



IV. TEHLİKELİ KİMYASALLARIN
YÖNETİMİ ve PROSES GÜVENLİĞİ
24-25 Nisan 2019



ENDÜSTRİ 4.0 Uygulamaları
Mevcut Durumu ve
Kimya Mühendisliğindeki
Yeri



Dilara SERT, Dr. Zeynep YILMAZER HİTİT, Doç. Dr. Suna ERTUNÇ

Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, 06100, Tandoğan/ANKARA

İÇİNDEKİLER

1. ENDÜSTRİ 1.0'DAN 4.0' a TARİHSEL GELİŞİM
2. ENDÜSTRİ 4.0 NEDİR ve NEYİ AMAÇLAMAKTADIR ?
3. ENDÜSTRİ 4.0 SÜRECİ ve BİLEŞENLERİ
 - 3.1 Siber-Fiziksel Sistemler (CPS-Cyber Physical System)
 - 3.2 Nesnelerin İnterneti ve Uygulamaları (IoT- Internet of Things)
 - 3.3. Büyük Veri, Bulut Sistemi ve Bulut Tabanlı İmalat (CBM-Cloud Based Manufacturing)
4. ENDÜSTRİ 4.0 SÜRECİNDE GERÇEKLEŞEN ÖNEMLİ GELİŞMELER
5. ENDÜSTRİ 4.0'IN DÜNYA'DAKİ MEVCUT DURUMU
6. ENDÜSTRİ 4.0'IN TÜRKİYE'DEKİ MEVCUT DURUMU
7. DEĞERLENDİRME
8. KAYNAKLAR

20. yy. Sonları

20. yy. Başları

18. yy. Sonu

Endüstri 1.0



İlk endüstriyel dokuma tezgahı
1784

Su ve buhar gücüyle çalışan mekanik üretim tesislerinin devreye girişi

Endüstri 2.0



İlk üretim hattı, Cincinnati
Mezbahaları
1870

İş bölümüne dayalı, elektrik enerjisiyle seri üretimin devreye girişi

Endüstri 3.0



İlk programlanabilir mantıksal denetleyici (PLC), Modicon 084
1969

İmalatın otomasyonunu, ileri safhalara taşımayı başaran elektronik ve bilgi teknolojilerinin devreye girişi

Endüstri 4.0



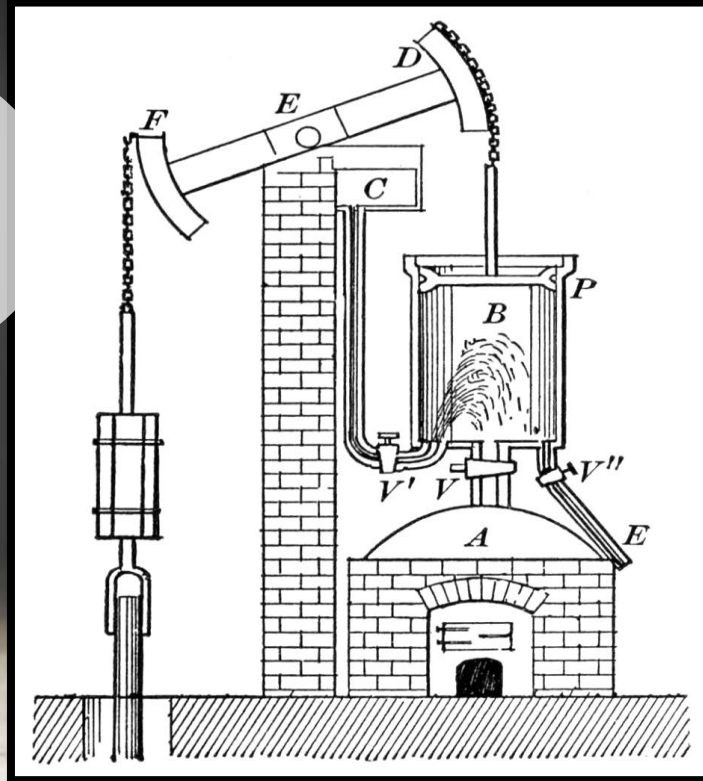
Siber-Fiziksel Sistemlere dayalı üretimin devreye girişi

1. ENDÜSTRİ'NİN 1.0'DAN 4.0'A TARİHSEL GELİŞİMİ

Birinci Sanayi Devrimi (Endüstri 1.0)

- Aletli üretim yerine makinalı üretimin hâkim olduğu,
- Atölye tarzı üretim yerine de fabrika üretimine geçildiği devrimdir.

*James Watt'ın
geliştirmiş
olduğu
ilk buhar
makinesi*

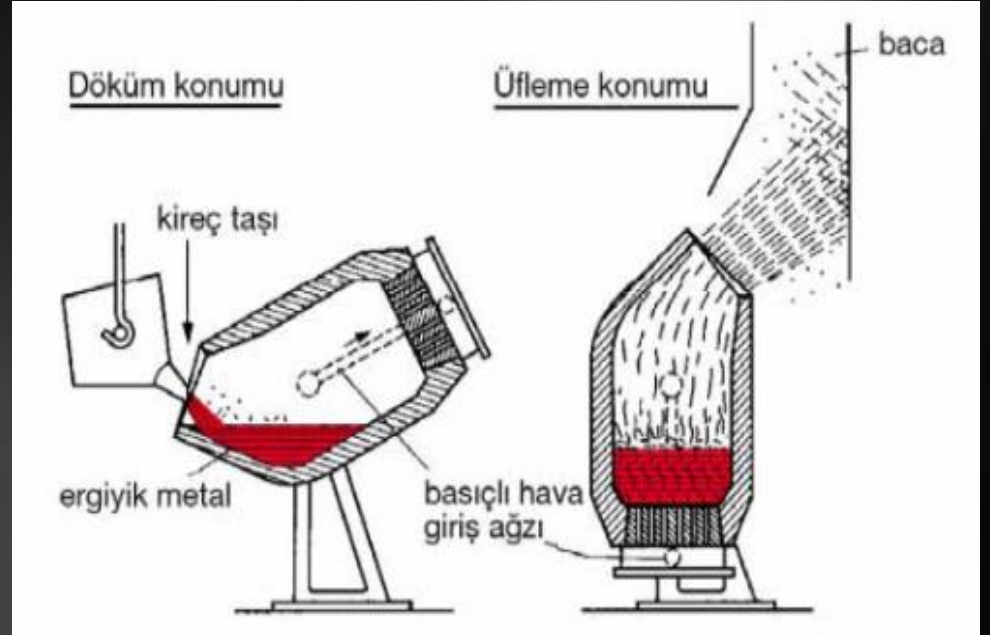


[1] A. V. Can ve M. Kıymaz, "Bilişim teknolojilerinin perakende mağazacılık sektörüne yansımaları: muhasebe departmanlarında endüstri 4.0 etkisi", Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, CİEP Özel Sayısı, pp. 107-117, 2016.

[2] A. Sinan, "Üretim için yeni bir izlek: sanayi 4.0", Journal of Life Economics, 8:19-30 (2016)

İkinci Sanayi Devrimi (Endüstri 2.0)

- ❖ 1860'da Henry Bessemer'in icat ettiği ucuz çelik üretim yöntemi



Şekil 1. Bessemer konvertörünün şematik gösterimi

İkinci Sanayi Devrimi (Endüstri 2.0)-devamı

Çelik üretiminin yarattığı teknolojik dönüşüme bağlı olarak;

- ✓ Demiryollarının gelişmesiyle ticaret ivme kazanmış
- ✓ Petrol ve türevlerinin ekonomiye kazandırılmasıyla, otomotiv sektörü gelişmiş
- ✓ 1973 petrol krizi sonrası, İkinci Sanayi devrimi sona ermiştir.

Üçüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 3.0)

- ❑ Üretim sistemlerinde analog sistemlerin yerini dijital sistemlerin almasıyla başlamıştır.



1972 yılında;

- ❑ İlk mikro işlemci 'Intel 8008' piyasaya sürüldü.
- ❑ ilk mikro bilgisayarın (Altair 8800)



1976 yılında;

Steve Jobs, Steve Wozniak ile birlikte
Apple bilgisayar şirketini kurmuşlar.

- ❑ 3D yazıcıların gelişmesiyle araba parçalarının üretimi artmış tek tuşla büyük üretimler gerçekleşmiştir.

**-1984'de-
İlk 3D yazıcı**



**SLA(stereolithography)
teknolojisi kullanılarak Charles
Hull tarafından geliştirildi.**

Üç Boyutlu Yazıcılarda Başlıca Kullanılan Malzemeler

- ❑ ABS (Akrilonitril Bütadien Stiren)
- ❑ PLA (Polilaktik Asit)
- ❑ TPU (Termoplastik Poliüretan)

Üç Boyutlu Yazıcılarda Başlıca Kullanılan Programlar

- ▶ AutoCad
- ▶ Solidworks
- ▶ Google Sketch up
- ▶ Rhino 3D

2. Endüstri 4.0 nedir ?

Endüstri 4.0,

- ❑ Yapay zeka,
- ❑ 3D (üç boyutlu) yazıcılar,
- ❑ Robotik ,
- ❑ Biyoteknoloji ,
- ❑ Nanoteknoloji,
- ❑ **Uzay teknolojisi** alanlarında yaşanan gelişmeler ile birlikte belirli bir ekonomik değere sahip canlı-cansız her nesnenin internet bağlantılarıyla diğer nesnelerle iletişime ve etkileşime geçebileceği akıllı üretim dönemi olarak tanımlanmaktadır.

Neyi amaçlamaktadır ?

Endüstri 4.0, robotlarla üretimi

devralan birbirleriyle haberleşen, sensörlerle

bulunduğu ortamı algılayabilen ve veri analizi

yaparak ihtiyaçları anında fark edebilen

- ✓ daha UCUZ,
- ✓ daha KALİTELİ,
- ✓ daha HIZLI ve
- ✓ daha az İSRAF YAPAN

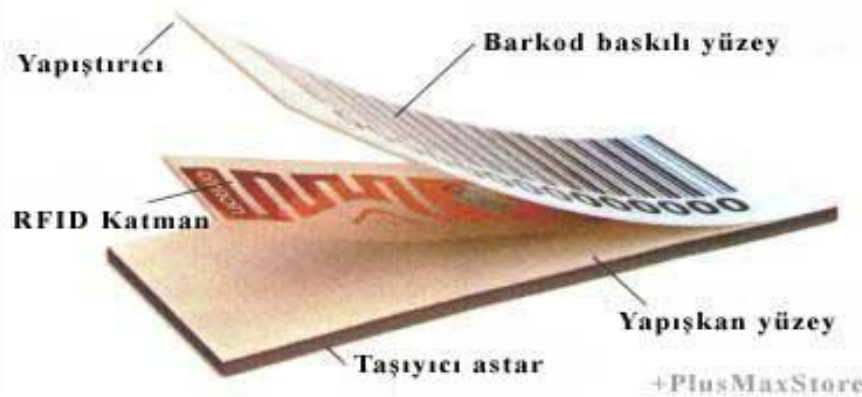
bir üretim yapmayı amaçlamaktadır.

3. Endüstri 4.0 Süreci ve Bileşenleri

- 2016 yılında Davos'ta düzenlenen Dünya Ekonomik Forumu'nun ana konusu olmuştur.

- İlk kez Alman Yapay Zeka Araştırma Merkezi (DFKI) öncülüğünde Kaiserslautern şehrinde oluşturulan küçük bir akıllı fabrikada sistemin nasıl çalışacağı uygulanmıştır.

- Ürünler ile makinelerin birbirleriyle nasıl haberleşeceklerini göstermek için sabun şişeleri kullanılmıştır.



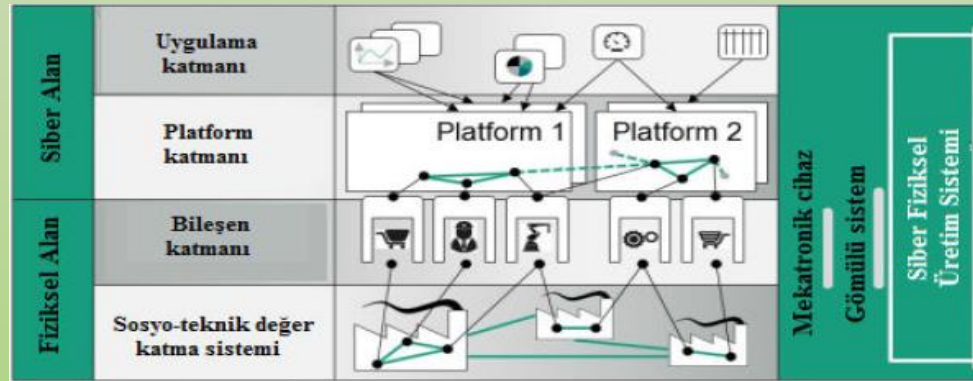
Şekil 2. RFID(radyo frekans tanımlayıcı) etiket yapısı

3. Endüstri 4.0 Süreci ve Bileşenleri -devam

- 1) Siber-Fiziksel Sistemler
(CPS-Cyber Physical System)**
- 2) Nesnelerin İnterneti
(IoT- Internet of Things)**
- 3) Büyük Veri, Bulut Sistemi ve Bulut Tabanlı İmalat
(CBM-Cloud Based Manufacturing)**

3.1. Siber –Fiziksel Sistemler (CPS)

- ❑ CPS, fiziksel dünya ile siber alanı internet ile birbirine bağlayan akıllı sistemlerdir.
- ❑ Bu sistemler sensörlerle desteklenmiş ve bu sayede nesnelerin etkileşimleriyle gerçekleşen fiziksel dünyadaki hareketleri internet hizmetleriyle toplar ve birleştirir.



Şekil 3. Siber-Fiziksel Üretim Sistemleri (Cyber-Physical production systems-CPPS)

- ❑ Siber-fiziksel üretim sistemleri(CPPS), **Şekil 3’de** görüldüğü gibi sensörler yardımıyla ağların birden fazla ayarlayıcı, kontrol edici ve iletişim cihazları kullanılarak entegrasyonunu gerçekleştirmektedir.
- ❑ Siber-fiziksel sistemlerin temel amacı ‘akıllı izleme ve akıllı kontrol’ gerçekleştirip, üretimin gereksinimlerini yerine getirerek sanayide verimliliği arttırmaktır.

[5] A. Yıldız, “Endüstri 4.0 ve Akıllı Fabrikalar”, Sakarya University Journal of Science, Vol. 22, Issue 2 (2018)

[2] A. Sinan, “Üretim için yeni bir izlek: sanayi 4.0”, Journal of Life Economics, no. 8, pp. 19-30, 2016.

3.2. Nesnelerin İnterneti (IoT)

- ❑ 2011 yılında, George Kopetz tarafından ortaya atılmıştır.
- ❑ Kopetz'e göre, *Nesnelerin İnterneti*, farklı kaynaklardan alınan verilerin bir araya toplanılması , çoğaltılabilmesi ve organize edilebilmesini anlatmaktadır.
- ❑ *En basit tanımıyla*, nesnelerin birbiriyle iletişimini sağlayan yapılara **IoT** adı verilmiştir.
- ❑ Endüstrilerin **3.0**  **4.0** geçmesi
- ❑ IoT platformu, kontrol süreçlerini hızlandıran bir veri yönetimi sunar.

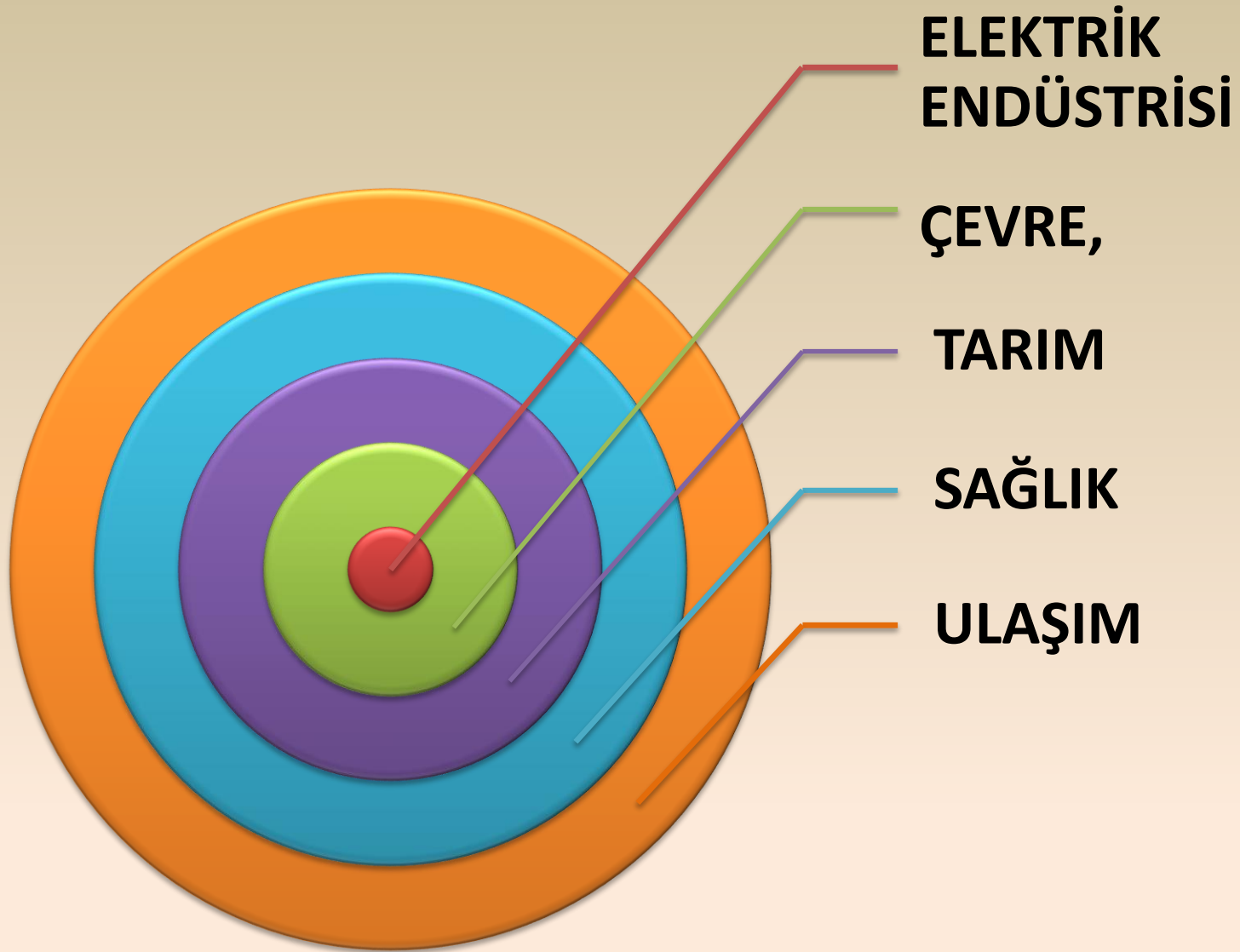
Büyük veri(big data)'den yararlanarak

VERİ



CPS harekete geçirecek bilgiye dönüştürülmesi

IoT Uygulamaları



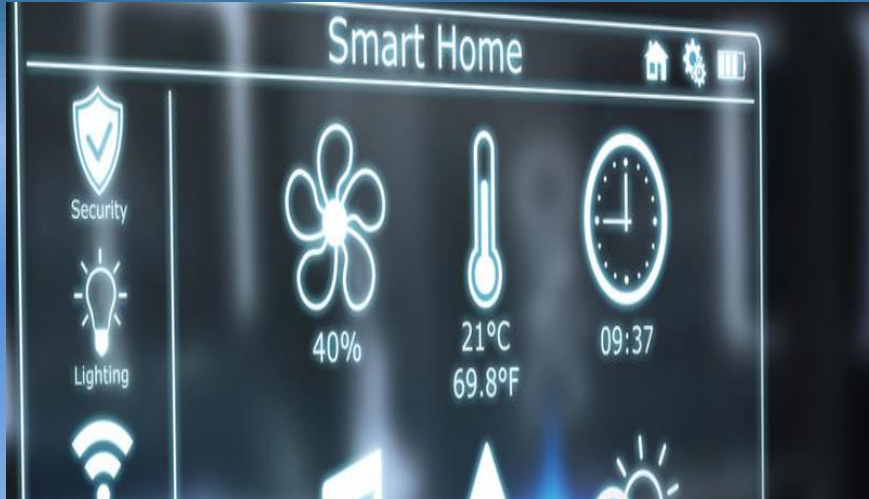
Elektrik Endüstrisi'nde IoT

SCADA



- Sensörlerden gelen veriler merkezi istasyona iletilir ve insan makine arayüzü olan HMI arabirimiyle kontrol edilir.

“HomeConnect” Projesi ile Akıllı Evler ;



Eşyalar üzerindeki sensörlerle toplanan bilgiler (enerji ve su tüketim durumu, bulaşık makinesinin tuz ihtiyacı v.b.) cep telefonu ya da tablet üzerinden kullanıcılarla paylaşılırken, kişilerin de bu platformlar üzerinden komut vermesi sağlanıyor.

IoT Uygulamaları-*devam*

Endüstriyel akıllı üretim ve IoT



Hedefler ;

- İnsan hatasını en aza indirmek,
- Üretimde kalitenin arttırılması,
- Maliyetlerin azalması,
- Rekabetçi ürünlerin piyasaya sürülmesi

IoT Uygulamaları-*devam*

ÇEVRE konusunda IoT'nin sağladıkları, daha çok önlem almak ve sorunun tespiti üzerinedir.

- Su, hava ve gürültü kirliliği kontrolü yapılabilmekte
- Erken uyarı sistemleri sayesinde deprem, yangın, tsunami gibi doğal afetler önceden algılanabilmekte
- Sensörlerle çevresel parametreler izlenebilir duruma gelmekte ;

Air Quality Egg



Invisible Track



BigBelly



IoT Uygulamaları-devam

Tarım ve hayvancılık alanında ;

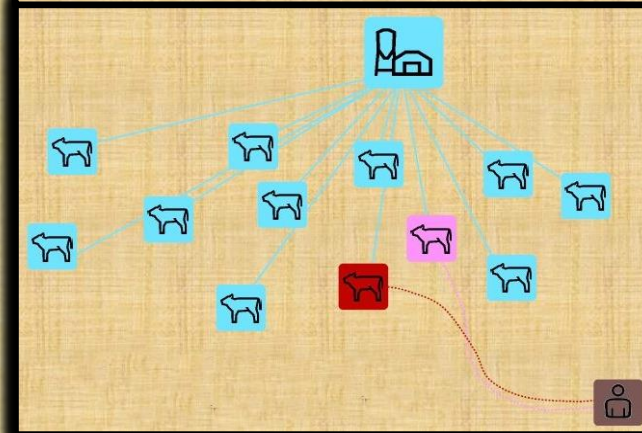
- ❑ **Tarım 4.0** olarak adlandırdıkları **tarım devrimiyle** tarım daha verimli hale gelecek, *ucuz bir şekilde en kaliteli ürünler* üretilebilecektir.

Waterbee



Uzaktan kontrol edilebilen
akıllı sulama sistemi

Sürü Yönetimi Sistemi



Smartbob



IoT Uygulamaları-devam

Sağlık Sektöründeki uygulamaları,

Mimo Baby



Bebeklerin uyku düzenini,
yemek saatlerini takibi

Hapifork



- Bu çatal sizin yeme hızınızı ve yeme miktarınızı ölçüyor.
- Fazla yediyseniz, sizi uyarıyor ve sağlığınıza korumanızı sağlıyor.

Vitality GlowCaps



Kapağın açılıp kapanma hareketini algılayarak kullanıcıları ilaç alma zamanı geldiğinde sesli hatırlatma, sms ve ikaz ışığı gibi hatırlatmalarla uyarmaktadır.

Ulaşım alanında IoT ile sensörler yardımıyla ;

- ▶ Akıllı trafik kontrolü
- ▶ Akıllı park
- ▶ Çukurları tespit edebilen,
- ▶ Yol üzerindeki araçları sayabilen,
- ▶ Yolculuk süresini hesaplayan akıllı ulaşım sistemleri kurulmaktadır.

ParkSight



Sürücüler, sensöre bağlı bir uygulama aracılığıyla park etme alanlarının ne kadar süreyle kullanıldığını hesaplayabiliyor ve boş park alanlarını arama zahmetinden kurtuluyor.

HikoB



Bu sensör ile trafiğin durumu ve havadaki nem durumu gibi değişkenleri hesaplayıp yol çalışmalarının, hava koşullarına göre öncelik belirlenmesine yardımcı oluyor.

3) Büyük Veri, Bulut Sistemi ve Bulut Tabanlı İmalat (CBM-Cloud Based Manufacturing)

- Bulut bilişim sisteminin ilk temelleri, 2006 yılında gerçek bulut bilişim hizmeti olan Amazon S3'ün hizmete girmesiyle atıldı.
- Amazon S3, her boyuttan ve her yerden verileri toplayarak bu verilerin depolanması için oluşturulmuş bir depolama hizmetidir.

Bulut Teknolojisi Hizmeti Veren Platformlar

- | | |
|----------------|-------------------------|
| ✓ Dropbox | ✓ Turkcell Akıllı Bulut |
| ✓ Google Drive | ✓ TTNET Bulut |
| ✓ Yandex.Disk | ✓ Ubuntu One |
| ✓ SkyDrive | ✓ Box |
| ✓ Cloud | |

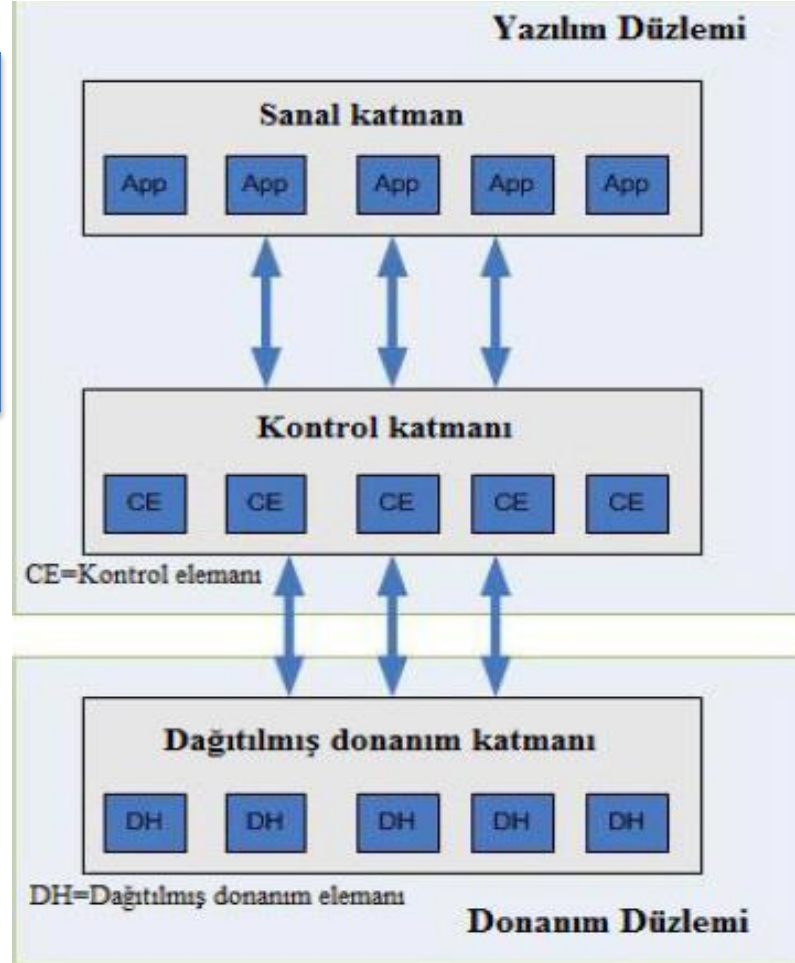
3. Bulut Tabanlı İmalat

(CBM- Cloud Based Manufacturing)-devamı

- ❑ Bulut tabanlı imalat (CBM), Endüstri 4.0'ın başarısına önemli katkı sağlayacak bir diğer yükselen paradigmadır.

❖ Donanım düzlemi nihai işi yaparken; yazılım düzlemi işin tamamlanıncaya kadar nasıl düzenleneceğini tanımlar.

- ❑ Donanım düzleminde dağıtılmış donanım katmanı bulunur.



Yazılım düzlemi;

- ❑ Sanal katman, son kullanıcı uygulamalarını içerir.
- ❑ Kontrol katmanı, kontrol elemanlarından oluşur.
- ❑ Bu katman dağıtılmış donanım elemanlarından oluşur.

Şekil 4. Basitleştirilmiş yazılım tanımlı bulut üretim mimarisi

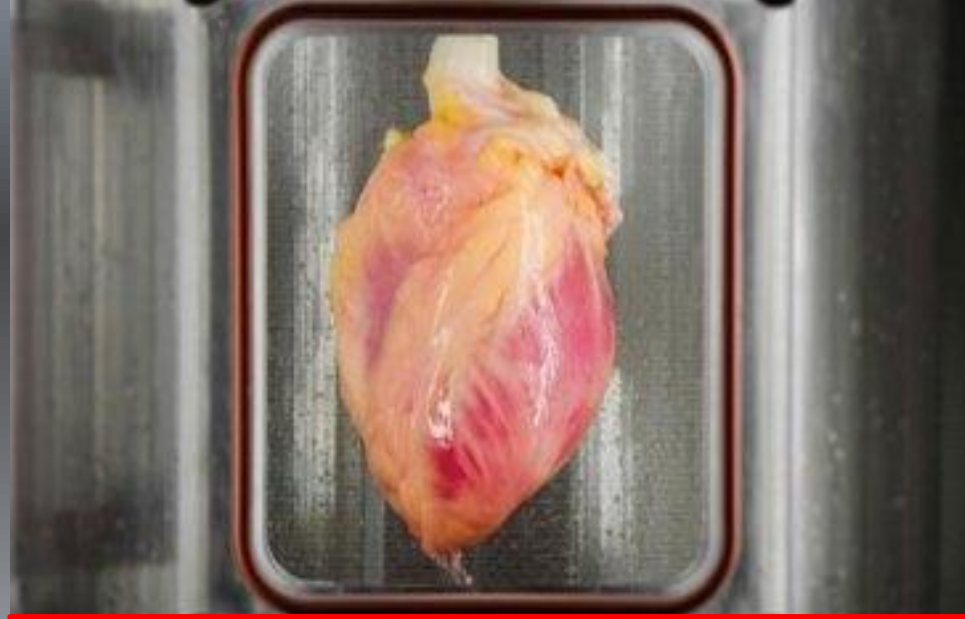
4. Endüstri 4.0 Sürecinde Gerçekleşen Önemli Gelişmeler

**-Günümüzde-
Dünyanın ilk fabrika yerine
3D yazıcıda üretilen arabası**



44 saatte 44 parça üretilmiştir.
(Motoru, elektrik aksamı, kablo ve
tekerleri dışındaki tüm ara parçaları
ve kaportası 3D yazıcıdan çıkmıştır.)

3D yazıcıdan İnsan Kalbi



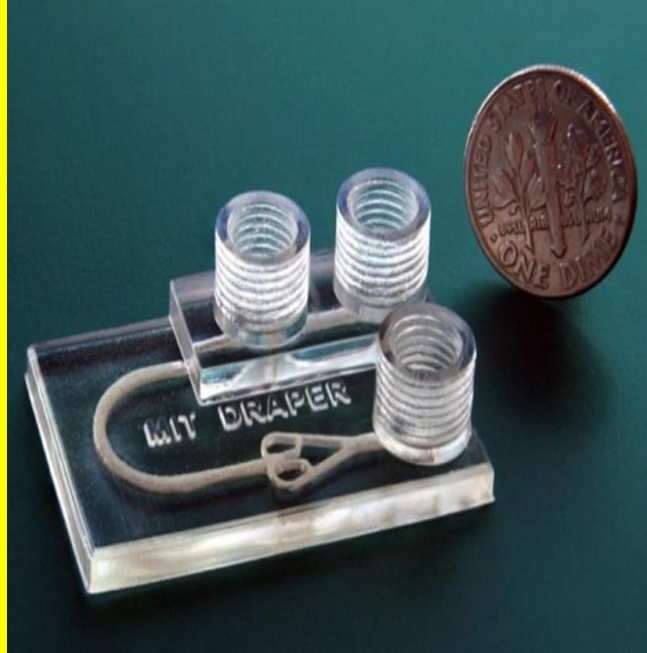
İsraili bilim insanları bir hastanın
hücrelerini kullanarak üç boyutlu
yazıcıyla ilk kez hücreleri, damarları,
karıncık ve odacıkları olan tam bir kalp
üretti.



İlaçları Hızlı Bir Şekilde Test Edebilen Cihaz

Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT) ve Draper araştırmacıları, biyopsi yapılmış tümör dokusunda kanser tedavilerini simüle edebilen yeni mikroakışkan cihazdan üç boyutlu baskı yaptı.

Önceki 3D baskılı mikroakışkan cihazlar, ilaç testi için umut vaat ederken reçinelerindeki kimyasal maddeler genellikle hücreleri hızlı bir şekilde öldürdü.



Üç boyutlu baskı yapan cihazın kolay ve ucuz bir şekilde üretilebilmesinden dolayı araştırmacılar, en kısa sürede klinik ortamlarda uygulanmaya başlamasını bekliyorlar.

- Bu cihaz, bazı ilaçlarla hastanın kanserle savaşmasına yardımcı olmak için bağışıklık sistemini iyileştiren yeni bir tedavi yöntemidir.

Mars Curiosity Keşif Robotu

Kızıl gezegende farklı canlıların yaşayıp yaşamadığını, gezegenin insan yaşamına uygunluğunu ve su bulunabilirliğini araştırmakta , Mars iklim ve jeolojisiyle ilgili sürekli bilgi yollamaktadır.

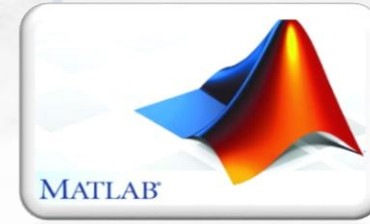
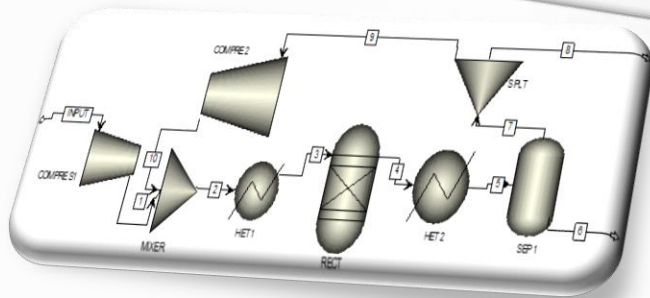
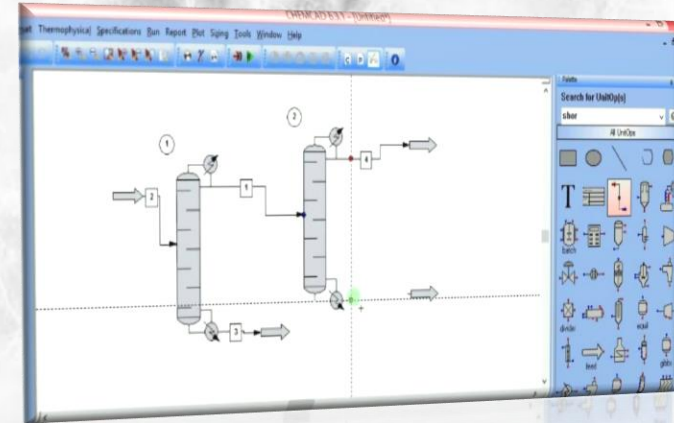
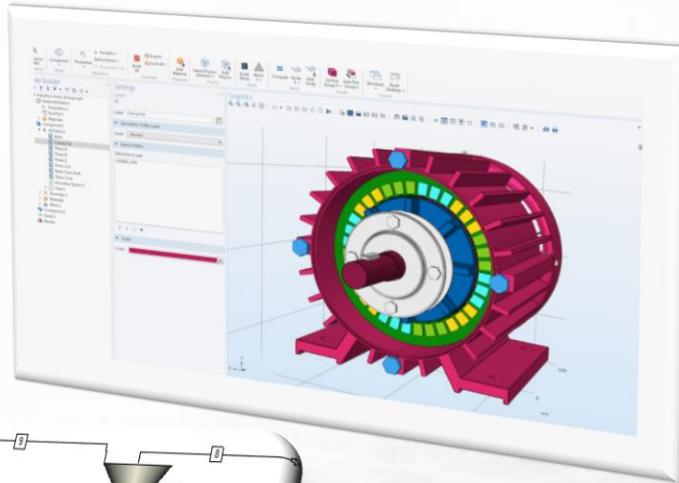


Curiosity'nin yaptığı bir özçekim
(Resim Telif Hakkı: NASA/JPL-Caltech)

- **Yüzey analizleri yapabilmek;**
herhangi bir oluşum, taş,
toprak resimleri çekebilmek ve
bilimsel deneyler yapabilmek
için 2 metreye kadar uzanan
robotik kola sahiptir.
- **Keşif Robotu gerekli enerjiyi,**
plütonyum-238'in doğal
bozunumundan elektrik üreten
radyoizotop termoelektrik
üreticinden elde etmektedir.

5. Endüstri 4.0 'da : Kimya Mühendisliğinin Yeri Nedir ?

- ❑ Bugünün mühendisleri ve mühendis adayları giderek sanallaşan akıllı üretim ortamlarında çalışacak olduklarından *kodlama ve bilgi teknolojilerinde de uzmanlaşma ihtiyacı duyacaktır.*
- ❑ Halen mühendislik yapanlar da mevcut teknik ve bilişsel becerilerini Endüstri 4.0'ın gereksinimleri doğrultusunda geliştirmeleri gerekecektir.



5. Endüstri 4.0 'da : Kimya Mühendisliğinin Yeri Nedir ?-devamı

Kimya Mühendisleri Enstitüsü (IChemE)' e göre, bilgi işlem becerisi, kimya mühendislerinin en önemli ilk on becerisi arasında yer almaktadır.



★ Hızlı üretim ve büyük ölçekli endüstriyel üretime geçmek,
PROGRAMLAMA DİLİNİ bilmekten geçiyor.

6. ENDÜSTRİ 4.0'ın DÜNYA'DAKİ MEVCUT DURUMU



Almanya, Endüstri 4.0 alanındaki çalışmalara verdiği önem sebebiyle öncü konumdadır. **Bosch, Simens, Mercedes, BMW** gibi dev markaları bu öncülüğü fazlasıyla ispatlamaktadır.

2010 yılında, “ **Yüksek Teknoloji 2020** ” projesi kapsamında, Endüstri 4.0 için **200 milyon Euro sanayi teşvik fonu** oluşturmuştur.



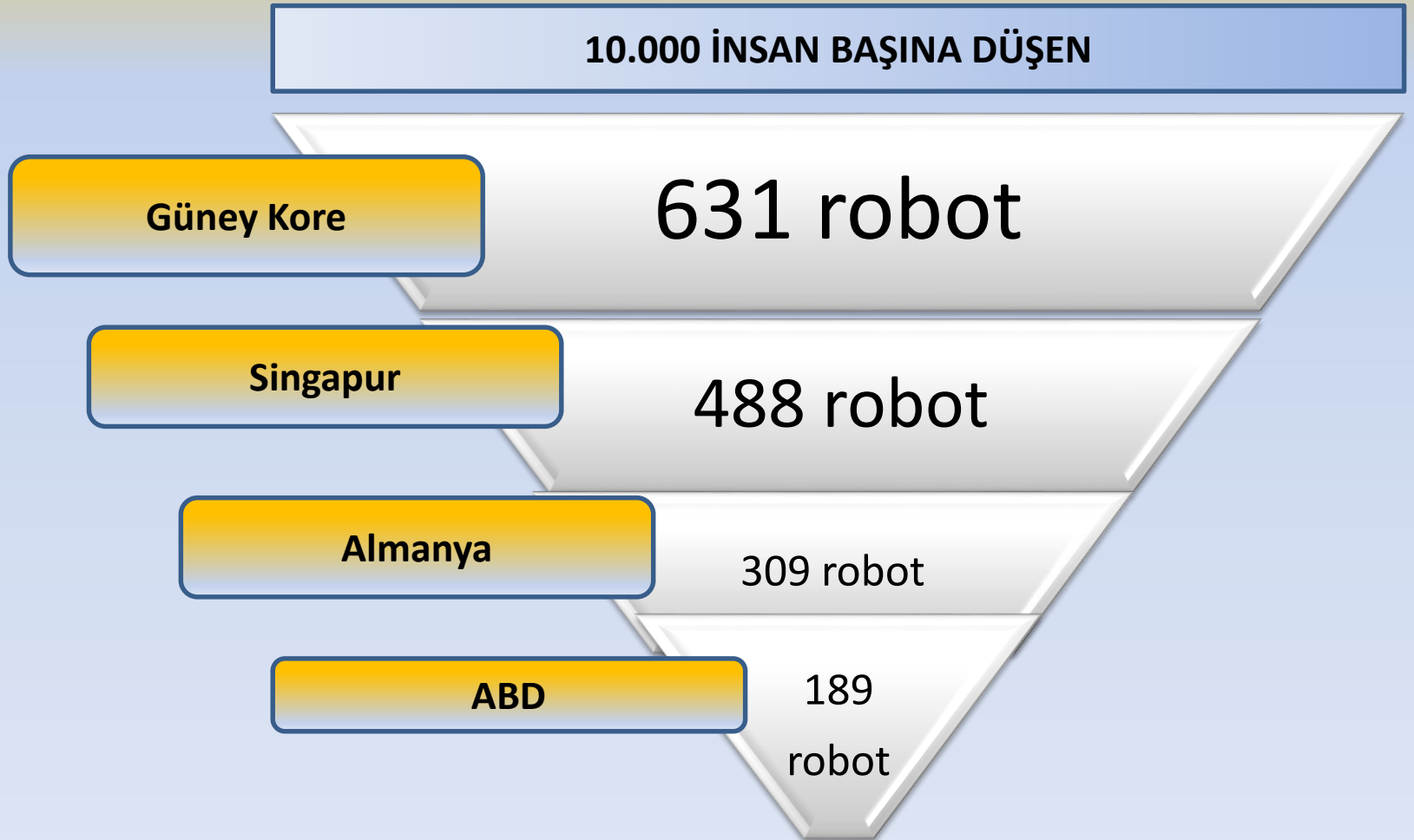
- **Amerika**, Endüstri 4.0' a en yakın ülkelerden birisidir.
- Endüstriyel internet ile ilgili araştırmalar yapan **Industrial Internet Consortium'u (IIC)** kurdu ve yaklaşık **iki milyar dolarlık bir fon** ayırdı.
- "**Amerika Üretiyor**" programı başlatıldı.



- **Çin**, “**Akıllı fabrika 1.0**” projesi ile dijitalleşme sürecinin otomasyon ayağına odaklanmış
- **Made in China 2025** stratejisi hazırlandı.
- 1600 firma için **230 milyar dolar** seviyesinde girişim sermayesi fonu oluşturdu.

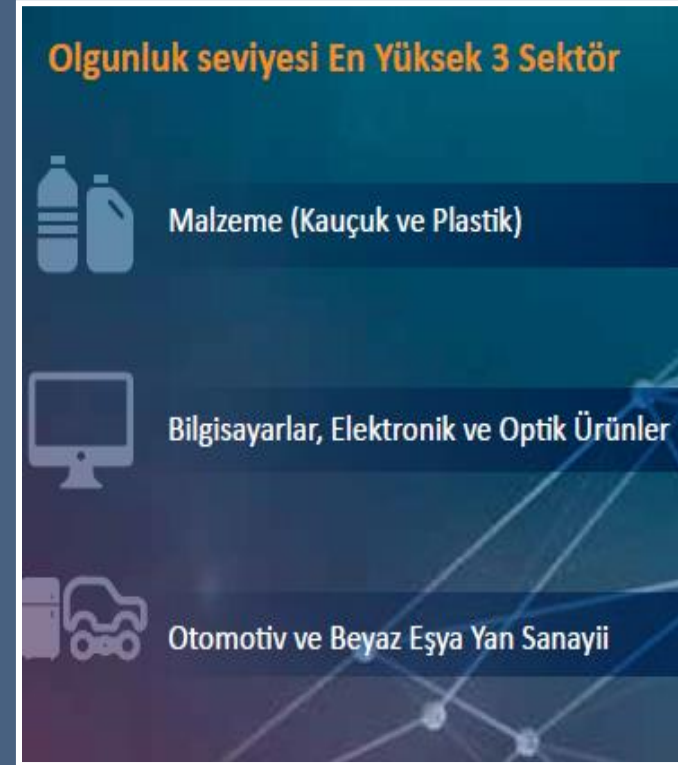
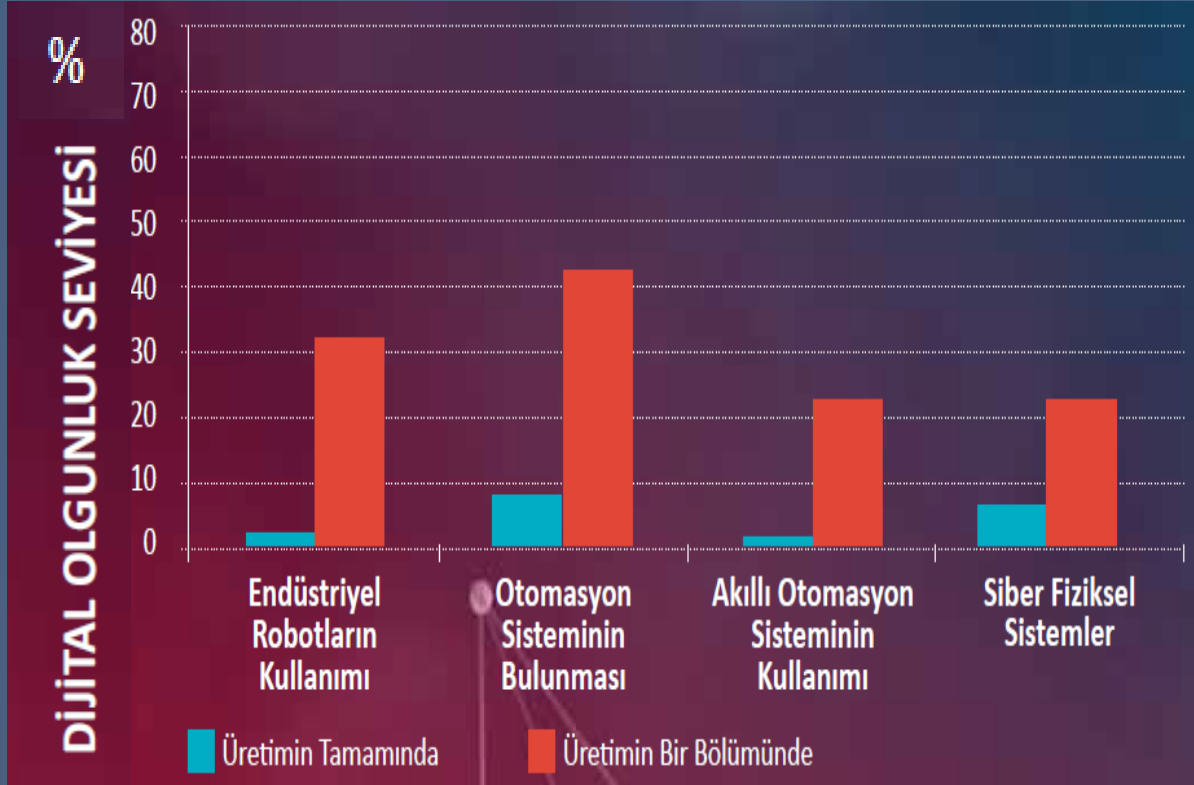
Çalışan İnsan Başına Robot İşçi Yoğunluğu

- Uluslararası Robot Federasyonu (IFR) verilerine göre ;



7. ENDÜSTRİ 4.0'IN TÜRKİYE'DEKİ MEVCUT DURUMU

- TÜBİTAK'ın 2016 yılında yapmış olduğu çalışma, sanayimizin dijital olgunluk seviyesinin Endüstri 2.0 ile Endüstri 3.0 arasında seyrettiğini göstermektedir.



Sekil 5. Firmaların "Akıllı Otomasyon Sistemleri"ni Üretim Hatlarına İlgili Teknolojileri Entegre Etme Durumları

Üniversitelerde Endüstri 4.0

- **ODTÜ-BİLTİR Endüstri 4.0 Platformu**

2016 yılında ODTÜ-BİLTİR Merkezi öncülüğünde *“Teknolojik Dönüşüm/Endüstri 4.0 Platformu”* kurulmuştur.

Platform, Orta Doğu Teknik Üniversitesi’nin çeşitli birimleri ve farklı disiplinlerden konuyla ilgili öğretim üyelerinin katılımıyla oluşmuştur. Kimya Mühendisliği de bu platformda yerini almıştır. Platform üyeleri AR-GE projeleri ile kamu ve özel sektör kuruluşlarına hizmet sunmaktadır.

- **Boğaziçi Üniversitesi Endüstri 4.0 Platformu**

Bosch Türkiye ve Boğaziçi Üniversitesi’nin iş birliğiyle hayata geçen *‘Değişimi Şekillendirin- Dijital Üretim ve Sanayi 4.0 Programı’*nin ilk yılında seçilen 40 öğrenci, Bosch Manisa Fabrikasının desteğiyle Nesnelerin İnterneti, Bağlanabilirlik, Sanayi 4.0 konularını teoriden çıkararak gerçeğe dönüştürmek için çalışmaktadır.

- ***Bahçeşehir Üniversitesi Endüstri 4.0 Yüksek Lisans Programı*** ile öğrencilere
 - Nesnelerin İnterneti ve Uygulamaları,
 - Akıllı ve İşbirlikçi Robotlar,
 - Büyük Veri ve Analizleri,
 - Sanal Gerçeklik,
 - Çağdaş Üretim Sistemleri ve Teknolojiler,
 - Yapay Zeka,
 - Üretimde Akıllı Yazılımlar,
 - Siber Güvenlik,
 - Siber-Fiziksel Sistemler,
 - Bulut Bilişim,
 - Modelleme ve Simülasyon alanlarında yetkinlik kazandırılması hedeflenmiştir.
-
- ***İstanbul Aydın Üniversitesi Endüstri 4.0 Araştırma ve Uygulama Merkezinin*** kurulma amacı sanayi ile entegrasyon sağlayarak, sanayide dijitalleşme çalışmalarında ortak projeler yürütülmesi, Ar-Ge çalışmaları için gerekli ortamla ilgili değerlendirmeler yapmak ve uygulanabilir modeller geliştirmeyi desteklemek, lisans ve lisansüstü öğrencilerin uygulamalı eğitime ve öğretime yaklaşımları ile ilgili değerlendirmeler ve geliştirmelere yöneliktir.

8. DEĞERLENDİRME

- ✓ Günümüz **Dünya Sanayisi**, Endüstri **3.0 - 4.0** seviyelerinde
- ✓ **Türkiye sanayisi** , Endüstri **2.0- 3.0** seviyelerinde
- ✓ Türkiye bir an önce bilgi toplumu seviyesine ulaşmalı, dijital ve bilgisayar teknolojilerini endüstri ile bütünleştirmelidir.
- ✓ Bu amaçla **Üniversite-Sanayi iş birliklerini** güçlendirmek için çalışmalar yapılması ve projeler yürütülmesi gerekmektedir.
- ✓ Programlama ve kodlama dilleri öğrencilere okullarda derinlemesine anlatılmalı ve yeni dersler açılmalıdır. Nasıl ki okullarda ikinci dil dersleri zorunluysa bu tarz yeni endüstri dersleri de eğitimin içerisine işlenmelidir.
- ✓ Yeni endüstri çağı hakkında bilgi sahibi olunması açısından da belirli aralıklarla seminerler düzenlenmelidir.

✓ **KOBİ'lerin**



Yenilikçilik, üretim ve AR-GE altyapılarıyla desteklenip, güçlendirilmesi

Girişimcilik alanında daha etkin olması gerekmektedir.

✓ Türkiye'nin Endüstri 4.0'ı yakalaması ve öncü ülkeler arasında yer alması amaçlanmalıdır. ***Bu doğrultuda;***

- Dijital sanayi platformlarının oluşturulması,
- Sanayi şirketlerinin dijital teknolojilere erişiminin kolaylaştırılması,
- Akıllı endüstrinin yaygınlaşması için uygun çözümlerin sunulması,
- Ortak bir ülke planı ve hedefi çevresinde bu hedefe odaklanarak çalışması gerekmektedir.

✓ Otomasyon her ne kadar insan işini azaltıp insanları iş konusunda kısıtlayacak gibi görünse de, aslında insan zekasının daha çok kullanabileceği işlere kapı açacağı öngörülmektedir.

9. KAYNAKLAR

- [1] Can A. V. ve Kıymaz M., “Bilişim teknolojilerinin perakende mağazacılık sektörüne yansımaları: muhasebe departmanlarında endüstri 4.0 etkisi”, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, CİEP Özel Sayısı, (2016),107-117.
- [2] Sinan A., “Üretim için yeni bir izlek: Sanayi 4.0”, Journal of Life Economics, 8, (2016), 19-30
- [3] <https://rpa4turkey.blog/2018/06/18/endustri-2-0/>
Erişim tarihi: 04.12.2018
- [4] <https://www.alomaliye.com/2017/05/29/sanayi-devrimlerinin-sureci-4-sanayidevrimi/>
Erişim Tarihi: 03.12.2018
- [5] Yıldız A., “Endüstri 4.0 ve Akıllı Fabrikalar”, Sakarya University Journal of Science, Vol. 22, Issue 2 (2018), 546-556.
- [6] Aksoy S., “Değişen teknolojiler ve Endüstri 4.0: Endüstri 4.0’ı anlamaya dair bir giriş”, SAV Katkı, 4, (2017), 34-44.
- [7] <https://www.endustri40.com/> Erişim Tarihi: 06.12.2018
- [8] Yang Lu., “Industry 4.0: a survey on technologies, applications and open research issues”, Journal of Industrial Information Integration, 6, Elsevier, USA, (April,2017), 1-10.
- [9] Dos Santos M.T., Ardson S., Vianna Jr., Galo A.C., Le Roux “Programming skills in the industry 4.0: are chemical engineering students able to face new problems?”, Education for Chemical Engineers, 22,Elsevier, São Paulo, Brazila, (February,2018) ,69-76.
- [10] T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, “Dijital Dönüşüm Yol Haritası”, Ankara, (2018)
- [11] Öztürk Kalaycı K., Arslanoğlu Z. "Endüstri 4.0 Çerçevesinde Şekillenecek Mühendis Yetenekleri", T.C. Bilim, Sanayi Ve Teknoloji Bakanlığı Aylık Yayın Organı, 352, Kalkınmada Anahtar Verimlilik, Ankara/Türkiye, (Nisan 2018), 42-43.
- [12] Moktadira A., Alib S.Y., Kusi-Sarpong S., Shaikhda A.A., “Assessing challenges for implementing Industry 4.0: Implications for process safety and environmental protection”, Process Safety and Environmental Protection, 117, Elsevier, Bangladesh, (July,2018), 730–741.
- [13] Zhong Ray Y. Xun X., , Klotz E., Newman S.T.,” Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: A review”, Engineering, 3, Elsevier, Chinese Academy of Engineering and Higher Education Press Limited Company, (October, 2017), 616–630



**BENİ DİNLEDİĞİNİZ İÇİN
TEŞEKKÜR EDERİM.**