unsur .....	25
Şekil 5: Akıllı Robotlar.....	26
Şekil 6: Siber Güvenlik.....	28
Şekil 7: Eklemeli Üretim – 3D Baskı .....	29
Şekil 8: Zenginleştirilmiş Gerçeklik .....	30
Şekil 9: Türkiye'nin Küresel Değer Zincirindeki Konumu .....	33
Şekil 10: Sanayi 4.0'ın Türkiye Açısından Rolü.....	37
Şekil 11: Sanayi 4.0'ın Temel Unsurları ve Paydaşları .....	59

## GRAFİKLER

Grafik 1: Türkiye İmalat Sanayisinin Küresel Değer Zincirindeki Konumu.....	34
Grafik 2: Almanya'da Sanayi 4.0 Dönüşümünün Potansiyel Faydaları .....	36
Grafik 3: Almanya'nın Sanayi 4.0 Dönüşümünün Türkiye'ye Muhtemel Etkisi.....	36
Grafik 4: Pilot Sektörler.....	43
Grafik 5: Pilot Sektörlerde Sanayi 4.0 Uygulamaları.....	43
Grafik 6: Türkiye'nin Sanayi 4.0 Dönüşümünün Pilot Sektörler İtibarıyla Potansiyel Faydaları.....	44
Grafik 7: Türkiye İşgücü Öngörüsü .....	47
Grafik 8: Otomotiv Sektöründe Potansiyel Verimlilik Artışı.....	48
Grafik 9: Beyaz Eşya Sektöründe Potansiyel Verimlilik Artışı .....	50
Grafik 10: Tekstil Sektöründe Potansiyel Verimlilik Artışı .....	51
Grafik 11: Kimyasallar Sektöründe Potansiyel Verimlilik Artışı .....	52
Grafik 12: Yiyecek ve İçecek Sektöründe Potansiyel Verimlilik Artışı .....	53
Grafik 13: Makine Sektöründe Potansiyel Verimlilik Artışı .....	55
Grafik 14: Sanayi 4.0 Farkındalık Anketi Sonuçları .....	60



## YÖNETİCİ ÖZETİ

Sürekli gelişen teknoloji, sanayide üretkenliğin özellikle 18. yüzyılın sonlarından günümüze üç ana dalga çevresinde çok önemli şekilde artmasını mümkün kılmıştır. Buhar gücüyle çalışan makineler, elektriğin üretime girmesi ve 1970 sonrasında gittikçe yaygınlaşan robotlu otomasyon akımı bu yeni çıkışları açan üç devrimin tetikçileri niteliğinde olmuştur.

Günümüzde ise artık dijital teknolojiler ile tetiklenen 4. sanayi (d)evriminden söz ediyoruz. Akıllı robotlar, büyük veri, nesnelerin interneti, 3-D baskı, bulut gibi dokuz teknolojinin bu devrimin tetiklenmesinde çok önemli rolü olduğunu gözlemliyoruz.

Bu devrimle ortaya çıkan Sanayi 4.0 kavramını da artık sadece değer zincirlerinin parçalarının kendi içlerinde otomasyonu ötesinde birbirleri ile entegre olması olarak tanımlıyoruz. Entegrasyonun en önemli özelliği ise tüm değer zinciri adımlarının birbiri ile gerçek zamanlı ve sürekli iletişim içinde olması ve bu sayede akıllı ve kendisini uyarlayan bir sanayi sürecine ulaşmış olma vizyonu olarak ortaya çıkmaktadır. Bu vizyon, daha hızlı, daha esnek, kalitesi daha yüksek ve daha verimli bir sanayi yolculuğunu tanımlamaktadır.

Almanya ve daha sonra ABD gibi sanayileşmiş ülkeler tarafından ortaya atılmış ve içinde bulunduğumuz dönemde artan bir ivme ile odaklanılan Sanayi 4.0, bu ülkelerin yıllar içinde kaybettikleri üretimde rekabetçi olma avantajını tekrar ele geçirmek için de önemli bir fırsat yaratmaktadır. Örneğin BCG'nin 2015 senesinde yaptığı detaylı bir araştırma sonucuna göre, Sanayi 4.0'ın yaygın olarak uygulanmasının önümüzdeki 10-15 sene içerisinde Alman ekonomisi üzerinde çok önemli etkiler yaratması beklenmektedir. Bu etkiyi rakamsallaştırdığımızda üretime ilişkin dönüşüm maliyetlerinin % 15-25'ine denk gelen bir sanayi verimliliği artışı sonucu 90-150 Milyar Euro'ya ulaşan bir maliyet azaltıcı etkiden bahsetmek mümkündür. Ayrıca Sanayi 4.0 süreci verimlilik artışı ötesinde, daha yüksek katma değerli, kendi ekonomisini yaratan, yerleşmiş değer zincirlerini temelden değiştiren ve en önemlisi nitelikli insan gücü ihtiyacında çok daha önemli bir noktaya geline bir yolculuk olarak karşımıza çıkmaktadır.

Rekabet gücü yüksek ekonomiler kümesi içinde yer almak isteyen Türkiye için, küresel düzeydeki bu gelişmeleri takip etmek ve bunun ötesinde Sanayi 4.0'ın uygulayıcı öncü ekonomileri arasında yer almak kaçınılmaz bir önemdedir. Özellikle rekabet gücü göstergelerinin çeşitlilik ve hızlı bir değişkenlik gösterdiği bu dönemde düşük iş gücü maliyetleri ve lojistik avantajı gibi rekabetçiliğimizin temelini oluşturan etkenlerin artık önemli baskılara maruz kalacağı beklenmelidir.

Bu itibarla, Sanayi 4.0 yaklaşımı ile rekabet gücü avantajlarımızın sürdürülebilirliğini sağlamak ve artırmak ama bunun ötesinde katma değeri yüksek ve dünya üretim değer zincirinden çok daha fazla pay alan bir Türk sanayisi yaratmak hedeflenmelidir. Bunun, Türkiye'nin içinde bulunduğu ülke grubundan bir üst seviyeye yükselme hedefine ulaşılmasına sağlayacağı katkı da göz önünde bulundurulmalıdır.

Türk sanayisinin önemli bir çok firmasının yetkililerinin düşünce, tecrübe ve bilgilerinin değerlendirilmesi fırsatı elde edilen bu çalışmada, Türkiye için Sanayi 4.0 yaklaşımının kavramsal olarak tartışılmasının ötesinde ekonomik bir perspektifin de açıklıkla ortaya konması hedeflenmiştir. Bu çerçevede, Sanayi 4.0 dönüşümüyle dört önemli kategoride gelişme kaydedilmesi beklenmektedir:

**Verimlilik:** Sanayi 4.0'ın başarılı bir şekilde uygulandığı durumda, günümüz ekonomik büyüklüğünde, Türkiye'deki üretim sektörlerinin verimliliğinde 50 milyar TL'ye varabilecek bir fayda kaydedilmesi potansiyeli mevcuttur. Bu analizin temeli, toplam üretim maliyeti göz önüne alındığında, verimlilikteki artışın % 4-7 arasında olacağı beklentisine dayanmaktadır. Sadece dönüşüm maliyeti (malzeme maliyetleri hariç üretim maliyeti) değerlendirildiğinde, verimlilik artışının % 5-15 arasında olması beklenmektedir.

**Büyüme:** Küresel değer zincirlerine entegrasyon ve Sanayi 4.0 çevresinde oluşacak ekonomi yoluyla kazanılacak rekabet avantajının, sanayi üretiminde yıllık yaklaşık % 3'e kadar ulaşabilecek bir artışı tetiklemesi beklenmektedir. Bu büyüme Türkiye GSYİH'sinde % 1 ve üzeri bir ek büyüme ve 150-200 milyar TL düzeyinde ek gelir anlamına gelmektedir.

**Yatırım:** Sanayi 4.0 teknolojilerinin üretim sürecine dahil edilmesi için önümüzdeki 10 yıllık süreçte –günümüz fiyatları ve ekonomik büyüklüğü baz alındığında- yılda yaklaşık 10-15 milyar TL (üreticilerin gelirlerinin yaklaşık %1-1,5'i) yatırım yapılması gerektiği tahmin edilmektedir.

**İstihdam:** Büyüme hedeflerinin de gerçekleşeceği varsayımıyla, toplam sanayide istihdam edilen iş gücü ihtiyacının artacağı ve daha da önemlisi çok daha nitelikli, eğitim ve gelir düzeyi yüksek bir iş gücü yapısının oluşacağı öngörülmektedir. Bu bağlamda önümüzdeki on yılda, istihdamda yetkinlik düzeyi düşük işlerde iş gücünün azalması olası olmakla birlikte, sanayi üretiminin artması ile toplamda mutlak bir artış yaşanması beklenmektedir. Aynı zamanda, yüksek nitelikli işgücü yapısı ile gelir piramidinin ve Türkiye "know-how" altyapısının gelişeceği değerlendirilmektedir.

Çalışmada, ekonomiye katkıları ve diğer birçok sektör için modellemede örnek teşkil edebilme özelliklerinden dolayı otomotiv, beyaz eşya, tekstil, kimyasallar, gıda ve makine sanayileri sektörleri pilot olarak incelenmiştir. Bu sektörlerde Sanayi 4.0 uygulamaları genel olarak değerlendirildiğinde; bilgi ve materyal akışı, tedarikçiler ile entegrasyon, ürün ve üretim sürecinin tasarım aşamasında simülasyonu, üretimde esnekliği ve öngörülebilirliği artıran akıllı ürün ve üretim hatları gibi konular fırsat alanları olarak ön plana çıkmaktadır. Bununla birlikte özellikle nitelikli çözüm ortakları ve insan kaynağına yönelik önemli bir ihtiyaç dile getirilmektedir. Derinlemesine değerlendirildiğinde ise tüm sanayimiz toplamı için özetlediğimiz etkiler ve fırsatlar, sektörlerin durumu ve ihtiyaçları çerçevesinde birçok değişiklik göstermekte olup, gerçek uygulama aşamasında firmalar bazında birbirinden farklılaşacaktır.

Sanayi temsilcileri ile yapılan görüşmelerde, fırsatlar hakkında farkındalığın çok üst düzeyde olduğu; değişik olgunluk seviyelerinde olmakla birlikte birçok sanayi kuruluşunun Sanayi 4.0 uygulamaları konusunda halihazırda yol almaya başladığı gözlemlenmiştir. Diğer önemli ve ortak sonuç ise bu yolculuğun ancak tüm paydaşların katkısıyla ve bütüncül politikaların tesis edilmesiyle başarılabilecek olduğuna inanılmasıdır.

Bu yolculukta, Türkiye'nin uygulamada karşılaştığı işgücü, ölçek ve yatırım gibi birçok yapısal kısıtı da kapsayan uzun vadeli kapsayıcı bir yaklaşımın geliştirilmesi bir zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır.

Böyle bir yaklaşımın geliştirilmesi ve başarılı bir Sanayi 4.0 yolculuğu için tüm paydaşlara önemli görevler düşmektedir:

- Sanayi kuruluşlarının ve tedarikçilerinin Sanayi 4.0'ı tetikleyen teknolojileri yakından takip etmesi ve kendi iş modelleri üzerindeki etkilerini, fırsatları ve yol haritalarını hazırlamaları gerekmektedir. Ayrıca, özellikle iş gücü ihtiyacının ve donanımının net bir yol haritasını çıkartarak, kurumsal gelişim süreçlerinde buna göre hareket etmeleri daha da önem kazanmaktadır.
- Politika yapıcılar ve kamu tarafında ise özellikle ülke çapında teknolojik altyapının (örneğin telekomünikasyon/bilgi-iletişim alanında) Sanayi 4.0 ihtiyaçları çerçevesinde gelişmesini desteklemek, gerekli yatırım ve teşvik ortamını hazırlamak ve en kritik olarak da uzun vadeli eğitim politikaları ile gerekli nitelikli çalışan ihtiyacının karşılanmasını sağlamak önemli öncelikler olarak ortaya çıkmaktadır.

Yukarıda bahsi geçen paydaşların yanı sıra hizmet sektörü için de çok önemli çıkarımlar yapmak mümkündür. Sanayi 4.0 çevresinde gelişen değer zincirleri doğal olarak hizmet sektörlerinde de dönüşümü tetikleyecektir. Bu çerçevede, lojistik, üretimin çözüm ortakları olan yazılım ve sistem entegrasyonu ve finans önemli alanlar olarak değerlendirilmektedir.

Sonuç itibarıyla genç, teknolojiyi içselleştirmiş ve büyüyen işgücüne sahip Türkiye, küresel ekonomideki rolünü değiştirecek büyük bir dönüşüm yaratma fırsatının eşliğindedir. Türkiye sanayisinin gelişmesinde ve rekabetçiliğinin artırılmasında çok temel bir faktör ve fırsat olacağına inandığımız Sanayi 4.0 (d)evriminin yakalanması ve öncü ülkeler arasında yer alınması için tüm paydaşların ortak bir ülke planı ve hedefi çevresinde odaklanarak çalışması bir aciliyet ve zorunluluk göstermektedir. Türkiye, önündeki bu fırsatı hayata geçirmek için gerekliliklerini, önceliklerini ve bir yol haritasını ortaya koymalıdır. Bu yol haritasının tüm paydaşlarla işbirliği içinde ve kararlı bir şekilde uygulanması önümüzdeki on yıl için ülke gündeminin en temel maddelerinden biri olmalıdır.

Bu sebeple, sanayimizin dönüşümünden sorumlu tüm aktörlerin katılımıyla, Sanayi 4.0 yaklaşımının bütün boyutlarının ele alındığı ve hem stratejik hem operasyonel ihtiyaç ve uygulamaların kapsamlı bir şekilde tartışıldığı bir platformun oluşturulması gerekliliği vardır.





# B Ö L Ü M

SANAYİ 4.0 NEDİR?



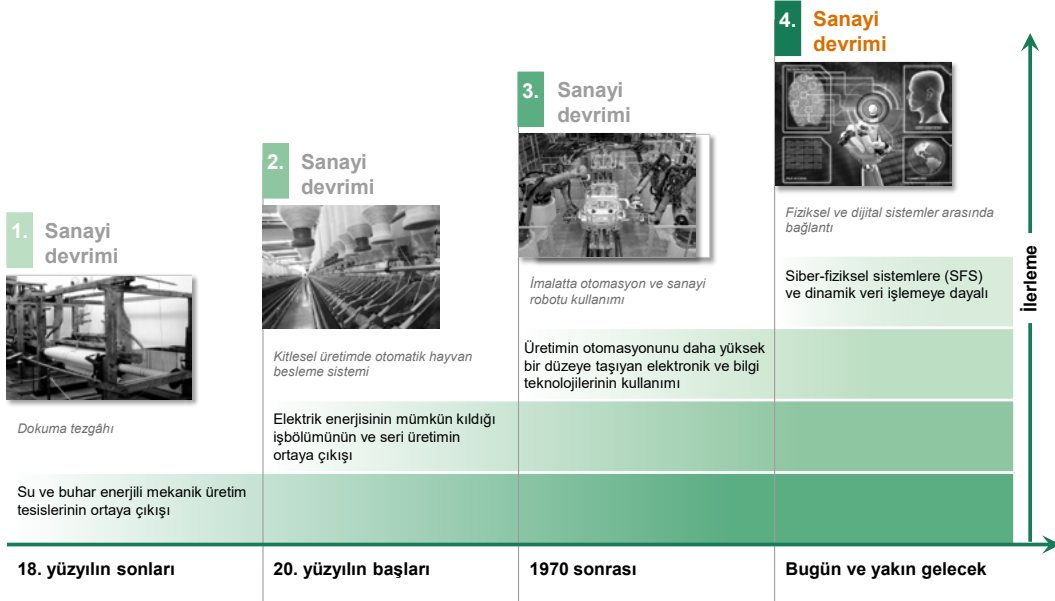
# 1. SANAYİ 4.0 NEDİR?

## Sanayi 4.0: Sanayide teknolojik ilerlemenin 4. dalgası

Teknolojik ilerlemeler, sanayi devriminin başlangıcından bu yana, endüstriyel verimlilikte büyük artışa işaret eden üç ana aşamanın kat edilmesini mümkün kılmıştır. 18. yüzyılın sonlarında fabrikalarda buhar gücüyle çalışan makineler kullanılmaya başlanmış, 20. yüzyılın başında elektrik enerjisi ile seri üretim mümkün olmuş, 1970'lerden itibaren ise elektronik ve bilgi teknolojileri (BT) ile sanayide otomasyon yaygınlaşmıştır. Günümüzde ise, siber-fiziksel sistemler ve dinamik veri işleme ile değer zincirlerinin uçtan uca bağlandığı, sanayi devriminin dördüncü evresine tanıklık ediyoruz. (Şekil 1)

Şekil 1: Sanayi (D)evriminin Aşamaları

### Sanayi 4.0, sanayi (d)evriminin dördüncü aşaması



THE BOSTON CONSULTING GROUP

Dört ana başlıkta toplanabilecek birçok akım, iş dünyasındaki paradigmalarda kökten değişikliklere yol açarak, şirketlerin ve ülkelerin rekabet gücünü kapsamlı şekilde dönüştürmeye başladı ve bugünkü sanayi devriminin temellerini attı (Şekil 2). Bu akımları aşağıdaki şekilde özetlemek mümkün:

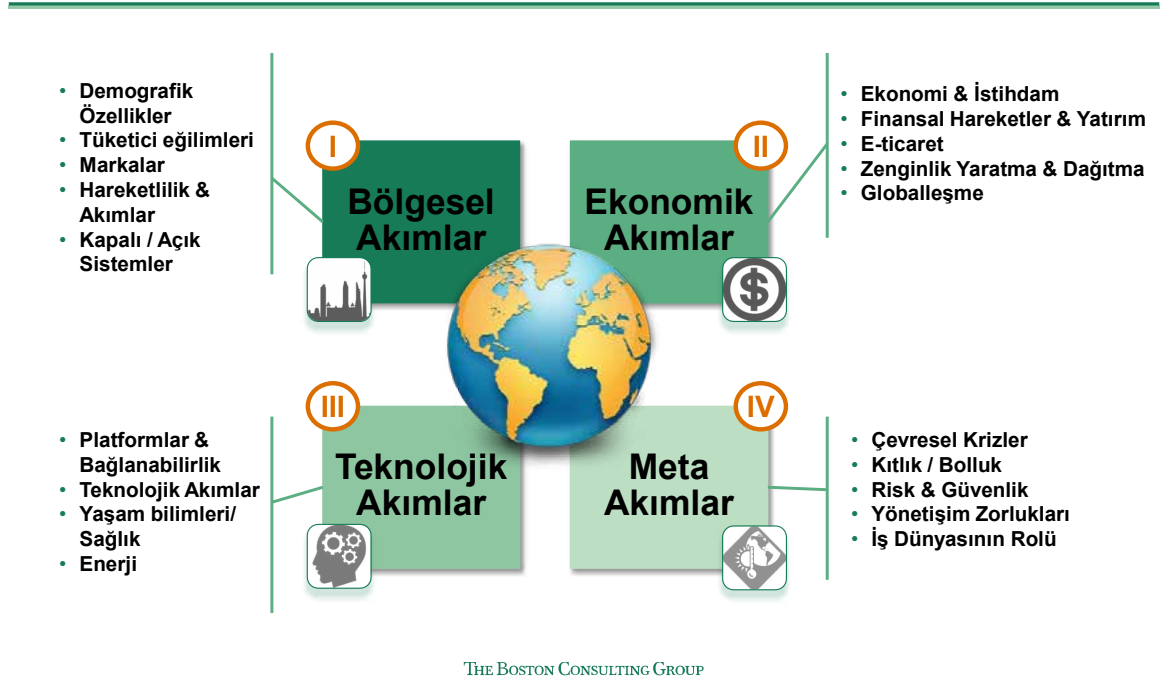
Bölgesel akımlar – Ülkeler arasındaki sosyal etkileşim ve ticarete artış

Ekonomik akımlar – Yükselen yeni güçlü ekonomiler ve finansal kaynak akışları ile artan küreselleşme

Teknolojik akımlar – Artan bağlantırlık ve platform teknolojilerinin gelişmesi

Meta akımlar – Giderek kıtlaşan kaynaklar, çevre ve güvenlikle ilgili artan kaygılar

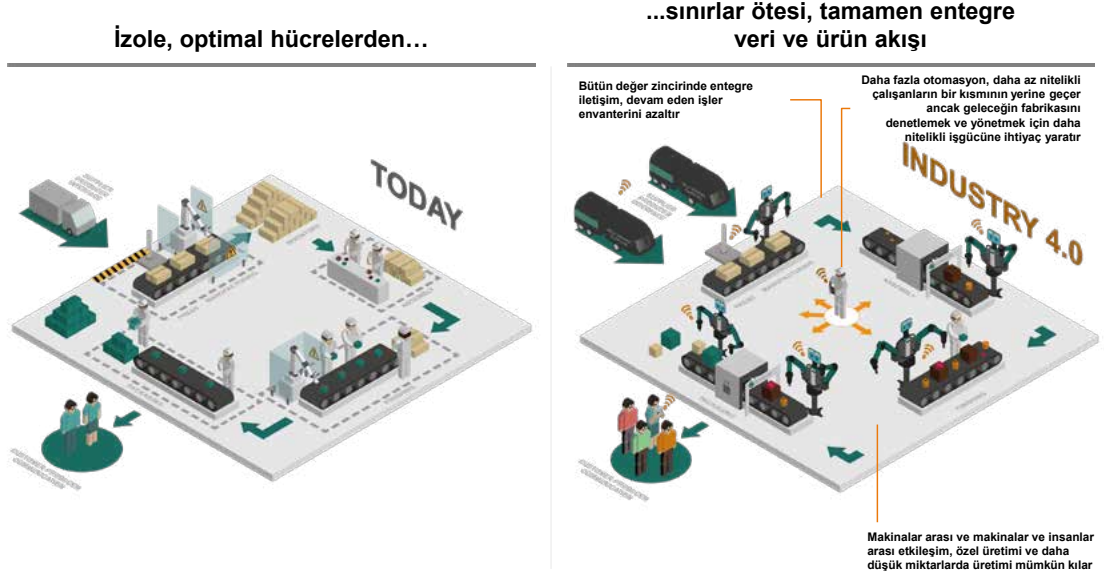
## Şekil 2: Dünyanın Geleceğini Şekillendiren Akımlar



Bu akımlar, sensörlerin, üretim araçlarının ve bilgi teknolojilerinin birbirine artarak bağlandığı sistemlere zemin hazırlayarak, tek bir şirketin ötesine geçen endüstriyel değer zincirleri oluşturuyorlar. Siber-fiziksel adı verilen bu yeni bağlaşıklık sistemler, standart internet tabanlı protokoller kullanarak birbirleriyle etkileşebiliyor ve hataları öngörmek, parametreler tanımlamak ve değişen şartlara uyum sağlamak amaçlarıyla verileri analiz ediyorlar. Sanayi 4.0 döneminde bu sistemler yaygınlaşarak, daha hızlı, esnek ve verimli süreçler oluşmasını sağlayacak ve daha yüksek kalitedeki malları, daha düşük maliyetle üretmeyi mümkün kılacaklar. Bahsedilen yapısal değişiklikler sayesinde, üretimde verimlilik artarken sanayide büyüme hız kazanacak ve beraberinde işgücü profilleri değişecek (Şekil 3).

### Şekil 3: Geleneksel Üretim Modellerinin Sanayi 4.0 ile Değişimi

## Sanayi 4.0'ın ana fikri: Entegre, otomatize ve optimal üretim akışı



THE BOSTON CONSULTING GROUP



# B Ö L Ü M

## SANAYİ 4.0 NEDEN GÜNÜMÜZDE MÜMKÜN?





## 2. SANAYİ 4.0 NEDEN GÜNÜMÜZDE MÜMKÜN?

Dokuz teknolojik ilerleme geleceğin sanayi üretimini şekillendirecek (Şekil 4).

**Şekil 4: Sanayi 4.0'ı Tetikleyen Dokuz Teknolojik Unsur**



### ***Büyük Veri ve Analiz***

Üretimde yeni yeni kullanılmaya başlanan büyük veri gruplarından faydalanan analiz yöntemleri, üretimin kalitesini yükseltiyor, enerji tasarrufu sağlıyor ve ekipman bakımını kolaylaştırıyor. Sanayi 4.0 bağlamında baktığımızda, üretim sistemlerinin yanı sıra, kurumsal ve müşteri bazlı yönetim sistemleri gibi birçok farklı kaynaktan elde edilen verilerin toplanmasının ve kapsamlı biçimde değerlendirilmesinin, gerçek zamanlı karar verme süreçlerinde standart hale geleceğini görüyoruz.

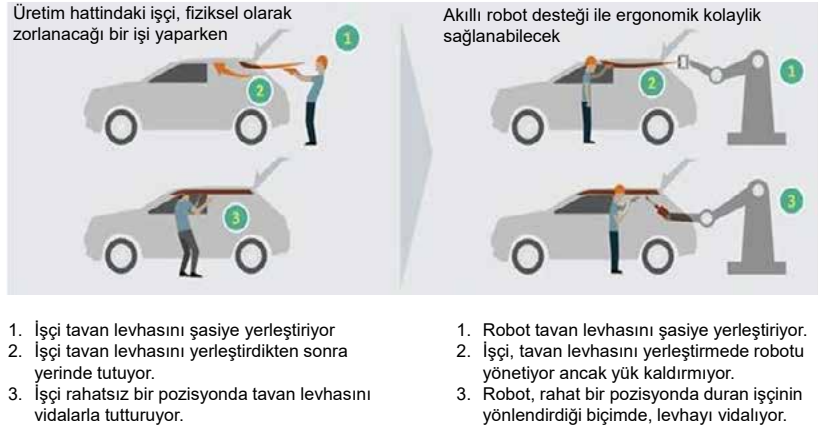
### **Sanayiden Örnek: Infineon Technologies**

Yarı iletken malzemeler üreten "Infineon Technologies" üretim sürecinin sonundaki test aşamasında tek çipten elde edilen veriler ile sürecin önceki aşamalarında elde edilen süreç verilerini ilişkilendirerek ürün hatalarını azalttı. "Infineon Technologies" bu sayede üretim sürecinde hatalı çiplerin ayıklanmasını sağlayan yapıları belirledi ve üretim kalitesini arttırdı.

## Akıllı Robotlar

Çeşitli sektörlerdeki üreticiler, operasyonlarında uzun zamandır robotlardan faydalanmaktalar. Dünyada robot teknolojisi artık hem yetkinliklerini geliştirerek daha otonom, esnek ve işbirliğine yatkın hale geliyor hem de sahip olma maliyetini düşürüyor. İlerleyen dönemde robotlar birbiriyle etkileşimlerini arttıracak, insanlar ile yan yana daha güvenli bir şekilde çalışacak ve bir yandan da öğrenme kabiliyetlerini geliştirecek.(Şekil 5)

**Şekil 5: Akıllı Robotlar**



## Sanayiden Örnekler: Kukla ve A38

Avrupa'da faaliyet gösteren "Kukla", birbirleriyle etkileşen otonom robotlar üreten bir firma. Bu robotlar bir arada çalışabiliyor ve üretim hattında bir sonraki ürün montajına hazır olmak için davranışlarını ayarlayabiliyorlar. Gelişmiş sensörleri ve kontrol üniteleri sayesinde de insanlarla yakın işbirliği içerisinde çalışabiliyorlar. Benzer şekilde sanayi robotları üreticisi "A38", özellikle insanlarla beraber ürün montajında çalışmak üzere tasarlanmış "Yum" adlı iki kollu bir robot üretiyor. Bu robot, korumalı iki kol ve sanal görüş yeteneği sayesinde hem güvenli bir biçimde insanlarla etkileşime girebiliyor hem de parçaları tanıyabiliyor.

### Simülasyon

Halihazırda tasarım aşamasında ürünlerin, malzemelerin ve üretim süreçlerinin 3 boyutlu simülasyonundan yararlanılıyor ancak ileride simülasyonlar fabrika operasyonlarında daha da yaygınlaşacak. Gerçek zamanlı verilerden yararlanarak hazırlanan bu sanal modellerde, makineler, ürünler ve insanlarla beraber fiziksel

dünyanın sanal gerçekliği oluşturulacak. Böylelikle operatörler, üretim hattında takip eden ürün için makine parametrelerini gerçekten ayarlamadan önce sanal dünyada test etme fırsatı bularak, makine kurulum süresini kısaltacak ve kaliteyi arttıracak.

### **Sanayiden Örnek: Siemens**

Siemens ve bir Alman ekipman üreticisi ortak çalışarak, fiziksel makinelerden toplanan verilerden yararlanarak parçaların işlenmesini simüle eden bir sanal makine geliştirdi. Bu sayede işleme süreci için gerekli hazırlık süresi % 80 azaldı.

#### ***Dikey ve Yatay Sistem Entegrasyonu***

Günümüzde BT sistemlerinin çoğu tam olarak entegre değil. Şirketler, tedarikçiler ve müşteriler nadiren birbirlerine uçtan uca bağlı. Benzer durum mühendislik tasarım, üretim ve hizmet fonksiyonları için de geçerli. Ancak şirket çapında evrensel veri entegrasyon ağları geliştikçe, şirketler, birimler ve yetkinlikler birbirleriyle çok daha uyumlu hale gelecek.

### **Sanayiden Örnek: Dassault Systèmes**

“Dassault Systemes” ve “BoostAeroSpace”, Avrupa havacılık ve savunma sanayi için bir işbirliği platformu kurdu. “AirDesign” adlı bu platform, tasarım ve üretim konularında işbirliği için ortak çalışma alanı oluşturuyor ve bunu bulut tabanlı bir hizmet olarak sunuyor. Böylece birçok iş ortağının ürün ve üretim verilerini paylaştığı karmaşık operasyonlar verimli şekilde yönetiliyor.

#### ***Nesnelerin İnterneti***

Günümüzde sensörlerin ve makinelerin ancak bir kısmı ağa bağlı şekilde entegre veri işlemeden faydalanmaktalar. Bugünkü yapı genellikle, sınırlı yapay zekaya ve otomasyon kontrol mekanizmalarına sahip sensör ve saha cihazlarının, genel üretim kontrol sistemine bağlı olduğu dikey otomasyon piramitleri şeklinde kurgulanmış durumda. Ancak nesnelerin interneti, daha fazla sayıda cihazın, hatta yarı mamüllerin bile, standart teknolojilerle birbirlerine bağlanarak tümleşik veri işlemeden faydalanmasına izin verecek. Bu sayede sahadaki donanımlar hem birbirleriyle hem de gerekirse merkezi kontrol sistemleriyle iletişim kurabilecek. Ayrıca, analiz ve karar verme süreçlerinin tek elden yapılma şartını ortadan kaldırarak, gerçek zamanlı karar verme süreçlerini mümkün kılacak.

## Sanayiden Örnek: Bosch Rexroth

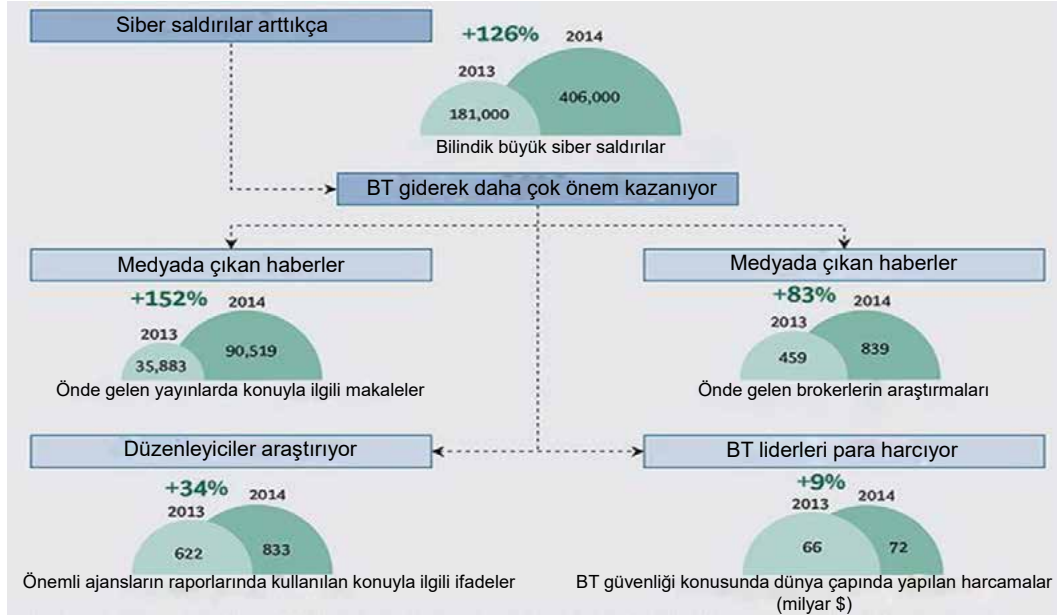
Kontrol sistemleri üreticisi “Bosch Rexroth”, bir valf üretim tesisine yarı otomatik, merkezi olmayan üretim süreci kurdu. Ürünlerin radyo frekanslı kodlarla işaretlendiği bu süreçte, her bir ürün hangi üretim aşamalarından geçmesi gerektiğini “biliyor” ve yapılması gerekene göre hareket edebiliyor.

### **Siber güvenlik**

Birçok şirket hala birbirine bağlı olmayan yönetim ve üretim sistemleri kullanmaktadır. Ancak bağlantılılığın artmasıyla kritik endüstriyel sistemleri ve üretim hatlarını siber güvenlik tehditlerine karşı koruma amacıyla, makinelerin kimliklerinin belirlenmesi ve makinelere erişimin yönetilmesi temelli güvenli iletişim önem kazanacak. (Şekil 6)

Bunun bir örneği olarak, geçen yıl çeşitli endüstriyel donanım tedarikçileri, ortaklık veya satın alma yoluyla siber güvenlik şirketleriyle güçlerini birleştirdi.

### **Şekil 6: Siber Güvenlik**



Kaynaklar: Factiva, "major News and Business Publications" veritabanı; Thomson Financial, Investext veritabanı; Çeşitli ajansların veri tabanları, örneğin Australian Securities and Investments Commission, European Securities and Markets Authority, German Federal Financial Supervisory Authority, UK Centre for the Protection of National Infrastructure, UK Financial Services Authority, UK Office of Communications, U.S. Department of Justice, U.S. Federal Communications Commission, U.S. Federal Trade Commission, and U.S. Securities and Exchange Commission; Gartner, *Forecast: Information Security, Worldwide, 2012-2018, 1Q14 Update*.

## **Bulut**

Şirketler, bazı kurumsal ve analitik uygulamalar için hali hazırda bulut tabanlı yazılımlar kullanıyorlar. Ancak önümüzdeki dönemde, tesisler ve şirketler arasında ürünlerle ilgili daha fazla verinin paylaşılması gerekecek. Aynı zamanda bulut teknolojilerinin performansının artması sayesinde tepki süresi birkaç milisaniyeye düşecek. Bunun sonucu olarak, bulut platformlarda yer alan makinelere ait veriler ve işlevler artacak ve üretim sistemlerine veriye dayalı daha fazla hizmet sunulacak. Hatta süreçleri takip ve kontrol eden sistemlerin bile buluta taşınması sürpriz olmayacak.

Günümüzde, imalat yürütme sistemi üreten şirketler şimdiden benzer bulut tabanlı çözümler sunmaya başlamış durumdadır.

## **Ekleme Üretimi**

Şirketler, parçaların prototipini oluşturmak ve üretimini yapmak için, üç boyutlu baskı gibi eklemeli üretim tekniklerini yeni yeni benimsemeye başladılar. Bu yöntem, ilerleyen dönemde, özellikle karmaşık ve hafif tasarımlar gibi alanlarda, özel ürünleri az sayıda üretmek amacıyla daha da yaygın kullanılmaya başlanacak. Sonuç olarak yüksek performanslı ve merkezi olmayan eklemeli üretim sistemleri, lojistik maliyetlerini ve stok seviyelerini azaltacak. (Şekil 7).

### **Şekil 7: Eklemeli Üretim — 3D Baskı**



## **Sanayiden Örnek: Havacılık şirketleri**

Günümüzde, havacılık şirketleri, titanyum gibi hammaddeler için yaptıkları harcamaları düşürmek ve hava taşıtının ağırlığını azaltmak için yeni tasarımlar yaparken eklemeli üretim tekniklerinden yararlanıyorlar.

## Zenginleştirilmiş Gerçeklik

Zenginleştirilmiş gerçeklikten yararlanan sistemler, depoda parça seçimi ve mobil cihazlara tamirat talimatları göndermek gibi çeşitli hizmetlere destek veriyorlar. Bu sistemler henüz başlangıç aşamasında olmasına rağmen, gelecekte şirketlerin karar verme ve operasyon süreçlerini iyileştirmek ve çalışanlarına gerçek zamanlı bilgi ulaştırmak amacıyla zenginleştirilmiş gerçeklikten daha fazla yararlanacak (Şekil 8).

**Şekil 8: Zenginleştirilmiş Gerçeklik**



### Zenginleştirilmiş Gerçeklik Örneği I: Teorik örnek

Çalışanların, tamir edilmesi gerekli sistemleri incelerken, bir yedek parçanın nasıl değiştirilmesi gerektiği konusunda yönlendirme alabilmesi mümkün olabilir. Bu bilgiler, zenginleştirilmiş gerçeklik gözlükleri gibi cihazlar aracılığıyla, doğrudan çalışanın görüş alanında görüntülenebilir.

### Zenginleştirilmiş Gerçeklik Örneği II: Siemens'te Sanal Eğitim

Siemens, fabrika çalışanlarına acil durumlarda ne yapılması gerektiğini öğretmek için, zenginleştirilmiş gerçeklik özelliği olan, veri tabanına bağlı ve 3 boyutlu bir ortam sunan sanal bir fabrika operatörü eğitim modülü geliştirdi. Bu sanal dünyada operatörler, siber model üzerinden diğer makinelerle etkileşip, parametreleri değiştirebiliyor, operasyonel bilgilere ve bakım talimatlarına erişim sağlayabiliyor.

# B Ö L Ü M

SANAYİ 4.0 TÜRKİYE İÇİN NEDEN  
YAŞAMSAL ÖNEME SAHİP?





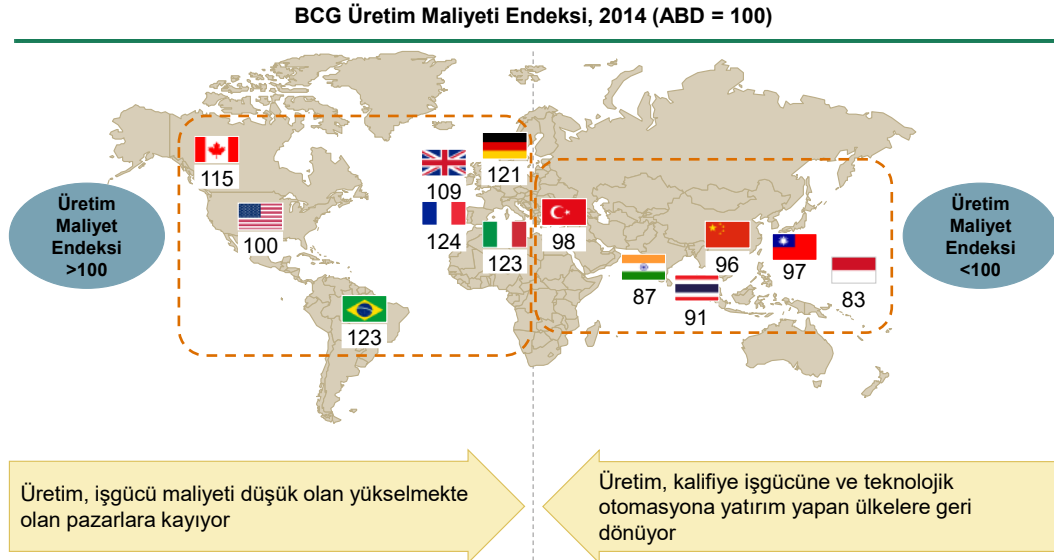
### 3. SANAYİ 4.0 TÜRKİYE İÇİN NEDEN YAŞAMSAL ÖNEME SAHİP?

***Türkiye bir yol ayrımında: Küresel rekabet gücünü kaybetmek veya gelişmiş ülkeler arasına katılmak için dev bir adım atmak***

Türkiye, lojistik avantajı sağlayan coğrafi konumu sayesinde ve esnek, düşük maliyetli üretim yapabilmesini sağlayan görece düşük maliyetli işgücünü kullanarak, küresel değer zincirinde oldukça rekabetçi şekilde konumlanmıştır. Üretim ücretleri, verimlilik, enerji maliyetleri ve döviz kurlarını dikkate alarak oluşturulan BCG Global Üretim Maliyeti Endeksi'nde, Türkiye 98 ortalama birim maliyet ile üretim yaparken, ABD 100, Almanya ise 121 ortalama birim maliyetle üretim gerçekleştirmektedir. Diğer bir deyişle, Türkiye'deki ortalama doğrudan üretim maliyetleri Almanya'nın % 23, ABD'nin ise % 2 altındadır. Bu analiz, Türkiye'nin küresel değer zincirinden pay almak ve ihracat platformunu güçlendirmek için sahip olduğu rekabet avantajının altını çizmektedir. (Şekil 9)

**Şekil 9: Türkiye'nin Küresel Değer Zincirindeki Konumu**

**Türkiye lojistik avantajından ve düşük işgücü maliyetinden faydalanarak global değer zincirinde konumlanmaktadır**



Not: Bu endeks sadece dört tane doğrudan gideri kapsamaktadır. Hammaddede giderleri ve makine ve araçların amortismanı gibi diğer maliyetler açısından bir fark olmadığı varsayılmaktadır. Maliyet yapısı, bütün sanayilerde ağırlıklı ortalama olarak hesaplanmıştır.

Kaynak: ABD ekonomik verileri; ABD Çalışma İstatistikleri Birimi; ABD Ekonomik Analiz Birimi; ILO; Euromonitor international; Economist istihbarat birimi; BCG'nin analizi

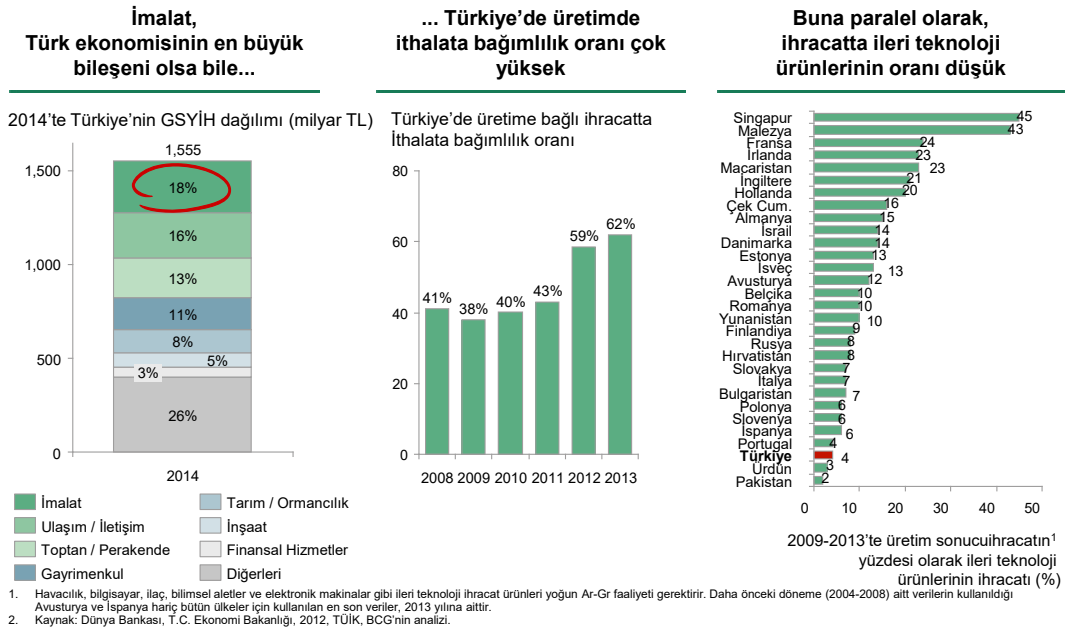
THE BOSTON CONSULTING GROUP

**Bununla birlikte, Türkiye mevcut rekabetçi pozisyonunu korumak ve sağlamlaştırmak için çeşitli yapısal zorluklarla karşı karşıyadır (Grafik 1)**

- **İhracat için ithalata yüksek bağımlılık:** İhracat amacıyla yapılan ithalatın oranı yapısal olarak yıllardır yüksek seyrediyor.
- **Katma değerli ürünlerin toplam üretim içindeki düşük payı:** Katma değerli ürünlere olan talep dünya çapında artmasına rağmen, Türkiye'nin ihracatında ileri teknoloji kullanılan ürünlerin payı yaklaşık % 4 düzeyindedir.
- **Sınırlı işgücü yetkinlikleri:** Yetkinlikleri sınırlı olan işgücü ve ekosistemler, yeni teknolojilerin benimsenmesini yavaşlatmaktadır.
- **Çalışanların yüksek işten ayrılma hızı:** İşgücününün sanayiden hizmet sektörüne doğru kayması, üretim sektöründe çalışanların işten ayrılma hızını arttırmaktadır.

### Grafik 1: Türkiye İmalat Sanayisinin Küresel Değer Zincirindeki Konumu

## Sanayi Türkiye için önemli bir güç, ancak sınırlı katma değer yapısal bir sorun olmaya devam ediyor



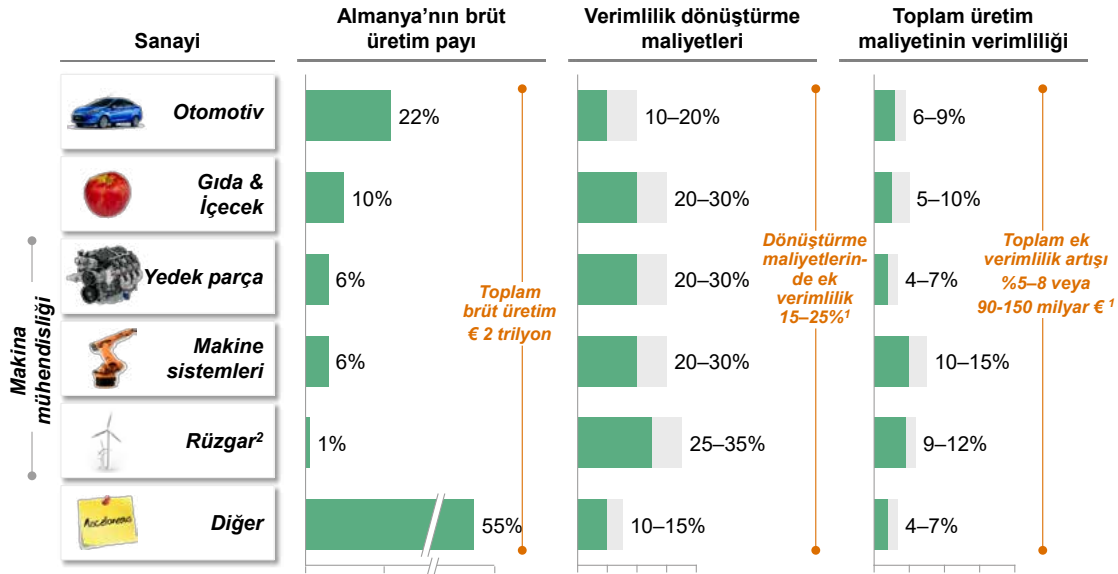
Bu yapısal zorlukların yanı sıra, küresel Sanayi 4.0 dönüşüm süreciyle diğer ülkelerin üretim verimliliklerinde yaşanabilecek olası artışlar Türkiye'nin rekabetçiliğini küresel düzeyde zayıflatabilir.

## Sanayi 4.0 dönüşümüne örnek olarak Almanya

Bu dönüşümün öncü ekonomilerinden biri olan Almanya'nın küresel rekabet gücünde ciddi bir iyileşme elde etmesi beklenmektedir. BCG analizine göre, Sanayi 4.0'ı uygulamaya başlayan Alman üretim sektörünün verimlilik kazancı, toplam üretim maliyetinin % 5-8 düşmesi ile beraber, önümüzdeki 10 yıl içinde 90-150 milyar Euro arasında gerçekleşecek (Grafik 2). Malzeme maliyetleri dışında bırakıldığında, işleme maliyetlerinin % 20 civarında düşüş kaydetmesi bekleniyor. Bu kazançları elde edebilmek için ise Alman üreticilerin üretim sistemlerini ve süreçlerini Sanayi 4.0'a uyumlu hale getirmek için önümüzdeki 10 yıllık dönemde 250 milyar Euro yatırım yapması bekleniyor. Aynı zamanda kuruluşların ileri teknolojilere, tüketicilerin ise özelleştirilmiş ürünlere olan ilgisinin artmasıyla talepte görülecek artışın 300 milyar Euro'luk ek gelir elde edilmesine imkan sağlaması ve büyümedeki bu artışın da aynı dönemde istihdamda % 6'lık bir artışa neden olması bekleniyor.

**Grafik 2: Almanya'da Sanayi 4.0 Dönüşümünün Potansiyel Faydaları**

### Alman üreticiler için toplam maliyetlerde % 5-8, dönüştürme maliyetlerinde % 15-25 verimlilik artışı mümkün



Not: dönüştürme maliyeti = malzeme hariç üretim maliyeti; 1. Yatırımlar dahil, geleneksel verimlilik artışlarına ek olarak, üretim sanayi in ek net ekti 2. Mekanik mühendisliğe rüzgar enerjisi santrallerinin inşası dahildir (teknik parçalar, kule ve motor kaportası dahil); Kaynak: Almanya Federal İstatistik Ofisi, Uzmanlarla görüşmeler, BCG'nin analizi.

THE BOSTON CONSULTING GROUP

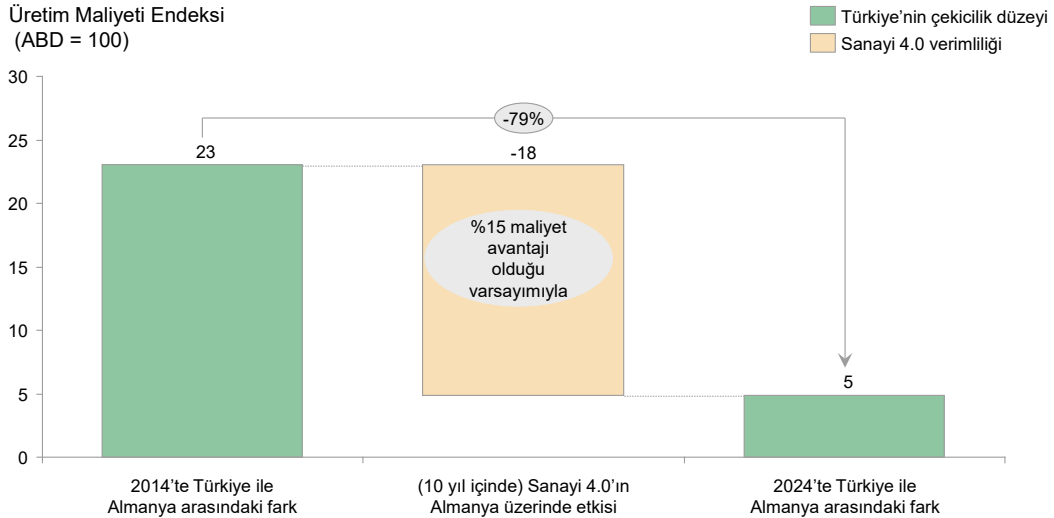
Bu (d)evrimin ortaya çıkaracağı finansal kazancın, işgücü profilinde yaratacağı değişiklikler ve tetikleyeceği dev yatırımlar nedeniyle çığır açıcı nitelikte olması beklenmelidir. Öte yandan, kazanılan maliyet avantajı sonucunda, küresel rekabet gücü dengesinde, Sanayi 4.0 teknolojilerini benimseyen ülkeler lehinde bir değişim olacak olması asıl önemli husustur.

Eğer, Almanya’da Sanayi 4.0 girişimlerinin başarıyla uygulanmasıyla işleme maliyetleri beklendiği gibi % 20 azalır ve Türkiye mevcut rekabet değişkenlerinde iyileştirme yapmazsa, Almanya’ya kıyasla şu anda sahip olduğu rekabet avantajının neredeyse tamamını kaybedecek. (Grafik 3)

### Grafik 3: Almanya’nın Sanayi 4.0 Dönüşümünün Türkiye’ye Muhtemel Etkisi

#### Almanya Sanayi 4.0 potansiyelini gerçekleştirirse, Türkiye Almanya’ya kıyasla maliyet avantajını kaybetme riskinde

%15-25 oranında verimlilik artışı, Türkiye’nin mevcut rekabet avantajını tamamen azaltabilir



THE BOSTON CONSULTING GROUP

Bu örnekte de görüldüğü gibi, Sanayi 4.0 uygulamalarının diğer ülkelerde gelişmesi, Türkiye'nin üzerindeki rekabet baskısını uzun vadede daha da arttıracak. Sonuç olarak, Türkiye rekabet sıralamasında hem altında hem de üstünde yer alan ülkelerden gelen maliyet baskılarına maruz kalacak. Üretim maliyeti yüksek olan ülkeler, gelişmiş teknolojiye sahip üretim işletmelerindeki geniş ölçeği kullanarak, düşük üretim maliyetine sahip ülkeler ise yeni teknolojilere daha istahlı erişme avantajlarını kullanarak mevcut pozisyonlarını güçlendireceklerdir. Türkiye'nin Sanayi 4.0 yatırımlarını gerçekleştirmediği

durumda ise, küresel pazarlarda birbirleriyle etkileşerek gelişen teknolojileri ve insan kaynağı kalitesini yakalaması, çıtanın sürekli yükselmesi sebebiyle daha da zorlaşacaktır.

Özet olarak, Türkiye'nin karşılaştırmalı küresel rekabetçiliğinde yaşanacak olası bir zayıflama, küresel pazar payının düşmesine yol açacak ve beraberinde artan işsizlik ve azalan işgücü kalitesini getirecektir. Bu durumda, Türkiye yatırımların düşük seyrettiği, düşük katma değerli üretim yapılan bir ekonomik kısır döngüye doğru kayacaktır. Diğer yandan kararlı Sanayi 4.0 yatırımları ile küresel rekabet gücünde çığır açacak değişiklikler yaratmaya çalışır ise, küresel değer zincirinden daha fazla pay alarak kaliteli işgücü istihdamında da artışa zemin hazırlayacaktır. (Şekil 10)

### Şekil 10: Sanayi 4.0'ın Türkiye Açısından Rolü

## Sanayi 4.0 Türkiye için düşük katma değerli üretim kısır döngüsünü kırmak adına önemli bir fırsat

**Sanayi 4.0 ile tetiklenen devrimde önemli rol almayıp değer kaybı olan bir kısır döngü riski**



**Doğru adımlarla katma değer yaratan bir pozitif döngüden faydalanma imkanı**



THE BOSTON CONSULTING GROUP



# B Ö L Ü M

## SANAYİ 4.0'IN TÜRKİYE ÜZERİNDEKİ POTANSİYEL ETKİSİ





## **4. SANAYİ 4.0'IN TÜRKİYE ÜZERİNDEKİ POTANSİYEL ETKİSİ**

### **Sanayi 4.0 yüksek katma değerli yatırım döngüsünü başlatmak için büyük bir fırsat sunuyor**

Yeni üretim teknikleri ve bu tekniklerin tetikleyeceği dönüşüm, Türkiye'ye yukarıda sayılan tehditleri önleyerek, düşük katma değerli üretim kısır döngüsü yerine artan yüksek katma değerli yatırımlar döngüsüne erişme fırsatı verebilir. Sanayi 4.0'ı başarılı bir biçimde uygulamaya geçirerek üretim platformlarını dönüştürmenin üç temel faydasının olması beklenmektedir.

#### ***Küresel rekabet gücünün artması***

- Yüksek maliyet verimliliği
- Yüksek üretim hızı ve esneklik
- Yüksek kalite ve düşük fire oranı
- İleri teknoloji platformları, know-how, yüksek nitelili insan kaynağı

#### ***Küresel değer zincirinden alınan yüksek katma değerli ürünler payının artması***

- Ortaya çıkan verimlilik ve yetkinlikler ile şirketlerin küresel rekabette konumlarını korumaları ve güçlendirmeleri

#### ***İşgücü profiline gelişmesi***

- Üretim, müşteri ilişkileri ve destek birimlerinin gelişmiş bir bağlantı düzeyine erişmesinin yeni iş olanakları yaratması ve nitelikli işgücü tarafından yapılabilecek yeni iş tanımlarının oluşması

## ***Sanayi 4.0'ın Türkiye üzerindeki etkisini hesaplamak***

TÜSİAD ve BCG ortak çalışarak Türkiye'de altı farklı sektörde faaliyet gösteren toplam 25 Türk imalat şirketiyle/grubuyla detaylı görüşmeler gerçekleştirdi. Görüşmelerin temel amacı, Sanayi 4.0'ın, arkasında yatan felsefeyle beraber, Türkiye için potansiyelini tartışmaya ve üzerinde düşünmeye başlamaktı.

İlgili çalışma için altı pilot sektör seçilirken öncelikle kamu tarafından hazırlanan politika belgelerinde<sup>1</sup> yer alan imalat sanayi sektörleri değerlendirmeye alınmıştır. Bu süreçte, TÜSİAD-Sabancı Üniversitesi Rekabet Forumu (REF) tarafından hazırlanan ve 2014 yılında kamuoyu ile paylaşılan “İmalat Sanayi Sektörleri Rekabet Göstergeleri Raporu”nda çalışılan;

- Toplam faktör verimliliği
- İşgücü verimliliği
- Katma değer payları
- İstihdam payları
- Çalışan başına toplam Ar-Ge harcaması
- İhracatın ithalatı karşılama oranı

göstergeleri bağlamında ön plana çıkan imalat sanayi sektörleri ayrıca değerlendirilmiştir.

Son aşamada, “Sanayi 4.0 Dönüşümü” bağlamındaki yetkinlik alanları, teknoloji perspektifi, istihdam boyutu, iktisadi büyüklük, tedarik zinciri içindeki rol gibi unsurlar da dahil olmak üzere çeşitli sosyo-ekonomik değerlendirmeler neticesinde altı pilot sektör<sup>2</sup>

- Otomotiv ve otomotiv yan sanayi
- Makine
- Beyaz eşya
- Gıda ve içecek
- Tekstil
- Kimya







olarak çalışma kapsamında ele alınmak üzere belirlenmiştir. (Grafik 4)

<sup>1</sup> - 10. Kalkınma Planı  
- Öncelikli Dönüşüm Programları  
- GİTES (Girdi Tedarik Stratejisi)  
- Orta Vadeli Planlar  
- Sanayi Stratejileri (2011-2014 ve 2015-2018)  
- TİM İhracat Stratejisi

<sup>2</sup> Belirtilen sektörler ve faktörler Türkiye ekonomisinin bütününe kapsayıcı değildir. Faktörlerin büyüklüğü şirketin içinde bulunduğu rekabet pozisyonuna ve başlangıç noktasına göre farklılıklar gösterebilir. Örnek sektörler, GSYİH'deki pay, Sanayi 4.0'dan faydalanma potansiyeli ve kullanılan üretim metodolojisinin başka sektörleri de temsil edebilme gücüne göre seçilmiştir. Değerlendirmeler sektör görüşmelerine, TÜSİAD ve BCG ekiplerinin konu uzmanlıklarına dayanmaktadır.

## Grafik 4: Pilot Sektörler

### Detaylı araştırma için altı sanayi sektörü Türkiye ekonomisine katkılarına göre pilot olarak seçildi

6 sanayi	Katma değerde pay	İstihdamda pay	Toplam faktör verimliliğinde artış	İhracatın ithalata oranı	İhracatın ithalatı karşılama oranı
 Otomotiv	12 %	6 %	7 %	0.9	0.9
 Beyaz Eşya	3 %	1 %	9 %	0.9	0.7
 Makine sistemleri	5 %	5 %	5 %	0.9	0.6
 Tekstil	8 %	13 %	-0.5 %	1	2.4
 Gıda & Tarım	10%	12 %	-4 %	0.9	1.9
 Kimyasallar	5 %	2 %	1 %	1	0.2

Farklı sektörleri kapsayan bu değerlendirme, Sanayi 4.0'ın sunduğu fırsatların teoride kalmayıp, pratikte de mevcut olduğunu ve Türkiye için önemini açıkça göstermiştir.

### Sanayi 4.0 halihazırda uygulanıyor

Görüşülen tüm sektörlerde, Türkiye sanayisinde Sanayi 4.0'ın kimi unsurlarını kapsayan somut adımların halihazırda atıldığı gözlemlendi. Farklı ölçekte ve teknolojik açıdan farklı olgunluk düzeylerine sahip şirketlerin neredeyse tamamında önemli uygulamalar hayata geçmiş veya geçiyor. (Grafik 5)

### Grafik 5: Pilot Sektörlerde Sanayi 4.0 Uygulamaları

#### Sanayi 4.0 Türkiye'de birçok üretici için halihazırda bir gerçek

Sanayi 4.0 göstergeleri	Sektör	Örnekler
<b>1</b> Entegre, otomasyonlu ve mükemmel üretim akışı	Beyaz Eşya	<b>Entegre kalite yönetimi</b> Ürünler üretim süreci sırasında takip edilerek ve ön üretim sonrasında yapılan testlerde çıkan hata verilerine dayanılarak fire azaltılıyor ve işleme süreci iyileştiriliyor
	Makine sistemleri	<b>Entegre tasarım verileri</b> Üretim sürecinde, operasyonları optimum hale getirmek için tasarımdan üretim hattı sonuna kadar dikey veri entegrasyonundan faydalanılıyor
	Beyaz Eşya	<b>Yatay veri entegrasyonu</b> Tedarikçilerin bazı ERP verilerini görmesi sağlanarak entegre üretim sürecine daha yaklaşılmış oluyor
<b>2</b> Sanal ürün tasarımı	Otomotiv	<b>Sanal fabrika ve ürün tasarımı</b> Gerçek üretim ihtiyaçlarına dayanan fabrika simülasyonlarıyla üretimi optimum hale getirmek için, fabrika ve ürün tasarımını entegre eden bir ortak çözüm sunuluyor
<b>3</b> Esnek üretim	Beyaz Eşya	<b>Esnek üretim robotları</b> RFID tabanlı akıllı ürünlerle iletişim kuran ve aletleri ve üretim görevlerini ürün çeşidine göre ayarlayan bir üretim hattı uygulamaya geçirildi
<b>4</b> Akıllı ve otomatize lojistik	Otomotiv	<b>Lazer yönlendirmeli otomatik yönlendirmeli araç (AGV)</b> Sunucu bilgisayarı envanteri ve üretim programını ve teslimatları kontrol ettiği ve AGV'leri yönlendirdiği lazer yönlendirmeli lojistik sistemler kullanılıyor
<b>5</b> Öğrenen süreçler	Kimyasallar	<b>Kendini optimize eden süreç akışı</b> BT algoritması kullanılarak, temel malzeme karışımındaki sorunlar tanınarak, nihai ürün sürecinin kalitesi optimize ediliyor

Kaynak: BCG'nin analizi, şirketlerin web siteleri, basın taraması

## Sanayi 4.0'ın sunduğu fırsatlar büyük ve uygulanabilir

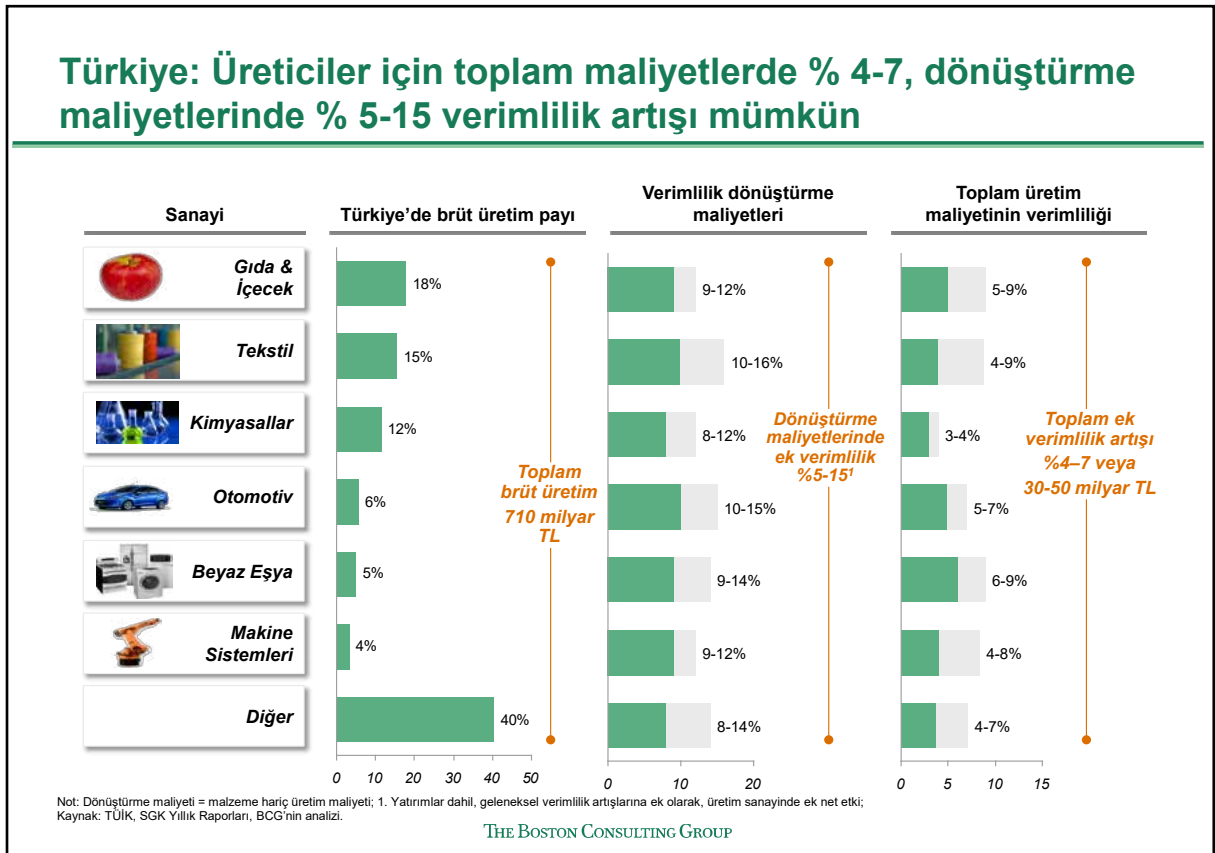
Teknolojik gelişmelerin dördüncü dalgası dört temel alanda fayda yaratacak:

### Verimlilik

Türkiye'deki sektör verileri, şirketlerden toplanılan bilgiler ve doğrulamalardan yararlanarak geliştirdiğimiz modele göre, Sanayi 4.0'ın başarılı şekilde uygulandığı durumda, günümüz ekonomik büyüklüğünde, Türkiye'deki üretim sektörlerinin verimliliğinde 50 milyar TL'ye varabilecek bir fayda kaydedilmesi potansiyeli mevcuttur. Bu analizin temeli, toplam üretim maliyeti göz önüne alındığında, verimlilikteki artışın % 4-7 arasında olacağı beklentisine dayanmaktadır. Sadece dönüşüm maliyeti (malzeme maliyetleri hariç üretim maliyeti) değerlendirildiğinde, verimlilik artışının % 5-15 arasında olması beklenmektedir.

Her sektörün başlangıç noktası ve yapısına göre, iyileştirme ve değer yaratma potansiyeli farklılık gösteriyor. İlerleyen bölümlerde seçilen sektörlerle yönelik yaptığımız analizleri daha detaylı anlatarak, önemli noktalara dikkat çekmeye çalışacağız. (Grafik 6)

**Grafik 6: Türkiye'nin Sanayi 4.0 Dönüşümünün Pilot Sektörler İtibarıyla Potansiyel Faydaları**



## ***Büyüme***

Sanayi 4.0 ekonomiyi büyütecek. Müşteriye özel ürünlere artan talep, ürünlerin zamanında bulunabilir olması, artan küresel entegrasyon ile global değer zincirinden daha çok pay alınması bu büyümeyi tetikleyen unsurlar olarak ön plana çıkacak. Gelir artışını rakamsal olarak hesaplamak her ne kadar son derece zor olsa da, kazanılacak rekabet avantajının küresel değer zincirlerine entegrasyon ve Sanayi 4.0 çevresinde oluşacak ekonomi yoluyla sanayi üretiminde yıllık yaklaşık % 3'e kadar ulaşabilecek bir artışı tetiklemesi beklenmektedir. Bu büyüme Türkiye GSYİH'sinde % 1 ve üzeri bir ek büyümeye ve 150-200 milyar TL düzeyinde ek gelir anlamına geliyor. Ancak bu kazanımların gerçekleşmesi için Sanayi 4.0'ın şirketler bazında uygulanmasının ötesinde bütüncül bir sanayi stratejisi ve dönüşüm programı uygulanması şart olarak gözüküyor.

## ***Yatırım***

Türk üreticilerin, Sanayi 4.0 teknolojilerini üretim sürecine dahil etmek için önümüzdeki on yıllık süreçte yılda yaklaşık 10-15 milyar TL (üreticilerin gelirlerinin yaklaşık %1-1.5'i) yatırım yapması gerektiğini tahmin ediyoruz. Belirtilen bu yüksek yatırım beklentisine, değerlendirilme kapsamına alınmayan, mevcutta yeterince yatırım yapılmamış veya rekabetçi olmayan üretim altyapısına yapılması gereken yatırımlar dahil değildir.

## ***İstihdam***

Sanayi 4.0 ile özellikle üretim, kalite ve bakım fonksiyonlarında çalışan düşük nitelikli çalışanların yerini otomasyona sahip sistemler alacak. Uzun vadede değer zincirinin belirli noktalarında bu değişimden etkilenme oranının % 20-30 düzeyinde olması beklenmelidir.

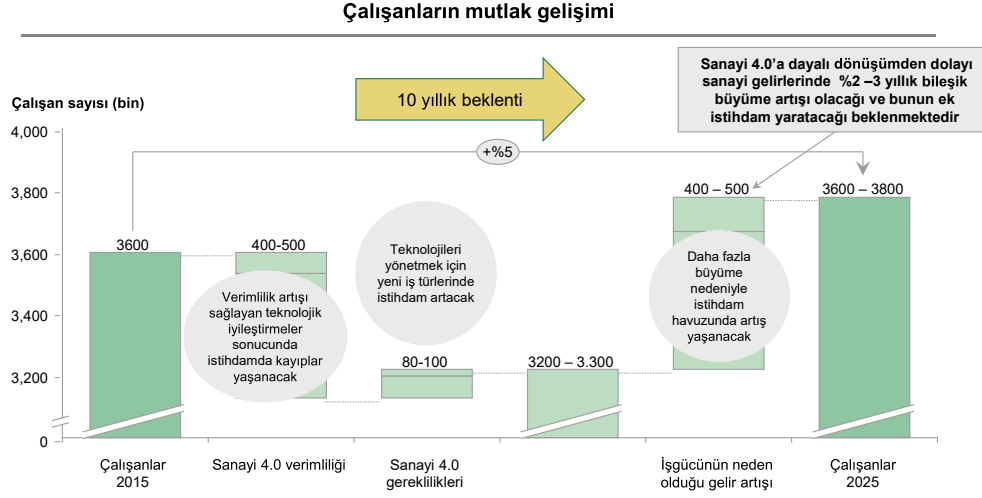
Öte yandan, yaygınlaşan otomasyon, fiziksel olarak zorlayıcı operasyonlarda ergonomik iyileştirmeler yaparak çalışanlara yardımcı olacaktır. Örnek olarak, ağır parçaların kaldırılması veya hassasiyet isteyen parça montajları önemli ölçüde robotlar tarafından yapılabilir. Bu sayede, hem işçi kapasitesi daha yüksek katma değerli işlere yönlendirilebilir hem de genel sağlık ve güvenlik standartları yükseltilebilir. Önleyici bakım yaklaşımı sayesinde teknisyenler kapasitelerini başka işlerde değerlendirebilir. Parçalar, makineler ve diğer ekipmanlar, operasyonlardan toplanan gerçek zamanlı verilerle sürekli olarak izlenebilir ve bu sayede denetleme ve sorun tespiti için üretim sahasında fiziksel olarak bulunma ihtiyacı azalabilir. Zenginleştirilmiş gerçeklik sayesinde, teknisyenler uzaktan yönlendirme alıp, tamiratı gerçekleştirebilir ve kağıt kullanmadan yaptıkları çalışmayı otomatik olarak belgелейebilirler. Benzer şekilde, tamir için gerekli yedek parça siparişi için teknisyenin makinenin bulunduğu alana gitme zorunluluğu ortadan kalkar ve kazanılan zaman daha verimli işlere yönlendirilebilir.

***Bunlara ek olarak işgücü kalitesi ve büyüklüğünü destekleyecek iki nokta daha mevcut***

- **Sanayi 4.0 beyaz ve mavi yakalı çalışanların sahip olması gereken yetkinlikleri değiştirecek.** Yeni üretim teknolojilerini etkin biçimde yönetmek ve entegre olmuş dünyada gelirlerini arttırmak için şirketler şimdi sahip olduklarından daha yetkin bir işgücüne ihtiyaç duyacak. İşgücünün değişen yapısı nedeniyle, Ar-Ge, BT ve otomasyon gibi teknik, satış/pazarlama gibi müşteriye değen fonksiyonların daha da yaygınlaşması gerekecek. Özellikle kapsamlı tasarım bilgisine ve dijital/BT yetkinlerine sahip çalışanlara olan talep artacak. Bu sayede şirketler daha nitelikli işgücü için yeni istihdam fırsatları doğurabilecek. Örnek olarak endüstriyel veri uzmanı gibi yeni roller yaygınlaşmaya başlayacak. BT sistemleri kurumsal, üretim ve ürün yaşam döngüsü yönetimi sistemlerini entegre edecek ve operasyonların oluşturduğu ağları kullanarak daha çok sayıda veri grupları oluşturacak. Endüstriyel veri uzmanları bu veritabanlarını düzenleyerek, analiz edecek ve operasyonları sürekli iyileştirmek için bulgulardan faydalanacak. Bu rolü üstlenmek isteyen adaylar, ağ sistemleri, istatistik bilimi ve programlama prensiplerine hakimiyetini göstermek durumunda kalacak.
- **Türkiye'nin küresel rekabet gücündeki ve katma değerli üretimdeki payında yaşanacak olası artış, ekonomik büyümeyi ve dolayısıyla istihdamı önemli ölçüde arttıracak.** Rakamlarla incelendiğinde önümüzdeki 10 yıllık süreçte üretim sektörlerinde nitelikli olmayan işçilik ihtiyacında 400-500 bin kadar azalma beklenirken yaklaşık 100 bin kadar yeni yüksek nitelikli çalışan ihtiyacı olacağı ve bunun yanında sanayileşmenin getireceği büyüme akımı sonucunda 400-500 bin kadar yeni iş imkanı doğacağı öngörülmektedir. Türkiye'deki üretim sektörlerinin modellemesine dayanarak, Sanayi 4.0'ın getireceği yılda ek % 2-3'lük büyümenin, verimliliğe dayalı istihdam kayıplarını fazlasıyla telafi edecek kadar artışa neden olması beklenmektedir. Bu bağlamda önümüzdeki on yılda, istihdamda % 5'lik bir mutlak artış yaşanması olasıdır. Aynı zamanda, yüksek nitelikli işgücü yapısı ile gelir piramidinin ve Türkiye know-how altyapısının gelişeceği aşıkardır. (Grafik 7)

## Grafik 7: Türkiye için İşgücü Öngörüsü

### Türkiye’de işgücü: Uzun vadede mutlak istihdam artışı ve daha nitelikli işgücü



**Asıl zorluk, yeterince nitelikli personel bulmak olacak**

Kaynak: BCG'nin analizi, Statistisches Bundesamt

THE BOSTON CONSULTING GROUP

### ***Farklı yapıda olan sektörlerde görülmesi beklenen etki***

Uygulama ve potansiyel faydalar, şirketler ve sektörler özelinde farklılık gösteriyor.

- Halihazırda küresel değer zincirlerine entegre olan ve küresel rekabet eden şirketler, daha avantajlı bir başlangıç ve bilinç düzeyine sahiptirler, kısa vadeli potansiyelleri daha yüksektir.
- Ölçeği büyük olan şirketlerin, gerekli yatırımları yapma kabiliyeti daha yüksektir.
- Büyük ölçekli şirketler aynı zamanda, karşılaştırmalı olarak küçük şirketlere kıyasla Sanayi 4.0'dan daha çok faydalanır. Çoğu Türk şirketi gelişmiş ülkelerdeki rakiplerine kıyasla daha küçük olduğu için, Türkiye için Sanayi 4.0'ın mutlak kazançları nispeten daha düşük olacaktır.
- Mevcut teknolojik olgunluk düzeyi, uygulama kapsamını kısıtlamaktadır. Birçok şirkette, bilançoda on yıl önce faydalı ömrünü tamamlamış olmasına rağmen hala kullanılmakta olan eski makine parklarının çevresiyle bağlantılılığını arttırabilmesi için sermaye yatırımı yapılması gerekmektedir.

Ülkelerin işgücü maliyetleri arasındaki farklar sonucu, mutlak iyileşme potansiyeli yüzdesel olarak farklı düzeyde gerçekleşecektir.

- Türkiye’de işgücü maliyetinin görece düşük olması ve toplam üretim maliyeti içerisinde işgücünün oransal olarak gelişmiş ülkelere göre daha düşük olması yeni teknolojilerin verimlilik üzerindeki potansiyel etkisini azaltmaktadır. Dolayısıyla Türkiye’de verimlilikte kaydedilen iyileştirmelerin toplam maliyetler üzerindeki etkisi daha az olacaktır.

**Seçilen sektörler detaylı incelendiğinde, Sanayi 4.0 dönüşümü yoluyla önemli değer yaratma imkanları olduğu ortaya çıkmaktadır:**

### Otomotiv (Grafik 8)

- **Montaj hatlarının otomasyonu ve esnekleşmesi**, üreticilerin daha küçük hacimlerde üretim yapma yetkinliklerini geliştirecek. Montaj hatları, hem birbirleriyle hem de diğer sistemlerle işbirliği yapabilen otonom robotlar aracılığıyla otomatize edilecek, farklı parçaları ve tasarımları olan birden çok modelin aynı hatta üretilmesini mümkün kılan esnek üretim hatları geliştirilecek.

### Grafik 8: Otomotiv Sektöründe Potansiyel Verimlilik Artışı





Süreç ve üretim sistemlerinin dikey entegrasyonu, birden fazla ürün yaşam döngüsünün ve modelinin eş zamanlı olarak ilerlemesine izin verecek. Dikey olarak entegre olacak bu sistemlerden toplanacak olan büyük veri kümesi işlerin takibinde kayda değer ilerlemeler sağlayacak. Bu büyük veri kümesinin, ileri analitik yöntemler ile ele alınması, gerçek zamanlı performans izleme, önleyici kalite kontrolü ve etkin trend yönetimi birimlerinin hem doğruluk oranını, hem de karmaşıklık düzeyini artıracak.

- **Üreticilerin tedarikçilerle gerçekleştireceği, yatay veri ve sistem entegrasyonu** pek çok ortak çalışma alanı yaratacak. Standartlaşmış süreçler ile zamanında işbirliği yapılması sayesinde hata asgariye indirilecek.

Tedarikçiler yatay entegrasyon yoluyla operasyonlarını üreticilerden gelen yeni siparişlere göre düzenleyebilecekler. Bu durum 'tam-zamanında' lojistik potansiyellerini azami düzeye çıkartabilmelerini ve bu yolla lojistik ve operasyon maliyetlerini azaltmalarını sağlayacak.

- **Akıllı depo ve şirket içi lojistik çözümleri**, üreticilerin rekabet gücünü artıracak. Lojistik operasyonları için optimize edilmiş esnek mimari tasarımlar, simülasyon uygulamaları ile test edilebilecek. Zenginleştirilmiş gerçeklik gözlükleri ise, lojistik ve üretimle ilgili verileri çalışanın görüş alanına getirerek, personelin sürecin bir sonraki aşamasını doğru seçmesine yardım edecek. Her iki gelişme, şirket içi lojistik faaliyetlerine daha az zaman ayrılması sayesinde, stok döngüsünü ve teslim süresini kısaltarak işletme sermayesini daha güçlü hale getirecek.

### ***Beyaz Eşya (Grafik 9)***

- **Parçaların, hatların ve ekipmanın içine yerleştirilen sensörler**, Makine-ile-Makine (M2M) ve Makine-ile-İnsan (M2H) arasında iletişim sistemlerinin kurulmasını sağlayacak. Uçtan-uca süreçlerin birbirleriyle daha da bağlantılı hale gelmesi, üretim hatlarının daha çevik ve uyumlu çalışmasını sağlayacak. Böylece şirketler artan SKU (Stok Bulundurma Birimi)'ların yarattığı karmaşayı daha etkin bir biçimde yönetebilecek ve tasarım sürecini birden çok ürün döngüsüne yayabilecek. Üretim hatlarında artan bu verimlilik ve esneklik "geç kişiselleştirme"yi mümkün kılacak.
- **Şirket içi sistemlerin dikey entegrasyonu**, üretimi daha verimli yapacak. Kurumsal Kaynak Planlama (ERP) sistemleri, Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi (PLM) ve diğer imalat sistemleri (MES/MOS) ile entegrasyon içinde çalışacak. Üç sistemden toplanan detaylı verilerle çok detaylı takip ve raporlama yapılabilecek ve şirketlerin hızla harekete geçmeleri sağlanacak.

## Grafik 9: Beyaz Eşya Sektöründe Potansiyel Verimlilik Artışı



### Beyaz Eşya: % 9–14 potansiyel verimlilik artışı



### Toplam maliyette %6-9 verimlilik artışı mümkündür

Kaynak: BCG'nin analizi, uzmanlarla görüşmeler

THE BOSTON CONSULTING GROUP

Şimdi

Sanayi 4.0

Aralık

- **Üretim sahasındaki işgücü verimliliği**, otonom nakil araçları ve sevkiyat robotları sayesinde artacak. Birbirleriyle koordinasyon içinde çalışacak olan bu araç ve ekipmanlar, süregiden operasyonlardan toplanan gerçek zamanlı verileri kullanarak, parçaların ve malzemelerin hedefe zamanında ulaştırılmasını sağlayacak. Nakil araçları, lazerli yönlendirme sistemi ile üretim sahasında hareket edebilecek ve kablosuz ağlar kullanarak diğer araçlarla iletişim kurabilecek. Sevkiyat robotları ise, bir sonraki üretim süreçleri için uygun malzemeleri otomatik olarak bulacak ve seçecek.

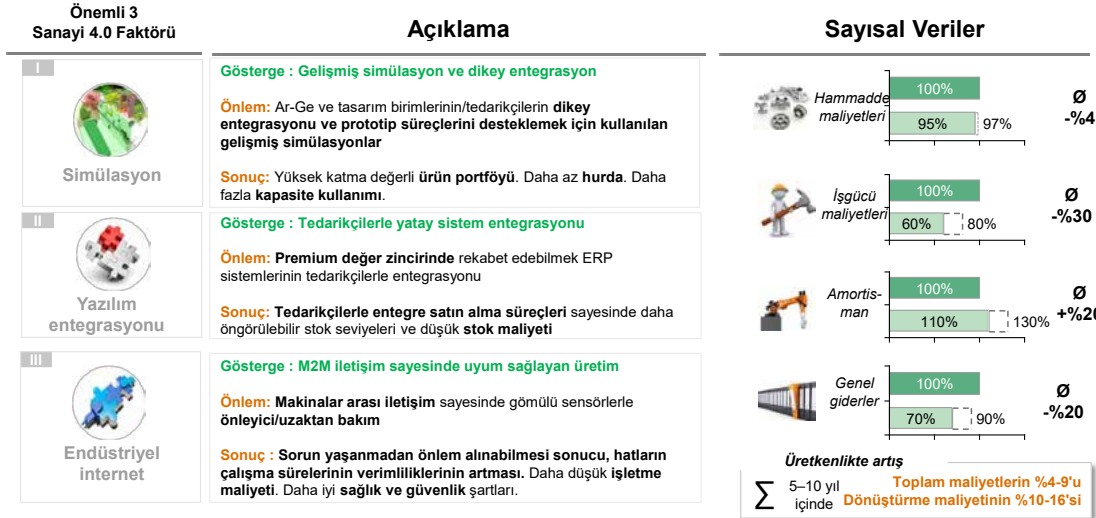
### Tekstil (Grafik 10)

- Prototip hazırlamak için **gelişmiş simülasyonların** daha fazla kullanılması ve Ar-Ge ile ürün geliştirme birimlerinin **dikey veri entegrasyonunun** yapılması, işbirliği düzeyini artıracak ve şirketlerin yeni "premium" ürünleri daha hızla geliştirmesine yardım edecek. Şirketler, daha hassas ve kesin ürün tasarımı sayesinde sadece yüksek katma değerli ürün portföyüne sahip olmakla kalmayacak, aynı zamanda hata oranlarını ve fire maliyetlerini azaltacak.

## Grafik 10: Tekstil Sektöründe Potansiyel Verimlilik Artışı



### Tekstil: % 10–16 potansiyel verimlilik artışı



### Toplam maliyette % 4-9 verimlilik artışı mümkündür

Kaynak: BCG'nin analizi, uzmanlarla görüşmeler

THE BOSTON CONSULTING GROUP

Şimdi

Sanayi 4.0

Aralık

- **ERP çözümlerinin tedarikçilerle ve müşterilerle yatay entegrasyonu**, “Premium” değer zincirinde rekabet edebilmek için gerekli olan müşteri ilişkileri yönetimini sağlayacak. Entegrasyon sonucu şirketler, satın alma döngülerini daha doğru bir biçimde öngörebilecek ve stok maliyetlerini azaltacak.
- **Adaptif üretimi mümkün kılan M2M iletişimi sayesinde**, makine operatörleri üretim hattının ne zaman çalışmayabileceğini öngörebilecek ve sorun daha yaşanmadan önlem alma çalışmalarını başlatabilecek. Bu sayede hattın çalışmadığı süre kısıllanacak ve operasyonlar kesintisiz devam edebilecek.

### Kimyasallar (Grafik 11)

- Muhasebe, üretim ve envanter sistemlerinde gerçekleşecek olan **uçtan-uca veri entegrasyonu**, üreticilerin küçük hacimli üretim yapabilmelerini ve daha seri bir operasyon yürütmelerini mümkün hale getirecek. Gelişmiş planlama ve üretim hatlarının gerçek zamanlı takibi sayesinde fazla mesai ve standart dışı çalışma süreleri asgari düzeye inecek.

## Grafik 11: Kimyasallar Sektöründe Potansiyel Verimlilik Artışı



### Kimyasallar: % 8–12 oranında potansiyel verimlilik artışı



- Özellikle Ar-Ge amacıyla üretim hatlarından toplanan **büyük veri kümesinin ileri düzeyde analizi**, hem yeni ürünlerin inovasyonunu, hem de üretim sistem ve süreçlerini iyileştirecek. Daha doğru Ar-Ge sonuçları elde edilmesi sayesinde, fire oranı azalacak ve ürün geliştirme süresi kısıllanacak.
- **Akıllı depo ve şirket için lojistik çözümler** sayesinde şirketler uçtan uca üretim planlamasını gelişmiş düzeylerde yapabilecek. AGV/LGV kullanan otomatik sevkiyat sistemleri teslimat sürelerini kısaltırken, optimize edilmiş satın alma uygulamaları sayesinde stok yönetiminin verimliliğini artıracak. Böylece nakit dönüşüm döngüsü ve işletme sermayesi iyileşecek.

### Yiyecek ve İçecek (Grafik 12)

- Üretim, lojistik ve satış sistemlerinden toplanan **büyük veri setleri gelişmiş seviyede analiz edilerek**, şirketlerin pazar talebini daha doğru tahmin etmelerine yardımcı olacak. Bu durum, pazarın doğru ürünü, doğru zamanda, doğru yere tahsis etmesini sağlayacak. Talep tahminlerinde coğrafi seviyede yaşanacak iyileşme, lojistik planlarının optimize edilmesini sağlayarak, hafif gıda ürünlerinin birim ulaştırma maliyetlerini düşürecek.

## Grafik 12: Yiyecek ve İçecek Sektöründe Potansiyel Verimlilik Artışı



### Yiyecek ve İçecek: % 9–12 potansiyel verimlilik artışı



Toplam maliyette %5-9 verimlilik artışı mümkündür

Kaynak: BCG'nin analizi, uzmanlarla görüşmeler

THE BOSTON CONSULTING GROUP

Şimdi

Sanayi 4.0

Aralık

- Tedarikçilerle **yatay entegrasyon gerçekleştirilerek, RFID ve sensörler aracılığıyla** özelleştirilmiş beslenme programları üretilecek ve beslemenin toplam maliyeti düşürülecek. Tarımda da üreticilerin yılboyu yapacakları aktiviteler yönetim sistemlerinde takip edilerek uçtan-uca verimlilik artırılacak. Tedarikçilerin verimliliği arttıkça, 'tam-zamanında üretim' iyileşecek, envanter maliyetleri düşecek ve paketleme hataları da asgariye inecek.
- **Üretim, satış ve lojistik sistemlerinin dikey entegrasyonu**, gelişmiş güvenlik protokolleriyle korunan bulut yapılarında büyük verilerin üretilmesine yol açacak. Bu verilerin mantıksal analizi, kapasite kullanımını iyileştirecek ve gerçek zamanlı performans izlemeyi ve raporlamayı mümkün kılacak.

### ***Makine sistemleri (Grafik 13)***

- **Prototip üretiminde ve test sistemlerinde kullanılan gelişmiş simülasyonlar**, kalıp tasarımı ve ürün geliştirme süreçlerini iyileştirecek. Ar-Ge, tasarım ve üretim birimleri için sanal ortamda ortak çalışma alanları oluşturulması ürün geliştirme sürelerini kısaltacak ve azalan fire oranları nedeniyle kalite kontrol mekanizmalarına bağımlılık asgariye inecek.
- **Eritme kalıplarının ve CNC kullanan üretim hatlarının otomasyonu**, hem kurulum ve teslimat sürelerini kısaltacak, hem de kapasite kullanımını artıracak. Tehlikeli görevler için optimize edilmiş sevkiyat sistemleri, işçiler açısından sağlık ve güvenlik standartlarını iyileştirecek.
- **CRM sistemleriyle entegre edilmiş büyük veri analizi**, satış öncesi ve sonrası verilen hizmetleri iyileştirecek. Gömülü sensörlerle mümkün olan uzaktan arıza giderme sayesinde satış sonrası operasyon ve garanti maliyetlerini azaltacak. Ürün yaşam döngüsü boyunca sunulan bu ekstra hizmetler, müşteri memnuniyetini artıracak.
- Fabrika ve depo mimarisini iyileştirmek ve akıllı envanter yönetimi için **simülasyon ve zenginleştirilmiş gerçeklik** kullanılacak. Siparişlerin lazerle yönlendirilen otomatik araçlarla ve ışıklı toplama sistemiyle hazırlanması, teslimat sürelerini kısaltarak işgücü kullanım oranlarını ve ergonomiyi iyileştirecek.

## Grafik 13: Makine Sektöründe Potansiyel Verimlilik Artışı



### Makine sistemleri: % 9–12 potansiyel verimlilik artışı



**Toplam maliyette % 4-8 verimlilik artışı mümkündür**

Kaynak: BCG'nin analizi, uzmanlarla görüşmeler

THE BOSTON CONSULTING GROUP

Şimdi

Sanayi 4.0

Aralık





B Ö L Ü M

SONUÇ: TÜRKİYE İÇİN BİR YOL  
HARİTASI



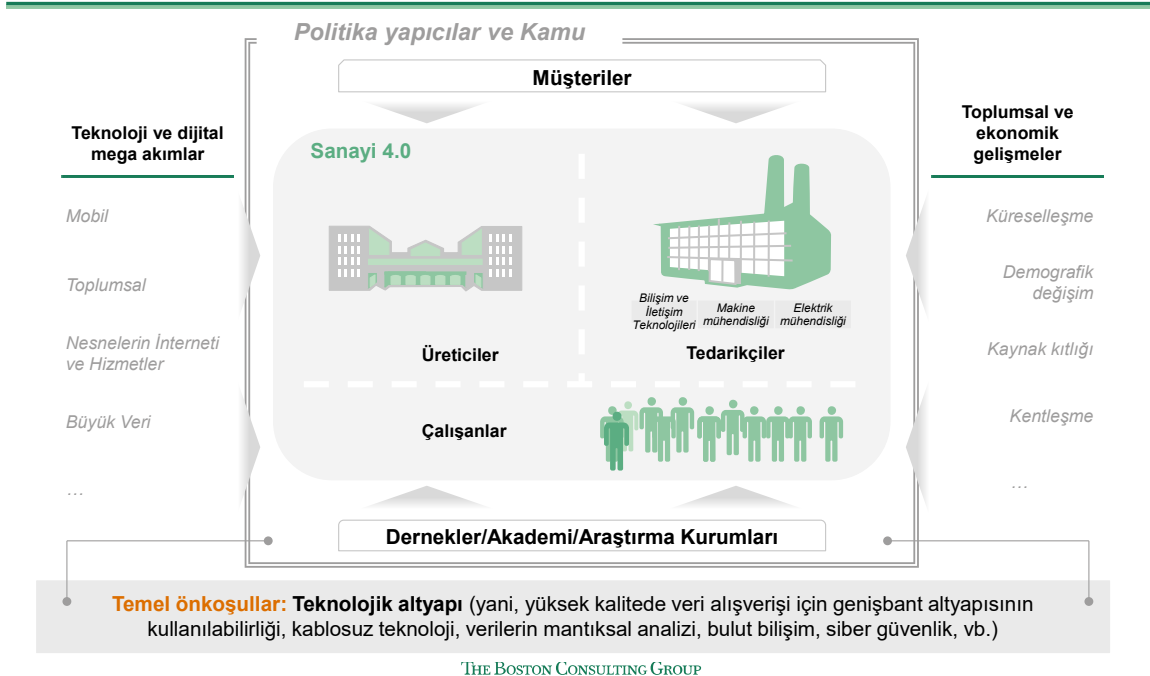
## 5. SONUÇ: TÜRKİYE İÇİN BİR YOL HARİTASI

Her ülke ve sanayi sektörü, Sanayi 4.0'ı farklı hızlarda, farklı yaklaşımlarla uygulamaya başlayacaktır. Otomotiv ve yiyecek-içecek gibi ürün çeşitliliğinin yüksek seviyede olduğu sanayiler üretkenliğin artmasını sağlayan esneklikten yararlanmaya öncelik verirken, yarı iletkenler ve ilaç gibi alanlarda faaliyet gösteren endüstriler kalite odaklı yaklaşımlarla hata oranını azaltmak amacıyla veri analizine dayalı iyileştirmeleri uygulamaya yöneleceklerdir. Öte yandan nitelikli işgücü maliyetinin yüksek olduğu ülkeler, üretimde otomasyonun payını yükseltmek yoluna giderek, daha yüksek nitelikli işgücüne talep yaratacaklardır.

Türkiye bu fırsattan ancak tüm paydaşları kapsayan, odaklı, eş güdümlü ve iyi tasarlanmış bir yaklaşımla yararlanabilir. Aktif bir dönüşüm şekillendirmek için, üreticiler, sistem tedarikçileri, altyapı sağlayıcıları, politika yapımcılar ve akademisyenler, teknolojik ilerlemenin dokuz kaynağını benimsemeye yönelik kararlı adımlar atmalıdırlar. (Şekil 11)

**Şekil 11: Sanayi 4.0'ın Temel Unsurları ve Paydaşları**

### Geleceğin üretimi olan Sanayi 4.0'ın merkezinde üreticiler, tedarikçiler ve çalışanlar var

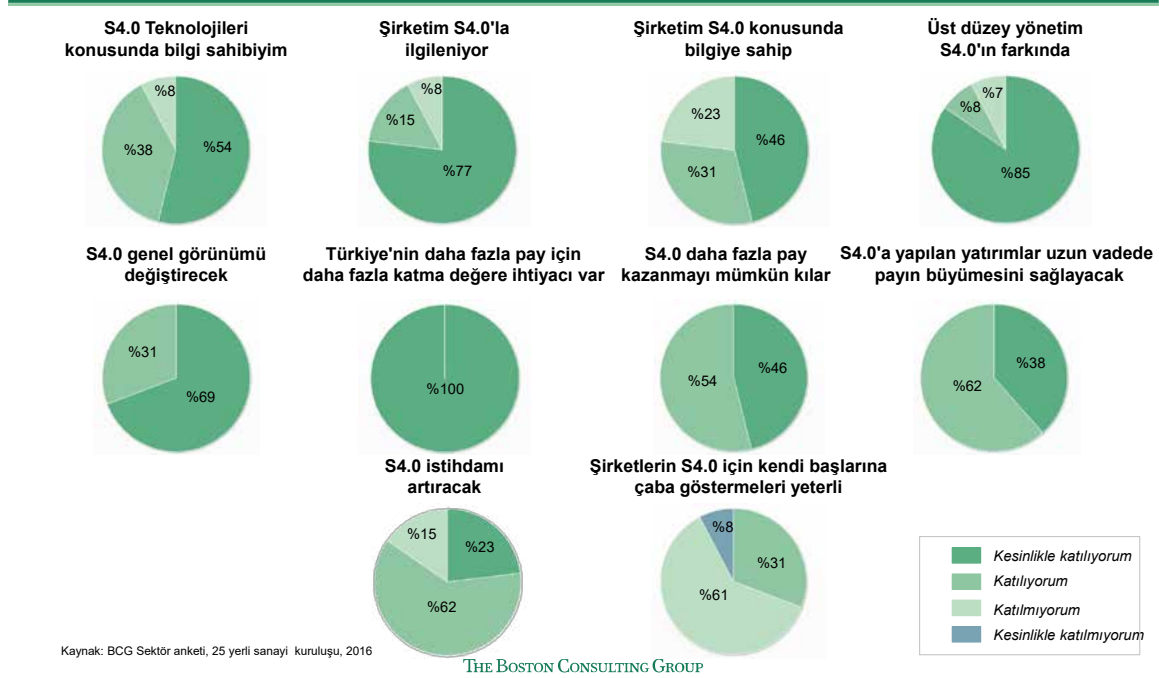


Seçilen altı sektörü temsil eden 25 yerli firmanın 45 yöneticisi ile yürüttüğümüz Sanayi 4.0 konusundaki farkındalık düzeyini araştırmaya yönelik anketin sonuçları, Türkiye'de Sanayi 4.0 dönüşümünün durumu hakkında bazı temel fikirler sunmaktadır:

Türkiye'nin küresel pazar payını büyütmesinin yolu, sanayi paydaşlarının istisnasız tümünün kabul ettiği gibi, daha fazla katma değer yaratmaktan geçmektedir. (Grafik 14)

#### Grafik 14: Sanayi 4.0 Farkındalık Anketi Sonuçları

### Sanayi 4.0 gelecek için temel bir öncelik olarak görülmektedir, ancak başka faktörlerle tamamlanmalıdır – Sektör Anketinin sonuçları



Bugün Türkiye'de Sanayi 4.0 teknolojileri ve yaratacağı rekabet avantajlarından yararlanmak konusundaki farkındalık ve ilgi üst düzeydedir. Katılımcıların % 90'ından fazlası, kendilerinin ve şirket üst düzey yöneticilerinin bu teknolojiler hakkında bilgi sahibi olduklarını ve Sanayi 4.0'ın genel pazar yapısını değiştireceğine inandıklarını belirtti. Daha da önemlisi, tüm katılımcılar Sanayi 4.0 kapsamında yapılması gereken yatırımların gelecekte Türkiye'nin küresel değer zincirinden aldığı payı arttıracığı konusunda hemfikirler.

Anketin diğer bir önemli sonucu ise, sadece sanayi kuruluşlarının Türkiye'de Sanayi 4.0'ı uygulamaya başlamasının, faydalardan yararlanmak için yeterli olmayacağını teyit edilmesi olmuştur. Katılımcılar yaklaşık %70 düzeyindeki bir oranla tüm paydaşların ortak çabasını gerektiren bir yaklaşıma olan ihtiyacı dile getirmiştir.

Sanayide dönüşüm yolculuğunda bugün Türkiye'nin ilgili alanlarda uygulamada karşılaştığı birçok yapısal engelin de kapsandığı uzun vadeli bir yaklaşım geliştirilmesi bir zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır.

### ***İşgücü yapısıyla ilişkili kısıtlar***

- Yapısal olarak ucuz işgücü maliyetleri, yatırımların maliyetlerinin karşılanma sürelerini uzatmakta ve bu durum sermaye yoğun sistemlere yatırım yapma iştahını azaltmaktadır.<sup>3</sup>
- Sınırlı nitelikli işgücü ve ekosistemler, yeni teknolojilerin yaygınlaşmasını engellemektedir.
- İşgücününün sanayiden hizmet sektörüne kaymasıyla da çalışanların işten ayrılma hızı artmakta; güçlü ve deneyimli bir işgücü oluşumunu zorlaştırmaktadır.

### ***Teknoloji ve ölçek ile ilişkili kısıtlar***

- İşletmelerin uygulamaları, fabrika/ekipmanlar ve fonksiyonlar arasındaki entegrasyon eksikliği bağlanırlığı ve veri toplamayı zorlaştırmaktadır.
- Gelişmiş ülkelerle kıyaslandığında, şirketin ölçeklerinin görece küçük olması, Sanayi 4.0'ın potansiyel faydalarını sınırlamaktadır.
- Tedarikçilerin yeterince gelişmiş olmamaları ve şirketlerin görece küçük ölçekleri, Sanayi 4.0 için gerekli yatırımları başlatma kabiliyetini sınırlamakta ve tedarik zincirlerinin uçtan uca entegre olamama sorununa yol açmaktadır.
- Ayrıca, tedarik zincirleri boyunca Sanayi 4.0 teknolojilerinin entegrasyonu için yerel çözüm sağlayıcılarının ve tasarım ortaklarının katılımı gerekmektedir. Ancak, bugün bu ihtiyaç çoğunlukla uluslararası pazarlardan sağlanmaktadır. Yerel know-how ve destek ekosisteminin inşa edilmesi uyumu destekleyici önemli bir faktör olacaktır.

### ***Yatırım beklentileriyle ilişkili kısıtlar***

- Yatırım geri dönüş beklentisinin genelde iki yıl ile sınırlı kalması, daha uzun vadede kazanç getirmesi beklenen Sanayi 4.0 yatırımlarının yapılma iştahının düşük kalmasına yol açmaktadır.

Bu sebeple sanayide dönüşüm için tüm paydaşların, özellikle de devletin ve sivil toplum kuruluşlarının, bütünsel ve birbirleriyle uyumlu hareket etmesinin önemli olduğunun bir kez daha altının çizilmesi gerekmektedir. Özellikle, uygun altyapının ve eğitimin sağlanması, dönüşümü mümkün kılacak temel faktörler olarak ortaya çıkmaktadır.

<sup>3</sup> Bununla birlikte, Türkiye'deki işgücü maliyetleri yükseliş eğilimindedir. Türkiye kalkınmasına devam ettikçe, bu trend devam edecek ve Sanayi 4.0 dönüşümünü daha da önemli hale getirecektir.

**Üreticiler**, üretim süreçlerinde önceliklerini belirlemek ve işgücü yetkinliklerini geliştirmek zorundadırlar. Bu amaçla;

- Öncelikle esneklik, hız, verimlilik ve kalite gibi iyileştirilecek kilit alanlar belirlenmelidir. Ardından, belirlenen alanlarda teknolojik ilerlemenin dokuz dayanağının nasıl faydalı olacağı değerlendirilmelidir. Bu noktada küçük çapta iyileştirmelere odaklanmak yerine, temel değişiklikler yapmanın yolları aranmalıdır.
- İşgücü üzerindeki uzun vadeli etki analiz edilmeli ve stratejik işgücü planlaması yapılmalıdır. Görev tanımlarıyla beraber işe alım ve mesleki eğitimler, işgücünün ihtiyacı olacak ek BT yetkinlikleri de göz önüne alınarak güncellenmelidir.

Bu iyileştirmeler halihazırda mevcut sanayiler için önemli bir gelişim potansiyeli sunmakla birlikte, Sanayi 4.0 teknolojileri kullanarak yenilikçi fabrika ve üretim süreçlerinin kurgulanması yeni yaklaşımların da önünü açabilir. Ancak bu yeni iş yapış şekilleri gerekli ön şartlar sağlanarak doğru temeller üzerine inşa edilmelidir:

- Yeni ya da geliştirilmiş modeller için hangi sektörlerin kaldıraç etkisine sahip olduğunun belirlenmesi
- Analiz için gerekli uygulamalar gibi teknolojik temellerin oluşturulması
- Doğru organizasyon yapısı ve kabiliyetlerin oluşturulması
- Dijital dünyada temel gereksinim olan iş ortaklıklarının kurulması
- Teknoloji kullanımında standartların oturtulması ve katılımın artırılması
- Yeni teknolojiler için tedarikçi ekosisteminin oluşturulması

**Politika yapıcılar ve kamu** özellikle altyapı, eğitim, regülasyon ve yatırım çerçevesini oturtmalıdırlar. Bunu sağlamanın en iyi yolu iş dünyasının, kamunun, sektör örgütlerinin ve şirketlerin aşağıdakilerin gerçekleştirilmesine yönelik ortak çalışmalar yapmasından geçmektedir:

- Teknolojik altyapının, başta sabit ve mobil geniş bant hizmetleri başta olmak üzere güncellenmesi gerekmektedir. Altyapılar, şirketlerin gerçek zamanlı veri akışını sağlayabilmeleri için kullanabilecekleri ölçüde hızlı ve güvenilir düzeyde olmalıdırlar.

- Müfredatların, mesleki eğitim ve yüksek öğretim programlarının, işgücünün BT ile bağlantılı beceri ve yenilik yetkinliklerini arttıracak şekilde doğru uyarlanması ve girişimci yaklaşımların güçlendirilmesi gerekmektedir.
- Sadece büyük değil, küçük ve orta ölçekli işletmelerin de yeni teknolojiler, üretim/çalışma metotları ve daha yetkin işgücüne erişim gibi alanlarda gerekli yatırımları gerçekleştirmelerini mümkün kılmak için kurgulanmış bir teşvik sistemi hayati önem taşımaktadır.

Yukarıda bahsi geçen paydaşların yanı sıra hizmet sektörü için de çok önemli çıkarımlar yapmak mümkündür. Sanayi 4.0 çevresinde gelişen değer zincirleri doğal olarak hizmet sektörlerinde de dönüşümü tetikleyecektir. Bu çerçevede, lojistik, üretimin çözüm ortakları olan yazılım ve sistem entegrasyonu ve finans önemli alanlar olarak değerlendirilmektedir:

- Lojistik sektörünün Sanayi 4.0 ihtiyaçlarına göre değer zincirine entegrasyonunu güçlendirecek uygulamalar,
- Sanayinin tedarikçileri olan çözüm ortaklarının yeni teknolojiler konusunda geliştirmesi gereken yetkinlikler ve yenilik ihtiyacı,
- Finans sektörünün yatırım kalemleri çok daha yükselmiş bilançolar ile ilgili finansman ve risk değerlendirmeleri,

önümüzdeki dönemde hizmet sektörlerinde gündeme gelecek konulara örnek teşkil etmektedir.

Sonuç itibarıyla genç, teknolojiyi içselleştirmiş ve büyüyen işgücüne sahip Türkiye, küresel ekonomideki rolünü değiştirecek büyük bir dönüşüm yaratma fırsatının eşliğindedir. Türkiye sanayisinin gelişmesinde ve rekabetçiliğinin artırılmasında çok temel bir faktör ve fırsat olacağına inandığımız Sanayi 4.0 (d)evriminin yakalanması ve öncü ülkeler arasında yer alınması için tüm paydaşların ortak bir ülke planı ve hedefi çevresinde odaklanarak çalışması bir aciliyet ve zorunluluk göstermektedir. Türkiye, önündeki bu fırsatı hayata geçirmek için gerekliliklerini, önceliklerini ve bir yol haritasını ortaya koymalıdır. Bu yol haritasının tüm paydaşlarla işbirliği içinde ve kararlı bir şekilde uygulanması önümüzdeki on yıl için ülke gündeminin en temel maddelerinden biri olmalıdır.

Bu sebeple, sanayimizin dönüşümünden sorumlu tüm aktörlerin katılımıyla, Sanayi 4.0 yaklaşımının bütün boyutlarının ele alındığı ve hem stratejik hem operasyonel ihtiyaç ve uygulamaların kapsamlı bir şekilde tartışıldığı bir platformun oluşturulması gerekliliği vardır.

BCG ve TÜSİAD ortak çalışması ve sanayi paydaşlarının destekleri ile Türkiye özelinde geliştirilmiş bu raporun bazı, The Boston Consulting (BCG) bünyesinde 2015 senesinde hazırlanmış yazarları Michael Rüssmann, Markus Lorenz, Philipp Gerbert, Manuela Waldner, Jan Justus, Pascal Engel ve Michael Harnisch olan "Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries" isimli çalışmadır. Bu çalışmaya [www.bcgperspectives.com](http://www.bcgperspectives.com) üzerinden ulaşabilirsiniz.