

T.C.

İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

SAPTEY ANABİLİM DALI

SANAYİ POLİTİKALARI VE TEKNOLOJİ YÖNETİMİ

YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

**STEM EĞİTİM MODELİNİN ÜLKELERİN
KALKINMA VE GELİŞMİŞLİK DÜZEYİNE
ETKİSİNİN İNCELENMESİ VE SİNGAPUR
ÖRNEĞİ**

Yüksek Lisans Tezi

Ayfer Berrin Ekmekci

200023394

Danışman: Doç. Dr. Öğretim Üyesi Sabri ÖZ

İstanbul/Haziran- 2022

T. C.
İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

ONAY SAYFASI

Yüksek lisans öğrencisi Ayfer Berrin Ekmekci tarafından hazırlanan "**STEM Eğitim Modelinin Ülkelerin Kalkınma ve Gelişmişlik Düzeyine Etkisinin İncelenmesi ve Singapur Örneği**" isimli tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından .../.../... Tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde başarı ile savunularak, İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü **Sanayi Politikaları Ve Teknoloji Yönetimi Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman

Doç. Dr. Öğretim Üyesi Sabri Öz

İstanbul Ticaret Üniversitesi

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Saim Aşçı

İstanbul Ticaret Üniversitesi

Jüri Üyesi

Dr. Öğretim Üyesi Hüseyin Arslan

İstanbul Ticaret Üniversitesi

**AKADEMİK VE ETİK KURALLARA
UYGUNLUK BEYANI**

Hazırlamış olduğum tez özgün bir çalışma olup YÖK ve İstanbul Ticaret Üniversitesi Lisansüstü Yönetmeliklerine uygun olarak hazırlanmıştır. Ayrıca, bu çalışmayı yaparken bilimsel etik kurallarına tamamıyla uyduğumu; yararlandığım tüm kaynakları gösterdiğimi ve hiçbir kaynaktan yaptığım ayrıntılı alıntı olmadığını beyan ederim. Bu tezin ihtiva ettiği tüm hususlar şahsi görüşüm olup İstanbul Ticaret Üniversitesinin resmi görüşünü yansıtmamaktadır.

Ayfer Berrin Ekmekci

ÖZET

Bilimsel birçok araştırma, eğitim politikalarının ülkelerin kalkınmasındaki unsurlardan olan ekonomik büyüme, gelişmişlik seviyesi, toplumsal refah düzeyi arasında doğrusal bir ilişki olduğunu göstermektedir. Endüstri 4.0 devrimi ile üretimde dijitalleşme ve akıllı teknolojiler sanayi altyapısına entegre edilmiş, buna bağlı olarak yeni mesleklerin ortaya çıkmasıyla birlikte, 21. yüzyıldaki farklı becerilerle donatılmış bireylerin yetiştirilmesi ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Küresel alandaki dijitalleşme ile gelen bu büyük değişim dalgası ülkelerin eğitim politikalarının oluşumunu önemli derecede etkilemiştir. Ülkeler böylece Endüstri 4.0 sürecinin eğitime olan yansımalarına odaklanarak çeşitli strateji ve politikalar geliştirmek zorunda kalmışlar; bu zorunluluk kapsamında STEM eğitim modeli üzerinde yoğunlaşp Eğitim_4.0 olarak eğitim ve öğretim sistemlerine entegrasyon çalışmaları başlatmışlardır. Küresel dünyada STEM eğitimiyle Endüstri 4.0 devrimiyle gereksinim duyulan nitelikli ve 21.yüzyıl becerileri kazandırılmış işgücü yetiştirilmesi, ülkelerin öncelikli politikaları ve yatırımları arasına girmiştir. STEM eğitim modelinde, teknoloji, fen bilimleri, matematik ve mühendislik dersleri ile öğrencilerin edindikleri bilgileri bir bütünün parçası olarak görmesini sağlamak, soru sorabilmek, yaratıcı düşünerek çözümler üretip bu çözümleri ürünlere dönüştürebilmek ve buluş yapabilmek üzerinde bilgi ve beceriler kazandırma hedeflenmektedir. STEM anaokulundan üniversiteye kadar eğitimin her aşamasında uygulanabilmektedir. Ülkeler STEM eğitimi metodunu uygulayarak nitelikli işgücü yetiştirme gereksinimini çok daha efektif olarak karşılayarak ekonomik açıdan çok daha hızlı büyümeyi hedeflemektedir. Bu alanda en iyi örnek ülke olan Singapur'un STEM eğitimi ile beşeri sermayeye yaptığı eğitim yatırımları; kişisel gelirlerde, halkın refah seviyesinde ve bütün sektörlerin verimliliğinde büyük artış ile kalkınma ve ekonomik büyüme olarak ülkeye geri dönüşüm sağlamıştır. Bu çalışmamızda STEM (Fen, Teknoloji, Mühendislik, Matematik) eğitiminin Endüstri 4.0'ın gerektirdiği iş gücü ve ekonomiyle bağlantıları ve kalkınmadaki önemi ile bu alanda başarılı bir örnek olan Singapur'da eğitim ve kalkınma ilişkisi analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: STEM Eğitim Modeli, STEAM, Kalkınma, Gelişmişlik Düzeyi, Küresel Rekabet, Endüstri 4.0, 21. Yüzyıl Becerileri, Singapur

ABSTRACT

Many scientific studies show that there is a linear relationship between economic growth, development level and social welfare, which are the factors in the development of countries, of education policies. With the Industry 4.0 revolution, digitalization and smart technologies in production have been integrated into the industrial infrastructure, and with the emergence of new professions, the need to train individuals equipped with different skills in the 21st century has emerged. This great wave of change that came with the digitalization in the global arena has had a significant impact on the formation of the education policies of the countries. Thus, countries had to develop various strategies and policies by focusing on the reflections of the Industry_4.0 process on education; Within the scope of this necessity, they focused on the STEM education model and started integration studies into education and training systems as Education_4.0. In the global world, raising a qualified workforce with 21st century skills needed with STEM education and the Industry 4.0 revolution has become one of the priority policies and investments of countries. In the STEM education model, it is aimed to enable students to see the knowledge they have acquired through technology, science, mathematics and engineering courses as a part of a whole, to ask questions, to produce solutions by thinking creatively and to turn these solutions into products, and to gain knowledge and skills on invention. STEM can be applied at every stage of education, from kindergarten to university. By applying the STEM education method, countries aim to grow much faster economically by meeting the need to train qualified workforce much more effectively. Singapore, which is the best exemplary country in this field, invests in STEM education and human capital; It has provided a return to the country as development and economic growth with a great increase in personal income, the welfare level of the people and the productivity of all sectors. In this study, the connection of STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) education with the workforce and economy required by Industry_4.0 and its importance in development and the relationship between education and development in Singapore, which is a successful example in this field, are analyzed.

Keywords: STEM Education Model, STEAM, Development, Level of Development, Global Competition, Industry 4.0, 21st Century Skills, Singapore

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	1
1.1.Çalışmanın Konusu.....	2
1.2.Çalışmanın Amacı.....	3
1.3.Çalışmanın Önemi.....	3
1.4.Çalışmanın Hedefleri	4
1.5.Çalışmanın Metodolojisi.....	4
1.5.STEM Eğitiminin Avantajları	5
2. ENDÜSTRİ 4.0 DEVRİMİ ve NİTELİKLİ İŞGÜCÜ YETİŞTİREBİLECEK EĞİTİM YAKLAŞIMI GEREKSİNİMİ.....	6
2.1.Sanayi Devrimlerinin Tarihçesi.....	6
2.2.Endüstri 4.0 Teknolojileri	7
2.2.1. Bulut Teknolojisi ve Büyük Veri	8
2.2.2. 3D Baskı	8
2.2.3. Nesnelerin interneti (IoT).....	9
2.2.4. Hizmetlerin İnterneti	9
2.2.5.Otonom Robotlar	10
2.2.6.Siber Fiziksel Sistemler (SFS).....	11
2.2.7.Büyük Veri.....	11
2.2.8.Artırılmış Gerçeklik.....	11
2.2.9. Yapay Zekâ.....	11
2.3. Endüstri 4.0 Teknolojileriyle Yapılan Akıllı Üretimin Özellikleri	12
2.4. Endüstri 4.0 Teknolojileriyle Oluşturulan Değer Zinciri.....	15
2.5. Endüstri 4.0 Uygulamadaki Zorluklar ve Nitelikli İşgücü Gereksinimi.....	16
2.6. Endüstri 4.0'ın Firmaların Yönetimine Etkileri	17
2.7. Firmaların Dijital Teknolojileri Kullanma Seviyeleri	18
3. ENDÜSTRİ 4.0 DEVRİMİNİN MAKROEKONOMİK ETKİLERİ ve NİTELİKLİ İŞ GÜCÜ GEREKSİNİMİ.....	19
3.1.Endüstri 4.0'ın Mesleklere Etkileri	19
3.2.Endüstri 4.0 Devriminin İşgücüne Etkisi.....	22
3.3.Endüstri 4.0 Devriminin Küresel Rekabet Üzerine Etkileri	23
3.4.Endüstri 4.0 Devriminin Sürdürülebilirlik Üzerine Etkileri	23
3.5.Endüstri 4.0 Devriminin İstihdam Üzerindeki Etkileri.....	25
3.6.Endüstri 4.0 Devriminin Ekonomik Büyümeye Etkisi	26
3.7.Endüstri 4.0 Devriminin Eğitime Etkileri.....	26
3.8.Türkiye'deki Üniversite Öğrencilerinin Endüstri 4.0 Bilgi Seviyeleri	29

4. ENDÜSTRİ 4.0 DEVRİMİNİN EĞİTİME ETKİSİ ve STEM EĞİTİM MODELİ İLE BAĞLANTISININ İNCELENMESİ	31
4.1.STEM Eğitim Modeli Nedir?	31
4.2.STEM Eğitim Modelindeki Disiplinler Nelerdir?	32
4.3.STEM Eğitim Modelindeki Yaklaşımlar	34
4.3.1.Silo Yaklaşımı	34
4.3.2.Gömülü Yaklaşım	35
4.3.3.Bütünleşik Yaklaşım	36
4.4.Bütünleşik STEM Eğitim Modelinin Yapısı	37
4.5.STEM Eğitim Modelinin Tarihçesi	39
4.6.Türkiye’de STEM Eğitim Modeli Kapsamındaki Çalışmalar	41
4.7.STEM Eğitim Modelinin Gelişimi ve Uygulanması	43
4.8.STEM+A Eğitim Modeli Nedir?	44
4.9.STEM Eğitimi Yaklaşımının Özellikleri	46
4.10.STEM Döngüsü (Çengisi)	48
4.11.21. Yüzyıl Becerileri ve STEM İlişkisi	49
4.12.21. Yüzyıl Becerileri Hakkında Literatürdeki Tanımlar	50
4.13.STEM Eğitim Modelinin Amaçları	52
4.14.STEM Eğitim Modelinin Uygulamaları	53
4.15.STEM Eğitiminin Öğrencilere Katkıları	54
4.16.STEM Eğitim Modeli için SWOT Analizi	56
4.17.Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları ile STEM ilişkisi	57
5. 21. YÜZYIL BECERİLERİNİ DEĞERLENDİREN ULUSLARARASI SINAVLAR	61
5.1.PISA Sınavı	61
5.2.TIMMS Sınavı	63
6. STEM EĞİTİMİ VE EKONOMİK KALKINMA: SİNGAPUR ÖRNEĞİ	68
6.1.Singapur’da STEM-STEAM Eğitimi	69
6.2.Singapur’da STEM Eğitiminin Öğrencilere Kazanımları	73
6.3.Singapur’da Değer Zinciri Oluşturan Eğitimli ve Nitelikli İnsan Kaynaklarının Kalkınma ve Ekonomik Büyümedeki Önemi	74
6.4.Singapur Ekonomisinin Temel Makroekonomik Göstergeleri	76
6.5.Ekonomik Büyüme ve Eğitim Harcamaları İlişkisi ve Singapur’un Eğitim Harcamaları	78
6.6.Öğretmen Profesyonelliği İndeksi	81
6.7.Singapur’da Kişi Başına Düşen Gelir (GSYH)	82

6.8.Küresel Rekabet Gücü ve Singapur'un Konumu.....	84
6.9.Küresel Dijital Rekabet Gücü ve Singapur'un Durumu	87
6.10.Küresel İnovasyon Endeksi ve Singapur'un Konumu	89
6.11.Bilgi Ekonomi İndeksi ve Singapur'un Konumu	91
6.12.Bilgi Yoğun Faaliyetlerde İstihdam Edilen İşgücü Oranı	93
6.13.İnsani Gelişim Endeksi ve Singapur'un Konumu	94
6.14.Singapur Kalite Ödülü/İş Mükemmelliği Çerçevesi	96
6.15.Singapur Okul Mükemmellik Modeli	98
7. SONUÇ.....	100
KAYNAKÇA	103

ŞEKİLLER LİSTESİ

- Şekil 1:** Sanayi Devrimlerinin Tarihçesi
- Şekil 2:** Endüstri 4.0 Teknolojilerinin Teorik Çerçevesi
- Şekil 3:** Endüstri 4.0 Devriminin Oluşturduğu Teknolojilerin Kurumsal Açıdan Öngörülen Kazanımları
- Şekil 4:** Endüstri 4.0 Ortamı
- Şekil 5:** Otonom Robotların Sürdürülebilirlikle İlişkilerinde İncelenen Makalelerde En Çok Yer Alan Kelimelerin Dağılımları
- Şekil 6:** Dört Adımda Endüstri 4.0
- Şekil 7:** Dijitalleşme Süreci
- Şekil 8:** Endüstri 4.0 Teknolojileri ve Akıllı Fabrika
- Şekil 9:** Endüstri 4.0 Teknolojileriyle Değer zinciri faaliyetleri
- Şekil 10:** Endüstri 4.0 ve Zorlukları, Yeteneklerin Gereksinimi ve Akıllı Fabrikaların Öğrenme Amaçları
- Şekil 11:** Endüstri 4.0'ın Örgüt Yapısına Etkileri
- Şekil 12:** Firmaların Dijital Teknolojileri Kullanma Seviyeleri
- Şekil 13:** Sektörler Arasında Talebi Artan ve Azalan 20 İş Rolü
- Şekil 14:** İnsandan Makineye Kayan Alanlar, Geleceğin Meslekleri Çalışması
- Şekil 15:** İşlerin Dönüştürme Potansiyeli ve Teknolojik Yetkinlikler
- Şekil 16:** Geleceğin Mesleklerine Geçişler
- Şekil 17:** Önümüzdeki 10 yıl Nitelikli İşgücü Gereksinimi
- Şekil 18:** Eğitimin Ekonomi Üzerindeki Etkisi
- Şekil 19:** Yeni Yetkinlik Kazanma ve Yetkinliklerini Geliştirme Oranlar
- Şekil 20:** Endüstri 4.0 Bilgi Seviyesi Ölçüm Modeli
- Şekil 21:** Eğitim Düzeyi ve İstihdam Arasındaki İlişki
- Şekil 22:** STEM Eğitim Modeli Disiplinleri
- Şekil 23:** STEM Eğitim Modeli Disiplinlerinin Bütünsel Yaklaşımı
- Şekil 24:** STEM Öğretimde Silo Yaklaşımı
- Şekil 25:** STEM Öğretimde Gömülü Yaklaşım
- Şekil 26:** STEM Öğretimde Bütünleşik Yaklaşım
- Şekil 27:** Bütünleşik STEM Eğitimi
- Şekil 28:** STEM Öğrenmesi İçin Kavramsal Çerçeve Grafiği

- Şekil 29:** STEM Eğitim Modeli İçin Uygulama Adımları
- Şekil 30:** STEAM Eğitim Modeli
- Şekil 31:** Mühendislik Tasarım Süreci
- Şekil 32:** STEM Döngüsü
- Şekil 33:** 21. Yüzyıl Becerileri
- Şekil 34:** OECD'nin hazırladığı Dijital Dünyada Beceriler
- Şekil 35:** STEM projelerinin SWOT analizi
- Şekil 36:** 2030 Yılında OECD ve G20 Ülkeleri Arasında Yükseköğretimde Beklenen STEM Mezunlarının Oranı
- Şekil 37:** PISA Döngülerinde Temel ve Ağırlıklı Alanlar
- Şekil 38:** TIMSS Döngüleri
- Şekil 39:** TIMSS Öğretim Programı Modeli
- Şekil 40:** Singapur Tarihinin Zaman Çizelgesi
- Şekil 41:** Singapur'un TIMMS sınavlarında yıllara göre Matematik ve Fen Başarısı
- Şekil 42:** Singapur'un Beşeri Sermayesindeki Nitelik Seviyelerindeki Değişimler % (1991-2019)
- Şekil 43:** Eğitim Harcaması ve Ekonomik Büyüme İlişkisi
- Şekil 44:** Ekonomik Büyüme ve Beşeri Gelişme İlişkisi
- Şekil 45:** 2011'den 2020'ye Kadar Singapur'da Eğitime Yapılan Toplam Harcamalar
- Şekil 46:** Öğretmen Profesyonelliği İndeksi
- Şekil 47:** Singapur'un Üretim Yapısı ve Kişi Başına Düşen Geliri, ABD \$ (1960-2019)
- Şekil 48:** Küresel İnovasyon Endeksi Bileşenleri
- Şekil 49:** Bilgi Ekonomisinin 4 temel belirleyicisi
- Şekil 50:** Bilgi Ekonomi Endeksi ve Temel Göstergeleri
- Şekil 51:** Bilgi Yoğun Faaliyetlerde İstihdam Edilen İşgücü Oranı (%)
- Şekil 52:** İnsani Gelişme Endeks Döngüsü
- Şekil 53:** Singapur İş Mükemmelliği Çerçevesi
- Şekil 54:** KBE, AGİE, SKE ve İGE

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1: Yeni Teknolojilerdeki Dönüşüm

Tablo 2: İş Dünyasında Talep Edilen Beceriler

Tablo 3: Endüstri 4.0 Çerçevesinde Sürdürülebilirlik Faktörleri

Tablo 4: Endüstri Devrimleri ve Eğitime Etkisi

Tablo 5: PISA 2018 Üç Alanda Dünya Sıralaması

Tablo 6: TIMSS 2019 Matematik Alanında Dünya Sıralaması

Tablo 7: TIMSS 2019 Fen Alanında Dünya Sıralaması

Tablo 8: Singapur Ekonomisinin Temel Makroekonomik Göstergeleri (2005-2017)

Tablo 9: Küresel Rekabet Endeksinin Belirleyicileri

Tablo 10: Küresel Rekabet Endeksi Ülkeler sıralaması

Tablo 11: Singapur Küresel Rekabetçilik Endeksi Eğitim Alt Endeks Göstergeleri

Tablo 12: Küresel Dijital Rekabet Gücü Sıralaması

Tablo 13: Küresel İnovasyon Endeksi ve Ülkelerin Sıralaması

Tablo 14: Küresel Bilgi Endeksi (2020-2021)

Tablo 15: İnsani Gelişme Endeksi'ne göre ülkeler listesi

KISALTMALAR

- PISA:** Programme for International Student Assessment (Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı)
- TIMMS:** The Trends in International Mathematics and Science Study (Uluslararası Matematik ve Fen Eğilimleri Araştırması)
- PIAAC:** Programme for the International Assessment of Adult Competencies (Uluslararası Yetişkin Becerilerinin Ölçülmesi Programı)
- STEM:** Science, Technology, Engineering, Mathematics (Bilim, Teknoloji, Mühendislik, Matematik)
- STEAM:** Science , Technology, Engineering, Art ve Mathematics
- FeTeMM:** Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik
- YÖK:** Yükseköğretim Kurulu
- MEB:** Milli Eğitim Bakanlığı
- EBA:** Eğitim Bilişim Ağı
- TÜİK:** Türkiye İstatistik Kurumu
- OECD:** Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Organizasyonu Örgütü
- CPS:** Küresel Konumlama Sistemi
- IoT:** Nesnelerin İnterneti
- TÜSİAD:** Türk Sanayicileri ve İşadamları Derneği
- TÜBİTAK:** Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
- NASA:** Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
- ABD:** Amerika Birleşik Devletleri
- SMP:** Eğitimde Matematik Projesi'nin Başlatılması
- APU:** Performans Değerlendirme Birimi
- CLISP:** Çocukların Bilim Öğrenme Projesi
- NSF:** Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Bilim Vakfı
- ODTÜ:** Orta Doğu Teknik Üniversitesi
- BİLTEM:** Bilim, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik Eğitimi Uygulama ve Araştırma Merkezi
- YTÜ:** Yıldız Teknik Üniversitesi
- SCANS:** Birleşik Devletler Çalışma Bakanlığı Gerekli Becerileri Kazanma Komisyonu
- BTHP:** Bilgi Temelli Hayat Problemleri

WEF: World Economic Forum (Dünya Eğitim Forumu)
P21: The Partnership for 21st Century Learning (21. Yüzyıl Becerileri İçin Ortaklık)
NRC: Ulusal Araştırma Konseyi
NCREL: Kuzey Merkez Bölgesel Eğitim Laboratuvarı
ISTE: Uluslararası Eğitim Teknolojileri Derneği
NETS: Ulusal Eğitim Teknolojileri Standartları
AASL: Amerikan Okul Kütüphanecileri Topluluğu (
NCLB: Hiçbir çocuk geride kalmamasın
ATSC21: 21. Yüzyıl Becerileri Çerçevesinin Değerlendirilmesi ve Öğretimi
BM: Birleşmiş Milletler
CERN: Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi
UNESCO: Birleşmiş Milletler Eğitim Bilim ve Kültür Örgütü
ÖRAV: Öğretmen Akademisi Vakfı
G20: Grup 20 (Dünyanın en büyük ekonomileri arasında yer alan 19 ülke ve Avrupa Birliği Komisyonu)
IEA: Uluslararası Eğitim Başarılarını Değerlendirme Kuruluşu
PIRLS: Uluslararası Okuma Becerilerinde Gelişim Araştırması
NIE: Ulusal Eğitim Enstitüsü
BİT: Bilgi ve İletişim Teknolojileri
ARGE: Araştırma ve Geliştirme
TÜFE: Tüketici Fiyatları Endeksi
GSYİH: Gayri safi yurt içi hasıla
GSMH: Gayrisafi millî hasıla
IMD: Uluslararası Yönetim Geliştirme Enstitüsü
WIPO: Dünya Fikri Haklar Örgütü
INSEAD: Avrupa İşletme Yönetimi Enstitüsü
UNDP: Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı
KBE: Küresel Bilgi Endeksi
BEE: Bilgi Ekonomi Endeksi
KİE: Küresel İnovasyon Endeksi
İGE: İnsani Gelişmişlik Endeksi
SKE: Sürdürülebilir Kalkınma Endeksi
BYİH: Bilgi Yoğun İş Hizmetleri

NCREL: Kuzey Merkez Bölgesel Eğitim Laboratuvarı

Future Classroom Lab Projesi: Geleceğin Sınıfı Laboratuvarı

SMP: Okullarda Matematik Projesi

PIRLS: Uluslararası Okuma Becerilerinde Gelişim. Araştırması

ILO: Uluslararası Çalışma Örgütü

WB: Dünya Bankası

ILOSTAT: Bilgi yoğun faaliyetlerde istihdam edilen işgücü oranı

UIS: İstatistik Enstitüsü

SFS: Süper Fiziksel Sistemler

1. GİRİŞ

Küreselleşme ile ekonomilerin birbirine bağımlı olması ve teknolojik gelişmeler neticesinde bilimin önemi her geçen gün artmaktadır. Bilgi çağındaki büyük değişimlerle ülkelerin kalkınmasında ve büyümesinde teknolojik bilgi çok daha önemli olmaya başlamıştır. Ülkeler 21.yüzyılın küresel rekabet koşulları altında yüksek teknolojik ve katma değerli ürünler üretebilmek ve endüstride verimliliklerini arttırabilmek için bu gelişmelere uygun eğitim programlarına ihtiyaç duymaktadır. Teknolojik ilerlemelerle beraber, eğitim politikalarının da sürekli güncellenmesi ve yeniden şekillenmesi gerekmektedir. Ülkeleri birçok açıdan değerlendirip eğitim seviyelerini ortaya koyan uluslararası PISA, TIMMS, PIAAC gibi sınavlarda başarılı olan ülkelerin, eğitim alanında sürekli yenilikler ve reformlar yapmakta olduğu görülmektedir. Uluslararası sınavların sonuçları incelediğinde, teknolojik gelişmelerle uyumlu hazırlanan eğitim politikalarının aynı zamanda ülkelerin ekonomik performanslarını da büyük oranda etkilediği görülmektedir. Eğitim sistemlerini sürekli güncelleyen ülkelerin gelişmişlik ve kalkınmada ilk sıralarda bulunduğu gözlenmektedir.

Ülkelerin bilim, inovasyon ve teknoloji üretme kapasiteleri arttıkça, ekonomik kalkınma ve büyümeleri de sürdürülebilir hale gelmektedir. Önemli bir örnek olarak Singapur gibi ekonomik kaynakları beşeri sermayeye dayanan ülkelerde, bilişim teknolojilerini verimli kullanan yenilikçi iş gücünü yetiştirmelerinin öncelik arz ettiği görülmektedir.

Ülkelerin; bilimsel araştırma ve teknoloji geliştirme kapasiteleri ile sosyoekonomik kalkınmalarını büyütebilmeleri için beşeri sermayesine çok fazla alanda bilgi ve tecrübe kazandırması gerekmektedir. Günümüz teknoloji çağında, sadece matematik veya fen bilimleri alanında donanımlı bireyler, ülkelerin gelişmesi ve küresel rekabette söz sahibi olması için yeterli olmamaktadır. Bu noktada, öğrencilere 21.yy becerilerini kazandıran, teknoloji ve inovasyon kabiliyetini arttıran **STEM** eğitim modeli ön plana çıkmaktadır. Disiplinlerarası bir yaklaşım olan STEM eğitiminde, mühendislik, teknoloji, fen bilimleri ve matematik dersleri bütünün parçası olarak görülmektedir. STEM kavramı; fen bilimleri, teknoloji, mühendislik ve matematik (Science, Technology, Engineering, Mathematics) alanlarının ilk harflerinin birleşmesi ile oluşturulmuştur.

Farklı disiplinleri bir bütün olacak şekilde birleştiren STEM eğitim modelinin en önemli amacı, öğrencilerin yeteneklerini belirleyerek, okul öncesi eğitimden üniversiteye kadar meraklı, sorgulayan, araştıran, üreten ve yeni buluşlar yapabilecek şekilde yetiştirilmesini sağlamaktır. Eğitim programlarının niteliğini yükselten STEM yaklaşımı, öğrencilerin analitik düşünebilen, yaratıcı, yenilikçi ve gerçek yaşam problemlerini çözme becerisi yüksek olan bireyler olarak yetiştirmelerini hedeflemektedir. Öğrencileri merkeze alan STEM yaklaşımı, bireylerin farklı bilimler arasındaki ilişkileri keşfetmelerine, çok boyutlu ve anlamlı öğrenme gerçekleştirmelerine imkân vermekte; aynı zamanda gerçek yaşamdaki problemlerin anlaşılması ve çözümünde öğrencilerde farkındalığı arttırmaktadır. Türkiye’de STEM eğitimi çalışmaları 2014 yılında hız kazanmış ve STEM eğitim modelinin derslere entegre edilmesi için çalışmalara devam edilmektedir.

Küresel anlamda, eğitim sistemlerindeki gelişmeler sanayinin ilerlemesine, sanayideki gelişmeler ise eğitimde değişime neden olmaktadır. Birbiriyle sağlam ilişki içinde olan sanayi, eğitim ve teknoloji üçgeni, küresel anlamda ekonomilerin büyümesi için en önemli konular arasında yerini almıştır. Bu bağlamda, bütün bireylerin, Endüstri 4.0’a bağlı 21.yy becerileri ile teknolojik ilerlemelerin şart koştuğu yeteneklere sahip olması beklenmektedir. Eğitim uygulamalarının, bu yeteneklerin merkeze alınarak planlanması büyük önem taşımaktadır. STEM yaklaşımında, okul öncesinden üniversiteye kadar uygulanarak bu becerilerin kazandırılması ve gerekli nitelikli işgücünün oluşturan Singapur, dünyanın en iyi ekonomileri arasında yerini almıştır. Bu kapsamda bu çalışmada, STEM eğitimi ve kalkınma arasındaki ilişkisi ve Singapur’un kalkınması incelenecektir.

1.1.Çalışmanın Konusu

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin ortak özellikleri, yüzyıllardır sanayi devrimlerinin getirdiği bilimsel ve teknolojik değişimleri hızla eğitim sistemlerine entegre ederek uygulamaya koymalarıdır. Gelişmiş ülkelerin en önemli eğitim politikalarından biri, değişen süreçlere gelecek nesillerin uyum sağlaması ve tüm değişimlere hazırlanmasıdır. Günümüzde Endüstri 4.0 devrimiyle, nesnelerin interneti, yapay zeka, robot teknolojileri ve birçok akıllı cihazlar sanayi altyapısına entegre edilerek akıllı fabrikalar sayesinde üretimde dijitalleşme gerçekleşmiş ve yeni meslekler ortaya çıkmıştır. Sanayi devrimlerindeki köklü değişimler, yeni meslekleri ve yetenekleri oluşturduğundan yeni

becerilerin kazandırıldığı bireylerin yetiştirilmesini sağlayan eğitim sistemlerine ihtiyaç duyulmuştur. Teknolojiyi geliştirip kullanan ülkeler, küresel ekonomide rekabetçi üstünlük sağlamaktadırlar. Bu ülkelerin eğitim sistemleri ile gelişmişlik ve kalkınma seviyesi arasında paralel bir ilişki bulunduğu ve eğitim politikalarıyla iş güçlerini değişimlere hazırladığı gözlenmektedir. Gelişmiş ülkeler, teknolojik rekabette öne geçmek amacıyla 21. yüzyıl becerileri olarak adlandırılan yeni yetkinliklerin ve mesleki becerilerin öğrencilere kazandırılmasını için STEM eğitim modeline odaklanmışlardır. Bu çalışmada, STEM eğitim modelini tutarlı eğitim politikalarıyla uygulayan Singapur'un, ekonomik kalkınma ve gelişmişlik düzeyi ile STEM eğitimi arasındaki ilişki incelenmiştir.

1.2.Çalışmanın Amacı

Endüstri 4.0 devrimiyle birlikte teknolojinin olağanüstü hızla gelişimi sonucunda sanayilerin akıllı üretime geçmesiyle, ülke ekonomilerinin büyümesi ve ülkelerin kalkınmalarında bilginin rolü gittikçe artmaktadır. Bilgi çağına geçişle birlikte küresel rekabetin tüm dinamikleri temelden etkilenmiştir. Ülkelerin kalkınması ve ekonomilerinin büyümesi için yeni kuşaklara 21. yüzyıl becerilerini kazandıran, teknolojiyi doğru okuyabilen ve kullanabilen, geleceğin mesleklerine hazır, donanımlı bireyler haline getirecek eğitim sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu noktada bütün bu gereksinimleri karşılayabilen STEM eğitim modeli, sürdürülebilir büyüme, kalkınma ve küresel rekabette üstün bir duruma gelmek için gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin uyguladığı bir sistemdir. Geleceğin ekonomisinin bilgi ve inovasyonun üzerinden biçimleneceğinden, sanayi iş gücü için 21. yüzyıl becerilerini kazandıran STEM eğitimine yapılan yatırımlar, bireylerin kaliteli yaşam sürmesini sağlamakla birlikte, ülkeleri de küresel rekabette öne çıkarmaktadır. Bu çalışmada; STEM eğitim modelinin uygulandığı Singapur'da STEM eğitim modelinin iş gücüne dolayısıyla ekonomiye ve kalkınmaya olan etkilerinin çeşitli değişkenlere göre analiz edilmesi amaçlanmaktadır.

1.3.Çalışmanın Önemi

Yapılan akademik araştırmalara göre; sanayide rekabet edebilirlik ile verimliliği arttırmak, yüksek katma değerli ve ileri teknolojik ürünler üretmek, sürdürülebilir büyüme ve kalkınma hamlesi yapabilmek ve küresel rekabette başarılı olmanın, STEM eğitimi ile doğru orantılı olduğu gösterilmiştir. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler,

Endüstri 4.0 süreci ile gelişen; bilgi ve teknolojilere uyum sağlamak için dijital teknolojileri kullanabilen 21. yüzyıl becerilerine sahip nitelikli, donanımlı bireyler yetiştiren STEM eğitim modelini uygulamaktadır. Gelişmiş ve gelişmekte olan bireylerini çeşitli kurumlar tarafından açıklanan 21. yüzyıl becerileri ile donatmak için yeni nesil niteliklere uygun mesleklere eğitim programlarına yatırım yapmaktadır. Bu çalışmanın önemi; STEM eğitim modelinin ekonomiye ve küresel rekabete etkilerini incelemek, özellikle Singapur'un kalkınmasında STEM eğitiminin rolü açıklanmaya çalışmaktır.

1.4.Çalışmanın Hedefleri

Bu çalışmamızda, STEM eğitim modelinin ülkelerin ekonomik, kalkınma ve gelişmişlik düzeylerindeki önemi ve etkilerinin araştırması hedeflenmektedir. Araştırmamızdaki başlıca hedefler şunlardır:

- STEM Eğitiminin Önemi ve Gerekliliği,
- Endüstri 4.0 Sanayi Devrimiyle Gelişen 21. yüzyıl becerilerinin öğrencilere STEM Eğitimi ile Kazandırılması,
- STEM Eğitim Modelinin Öğrencilerin Gelişimine Katkısı,
- STEM Eğitiminin Endüstri 4.0 iş gücü ve Mesleki Becerileri Kazandırmadaki Etkisi,
- STEM Eğitim Modelinin Geleceğin Mesleklerine Hazırlanmadaki Etkisi,
- STEM Eğitimin Yüksek Teknolojik Ürünler Geliştirmeye Etkisi,
- STEM Eğitimin Singapur Ekonomisi ve Kalkınmasına Etkisi.

1.5.Çalışmanın Metodolojisi

Araştırmada nitel ve nicel araştırma yaklaşım yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmamızda, literatür taraması yapılmış olup, elde edilen veriler değerlendirilerek, nitel araştırma metodu kullanılmıştır. Konuyla ilgili literatür taraması ile akademik kaynaklar, tezler, makale ve dokümanlar tespit edilmiş; araştırmalarda ulaşılan bulgular ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Araştırmamızdaki veriler, YÖK Ulusal Tez merkezindeki yer alan tezlerden, yurtiçi ve yurt dışındaki akademik çalışmalardan elde edilmiştir. Nicel veriler

MEB, TUIK, OECD vb gibi ulusal ve uluslararası kurumlardan alınmış ve STEM eğitim modeli hakkında genel yönelimler belirlenmiştir. Akademik yayınların içerik analizi yapılarak çalışma türü, araştırma yöntemi, araştırma örnekleme, veri toplama araçları ve etkinlik konularına göre incelenmiştir. Çalışmalardaki nicel veriler tablolar halinde sunularak yorumlanmıştır. Bu çalışmamız ile dünyada STEM eğitim modeli ile ilgili yapılan uygulamalar incelenmiş; konu ile ilgili en önemli uygulama olarak bu eğitim modelinin Singapur'un ekonomisine, kalkınmasına ve gelişmişlik düzeyine etkileri incelenmiştir.

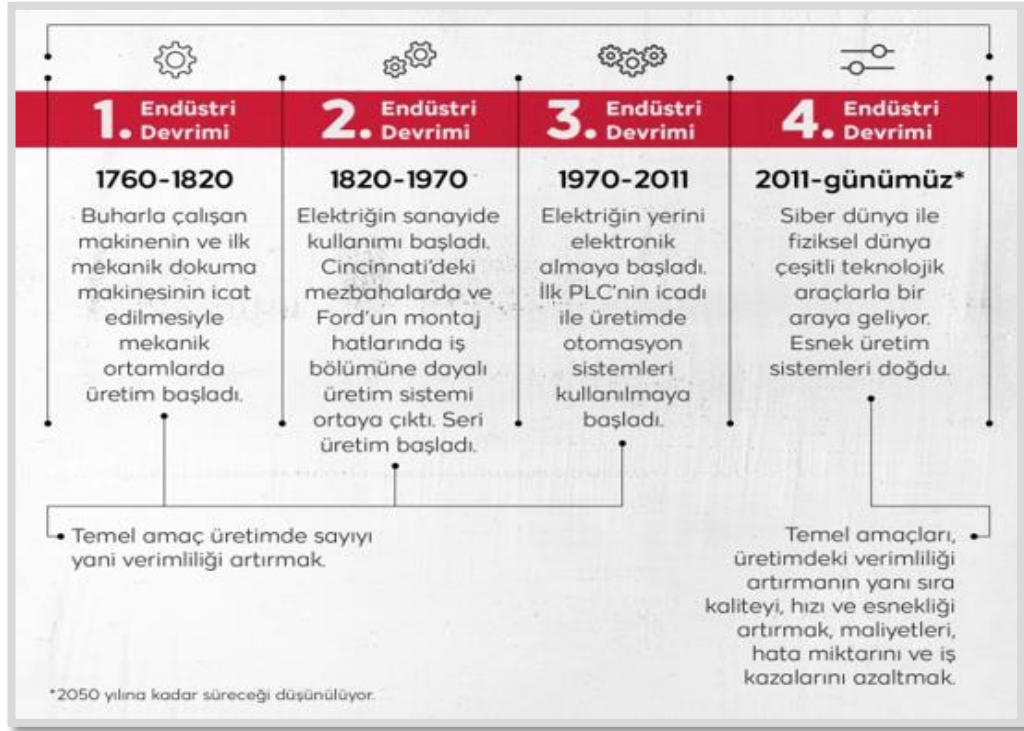
1.5.STEM Eğitiminin Avantajları

Araştırmalara göre STEM eğitiminin, öğrencilerin matematik, fen ve teknoloji okuryazarlık seviyelerini arttırdığı, eleştirel düşünme becerileri kazandırdığı, yaratıcılığını geliştirdiği, günlük yaşam problemlerinin farkına varması ve çözüme ulaştırmasını sağladığı, işbirlikçi çalışma ve iletişim becerisini arttırdığını, yeniliğe ve değişime merak duygusunu geliştirdiği, onların tüketen bireyler değil üreten bireyler olmalarına katkı sağladığı öngörülmektedir. STEM Modelinin Endüstri 4.0 sanayi devrimiyle gelişen 21. yüzyıl becerilerini kazandırdığı, geleceğin mesleklerine hazırladığı, yüksek teknolojik ürünler geliştirmelerinde etkili olduğu ve girişimcilik yeteneklerinin gelişimine destek olduğu ve ülkelerin kalkınmaları ve ekonomilerinin büyümesinde etkili olduğu öngörülmektedir.

2. ENDÜSTRİ 4.0 DEVRİMİ ve NİTELİKLİ İŞGÜCÜ YETİŞTİREBİLECEK EĞİTİM YAKLAŞIMI GEREKSİNİMİ

2.1.Sanayi Devrimlerinin Tarihçesi

İnsan emeği ve sermayenin kullanılması ile hammaddelerin işletmelerde ürün haline getirilmesini sağlayan üretim faaliyetlerine sanayi ya da endüstri denilmektedir. Bütün sanayi devrimleri üretimin ve işgücü niteliğinin değişimine neden olan gelişmeler ile ortaya çıkmıştır. Sanayi devrimleri sosyal alanlardan kültürel alanlara kadar üretime dönük bütün ekonomik alanlarda etkili olmuştur. Sanayi devrimlerindeki değişen üretim yapısına uyumlu olarak tasarlanan eğitim politikaları, ülkelerin kalkınmasında büyük rol oynamıştır. Sanayi devrimleri süreçlerinde ülkelerin ekonomik kalkınmalarındaki en belirleyici faktör, yeni üretim biçimlerindeki teknolojileri kullanabilen işgücünü geliştirme olmuştur.

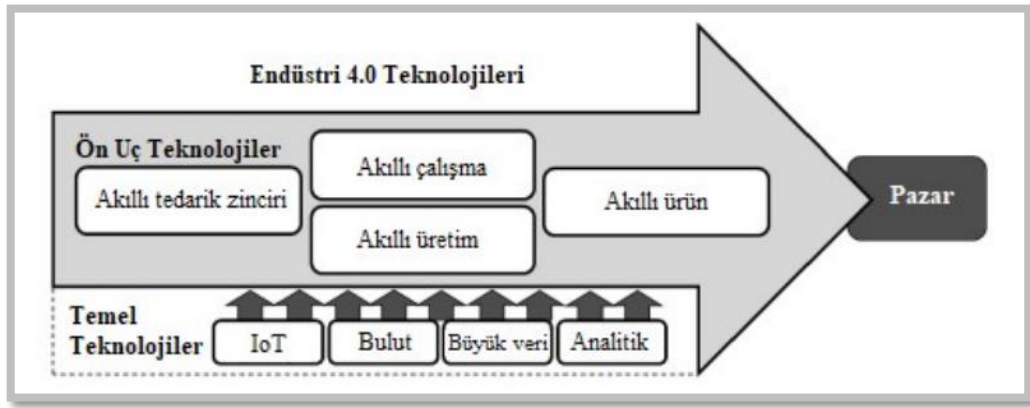


Şekil 1: Sanayi Devrimlerinin Tarihçesi (GÜNGÖRMÜŞ, 2021)

Birinci sanayi devriminde; buhar ile çalışan makinelerin icadı ve bu yeni teknolojilerin üretimde kullanılması sonucunda küçük atölye tezgâhlardaki üretim, yerini seri üretime bırakmıştır. İngiltere'de başlayan Avrupa ülkelerine yayılan ve daha sonra Amerika'da uygulanan bu yenilikler ülkelerin sürekli gelişmesini sağlamıştır. **İkinci sanayi**

devrimine; Elektriğin bulunması ve makinelere aktarılması ile fabrikalarda seri üretime geçilmiştir. Fabrikalarda petrol ve elektrik ile çalışan makinelerle üretim yapılmıştır. **Üçüncü sanayi devriminde;** teknolojinin hızla gelişmeye başlaması ve bilgi işleme dayanan bilgisayar teknolojilerinin sanayi ve üretim sektöründe kullanılması neticesinde otomasyon ile hızlı üretime geçilmiştir. **Dördüncü sanayi devrimi;** 2011’de Alman Hükümeti, bütün üretim süreçlerini yüksek teknolojiyle donatma ve dijitalleştirme projesini Hannover Ticaret Fuarı’nda açıklamasıyla başlamıştır (GÜNGÖRMÜŞ, 2021).

2.2.Endüstri 4.0 Teknolojileri



Şekil 2: Endüstri 4.0 Teknolojilerinin Teorik Çerçevesi (DÜNDAR & YILDIZ, 2021)

Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanıldığı akıllı üretim sistemleri; anlık olarak alınan verilerin analiz edilmesinde kullanılan dijital çözümlere ve faydalı bilgiler sağlayan dijital teknolojilere dayanmaktadır. Bu teknolojiler ile oluşan sistemler; donanımları ve ürünleri izleyerek kontrol etmeyi hedeflemektedir. Endüstri 4.0 teknolojilerini bazı araştırmacılar çeşitli gruplara ayırmıştır. Bu araştırmalardan birinde (Frank vd.); Endüstri 4.0 teknolojilerinin hedeflerine göre Şekil 2’de görüldüğü üzere iki gruba ayrılmıştır. Birinci grup; yeni teknolojileri temel alan akıllı üretim süreçlerinin dönüşümünü, akıllı ürünlerin sunulma biçimini, akıllı tedarik zinciri şeklini ve personelin gelişen teknolojilerin desteğine dayalı olarak akıllı üretim faaliyetlerini gerçekleştirmelerinin yeni yollarını dikkate almaktadır ve bu grup Endüstri 4.0’ın “ön uç teknolojileri” olarak isimlendirilen dört akıllı katmandan oluşmaktadır. İkinci grubu ise; bulut bilişim, IoT, büyük veri ve analitiğini içeren Endüstri 4.0’ın temel teknolojileri oluşturmaktadır (DÜNDAR & YILDIZ, 2021).



Şekil 3: Endüstri 4.0 Devriminin Oluşturduğu Teknolojilerin Kurumsal Açıdan Öngörülen Kazanımları (TÜBİTAK, 2017)

Endüstri 4.0 teknolojileri, değişken pazar/talep, küresel rekabet, bilgi, istihbarat ve iletişim yoluyla artan özelleştirme ve azalan yenilikler ve ürünün hayat döngüleri gibi günümüzün zorluklarını üstesinden gelmeyi hedeflemektedir. Ayrıca, üretim zinciri boyunca maksimum çalışma süresini garanti etmek ve üretim maliyetini düşürürken verimliliği artırmak gibi hedeflere dayanmaktadır. Veriye dayalı ekonomi geliştikçe, işletmeler bu hedeflere ulaşmak için veri ile ilgili olan; CPS, IoT, bulut bilişim ve büyük miktardaki üretim verisini gerçek zamanlı olarak işlemek için büyük veri analitiği gibi Endüstri 4.0 teknolojilerini kullanmaya başlamıştır (DÜNDAR & YILDIZ, 2021).

2.2.1. Bulut Teknolojisi ve Büyük Veri

Endüstri 4.0'ın akıllı üretim teknolojileri ile birbirine bağlı cihazlar ve makinelerden üretilen veriler bulut bilişim teknolojisinin altyapısında depolanmaktadır. Kolaylıkla erişilen tüm programlar, yazılımlar ve veriler güvenli bir şekilde bulut sunucularında saklanmaktadır.

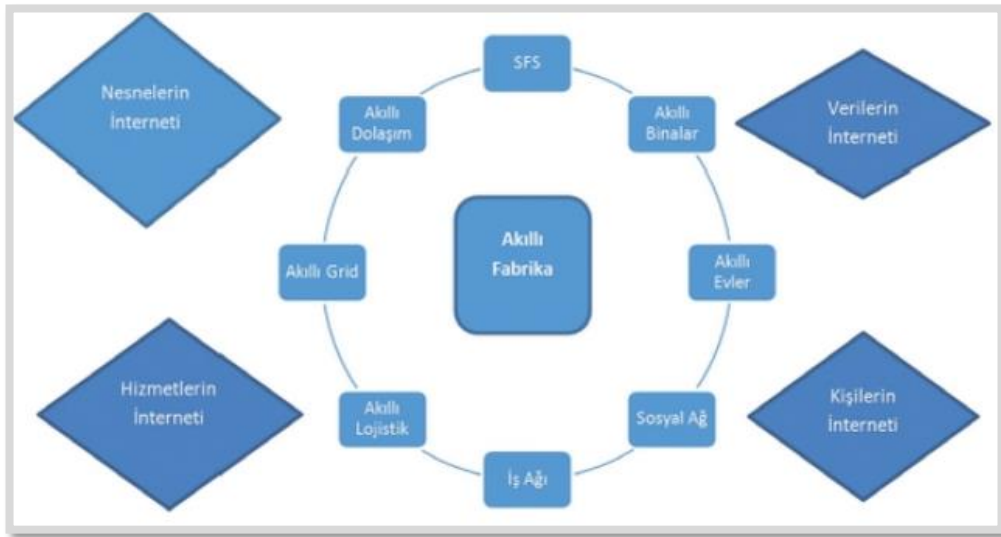
2.2.2. 3D Baskı

Bilgisayar programlarıyla tasarlanıp geliştirilen ürün modellerinin, 3D yazıcı yardımıyla fiziksel varlığa dönüştürülmesidir. Yeni ürün geliştirme stratejisi olarak görülen bu teknoloji ile fabrika maliyetini düşürmektedir ve ürünlerin doğru, hatasız bir şekilde ve

en kısa sürede üretilmesini sağlamaktadır. Ham maddelerin işleme tabi tutulup ürün oluşturulmadan öncesinde oluşturulan modeller üzerinde maliyet olmaksızın değişiklikler yapılabilir.

2.2.3. Nesnelerin interneti (IoT)

Üretimde kullanılan, birbirleriyle ilişkili bilgi işlem cihazları, insanları, dijital ya da mekanik makineleri bulut teknolojisi üzerinden birbirine veri aktarabilen bir ağ üzerinden bağlayan birbiriyle haberleşebilen bir teknolojidir. Nesnelerin interneti, anlık olarak izleyerek topladığı tüm verileri analiz ederek gönderen, olası risk ve hataları ya da uygun iş kararlarının hızla alınabilmesini sağlayan güçlü bir teknolojidir.



Şekil 4: Endüstri 4.0 Ortamı (Mmorize, 2022)

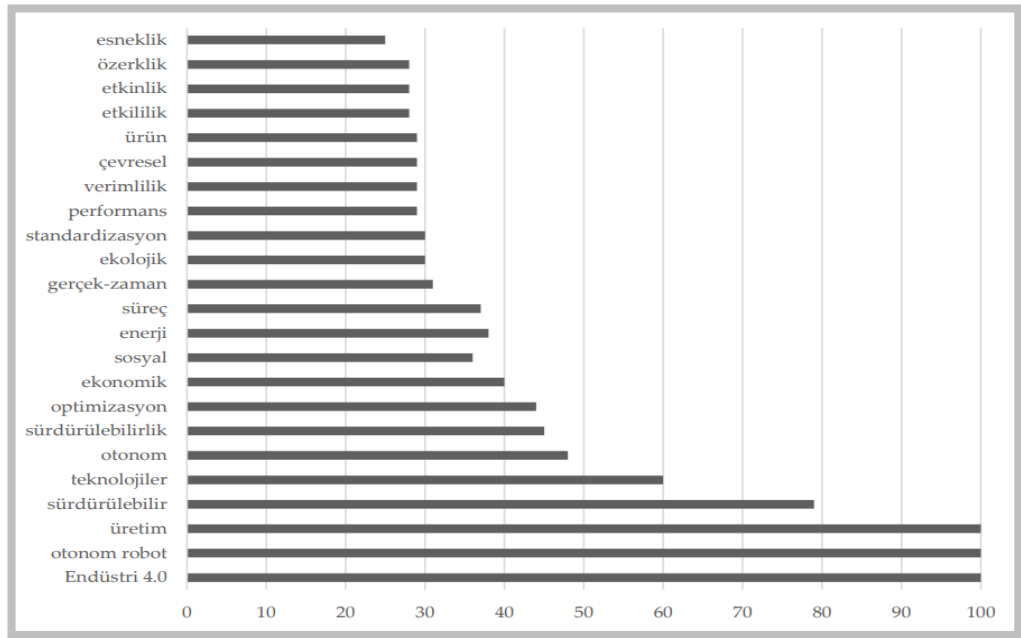
2.2.4. Hizmetlerin İnterneti

Hizmet sektörleri her geçen gün büyük topluluklara hitap edebilmekte ve günden güne büyümektedir. Hizmet sektörlerinin hızlı büyümesinden dolayı hizmet biçimlerinin geliştirilmesi ve çeşitlendirilmesi gereksinimi ortaya çıkmıştır. Böylece hizmetler bilgi teknolojileriyle birleştirilerek internet üzerinden yönetilmeye geçilmiştir. Bu detaylı hizmetlere "Hizmetlerin İnterneti" denilmektedir. Hizmet sağlayıcılar, taleplere göre internet üzerinden ulaşılabilir duruma getirilen hizmet sunan web tabanlı yazılımlar olarak tanımlanmakta ve bu yenilikçi ilerlemeler hizmet sunumunda yeni dağıtım kanalları, tarım ve yeni iş modelleri oluşmasını sağlamaktadır. Böylece hizmeti sunarak ticaret yapmak kolaylaşmıştır. Hizmetlerin İnterneti, hizmet sağlayıcılara ve tüketicilere,

hizmet sunmak için internet üzerinden tasarım, araştırma, geliştirme, üretim, satış, pazarlama ve dağıtım şeklinde ayrıntılı hizmetler içeren iş ağı imkânı sunmaktadır. Böylece aracılara, firmalara, tüketicilere, tedarikçilere ve toptancılara hizmet verebilmek için birlikte çalışabilmektedir; böylece daha etkin değer oluşturabilmektedirler (Şekkeli & Bakan, 2018).

2.2.5.Otonom Robotlar

Hemen hemen her sektörde kullanılan özellikle üretim sistemlerinde devrim oluşturan, insanlar için tehlikeli olan işlerde etkin olarak kullanılan, işleri otomatik olarak yapabilen yapay zekâya sahip robotik istemlerdir.



Şekil 5: Otonom Robotların Sürdürülebilirlikle İlişkilerinde İncelenen Makalelerde En Çok Yer Alan Kelimelerin Dağılımları (ÇİRKİN & ÖZDAĞOĞLU, 2021)

Şekil 5’de görüldüğü gibi; araştırılan makalelerde en fazla Endüstri 4.0, otonom robot, sürdürülebilir, sürdürülebilirlik, teknolojiler, optimizasyon, standardizasyon, üretim, ekonomik gibi kelimelerin ön planda olduğu görülmektedir. Özetle; Endüstri 4.0 teknolojilerinin arasında bulunan otonom robotların sürdürülebilirliğe yönelik katkılarını inceleyen ilgili literatür taramalarından, otonom robotların sürdürülebilirliğe her bakımdan katkı sağladığı sonucuna ulaşılmıştır (ÇİRKİN & ÖZDAĞOĞLU, 2021).

2.2.6.Siber Fiziksel Sistemler (SFS)

Sanayi sektöründe üretim yapılırken karar verme sistemleri arasındaki bağlantıyı, veri akışını yani tüm iletişimi sağlayan Endüstri 4.0'ın temel güçlerinden oluşturmaktadır. Üretim sürecinde, nesnelere ile insanlar arasındaki çift yönlü iletişim kurulmasını sağlamakta, karar sistemleri arasında veri akışını eş zamanlı olarak arttırarak nesnelere ve insanlarla etkileşim sağlayan bütünleşik yeni teknolojilerdir. Üretimde tüm süreçlerde işlemlerin kontrolü, takip edilmesi, hata sırasında eş zamanlı müdahale edilmesiyle koordineli olarak çalışan teknolojilerle donatılan SFS Endüstri 4.0'ın temelidir.

2.2.7.Büyük Veri

İş süreçlerinde birbirine bağlı cihazlardan toplanan bütün verilerin analiz edilmesi ile önemli kararlar alınmasını sağlayan verilerin toplandığı bir sistemdir. Büyük veriler iyi analiz edilip doğru kullanıldığı zaman kaynaklardan maliyet ve zaman tasarrufu sağlamaktadır. Anlık hataları ve sorunları belirleyerek onarım sağlamaktadır. Kurumsal anlamda işleyiş etkilenmeden tüm sorunlar gerekli birimlere bildirilmektedir. Büyük veriler güçlü analiz edildiğinde, doğru kararlar alınmasını sağlamaktadır.

2.2.8.Artırılmış Gerçeklik

Artırılmış Gerçeklik; ileri bilgisayar teknolojilerini kullanılarak, insanların algılarını arttıran, aynı ortamdaki sanal ve gerçek nesnelere üç boyutlu ve eş zamanlı olarak etkileşime sokan, karar almalarında etkili olan akıllı görünümü gerçekleştiren teknolojidir. Kullanım alanı çok geniştir ve çoğu sektörde kullanılmaktadır. Pazarlamada, müşterilerin ürün almasındaki karar sürecinde ürün hakkında canlı, eş zamanlı detaylı bilgilendirme ile fikir edinmelerine yardımcı olan etkin bir teknolojidir.

2.2.9. Yapay Zekâ

Yapay zekâ; makinelerin öğrenme, analitik düşünme ve karar alabilme becerisidir. Yapay zekâ iş gücü maliyetlerini düşürme, iş gücü verimliliğini artırma, insan kaynakları yapısını optimize etme ve yeni iş talepleri oluşturma özellikleri sebebiyle üretimde olağanüstü sonuçlar elde edilmektedir. Endüstri 4.0 teknoloji devrimi ve yapay zekâ ile birlikte meslekler de dönüşüm içine girmiştir. Araştırmalara göre; yapay zekâ teknolojilerinin insan performanslarından daha yüksek seviyede bir beceri gösterdikleri gözlenmiştir. Birçok görev yapay zekâ tarafından yapıldığından, bazı meslekler yok olma

riski altında olmakla birlikte, dijitalleşme sonucunda ortaya çıkan yeni mesleklerde insanların yaptığı birçok görevi yapay zekâ sistemlerinin yapacağı öngörülmektedir. Bu nedenle ülkelerin eğitime yapacağı yatırımlarla yapay zekâ teknolojisinin ekonomi üzerinde etkili olacağı araştırmacılar tarafından belirtilmektedir.

Tablo 1: Yeni Teknolojilerdeki Dönüşüm

Yeni Teknolojiler	Gelişme Oranı	2025 Ekonomik Etkisi
Nesnelerin İnterneti	Son 5 yıla göre kullanımda %300 artış	36 trilyon \$ - etkilenen önemli endüstrilerin <u>operasyonel maliyetleri</u> açısından
Bulut Teknolojisi	2025 e kadar milyarlarca kullanıcı (<u>sosyal, mobil, analitik, bulut kullanıcıları</u>)	1.7 trilyon \$- gayrisafi yurtiçi <u>hasıla</u> (GSYH)
3D Yazıcılar	Geçtiğimiz 10 yılda eklemeli üretimde 4 kat gelir artışı	11 trilyon \$- Küresel üretim GSYH
Bilgi Otomasyonu	Akıllı dijital asistanların kullanımında 400 milyondan fazla artış	9 trilyon \$ <u>dan</u> fazla bilgi işçisi istihdam maliyeti
Robotik	2010-2016 yılları arasında endüstriyel robot satışında %8 artış	6 trilyon \$ üretim işçisi istihdam maliyeti

(SATI & YILMAZ, 2020)

2.3. Endüstri 4.0 Teknolojileriyle Yapılan Akıllı Üretimin Özellikleri

Endüstri 4.0 teknolojileriyle yapılan akıllı üretimde bütün makineler nesnelerin interneti vasıtasıyla haberleşmektedir. Endüstri 4.0 devrimiyle akıllı teknolojilerdeki gelişmelerin sürekli olduğunu söyleyen Dünya Ekonomik Forumu kurucusu olan K. Schwab, Endüstri 4.0 devriminin en temel özelliklerini genişlik ve derinlik, hız, sistem etkisi olarak üç temel gruba ayırmaktadır. Hızla gelişmekte olan bu teknolojiler, bir sonraki adımda daha da ilerlemiş teknolojilerin üretilmesini sağlayacaktır. Endüstri 4.0 teknolojilerinin hızla ilerlediği günümüzde, akıllı üretimin kişiye has olma yapısı ile farklı bir genişlik ve derinlik kazanmıştır. Endüstri 4.0 devrimi, yalnızca sanayi sektörüyle sınırlı kalmayıp tüm sektörlerde ve ülkelerde genel bir değişime neden olduğundan, sistemsal bir etkisi bulunmaktadır. Bu teknoloji devrimi sonrasında tüm sektörlerde, şirketlerde hatta dünyada bütünsel bir dönüşüm ve değişim yaşanacağı öngörülmektedir (CENGİZ, 2019).



Şekil 6: Dört Adımda Endüstri 4.0 (Sener & Elevli, 2017)

Üretimde robotların kullanılmasıyla sensörler, veriler, bilgiler ve işlemlerden oluşan dört temel faktör ortaya çıkmıştır. Sensörler dış ortamlardaki durumu sayısal veriye dönüştürmektedir. Ortamın sıcaklığı, nesnenin uzaklığı, pH düzeyi gibi ölçülebilir verilerin elde edilmesini sağlamaktadırlar. Ölçüm yetenekleri hassas ve çeşitlidir. Sensörlerden alınan veriler, hedefe uygun olarak değerlendirilmekte ve sınıflandırılmaktadır. Bilgi; alınan bütün verilerin işlenerek anlamlı hale getirildiği ve farklı yazılım ve yapay zekâ algoritmalarıyla birçok işlemde geçerek istenilen sonuçlara göre kararların verildiği bölümdür. Algoritmaların ve yazılımların ana maddesi olan verilerin anlamlı bir bilgiye dönüştürülmesi Endüstri 4.0 devriminin ana özelliklerinden biridir. Son basamak işlem bölümüdür ve somut olarak eyleme dönüşün yapıldığı nihai bölümdür. Alınan veriler anlamlı bilgilere dönüştükten sonra genel olarak donanımsal ve fiziksel hareketlerle işlemler sonuçlanır (CENGİZ, 2019).



Şekil 7: Dijitalleşme Süreci (Sener & Elevli, 2017)

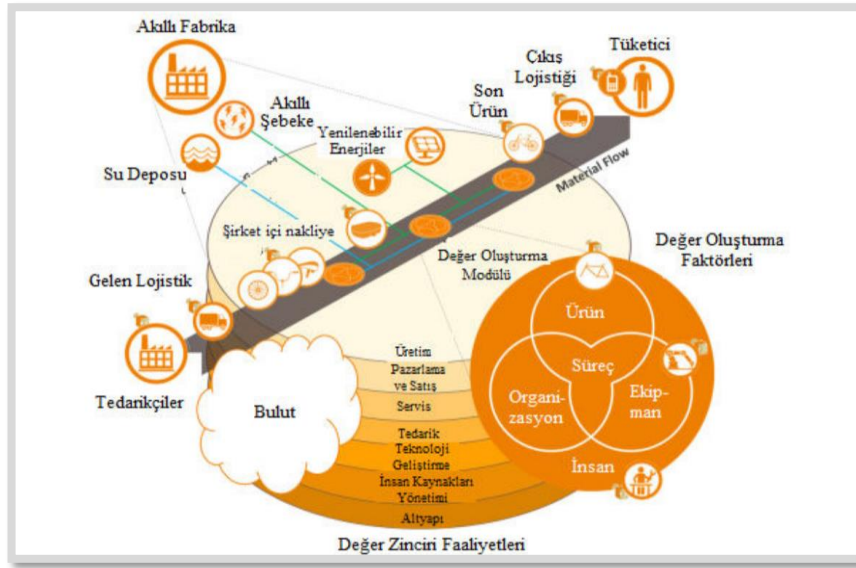
Yapılmak istenen projeler dijital ortama aktarılınca, projeyi takip etme, gözleme, sonuçlar elde etme, analiz etme, yönlendirme, geliştirme özetle tüm sürece hâkim olmak kolaylaşmaktadır. Projeleri sistemli bir biçime getirip, alt yapısını yazılımla güçlendirerek, harcanan enerjilerden ve gereksiz zaman kayıplarından tasarruf ederek akıllı çözümlere ulaşabiliriz. Projeleri sistemsel duruma getirmek için 3 temel işlem bulunmaktadır. Birinci; ortamdaki etkili tüm üretim malzemelerine ve ürünlere bir ID vererek, örneğin bir barkod gibi isimlendirme yöntemi ile kimlik kazandırmaktır. Ürünler dijitalleştirilerek birbirine bağlayınca bir değer zinciri ortaya çıkmaktadır. Böylece veriler toplanmaya hazır hale gelerek, bütünleşmiş tüm bileşenlerin tanımlandığı dijital bir sistem oluşturulur. Sonuçta verimli bir tedarik zinciri ve envanter oluşturulmuş olur. İkincisi; tüm ürünleri ve üretimdeki malzemeleri kayıt altına alabilmek için sensörlerle ölçmektir. Bunları eş zamanlı takip edebilmek için değer zincirindeki tüm proses ve sensörlerden alınan veriler toplanarak, sürecin her bölümünde ölçüm alınabilmektedir. Bütün verilerin ölçülmesiyle firmalar tüm süreçleri iyileştirme, ürün maliyetlerini azaltma ve ürün kalitesini artırma imkânı kazanmaktadır. Üçüncüsü; bu ölçümlerin analiz edilmesidir. Kimlik kazandırılmış ürünler birbirilerine dijital özelliklerine göre bağlanarak, etkileşim haline gelen tüm mekanizmalar analiz edilir. Böylece büyük veri yönetimi ile ölçümler belirlenebilir, verimi artırılabilir ve kalitede de optimize edilmiş olur (Sener & Eleveli, 2017).



Şekil 8: Endüstri 4.0 Teknolojileri ve Akıllı Fabrika (Fırat & Fırat, 2017)

Endüstri 4.0'ın akıllı teknolojileri ile üretim; makine, insan ve donanım temelli bir üretim ortamı olan akıllı fabrikalardır. Akıllı üretim süreçlerinde veri alışverişi yapabilen akıllı teknolojiler ile bütün süreçler kendi kendini kontrol etme, hataları tespit etme özelliklerine sahiptir. Akıllı fabrikalarda üretimden tedarik süreçlerine kadar birbiriyle haberleşebilen yenilikçi teknolojiler sayesinde maliyetler düşmekte, hatalar azalarak verim artmaktadır.

2.4. Endüstri 4.0 Teknolojileriyle Oluşturulan Değer Zinciri



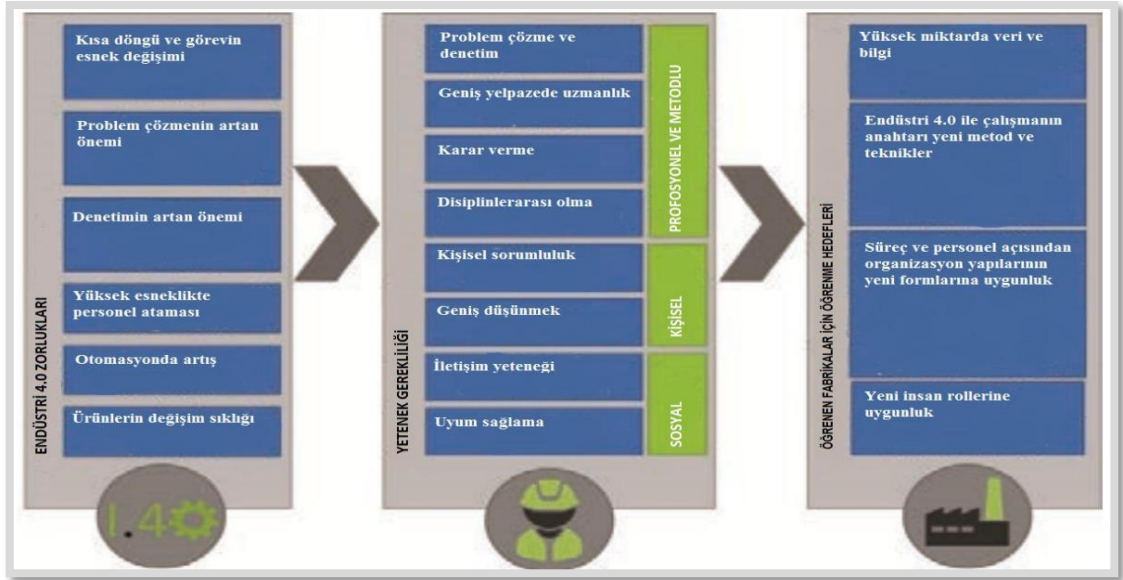
Şekil 9: Endüstri 4.0 Teknolojileriyle Değer Zinciri (Yıldız, 2018)

Endüstri 4.0 devrimi ile akıllı üretimde 21.yüzyıldaki dijital teknolojilerinin kullanılmasındaki artış ve dijital dönüşümün yaygınlaşması sonucunda yüksek nitelikli iş gücüne olan ihtiyaç günden güne artmaktadır. Gelişmiş ülkeler, bireylere 21. yüzyıl ve üst düzey bilişsel becerileri kazandıran, piyasaların ihtiyaç duyduğu insan gücünü yetiştiren devamlı güncellenen ve çağa uygun eğitim sistemleri geliştirmektedir. Dijitalleşme çağında ülkeler, küresel rekabet gücünü arttırabilmek için Şekil 9'de görülen değer zinciri faaliyetlerini yürütebilecek bireyleri yetiştirmek için yenilikçi eğitim sistemlerine yatırım yapmaktadır. Ülkeler üretilen teknolojileri doğru kullanabilen üst düzey düşünme becerilene sahip insan gücü oluşturmak için eğitim politikalarında yenilikçi ürünler ortaya çıkarma, kritik analitik düşünme, sorumluluk, sürdürülebilirlik, verimlilik gibi faktörlere odaklanmaktadır (Yıldız, 2018).

2.5. Endüstri 4.0 Uygulamadaki Zorluklar ve Nitelikli İşgücü Gereksinimi

Endüstri 4.0 teknolojilerindeki sürekli gelişimin sonucunda iş gücü de değişime uğramıştır. 21. yüzyıl becerileri kazandırılmış nitelikli işgücü akıllı üretim sisteminin merkezinde bulunmaktadır. Akıllı üretim süreçlerinde yeni nesil işgücünden talep edilen yaratıcılık, mühendislik ve tasarım becerilerine sahip olan bireylere bütün işletmelerin ihtiyacı vardır.

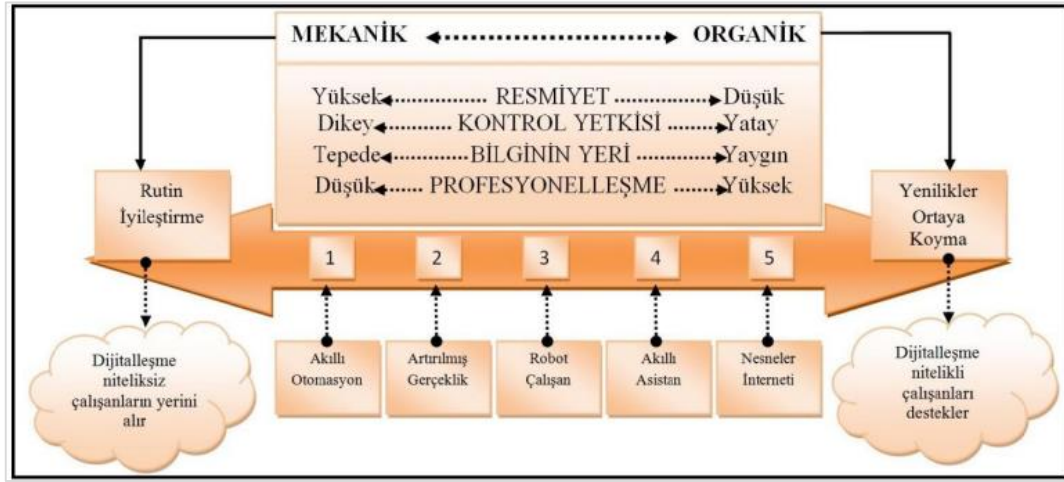
Endüstri 4.0 süreçleri, üretimde birçok fırsatlar ve kolaylıklar sağlamasına rağmen Şekil 10'da görüldüğü gibi birtakım zorlukları da bulunmaktadır. Endüstri 4.0 teknolojileri ile akıllı üretimde denetim ve problem çözme becerilerindeki artan önem, görevin esnek değişimi, otomasyonda artış, ürünlerin değişim sıklığı, yüksek esneklikte personel ataması gibi zorlukların üstesinden gelebilmek için bazı becerilere ihtiyaç duyulmaktadır. 21. yüzyıl becerileriyle donatılmış iş gücünün, süreçteki beceri ihtiyacına cevap vermesi gerekmektedir. Yeni metot ve teknikler, yüksek miktarda veri, işletmeleri nitelikli işgücüne uygun hale getirme, yeni formda organizasyon yapıları gibi unsurlarla süreçlerdeki zorlukların üstesinden gelenebileceği öngörülmektedir (AKBEN & AVŞAR, 2018).



Şekil 10: Endüstri 4.0 Zorlukları, Yeteneklerin Gereksinimi ve Akıllı Fabrikalardaki Öğrenme Amaçları (AKBEN & AVŞAR, 2018)

Endüstri 4.0 teknolojileriyle yapılan rutin işler için gereksinim duyulan beceriler artık olağan bir yetenek biçiminde değerlendirilecektir ve teknolojik ilerlemelerle bu beceriler hızla yapılabilecektir. “The Future Of Employment” isimli bir araştırmaya göre; rutin meslek gruplarının otomasyon süreçlerine daha fazla teslim olma olasılığının daha yüksek olduğu, bilişsel ve sosyal yeteneklere gereksinim duyulan meslek gruplarının ise, otomasyon süreçlerine daha az yatkın olduğu belirtilmiştir (AKBEN & AVŞAR, 2018).

2.6. Endüstri 4.0’ın Firmaların Yönetimine Etkileri

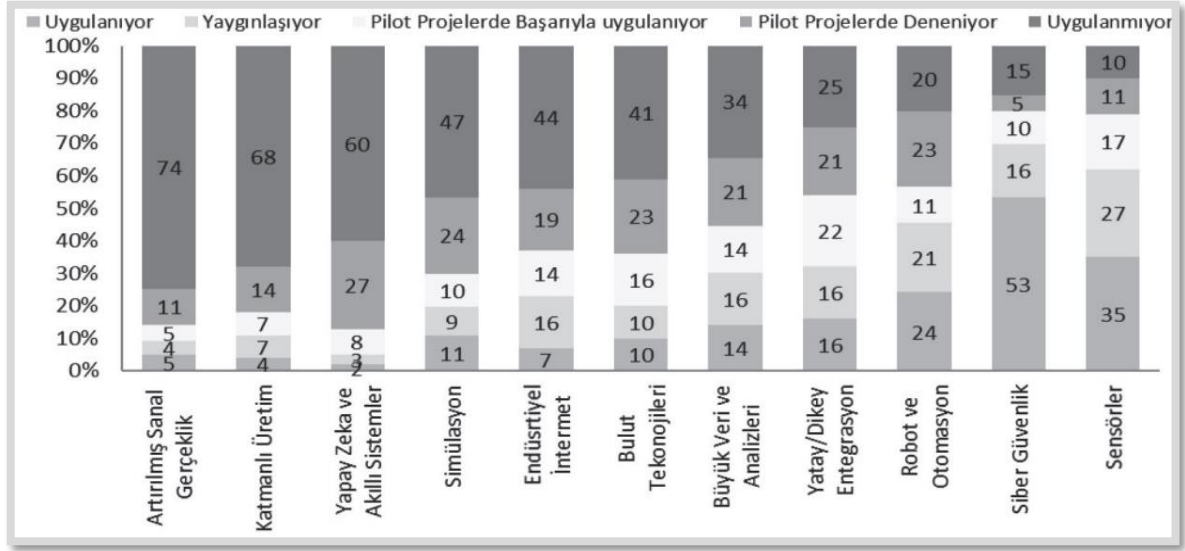


Şekil 11: Endüstri 4.0’ın Örgüt Yapısına Etkileri (ASAR & ESEN, 2021)

Endüstri 4.0 unsurlarının bütün değer zinciri süreçlerinde yeni bir örgüt yapısı oluşturacağı öngörülmektedir. Daha karmaşık sistemleri yönetebilen işletmelerin oluşturulabilmesi için teknolojik inovasyonlar sürekli ilerlemeyi sağlamaktadır. Endüstri 4.0 unsurlarıyla örgüt içerisinde çalışanlar yetkilendirilme düzeyine göre işletmenin tüm bilgilerine eş zamanlı erişebilme olanağı bulunmaktadır, firmalar tedarikçiden doğrudan sipariş verebilmekte, tüketiciler siparişlerinin durumunu doğrudan takip edebilmekte ve firmalar stok durumunu kontrol edebilmekte, özetle firmalar her basamağı açıkça görebilmektedir. Endüstri 4.0 unsurlarıyla yöneticiler, firma bilgilerine verilere eş zamanlı olarak ulaşabilmekte ve karar verme süreçleri hızlanmaktadır. Endüstri 4.0 teknolojilerinden faydalanabilmeleri için örgütlerin pazar ve müşteri erişimi, iş modelleri, yasal riskler, değer zinciri ve güvenlik, ürün ve hizmet portföyü, organizasyon kültürü gibi yeteneklerin geliştirilmesi gerekmektedir. Yönetim açısından örgütlerin yapısını etkileyen Endüstri 4.0 kavramının; kontrol yetkisi, organizasyon içinde bilginin yeri, resmiyet düzeyi ve profesyonelleşme gibi dört seviye vardır. Bu nitelikler, yönetimin

unsurlarının teknolojik dönüşümü, bu süreçlerin entegrasyonu ve meydana gelen organizasyonun geliştirilmesi; “Endüstri 4.0 Bilinçli Liderlik” stilini gerektirmektedir (ASAR & ESEN, 2021).

2.7. Firmaların Dijital Teknolojileri Kullanma Seviyeleri



Şekil 12: Firmaların Dijital Teknolojileri Kullanma Seviyeleri (ERKEKOĞLU & USLU, 2021)

2017’de TÜSİAD tarafından, Endüstri 4.0 teknolojileri ve akıllı üretim konusunda Türkiye’de iş dünyasının STEM alanlarındaki işgücüne olan talebin ve beklentilerin neler olduğunu belirlemek için ayrıntılı bir rapor hazırlanmıştır. Bu çalışmada; 110 teknoloji tedarikçisi ve 108 teknoloji kullanıcısı şirket ile detaylı bir anket çalışmasıyla; firmaların sanayide dijital dönüşüme imkân sağlayan akıllı sistemlerin yani Endüstri 4.0 teknolojilerini kullanma dereceleri belirlenmeye çalışılmıştır. Şekil 12’e göre olumsuz sonuçlar; bu firmalardan %68’i katmanlı (eklemeli) üretim teknolojilerini, %74’ü artırılmış sanal gerçeklik uygulamalarını, %47’si simülasyon teknolojilerini, %60’ı yapay zekâ ve akıllı sistemleri, %44’ü endüstriyel internet kullanmamaktadır. Olumlu olan sonuçlar ise; %35’inin sensörleri, firmaların %53’ünün siber güvenlik sistemlerini, %24’ünün robot ve otomasyon sistemlerini kullanmaktadır. Sonuç olarak; Endüstri 4.0’ın teknolojilerini kullanımına ait uygulamaların artma eğilimini gösterdiği, fakat bu çalışmaların kamu-özel sektör iş birliği içinde hızlandırılması gerektiği belirtilmektedir (ERKEKOĞLU & USLU, 2021).

3. ENDÜSTRİ 4.0 DEVRİMİNİN MAKROEKONOMİK ETKİLERİ ve NİTELİKLİ İŞ GÜCÜ GEREKSİNİMİ

Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanılmasıyla üretimde gerçekleşen dijital dönüşümün ekonomi üzerindeki etkileri görülmeye başlamıştır. Bu etkiler bütün sektörlerde faaliyette olan işletmelerde görülmektedir. Küreselleşme ve Endüstri 4.0 devrimiyle üretim teknolojilerindeki gelişmeler neticesinde; işgücünün ve işlerin tanımlarında, çalışma süreçlerinde, iş yapma biçimlerinde, çalışma yerlerinde ve nerdeyse bütün mesleklerde büyük değişimler yaşanmaktadır. Teknolojik dönüşümle gerçekleşen akıllı üretimin, yapay zekâ ile bütünleşmesi sonucunda; üretim süreçleri otomatik bir biçimde yapılmakta, üretimde kalite, üretkenlik, verimlilik ve güvenlik artarken maliyetler ise düşmektedir.

3.1.Endüstri 4.0'ın Mesleklere Etkileri

Talebi Artan		Talebi Azalan	
1	Veri Analistleri ve Veri Bilimciler	1	Veri Giriş Görevlileri
2	Yapay zeka ve Makine Öğrenimi Uzmanı	2	İdari ve İdari Sekreter
3	Büyük Veri Uzmanı	3	Muhasebe, Defter Tutma ve Bordro Memurları
4	Dijital Pazarlama ve Strateji Uzmanı	4	Muhasebeciler ve Denetçiler
5	Proses Otomasyon Uzmanı	5	Montaj ve Fabrika İşçileri
6	İş Geliştirme Uzmanı	6	İşletme Hizmetleri ve Yönetim Yöneticileri
7	Dijital Dönüşüm Uzmanı	7	Müşteri Bilgileri ve Müşteri Hizmetleri Çalışanları
8	Bilgi Güvenliği Analisti	8	Genel ve Operasyon Yöneticileri
9	Yazılım ve Uygulama Geliştiricileri	9	Mekanik ve Makine Tamircileri
10	Nesnelerin İnterneti Uzmanı	10	Malzeme Kayıt ve Stok Tutma Görevlisi
11	Proje Yöneticisi	11	Finansal Analistler
12	İşletme Hizmetleri ve Yönetim Yöneticileri	12	Posta Servisi Memuru
13	Veritabanı ve Ağ Uzmanları	13	Satış Temsilcisi, Toplam ve İmalat, Tech. ve Sci. Ürünler
14	Robotik Mühendisi	14	İlişki Yöneticileri
15	Stratejik Danışman	15	Banka Veznesi ve İlgili Katipler
16	Yönetim ve Organizasyon Analistleri	16	Kapıdan Kapıya Satış, Haber ve Sokak Satıcıları
17	FinTech Mühendisi	17	Elektronik ve Telekom Kurulumcuları ve Tamircileri
18	Mekanik ve Makine Tamircileri	18	İnsan Kaynakları Uzmanı
19	Organizasyonel Gelişim Uzmanları	19	Eğitmen
20	Risk Yönetimi Uzmanı	20	İnşaat İşçisi

Kaynak
Future of Jobs Survey 2020, World Economic Forum.

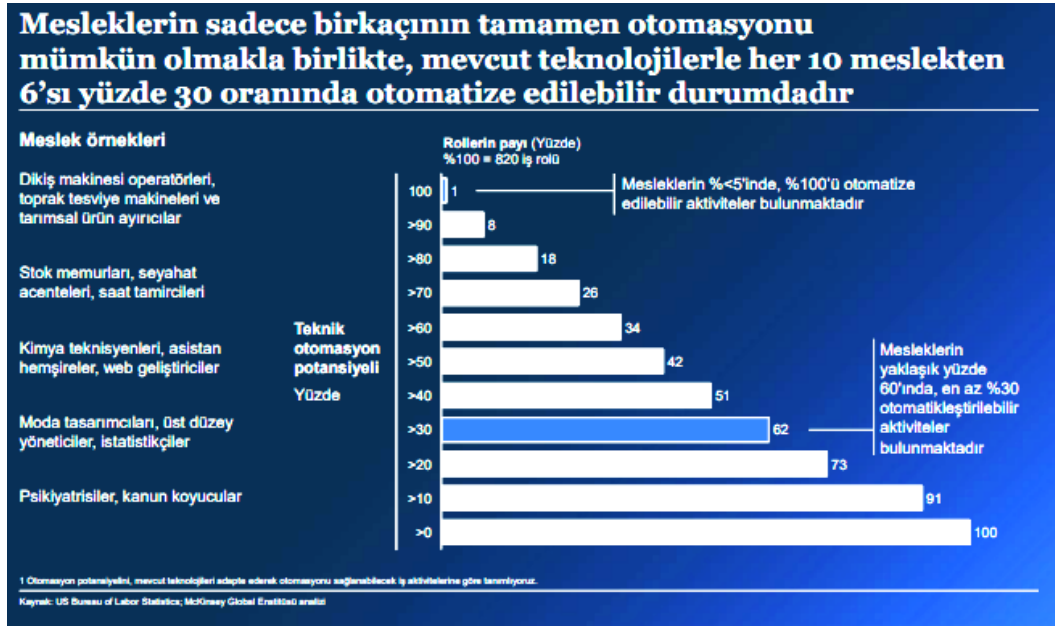
Şekil 13: Sektörler Arasında Talebi Artan ve Azalan 20 İş Rolü (DOĞANAY, 2020)

2018 yılında Dünya Ekonomik Forumu tarafından veri bilimcileriyle işbirliği yapılarak gerçekleştirilen araştırmada; üretim piyasasındaki yeni fırsatlar ve işgücünde gereksinim duyulan yeni beceriler ve yetkinlikler ortaya koyulmuştur. Talebin arttığı 20 mesleğin birkaçı hariç nerdeyse tamamının özellikle yeni nesil teknolojilerin geliştirilmesi, uygulanması ve kullanılmasıyla ilgili olduğunu söyleyebiliriz (DOĞANAY, 2020).



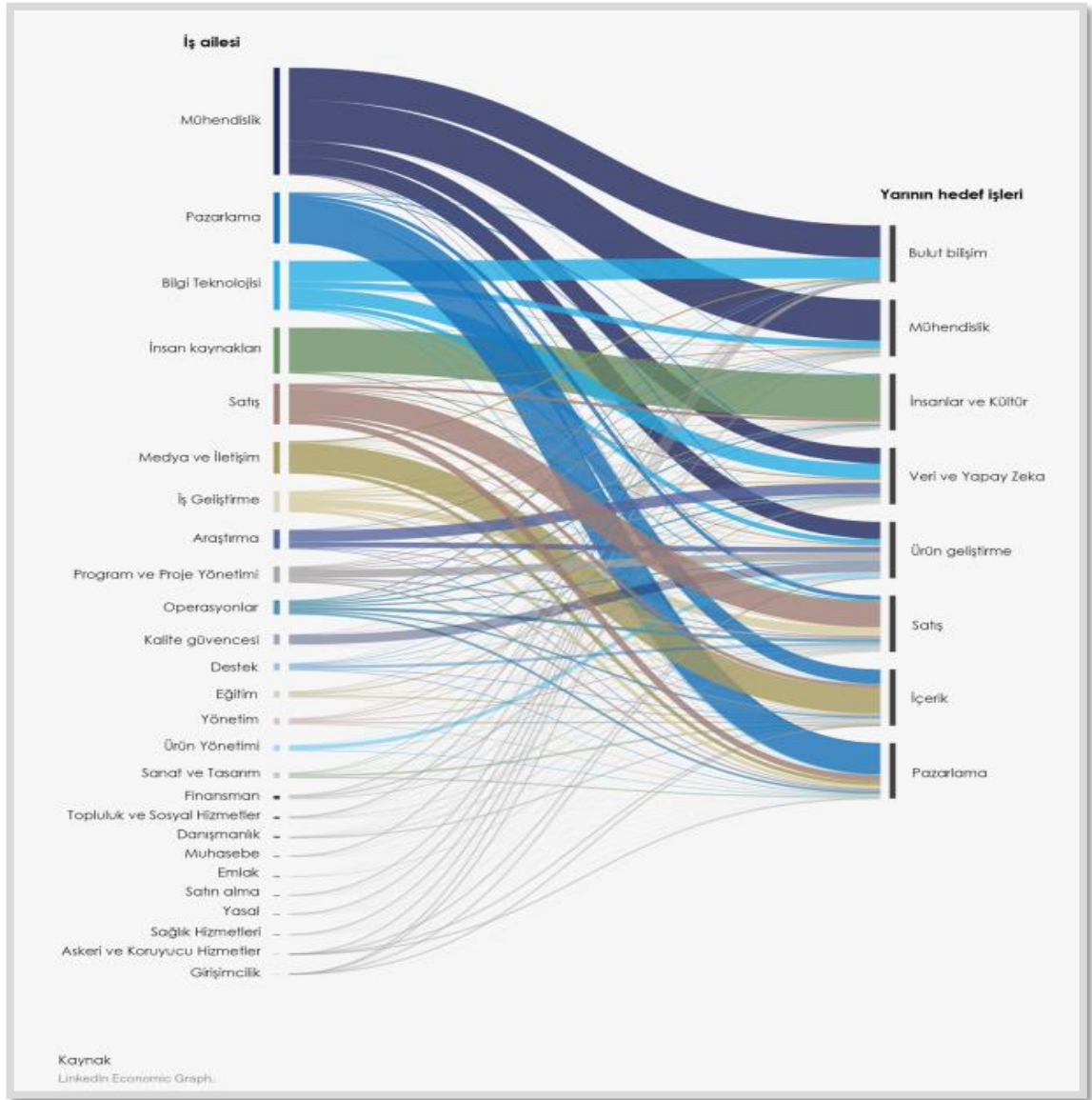
Şekil 14: İnsandan Makineye Kayan Alanlar, Geleceğin Meslekleri Çalışması (AKSAKAL & ÜLGEN, 2021)

Dünya Ekonomik Forumu'nun 2018 yılında hazırladığı raporda, Şekil 14'de gösterildiği üzere Endüstri 4.0 teknolojilerinin etkisiyle birçok işlerde insandan makineye doğru geçiş olmasından dolayı; makinelerin, dijital sistemlerin, yapay zekânın ve robotların iş dünyasına katılımı sürekli artmaktadır. Raporda 2018 yılında insanlar tarafından yapılan işler % 71 oranında iken, 2022 yılında ise %52'ye düşebileceği ve işlerin %48'ini yapay zekâ ve makineler tarafından gerçekleştirileceği öngörülmektedir. Küresel anlamda kurumlardan % 80'inden fazlası Endüstri 4.0 teknolojilerini devreye alarak üretim süreçlerini dijitalleştirmek için harekete geçmektedirler (WEF, 2018).



Şekil 15: İşlerin dönüştürme Potansiyeli ve Teknolojik Yetkinlikler (McKinsey, 2020)

Dünya Ekonomik Forumu'nun 2020 yılında hazırladığı rapora göre; yeni oluşacak mesleklerde 21. yüzyıl becerilerine sahip bireylere gereksinim artmaktadır. Raporda iş ailelerinin değişimi ve dönüşümü sonucunda gelecekteki ulaşılması hedeflenen işler ortaya konulmuştur. Şekil 16'de görüldüğü üzere; bugünkü meslek alanlarının 2025 yılına kadar iş ailelerinin hangi hedef işlere yönlenebileceği konusunda öngörüler belirtilmiştir. Hedeflenen yedi temel iş ailesi (bulut bilişim, mühendislik, insanlar ve kültür, veri ve yapay zekâ, ürün geliştirme, satış, içerik ve pazarlama) birbirlerine bağlı şekilde ilerlemektedir. Yedi temel iş ailesinde 96 mesleğe gereksinim duyulacağı öngörülmektedir (DOĞANAY, 2020).



Şekil 16: Geleceğin Mesleklerine Geçişler (DOĞANAY, 2020)

Şekil 16’te görüldüğü üzere geleceğin hedef işlerinden Bulut Bilişim alanına, gelecekte öncelikli olarak mühendislik ve bilişim teknolojisi iş ailesinden önemli oranda geçişler olacaktır. Mühendislerden kalanların bir bölümü mühendislik alanlarında çalışmasına devam edecektir, bir bölümü yapay zekâ ve veri alanlarına, diğer bir bölümü de ürün geliştirme alanlarına geçiş yapacaklardır. Pazarlama alanında çalışanların önemli bir kısmı gelecekte yine kendi alanında çalışacaktır ve kalanların bir bölümü içerik alanına geçiş yapacaktır. Bilgi teknolojisi alanında çalışanların önemli bir kısmı gelecekte bulut bilişim alanına geçecektir, kalanlardan büyük bir kısmının gelecekte yapay zekâ ve veri işlerine geçiş yapacaktır. İnsan kaynakları iş ailesinin gelecekteki isminin, insanlar ve kültür şeklinde değişime uğrayacağı öngörülmektedir. Geleceğin mesleklerinde insanların etkileşiminin önemli bir düzeyde olacağı belirtilmektedir. Büyüme oranı en fazla olan meslekler; veri bilimciliği, yapay zekâ uzmanlığı, tam donanımlı mühendislik gibi teknoloji ile yakın olan meslekler olarak öngörülmektedir (WEF, 2020).

3.2.Endüstri 4.0 Devriminin İşgücüne Etkisi

Endüstri 4.0 teknoloji devrimiyle beraber gereksinim duyulan işgücü görünümü de değişim göstermektedir. Günümüzde ihtiyaç duyulan işgücü fiziksel gücün aksine 21. yüzyıl yetenekleriyle donatılmış akıl gücüne endekslidir. Dünya Ekonomi Forumunun 2018 İşlerin Geleceği Raporu’na göre; teknolojik dönüşüm süreciyle yeni işgücü görünümünün 2022 yılında kazanılması öngörülen beceriler Tablo 2’de gösterilmektedir.

Tablo 2: İş Dünyasında Talep Edilen Beceriler

2018	2022
Analitik ve yenilikçi düşünme	Analitik ve yenilikçi düşünme
Kompleks problemleri çözme becerisi	Etkin öğrenme stratejilerine sahip olma
Eleştirel düşünce ve analiz yeteneği	Yaratıcılık, özgünlük ve girişkenlik
Etkin öğrenme stratejilerine sahip olma	Yeni teknolojileri tasarlama ve programlama yeteneği
Yaratıcılık, özgünlük ve girişkenlik	Eleştirel düşünce ve analiz yeteneği
Özenli çalışmak, güvenilirlik	Kompleks problemleri çözme becerisi
Duyusal zekâ	Liderlik ve sosyal nüfuz
Muhakeme, problem çözme ve hızlı kavrama yeteneği	Duyusal zekâ
Liderlik ve sosyal nüfuz	Muhakeme, problem çözme ve hızlı kavrama yeteneği
Koordinasyon ve zaman yönetimi becerisi	Sistem analizi ve değerlendirmesi

(WEF, 2018)

Çalışanların 2022 yılında sahip olması öngörülen beceriler: etkin öğrenme stratejilerine sahip olma, analitik ve yenilikçi düşünme, yaratıcılık, özgünlük, girişkenlik, yeni nesil

teknolojileri tasarımı ve programlama yeteneği, kompleks problemleri çözme yeteneği, liderlik ve sosyal nüfuz, duygusal zekâ ön plana çıkmaktadır (WEF, 2018).

3.3.Endüstri 4.0 Devriminin Küresel Rekabet Üzerine Etkileri

Endüstri 4.0 devrimiyle yaşanan teknolojik gelişmeler ve dijital dönüşüm, ekonomilerde ve küresel rekabette de büyük ölçüde değişiklikler meydana getirmiştir. Endüstri 4.0 teknolojileri ile akıllı üretimde maliyet düşerek verimlilik artmıştır ve bu teknolojilere göre nitelikli işgücü oluşturmak için eğitim programları oluşturan ülkelerin de ekonomilerinde verimlilik, büyüme istihdam seviyelerinde artışlar göze çarpmaktadır. Üretimde teknolojiye yatırım yapan ve küresel değer zincirine göre yetişmiş nitelikli işgücü oluşturan ülkelerin, küresel rekabet avantajını ve sürdürülebilirliğini sağlayacağı araştırmalarda vurgulanmaktadır. Ülkelerin, yenilikçi, yüksek teknoloji ve katma değeri yüksek ürünler üretebilmesi, rekabet gücünü arttırabilmesi ve küresel piyasalara uyum sağlayabilmesi ancak teknolojiyi doğru okuyan eğitimli ve nitelikli işgücü ile gerçekleşeceği gözlenmektedir.

3.4.Endüstri 4.0 Devriminin Sürdürülebilirlik Üzerine Etkileri

Akıllı teknolojiler, hem kurumların kendi aralarında hem de küresel rekabette etkin rol oynamakta ve katma değeri yüksek olan üretim imkânları vermektedir. Endüstri 4.0 teknolojileriyle akıllı üretime geçilmesiyle üreticilerin verimliliğini, karlılığını ve pazar payını arttırdığından, üreticiler dijital teknolojilere yatırım planlarını, öncelikli olarak uygulamaya koymayı hedeflemektedirler. Sanayi sektörü yeni teknolojileri etkin ve verimli kullandığı, Endüstri 4.0 devriminin getirdiği teknolojilerin gücünden ve üstünlüğünden faydalandığı zaman rekabet gücü performansını sürekli arttırabilecek, sürdürülebilir rekabete katkılar sağlayabilecektir. Ayrıca akıllı üretime uyum sürecinde yenilikçi yaklaşımlar geliştiren sektörler yüksek performanslı üretim sağlayabilecektir. Dolayısıyla üretimde doğru kararlar alabilme yeteneği, kaynakların verimli kullanılması ve tüm süreçlerin etkin yönetilmesi sayesinde başarılı bir rekabet gücü oluşturacaklardır. Akıllı üretimin getirdiği pozitif avantajlar ile ülkelerin kalkınması, refahı, ekonomik istikrarı ve sürdürülebilirliği olumlu yönde etkilenecektir.

Tablo 3: Endüstri 4.0 Çerçevesinde Sürdürülebilirlik Faktörleri

Çevre	Ekonomi	Toplum
3B Baskı	Küresel ekonomide artan akıllı sistemler	Nitelikli işgücü ihtiyacı
Biyo-enerji kullanımı	Dijital dönüşüm	Azalan çalışma süreleri
Verimlilik artışı	Artan yatırımlar	Küresel ölçekte endüstri göçleri
Azalan hammadde kullanımı	Hızlı ekonomik büyüme	Yeni işler / meslekler
Üretimde azalan atıklar dönüşüm		GIG ekonomisi, sendikaların zayıflaması






(Toker, 2018)

Ülkelerin ulusal kalkınma amaçlarını gerçekleştirmek için gereken faktörlerden olan işletmeler; yoksulluğun azaltılması, ekonomik büyüme, gelirin daha adil bir şekilde dağılımı ve istihdam sağlayarak üretkenlik artışının sağlanması ve refah oluşturulması gibi unsurlarda önemli rol oynamaktadır. Teknolojinin hızla geliştiği günümüzde, işletmelerin ana hedefi; bilgi, iletişim ve akılcılık ile üretimin verimliliğini ve esnekliğini artırarak uzun vadeli rekabet güçlerini geliştirmek ve güçlendirmektir. İşletmelerde akıllı üretim ile üretkenliğin artırılması, enerji ve kaynak verimliliği, pazarlama döngüsü sürelerinin kısaltılması ve inovasyonun yanında mühendisliğin bütün değer zinciri süreçlerinde baştan sona dijital entegrasyonu amaçlanmaktadır. Endüstri 4.0, üretimin bütün değer zincirinin sürecinde pozitif sürdürülebilirlik etkileri oluşturma potansiyeline sahip olduğundan, sürdürülebilir endüstriyel değer oluşturması anlamına gelebilmektedir. Endüstri 4.0 teknolojileri ile üretimde bütün süreçler birbirleriyle bütünleşince değer oluşturma süreçleri daha etkin bir şekilde gerçekleşmektedir. İş dünyasında ve literatürde sürdürülebilirlik ve Endüstri 4.0 arasındaki ilişki çok yenidir; bu yönde sürdürülebilirlik kavramını; toplum, çevre ve ekonomi kavramları olarak üç ana boyutta ele alınabilir. Dijital üretim çevre boyutunda değerlendirildiğinde; Endüstri 4.0 teknolojileri kullanılmasıyla hatalı üretimi sırasında ortaya çıkan atıklar engellenecek ve kaynak kullanımı minimum seviyeye inerek üretim süreçleri hızlanacak böylece üretimde verimlilik artışı olacaktır. Toplumun geleceği boyutunda; özellikle işgücü piyasasında yüksek yetkinliklere dayalı birçok yeni iş gelecek ve nitelikli işgücüne gereksinim artacaktır. Ekonomi boyutunda değerlendirildiğinde; küresel ekonomide hızlı bir ekonomik büyüme yaşanması sonucunda, işletmeler dijital yatırımlar yapması gerekecek

ve ekonomik büyümede etkili olacak, sonuçta işletmelerin ve ülkelerin sürdürülebilir performanslarında dijitalleşen hizmetler ve ürünler ana unsur olacaktır (Toker, 2018).

3.5. Endüstri 4.0 Devriminin İstihdam Üzerindeki Etkileri

Endüstri 4.0 teknolojileri kullanılmasıyla yapılan birçok işin daha az kişi istihdam edilerek gerçekleştirilmektedir. Üretimde kalitede, verimlilikte, yeni ürün ve hizmetlerde olan artışla yeni istihdam alanları oluşmaktadır. Bu sebeple işgücünün yeni beceriler ve yetenekler kazanması için yapılacak politikalar ve stratejiler çok büyük önem kazanmaktadır. Japonya Endüstri 4.0 süreçlerini Toplum 5.0 olarak tanımlayarak bu gelişmeleri bilgi toplumu olarak isimlendirmiştir. Araştırmalarda, teknolojik gelişmelerin mesleklerde niteliksel bir değişime sebep olduğu ve eğitilmiş ve yetenekli çalışanlara yönelik talebin arttığı vurgulanmaktadır (KOÇ, 2020).

	 Temel yetkinlikler Temel sözel, sayısal ve iletişim	 Fiziksel yetkinlikler Motor ve kuvvet yetkinlikleri Genel ekipman tamiri ve mekanik yetkinlikler	 İleri seviye bilişsel yetkinlikler Yaratıcılık Karmaşık bilgi yorumlama Proje yönetimi Eleştirel düşünme/ karar alma	 Sosyal yetkinlikler Girişimcilik Çevreyle uyum becerileri/ empati İleri seviye iletişim Adapte olabilmek/sürekli öğrenme	 Teknoloji yetkinlikleri Temel dijital yetkinlikler Bilimsel araştırma Teknoloji tasarımı, mühendislik İleri düzey veri analizi
2030 referans işgücü Milyon	5,2	15,5	5,8	4,5	2,4
2030 işgücü projeksiyonu¹ Milyon	4,7	14,3	6,2	5,5	3,9
Değişim Yüzde	%-10	%-8	%7	%22	%63

Şekil 17: Önümüzdeki 10 yıl Nitelikli İşgücü Gereksinimi (McKinsey, 2020)

İşgücü piyasalarında ulusal düzeyde daha fazla araştırma ve analizler yapılması ve iş ile eğitimin uyumunun sağlanması ayrıca işgücü piyasalarında nitelikli işgücünün istihdamını etkileyen unsurların belirlenmesi gerekmektedir. Endüstri 4.0 teknolojileriyle üretim süreçlerinin yapısı insan odaklı olduğundan, dönüşümün ilk adımını eğitim sistemindeki politikalar ve eğitim yaklaşımları oluşturmalı ve ezberci eğitimden ziyade 21. yüzyıl becerilerini kazandıran öğretim sistemi tasarlanmalıdır. Gelecekteki işgücünü iş dünyasına hazırlamak için mesleki ve teknik liselerde müfredatları dijital dünyaya göre yeniden tasarlayarak öğrencilerin becerilerinin artırılması gerekmektedir. Mesleki ve teknik eğitim liselerinde kamu sektörü ve sanayi üniversiteler arasında işbirliği yapılmalıdır. Özetle; Dijital dönüşüme kurumlardan değil insandan başlanmalıdır.

Öğretim sisteminde köklü değişimler yapılmalıdır. Endüstri 4.0 danışmanlarının etkinliği artırılmalıdır. Endüstri 4.0 için kurumsal olarak gereksinim duyulan yeni iş modellerinden birinin Endüstri 4.0 danışmanlığı olduğu anlaşılmıştır. Yeni işgücü özelliklerinin farkındalığı ve mevcut işgücünün niteliklerini artırması ile ilgili farkındalığı artırılmalıdır. Mevcut yetenekler yeni meslekler için yeterli olmamakta, yeni meslekler hakkında öngörülerden faydalanılarak teknolojik dönüşümün nitelikli işgücü gereksinimi artırılmalıdır. Nitelikli işgücü yetiştirilerek iş hayatına kazandırılması, öğretim sisteminde reformlar yapılmalı ve özellikle mesleki ve teknik eğitimlerde müfredat değişimine gidilmelidir. Yeni nesil işgücü için öngörülen değişimler için güçlü politikalar ortaya koyulmalıdır (DOĞRU & MEÇİK, 2018).

3.6.Endüstri 4.0 Devriminin Ekonomik Büyüme Etkisi

Gelişmiş BİT ve akıllı üretim sistemlerinin birçok sektörde neden olduğu dönüşüm ve değişimler ile artan verimliliğin GSYH'a pozitif yansımaları, ülkelerin iktisadi olarak refahını da pozitif yönde etkilemektedir. Ekonomik büyümenin temel kaynaklarından olan nitelikli işgücü ile gerçekleşen inovasyon ve teknolojik gelişmeler patent başvurularını da arttırmaktadır. Böylece ülkelerde ekonomik büyüme gerçekleşmektedir.

3.7.Endüstri 4.0 Devriminin Eğitime Etkileri



Şekil 18: Eğitimin Ekonomi Üzerindeki Etkisi (ÖZTÜRK & SULUK, 2020)

Eğitimin ekonomi üzerinde çok boyutlu etkileri vardır. Bir taraftan toplumsal kalkınmayı ve ekonomik büyümeyi olumlu yönde etkilerken diğer yandan yoksulluğun azalmasında öncelikli rol oynamaktadır Teorik açıdan incelediğimizde, eğitimin insanların bilgi ve becerilerine yapılan bir yatırım olduğu kabul edilmektedir. Zira eğitim, insanlara işlerinde görevlerini yerine getirirken daha verimli olma becerilerini kazandırmaktadır. Eğitim, insanların yenilikçi olmalarını ve teknolojik ilerlemeyi teşvik eden yeni fikirleri üretmelerini ve benimsemelerini sağlar ayrıca bilgi ve yetkinliklerini geliştirir. Makroekonomik düzeyde eğitim, birikmiş insan sermayesi yoluyla toplam üretkenliği artırarak ve teknolojik ilerlemeyi getiren yeniliklerin üretilmesine ve yaygınlaştırılmasına yardımcı olmak üzere uzun vadeli ekonomik büyümeyi teşvik edebilir. Genel olarak araştırmalar, eğitimin uzun vadede ekonomik büyümenin üzerindeki etkisini ampirik olarak kanıtlanmış ve en önemli belirleyicisi olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla eğitim, ekonomik büyümenin bir belirleyicisi olduğu kabul edilmektedir. Şekil 18’de görüldüğü gibi eğitim, sosyo-ekonomik yaşamın birçok unsuru üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Daha eğitilmiş bir toplum, daha yüksek büyüme oranı, toplumsal kalkınma ve dolayısıyla hükümetler için de yoksulluğu azaltma konusunda anahtar rol oynamaktadır. Özetle, eğitim ekonomik büyümede ve toplumsal kalkınmada önemli bir rol oynamaktadır ve topluma ve bireye fayda sağlamaktadır. Bundan dolayı ülkeler eğitim harcamalarını göz ardı etmemelidir (ÖZTÜRK & SULUK, 2020).

Endüstri 4.0 kavramı, akıllı üretim ve dijital dünyayı belirtirken, Eğitim 4.0 kavramı, bu dijital dünyayı doğru algılayabilen ve çağın yetenekleriyle donatılmış bireyler yetiştiren eğitim sistemlerini, Ekonomi 4.0 kavramı ise Endüstri 4.0 devriminin tüm sektörlerde ve yaşamın her alanında kendisini göstermesi olarak algılanmaktadır.

Gelişmiş ülkeler, Endüstri 4.0 teknolojik devrimiyle hızına yetişilemeyen dijital gelişmelerle sistemlerin, nesnelerin ve insanların birbirine entegre olmasından dolayı; sistemdeki insan faktörünü yetiştirip geliştirecek yeni nesil eğitim yaklaşımlarına yatırım yapmaktadır. Çünkü ülkelerin küresel rekabetini arttıracak, ekonomik büyüme ve kalkınmayı sağlayacak sistemdeki değer zincirinin en önemli faktörü nitelikli insan gücüdür. Ülkeler, eğitim politikalarında sanayi işgünü yetiştirmek için; kritik analitik düşünme, yenilikçi ürünler ortaya çıkarma, , sürdürülebilirlik, sorumluluk ve verimlilik gibi etkenlere öncelik vermektedir. Yeni nesil eğitim kurumları ve eğitim politikaları,

teknolojik anlamda değişen ve hızla gelişen küresel dünyada, öğrencileri 21. yy becerileriyle donatılmış bireyler olarak yetiştirmeyi hedeflemelidir.

Geleceğin bireyleri; Endüstri 4.0 teknolojilerini tanıyan, üst düzey düşünme becerilene sahip, teknolojileri doğru kullanabilen, yaratıcı ve yenilikçi olan, üreten, etkili iletişimi olan, duygusal zekâsını kullanabilen, dijital okuryazarlık, girişimcilik, liderlik, inovasyon, iletişim ve işbirliği becerilerine sahip olmaları öngörülmektedir. Eğitimin kalitesini arttırabilmek için sadece öğrencilerin değil aynı zaman aday öğretmenlerin de eğitim programlarında güncelleme yapılması zorunluluktur. Yenilikçi ve çağa uygun eğitim bireylerin bütün gelişmelere ve değişimlere göre kendini geliştirmesine yardımcı olmalıdır. Sanayi devrimiyle bütünleşen bir kavram olan “ömür boyu öğrenme” ile bireyler küresel gelişim ve değişimleri takip edebilmelidir. Özetle; Eğitim sistemi, yaşam problemlerini doğru hissetmesini ve tanımlamasını, yaratıcı düşünme becerisi ile doğru tanımladığı problemlerin çözümünde yenilikçi fikirleri üretebilmesini sağlayacak eğitim politikaları ve programları gerekmektedir.

Tüm çalışanlar dönüşümün parçası olacak, yeni yetkinlikler geliştirmesi gerekenler için büyük bir değişim yaşanacak		
		2030'a kadar işgücü
Mevcut mesleğinde yeni yetkinlikler	Mevcut mesleğine devam ederken teknolojiden yararlanma ve yeni yetkinlikler geliştirme	21,1M
Mevcut mesleğinde farklı roller	Mevcut mesleğinde farklı yetkinlikler geliştirerek rolünü değiştirme	5,6M
Yeni meslek edinme	Farklı mesleklerde/sektörlerde çalışmak için yetkinliklerini büyük ölçüde geliştirme	2,0M
İş gücüne donanımlı katılım	İşgücüne katıldığında gerekli güncel yetkinlikler ile donanımlı olma	7,7M

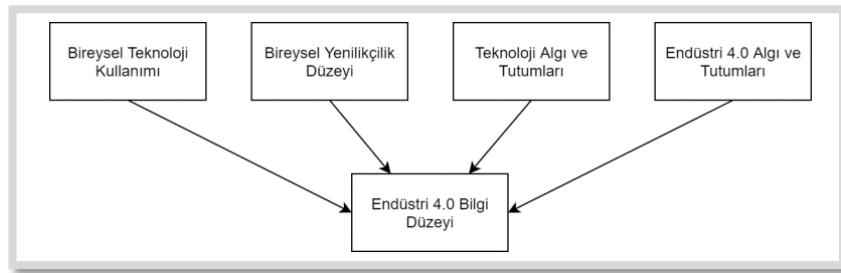
Şekil 19: Yeni Yetkinlik Kazanma ve Yetkinliklerini Geliştirme Oranları (McKinsey, 2020)

Ülkelerin Kalkınmak ve gelişme seviyelerini yükseltmek için teknolojik gelişmeleri eğitim sistemlerine entegre etmeleri gerekmektedir. Hızla gelişen teknolojiyi takip eden, teknolojiyi benimseten ve uygulatabilen nitelikli bireyler yetiştiren eğitim modellerine gereksinim duyulmaktadır. Endüstri 4.0 teknolojileriyle gerçekleşen akıllı üretimi gerçekleştirebilecek teknolojiyi iyi kullanabilen donanımlı işgünün yetiştirilmesi, yeni nesil teknolojileri kavrayabilecek, küresel rekabette güçlü olabilecek bir yapının

oluşturulması ancak 21. yüzyıl becerilerini kazandırabilen bir eğitim modeli ile mümkündür. Ülkelerin küresel rekabette üstünlük elde etme ve her geçen gün gelişen teknolojilere ayak uydurabilecek donanımlı işgücünü yetiştirebilmesi için eğitim politikalarını devamlı güncellemelidir. Sanayide maksimum verimlilik elde etmek için gereken işgücünü sağlayacak eğitim modelleri çok büyük bir öneme sahiptir. Araştırmalar günümüzde eğitim sisteminde sadece bilginin yeterli olmadığı ortak görüşünü vurgulamaktadır. Gelişmiş ülkeler de bireylerin üst düzey düşünme kapasitesi yetiştiren eğitim planları ve yatırımları yapmaktadır. Endüstri 4.0 teknolojilerini iyi düzeyde algılayabilen ve yeni teknolojileri uygulama sürecine geçirebilen yenilikçi ve dijital düşünme becerileri kazandırılmış bireylerin yetişmesini sağlayan STEM eğitim modeli birçok ülkede uygulanmaya başlamıştır. STEM eğitim modelinin; öğrencilerin okul öncesi eğitimi de dâhil olmak üzere ilköğretim, orta öğretim, yükseköğretim hayatını kapsayacak biçimde farklı alanlarda ve bu alanların birbiriyle etkileşim hâlinde olacak şekilde bütünleşmiş düşünülmesi, planlanması, tasarlanması ve uygulanması ülkelerin kalkınması için çok büyük öneme sahiptir.

3.8. Türkiye'deki Üniversite Öğrencilerinin Endüstri 4.0 Bilgi Seviyeleri

Türkiye'deki Üniversite Öğrencilerinin Endüstri 4.0 devriminin getirdiği değişim ve yeniliklere bakış açıları ve Endüstri 4.0 devrimi ile ilgili bilgi seviyelerini ölçmek için Türkiye'deki farklı üniversitelerden ve farklı bölümlerden toplam 165 öğrenci ile anket çalışması yapılmıştır. Endüstri 4.0 bilgi seviyelerini teknoloji algıları ve tutumları, bireysel yenilikçilik seviyesi, bireysel teknoloji kullanımı Endüstri 4.0 teknoloji algı ve tutumları olarak belirlenen dört faktör ile ölçüm modeli hazırlanmıştır ve elde edilen bulgu ve sonuçlar kapsamlı olarak Endüstri 4.0 temel perspektifinde değerlendirilmiştir (YILDIZ & FIRAT, 2020).



Şekil 20: Endüstri 4.0 Bilgi Seviyesi Ölçüm Modeli (YILDIZ & FIRAT, 2020)

Çalışma sonuçlarına göre; üniversite öğrencileri teknolojileri en fazla bankacılık işlemleri için kullanmaktadır. Bireysel yenilikçilik seviyesi bakımından, öğrenciler yenilikçi ve yaratıcı becerileri kazandıklarını düşünmektedir fakat yeniliğe olan güven ve yeniliğe açık olmak gibi ölçümlerde orta seviyede kalmaktadırlar. Öğrencilerin kazandıkları orta düzeyde yenilikçiliğin Endüstri 4.0 konusundaki bilgi seviyesini etkileyici bir faktör olmayacağını belirtmektedir. Üniversite öğrencilerinin teknolojiye olan tutum ve algılarının Endüstri 4.0 bilgi seviyesini etkilemek için yetersiz kaldığı böylece Endüstri 4.0 teknolojilerine karşı algılarının ve tutumlarının, bilgi seviyelerine olan etkilerini sınırlı bırakmakta olduğu görülmüştür. Endüstri 4.0 teknolojileri ve bileşenleri bakımından bilgi düzeyleri ve farkındalıkları, gelişmekte olan sanayi devrimin teknolojilerini ve hızını yakalayabilmek açısından yeterli seviyede olmadığı halde günlük hayata yansıyan ürünleri ve kolaylıkları kullanmakta ve benimsemektedir fakat altyapıyı oluşturan teknoloji ve kavramlardan uzaktır. Bu durumu düzeltmenin yolu ise; dijital devrim ve Endüstri 4.0 ile ilgili derslerin açılması, seminer, konferans gibi bilgilendirmelerin çoğaltılması, odalar ve meslek kuruluşlarının farklı faaliyetlerle bu konularda hizmet vermesi olarak önerilmektedir (YILDIZ & FIRAT, 2020).



Şekil 21: Eğitim Düzeyi ve İstihdam Arasındaki İlişki (McKinsey, 2020)

Özellikle iş aktivitelerinde ve mesleklerde meydana gelen değişimler, işleri yapabilmek için gereken eğitim seviyelerinde de görülmektedir. Türkiye’de herhangi bir lise eğitimi olmadan yapılabilecek mesleklerin oranının, 2030’a kadar %2 puan oranında düşmesi beklenmekle birlikte, en az bir üniversite-lisans eğitimi gerektiren mesleklerin oranının ise, %1 puan artması öngörülmektedir. Nitelikli işgücü yetiştirmek için özellikle meslek liselerine olan gereksinim devam edecektir (McKinsey, 2020).

4. ENDÜSTRİ_4.0 DEVRİMİNİN EĞİTİME ETKİSİ ve STEM EĞİTİM MODELİ İLE BAĞLANTISININ İNCELENMESİ

4.1.STEM Eğitim Modeli Nedir?

Endüstri 4.0 Teknoloji Devrimiyle gelişen 21. yüzyıl yeteneklerinin eğitim ile bireylere kazandırılması ihtiyaç haline gelmiştir. Gelişmiş ülkeler ekonomi ve teknoloji alanında küresel rekabette üst sıralarda yer alabilmek için küresel gelişmelere uygun eğitim sistemleri geliştirmişlerdir. Sanayi ve eğitim arasındaki ilişkilerin, ayrılmaz bir bütün olduğu belirtilmektedir. Bu sebeple gelişmiş ülkeler küresel gelişmeleri eğitim politikalarına dâhil etmektedir. Endüstri 4.0 devrimi ile sanayi sektöründeki teknolojik ilerlemelerin ülkelerin eğitim politikalarını da biçimlendirdiği görülmektedir. Dolayısıyla gerek sanayi gerekse eğitimdeki gelişmeler birbirini etkilediğinden ülkeler için eğitim en etkili konular ve politikalar arasına girmektedir.

Tablo 4: Endüstri Devrimleri ve Eğitime Etkisi

	Eğitim 1.0	Eğitim 2.0	Eğitim 3.0	Eğitim 4.0
Süreç	Yerine Getirme Odaklı	Tamamlayıcı	Yenilikçi	Daima Gelişen
İnsanlar	Genç Yönetim	Genç ve Orta Yaşlı Yönetim	Genç, Orta ve Yaşlı Yönetim	Paydaşlar (İç ve Dış)
Araç/Teknoloji	Hızlı	Daha İyi	Hızlı, Daha İyi ve Ucuz	Hızlı, En İyi ve Akıllı
Yönetim Anlayışı	Sol Beyin	Sağ Beyin	Tüm Beyin	Hızlandırılmış Öğrenme
Amaç	Süreç Temelli	Katılımcı Temelli	Beceri Temelli	İnsan (Kişi) Temelli
Yıl	1970'ler	1990'lar	2000'ler	Günümüz

(BİREKUL, 2020)

Endüstri Devrimleri süreçlerindeki gelişmeler, ülkelerin üretim sitemlerindeki değişiminin yanı sıra eğitim sistemlerindeki değişimleri de beraberinde getirmiştir. Ülkelerin kalkınma ve ekonomik büyümesi için küresel anlamda teknolojiye ileri adımları eğitim ve sanayi alanlarını birbiri ile ilişkilendirerek STEM alanları ile ilgili politikalar oluşturdukları görülmektedir. Böylece okul öncesi eğitimden üniversiteye kadar öğrencilere 21. yüzyıl yetenekleri kazandırılmış nitelikli bireyler olarak yetişmesini merkeze alan STEM eğitim modeli geliştirilmiştir. 21. yüzyılın en etkin eğitim

reformlarından biri olarak kabul edilen, üreten ve yenilikçi buluşlar gerçekleştirebilen bireylerin yetiştirilmesini hedefleyen STEM eğitim modeli farklı dört temel disiplinin birbiriyle bütünleştirildiği bir sistemdir ve ismini bu disiplinlerin baş harflerinden almıştır. Küresel anlamda bilginin hızla artması, akıllı üretimdeki gelişmeler ve katma değeri yüksek olan bir ürün ortaya çıkarmak için tek bir disiplinde uzman olmanın günümüz koşullarında yeterli olmadığı, çeşitli disiplinlerle harmanlanmış eğitim sistemi gerekliliği STEM eğitim modelini ortaya çıkarmıştır. Proje tabanlı STEM eğitim modeli, iş dünyasının nitelikli çalışanlar taleplerinin karşılanmasında etkin bir rol oynadığından, kalkınmasını tamamlamış ya da kalkınmakta olan ülkeler, eğitim bakanlığı, kamu kurumları, farklı meslek kurumları, akademisyenler, bilim merkezleri, sanayi sektörü, iş dünyası gibi birçok kurum ve kuruluşlar eğitim politikaları ve araştırma raporları oluşturmaktadır. Ülkeler için geçmiş yüzyıllarda hammadde ön planda iken günümüz teknoloji çağında ise 21. yüzyıl yeteneklerine sahip, öğrendiği bilgileri üretime geçirebilen kaliteli iş gücü ön plana çıkmıştır. Akademik araştırmalarda, ülkelerin küresel rekabette ilerlemesi ya da rekabet gücünü kaybetmesi arasında uygulanan eğitim programlarının etkili olduğu belirtilmektedir.

Endüstri 4.0 devrimi ile kalkınmış ülkeler arasında teknolojik rekabet gittikçe artmaktadır. Endüstri 4.0 teknolojileriyle akıllı üretim, teknolojik buluşlar ve yenilikçi teknolojiler ortaya koyabilmek için gelişmiş ülkeler yatırım planları hazırlamaktadır. Ülkeler eğitim politikalarını ve eğitim planlarını da geleceğin mesleklerine ve niteliklerine göre hazırlamaktadır. Akademik araştırmalara göre; 21. yüzyıl dijital ekonomi dünyasında üretici ve yenilikçi fikirleri olan bireylerin ve iş dünyasının gereksinim duyduğu iş gücünü STEM eğitim modeli hazırlamaktadır.

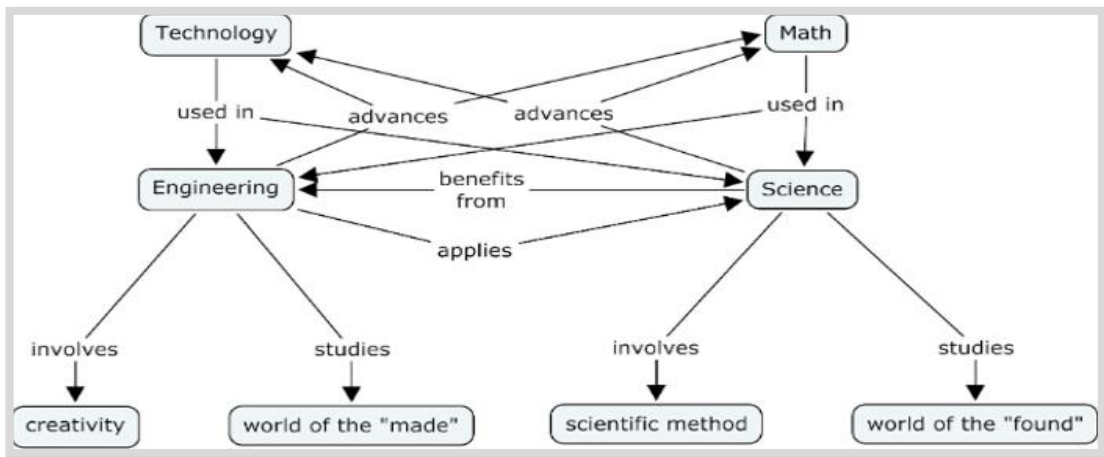
4.2.STEM Eğitim Modelindeki Disiplinler Nelerdir?

Öğrencilere birçok beceriler kazandıran STEM eğitim modeli, öğrenme sürecinde teknoloji, matematik bilim ve mühendislik gibi farklı disiplinlerin arasında iletişim kurmakta, bu disiplinleri bir arada kullanarak, öğrenmede bütünlük kurmayı hedeflemektedir. Ülkeler 21. yüzyılda küresel ekonomik zorlukların üstesinden gelebilmek, rekabette güçlü konumda kalabilmek, sürdürülebilir ekonomik büyümeyi sağlayabilmek, katma değeri yüksek olan sanayiler oluşturmak için nitelikli iş gücüne ihtiyacı bulunmaktadır. Disiplinlerarası bir yaklaşım olan STEM tam bu anlamda devreye

girerek, iş dünyasının ihtiyaç duyduğu nitelikli iş gücünü geliştirebilen bir eğitim modelidir. Günümüzde bilim ve inovasyona dayalı büyümeye yatırım yapan ülkeler; gelişmişlik ve kalkınma düzeyi ilk sıralarda yer almaktadır. Sürdürülebilir büyümenin en temel kaynağı, STEM becerileri kazandırılmış iş gücü olduğunu birçok araştırma göstermektedir.

FEN BİLİMLERİ (Science)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Biyoloji ▪ Kimya ▪ Deniz Biyolojisi ▪ Fizik ▪ Bilim
TEKNOLOJİ (Technology)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bilgisayar/ Bilişim Sistemleri ▪ Oyun Tasarımı ▪ Bilgisayar Programcısı ▪ Web/Yazılım Geliştirici
MÜHENDİSLİK (Engineering)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ İnşaat Mühendisliği ▪ Kimya Mühendisliği ▪ Elektrik/Elektronik Mühendisliği ▪ Bilgisayar Mühendisliği ▪ Genel Mühendislik ▪ Makine Mühendisliği
MATEMATİK (Mathematics)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Matematik ▪ İstatistik

Şekil 22: STEM Eğitim Modeli Disiplinleri (Yazar Tarafından Oluşturulmuştur)



Şekil 23: STEM Eğitim Modeli Disiplinlerinin Bütünsel Yaklaşımı

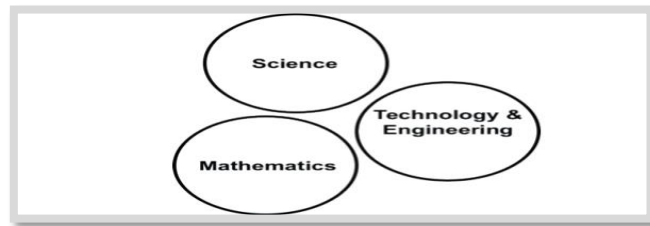
(Stergiopoulou & Karatrantou, 2017)

STEM modelinde, disiplinler birbirinden beslenmekte, bütün disiplinler diğer disiplinleri desteklemekte ve her bir disiplin ile bütünleşen proje ve tasarım tabanlı olarak ders içerikleri hazırlanmaktadır. Kısacası; bütünleşik ve bilimsel bir yaklaşımı ifade eden STEM öğretim modeli, öğrencilerin teknoloji, mühendislik, fen ve matematik disiplinlerini birbiriyle bütünleştirerek her disiplinin etkin kullanılmasını amaçlamaktadır. STEM eğitiminin en önemli hedefi, öğrencilerin bütün disiplinleri doğru tanımlamasını ve aralarında bağlantı kurmasını, bilime ilgisinin artmasını, günlük yaşamlarında ortaya çıkan sorunlu durumlarla başa çıkabilmelerini, problem çözme yeteneklerinin geliştirilmesini içerir. Spesifik olarak, bilimsel bilginin doğal dünyayı anlamak için kullanılması ve onu etkileyen kararların alınması amaçlanmaktadır. Ayrıca, Teknolojinin bir bütün olarak çevredeki dünyayı nasıl etkilediğini ve nasıl değiştirdiğini, öğrencilerin yeni teknolojik araçları kullanabilmeleri ve doğru anlayabilmesini de amaçlamaktadır. Mühendisliğin gerçek dünyadaki önemini anlamaları ve onu teknoloji ile ilişkilendirmeleri beklenmektedir. Matematik alanı ile ilgili olarak öğrencilerin analiz, dokümantasyon gibi becerilerinin geliştirilmesi hedeflenmektedir. STEM eğitimindeki dört temel alan, her bir üyenin etkileşimde bulunduğu ve birbirini etkilediği tek ve bölünmez bir bütün oluşturur. STEM eğitimine odaklanan ortamlar, güçlü liderlik, öğretmenlerin profesyonelliği, toplum ve ebeveynler arasındaki güçlü bağlar, öğrenci odaklı yöntemler ve öğretim için eğitim senaryolarının kullanımı ile karakterize edilir. Ayrıca işbirlikçi öğrenme, bir soruna çoklu çözümler bulma, STEM'in ayrılmaz parçalarıdır (Stergiopoulou & Karatrantou, 2017).

4.3.STEM Eğitim Modelindeki Yaklaşımlar

Roberts ve Cantu (2012) STEM öğretiminde kullanılabilir silo, bütünleşik ve gömülü olmak üzere 3 farklı yaklaşım belirtmişlerdir.

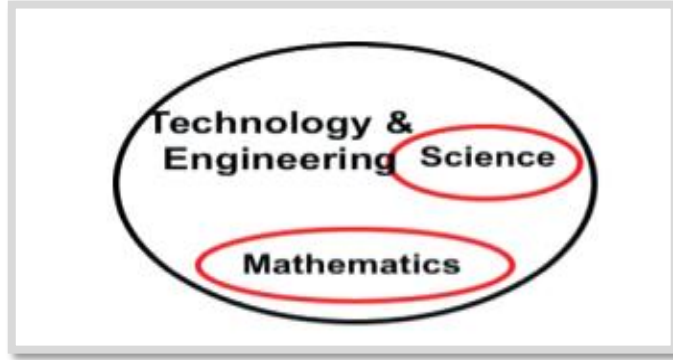
4.3.1.Silo Yaklaşımı



Şekil 24: STEM Öğretimde Silo Yaklaşımı (Roberts & Cantu, 2012)

Alan bilgisini her disiplinin sınırları içinde tutan silo yaklaşımında, STEM disiplinlerinin ayrı ayrı, birbirinden bağımsız ve detaylı öğretilmesi hedeflenir. Teknik bilgiden çok düz bilgi içeren Silo yaklaşımı, her bir STEM disiplininin diğer disiplinlerden izole edilerek, her bir konunun kendi disiplini içinde detaylı bir biçimde öğrenilmesini önermektedir. Silo yaklaşımı, öğretmen odaklı olduğundan öğrencilere “yaşayarak öğrenmek” için olanak tanımaz, onlara sadece ne bilmeleri gerektiğini anlatır. Bu nedenle öğrencilerin yaratıcılık ve üretme becerilerini kazanmalarına odaklanmamaktadır. Öğrenciler disiplinler arası bağlantıyı kuramayabilirler. Bu yaklaşım, konuların sadece anlatımını içerdiği için STEM eğitiminin hedefleri ile çelişmektedir (Roberts & Cantu, 2012).

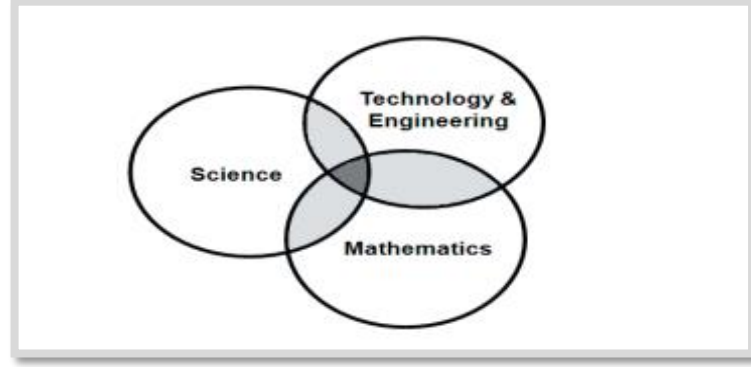
4.3.2.Gömülü Yaklaşım



Şekil 25: STEM Öğretimde Gömülü Yaklaşım ((Roberts & Cantu, 2012)

Gömülü STEM eğitimi, geniş anlamda, sosyal, işlevsel ve kültürel bağlamda gerçek yaşam durumlarına ve problem çözme tekniklerine vurgu yaparak alan bilgisinin kazanıldığı bir eğitim yaklaşımı olarak tanımlanabilmektedir. Gömülü öğretim yaklaşımında, mühendislik teknoloji disiplinlerini eş zamanlı olarak kullanan, matematik ve fen disiplinlerini de kapsayan ve konuların bütünlüğünü koruyan etkili bir yaklaşımdır. Öğrenciler öğrendikleri bilgileri gerçek yaşama daha kolay uygulamakta çünkü diğer disiplinlerde öğrendikleri materyallerle öğrenme daha fazla pekiştirilmektedir. Bu yaklaşımda konunun bütünlüğünü sağlamak STEM disiplinlerinden en az bir tanesi diğer disiplini kapsadığından etkili olmaktadır ve teknoloji disiplini sürekli vurgulanmaktadır. Öğrenciler disiplinler arası bağlantıyı kurulabilmektedir (Roberts & Cantu, 2012).

4.3.3.Bütünleşik Yaklaşım



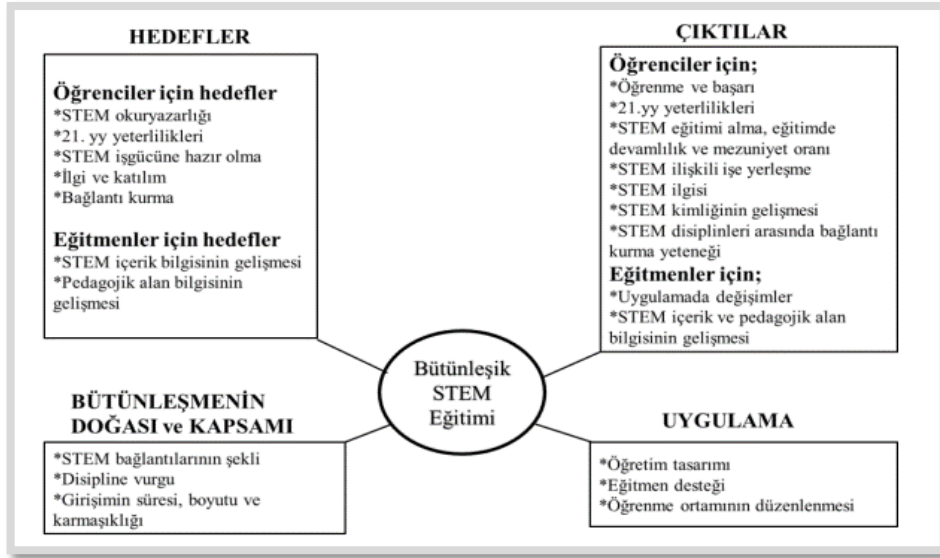
Şekil 26: STEM Öğretimde Bütünleşik Yaklaşım (Roberts & Cantu, 2012)

Bütünleşik yaklaşım, STEM disiplinlerinin her biri arasındaki duvarları kaldıran ve bunları tek bir konu olarak öğretmeyi öngörmektedir. Bu yaklaşım, derslere dâhil edilen her bir müfredat alanından belirlenmiş standartların veya hedeflerin bütünleşmesini amaçlar, sonucunda gerçek dünya problemleri de çok disiplinli olduğundan öğrencilerin problem çözmesi için gereken yetkinlikleri kazanmasını sağlar. STEM kavramlarına dayanan çok disiplinli bu yaklaşım faydalı olarak algılanmaktadır. Öğrencilerden farklı zamanlarda farklı disiplinlerle öğretilen çeşitli konulardaki içeriği birbirine bağlamaları istenir, öğrencilerin dikkati bir soruna odaklanır ve onlar eleştirel düşünme, problem çözme becerileri ile birleştirir. Öğrenci merkezli ve öğrencilerin yaratıcı ve yenilikçi becerilerini besleyen ayrıca en az iki disiplinin kapsayan becerileri birleştirdiği için STEM odaklı bir yaklaşımdır (Roberts & Cantu, 2012).

ABD Çalışma Bakanlığı'nın yayınladığı SCANS raporuna göre; iş dünyasına gerekli yetenek olarak bireylerden sahip olması gereken niteliklerini ve beklentilerini belirtmiştir. Gençler için kılavuz niteliğinde olan rapora göre, mezun olan gençlerin yarısı bu yetenekleri kazanamadan iş hayatına girmekte ve başarısız olmaktadır. Rapor, bireylerin iş hayatında yer edinip başarılı olabilmeleri için sadece diplomanın yeterli olmadığı, 21. yüzyıl becerilerine de sahip olmaları gerekliliğini göstermiştir. Önceleri salt bilgi değerliken günümüzde yeniliğe açık, işbirlikçi, iletişim becerileri güçlü, yaratıcı, bilgiye ulaşabilen, eleştirel, problem çözebilen, teknolojiyi iyi kullanan, sorumluluk bilinci olan, esnek ve uyum sağlayan, üretken, sosyal, lider ve kültürlü bireylerin iş hayatında daha değerli olduğu ortaya çıkmaktadır (ÜRET, 2019).

4.4.Bütünleşik STEM Eğitim Modelinin Yapısı

21. yy. becerilerini vurgulayan Johnson (2013) STEM eğitim modelini bir bütün olarak tanımlamıştır. Bu tanıma göre STEM; bilimsel sorgulama, matematiksel analizi, mühendislik tasarımı, teknoloji ve 21. yüzyıl becerilerinin bütünleştirilmesi ile oluşturulan bir eğitim yaklaşımıdır. STEM eğitimi farklı disiplinlerin birbirleriyle sürekli etkileşim halinde olan bir orkestra gibi uyumla yönetilmesidir. Öğrenme sürecinde amaçlara ulaşmak için her bir disiplindeki bilgi ve becerileri birbirleriyle devamlı etkileşim halinde bir bütün oluşturmaktır. STEM alanlarındaki her disiplin öteki disiplinlerle ilişkili kullanılmasıyla, öğrencilere birçok yeteneği kazandırmayı amaçlamaktadır.

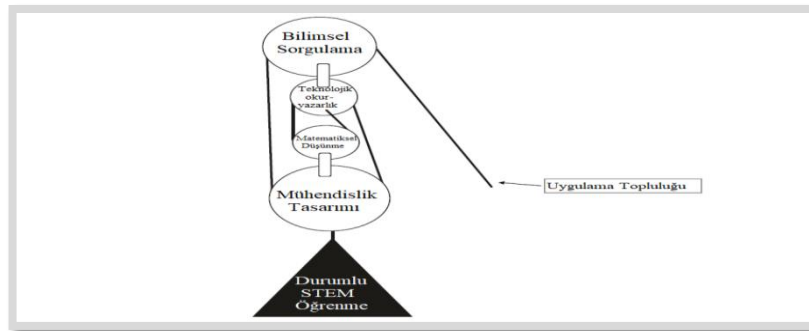


Şekil 27: Bütünleşik STEM Eğitimi (GENCER, DOĞAN, & Vb, 2019)

STEM eğitim modeli temelde “dört disiplinin arasında engelleri kaldıran disiplinler arasındaki öğretim modeli” olduğunu belirten **Wang, Roehning, Moore ve Park’a göre;** STEM disiplinlerini bütünleştirmek, farklı eğitim programlarını bütünleştirmektir. Bütünleşik STEM eğitim modeli; farklı disiplinlerden gelen bilgileri, becerileri ve değerleri anlamlı bir şekilde bütünleştirmektedir. Gerçek hayattaki problemlerin farklı disiplinlere ayrılmayacağını eğitimcilerin fark etmesiyle oluşmuş bir öğretim modelidir. **Dewey’e göre (1931);** The Way out of Educational Confusion isimli kitabında, farklı disiplinlerin bütün olması gerektiğini belirterek, bütünleşik yaklaşımların uygulanmasını vurgulamıştır. **Dewey’in laboratuvar okulları**

bütünleştirilmiş STEM eğitim modelini de derinden etkilemiştir. **Lederman ve Niess’e göre (1997)**; farklı disiplinlerin bütünleştirilmesini çorba metaforu ile açıklamıştır. Çoklu disiplinlerin bütünleşmesini şehriyeli tavuk çorbası, disiplinlerin arasındaki bütünleşmeyi de domates çorbası metaforuyla açıklamıştır. Şehriyeli tavuk çorbasındaki malzemeler bütünleştirildiğinde kendi özelliklerini kaybetmezler ve çorbanın içindeki her bileşen bütün oluşturmada önceki durumunu koruduğundan çorbada kolaylıkla birbirinden ayırt edilebilirler. Domates çorbasındaki bileşenler karıştırıldığında kolayca ayrışmadığından kendi kimliğini kaybeder ve çorbada ayırt edilemezler. Özetle; öğrencilerden ayrı sınıflarda uygulanan derslerde ihtiyaç duyduğu içerikleri ve becerileri bütünleştirilmesi beklenmektedir ve farklı disiplinleri olan STEM öğretim modelinde öğrendikleri dersleri birbirinden rahatlıkla ayırt edebilmektedirler. Farklı disiplinlerin bütünleşmesinden oluşan STEM yaklaşımında farklı disiplinlerin gerektirdiği içerikleri ve becerileri kapsayan bir sorun üzerine odaklanılmaktadır. Bu durum ortak bir konunun ötesinde disiplinler arasındaki sınırların kalkmasına ve ortak olan bir içeriğe ve beceriye odaklanmayı sağlamaktadır (GENCER, DOĞAN, & Vb, 2019).

Seifert ve Nadelson (2017) “Bütünleşik STEM eğitim modelini STEM disiplinlerindeki kavramların ve içeriklerin kusursuz ve tek bir bütün halinde birleşimi olarak” ifade etmişlerdir, ayrıca birbirleriyle bütünleştirilmesinin belirli STEM disiplinleri arasındaki bir problemi, projeyi veya görevi eş zamanlı olarak ele alarak öğretimin gerçekleşeceğini belirtmişlerdir. **Moore ve diğerlerine (2014) göre**; genel olarak, bütünleşik STEM öğretimindeki dört disiplinin bir bölümü ya da tamamını öğretimde birleştirme çabasıdır. **Gess’e (2017) göre**; STEM dört disiplinindeki kavramları birleştiren ve bütünleştiren tasarım tabanlı öğrenme metodlarını ifade etmektedir ve bu tanımda tasarım tabanlı öğrenme yöntemleri vurgulanmıştır (DOĞAN, 2020).



Şekil 28: STEM öğrenmesi için kavramsal çerçeve grafiği (DOĞAN, 2020)

Knowles ve Kelley'in (2016) Durumlu STEM öğrenmesi, bütünsel STEM eğitim modeli için önerdiği kavramsal çerçeveye palanga sisteminde gösterilmiştir. Şekil 28' de görülen durumlu STEM öğrenmesi, bilimsel sorgulama, mühendislik tasarımı, teknolojik okuryazarlık ve matematiksel düşünmeyi birleştirmektedir. Sistemdeki her bir kasnak, dört STEM disiplinindeki ortak uygulamaları birbirine bağlamaktadır. Makara sistemindeki karmaşık ilişki, bütün sistemin bütünlüğünü sağlamak için uyum içinde çalışmalıdır. (DOĞAN, 2020)

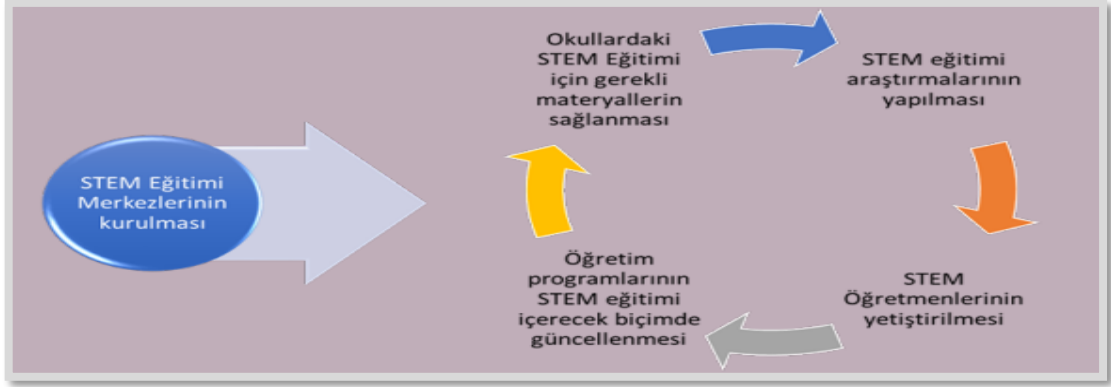
4.5.STEM Eğitim Modelinin Tarihçesi

STEM eğitim modeli için bazı önemli dönüm noktaları aşağıdaki sıraya göre özetlenebilmektedir.

- Tarihte önemli iki olay STEM eğitim modelinin ortaya çıkıp bugünkü biçimini almasında büyük bir rol oynamıştır.
- Birinci olay; II. Dünya Savaşı'nda haberleşmede gelişmiş teknolojilerin ve atom bombasının kullanılması ile gelişmiş ülkeler, diğer ülkeler ile rekabet edebilmek için teknoloji, fen ve matematik alanında eğitim modelleri aramaya başlamışlardır.
- İkinci önemli olay ise; Sovyet Rusya'nın 1957'de Sputnik adını verdiği uyduyu uzaya gönderen ve uzay yarışını başlatan ilk ülke olmasının ardından, gelişmiş ülkeler de STEM alanlarında araştırmalara başlamıştır. Sovyet Rusya, bütün dünyanın ilgisini üzerine çekmeyi başarmıştır, birçok ülkede bilim programları başlatılmış ve Sovyet Rusya ve ABD arasında uzay ve bilim yarışı başlamıştır.
- 1958'de başkan Eisenhower tarafından NASA'nın kurulması önerilmiş ve böylece uzay programları başlamıştır. ABD uzay alanında hızla ilerlemek için 1958'de fen ve mühendislik alanlarında birçok çalışmalar gerçekleştiren, NASA'yı kurmuştur.
- (1962) Eğitimde Matematik Projesi'nin Başlatılması: Bu gelişmelerin yanında dünyanın birçok ülkesinde farklı çalışmalar yapılarak STEM eğitim modelinin temelleri atılmıştır. Bu çalışmalardan biri olan SMP Matematik Projesi, matematiği mevcut öğretim biçiminden farklı olarak buluş yoluyla öğretim hedeflemekteydi.

- 1966 Nuffield Fen Bilgisi Öğretim Projesi ile; fen bilimleri alanında öğrenci merkezli olarak, uygulamaya dayalı, özgün fikirler içeren ve öğrencilerin deneysel çalışmalar yapacağı bir program tasarlanmıştır.
- 1969'de ABD, Ay'a yüzeyinde yapılan ilk insanlı uzay uçuşunu gerçekleştirmiştir. Günümüzde NASA, STEM eğitimi ile öğrencilerin STEM disiplinleri alanlarında yetişmesi ve öğrencilere ilham kaynağı olma hedefini sürdürmektedir.
- 1980 yılında ise performans değerlendirme birimi olan APU on bir, on üç ve on beş yaşlarındaki çocukların, metallerin kimyası ve elektrik gibi konularda bilimsel süreç becerilerinin incelenmesi ve bilimsel anlayışa yönelik yapılan testler şeklinde bir çalışma gerçekleştirmiştir.
- 1982 yılında Singapur'da Matematik eğitiminde ülkenin özelliklerine göre yenilikçi matematik öğretimi üzerine çalışmalar yapılmıştır. Matematik eğitiminde buluş yoluyla öğrenme ve problem çözme teknikleri üzerinde durulmuştur. Bu program sonucunda Singapur, TIMSS sonuçlarında dördüncü ve sekizinci sınıf düzeyinde üst sıralarda yer almaya başlamıştır.
- 1980-1989 yılları arasındaki Çocuklar için Bilim Öğrenme Projesi (CLISP): Leeds Üniversitesi'nde görevli Ros Driver liderliğinde Çocukların Bilimi Öğrenme Projesi, bilimin nasıl öğrenilmesine dair görüşleri araştırmayı hedeflemektedir.
- STEM kavram olarak 1990'larda ilk kez NSF, bilim, matematik, mühendislik ve teknoloji terimlerini SMET şeklinde kısaltılmıştır. 2001 yılından itibaren tekrar NSF önerisiyle STEM şeklinde kısaltılmıştır.
- Bir başka çalışma da 2002 yılında İngiltere, Kuzey İrlanda ve Wales için ulusal eğitim programında değişiklik yaparak, matematik ve fen derslerini 16 yaşına kadar zorunlu hale getirilmiştir (KAĞNİCI, 2019).

4.6.Türkiye’de STEM Eğitim Modeli Kapsamındaki Çalışmalar



Şekil 29: STEM Eğitim Modeli İçin Uygulama Adımları (YEGİTEK, 2016)

Türkiye'nin 10. Kalkınma Planı'nda "istikrarlı yüksek büyüme, yenilikçi üretim" bölümünde bulunan "teknoloji, bilim ve yenilik" maddesinde, araştırma yapan insan gücünün nicelik ve nitelik olarak yetiştirilmesi ve özel sektörlerde istihdamının artırılmasını sağlamanın gereksinimi belirtilmektedir. Bununla birlikte, 64. Hükümet programında; yüksek teknolojili ve yenilikçi sektörlerle bağlı bir şekilde dönüşüm gerçekleştirmek, girişimcilik kapasitesini güçlendirmek, bilgi altyapılı ekonomilere dönüşmek için nitelikli bir işgücü alt yapısını oluşturmanın öncelikli olduğu belirtilmiştir. Teknolojik dönüşüm döneminde STEM eğitimlerinin Türkiye adına önemli olduğu uygulamaya geçilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Öğrencilerin özellikle STEM alanlarına merakını arttırma ve STEM alanında meslek seçmelerine katkıda bulunmanın amaçlandığı, STEM eğitimi ile iş yaşamına hazır hale gelmelerinin sağlanması belirtilmiş ve sonucunda iş hayatlarında başarılarının artacağı öngörülmüştür. STEM eğitiminde öğrencilere küçük yaşlardan itibaren STEM disiplinleri arasında bakış açısı kazandırılması sonucunda; araştırma yapma, sorgulama, estetik bakış açısı, ürün geliştirme ve problem çözme yeteneklerinin kazandırılması hedeflenmiştir. Bu sebeplerden, MEB tarafından STEM eğitim modeline geçilmesi için bir eylem planı hazırlanmasının ve uygulanmasının gerekliliği belirtilmiştir (YEGİTEK, 2016).

STEM eğitim yaklaşımının Türkiye'de daha kolay anlaşılması için STEM yerine FeTeMM kısaltması tercih edilmiştir. Türkiye'de gerek MEB, gerek farklı üniversiteler ve kuruluşlar tarafından hazırlanan raporlarla STEM eğitiminin önemi ve Türkiye'de

STEM eğitimine geçilmesinin önemi belirtilmiştir. Türkiye’de yapılan çalışmalar aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

- 2005’de Türkiye’de “Fen Bilgisi” dersinin ismi Fen Ve Teknoloji olarak değiştirilmesi, iki bilimin bütünleşik hale getirildiği ve farklı disiplinlerle öğretime dönük ilk planlamalardan biridir.
- 2012’de başlatılan ve öğrencilerin bilişim teknolojilerini kullanarak, bilimsel gelişmelere ulaşabilmelerini sağlayan FATİH Projesi, okullarda tablet ve bilgisayarlar, etkileşimli tahtalar ile EBA Projesi ise öğrencilerin sorgulama, araştırma yapma, buluş yapabilme ve ürün geliştirme yeteneklerini geliştirebilmek için içeriklere ulaşabilecekleri bilgi ortamı sağlanmıştır. Bu projeler STEM yaklaşımı faaliyetlerine önemli katkılar sunan ortamı oluştursa da tamamen STEM yaklaşımını destekleyen projeler olduğu söylenemez.
- 2013- 2014 Eğitim Öğretim yılında Türkiye’de ilk STEM öğretim modeli “STEM Projesi” ismiyle Kayseri’deki 4 pilot okulda başlamıştır ve kısa sürede 22 adet okulda uygulanmaya başlamıştır. Programın bir buçuk yıl içinde keşif yapma, üretme ve üç boyutlu düşünebilme bakımından öğrencilerde önemli kazanımlar sağlandığı belirtilmiştir. Program sonrasında sanat alanı, STEM alanlarına dâhil edilerek STEAM MAKER olarak genişletilmiştir.
- 2015’de İstanbul Aydın Üniversitesi’nde önce STEM laboratuvarı sonrasında STEM merkezi kurulmuştur ve aynı yıl Türkiye’de ilk STEM yaklaşımı çalışmayı gerçekleştirilerek “STEM Eğitimi Türkiye Raporu” hazırlanmıştır.
- 2016’da Prof. Aziz Sancar Kız Çocuklarına STEM Kampı programı gerçekleştirilerek, Türkiye’de sırasıyla Zonguldak, Mersin, Şanlıurfa, Ardahan, Uşak, Ankara, İstanbul illerinde yapılan kamplarda 6. sınıftaki 800 kız çocuğuna ulaşılmıştır.
- 2017’de Fen Bilimleri derslerinde STEM eğitime dönük taslak bir öğretim programı olan 4. sınıftan 8. sınıfa kadar “Fen ve Mühendislik Uygulamaları” ünitesi eklenmiştir.
- “2013’de ve 2018’de Türkiye’de müfredata resmi olmasa da STEM yaklaşımına yönelik programlara yer verilmiştir.

- Bahçeşehir Üniversitesi, STEM öğretmenleri yetiştirmek için öğretmenlere “STEM Öğretmeni Eğitim Programı” sunmakta ayrıca eğitimlerin bitiminde sertifika da vermektedir.
- ODTÜ’de BİLTEM, STEM alanlarında okullarda uygulanan öğretim faaliyetlerinin değerlendirmek, yenilikçi eğitim politikalarının oluşumunu desteklemek, yeni eğitim programlarını geliştirmek, eğitim kaynaklarına erişimi sağlamak amacıyla kurulmuştur. Okul öncesinden üniversiteye kadar öğrencilere 21. yüzyıl becerilerini kazandırabilmek ve nitelikli öğretmen yetiştirmek hedeflenmektedir.
- YTÜ STEM Laboratuvarı da, “Okul Öncesi STEM Eğitimcisinin Eğitimi Programı” gerçekleştirmiştir. Okul öncesi çocuklara, disiplinler arası bakış açısı ve 21. yüzyıl becerileri ile günlük yaşamdaki problemlere çözüm oluşturmalarını sağlamak, tasarım odaklı ve analitik düşünme becerilerini kazandırmak için kurulmuştur ve eğitim sonrasında katılımcılara sertifika da verilmektedir (ÜRET, 2019).

4.7.STEM Eğitim Modelinin Gelişimi ve Uygulanması

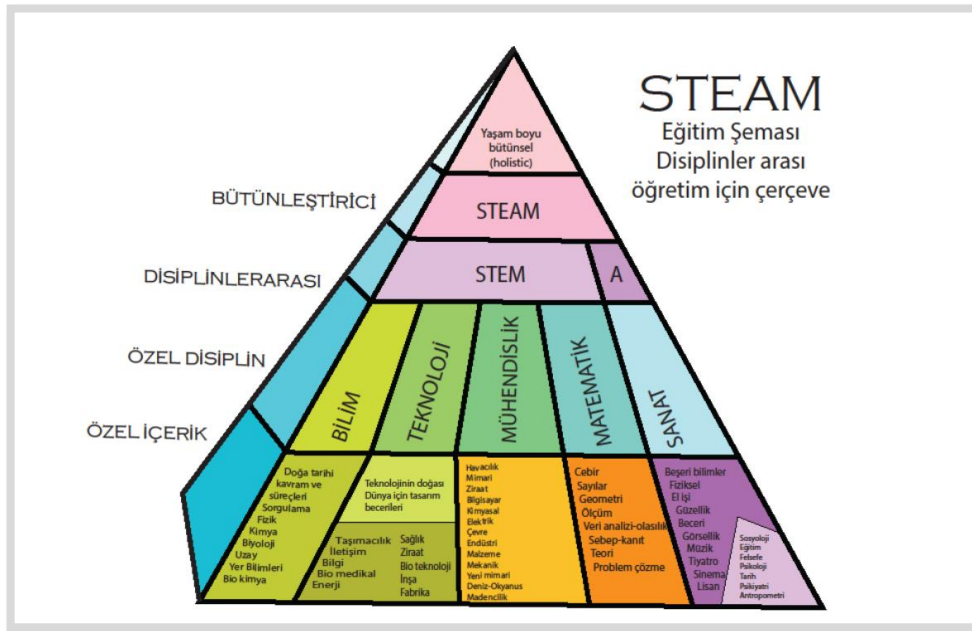
STEM kavramı, ilk olarak Dr. Judith Rahmaley tarafından 2001 yılında literatüre kazandırılmıştır. 1957’de Sovyetler Birliği uzaya Sputnik uzay aracını başarılı bir şekilde göndermesi ile ABD, STEM disiplinleri alanlarında kaybettiğini düşünerek endişeye kapılmıştır ve tekrar üstünlüğü elde etme hedefiyle NASA’yı kurmuştur. Okul müfredatları da STEM disiplinleri alanlarında değişime uğramıştır. NASA’nın yapmış olduğu çalışmalar pozitif yönde sonuçlar alınca STEM alanlarında yenilikçi, daha donanımlı ve problem çözebilen bireyler yetişmesine imkân sağlamıştır. Devlet politikaları olarak STEM modelini eğitimde ilk defa uygulayan ülke ABD olmuştur (YILDIRIM, 2016).

Uygulamalı STEM eğitim modeli ilk defa 2010 yılında ABD’de Obama’nın yaptığı bir konuşmada, Amerika’nın küresel anlamda ekonomik gücünün korunabilmesi için STEM yaklaşımına ağırlık verilmesinin; öncelikle teknoloji, fen, matematik ve mühendislik alanlarında yetiştirilmiş bireylerin sayılarının artması gerekliliğini vurgulamıştır. 2012 yılında STEM eğitim modeli alanında en etkin değişikliklerden biri de NRC tarafından geliştirilen, K-12 sınıfları için mühendislik ve fen uygulamalarının vurgulandığı, ABD’de yenilikçi fen standartlarının temelini oluşturan “K-12 Fen Eğitimi İçin Bir Çerçeve” raporunun oluşturulmasıdır. NRC tarafından 2014 yılında Amerika’daki K-12 STEM

eğitiminde; STEM becerileri kazandırılmış iş gücünü yetiştirmek ve geliştirmek, STEM alanlarında tüm öğrencilerde fen okuryazarlığını, kariyer alanlarını ve ileri düzey eğitimi arttırmak hedeflenmiştir. ABD’de bu hedefler doğrultusunda çok sayıda STEM eğitimi merkezi kurulmuştur. ABD Küresel liderliğini ve gücünü sürdürmek için STEM okullarına ve bu okullarda uygulanan STEM yaklaşımına öncelik vermektedir (ÇAVAŞ & vd, 2020)

4.8.STEM+A Eğitim Modeli Nedir?

STEM kavramı ilk ortaya çıktıktan sonra kendi içinde gelişim göstererek STEM+ Arts; STEAM, yani STEM disiplinlerine sanat alanları da eklenmiştir. Dört disiplinin tasarlanması sürecinde, sanatın bu STEM eğitim modeline çok büyük etki yapacağı vurgulanmıştır. STEAM yaklaşımında öğrencilere, STEM disiplinleri ile öğrendiklerin ile sanatsal uygulamalar ve tasarım kuralları arasında bir ilişki oluşturarak inovasyon odaklı bir öğrenme ortamı hazırlanmaktadır. Sanatın STEM disiplinleriyle ilişkisine heykeltıraş, ressam, mimar, bilim adamı, mühendis gibi birçok alanda çalışmalarını yapan Leonardo da Vinci’yi örnek olarak gösterebiliriz. STEM disiplinlerini sınırsız öğrenme isteği ile yeteneklerini ve sanat disiplini ile de yaratıcılığını geliştirerek gelmiş geçmiş en büyük eserleri ortaya çıkarmış ve STEAM yaklaşımını mükemmel bir şekilde uygulamıştır (MERCİN, 2019).



Şekil 30: STEAM Eğitim Modeli (MERCİN, 2018)

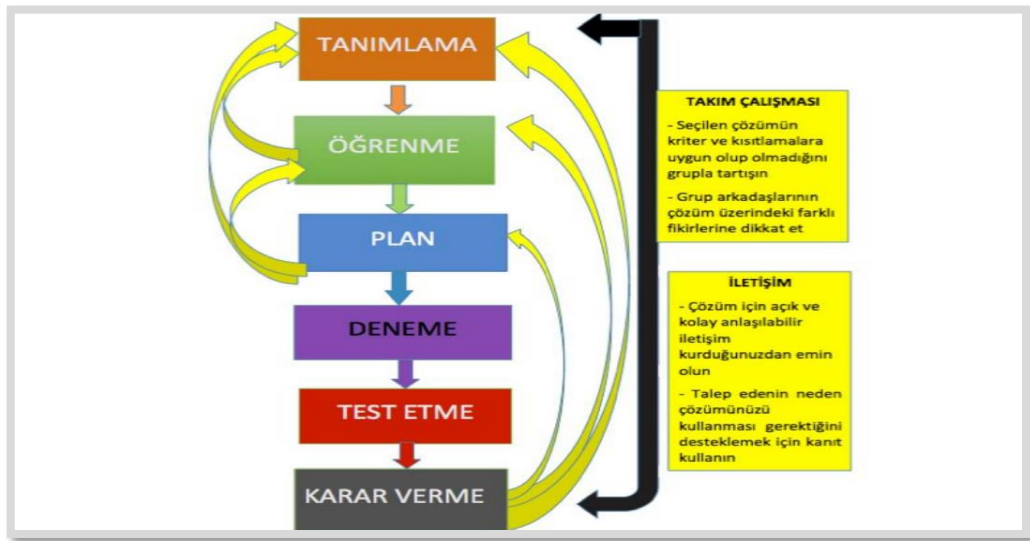
Lee ve Park; Güney Kore’de 2010 yılında ilkokul öğrencileriyle araştırma yaparak, öğrencilerin mühendisliğe ve bilim adamlığına yönelik doğru düşüncelere sahip olmadığını keşfetmiştir. Bu sebeple onların ancak küçük yaşlardan itibaren mühendislik ve teknoloji ile uğraşmaları sonucunda bu algılarının değişebileceğini öngörmektedirler. Bu yüzden STEAM eğitimi Güney Kore eğitim sisteminde öncelikli bir program haline gelmiştir. Güney Kore, ABD temelli STEM eğitimi disiplinlerine sanat (art) disiplinini de ekleyerek, teknoloji, fen, matematik, mühendislik ve sanat alanlarının bütünleştirilmesiyle oluşan STEAM modelini tasarlamıştır. STEAM modeli ile özgün ve yaratıcı ürünlerin ortaya çıkarılıp geliştirilmesi öngörülmektedir (ÇAVAŞ & vd, 2020).

STEAM eğitim modelini gerçekleştirmek için bir ya da birkaç disiplinin sistemli bir biçimde uygulanması gerekmektedir. New York’taki Potsdam Üniversitesi’nde STEAM lisans programı açılmıştır; hem STEM hem de sanat disiplinlerinden oluşan bu programdan, jeoloji, astronomi, analistler, biyomimikri, robot mühendisleri, kuantum dilcileri, tıbbi matematikçiler ve kriptogizlilik mühendisleri faydalanmaktadır. STEAM eğitim modelinde öğrenme ortamları gerçek ortamlardan (müze, fabrika, sanat atölyeleri vb. yerler) seçilmektedir. İşbirliği, sorgulama ve süreç temelli öğrenme programın öncelikleridir. Eğitim sürecinde ayrıntılı sorular sormak ve daha sonra sorunları belirleyip çözüm üretmek ayrıca diğer disiplinleri farklı biçimlerde tamamladığı için sanatı dâhil etmek gerçek bir STEAM eğitim modeli için gerekliliktir. Malta’sa (2015) göre öğrencilerin hemen hemen hepsi düşük öğle yemeği ya da ücretsiz için gelen öğrencilerden oluşan Cleveland Okul Bölgesi 2011’de MC2 STEM Okulları programını uygulamaya koymuştur. Programın başlamasından sonraki beş yıl içinde, Cleveland Üniversitesi’ndeki mezuniyet oranının, bölgenin geri kalan kısmında sadece % 60 oranındayken bu programın uygulandığı okullardaki oran % 95’e yükselmiştir. Bu sonucun sebebi, okullarda STEM programının başarısının sebebi; gerçek hayattaki büyük teknolojik şirketlerle işbirliği yapılması, öğrencilerin derslere ve okula olan istek ve ilgilerinin artırılmış olmasıdır. Öğrencilerin grafik tasarım ve bilgisayar uygulamalarını kendi projelerine adapte etmeleri, yaratıcı yazılar yazmaları Cleveland Okul Bölgesindeki okullarda devam etme ve mezun olma oranının artmasını sağlamıştır. Sonuçta; sanatı ve yaratıcı odaklanmayı STEM programlarına ekleyerek, Cleveland Okul Bölgesi, öğrencilerin başarısında belirgin bir iyileşme gerçekleştirmiştir. STEM programı uygulanan okullarda kendi iş yerini kurma ve patent alma oranlarının arttığı da

belirlenmiştir. Ülkelerin ekonomilerinin küreselleşen dünyada rekabet edebilmesi, büyüme potansiyeli olan alanlardan biri olan sanatın da etkisinin büyük olduğu gözlenmektedir. Albert Einstein'ın, Steve Jobs'un ve Leonardo da Vinci'nin sadece bilim ile değil sanatın herhangi bir dalında da başarılı oldukları gözlenmektedir (MERCİN, 2019).

4.9.STEM Eğitimi Yaklaşımının Özellikleri

- **Disiplinlerarası Bir Eğitim Modelidir;** problemlerin çözümü için tek bir disiplin yeterli olamamaktadır. STEM öğretimi, farklı disiplinlerin birbiriyle bütünleşmesi ile oluştuğundan, problem çözümü için etkili sonuçlar alınmaktadır.
- **Gerçek Yaşamdan Sosyal Değeri Olan Bağlam ile Kurgulanabilmektedir;** Gerçek yaşamdan seçilen bağlamın sosyal bir değerinin bulunması ve öğrenciye ilginç gelmesi önemlidir. Örneğin, cankurtaran görevi olan deniz aracının tasarlanması öğrencilere ilginç gelen ve sosyal değeri olan bir bağlam olup, disiplinlerin bütünleşmesi ile kolaylıkla yapılabilmesi sebebi ile bu bağlamlar öğrenmede daha etkin olabilirler.
- **Mühendislik Tasarım Süreci;** STEM eğitimi modelinin ilk çıktığı ABD'de geliştirilerek eğitim kurumlarında yaygın olarak kullanılan teorik çerçeve olan mühendislik tasarım sürecinde; temel amaç farklı disiplinleri birleştirerek problem çözme mekanizmasının geliştirilmesidir.



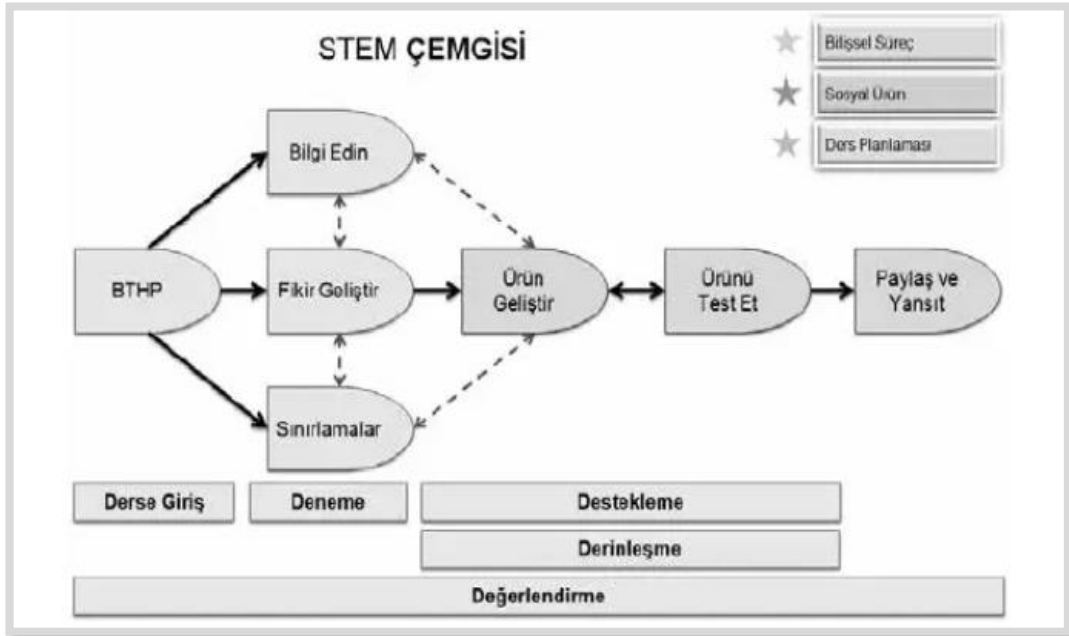
Şekil 31: Mühendislik Tasarım Süreci (AKARSU & vd, 2020)

- **Kanıt Dayalı Karar Verme Süreci;** STEM eğitim modelinde öğrencilerin karar verme süreçleri bireysel ve grupta bulunanların hipotezleri ve bu hipotezleri destekleyen kanıtların üzerinde tartışılmaktadır. Karar verme süreçlerinde önemli dayanağın bilimsel kanıtlar olması önemli bir unsurdur. Problemin çözümü için bilimsel kanıtlar kullanılarak kurulan hipotezin desteklenmesi ve en iyi seçeneğin geliştirilmesi temel amaçtır. Sosyal alanda karşılaşılabilecek tüm problemler, mühendislik tasarım sürecinde çözümler üretme becerisinin elde edilmesini amaçlayan STEM yaklaşımıdır. İlk adımda problem tanımlanmakta daha sonra araştırma yapma, olası çözümler geliştirme, olası en doğru çözümü seçme, prototip oluşturma, test etme ve değerlendirme, geri dönüt alma ve yeniden düzenlemektir. Tasarım süreci basamak basamak uygulanmamakta olup döngü şeklinde ilerlemektedir.
- **Tekrarlı Bir Tasarım Süreci;** Etkili bir STEM eğitimi modelinde tek tasarımla etkinlikler iyi bir sonuç vermeyebilir. Bilişsel seviyesi kademeli olarak artan kazanımlara dönük birçok tasarımın planlanması önerilmektedir. Tekrarlanan tasarımların olduğu bir görev süresinde, problemi tartışmak, çözüm yöntemlerini araştırmak, bu çözümlere yönelik etkili bir plan yapılabilmesi mümkündür.
- **Öğrenmenin Adım Adım Yapılandırılması;** Öğrencilerin Bilişsel olarak düşük dereceli kazanımlardan yüksek dereceli kazanımlara doğru süreç içinde ilerlemesi STEM eğitim modelinin hedeflerindedir. Süreçlerdeki ilerlemenin ayrıntılı bir biçimde planlanması ve öğrencilerin süreçlerdeki etkinliklerine göre ipuçları ve sorular belirlenmesi gerekmektedir.
- **Hatalardan Öğrenme;** STEM eğitim modelinde, öğrencilerin hata yapmaları ve hatalardan ders çıkarıp daha doğru hipotezlerle yoluna devam etmesi beklenmektedir. Hataların sebeplerine ulaşabilmek için tartışma ve derin düşünme süreçleri hatalardan yeni kavramların öğrenilmesine, problemin çözümüne ve yapılan tasarımın geliştirilmesine dönük farklı deneyimler edinilmesi beklenmektedir.
- **Ürün Değil Süreç Odaklı Eğitim Yaklaşımı;** STEM eğitimi modeli yalnızca ürünleri ve sonuçları değerlendirmez. STEM eğitimi modelinde süreçler de sonuçlar kadar önem taşımaktadır. Ürün oluşturma sürecinde öğrenilen bilgiler en iyi ürünün oluşmasında temel etkenlerdir. Süreç, öğrencilerin ders için planlanan kazanımlara ulaşmalarında belirleyici bir rol oynamaktadır.

- **Çözümde Çeşitliliklere Olanak Sağlar ve Tek Doğru Cevabı olmaz;** STEM eğitim modelinde tasarım hayati bir unsur olduğundan, çeşitli tasarımlarla problemlere cevap oluşturulabileceği için gerçek yaşam problemlerini kapsayan tasarımlar birçok alternatifli çözümler sunmaktadır. Farklı tasarımlarla çözümdeki çeşitlilikler çok önemlidir ve her farklı tasarım bireylere farklı yollar sunmaktadır.
- **Grup Çalışması;** Bu çalışma ile hem etkili iletişim sağlanmakta hem de grupla birlikte çalışma ile iletişim becerileri gelişmektedir. Öğrenciler birbirlerinden öğrenme fırsatı bulmaktadır. Akademik araştırmalarda grup çalışmaları, STEM eğitim modelinin ayrılmaz önemli bir parçası olarak görülmektedir. (AKARSU & vd, 2020)

4.10.STEM Döngüsü (Çengisi)

Hazırlanan ders planları etkinliklerinin öğretime entegrasyonu, STEM Çemgisi kullanılarak gerçekleştirilmektedir. STEM Çemgisi, sınıfta öğretmen ve öğrenci arasındaki ortak eylemleri açıklamaktadır. Sosyal ürün ve bilişsel süreç olmak üzere iki kısımdan oluşmakta ve öğrenme döngüsü olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 32: STEM Döngüsü (ÇORLU & ÇALLI, 2017)

Bilgi Temelli Hayat Problemleri (BTHP): Ders planlarının merkezindedir. 21.yy bilgi toplumu dinamik ve karmaşık problemlerle karşılaşmaktadır. Merkezde bulunan disiplinle bütünleştirilecek olan diğer disiplinlerin seçimi öğretmenlerin ve öğrencilerin ilgileri ve yaşam deneyimlerine bağımlı olduğu kadar BTHP'nin sınırlamaları ve doğası ile de alakalıdır. Bilişsel süreç yöntemleri; her bir STEM disiplinini ayrı ayrı merkeze alacak şekilde hesaplamalıdır; düşünme, bilimsel sorgulama, proje tabanlı öğrenme ve matematiksel modelleme öğretim yöntemleri olarak önerilmektedir. Bu yöntemlerin farklarından çok ortak noktalarına odaklanılarak geliştirilen STEM Çemgisi, sınıf içinde öğretmen öğrenci ortak eylemlerini açıklayan sosyal ürün ve bilişsel süreç olarak Şekil 32'de gösterilmektedir. Sınıf öncesindeki planlamalarda ise öğretmenler eylemleri 5D modeline uygun şekilde ancak esnek bir şekilde yorumlamalıdır (ÇORLU & ÇALLI, 2017).

4.11.21. Yüzyıl Becerileri ve STEM İlişkisi

STEM eğitim modeli bilim insanı gibi sorgulayan, çok yönlü düşünebilen, girişimcilik gibi becerileri desteklerken, gerçek hayattaki problemleri teknoloji vasıtasıyla çözümler geliştirebilen, mühendislik tasarımlarını kullanabilen, analitik düşünen 21. yüzyıl becerileri kazandırılmış bireyler yetiştirmeyi hedeflemektedir. 21. yüzyıl becerileri konusunda dünyadaki birçok kurumlar tarafından bireylerin kazandırılması gereken 21.Yüzyıl yetenekleri hakkında farklı raporlar oluşturulmuş ve bunların eğitim sistemi ile nasıl kazandırılabilceği planlanmıştır.

STEM öğretim metodu içerisindeki her bir disiplin öğrencilere yeni bilgiler ve beceriler kazandırmayı amaçlamaktadır. Doğru tasarlanmış fen bilimleri disiplini öğrencilere, doğayı anlamalarını ve gerçek yaşam deneyimleri kazanmalarını ve fen okuryazarı bir birey olmalarını sağlamaktadır. Teknoloji disiplini öğrencilerin dijital okuryazar olmalarını, yaratıcılık becerilerini geliştirerek onların yenilikçi buluşlar yapmalarına olanak sağlamaktadır. Matematik disiplini öğrencilere karşılaştığı karmaşık durumlarda akıl yürütmesini, çıkarımda bulunmasını, uzay ile matematiksel arasındaki ilişkiyi inceleyerek mantıksal sonuçlara ulaşmasını sağlamaktadır. Mühendislik disiplini öğrencilere risk alma fırsatı vererek gerçek hayattaki problemlere somut çözümler üretebilmesini kısaca problem çözme ve yaratıcı düşünme becerileri kazandırmaktadır. Kazanımlar çok fazla olduğundan STEM öğretim modeli küçük yaşlardan itibaren

başlatıldığında, ilgi duyduğu alanlarda 21. yüzyıl becerilerine sahip üretici ve yenilikçi bireyler yetişmektedir. Bu bireylerin ülke ekonomilerine çok büyük katkısı olduğu belirtilmektedir (NACAROĞLU & KIZKAPAN, 2021).

Future Classroom Lab Projesi; ülkeler gelişmişlik düzeylerini arttırmak için eğitim ortamlarını, okul donanımlarını hem öğrencilerin ve hem de öğretmenlerin 21.yüzyıl teknolojik becerilerine sahip olacak biçimde hazırlamayı hedefleyen programdır. Bu aktif öğrenme projesi ile öğrencilerin yenilikçi yaklaşımları, metotları öğrenmeleri için gereken ortam sağlanmaktadır.

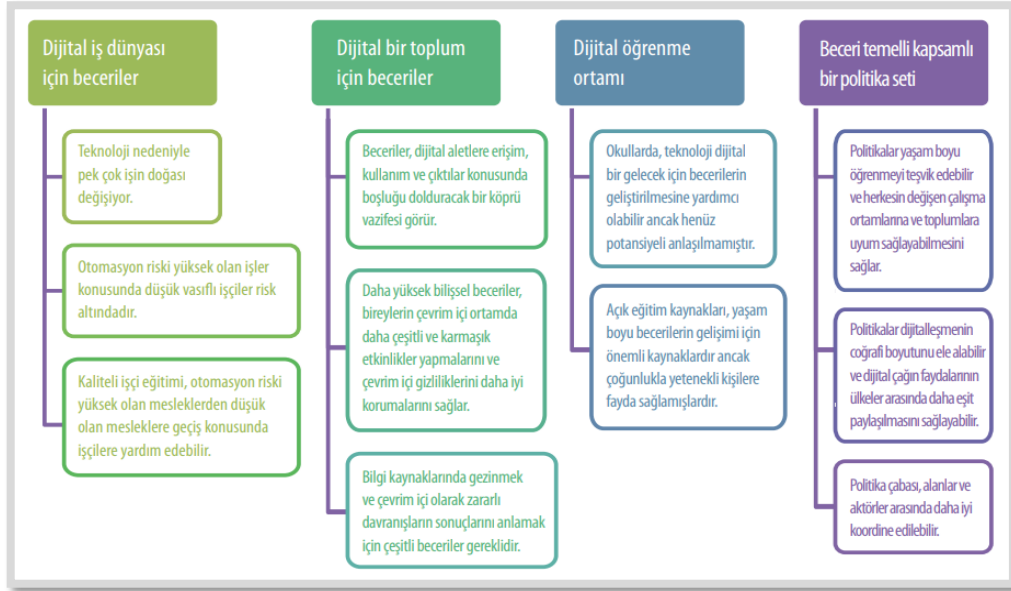
4.12.21. Yüzyıl Becerileri Hakkında Literatürdeki Tanımlar

ELEŞTİREL DÜŞÜNCE	Problemlere çözüm bulma, meselelere farklı bir şekilde bakmayı ifade eder.
YARATICILIK	Kalıpların dışında düşünmeyi, yeniliklere açık olmayı ifade eder.
İŞ BİRLİĞİ	Başkaları ile uyumlu ve etkili bir şekilde çalışmayı ifade eder. Birlikte bir hedef oluşturmak ve o hedef için ahenkle çalışmak demektir.
İLETİŞİM	Fikirleri, çözümleri, soru ve sorunları açık ve anlaşılır bir şekilde başkaları ile konuşmayı ifade eder.
BİLGİ OKURYAZARLIĞI	Doğru bilgiyi ayırtmayı, istatistik, rakam ve veri okuma ve anlama becerisini ifade eder.
MEDYA OKURYAZARLIĞI	Bilgilerin güvenilir olanlarını ve olmayanlarını ayırt ederken yayıncılık yöntemlerini, çıkarlarını ve kaynaklarını tanıma pratiğini ifade eder.
TEKNOLOJİ OKURYAZARLIĞI	Bilgi çağını mümkün kılan makinaların tanınip anlaşılmasını ifade eder.
ESNEKLİK	Değişen koşullara uyum sağlama yeteneğini ifade eder.
LİDERLİK	Hedefleri belirleme, gereken adımları atıp bir ekip çalışması yapma ve bu hedefleri iş birliği içinde gerçekleştirme yönündeki çabayı ifade eder.
GİRİŞİM	Projeleri, stratejileri ve planları kendi başına başlatmayı ifade eder.
VERİMLİLİK	Çalışmayı uygun bir sürede tamamlayabilme becerisini ifade eder.
SOSYAL BECERİLER	Ortak bir hedef ya da yarar etrafında başkaları ile bir araya gelme, ağ oluşturmayı ifade eder.

Şekil 33: 21. Yüzyıl Becerileri (E-ÖĞRENME, 2021)

Dünya Ekonomik Forumu (WEF); 2015'te "Eğitim için Yeni Vizyon" başlığıyla sunduğu rapora göre; Endüstri 4.0'ın gereksinimlerini karşılayabilecek ve yenilikçilik temelli olan, dünya çapında ekonomi şartlarında ülkelerin ilerlemesinde fayda sağlayacak, entelektüel sermayenin oluşturulmasının eğitim sektöründen geçtiği belirtilmiştir. 91 ülkedeki araştırmalar sonucunda, 21. yüzyılda bireylere kazandırılması becerileri 3 temel kapsamda 16 toplam beceri seti olarak belirtmişlerdir. Dünya Ekonomik Forumu'nun modelinde bireylerde geliştirilmesi ve kazandırılması gereken üç

temel boyut; günlük görevler için temel okuryazarlıklar; değişen çevreye adaptasyon ve karmaşık zorluklar için yetkinlikler için kişisel özelliklerdir. Temel okuryazarlıklar; doğru okuma, okuduğunu anlama ve yazılı dilini doğru kullanma; sembolleri ve rakamları doğru kullanma; bilimselliğin ilkelerini kavrama; teknoloji tabanlı içeriği doğru kullanma ve teknoloji oluşturma; insana özgü bilgiyi doğru anlama, finansın bileşenlerini tam anlama ve uygulama; becerileri olarak ifade edilmiştir. Yetkinlikler başlığı altında yenilikçi yaratıcılık, eleştirel düşünebilme, iletişim ve işbirliği gibi bilişsel yetkinlikler belirlenmiştir. Karakter özellikleri başlığı altında girişkenlik, merak, cesaret, liderlik, uyum, sosyal ve kültürel farkındalık kavramların belirtilmiştir. Modelde, tüm bu becerilerin hayat boyu öğrenme çerçevesi içinde geliştirilmesi gerekliliğini vurgulamıştır (YALI, 2021).



Şekil 34: OECD'nin hazırladığı Dijital Dünyada Beceriler (E-ÖĞRENME, 2021)

- **21. Yüzyıl Beceriler Çerçevesine (P21 2009) göre;** Bireylere kazandırılması gereken 21. yüzyıl becerileri üç temel alandan oluşmaktadır. Bireylerin gelişen akıllı teknolojileri iyi anlaması, yenilikçi ürünler geliştirebilmesi ve bütün bunları iyi iletişim becerileriyle hayata geçirmesi hedeflenmektedir.
- **Ulusal Araştırma Konseyi (NRC) çerçevesine göre (2006);** Bireylere bilişsel becerilerinin yani düşünme sistemlerinin gelişmesiyle eş zamanlı olarak iç denetiminin de kazandırılmasının önemine vurgu yapılmıştır. Bireyler düşünme

yetenekleri gelişince geliştirdikleri projeler için iyi bir denetim mekanizması oluşturabilmeli ayrıca iyi bir takım iletişimi kurabilmelidir.

- **2003'de Kuzey Merkez Bölgesel Eğitim (NCREL)** öne sürdüğü 21. yüzyıl yetenekleri etkili iletişim, yaratıcı düşünebilme, dijital okuryazarlık ve verimlilik olarak belirtilmiştir.
- **Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Organizasyonunun (OECD)** tarafından yapılan çalışmada 21. yüzyıl becerileri bilişsel, kültürel-sosyal ve öğretme-öğrenmeye ait özellikler olarak gruplandırılmıştır.
- **ISTE ve NETS** tarafından yapılan çalışmada 21. yüzyıl yetenekleri; yenilik, yaratıcılık, araştırma, iletişim, işbirliği, eleştirel düşünme, bilgiyi edinme, teknoloji okuryazarlığı, karar verme, problem çözme ve dijital becerilerdir.
- **Amerikan Okul Kütüphanecileri Topluluğu'nun (AASL)** 2007'de yaptığı gruplamaya göre 21. yüzyıl becerileri; eleştirel düşünmek, araştırmak, bilgiye ulaşmak ve bilgiyi kullanabilmek, yeni bilgi üretebilmek ve bilgiyi paylaşmak, demokrasi ve etik ilkelere katkıda bulunmak, sonuçlar çıkarmak, karar verebilmek, kişisel, sosyal ve estetik gelişimi sürdürebilmektir.
- **Hiçbir çocuk geride kalmasın (NCLB);** ilkesini temel alan Wagner (2008) tarafından öne sürülen 21. yüzyıl becerileri; eleştirel düşünme, problem çözebilmek, bireysel ve sosyal sorumluluk alma, bilgiyi elde etme ve yapılandırabilme, işbirliği, iletişim, hayal gücü ve liderliktir.
- **21. Yüzyıl Becerileri Çerçevesinin Değerlendirilmesi ve Öğretimi (ATSC21)** tarafından yapılan sınıflamaya göre; 21. yüzyıl becerileri üretme-uygulama, düşünme, olayları anlayabilme ve teknoloji-bilgi okuryazarlığı olarak belirtilmiştir.
- **Millî Eğitim Bakanlığı (MEB)** 21. yüzyıl becerileri çerçevesinde öğrencilerin kazanması gereken becerileri, yeterliklerini ve özelliklerini ve tespit etmiştir. Bunlar; bilim-teknoloji ve dijital yeterlikler, anadilde ve yabancı dilde iletişim, matematik, sosyal ve vatandaşlıkla ilgili yeterlikler, öğrenmeyi öğrenme, girişimcilik ile kültürel farkındalık ve ifade edebilme, sorumluluk alma biçiminde açıklanmıştır (ENGİN & KORUCUK, 2021).

4.13.STEM Eğitim Modelinin Amaçları

STEM Yaklaşımı farklı disiplinleri bünyesinde bütünleştirerek okul öncesinden üniversiteye kadar bireyleri çağın koşullarına uyumlu bireyleri yetiştirmeyi

hedeflemektedir. Teknolojinin hızla geliştiği 21. yüzyılda STEM alanlarının önem kazanmasıyla öğrencileri proje ve tasarım odaklı STEM eğitimi ülkelerin kalkınmasında önem kazanmıştır. STEM yaklaşımı; öğrencilere problemlerin çözümünde disiplinler arası bakış açısı, küresel dünyaya uyum sağlama, iş dünyasının ihtiyaç duyduğu ve ülkelerin kalkınabilmesi ve gelişebilmesi için önemli bir unsur olan 21. yüzyıl becerilerini kazanmalarını sağlamaktır. Öğrencilere eğitimde fırsat eşitliğini sağlamakta ve ARGE faaliyetlerine yönlendirmekte ve gerçek yaşam problemlerine çözüm üretmek patentlerini alabilme fırsatları sunmaktadır.

STEM eğitimi, küreselleşme ile sürekli değişen ve giderek karmaşıklaşan bir dünyada, sorunları çözmek, bilgiyi anlamlandırmak ve etkili kararlar almak için öğrencilere bilgi ve beceriler kazandırmak hayati önem taşımaktadır. STEM'i geleneksel bilim ve matematik öğretiminde farkı, öğrencilere öğretilen bilimsel yöntemlerin günlük hayatta nerelerde ve nasıl kullanılabileceğini göstererek, sayısal düşünemeyi öğretmekte ve problem çözenin gerçek yaşamdaki uygulamasına odaklanmaktadır. Özetle; STEM yaklaşımı öğrencileri iyi bir kariyere sahip olmaları için bilimsel yöntemlerin günlük yaşama nasıl uygulanacağını gösterir. Öğrencilere sayısal düşünme ve problemleri çözerken gerçek dünyada nasıl uygulayabileceğini odaklanmayı öğretir (Hom, 2022).

4.14.STEM Eğitim Modelinin Uygulamaları

Nitelikli işgücü geliştirmek için STEM yaklaşımı stratejileri doğru okunmalı ve uygulanmalıdır. STEM eğitimi ile gerçek yaşamdaki problemlere ve olaylara farkındalıkları arttırılacak şekilde uygulanmalıdır. STEM yaklaşımına uygun müfredat, ortam ve ders programları hazırlanmalı, öğrenciler ancak doğru biçimde uygulanan eğitimle küresel problemlere çözümler bulabilmekte ve yeni keşifler yaparak, yenilikçi ürünler geliştirebilmektedir. Öğrencilerin STEM alanlarında gelişmelerine yardımcı olmak için uygulama sürecinde denetim mekanizması ve disiplin oluşturmalarıdır. STEM yaklaşımının temel faktörlerinden biri olan eleştirel düşünme becerisini kazanması, bireylerin gelecekteki kariyerleri için önem taşımaktadır. STEM eğitimi ile bireylere okullarda yenilikçi tasarımlar hazırlaması, araştırma yapmaları ve bilimsel verileri toplayarak analiz etmesi, robotik kodlamalar yapmasını sağlamak için müfredat ve uygulama alanları hazırlanmalarıdır.

4.15.STEM Eğitiminin Öğrencilere Katkıları

Öğrencilere, hem mesleki anlamda hem de yaşamının her alanında ihtiyacı olan birçok yeteneğin öğrencilere kazandırılması STEM eğitiminin hedeflerindedir. STEM eğitiminin öğrenciler açısından faydaları aşağıdaki şekildedir:

- **Öğrencilerin Fen, Matematik ve Teknoloji Okuryazarlık Düzeylerini Artırmaktadır:** STEM eğitiminde öğrenciler ezberden uzak bir şekilde sorgulama ve araştırma yaparak öğrenirler. Problem ve sorgulama tabanlı öğrenme metotlarıyla hazırlanan derslerde dört disiplini bütünleştirip, günlük yaşama transfer ederek kullandıkları için öğrenme kalıcı hale gelmektedir.
- **Öğrencilere Eleştirel / Kritik Düşünme Becerisi Kazandırmaktadır:** Eleştirel düşünme becerisi, problemlere yeni ve farklı bir bakış açısıyla yaklaşmayı, disiplinler arası konuları birbirine bağlamayı içerir. STEM eğitiminde öğrenci karşılaştığı problemleri çözmek için farklı disiplinleri kullanarak doğru bilgiye ulaşma, sorgulama, analiz etme, değerlendirme ve kullanmayı öğrenir ve uygular.
- **Öğrencilerin Günlük Hayat Problemlerinin Farkına Varmasını Sağlamaktadır:** Sorgulamaya veya probleme dayalı STEM eğitiminde öğrenciler günlük yaşamlarındaki problemleri fark ederler ve çözüm üretmek için çalışmalar yaparlar. Bu sayede gelecekte karşılarına çıkacak problemlere çözüm üretmek için gerekli temel becerileri ve pratiği kazanmış olurlar.
- **Öğrencilerin Tüketen Bireyler Değil Üreten Bireyler Olmalarına Katkı Sunmaktadır:** STEM eğitiminde öğrenciler farklı disiplinleri bir arada kullanarak problemlere çözüm üretir, sistem tasarlar, ürün geliştirir ya da mevcut ürün üzerinde yenilik ve geliştirmeler yapar. Özellikle öğrencilerin dijital ve mühendislik tasarım becerileri gelişir, toplumun üreten birey ihtiyacının karşılanmasına katkı sağlamış olur.
- **Öğrencilerin Yaratıcılığını Geliştirmektedir:** Yaratıcılığın kutunun dışında düşünme becerisi olduğu söylenebilir. STEM eğitiminde öğrenciler karmaşık problemleri disiplinler arası bir yaklaşımla çözerken farklı, benzersiz fikirler üretmeye çalışır. Yeni bir şeyler üretme, var olan bir ürünü geliştirme sırasında yaratıcılıklarını kullanırlar. Grup çalışmaları sırasında takım arkadaşlarından ilham alarak da bu becerilerini geliştirirler ve keşfetme cesaretleri artar.

- **Öğrencilerin İşbirlikçi Çalışma Becerisini Artırmaktadır:** İş birliği, ortak bir hedefe ulaşmak için birlikte çalışma pratiğidir. STEM eğitiminde grup çalışması çok önemlidir ve ders akışları grup çalışmasına imkân sağlayacak şekilde tasarlanır. Farklı algıları, yetenekleri ve güçlü yönleri olan öğrenciler bir araya gelerek çalışırlar. Bu esnada her bir öğrenci kendi üzerine düşen görevleri yerine getirirken grubun öğrenme sorumluluğunu da üstlenir. Ulaşılan başarı grubun başarısıdır. Bunun yanı sıra işbirlikçi çalışmalar sırasında doğal liderler de ortaya çıkar, liderlik özelliklerini kullanmaları ve geliştirmelerine katkı sağlanır.
- **Öğrencilerin İletişim Becerilerini Geliştirmektedir:** İletişim düşünceleri, fikirleri, soruları ve çözümleri paylaşmaktır. STEM eğitiminde grup çalışmalarında öğrencilerin kendilerini ifade etme becerileri gelişir. Ayrıca aktif dinleme becerilerini de geliştirerek sosyal yaşamlarında da çevreleriyle daha olumlu ilişkiler kurmayı başarabilirler.
- **Öğrencilerin Değişime ve Yeniliğe Karşı Merak Duygusunu Geliştirmektedir:** STEM eğitimi, öğrencilerde soru sorarak çözüm üretme becerisini geliştirir. Sorular çözüme karşı merak uyandırır. Ayrıca başta teknolojik gelişmeler olmak üzere yeniliklere, keşiflere karşı merak duyarlar ve araştırma yaparlar.
- **Öğrencilerin Girişimcilik Becerilerinin Gelişmesine Destek Olmaktadır:** STEM yaklaşımı öğrencilerin gelişim ve değişimlere uyum sağlayan, yaratıcı çözümler üreten, donanımlı ve kendine güvenen ve iletişim becerileri güçlü bireylerin yetişmesine katkı sağlamaktadır. STEM araştırmalarında öğrenciler, tasarladığı sistem ve ürünlerin patentini alabileceklerdir ayrıca STEM alanındaki iş hayatlarındaki kariyer fırsatlarını değerlendirebilecekleri öngörülmektedir.
- **Öğrencilerin, STEM Kariyer Alanlarında Duyulan İhtiyacı Karşılamlarını Kolaylaştırmaktadır:** STEM öğretimi inovasyonun, üretimin ve yenilikçiliğin temelini oluşturduğundan, ekonomide de stratejik önem taşımaktadır. Yerel ve küresel ekonomik kalkınma için STEM alanlarında eğitim alan çalışanlara daha çok gereksinim duyulmaktadır. STEM eğitimi verilen öğrencilerden kariyer yapmak isteyenler, kazandırılan bilgi, beceriler yeterliliklerle STEM alanlarında ön sıralarda yer alacaklardır (KAVAKLI, 2022).

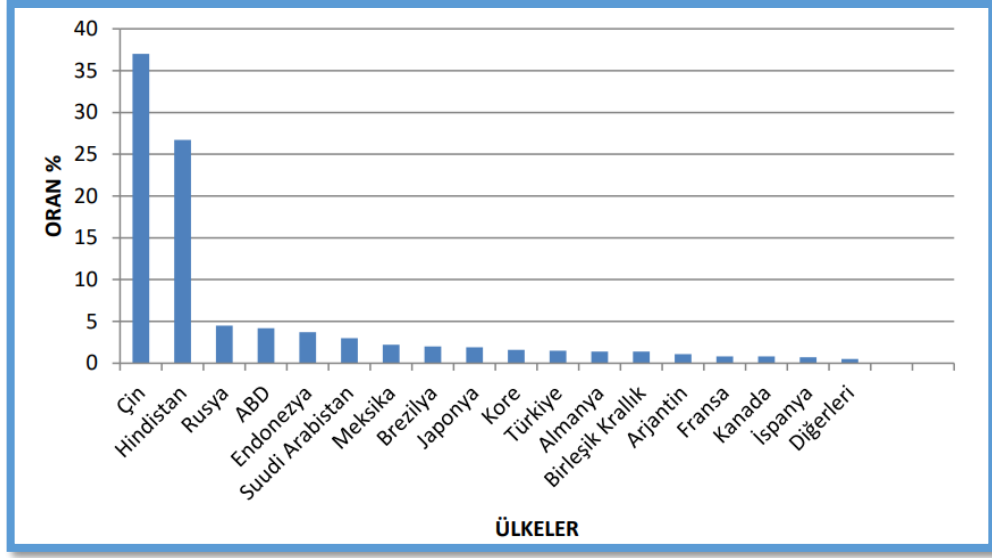
4.16.STEM Eğitim Modeli için SWOT Analizi

Strenghts (GÜÇLÜ YANLAR)	Weaknesses (GÜÇSÜZ YANLAR)
*Çekici ve ihtiyaç karşılayan bir model olması	*Pahalı olması ve fırsat eşitsizliklerinin olması
*Bütünlük ve disiplinlerarası olması	*Tanım ve uygulamadaki karmaşa
*Öğrenen, beccri, tasarım ve üretim odaklı olması	*Beklentilerle uygulama arasında fark olması
*21. yüzyıl becerilerini desteklemesi	*Öğretmenlerin bu konudaki bilgi, beccri ve deneyimlerinin az olması
*Çözüm merkezli olması	*Takım çalışması kültürünün zayıf olması (öğretmenler ve öğrenciler arasında)
*Öğretmen gelişimine katkı sunması	*Eğitim programı entegrasyonun sağlanmamış olması
*Girişimcilik odaklı, inovatif, merak uyandırıcı, öğretici olması	*STEM politikası eksikliği
*Genç ve konuya meraklı öğretmenlerin varlığı	*Özel sektörden yeteri kadar faydalanılamaması
*Öğrenmede derinleşmeyi sağlaması	*Sosyal bilimlerin dâhil olmadığı algısı
*Okul, sanayi, girişimci, sanatçı işbirliği olanağı sunması	
Opportunities (FIRSATLAR)	Threats (TEHDİTLER)
*Gelecekteki mesleklerin STEM' den beslenecek olması	*Öğretmenlerin uygulamayı içselleştirmemesi
*Bu konuda çalışan farklı eğitimcilerin arasındaki işbirliği	*Tanım ve uygulamada netlik olmaması
*Sanayi (4.0) alanında yaratacağı farkın iş dünyasını ikna edebilecek güçte olması	*Üretim çokluğunun tüketim çokluğunu tetiklemesi
*Yerel ihtiyaçlara çözümler üretmesi	*Makinaların yaptığı işlerin artması ile birlikte
*Sürdürülebilir yaşamı desteklemesi	*İnsana duyulan ihtiyacın azalması
*PISA ve TIMMS sonuçlarının bu konuya duyulan ihtiyacı vurgulaması	*S Güvenlik önlemlerinin alınmaması ve ihmallerin yaratacağı riskler
*Rekabet gücünü artırması	*Mevcut ölçme değerlendirme sisteminin süreç değil sonuç odaklı olması

Şekil 35: STEM projelerinin SWOT analizi (BAŞARAN, 2018)

Öğretmen Akademisi Vakfı'nın (ÖRAV, 2016) düzenlediği “STEM Moda mı Model mi” çalıştayındaki STEM yaklaşımına dair SWOT analizi ve oluşan sonuç şekil 35’de gösterilmektedir. ÖRAV’ın gerçekleştirdiği bu çalıştayda STEM projeleri SWOT analiziyle STEM eğitiminin önemi, güçlü ve güçsüz yanları, fırsatları ve tehditleri belirtilmiştir. MEB (2015) stratejik planda “Stratejik Amaç 2” başlığıyla belirlenen hedefler için STEM yaklaşımının önemini ortaya koymuştur (BAŞARAN, 2018).

Nitelikli işgücü kavramının öne çıktığı 21. yüzyılda Endüstri 4.0 devrimiyle yaşanan yenilikçi teknolojik gelişmeler ve akıllı üretim alanında küresel rekabet yarışı, ülkeleri STEM alanlarına, eğitime ve yenilikçi teknolojiye yatırım yapmalarına sebep olmuştur. 21. yüzyıl becerilerine sahip nitelikli işgücünün yetişmesi için STEM alanlarını doğru okuyan ve anlayan bireylere ihtiyaç günden güne artmaktadır.



Şekil 36: 2030 Yılında OECD ve G20 Ülkeleri Arasında Yükseköğretimde Beklenen STEM Mezunlarının Oranı (OECD, 2015)

Ülkeler nitelikli işgücü ihtiyacını karşılayarak, refah düzeyini arttırmak ve ekonomik üstünlük sağlamak için, Amerika’da başlayan Uzakdoğu ve AB ülkelerinde de eğitim politikalarına giren STEM eğitimi modelini uygulamaya koymuşlardır. Şekil 36’da 2030 yılında yükseköğretimde beklenen STEM mezunlarını göstermektedir. En fazla mezun oranı Çin ve Hindistan olarak beklenmektedir. Ülkelerin ekonomik üstünlük sağlaması hem de teknolojik gelişmelerden geri kalmamak için STEM eğitim yaklaşımı günümüzde ihtiyaç haline gelmiştir. Yapılan araştırmalar; STEM disiplinlerini birbiriyle ilişkili olarak öğrenen öğrenciler, bu yaklaşımla yaşam problemlerini de bütün olarak algılayarak, ayrıntıları birleştirip çözüme ulaştırma becerisini kazandıklarını göstermektedir.

4.17.Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları ile STEM ilişkisi

STEM Yaklaşımı bireylere yenilikçilik, katma değer oluşturabilme, kapasitesini artırma ve kolaylıkla iş bulabilmesine yardımcı olmaktadır. Araştırmalar ancak STEM Eğitimi ile 21. yüzyıl becerileri kazandırılıp geliştirilebileceğini ve bu becerilere sahip bireyler olmadan küresel anlamda sürdürülebilir kalkınmanın sağlanamayacağını belirtmektedir. Araştırmacılar, ülkelerin gelişmişlik düzeyini yükseltebilmeleri için yalnızca teknolojileri kullanmasının yetmediği, teknolojiyi doğru okuyan, teknolojiyi tasarlayan ve yenilikçi ürünler üreten bireyler olmadan asla gerçekleşmeyeceğini öngörmektedirler.

Bütün araştırmalar yenilikçi sistemleri tasarlayabilecek, üretecek ve yeni kullanım sahaları açabilecek bireylerin STEM alan ve becerilerine hâkim olanlar olduğu konusunda hemfikirdir ve yaşam problemlerini de ancak STEM becerileri ile sağlanacağı belirtilmektedir. Eğitim politikaları ve eğitime yapılan yatırımlar, ÷lkelerin kalkınması ve küresel rekabette üst sıralarda konumlanması için stratejik önem taşımaktadır. Farklı bir açıdan baktığımızda; ÷lkelerin etkili eğitim politikaları yönünde yaptıkları yatırımlar yüksek katma değer oluşturmakta, nitelikli bireyler yetiştirmekte ve bu bireyler yüksek gelir ile çalıştıklarında daha fazla vergi vermekte ve ÷lkesine büyük projelere yatırım için gelir sağlamaktadır. Özetle; ekonomik büyüme ve sürdürülebilir kalkınmanın temel faktörü nitelikli işgücüdür.

Tikly ve diğerleri (2018), STEM eğitim modelinin hem sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine ulaşılmasında hem de bölgeler arasındaki farklılıkları azaltmakta anahtar vazifesi olduğunu belirtmiştir. BM Genel Sekreteri Antonio Gutierrez; Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinin başarılması için, kız çocuklarının daha fazla STEM öğretilmesiyle eğitim almasının kritik bir faktör olduğunu belirtmiştir. CERN Genel Direktörü Rolf-Dieter Heuer; hızlı ve acil olarak STEM modelinin uygulanmasının küresel hedeflerin gerçekleştirilmesinde iyi bir fırsat olacağını belirtmiştir. UNESCO'nun 21. yüzyılda STEM Yeterliliğini Keşfetmek olarak adlandırılan raporunda öğretilimin, özellikle de STEM öğretiliminin, küresel hedeflerin gerçekleştirilmesinde etkin bir rolü olduğunu ve dünyadaki problemleri çözebilmek için kapsamlı çözümler ürettiğini vurgulamaktadır. Moore, Stohlmann ve Roehrig (2012) bütünleşik STEM öğretilimi yardımıyla teknoloji, bilim, matematik ve mühendislik disiplinleri ile gerçek hayat problemleri arasındaki bağlantı keşfedilmekte; özellikle de mühendislik tasarımı sürecinde öğrencilerin problemleri çözebilme fırsatlarını bulabileceklerini belirtmektedir. Öğrenciler, gerçek hayattaki sorunları çözmeye uğraşmasıyla küresel hedeflere ulaşılmasında ve problemlerin çözümünde katkı sağlamaktadır. UNESCO (2017d) STEM öğretiliminin ve yenilikçiliğin sürdürülebilir kalkınma amaçları için önemli bir faktör olduğunu öngörmektedir. Özellikle iklim değişikliğiyle mücadele ve açlığın bitmesi gibi hedeflere ulaşılmasında tesirli bir sistem olan STEM öğretilimi, eşitlikçi, kapsayıcı, nitelikli eğitim ve hayat boyu öğrenmeye özgü gibi fırsatlar vermektedir. Incheon Deklarasyonu ve Eylem Planınının 45 ve 68. amaçları da kaliteli öğretilime kavuşmak için STEM öğretiliminin önemini vurgulamaktadır. 45. maddede öncelikle kız çocuklarının STEM alanlarına erken

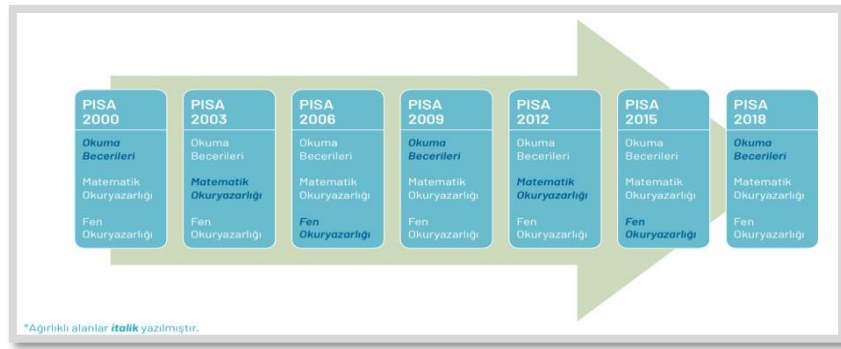
katılımıyla üniversitedeki eğitimlerinde araştırma işlevlerini güçlendirecek programlar ve politikalar geliştirilmesini amaçlanmaktadır. 68. maddede sürdürülebilir kalkınma amaçları 4. maddedeki eşitlik, kalite ve kapsayıcılık hedefine uygun olarak, bursların dezavantajlı duruma sahip öğrencileri, şeffaf bir şekilde hedeflemesini ve özellikle STEM alanlarında eğitim alan kadınların öncelikli olmasına odaklanmaktadır. Addis Ababa Eyle Gündemi'nin 119. maddesi de STEM yaklaşımına yatırımlar yapılarak yükseköğretim, teknik ve mesleki eğitimin güçlendirilmesini ve öncelikle kız öğrencilerin STEM öğretimine eşit erişim hakkını sağlayarak kaliteli öğretime katkılarda bulunma hedefi bulunmaktadır. Ulusal belgeler incelendiğinde; sürdürülebilir kalkınma amaçları 2. Gözden Geçirme Raporuna göre, kaliteli eğitim-öğretim hedefine yönelik yenilikçi çalışmaları, yaratıcılığı ve araştırmacılığı güçlendirebilmek için STEM eğitiminin bütün eğitim basamaklarında yaygınlaştırılmasını belirtilmektedir. TÜSİAD (2017) "2023'e Doğru Türkiye'de STEM Gereksinimi" raporuna göre; farklı disiplinler içeren STEM eğitiminin öncelikli problem çözme, eleştirel düşünme gibi önemli 21. yüzyıl yeteneklerini kazandırarak nitelikli öğretime ve bunun yanı sıra da nitelikli iş gücünün oluşturulmasına katkı sağlayacağı belirtilmektedir. Pang, Loh ve Lajium'un (2019) Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinin bağlamsal konuları ve standartlarına dair bütünleşmiş STEM yaklaşımının planlanması ismini koydukları çalışmada çıkış noktası, gerçek hayattaki problemlerin çözümünde STEM yaklaşımı ile hazırlanan ders programlarının eğitim programıyla nasıl bütünleştirileceğine dair belirgin standartın olmaması olarak belirtmişlerdir. Bu çalışma ortaöğretim seviyesinde üç STEM dersi doğrultusunda eğitim programları sürdürülebilir kalkınma amaçlarıyla ile bütünleştirilerek öğrencilere gerçek hayat problemlerini anlayıp nasıl çözebileceğini öğrenmesine destek olmaktadır. Farklı bir araştırmada ise STEM eğitimiyle öğrencilere teknik çizim yaptırılarak, bu projenin sürdürülebilir kalkınma amaçları hakkında farkındalığı artırıp artırmadığı gözlenmektedir. Çalışmanı bitiminde öğrenme amaçlarıyla uyumluluk sağlayan önemli yeterliklere ulaşıldığı ve böyle proje uygulamaları yapıldığında sürdürülebilir kalkınma amaçlarının anlaşılması için kolaylık sağlayacağı belirtilmiştir. Dotson ve diğerleri (2020) Tasarım Düşüncesine Dayalı STEM Eğitimi: IGNITE Modeli Aracılığıyla Ölçeğe ve Sürdürülebilirliğe Ulaşmanın Ön Sonuçları adlı araştırmada; tasarım odaklı düşünme yaklaşımını kullanarak, IGNITE modeli aracılığıyla öğrencilerin sürdürülebilir kalkınma amaçlarını öğrenmesini hedeflemiştir. Guatemala'daki 16 okuldaki 1500'den fazla öğrenci ile çalışan araştırmacılar STEM

yaklaşımı ve tasarım odaklı düşünmeyle öğrencilerin gruplar halinde sürdürülebilir kalkınma amaçlarına yönelik sürdürülebilir ve başarılı çözümler ürettiği saptanmıştır. Nesnelerin internetiyle sürdürülebilir kalkınma amaçlarına katkı sağlamayı hedefleyen farklı bir çalışmada öncelikle öğrencilerin mühendislikle ilgili algılarının değiştirilmesi hedeflenmiştir. Lise seviyesinde uygulanan araştırmayla çevre ve bilgisayar mühendisliği kavramları ilişkilendirilerek, farklı bir anlatımla STEM öğretiminin metotlarına uygun biçimde gerçek hayat problemlerine teknoloji destekli çözüm üreterek öğrencilerin sürdürülebilir kalkınma amaçlarının gerçekleştirilmesinde katkı sağladığı belirtilmiştir. Science on Stage Europe tarafından gerçekleştirilen “STEM Yaklaşımında Sürdürülebilirlik” projesi 20 öğretmen ile çalışılarak STEM derslerine sürdürülebilir kalkınma amaçlarını bütünleştirilmesine odaklanmaktadır. Çalışmanın hedefi, öğrencilerde STEM konuları hakkında alakalarını arttırmanın yanı sıra, sorumluluk sahibi ve aktif bireyler olmalarını teşvik eden, uygulamalı ve somut eğitim senaryolarını hazırlamaktır. STEM öğretiminden, bu problemleri incelemek ve çözebilmek için faydalanılmaktadır. “STEM Öğretiminde Sürdürülebilirlik” çalışması devam etmektedir. Avrupa Okul Ağı'nın yaptığı ve her sene Şubat-Nisan aylarında yapılan STEM etkinlikleriyle kutlanan STEM Keşif Haftası 2021'de “sürdürülebilirlik” konusunu seçmiştir. Bütün dünyadan öğrenci ve öğretmenlerin katılımıyla sürdürülebilir kalkınma amaçlarına dair STEM programı yapılması desteklenmiştir. Bununla beraber Eurostat'ın yayınladığı sürdürülebilir kalkınma amaçları göstergeleri de öğrenciler ile paylaşılmakta sürdürülebilir kalkınma amaçları bu göstergelerin veri olarak kullanılabilceği faaliyetler önerilmiştir (ARSLAN, 2021).

5. 21. YÜZYIL BECERİLERİNİ DEĞERLENDİREN ULUSLARARASI SINAVLAR

21. yüzyılda ülkelerin bilgi tabanlı olan küresel rekabette etkili olmaları için donanımlı ve nitelikli işgücüne ihtiyacı bulunmaktadır. Tüm akademik araştırmalar eğitim ve ekonomi kavramlarının birbirine bağlı olduğunu göstermektedir. Sanayi devrimleriyle uyumlu eğitim sistemleri, beşeri sermayenin verimliliğini arttırdığından ülke ekonomilerinin kalkınmasında ve büyümesinde en büyük etkenlerden biri olduğu görülmektedir. Ülkeleri birbiriyle kıyaslayan ve eğitim sistemlerindeki düzeylerini araştıran ayrıca ülkelerin eğitim politikalarını yönlendiren en önemli uluslararası iki sınav olan PISA ve TIMSS, okulların ülke ekonomisine katkılarına göre verimliliğini tespit etmekte ve eğitim kalitesini ölçmektedir. Ülkelerdeki eğitimlerin verimliliğini, başarısını ölçen; küresel rekabette yarışabilecek gelecek nesillerin de bir göstergesi olan bu sınavlar eğitimdeki küreselleşmenin de bir göstergesidir. Ayrıca bu sınavlar, ülkelerin eğitim politikalarını da yönlendiren bir faktördür. Küresel rekabet koşullarında ülkelere eğitim politikalarını ve eğitim sistemlerini değerlendirme olanağı sunan PISA, TIMSS gibi sınavlar, sadece öğrencilerin temel okuryazarlık, matematik, fen alanındaki bilgi ve becerilerin gelişimini izlemekle kalmayıp, aynı zamanda okullardaki tüm birimleri de değerlendirmektedir.

5.1.PISA Sınavı



Şekil 37: PISA Döngülerinde Temel ve Ağırlıklı Alanlar (MEB., 2019)

Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü'nün (OECD) yaptığı ilk defa 2000'de uygulamaya koyulan üçer yıl arayla ve üç aşamada gerçekleştirilen PISA sınavı, OECD'ye üye olan ülkelerin de katılımıyla, 15 yaşındaki öğrencilere kazandırılan

beceri ve bilgileri değerlendirme amaçlı yapılan bir eğitim-öğretim çalışmasıdır. OECD Eğitim Direktörlüğü'ne bağlı olan ve PISA Yönetim Kurulu tarafından yürütülen PISA sınavına, Türkiye ilk defa 2003'de katılmıştır. Araştırmada kullanılan anketlerin ve başarı testlerinin hazırlanması, geliştirilmesi, analizlerinin yapılması, uluslararası rapor haline getirilmesi gibi işlemleri, PISA Yönetim Kurulu'nun denetiminde olan bir kurul tarafından yapılmaktadır. PISA'nın uygulama sürecindeki tüm işlemler araştırmaya katılan ülkelerde belirlenen ulusal merkezlerde gerçekleştirilmektedir. PISA'nın her aşamasında farklı alanlara ağırlık verilmektedir. İlk aşamada okuduğunu anlama becerilerine, ikinci aşamada matematik alanına, üçüncü aşamada ise fen bilimleri alanına ağırlık verilmektedir. PISA sınavları, öğrencilerin matematik okuryazarlığı, okuma becerileri ve fen okuryazarlığı alanlarındaki yeterliliklerini ölçmekte ve ülkelerin birbiriyle karşılaştırılmasını amaçlamaktadır. PISA araştırması ayrıca öğrencilerin kendileri hakkındaki görüşlerini, motivasyonlarını, okul ortamı ve aileleriyle ilgili bilgilerini, öğrenme biçimlerini araştırarak, bunları nicel veriler haline getirmektedir. PISA araştırmasındaki “okuryazarlık” terimi, öğrencilerin potansiyel ve bilgilerini geliştirmesi, topluma katkıda bulunması ve daha etkili bir şekilde katılması için yazılı kaynakları bulabilmesi, kullanabilmesi, kabul etmesi ve değerlendirebilmesi olarak açıklanmaktadır. PISA araştırmasının temel hedefi, öğrencilere okulda kazandırılan bilgilerin gerçek hayatta kullanabilme becerilerini ölçmektir (YAHŞI & KIRKIÇ, 2020).

Tablo 5: PISA 2018 Üç Alanda Dünya Sıralaması

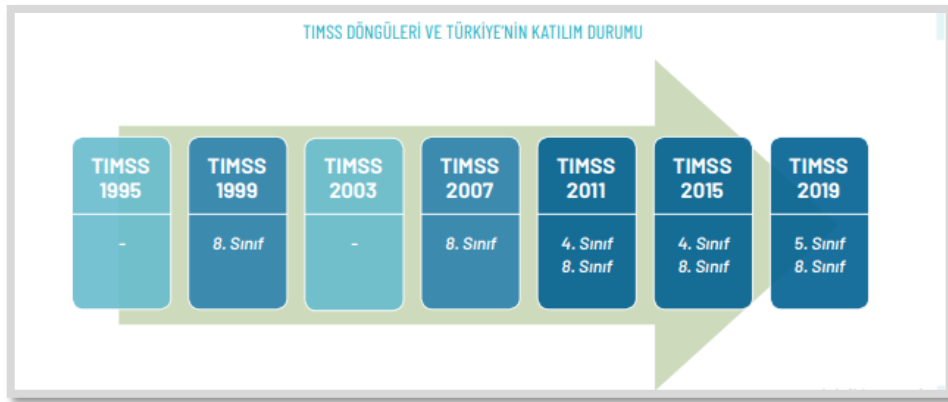
TOP 10 SCORES - Mean scores in PISA 2018					
READING		MATHEMATICS		SCIENCE	
China*	555	China*	591	China*	590
Singapore	549	Singapore	569	Singapore	551
Macau	525	Macau	558	Macau	544
Hong Kong	524	Hong Kong	551	Estonia	530
Estonia	523	Taiwan	531	Japan	529
Canada	520	Japan	527	Finland	522
Finland	520	South Korea	526	South Korea	519
Ireland	518	Estonia	523	Canada	518
South Korea	514	Netherlands	519	Hong Kong	517
Poland	512	Poland	516	Taiwan	516
OECD average	487	OECD average	489	OECD average	489

NOTE: *China is represented by four provinces: Beijing, Shanghai, Jiangsu and Zhejiang.

(SCHOOLIN, 2020)

Dünyadaki 79 ülkenin ve 600 bin öğrencinin katılmakta olduğu 2018 PISA sonuçlarına göre; Çin, Singapur, Hong Kong, Estonya bütün alanlarda üst sıralarda yer almaktadır. Dört yılda bir uygulanan TIMSS sınavı, 4. ve 8. sınıf düzeylerinde öğrencilerin fen ve matematik alanlarındaki becerileri ve bilgilerini değerlendirmekte ve bu alanlarda eğitim ve öğretimin gelişmesini hedeflemektedir. TIMSS sınavı ile kapsamlı karşılaştırmalı olarak veri elde edilmekte, gelişmeler değerlendirilmekte, 4 ve 8. sınıf seviyeleri arasında öğretimin etkinliği karşılaştırılmakta ayrıca ülkelerin eğitim politikalarına yön vermektedir. TIMSS sınavlarının sonuçlarıyla ülkeler, öğrencilerinin fen bilimleri ve matematik alanlarındaki başarı düzeylerini değerlendirilip; öğretim programlarının, öğretmenlerinin ve okulun, öğrencilerin düzeyleri ve sistem hakkında bilgi sahibi olmak taktadır. Ayrıca ülkelerin eğitimdeki temel politika farklılıkları değerlendirilebilmektedir. Böylece ülkeler eğitim sistemlerindeki eksiklikleri belirleyebilmekte, gerekli düzenlemeleri yapabilmekte ve alınması gereken önlemleri alabilmektedir (YÜCEL & KARADAĞ, 2016).

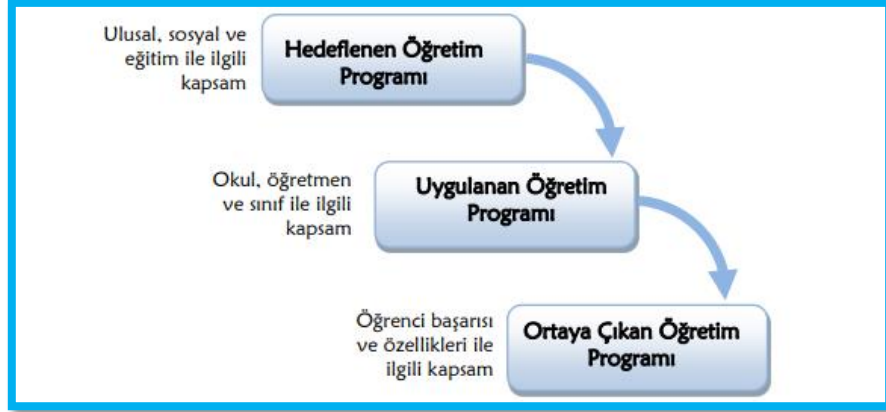
5.2.TIMMS Sınavı



Şekil 38: TIMSS Döngüleri (MEB, 2020)

TIMSS, eğitim fırsatlarının öğrencilere nasıl ulaştığını ve onların bu fırsatları nasıl kullandığını etkileyen unsurları dikkate almaktadır. Uluslararası Eğitim Başarılarını Değerlendirme Kuruluşu'nun (IEA) matematik ve fen başarısıyla ilgili çalışmalarını temel alarak, kapsamlı bir şekilde tanımlanmış olan öğretim programını temel düzenleyici görüş olarak kullanılmaktadır. TIMSS öğretim program modelinin; hedeflenen öğretim programı, uygulanan öğretim programı ve ortaya çıkan öğretim programı olmak üzere üç yönü vardır. Programlar sırasıyla; bir ülkenin öğrencilerinin öğrenmesini hedeflediği

matematik ve fen bilimlerindeki öğrenme ortamlarını ve bu ortamlardaki eğitim sistemi ile öğrenmenin nasıl yapıldığını ve son basamakta öğrencilerin bilgi düzeylerini ve öğrenme ortamları ile ilgili ne düşündüklerini belirlemektedir (YÜCEL & KARADAĞ, 2016).



Şekil 39: TIMSS Öğretim Programı Modeli (YÜCEL & KARADAĞ, 2016).

TIMSS 2019 dördüncü sınıf matematik değerlendirmesinde Tablo 6’da görüldüğü üzere; en başarılı ülke 625 puanla Singapur olurken Hong Kong, Güney Kore, Tayvan ve Japonya yüksek başarı gösteren diğer Asya ülkeleridir. Türkiye’nin dördüncü sınıf düzeyinde ortalama matematik puanı 523 olarak hesaplanmıştır. Bu puanla Türkiye, 58 katılımcı ülke arasında 23. sırada yer almıştır. Ayrıca Türkiye, TIMSS uygulamalarında ilk kez ölçek orta noktasının (500 puan) anlamlı ölçüde üzerinde performans göstermiştir. Bu bağlamda Türkiye, ölçek orta noktasından daha yüksek puan alan 36 ülkeden biri olmuştur. Türkiye, aynı zamanda ileri ve üst yeterlik düzeylerine erişen öğrenci oranlarında da yüksek performans gösteren ülkeler arasında yer almıştır. İleri matematik yeterliğine sahip öğrenci oranı (%15) açısından Türkiye, en başarılı onuncu ülke olmuştur. Bununla birlikte, Türkiye’de öğrencilerin %12’si alt matematik yeterliği düzeyine erişememiştir. TIMSS 2019 sekizinci sınıf matematik değerlendirmesinde de 616 puanla en başarılı ülke Singapur olmuştur. Dördüncü sınıf sonuçlarına benzer şekilde, Tayvan, Güney Kore, Japonya ve Hong Kong, başarı sıralamasında Singapur’u takip etmektedir. Türkiye, 496 puan olarak TIMSS ölçek orta noktası düzeyinde performans göstermiştir. Bu performansı ile Türkiye, 39 ülke arasında 20. sırada yer almıştır. Ayrıca Türkiye, ileri matematik yeterliğine sahip öğrenci oranı (%12) açısından öne çıkan ülkelere biri olmuştur. İleri matematik yeterliğine sahip öğrenci oranına göre yapılan

sıralamada Türkiye dokuzuncu sırada yer almıştır. Diğer taraftan, Türkiye örneklemindeki öğrencilerin %20'si alt matematik yeterliğine ulaşamamıştır (K.MEB, 2020).

Tablo 6: TIMSS 2019 4. ve 8. Sınıf Düzeyi Matematik Başarı Sıralaması

1	Singapur	618 (3,8)	1	Singapur	621 (3,2)
2	Hong Kong	615 (2,9)	2	Kore Cumhuriyeti	606 (2,6)
3	Kore Cumhuriyeti	608 (2,2)	3	Çin-Tayvan	599 (2,4)
4	Çin-Tayvan	597 (1,9)	4	Hong Kong	594 (4,6)
5	Japonya	593 (2,0)	5	Japonya	586 (2,3)
6	Kuzey İrlanda	570 (2,9)	6	Rusya	538 (4,7)
7	Rusya	564 (3,4)	7	Kazakistan	528 (5,3)
8	Norveç(5)	549 (2,5)	8	Kanada	527 (2,2)
9	İrlanda	547 (2,1)	9	İrlanda	523 (2,7)
10	İngiltere	546 (2,8)	10	Amerika	518 (3,1)
11	Belçika (Flaman Bölgesi)	546 (2,1)	11	İngiltere	518 (4,2)
12	Kazakistan	544 (4,5)	12	Slovenya	516 (2,1)
13	Portekiz	541 (2,2)	13	Macaristan	514 (3,8)
14	Amerika	539 (2,3)	14	Norveç (9)	512 (2,3)
15	Danimarka	539 (2,7)	15	Litvanya	511 (2,8)
16	Litvanya	535 (2,5)	16	İsrail	511 (4,1)
17	Finlandiya	535 (2,0)	17	Avusturya	505 (3,1)
18	Polonya	535 (2,1)	18	İsviç	501 (2,8)
19	Hollanda	530 (1,7)		TIMSS Ölçek Orta Noktası	500
20	Macaristan	529 (3,2)	19	İtalya	494 (2,5)
21	Çek Cumhuriyeti	528 (2,2)	20	Malta	494 (1,0)
22	Bulgaristan	524 (5,3)	21	Yeni Zelanda	493 (3,4)
23	Güney Kıbrıs	523 (2,7)	22	Malezya	465 (3,6)
24	Almanya	522 (2,0)	23	Birleşik Arap Emirlikleri	465 (2,0)
25	Slovenya	520 (1,9)	24	Türkiye	458 (4,7)
26	İsviç	519 (2,8)			
27	Srbistan	518 (3,5)			
28	Avusturya	517 (3,1)			
29	Kanada	511 (2,3)			
30	İtalya	507 (2,6)			
31	İspanya	505 (2,5)			
32	Hırvatistan	502 (1,8)			
	TIMSS Ölçek Orta Noktası	500			
33	Slovakya	498 (2,5)			
34	Yeni Zelanda	491 (2,3)			
35	Fransa	488 (2,9)			
36	Türkiye	483 (3,1)			

(OLAY, 2020)

TIMSS 2019 4. sınıf düzeyindeki fen değerlendirmesinde Tablo 7’de görüldüğü üzere; en başarılı ülke 595 puanla Singapur olmuştur. Güney Kore, Rusya ve Japonya ise fen başarısında Singapur’u takip etmektedir. Türkiye, fen başarısında 526 ortalama puanı ile 58 katılımcı ülke arasında 19. sırada bulunmaktadır. Bu performansı, Türkiye’nin ilk kez TIMSS ölçek orta noktasının anlamlı ölçüde üzerinde yer almasını sağlamıştır. Dolayısıyla Türkiye, ölçek orta noktasından anlamlı ölçüde yüksek başarı gösteren 32 ülkeden biri olmuştur. Türkiye’nin öne çıktığı diğer bir ölçüt de ileri fen yeterliğine sahip öğrencilerin oranıdır. Türkiye, öğrencilerinin %12’si ileri fen yeterliğine sahip bir ülke olarak bu sıralamada dokuzuncu olmuştur. Diğer taraftan öğrencilerin %8’i alt fen yeterliği düzeyine ulaşamamıştır. TIMSS sekizinci sınıf fen değerlendirmesinde de en başarılı ülke 608 puanla Singapur’dur. Tayvan, Japonya ve Güney Kore, bu sınıf

düzeyinde Singapur’u izleyen ülkelerdir. Katılımcı ülkelerden 16’sı TIMSS ölçek orta noktasından anlamlı ölçüde yüksek performans göstermiştir. Türkiye, bu sınıf düzeyinde 515 ortalama fen puanıyla 39 ülke arasında 15. sırada yer almıştır. Bu performansı ile Türkiye, ilk kez bir TIMSS döngüsünde ölçek orta noktasının anlamlı ölçüde üstünde bulunan ülkeler arasında yerini almıştır. Türkiye’nin öne çıktığı diğer bir performans ölçütü de ileri yeterlik düzeyine erişen öğrenci oranlarıdır. Türkiye’de öğrencilerin %13’ü ileri fen yeterliğine sahiptir ve bu ölçüte göre yapılan sıralamada Türkiye dokuzuncu sırada yer almıştır. Bununla birlikte, sekizinci sınıf öğrencilerininin %12’si alt fen yeterlik düzeyine ulaşamamıştır (K.MEB, 2020).

Tablo 7: TIMSS 2019 4. ve 8. Sınıf Düzeyi Fen Başarı Sıralaması

Sıra	Ülke	Ortalama Ölçek Puanı	Sıra	Ülke	Ortalama Ölçek Puanı
1	Singapur	595 (3,4) ▲	1	Singapur	608 (3,9) ▲
2	Güney Kore	588 (2,1) ▲	2	Tayvan	574 (1,9) ▲
3	Rusya	587 (3,0) ▲	3	Japonya	570 (2,1) ▲
4	Japonya	562 (1,8) ▲	4	Güney Kore	561 (2,1) ▲
5	Tayvan	558 (1,8) ▲	5	Rusya	543 (4,2) ▲
6	Finlandiya	555 (2,8) ▲	6	Finlandiya	543 (3,1) ▲
7	Letonya	542 (2,4) ▲	7	Litvanya	534 (3,0) ▲
8	Norveç	539 (2,2) ▲	8	Macaristan	530 (2,8) ▲
9	Amerika Birleşik Devletleri	539 (2,7) ▲	9	Avustralya	528 (3,2) ▲
10	Litvanya	538 (2,5) ▲	10	İrlanda	523 (2,9) ▲
11	İsveç	537 (3,3) ▲	11	Amerika Birleşik Devletleri	522 (4,7) ▲
12	İngiltere	537 (2,7) ▲	12	İsveç	521 (3,2) ▲
13	Çek Cumhuriyeti	534 (2,6) ▲	13	Portekiz	519 (2,9) ▲
14	Avustralya	533 (2,4) ▲	14	İngiltere	517 (4,8) ▲
15	Hong Kong	531 (3,3) ▲	15	Türkiye	515 (3,7) ▲
16	Polonya	531 (2,6) ▲			
17	Macaristan	529 (2,7) ▲			
18	İrlanda	528 (3,2) ▲			
19	Türkiye	526 (4,2) ▲			

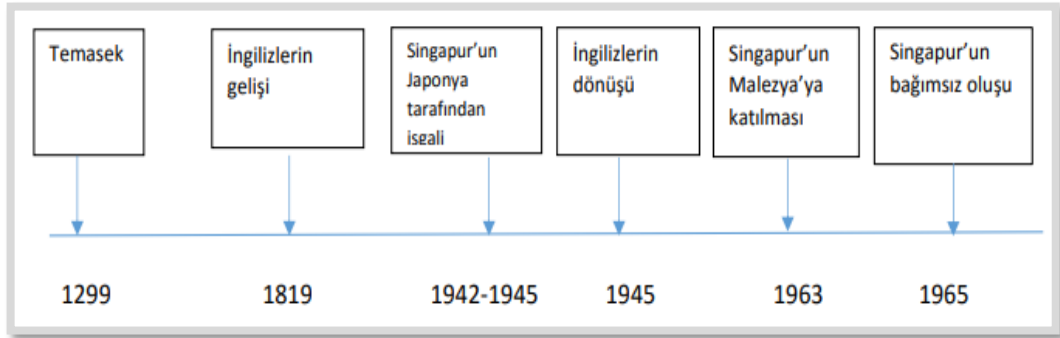
(K.MEB, 2020).

Uluslararası sınavlarda ilk sıralara giremeyen ABD ‘de 2018’de NSB tarafından yayınlanan Mühendislik ve Bilim Göstergeleri raporuna göre; ülkede STEM eğitimiyle kazandırılan 21. yy yeteneklerinin son yirmi yıl içerisinde gelişmesine rağmen, yine de birçok ülkenin gerisinde kaldığı belirtilmektedir. Küresel olarak mühendislik ve bilim lisans öğrencilerininin sayıları toplamın %25’ine Hindistan, %22’sine Çin sahiptir; ABD ise bu oranın sadece %10’una sahip olduğu anlaşılmaktadır. ABD’de STEM alanlarında çalışanların diğer alanlarda çalışanlara göre daha yüksek maaş aldığı da belirtilmektedir.

ABD nüfus oranının %50'sini oluşturan kadınların, %30'unun STEM alanlarında çalıştığı belirtilmektedir. Dikkat çeken başka bir bulgu da sosyo ekonomik duruma, cinsiyete, coğrafi konuma ve özel gereksinime bağlı STEM eğitimine erişimde yaşanan eşitsizlikler olarak ifade edilmektedir (ARASTAMAN & ARSLAN, 2021).

6. STEM EĞİTİMİ VE EKONOMİK KALKINMA: SİNGAPUR ÖRNEĞİ

Singapur tarihi 13. yüzyıla uzanmaktadır; ilk olarak Temasek adıyla bilinen Singapur, bölgesel deniz ticareti açısından stratejik bir konuma sahip olan Singapur sırasıyla Johor Sultanlığının, İngiltere'nin, Japonya'nın hâkimiyetinde kalmıştır, daha sonra Malezya'yla birleşmiş ve 1965'de bağımsızlığını ilan etmiştir (MFA, 2020).



Şekil 40: Singapur Tarihinin Zaman Çizelgesi (MFA, 2020)

Nüfusu az, doğal kaynakları sınırlı ve tarım arazileri yetersiz olan Singapur toprak yüzölçümü olarak dünyadaki en küçük ülkelerden biri olmasına karşın, tek kaynağı ve ekonomisinin itici gücünü oluşturan beşeri sermayesini güçlendirmek için 1960'lı yıllarda eğitimde yaptığı kapsamlı reformlarla eğitim kalitesini arttırarak dünyanın en güçlü ekonomilerinden biri haline gelmiştir. Eğitim ve kalkınma ilişkisini en iyi açıklayan ülke konumunda olan Singapur, başarılı eğitim politikalarıyla TIMMS, PISA ve PIRLS gibi uluslararası sınavlarda en yüksek puanları kazanarak ilk sıralarda yer almaktadır. Singapur eğitim reformları; bilim, matematik, teknoloji ve fen gibi STEM alanlarının geliştirilmesi, yeni teknolojilere uyum sağlama ve katma değeri yüksek ürünler ve teknoloji üretebilmek için öğrencilerin Endüstri 4.0'ın gerektirdiği 21. yüzyılın becerilerinin kazandırılması temeline dayalıdır. Sektörlerin çoğu STEM bilgisi gerektirdiğinden, ülke ekonomilerinin gelişmesinde STEM eğitimi önemli rol oynamaktadır. Singapur'da öğrenciler iş gücü piyasasının ihtiyaçlarına yönelik, bilime ve teknolojiye ayak uyduracak biçimde eğitim görmekte ve ülkenin nitelikli işgücü ihtiyacını karşılamaktadır. Uluslararası sınavlarda üstün başarı gösteren Singapur, ekonomisinin ana kaynağı olan beşeri sermayesini sürdürülebilir ve tutarlı eğitim politikaları, kaliteli

eğitimcileri, STEM alanlarına verilen önem, okullarda BİT etkin kullanımı sonucunda nitelikli işgücü geliştirmiştir. Nitelikli ve donanımlı işgücü ile 50 yıl içerisinde gelişmiş ülkeler sıralamasında ilk sıralarda yerini almış, dünya ekonomisinde önemli bir konuma yükselmiştir ve ekonomik açıdan kişi başına refah seviyesini üst sıralarda konumlandırmıştır. Bu bağlamda 6. bölümün amacı, STEM-STEAM eğitimi ile PISA ve TIMSS sınavlarında yüksek başarı sağlayan Singapur'un beşeri sermayesini nitelikli işgücü haline getirerek elde ettiği ekonomik başarılarını ve makroekonomik konumunu incelemektir.

6.1.Singapur'da STEM-STEAM Eğitimi

Eğitimde kapsamlı bir sistem geliştiren Singapur'da, zorunlu olmayan okul öncesi eğitime hemen hemen %100 oranında katılım vardır ve sonrasında ise 6+4 yıl olmak üzere 10 yıllık zorunlu eğitim bulunmaktadır. Singapur'da eğitim ve öğretim; ezber yöntemi yerine öğrencilere “gerçek yaşamdaki problemleri nasıl çözümleyebileceği becerisini kazanmasına” odaklanmaktadır. Singapur eğitim-öğretim programının hedeflediği temel yeterlilik alanlarından en önemlilerinden bazıları; yenilikçilik, yaratıcılık, küresel iletişim ve eleştirel düşünme yeteneğidir. Singapur'da öğrenciler müfredatlarındaki ders konuları hakkında STEM alanlarındaki uzmanlarla da iletişim haline geçerek, yeteneklerine göre gerçek hayatta bu bilgileri nasıl kullanacaklarını ve uygulayacaklarını öğrendiklerinden hedeflerini gerçekleştirebilmektedir ve STEM alanlarında kariyerlerini oluşturma imkânına sahip bulunmaktadır. Singapur STEM eğitimindeki 5 disiplini öğretmen ve öğrenci eğitiminde tam olarak kullanan ender ülkelerden biridir. Singapur eğitim sistemi, teknoloji ve bilimi temel alırken diğer taraftan da sanat aracılığıyla yaratıcı eğitimi ve düşünmeyi çok yönlü olarak geliştirmektedir. Bütün öğrencilerin kendi kendine ya da sesli dile getirdiği “**Matematik ya da diğer dersler hayatta benim ne işime yarayacak?**” sorusunu Singapur'da hiçbir öğrenci sormaz; çünkü STEM eğitimi çok küçük yaşlarda başlatılmakta ve büyük ölçüde gerçek dünya uygulamalarına dayanmaktadır. Singapur eğitim sistemi; STEM disiplinlerini ayrı ve ayrı konular olarak öğretmekten ziyade, disiplinleri bütünleştirerek gerçek yaşamdaki uygulamalarına yönlendirmekte ve öğrenciler matematikçi ya da bilim adamı gibi düşünme sistemi kazanmaktadır. Bilgiyi nasıl kullanabileceğini öğrenen öğrenciler motive olduklarından gerçek hayatta uygulamaktadır.

Singapur'un eğitim sistemi, bazı uluslararası değerlendirme kuruluşları tarafından değerlendirilmeye alınmış ve rakiplerinden birçok açıdan üstün olduğu ifade edilmiştir. Örneğin; McKinsey adlı araştırma kuruluşu tarafından 2010 yılında yapılan "Dünyanın En İyi Performans Gösteren Eğitim Sistemleri" araştırmasında Singapur, ele alınan birçok ülkeyi geride bırakmıştır. Aynı kuruluşun yayınlamış olduğu araştırma raporunda, Singapur eğitim sisteminin 1985'te vasat bir performansa sahip olmasına karşın, bu tarihte başlayan reformların etkilerini göstermesiyle 2000 yılından sonra mükemmel bir sistem haline geldiği belirtilmiştir (LEVENT & YAZICI, 2014).

Singapur, öğrencilerin geleceğin mesleklerine uygun beceriler kazanmaları ve yenilikçi projeler geliştirebilmeleri için STEM eğitimini ülke çapında yaygınlaştırmıştır. Singapur STEM politikasıyla eleştirel ve yaratıcı düşünme ve yaşam boyu öğrenmenin tüm vatandaşlar tarafından benimsenmesi hedeflemektedir. Singapur'da öğrencilere büyük hedefler yüklenmekte ve bu hedeflerine ulaşmaları ve büyük başarılar elde etmeleri sağlanmaktadır. Yapılan bütün akademik çalışmalara göre; dünyanın en etkili eğitim politikalarına sahip ülkelerden olan Singapur'un, STEM eğitimi politikalarının istikrarlı ve tutarlı bir biçimde uygulanmaktadır. Bu nedenle, ekonomik büyümedeki başarısının sürekliliğini sağlamıştır. Singapur, bir ülkenin sürdürülebilir kalkınma gerçekleştirilmesi ve gelişmekte olan ülkelerin de gelişmişlik düzeyine ulaşması için nelerin yapılması gerektiği konusunda en iyi örneklerden biri olan ülkedir. Singapur, sürdürülebilir STEM eğitim politikaları geliştirerek; STEM alanlarının öğretiminde, eğitimde fırsat eşitliği sağlama, 21. yüzyıl becerilerine verilen öncelik, gelişmiş teknolojilerinin okullarda etkin kullanılması ve okul çalışanlarının kalitesini arttırmak için yaptığı yatırımlar sonucunda başarılı olmuştur. Singapur'un ekonomik kalkınmasında ve gelişmiş ülke seviyesine gelmesinde STEM eğitiminin önemli etkisi bulunmaktadır. STEM eğitim politikalarıyla etkin, uyarlanabilir, üretken bir işgücü geliştirmiştir. Singapur'da bireylerin nitelikli işgücü olarak yetişmesi ülkenin temel hedeflerdendir. Singapur, Endüstri 4.0 sürecini STEM eğitimi yaklaşımı ile bütünleştirerek, öğrencilerin daima ülkesini hayatının merkezine koyan, sahip oldukları bireysel potansiyellerini ortaya çıkartan ve üretken bireyler olarak yetişmelerini amaçlamaktadır. STEM yaklaşımını uygulayan Singapur; iş gücünün sahip olması gereken bilgi ve becerilerle donanımlı nitelikli bireyler yetiştirerek, beşeri sermaye kaynaklarını en iyi şekilde değerlendirmekte, böylece hem vatandaşlarının hem de ülkenin milli gelirini arttırmaktadır.

Uluslararası sınavlarda en yüksek puanları alan ülke olan Singapur'un başarılarında STEM eğitim modeline odaklanması etkilidir. Singapur'un genel eğitim-öğretim stratejisi olan STEM eğitim modeli, eğitim ve öğretimin olmazsa olmazı haline gelmiştir. Öyle ki, bütün ortaokul ve liselerde eğitim-öğretim, bütünüyle STEM eğitimi çerçevesinde olduğu görülmektedir. Teknoloji temelli okulların başarısının yüksek olduğu ülkelerin başında gelen Singapur'da, 2010 yılında teknik okullardan mezun olanların %80'inin, bir yükseköğretim programına devam ettikleri görülmektedir. Bu sonuç, teknoloji temelli okullarda kaliteli eğitimin yanı sıra, teknoloji temelli okullarda STEM eğitim modeline verilen değer ve önemi göstermektedir (ARDIÇ, 2021).

Kalkınmakta olan bazı ülkeler eğitim-öğretim problemini çözmek ve nitelikli genç işgücünü oluşturmak için Singapur eğitim modelini örnek almaktadır. Singapur'da eğitim inovatif gelişme, araştırma ve nitelikli işgücü oluşturma görevine odaklanmaktadır. Singapur'da üniversiteden önceki eğitim; politeknikler, teknik eğitim enstitüleri, merkezileşmiş enstitüler ve kolejler tarafından verilmektedir. STEM alanlarında verilen eğitimlerle ülkedeki gereksinim olan her sektörde nitelikli ve yerli işgücü geliştirilmektedir. Singapur'da öğretmen yetiştiren tek kurum olan ve Singapur'daki dünyanın sayılı yükseköğretim kurumları arasında en saygın üniversitelerinden Nanyang Teknoloji Üniversitesi'nin kapsamında bulunan NIE'de yetişen öğretmenler, temel alanının eğitiminin yanında müzik, matematik ve sanat alanlarında da ileri seviyede eğitim görmektedir. Meritokratik bir yönetime sahip olan Singapur, liyakate ve niteliğe dayalı donanımlı bürokratlarla devamlı yükselmektedir. Singapur, son 30 yılda yetiştirdiği nitelikli işgücü ile inovasyon güdümlü büyüme modeli ile gelişmiş ülkeler sınıfına dâhil olmuştur ve Singapur'un hızlı büyümesine neden olmuştur (TORUN, 2021).

Politeknik Eğitim: Ekonomik gelişmenin itici güçlerinden olan orta seviyedeki işgücünün yetiştirildiği eğitim seviyesidir. Üretim ve eğitimin birlikte oluşturulduğu ortamda, öğrencilere en temel bilimsel-teknik-teknolojik yöntem ve beceriler kazandırılarak, üretimin tüm süreçlerinde karşılaştığı problemlere ve yeniliklere karşı gerekli becerileri kazandırmayı amaçlamaktadır.

Singapur'daki Nanyang Teknoloji Üniversitesi'nin eğitim programından biri olan 'Rönesans Mühendislik' bölümündeki amaç, teknoloji alanında girişimciler

yetiştirmektedir. Başarılı öğrenciler arasından seçilen öğrenciler, mühendislik yanında sosyal bilimler ve işletme alanlarında da eğitim almaktadır. Okulda öğrenim gören öğrencilerden olan Germaine Tan'ın ifadesi sosyal bilimler ve teknolojinin kesiştiği noktayı açık bir şekilde anlatmaktadır: ‘‘Bir mühendislik öğrencisi yalnızca bir ürünün nasıl tasarlanacağını değil, aynı zamanda bu ürünlerin müşteriye hitap edip etmediğini, satış potansiyellerini de bilmek zorundadır. Nanyang Teknoloji Üniversitesi'nin beklentisi, üniversiteden mezun olan öğrencilerin sadece iş bulmaları değil çalıştığı sektörde başarılı olmalarıdır (Euronews, 2013).

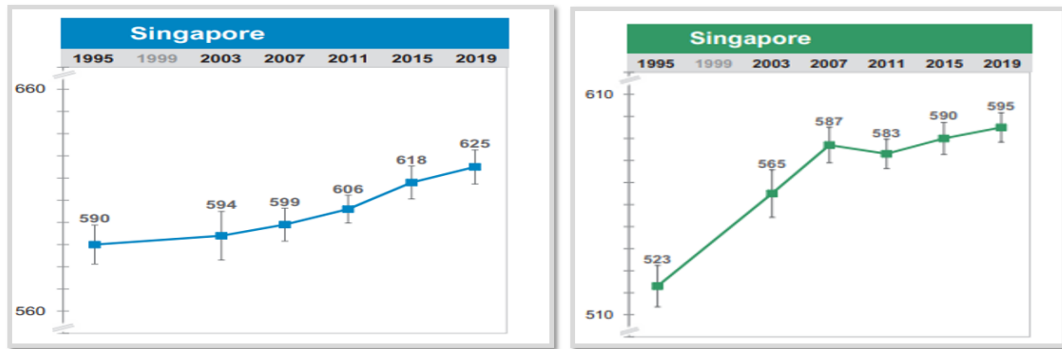
Singapur'un eğitim politikası olarak STEM eğitim modeli eğitimin olmazsa olmazı durumuna gelmiş en önemli faktörüdür. Öyle ki ortaokulda ve lisede öğretim tamamen STEM eğitim yaklaşımının etkisindedir. Mesleki ve teknik okullarda başarı seviyesinin yüksek olduğu ülkelerden olan Singapur'da, 2010' da teknik okullardan mezun olanların %80'ini bir yükseköğretim programına devam etmiştir. Böylece teknik okullarda eğitimin kaliteli olmasının yanı sıra bu okulların STEM eğitimine verdiği değeri ve önemi belirtmektedir (DEĞİRMENCİ, 2020).

Singapur sistemi, Amerika dâhil birçok ülke tarafından uygulanmaktadır. Matematik derslerinde, öğretmenlerin görevi öğrencilere ‘‘matematik duyusu’’ aşılamak ve problemlerin tek bir doğru cevaba odaklandırmadan onlara bir matematik probleminin nasıl çözüleceğini algılamaları dersin temel hedefidir. Ders kitapları da çok kapsamlı olmadığından, öğrenciler temel kavramları detaylı bir şekilde öğrenmektedir. Singapur'da eğitimciler, matematiği görsel çözümlene becerisinin ve kişinin bilişsel yeterliliğinin gelişimini yalnızca teknoloji ve fen alanlarında değil, günlük yaşamı için de önemli kabul etmektedirler. Singapur, STEM alanlarına verilen değer neticesinde, 21. yüzyılın küresel rekabete dayanan işgücü ile istihdam sağlamaktadır. Singapur'un STEM alanlarında etkin öğretmen geliştirme modeli ile, bütün öğretmenlere Singapur eğitim felsefesi aşılanmakta ve dersleri nasıl öğretecekleri hakkında aynı eğitimi almaktadırlar. Ailelerin, öğrencilerin ve öğretmenlerin diğer derslerde olduğu gibi STEM alanlarındaki derslere aktif katılımı, uluslararası öğrenci değerlendirme projelerinde STEM alanlarında sağlanan başarının önemli faktörlerinden biridir. 1980 yıllarında mesleki eğitime kaynak aktarımını arttırarak, iş dünyasına gereken nitelikli işgünü oluşturmaya başlamıştır. Teknik eğitim veren kurumlardaki öğrencilerin, yaşayarak öğrenme programları uygulanması sonucunda mezun olduklarında gelirleri yüksektir ve Singapur bu durumu

ülkenin geleceğine yatırım olarak değerlendirmektedir. Öğrencilere STEM yaklaşımı ile donanımlı akademik altyapı hazırlanması ve mezun olanların iş hayatında gereksinim görülen karmaşık yetenek ve becerileri kazanacak biçimde yetiştirilmesi, mesleki ve teknik eğitimde başarılarını etkileyen diğer unsurlar arasında gösterilebilir (LEVENT & YAZICI, 2014).

6.2.Singapur'da STEM Eğitiminin Öğrencilere Kazanımları

Singapur'da 2000'li yıllarda ezber ve sınava ve dayanan eğitim sisteminden vazgeçilerek, etkinlik temelli, proje tabanlı, araştırmaya dayalı eğitim sistemine geçilmiştir. Bilimde ve teknolojiye yaşanan hızlı değişim ve gelişmelerle eğitime ayrılan bütçenin OECD ülkelerinde %20 ye yakın bir oranda artış göstermesine rağmen, Singapur uluslararası sınavlarda sürekli bir artış göstermektedir. Singapur'da 15 yaşındaki beş öğrencinin en az dört tanesi matematik ve fen bilgisi alanlarında temel yeterlilik derecesine sahiptir. Singapur'da her dört çocuktan birden fazlası matematikte en yüksek performansa sahip olması, matematiksel sembolleri ile karışık problemleri matematiksel biçimde formülize edebilme yeteneğini kazandıklarını göstermektedir. Matematikte en yüksek dereceyi kazanan Singapur, OECD ülkelerinin oldukça üzerinde yer almıştır. OECD ülke ortalamasına göre her on öğrenciden biri matematikte üstün performans göstermesine karşın, Singapur her üç öğrencisinden biriyle en üst düzeyde yerini almaktadır. Beşinci ve altıncı seviye matematik dalında Singapur en yüksek performansa sahip bulunmaktadır. (TOPÇU & DURAK, 2019).



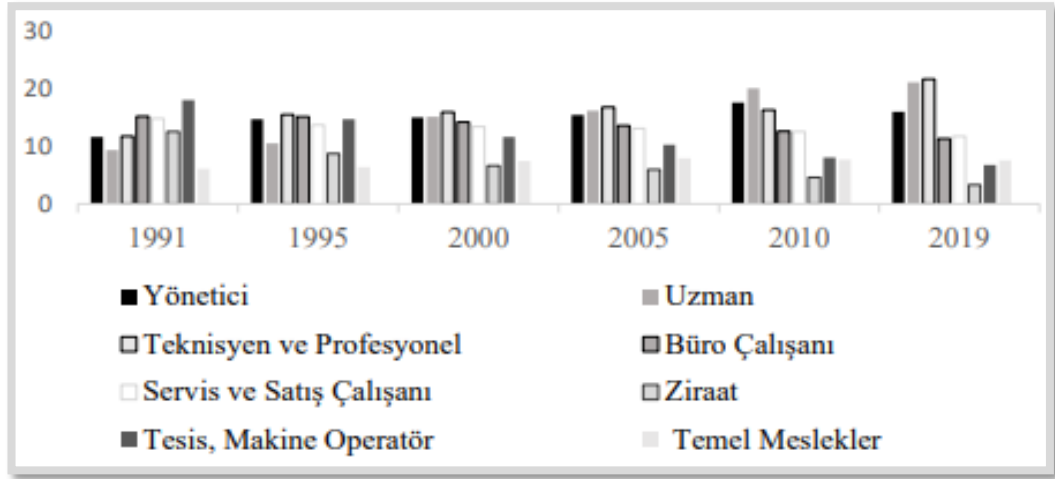
Şekil 41: Singapur'un TIMMS sınavlarında yıllara göre Matematik ve Fen Başarısı (IEA, 2020)

Uluslararası TIMSS sınavlarının sonuçlarına göre, Singapur hem bilim hem de matematik alanında dünyanın en iyi derecesini elde eden ülkelerdendir. Bu sonuçlar Singapur'un STEM yaklaşımına dayanan öğretim sisteminin bir yansımasıdır. Topluluklar, aileler ve medya STEM yaklaşımına karşı pozitif yaklaşım içerisindedir ve Eğitim Bakanlığıyla işbirliği yapmaktadır. 1968'de Eğitim ve Bilim Bakanlığının kurulmasıyla STEM alanlarına ve teknik becerilere tamamen odaklanan Singapur eğitim politikaları bütün okullarda uygulanmaktadır. 1990'larda Singapur, beşeri sermayesini bilgi ekonomisine hâkim ve yüksek teknoloji kullanabilen bireyler olarak geliştirmek için ortaöğretimde ve yükseköğretimde STEM yaklaşımını yaygınlaştırmıştır. Teknoloji ve bilimde nitelikli beşeri sermayeye sahip olmanın ülkenin kalkınması için temel teşkil eden politikalar olduğundan daha sonra Eğitim Bakanlığı tarafından da desteklenmiştir. Singapur 2000 yılında; araştırma, yenilik, yaratıcılığa odaklı olarak eğitim sistemlerinde paradigma değişikliği yaparak, öğretim ortamlarında BİT'in kullanılmasına başlamıştır. Birinci ve ikinci BİT Master planları, öğrencilerin yaratıcılığını ve yenilikçiliğini teşvik edecek gerekli BIT bilgileri ve becerileri kazandırılmasının önemini kabul etmiştir. BİT Master planlarının hedefi, öğrencilerin öğrenme ortamlarını teknolojik olarak dönüştürmek iken, BİT Master planı 3 ise öğrencileri teknolojik alanlarda geliştirmeyi öngörmekteydi (TOPÇU & DURAK, 2019).

6.3.Singapur'da Değer Zinciri Oluşturan Eğitimli ve Nitelikli İnsan Kaynaklarının Kalkınma ve Ekonomik Büyümedeki Önemi

Singapur ekonomisinin 50 yılda oluşturduğu büyük değişimindeki en büyük etkenler; dünya çapındaki eğitim sistemine önemli yatırımlar yapması, öğrencilerin her türlü bilgi ekonomisinin karmaşıklığına hazır olması, nitelikli işgücünü devamlı olarak iyileştirilmesi, hükümet politikalarının sıkı takip edilmesi ve denetlenmesi ile başarmıştır. Singapur, 2019 yılında yüksek **GSYH** büyüme oranına ulaşarak kişi başı 65.000 ABD doları geliri ile dünyadaki en varlıklı ülkelerden biri olmuştur. Aynı zamanda, “ekonomik özgürlük”, “rekabet gücü”, “matematik ve bilim eğitimi”, “iş ortamı” gibi özel sektörde karşılaştırmalı endekslerde dünya çapında en büyük derecelere ulaşmıştır. Goh Chok Tong, Singapur'un başarısını nedeninin eğitim sisteminde ve bütün hizmetlerde **meritokrasi** olduğunu, böylece ülkenin halkını mükemmelliğe ulaşmasını sağlandığını ve ülkenin rekabet gücünün arttığını belirtmiştir. Singapur politikalarına göre; Singapurlu ideal bir işçi, teknik ve temel eğitime sahip olmalıdır. Bu sebeple Singapur, eğitime ve

teknik becerileri geliştirmeye öncelikli olarak önem vermektedir. Singapur'a göre eğitim, ülkenin uzun vadeli geleceğinde bir anahtar olarak görülmektedir. Singapur, teknik konulara ve STEM alanlarına önem veren ortak bir müfredat hazırlamış ve altı yıllık ilköğretimi bütün çocuklara zorunlu yapmıştır. 1970'lerde öğrencilerin nitelikleri ve yabancı dil oranları çok düşüktü. Singapur ekonomisinin daha katma değeri yüksek ürünleri üretmek için ülkenin matematik bilgisi, dil becerilerine sahip ve daha iyi okuryazar olan nitelikli işgücüne olan gereksinimini karşılamak için 1979'da eğitim reformlarını başlatmıştır ve eğitim ile kalkınmanın temel taşları oluşturulmuştur. Eğitimin kalitesini yükseltmek, bilim ve mühendislik alanındaki becerileri geliştirmek ve öğrencilerin dil yeteneklerini artırmak reformların temel hedefleriydi (ÇAKMAK, 2022).



Şekil 42: Singapur'un Beşeri Sermayesindeki Nitelik Seviyelerindeki Değişimler %
(1991-2019) (ERSOY, 2021)

Singapur, küçük bir ulus olmasına karşın eğitim sistemini yenilikçi ve üretici bir toplum olma hedefi üzerine inşa etmiştir. Ülke, kişi başı yüksek geliri olan ve yüksek değerli bir ekonomiye sahip hale gelmek için devamlı eğitim programlarını geliştirmiştir. Singapur, eğitim politikalarını endüstri politikalarıyla uyumlu duruma getirerek, emeğin düşük seviyede olduğu teknolojiye dayalı sanayiden, emeğin yüksek seviyede olduğu teknolojiye dayalı sanayiye dönüştürmüştür. Bu bağlamda da beşeri sermayesini arttıran politikalar, ticaret ve endüstri politikaları, ücret ve emek politikalarının uyum içerisinde olmasına özen göstermiştir. Son 20 yılda, Singapur'da beceri ve eğitim düzeyleri artarken, ülkenin artan ARGE yatırımlarının da temel oluşturduğu ARGE kültürü ülkenin hayati bir parçası

olmuştur. Özellikle, 1980'lerden itibaren arttırılan yeni endüstriyel yatırımlara ve ARGE harcamalarına odaklı yaklaşımla, hem inovatif ürün ve hem donanımlı iş gücüne dayanan büyüme politikalarını günümüzde de devam ettirmektedir. Singapur'un tutarlı ve sürdürülebilir eğitim-öğretim politikaları sonucunda büyük değişim gösteren işgücü, Şekil 42'de meslek çeşitlerine göre verilmiştir. Yüksek derecede yetenek ve beceri gerektiren meslek grupları; uzman, yönetici, teknisyen; orta derecede yetenek ve beceri gerektiren meslek grupları; tesis ve makine operatörü, büro çalışanı, servis ve satış çalışanı, ziraat; düşük derecede beceri ve yetenek gerektiren meslek grupları; temel meslekleri kapsamaktadır. Singapur'un farklı derecelerdeki beşeri sermayesinin niteliklerindeki değişimler incelendiğinde, 1991-2019 yılları arasında bilhassa, orta seviye yetenek ve beceri gereksinimi olan meslek gruplarının azalmakta olduğu, bu durumun tersine, yüksek seviyede yetenek ve beceri gerektiren meslek gruplarında ise devamlı yükselme olduğu gözlenmektedir. Yüksek seviyede yetenek ve beceri gerektiren meslek grupları içinde, en çok artan meslek türü ise profesyonel ve teknik meslekler olmuştur (%11.8'den %21.8'e yükselerek). Singapur'un bilhassa, mesleki ve teknik eğitim ve öğretime yönelik düzenlemelerinin sonucundaki bu gösterge, politeknik eğitim kurumlarının ulaştığı başarıları göstermektedir (ERSOY, 2021).

6.4.Singapur Ekonomisinin Temel Makroekonomik Göstergeleri

Dünyanın en rekabetçi ekonomilerinden biri olan Singapur eğitim reformları ile yetkin, üretken, uyarlanabilir ve nitelikli bir işgücü oluşturarak; ülkenin dünyanın en zengin ülkesi haline gelmesini sağlamıştır. Singapur'un dünyanın en zengin ülkelerinden biri haline gelmesinin arkasındaki en önemli etken, beşeri sermayesine yaptığı yatırımlardır. Asya kıtasında İngilizce dilinin en çok konulduğu ülke konumundaki Singapur küresel anlamda çok uluslu şirketler için ilgi çekici bir ülke olmuştur. Ülkenin makroekonomik göstergeleri bakımından Tablo 8'de görüldüğü üzere Singapur ekonomisinin temel makroekonomik göstergelerine baktığımızda; ülkenin makroekonomik performansı başarılı ve oldukça istikrarlı bir görünüme sahiptir. Yıllar itibariyle düşük işsizlik, düşük enflasyon, yüksek GSMH, düşük faiz oranı Singapur ekonomisinin belirgin göstergeleridir. Ortalama %3 seviyesindeki bir işsizlik oranıyla istihdam oranları yüksektir. Singapur'da uzun yıllardan beri tam istihdam derecesine yaklaşan bir ekonomik görünüm gözlenmektedir (GÖGÜL & ABDO, 2019).

Tablo 8: Singapur Ekonomisinin Temel Makroekonomik Göstergeleri (2005-2017)

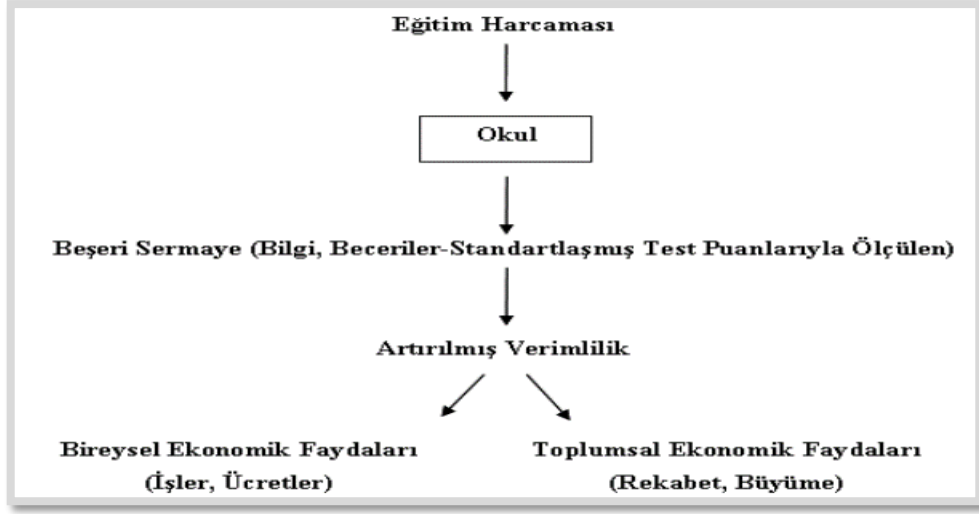
	Enflasyon oranı %	İşsizlik oranı %	Büyüme Oranı %	GSYİH (Milyar USD)	GSMH (Milyar USD)	Kişi başına düşen gelir	Tüketici Fiyat Endeksi (TÜFE)	Reel faiz oranları%
2005	0.425	5.59	7.489	127.418	118.992	29869.85	87.952	3.007
2006	0.963	4.48	8.86	147.797	142.549	33579.85	88.799	3.532
2007	2.105	3.9	9.112	179.981	174.304	39223.58	90.668	-0.502
2008	6.628	3.96	1.788	192.226	183.556	39721.05	96.677	6.976
2009	0.597	4.38	-0.603	192.408	183.492	38577.56	97.254	1.796
2010	2.823	3.17	15.24	236.422	235.076	46569.68	100	5.428
2011	5.248	2.96	6.351	275.967	269.141	53237.65	105.248	4.081
2012	4.576	2.88	4.083	290.674	278.858	54715.70	110.064	4.808
2013	2.359	2.79	5.111	304.454	292.884	56389.18	112.66	5.617
2014	1.025	2.8	3.884	311.539	304.098	56957.08	113.825	5.619
2015	-0.523	1.69	2.241	304.098	292.622	54940.86	113.22	1.702
2016	-0.532	1.8	2.397	309.764	293.765	55243.13	112.617	5.388
2017	0.576	2.024	3.619	323.907	312.388	57714.30	113.266	4.372

Kaynak: World Bank

(GÖGÜL & ABDO, 2019)

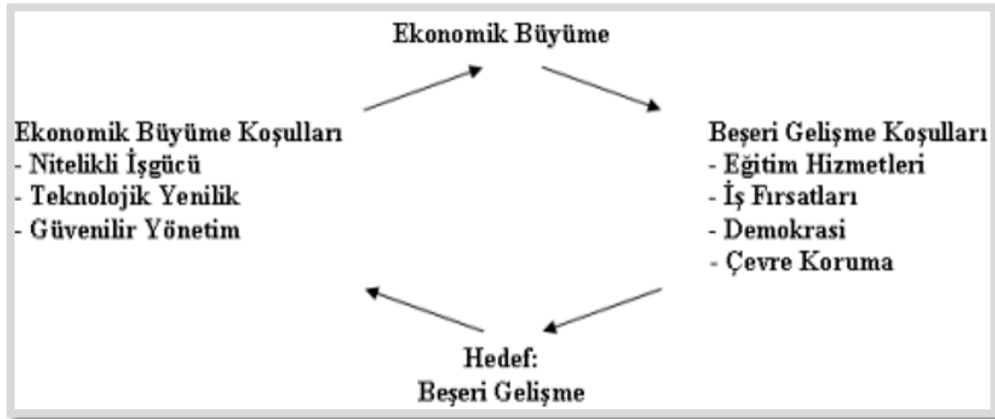
1980’de ülkenin karşılaştığı en yüksek oran olan 8,5 enflasyon oranıdır, 2017’de ise enflasyon oranıyla dünyada 33. sırada yerini almıştır ve gittikçe enflasyon oranının düştüğü görülmektedir. Enflasyonun istikrarlı bir şekilde düşmesi Singapur ekonomisinin güçlendiğinin bir işaretidir. Tablo 8’de görüldüğü üzere 2005’den 2017’ye kadar, faiz oranları; enflasyon oranlarından daha yüksektir. 2005’te Singapur tarihinde en yüksek ekonomik işsizlik oranı % 5,59 olarak gerçekleşmiş fakat 2005’ten sonra bu oran gittikçe düşerek 2012 yılından beri % 3 seviyesinin altına inmemiştir. Singapur’da işsizlik oranı 2005’den itibaren devamlı azaldığı görülmektedir ve 2017’de kişi başına düşen yüksek gelir ile Singapur dünyada 9. sırada bulunmaktadır. GSYİH sürekli artış göstermekte ve kişi başına düşen gelir de sürekli yükselmektedir. Tüketici Fiyatları Endeksi (TÜFE) bakımından fiyatlar genel seviye açısından istikrarlı görülmektedir. TÜFE enflasyon oranı ile ilişkilidir. Singapur 2017 yılındaki enflasyon oranıyla dünyada 33. sıraya yerleşmiştir ve sürekli enflasyon oranının düştüğü görülmektedir. Enflasyonun sürekli düşmesi, Singapur ekonomisinin güçlendiğinin bir göstergesidir. Faiz oranları ise, para birimlerinin fiyatlarının belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır (ABDO, 2019).

6.5. Ekonomik Büyüme ve Eğitim Harcamaları İlişkisi ve Singapur'un Eğitim Harcamaları



Şekil 43: Eğitim Harcaması ve Ekonomik Büyüme İlişkisi (ERİÇOK & YILANCI, 2013)

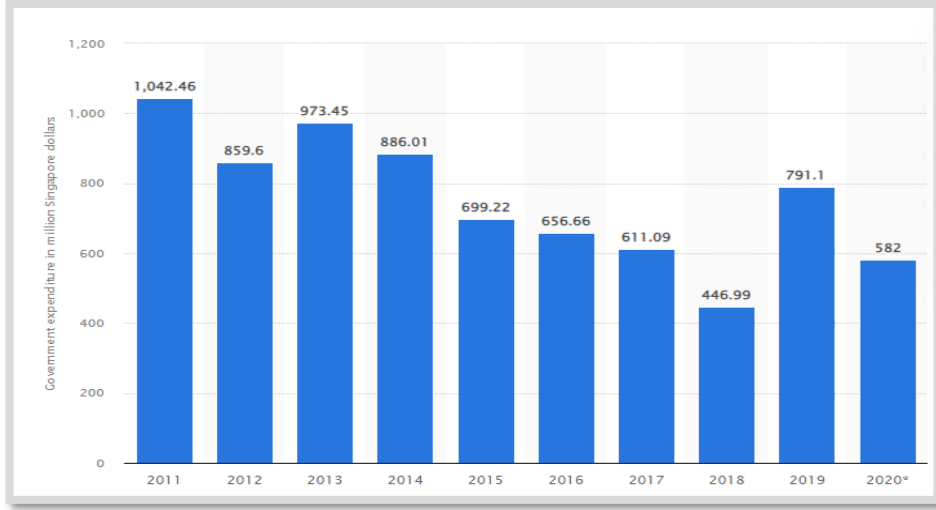
Ekonomik büyüme ve eğitim harcamaları ilişkisini gösteren Şekil 43’de görüldüğü üzere eğitim harcamaları bağlamında yapılan okula yapılan yatırım, standart test puanıyla ölçülen becerileri ve bilgileri içeren beşeri sermayeye yapılan pozitif bir yatırım olarak gözlenmektedir. Bu durum, hem toplumda verimlilik seviyesini artırırken, hem de aynı zamanda ücretleri ve işleri içeren bireysel ekonomik faydalar ile büyümeyi ve rekabeti kapsayan toplumsal ekonomik faydalara önemli katkı sağlamaktadır (ERİÇOK & YILANCI, 2013).



Şekil 44: Ekonomik Büyüme ve Beşeri Gelişme İlişkisi (ERİÇOK & YILANCI, 2013)

Birleşmiş Milletler Gelişme Programı tarafından yayınlanan 1996 tarihli Gelişme Raporu'na göre beşeri sermayedeki gelişme ekonomik büyümenin son aşamasıdır. Ülkelerin toplam refahının artırılması ile fakirlik azaltılabilir ve diğer sosyal sorunlar için çözümler artırılabilir. Şekil 44'de görüldüğü gibi, ekonomik büyüme yönetsel ve teknolojik yeniliklerde yetenekli daha yüksek nitelikli işgücü, yeni işlerde yetişmek için daha iyi koşullar, daha fazla ve daha iyi iş ve karar almanın bütün düzeylerinde daha fazla demokrasi gibi beşeri sermayedeki gelişmenin koşulları ile devamlı desteklenmelidir (ERİÇOK & YILANCI, 2013).

Singapur, 1965'te bütçesinin yaklaşık %26'sı olan 358 milyon doları eğitim yatırımı olarak ayırmıştır. 1970'lerde, bütçesinin %40'dan daha çoğunu hem eğitimci geliştirmek hem de eğitimin altyapısını kurmak için eğitime ayırmıştır. 2000'li yıllarda düşüşe geçen eğitim harcamaları bütçesinin %17-22'si aralığında gerçekleşmiştir. 1960-1992 yıllarında Singapur'da işçilerin her birine düşen reel çıktı miktarıyla hesaplanan ortalama işgücünün verimliliği %300 artmış ve işgücünün verimliliğinde yıllık ortalama artışta %4,5 olarak belirlenmiştir. Bilhassa 1970'den sonra işgücünün eğitime verilen öncelik işgücünün kalitesindeki artışta belirleyici unsur olmuştur. Örnek olarak en az orta öğretimi tamamlamış Singapurlu işçilerin oranı 1970'de %17 oranından 1991'de %52 oranına ve aynı dönemde yükseköğretim almış Singapurlu işçilerin oranı %4 oranından %22 oranına yükselmiştir. Eğitim ve öğretim harcamalarını ulusal bir yatırım olarak değerlendiren Singapur, eğitime ayrılan harcamayı 1959'da 63,4 milyon ABD dolarından 2016'da 12,6 milyar ABD dolarına çıkararak yaklaşık 200 kat oranında artırmayı başarmıştır. Bu harcamaların sonucunda beşeri sermayesinin kalitesinde çok büyük artışlar olmuştur. Singapur'un 1960'lı ve 1970'li yıllarda temel amacı, halkın bütünü için ücretsiz ilköğretimdir. Bunun yanında, Singapur öğretmen ücretlerini avukatların ve mühendislerin ücretleri ile kıyaslanabilir duruma getirmesiyle öğretmen istihdamını yükseltmiştir. Öğretmenlerine sertifika programı geliştirerek öğretmenlere eğitimlerinin sürekliliğini sağlamıştır. Kısacası Singapur, eğitime ayrılan yüksek mali destek politikaları ve sürekli eğitimle işgücünü güçlendirmekte ve beşeri sermayesine değer vermektedir (ÇAKMAK, 2022).



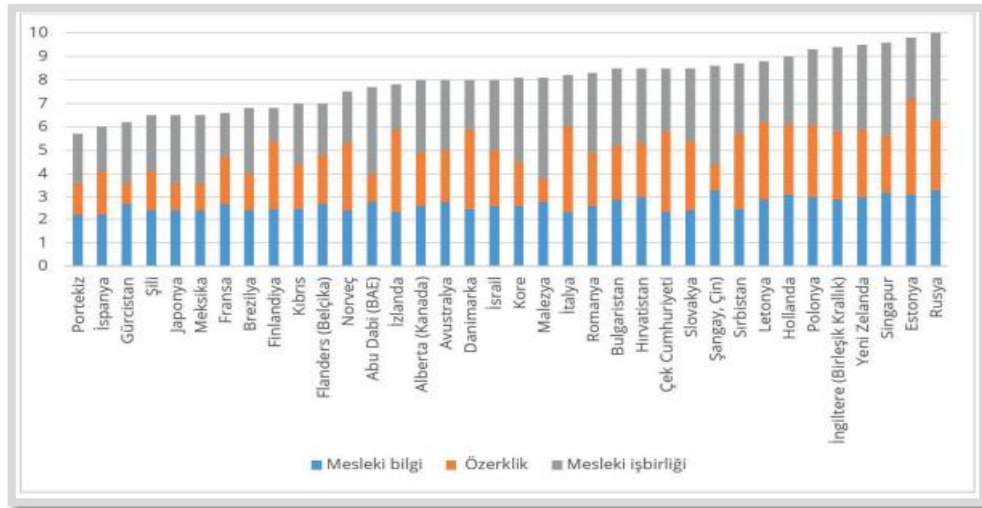
Şekil 45: 2011'den 2020'ye Kadar Singapur'da Eğitime Yapılan Toplam Harcamalar
(Hirschmann, 2021)

Singapur küresel ekonominin içinde rekabetçi konumunu korumak için dünya çapındaki STEM eğitim sistemine devamlı yatırım yapmaktadır. Tarım ve doğal kaynaklardan yoksun olan Singapur'un en önemli kaynağı halkı olduğundan, halkının eğitime yatırım yaparak kalkınmış ülkeler seviyesine gelmiştir. Üretime dayalı bir ekonomiden son derece çeşitlendirilmiş, hizmetlere dayalı bir ekonomiye geçiş yapabilen bir işgücü oluşturmak için eğitim sisteminde iyileştirmeler ve yatırımlar yapmıştır. Singapur, ekonomisini desteklemek için sadece nitelikli ve eğitilmiş bir işgücüne güvendiği için eğitim sistemine sürekli yatırım yapmak zorundadır. Bu yatırımlar, nüfusun okullaşma yıllarında bir artışa ve eğitim kazanımında iyileşmelere yol açmıştır. Endüstri 4.0'a nitelikli işgücü ile hazırlık yapmak için Singapur eğitim sistemi, STEM yaklaşımına büyük önem vermektedir. Singapurlu öğrenciler, bilim ve matematikte PISA testlerinde başarılı olma eğilimindedir. 2019 itibariyle, ortaöğretim sonrası eğitim için daha az prestijli ve akademik açıdan daha az tercih edilen edilen politeknik ve ITES'e yönelik eğitim harcamaları önemli ölçüde artmıştır. 2020 pandemi sürecinde Singapur'un eğitime yaptığı harcama yaklaşık 582 milyon Singapur dolarıdır. Hayat boyu öğrenme yeterlikleri bağlamında Singapur'un katıldığı uluslararası sınavların sonuçları incelendiğinde eğitim alanlarında gerçekleştirilen güçlü ve yenilikçi politikaların genç bireylere pozitif etki sağladığı, yetişkin bireylerin ise daha güncel ve etkili yetişkin eğitim politikalarına gereksinim duyulduğunu göstermektedir. Ancak, akıllı teknoloji tabanlı bir küresel ekonomide rekabetçi konumda kalabilmek için Singapur'un yaratıcılığı ve risk almayı

teşvik etmek için daha fazlasını yapması gerekmektedir. Konumu korumak için ve toplumun belirli kesimlerinin de kaliteli eğitim almasını sağlamak için daha fazlasının yapılması gerekmektedir (Hirschmann, 2021).

6.6.Öğretmen Profesyonelliği İndeksi

Öğretmenler eğitimin her basamağında öğrencilere kişisel çıkarımlarda bulunabilmesi için üst seviye problem çözebilme yeteneklerini geliştirmek ve teknik yeteneklerin evrensel gelişimi için yoğun çaba sarf etmektedir. Singapur, eğitim sistemlerini ve öğretmenlerini periyodik bir şekilde değerlendirilerek öğretmenlerin bilgilerini sürekli güncellemesini sağlamaktadır. Singapur’da her öğrencinin gelecekte başarılı olabilmesi için, eğitimin başlangıç seviyesinde okullarda STEM alanlarında uzman öğretmenler görevlendirilmektedir.



Şekil 46: Öğretmen Profesyonelliği İndeksi (TEDMEM, 2019)

Öğretmenler, öğrencileri küresel amaçlara ulaşmanın zorluklarına karşı duyarlı hale getirmede belirleyici bir rol oynamaktadır. PISA sınavlarında yüksek performans gösteren eğitim sistemlerinin çoğunda, öğretmenlere daha yüksek maaş verilmesi, eğitim geçmişinin daha fazla önemsenmesi, öğretimin iyileştirilmesi odaklı eğitim harcamalarının payının daha fazla olması eğilimi bulunmaktadır. Ülkelerde eğitime verilen değer öğrencilerin gelecek planlarını etkilemekte; üst yeterlik düzeyinde bulunan öğrencilerin öğretmenlik mesleğini tercih edip etmemelerine yönelik kararlarında önemli bir yer tutmaktadır. TALIS 2013’te, toplumun öğretmenlik mesleğine verdiği değere

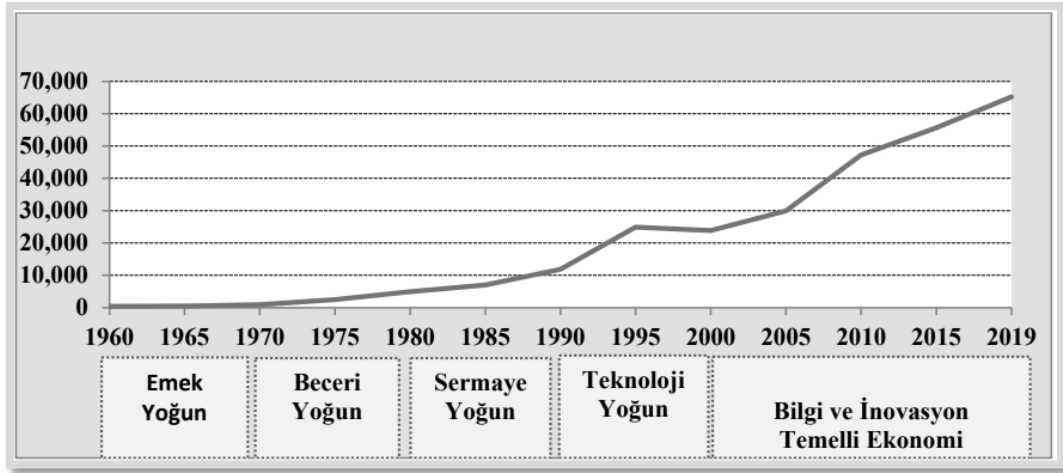
ilişkin öğretmen algısında ülkeler arasında önemli farklılıklar görülmektedir. Singapur'daki öğretmenlerin büyük bir kısmı toplumun öğretmenlik mesleğine değer verdiğini düşünürken, Fransa ve Slovak Cumhuriyeti'nde bu oran 20'de 1'den azdır. Yüksek performans gösteren eğitim sistemlerinde öğretmenler titizlikle seçilmekte ve eğitim almaktadır. Bu sistemlerde öğretmenlerin mesleki gelişim ihtiyaçları tespit edilerek iyileştirilmesi yönünde çalışmalar yapılmakta ve öğretmen maaşları öğretmenliğin profesyonel bir meslek olmasıyla tutarlılık gösterecek düzeyde belirlenmektedir. Öğretmenlerin birlikte çalışarak iyi uygulamalar planlayabilecekleri ortamlar sağlanırken, öğretmenlik ilerlemeye açık bir kariyer mesleği olarak tasarlanmaktadır. Öğretmenlerle ilgili politika ve uygulamalar, eğitim sisteminin kalitesinin hiçbir şekilde öğretmenlerinin kalitesini geçemeyeceği anlayışını esas alır. Öğretmenlik mesleğinin cazip hale getirilmesi Yüksek performans gösteren eğitim sistemlerinde genel olarak öğretmenlik mesleğinin ayrıcalıklı bir toplumsal statüsü bulunmaktadır. Bu ayrıcalıklı toplumsal statü öğretmenlik mesleğine girmek isteyenlerin profilini de etkilemektedir. Singapur'da öğretmen adaylarına öğretmenlik eğitimi aldıkları süreçte, en az üç yıl öğretmenlik yapacaklarını taahhüt etmeleri karşılığında, aylık ücret ödenmektedir. Bu ücret birçok mesleğin ilk yıl maaşları ile neredeyse benzer düzeydedir. Ayrıca, öğretmenlik mesleğinin ülkedeki en nitelikli gençler için finansal olarak cazip olması amacıyla başlangıç maaşlarının da iyi düzeyde olmasına önem verilmektedir. Singapur'da öğretmenler 13 yeterlik çerçevesinde yıllık değerlendirmeye tabi tutulmaktadır. Bu değerlendirme sistemi, akademik başarı, öğretmenlerin kendi alanlarında öğrenci başarısına katkısı, veli ve toplum ile iş birliği çalışmaları, meslektaşlarına ve bir bütün olarak okula etkisi gibi kriterleri içermektedir. Öğretmenlerin bu değerlendirme sistemini yukarıdan aşağıya bir hesap verebilirlik mekanizması gibi değil mesleki gelişimlerinin bir parçası olarak görme eğilimi bulunmaktadır. Eğitim sisteminde hesap verebilirlik güven kültürünün oluşmasını oldukça önemli kılmaktadır. Beklentilerin ve hedeflerin açıklıkla ortaya konmasıyla hesap verebilirliğin sağlandığı sistemlerde insanların değerlendirme sürecini anlamlı görmesi ve güvenlerini sağlamak mümkün olabilir (TEDMEM, 2019).

6.7.Singapur'da Kişi Başına Düşen Gelir (GSYH)

GSYH; ülke sınırları içindeki belli bir dönemde vatandaşlar tarafından üretilen bütün mal ve hizmetlerin toplamıdır. GSMH; bütün ülke vatandaşlarının belli bir dönemde

ürettiği bütün mal ve hizmetlerin toplamıdır. GSYİH bir ülkenin iç ekonomisinin gücünü ölçerken; GSMH, bütün ülke vatandaşlarının ülke ekonomisine nasıl katkı sağladığını ölçmektedir. Bir ekonominin büyüdüğü ya da büyümediğini GSMH ve kişi başına düşen milli hasıla değerleri ile anlaşılmaktadır. Ülkelerin ekonomik kalkınmasının en önemli göstergelerinden olan kişi başına düşen gelirdir ve GSYİH ve GSMH durumlarına bakarak ülkelerin genel görünümünü tespit edebiliriz.

Jones (1996); kendisinden önceki üç çalışmayı birleştirip yeni bir metot oluşturarak, ekonomik büyümede beşeri sermayenin önemini açıklamıştır. Beşeri sermayenin GSYİH içinde payının %35 olduğunu ve eğitimin bir yılda GSYİH'yı yaklaşık %20 artırdığını belirtmiştir. Agiomirgianakis ve Asteriou (2001)'a göre; her seviyede okullaşma oranı ile GSMH ile uzun dönemli doğru orantılı bir ilişki bulunduğunu ve ilk-orta öğretimde okullaşma oranlarıyla öğrenci sayısının artışının da GSMH'da bir artışa neden olduğunu belirtmiştir. Ayrıca bütçedeki eğitime ayrılan paydaki artış ve okullaşma oranı GSMH'nın yükselmesine sebep olmaktadır (DOĞRUL, 2015).



Şekil 47: Singapur'un Üretim Yapısı ve Kişi Başına Düşen Geliri, ABD \$ (1960-2019)
(ÇAKMAK, 2022)

Şekil 47'de görüldüğü üzere, 1960-2019 dönemindeki Singapur ekonomisinin bu dönem boyunca kişi başına düşen gelirini ve üretim yapısının durumunu göstermektedir. 1970-1995 ile 2005-2019 yılları arasında kişi başına düşen gelir devamlı ve belirgin bir şekilde artmıştır. Bu artışlar üretim yapısı ile birlikte değerlendirildiğinde, 1995-2005 yıllarında gelir artışındaki duraklamanın, 2000'li yıllarda bilgi ve inovasyon temelli üretim yapısına

geçişle bu durumun aşıldığı görülmektedir. Singapur, 1960'lı yıllarda yoğun uyuşturucu kullanımı, ırksal gerilimleri, kokuşmuş gecekondu mahalleleri ve çete dolu sokaklarıyla bilinen, kişi başına düşen geliri 500 ABD dolarının altında gelişmemiş bir ülke durumundaydı. 1965'te bağımlılığını kazandıktan sonra, işsizlik oranı ortalama %14, nüfusun yarısının okuma yazma bilmeyen ve küçük bir iç pazarı olan ülkeydi. Günümüzde dünyada hızla büyüyen ekonomilerinden biri olan Singapur, 2019 yılından bu yana kişi başına düşen geliri 65.000 ABD dolarıyla dünya sıralamasında **dokuzuncu** sıraya yerleşmiştir. Singapur; eğitime önem vermesi ve devlet politikalarını sıkı takip etmesi ile olağanüstü büyüme gerçekleştirmiştir. Singapur, kendi insanına fazlasıyla değer vermiş ve onları geliştirmek için büyük emek harcamıştır (ÇAKMAK, 2022).

Gelişmekte olan ülkeler için kullanılan kalkınma kavramı, sosyal ve ekonomik alanındaki gelişmeleri; hem refah düzeyindeki hem de GSYİH'de oluşan yükselmeleri göstermektedir. Gelişmesini tamamlamış ülkelerin hedefi ekonomik büyüme iken, gelişmekte olan ülkelerin hedefi ise kalkınmaya çalışmaktır. Dünya genelinde eğitim temelli büyük kalkınma hamleleriyle kısa sürede yüksek gelişmişlik seviyesine ulaşan ülkelere olan Singapur hızla gelişip kalkınmıştır. Beşeri ve ekonomik göstergelerine bakıldığında; kişi başına düşen geliri, GSYİH, işsizlik ve enflasyon oranı ya da beşeri göstergeler açısından çok büyük gelişmeler gerçekleşmiştir (ABDO, 2019).

6.8.Küresel Rekabet Gücü ve Singapur'un Konumu

WEF, OECD, IMD; rekabetçiliğin genel refah yükselmesine dönüşmesini, piyasalardaki başarı olarak nitelendirmektedir. WEF'e göre rekabet gücü, ülkedeki sürdürülebilir büyümeyi sağlayacak olan üretim faktörlerini, politikaları ve kurumların tümünü kapsayan verimlilik seviyesidir. OECD'nin tanımına göre ise, serbest piyasa koşullarında, bir ülkenin reel milli gelirlerini artırmasına paralel olarak yabancı rekabete dayanabilecek hizmet ve mal üretebilme becerisidir. Dünyadaki küresel rekabet seviyesinin günden güne artmasıyla beraber rekabetin temeli de sürekli bilgi üretilmesine doğru yönelmiştir. Ülkelerin milli tarihlerinde, kültürlerinde, değerlerinde, kurumlarında ve ekonomik yapılarındaki farklılık faktörlerinin tamamı rekabet gücünün de farklılaşmasında etkili olmaktadır. (OVAL, 2014).

Lucas'ın (1988) da belirttiği gibi ülkelerin kalkınma ve gelişmelerinde etkili olan en önemli etkenlerden biri beşeri sermayedir. Bu sebeple, ülkelerin küresel rekabet gücünü

arttırabilmesi için temel unsurların başında, beşeri sermayesinin verimliliğini artırması gelmektedir. Beşeri sermayenin verimliliği, eğitim ve sektörlerine yapılan yatırımlarla artırılabilir. Beşeri sermayedeki niteliklerin artması, içsel büyüme teorisine göre iki şekilde gerçekleşmektedir. Birincisi; kaliteli eğitim anlayışı, İkincisi ise kaliteden ödün vermeyi gerekli kılan kitlesel eğitim anlayışıdır. Kitlesel eğitim; uygulamalı öğrenme ve öğrenmeyi öğrenme doğrultusunda olduğundan, ekonomik büyüme üzerinde etkili olabileceği belirtilmektedir. Sürdürülebilir kalkınmanın temel faktörlerinden biri de eğitim sistemlerine nitelik kazandırılmasıdır. Sürdürülebilir ve tutarlı eğitim politikaları ile sistemlerini güçlendiren ülkeler, eğitim göstergelerinde başarılı performans sergilemekte ve bu performans, üretimlerine yansyarak verimliliğin artmasına sebep olmaktadır. Ülkenin üretiminde gerçekleşecek olan bu verimlilik artışıyla, ülkenin küresel üretimdeki payı artarak ekonomik büyümesine katkı sağlayacaktır. Bu nedenle, küresel dünyada en rekabetçi olan ekonomilerin yenilikçi üretim gücünü besleyen eğitim politikaları da birbirine benzemektedir (ERSOY, 2021).

Dünya Ekonomik Forumu'nun 2019 Küresel Rekabetçilik Raporunda Küresel Rekabetçilik Endeksi 4.0 olarak adlandırılan yeni bir endeks ele alınmaktadır. Dünya Ekonomik Formu tarafından hazırlanan 2017 yılında Endüstri 4.0 bağlamında yeni göstergeler eklenen endeksin hedefi ülkelerin ekonomilerindeki rekabet güçlerini karşılaştırmaktır ve 100 üzerinden değerlendirilmektedir. İnsan odaklı yaklaşım, çeviklik, inovasyon ekosistemleri ve esneklik olmak üzere Endüstri 4.0 Devrimi'nin dört temel kavramı doğrultusunda 12 yeni belirleyici kullanılmıştır. Tablo 9'da görüldüğü gibi yeni hazırlanan endekste kullanılan belirleyicilerle önceki yıllardaki belirleyiciler karşılaştırılmaktadır. Bazı belirleyicilerin adları değişmemiş gibi gözüküyorsa da, raporda daha önceki yıllarda kullanılan endekslerle Küresel Rekabetçilik Endeksi 4.0 arasında önemli yöntemsel ve kavramsal farklılıkların olduğu belirtilmiştir. Daha önceki yıllarda ülkeler için farklı kategoriler için farklı belirleyiciler ve ağırlıklar kullanılmıştır fakat 2019'da tüm ülkeler için aynı ağırlık oranları kullanılmıştır. Bu sebeple 2019 yılının endeks sonuçları ile önceki senelerle karşılaştırılması mümkün olmamaktadır. Dolayısıyla Küresel Rekabetçilik Endeksi 4.0'ın sadece 2017, 2018 ve 2019 yılları için geçerli olduğu görülmektedir (REF, 2019).

Tablo 9: Küresel Rekabet Endeksinin Belirleyicileri

Küresel Rekabetçilik Endeksi 4.0			Küresel Rekabetçilik Endeksi, önceki yıllar	
Kategori				
Etkinleştirici Çevre	Bileşen 1	Kurumsal Yapılanma	Bileşen 1	Kurumsal Yapılanma
	Bileşen 2	Altyapı	Bileşen 2	Altyapı
	Bileşen 3	Bilgi ve İletişim Teknolojileri	Bileşen 3	Makroekonomik Ortam
	Bileşen 4	Makroekonomik Ortam	Bileşen 4	Sağlık ve İlköğretim
Beşeri Sermaye	Bileşen 5	Sağlık	Bileşen 5	Yükseköğretim ve iş başında eğitimi
	Bileşen 6	Beceriler	Bileşen 6	Mal Piyasasının Etkinliği
Piyasalar	Bileşen 7	Mal Piyasası	Bileşen 7	İşgücü Piyasasının Etkinliği
	Bileşen 8	İşgücü Piyasası	Bileşen 8	Mali Piyasasının Gelişmişliği
	Bileşen 9	Mali Sistem	Bileşen 9	Teknolojik Hazırlık
	Bileşen 10	Pazar Büyüklüğü	Bileşen 10	Pazar Büyüklüğü
İnovasyon Ekosistemi	Bileşen 11	İş Dünyasının Dinamizmi	Bileşen 11	İş Dünyasının Yetkinliği
	Bileşen 12	İnovasyon Kabiliyeti	Bileşen 12	İnovasyon

(REF, 2019)

WEF Küresel Rekabetçilik Raporu'nda üstü çizilen ana bulgulardan bazıları: beşeri sermaye ve teknoloji yatırımlarının arasında bir denge oluşturmak verimliliğin artmasında stratejik bir öneme sahiptir. Yatırımlarını beşeri sermayesine yönlendiren, iş dinamizmini, inovasyon kapasitesini, kurumlarını geliştiren ekonomiler, küresel yavaşlamaya direnmek ve verimliliği canlandırmak için daha fazla avantaja sahip olacaktır. Güçlü inovasyon yeteneğine sahip olan ekonomilerin işgücü piyasasının işleyişini ve yetenek tabanını geliştirmesi gerekmektedir. Raporda, uzun vadede, ülkelerin eğitim müfredatının güncellenmesini ve teknolojilerinin kullanımındaki yeni yetenek yönetiminde iyileştirmeler yapılmasını önermektedir (REF, 2019).

Tablo 10: Küresel Rekabet Endeksi Ülkeler sıralaması

Ülkeler	Küresel Rekabetçilik Endeksi 4.0'a Göre 2019 Sıralaması (141 Ülke)	2019 yılı Rekabetçilik Puanı	Küresel Rekabetçilik Endeksi 4.0'a Göre 2018 Sıralaması (140 Ülke)	2018 Yılı Rekabetçilik Puanı
Singapur	1	84.8	2	83.5
ABD	2	83.7	1	85.6
Hong Kong SAR	3	83.1	7	82.3
Hollanda	4	82.4	6	82.4
İsviçre	5	82.3	4	82.6
Japonya	6	82.3	5	82.5
Almanya	7	81.8	3	82.8
İsveç	8	81.2	9	81.7
İngiltere	9	81.2	8	82.0
Danimarka	10	81.2	10	80.6
Türkiye	61	62.1	61	61.6

(WEF, 2020)

Dünya Ekonomi Forumu'nun hazırladığı 141 ülkenin iş yapma kolaylığı ve dijital beceriler gibi 103 ana göstergenin ölçüldüğü Küresel Rekabet Endeksi 4.0 (2019) ülkelerin ekonomi politikalarını karşılaştırmayı gerçekleştirmektedir. 2019 Küresel Rekabetçilik Endeksi'nin rekabet gücü sıralamasında ilk sırayı Singapur almıştır. Dünyanın teknolojik ve ekonomik olarak en rekabetçi ekonomisi 84,8 puanla ABD'yi geride bırakan Singapur olmuştur. Singapur'un iş gücü, kamu sektörü ve altyapısının en yüksek puanları alarak küresel rekabet gücünde lider ülke olmuştur. Türkiye 61. sırada yer almaktadır (WEF, 2020).

Tablo 11: Singapur Küresel Rekabetçilik Endeksi Eğitim Alt Endeks Göstergeleri

Gösterge	Puan	Sıra
1.Mevcut İşgücü	76.1	13
1.1.Ortalama Okul Yılı	79.2	32
2.Mevcut İşgücü Becerileri	73.1	3
2.1.Personel Eğitimi	73.3	4
2.2.Mesleki Eğitim Kalitesi	73.3	6
2.3.Mezun Becerileri	73.4	4
2.4.Aktif Nüfusun Dijital Becerileri	76.4	5
2.5. Kalifiye Eleman Bulma Kolaylığı	68.8	9
3.Gelecekteki İşgücü	81.4	22
3.1.Okul Yaşam Beklentisi	90.7	27
4.Gelecekteki İşgücü Becerileri	72.1	28
4.1.Öğretimde Eleştirel Düşünme	56.9	21
4.2. İlköğretimde Öğrenci-Öğretmen Oranı	87.4	48

(ERSOY, 2021)

Tablo 11'de yer alan Singapur'un eğitim endeksi göstergelerini incelediğimizde, ilköğretim öğrenci-öğretmen oranı ve ortalama okul yılı göstergeleri dışında, diğer göstergelerde oldukça yüksek bir performans göstermiştir. Özellikle, iş gücü becerileri kapsamında yer alan mesleki eğitim kalitesi, nitelikli mezunlar, dijital becerilerin geliştirilmesi ve personel eğitimi alanlarındaki başarısının yüksek olduğu görülmektedir. Singapur, mühendislik ve bilim alanındaki mezun oranları ile en yüksek ülkeler arasında yer almakta, tam zamanlı araştırmacılarının sayısı da oldukça büyük oranda olduğu gözlenmektedir (ERSOY, 2021).

6.9.Küresel Dijital Rekabet Gücü ve Singapur'un Durumu

Teknolojik gelişmeler, şirketlerin dolayısıyla da devletlerin performansını etkilemekte ve geleceğe dair hedeflerin tespit edilmesinde büyük katkı sağlamaktadır. Ülkeler ekonomik

derecelerini yükseltmek için dijital dönüşüme önemli oranlarda yatırım yapmaktadırlar. Bilgi ekonomilerinin dijitalleşmesi ülkeler için önemli bir unsur haline gelmiştir. Merkezi İsviçre'de bulunan IMD, ülkelerin dijital teknolojileri benimseme ve keşfetme durumlarına yönelik, 63 ülkede çeşitli analizler yaparak Dünya Dijital Rekabet Gücü sıralamasını oluşturmuştur. Bir ülkenin dijital rekabet gücü belirlenirken teknoloji, bilgi ve geleceğe hazırlık olmak üzere üç ana gösterge altında 51 bileşene göre belirlenmektedir. Bilişim teknolojilerinin entegrasyonunu incelemek, eğitim ve öğretimi ölçmek ve internet hızı, internet bağlantı tipi, geniş bantı değerlendirmek gibi kavramlar bu kriterlerin arasındadır. Bilgi göstergesinde ülkenin yeni teknolojileri araştırmaları, anlamaları ve hayata geçirmeleri için gereken bilgi seviyesi; teknoloji göstergesinde ülkenin teknolojik gelişimi; geleceğe hazırlık göstergesinde ise ülkenin dijital altyapısı incelenmektedir. Geleceğe hazırlık göstergesinin alt bileşenleri; E- devlet kullanımı, tablete sahip olma, küreselleşmeye yönelik tutumlar, akıllı telefon sahipliği, şirketlerin çevikliği ve siber güvenlik gibi göstergelerdir (KOÇ, 2020).

Tablo 12: Küresel Dijital Rekabet Gücü Sıralaması

Ülkeler	Sıralaması (2020)	Rekabetçilik Puanı	Sıralaması (2019)	Sıralaması (2018)
ABD	1	100	1	1
Hong Kong	2	96.6	8	11
İsveç	3	95.2	3	3
Danimarka	4	95.2	4	4
Singapur	5	95.1	2	2
İsviçre	6	94.9	5	5
Hollanda	7	93.3	6	9

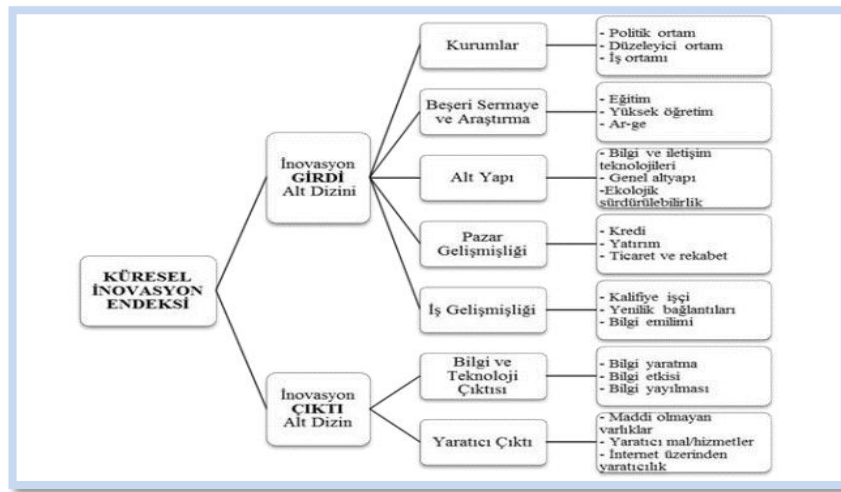
(WEF, 2020)

Tablo 12’de 2019 yılındaki Dünya Küresel Dijital Rekabet gücü sıralamasında; 2019 ve 2018 yılında bir önceki yıldaki konumunu koruyan Singapur 2. sırada yer alarak dijital teknolojileri benimseyen en güçlü ülkelerden olduğu görülmektedir. 2021 raporuna göre

çok az bir puan farkıyla 5. sıraya gerilemiştir. Sonuçlara bakıldığında, Singapur'un 1990'lı yıllardan itibaren yüksek teknolojiye dayanan endüstrilerin geliştirilmesi ve nitelikli işgücü oluşturulması için yaptığı yatırımların sonucunu aldığı görülmektedir.

6.10.Küresel İnovasyon Endeksi ve Singapur'un Konumu

Dünya KİE, Dünya Fikri Haklar Örgütü (WIPO), INSEAD ve Cornell Üniversitesi işbirliği ile ülkelerin inovasyon performansları her yıl periyodik olarak ölçen, inovasyon yeteneklerine göre sıralayan bir endekstir.



Şekil 48: Küresel İnovasyon Endeksi Bileşenleri (Türkmen & Yeliz , 2018)

KİE'nin genel görünümü Şekil 48'de gösterilmektedir. Endekste, beş temel değişkenden oluşan inovasyon girdi alt dizini ve beş temel değişkenden oluşan inovasyon çıktı alt dizinlerinin olmak üzere iki alt endeks bulunmaktadır. Buradaki her göstergede ise üç bileşen bulunmaktadır. Çeşitli sektörlerden alınan nicel verilerle ülkeler endekste yerini almaktadır. Eğitimli ve nitelikli işgücünün gerçekleştirdiği Ar-Ge programları kalkınmaya etkili faktörlerdendir ve eğitimin niteliği arttıkça beşeri sermayenin de kalitesi arttığı gözlenmektedir.

Küresel açıdan inovasyon için en etkin unsur olan beşeri sermayenin inovasyon kapasitesinin geliştirilmesi ve yenilikçi ürünler ortaya koyabilmeleri için ülkelerin STEM eğitimine yeterli yatırımları yapması zorunludur. Küresel anlamda teknolojik gelişmeler sonucunda ekonomiler bilgiye dayandığından, inovatif faaliyetlerindeki bütün süreçlerde;

karmaşık problemleri hızla çözebilecek, çok boyutlu düşünebilen, birden fazla alanda uzmanlaşmış iş gücüne gereksinim bulunmaktadır.

Endüstri 4.0 devrimi ile birlikte inovasyonun, ekonomik büyümenin ve rekabet avantajının temel kaynaklarından biri olduğu belirtilmektedir. İnovasyon kavramı, kurumsal anlamda yenilikçi fikirler üretilmesi, benimsenmesi, faaliyete geçilmesi, uygulanması biçiminde tanımlanmaktadır. Ayrıca pazarlanabilir ürünlerin ya da hizmetlerin üretim ve dağıtım yöntemindeki yenilikçi sistemler biçiminde de tanımlanabilmektedir. Farklı bir tanıma göre inovasyon kavramı, üretimde kullanılan teknolojik bilgiler, yeni bilgiler veya bilgilerin bütünleşmesidir. Hem makro hem mikro düzeyde başarımın ve ekonomik büyümenin önemli bir faktörü durumuna gelen inovasyon, ülkelerin önem listelerinde en üst sıralarda konumlanmıştır çünkü inovasyon; uluslararası rekabette üstünlük sağlayabilme, sürdürülebilir kalkınma, istihdam ve refahın artmasında önemli bir faktördür. Özetle inovasyon; ülkelerin geliştirdiği yenilikçi faaliyetlerin bir performansıdır. İnovasyon ülkeler ve ülkedeki işletme için karmaşık fakat değer oluşturan bir süreçtir. Bu sebeple birçok kurum inovasyonun önemini belirtmekte ve inovasyonla ilgili çalışmalar ve araştırmalar yapmaktadır. Bu çalışmalardan biri olan Küresel İnovasyon Endeksi, ulusal rekabet edebilirliği ölçmek için geçmiş, şimdiki durumu değerlendirerek, geleceği görebilmeye yardımcı olmak için öngörülerin geliştirildiği bir endekstir. Ülkelerin inovasyon performansını anlamak için oluşturulan Küresel İnovasyon Endeksi'ndeki göstergeler incelendiğinde ülkeler hakkında yorum yapılmasına katkı sağlamaktadır (HANCIOĞLU, 2017).

Tablo 13: Küresel İnovasyon Endeksi ve Ülkelerin Sıralaması

Sırası	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	İsviçre	İsviçre	İsviçre	İsviçre	İsviçre	İsviçre
2	İsveç	İsveç	Hollanda	İsveç	İsveç	İsveç
3	İngiltere	Hollanda	İsveç	ABD	ABD	ABD
4	ABD	ABD	İngiltere	Hollanda	İngiltere	İngiltere
5	Finlandiya	İngiltere	Singapur	İngiltere	Hollanda	Güney Kore
6	Singapur	Danimarka	ABD	Finlandiya	Danimarka	Hollanda
7	İrlanda	Singapur	Finlandiya	Danimarka	Finlandiya	Finlandiya
8	Danimarka	Finlandiya	Danimarka	Singapur	Singapur	Singapur
9	Hollanda	Almanya	Almanya	Almanya	Almanya	Danimarka
10	Almanya	İrlanda	İrlanda	İsrail	Güney Kore	Almanya

(ÇUBUKCU, 2021)

Ülkelerin inovasyon yeteneklerine göre sıralamanın yapıldığı INSEAD ile WIPO'nun yayınladığı Küresel İnovasyon Endeksi'ne göre 2016-2021 yılları arasında ilk 10'a giren ülke ekonomileri Tablo 13'de görülmektedir. Dünyanın en iyi ekonomilerinden biri olan Singapur, son üç yıldır sekizinci sırada yer almakta ve Küresel İnovasyon Endeksi'ndeki ilk on içindeki konumunu korumaktadır. İzlediği kalkınma ve eğitim politikaları sayesinde Singapur yenilikçi ürün ve hizmetlerdeki yenilikçi tasarımları destekleyerek inovasyonda öncü ülkelerden biri haline gelmiştir. Küresel İnovasyon Endeksi'nin sonuçlarına göre; Singapur STEM eğitime yaptığı yatırımlarla, ülkeyi inovasyon merkezine dönüştürmüştür. Singapur'daki inovatif faaliyetler, bütün sektörlerde rekabet gücünü arttırarak, ekonomide yeni büyüme alanları oluşturmuştur.

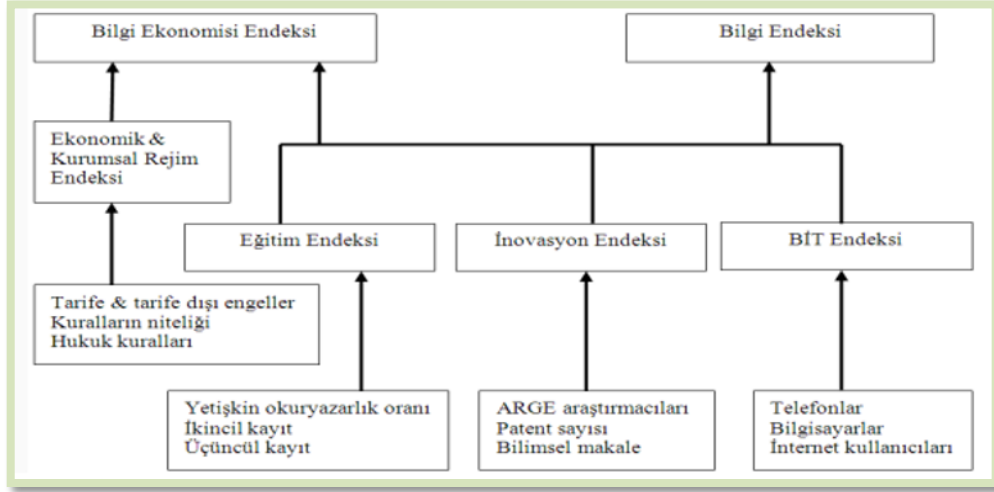
6.11. Bilgi Ekonomi İndeksi ve Singapur'un Konumu



Şekil 49: Bilgi Ekonomisinin 4 temel belirleyicisi (KARDAŞLAR, 2018)

Yeni bilgi ekonomisi, insanların teknolojiyi iyi okuması üzerine odaklanmakta; teknik bilgilerini ve becerilerini üretime nasıl yansıttığına dayanmaktadır. Bilgi ekonomisinde, kas gücü yerine ekonomiye katma değeri yüksek ürünler sağlayan beyin gücü gerekmektedir. Bilgi ekonomisinde, kalkınma ve ekonomik büyümenin temeli ARGE, inovasyon ve bilgiye dayanmaktadır. Bu sebeple bilginin nitelik ve niceliği ülkelerin ekonomik bakımından gelişmişlik düzeyinin bir ölçütü olarak kullanılmaktadır ve farklı kurumlarca geliştirilmiş olan bilginin düzeyini en kapsamlı ölçen bilgi ekonomisi endeksidir. Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) 2017 yılında ortak olarak geliştirdiği KBE; üniversite öncesi eğitim, teknik mesleki eğitim öğretim, yükseköğretim,

bilgi ve iletişim teknoloji, ekonomi, ARGE ve inovasyon ve genel ortam olmak üzere yedi alt endeksten oluşmaktadır (KARA & BAYLAN, 2020).



Şekil 50: Bilgi Ekonomi Endeksi ve Temel Göstergeleri (KARDAŞLAR, 2018)

Şekil 50'de yer alan eğitim, iletişim teknolojileri, bilgi ve inovasyon; ekonomik bilgi ekonomisinin dört ana göstergesidir. Ayrıca temel göstergelere ait alt bileşenler bulunmaktadır. Bilgi ekonomisinin temel bileşenleri konunun araştırılması ve öneminin kavranması bakımından oldukça önem taşımaktadır. İnovasyon, girişimcilik, yazılım, ürün tasarımı ve ARGE gibi faktörlerin yanı sıra bilgi faktörü de küresel ekonomide büyümenin en önemli unsurlarından biri olarak değerlendirilmektedir.

Gelişmekte olan çoğu ülke bilgi birikimini artırmakta ve bu bilgileri kendi gereksinimleri doğrultusunda kullanabilme konusunda başarısız olmaktadır. Süreçlerde, ürünlerde ve organizasyonlarda kullanılan yeni bilgiler verimliliği, kaliteyi arttırmakta, yeni fikirlerin üretilmesinde ve inovasyon yeteneğinin artmasını sağlamaktadır. Bilgi ekonomisinin göstergelerinden olan inovasyon yeteneği de nitelikli işgücünün, yeni organizasyonların, üretim tekniklerinin ve yeni ürünlerin geliştirilmesi ile birlikte ekonomik büyümeyi tetiklemektedir. Bilginin ekonomik gelişme için önemli olduğunu kavrayan ülkelerden olan Singapur çok hızlı bir büyüme süreci yaşamıştır. Singapur bilgi odaklı gelişmeye odaklanan ülkedir.

Tablo 14: Küresel Bilgi Endeksi (2020-2021)

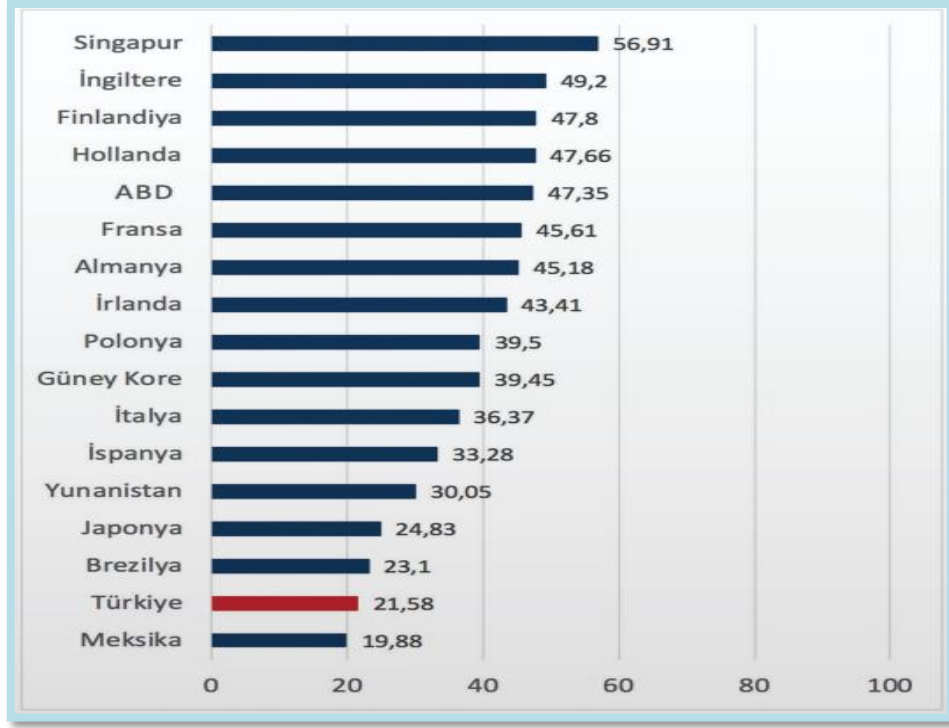
1	Switzerland	73.6	1	Switzerland	71.5
2	United States	71.1	2	Sweden	70
3	Finland	70.8	3	United States	70
4	Sweden	70.6	4	Finland	69.9
5	Netherlands	69.7	5	Netherlands	69.5
6	Luxembourg	69.5	6	Singapore	69.3
7	Singapore	69.2	7	Denmark	69
8	Denmark	68.3	8	United Kingdom	69
9	United Kingdom	68.1	9	Norway	68.7
10	Hong Kong, China (SAR)	66.8	10	Iceland	67.5

(UNDP, 2021)

Ülkelerin inovasyon yeteneklerini ölçerek sıralayan KİE'ne göre 2020-2021 yıllarında ilk 10'a giren ülkeler Tablo 14'de görülmektedir. Dünyanın en iyi inovasyon merkezlerinden olan Singapur, 2020 yılında 7. sırada 2021 yılında ise 6. sırada yer almaktadır. KİE'ndeki ilk on sıra içindeki konumunu korumaktadır. İzlediği tutarlı ve sürdürülebilir eğitim ve kalkınma politikaları ile Singapur yenilikçi ürünler ve hizmetlerdeki inovasyon faaliyetlerinde de en başarılı ülkelerden biri olmuştur. Küresel İnovasyon Endeksi'nin göstergelerinden olan; eğitilmiş beşeri sermaye sonucunda ise yaratıcı ve yenilikçi üretim yapan Singapur eğitim ve inovasyon ilişkisini en güzel gösteren ülkelerden biridir.

6.12. Bilgi Yoğun Faaliyetlerde İstihdam Edilen İşgücü Oranı

Özellikle 1990'ların başında ortaya çıkan "Bilgi Yoğun" kavramının açılımı; teknolojik değişim, özellikle iş örüntülerin; deki değişim ve yeni iş yapılarının ortaya çıkışı, yüksek kalite kaynak ve kalifiye işgücüne duyulan gereksinimlerdir. BYİH'nin tanımında genel olarak (Moretti, 152) tanımlanması; "beşeri yaratıcılığın ve beşeri sermayenin yoğun bir biçimde kullanılmasıdır. Akıllı üretim süreçleri boyunca bilgi yoğun girdi kullanımının sürekli artması, BYİH sektörünün ekonomik büyümede önemli bir faktör olduğunu göstermektedir. Gelişmiş ülkeler, ekonomik süreçleri bilgi yoğun ekonomiler biçiminde değerlendirmekte ve bilgi yoğun bir ekonomik sisteme geçildiğini belirtmektedir. Yeni ekonomide bilgilerin üretilmesi, saklanması ve dağıtılması süreçlerinin önemi ve BYİH bölgesel ve ulusal kalkınma için önemli bir alan olduğu belirtilmektedir (ŞAHİN, YILMAZ, & ÖZDEN, 2018).



Şekil 51: Bilgi Yoğun Faaliyetlerde İstihdam Edilen İşgücü Oranı (%)

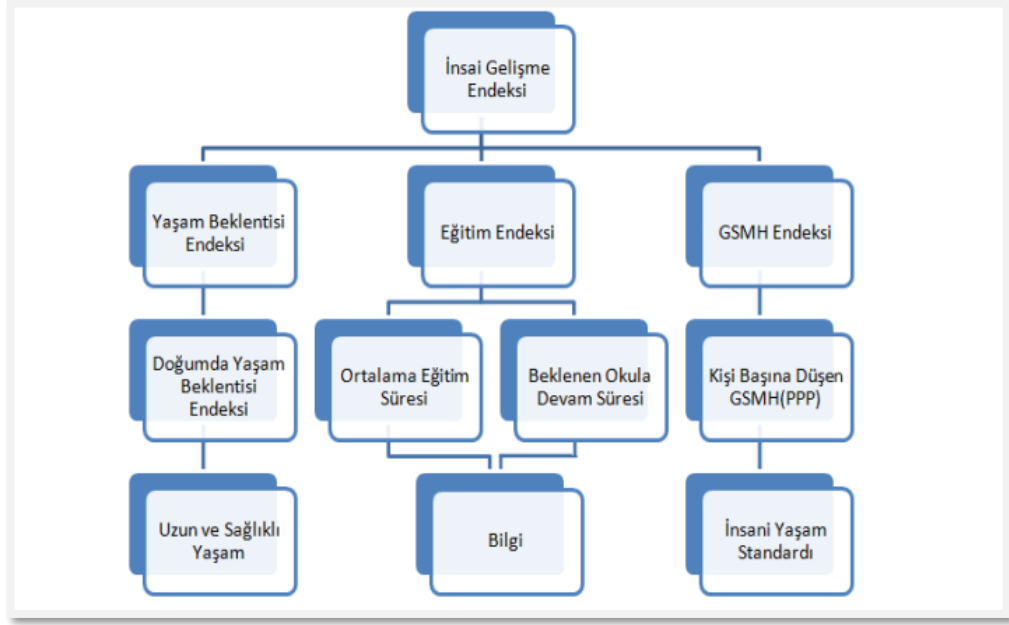
(Ümit İZMEN & vd, 2021)

Bir ülkede bilgi yoğun faaliyetlerin yaygınlığı o ülkenin dijital ekonomiye geçme potansiyeli açısından önemlidir. Bilgi yoğun faaliyetlerde istihdam edilen işgücü oranı ILOSTAT veri tabanında belirtilen toplulaştırılmış Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) meslek kategorilerinden “Yöneticiler, profesyoneller ve teknisyenlere” karşılık gelir. Bu oran, ülkenin istihdam ve üretim yapısı hakkında fikir vermesi açısından önemlidir. Türkiye’de bilgi yoğun faaliyetlerde istihdam edilen işgücü oranı %21,58’dir (Bk. Şekil. 51). Seçilmiş ülkeler ile kıyaslandığında bu oran oldukça düşüktür. Zira Türkiye %21,58’lik oranla Meksika’dan (%19,88) sonra sondan 2. sıradadır. Bilgi yoğun faaliyetlerde istihdam edilen işgücü oranı en yüksek ülke Singapur (%56,91), İngiltere (%49,20) ve Finlandiya’dır (%47,80) (Ümit İZMEN & vd, 2021).

6.13.İnsani Gelişim Endeksi ve Singapur’un Konumu

İnsani gelişimin temel hedefi, ülkede bütün insanlara eşit imkânlar sağlanması ile insanların arasındaki eşitsizliklerin ortadan kaldırılmasıdır. İnsani Gelişim Endeksi; 30 yıl önce UNDP tarafından geliştirilmiştir. İGE, ülkedeki insanların bilgiye erişim, iyi bir

hayat ve sağlıklı ve uzun bir yaşam sürdürebilmesi için gerekli kaynaklara ulaşılabilir olması şeklindeki üç ana göstergelye ülkeleri karşılaştırmaktadır (AKYÜZ & ÇETİN, 2022)



Şekil 52: İnsani Gelişme Endeksi Döngüsü (FIRAT & AYDIN, 2015)

Ülkelerin ekonomilerinin sürdürülebilir bir biçimde pozitif yönlü büyümesinde belirleyici en önemli unsurlardan biri ülkedeki işgücüdür. İnsani Gelişme Endeksi, ülkede yaşayan insanların refah kaynaklarının artmasında yalnızca gelirlerinin değil, eğitim ve sağlık fırsatlarının da öncelikli olduğunu göstermektedir. İnsani Gelişme Raporlarındaki temel hedef; uluslararası ve ulusal kalkınma politikalarının merkezinde insanın konumlandırılması gerekliliğini ve bu kapsamda ekonomik büyümeden daha çok insanların hayat kalitesinin önceliğini vurgulamaktır. İGE raporlarında; yalnızca insanların milli gelirindeki artışı değil aynı zamanda bilimsel verilere dayalı ve insan odaklı olarak eğitim, sağlık ve hayat standardı gibi insani göstergeleri referans alınmıştır. Bu nedenle, ülkelerin insani gelişme yönünden durumu insanların bilgiye erişim, sağlıklı ve uzun yaşama ve insan onuruna yaraşır bir hayat sürdürebilmeleri ile ölçülmektedir (BULUT & Diğerleri, 2021).

Tablo 15: İnsani Gelişme Endeksi'ne Göre Ülkeler Listesi

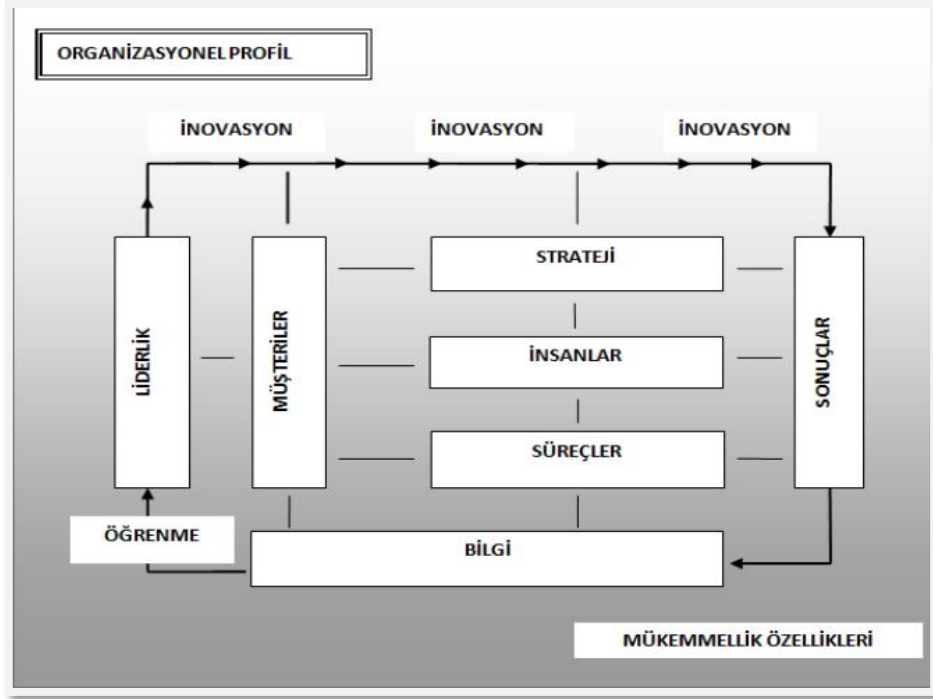
Sıra		Ülke	İGE	
2019 verisi (2020 raporu) ^[1]	Önceki yıla göre değişimi ^[1]		2019 verisi (2020 raporu) ^[1]	Ortalama yıllık İGE artışı (2010–2018) ^[2]
Çok yüksek insanî gelişmişlik				
1	—	 Norveç	0.957	▲ %0,20
2	▲ (7)	 İrlanda	0.955	▲ %0,65
2	—	 İsviçre	0.955	▲ %0,16
4	▲ (7)	 Hong Kong	0.949	▲ %0,54
4	▲ (4)	 İzlanda	0.949	▲ %0,62
6	▼ (3)	 Almanya	0.947	▲ %0,24
7	▼ (3)	 İsveç	0.945	▲ %0,41
8	▼ (2)	 Avustralya	0.944	▲ %0,17
8	▼ (1)	 Hollanda	0.944	▲ %0,32
10	▼ (6)	 Danimarka	0.940	▲ %0,28
11	▼ (2)	 Finlandiya	0.938	▲ %0,26
11	—	 Singapur	0.938	▲ %0,35

(Wikipedi, 2020)

Singapur iş gücünün yetenek düzeyini arttırabilmek için eğitime yaptığı yatırımlar katma değeri yüksek ürünlerin üretimi üzerinde etkili olduğundan dünyadaki ülkeler arasında 11. sırada yer almaktadır. Eğitilmiş iş gücünün çalışma olanakları nedeniyle kaliteli yaşam şartlarına ulaşmıştır.

6.14.Singapur Kalite Ödülü/İş Mükemmelliği Çerçevesi

Kurumların kurumsallaşma düzeylerinin ölçülebilmesi için uygulanan birçok iş mükemmellik modelleri bulunmaktadır. Bu girişimlerin temel taşlarından olan Singapur Kalite Ödülü bu modeller içinde en iyi örneği oluşturmaktadır. Singapur Kalite Ödülleri, 1994 yılında Singapur Ulusal Verimlilik Merkezi tarafından geliştirilmiştir. Sistem yıllar itibarıyla yeni gelişmeler ışığında genişletilmiş 1997 yılında Kalite Sınıfı, 2001 yılında Çalışan Mükemmelliği, 2002 yılında Yenilikçilik Sınıfı, 2003 yılında Üstün Hizmet Sınıfı gibi aşamalardan geçerek, 2014 yılında İşletme Mükemmellik Yaklaşımı olarak en güncel halini almıştır (BALKAN, 2018)



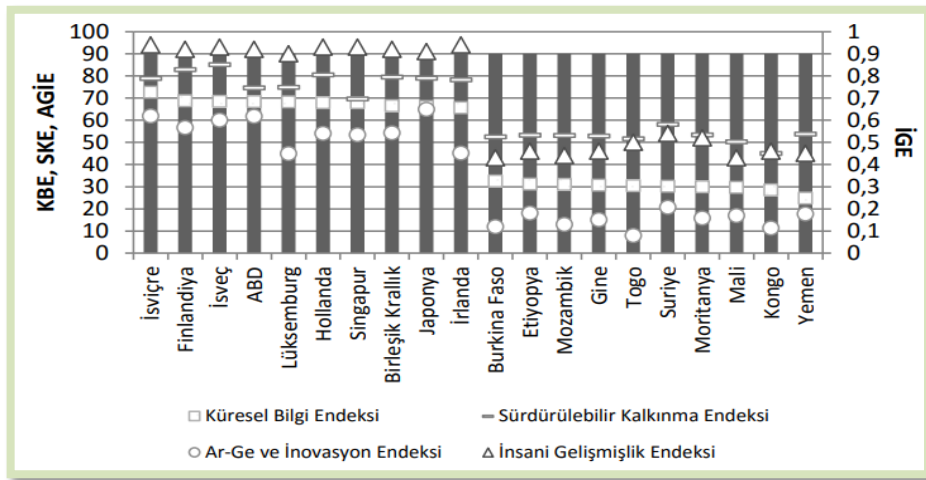
Şekil 53: Singapur İş Mükemmelliği Çerçevesi (ELVERDİ & ATİK, 2018)

Kurumlar iş mükemmelliği çerçevesinde işlerin durumunu, yönetim sistemlerini, konumunu ve tüm süreçleri izlemek mümkündür. Bu model, işletmelerin daha iyi performans sergilemesini ve tüm süreçleri güçlendirmek için gereksinimleri belirlemelerini sağlayan mükemmel bir girişimdir. İş mükemmelliği çerçevesinin hedefi, kurumsal anlamda güçlü yönler ve iyileştirme alanlarının tespit edilmesidir. İş mükemmelliğini değerlendirebilmek için Şekil 53’de görüldüğü üzere, müşteriler, bilgi, liderlik, strateji, süreçler, sonuçlar ve insanlar olmak üzere yedi bileşenden oluşmaktadır. Bu sistemi "inovasyon, insan ve hizmet" gibi üç standart desteklemektedir ve kurumlar bu standartlar üzerinden analiz yapmaktadır. Kurulduğundan beri, birçok paydaşın desteğini alan bu girişim, yıllar içinde dünya çapında bir kalite girişimi olmuştur. Bu model; merkezde; "insan, inovasyon ve hizmet" unsurlarıyla, inovatif ve üretken yeteneklerin kullanımı, müşterilerin iş stratejilerinin merkezine yerleştirilmesi ve sürdürülebilir büyümenin öngörülmesi gibi hedefler doğrultusunda uygulanmaktadır (ELVERDİ & ATİK, 2018).

6.15.Singapur Okul Mükemmellik Modeli

2000 yılından itibaren Singapur'da "Düşünen Okullar/Öğrenen Ulus politikası uygulanmaya başlanmış, bu kapsamında okulların kendilerini mükemmel okullara dönüştürmeleri için teknoloji ile bütünleştiren Okul Mükemmellik Modeli (School Excellence Model [SEM]) uygulamaya koyulmuştur. Singapur, okullardan kendilerini değerlendirmelerini ve denetleme yapmalarını istemiştir. Okul Mükemmellik Modeli; Singapur Kalite Ödülü (SQA) modeli ve bazı kalite modellerinden uyarlanarak hazırlanmıştır. Bu model; okullar için öz değerlendirme modeli olup; okulların iyileştirme alanlarını ve güçlerini ölçme olanağı sağlaması ve objektif olarak tanımlanmasını hedeflemektedir. Öğrencileri merkeze koyan, amaçlı bir okul lideri ve öğretmenine sahip okul modeli, Singapur tarafından nitelikli eğitimi gerçekleştirmenin anahtarı olarak görülmektedir. Okulların mükemmellik düzeyine ulaşmasına etkisi olan bu modelde; liderlerin hedefleri olması çalışanları yönlendirebilmesi, stratejiler geliştirebilmesi ve kaynakları verimli kullanması, akademik performansını arttırması temel hedeflerdendir. Okul mükemmellik modelinde temel hedeflerin belirlendiği okullarda performansların izlendiği, nitelikli ve bütüncül bir eğitim verilmektedir. Bu model, okullardaki gelişim ve mükemmelliğin sürekli olması inancı üzerine kurulmuştur. Sonuç olarak bu model, okulların performansının mükemmel olmasını sağlayarak, Singapur'u dünya çapında okul mükemmelliğine ulaştırmayı amaçlamaktadır (HATİPOĞLU & ORDU, 2018).

6.16.Bazı Ekonomik Endekslere göre Singapur'un Konumu



Şekil 54: KBE, AGİE, SKE ve İGE (SEÇİLMİŞ, 2019)

Şekil 54'e göre; genel olarak İGE ve SKE verileri KBE verileriyle paralellik göstermektedir, bir ülkedeki bilgi ekonomisinin yapısı güçlü ise, o ülkede sürdürülebilir kalkınma düzeyi de yüksek olduğu açıkça görülmektedir. Bir ülkede bilgi toplumuna geçilememişse ayrıca inovasyon ve ARGE çalışmaları yetersizse bu ülkenin sürdürülebilir kalkınma amaçlarına ulaşabilme ihtimali düşüktür. Bilimsel ARGE çalışmalarının gelişmiş ülkelerde ekonomik büyüme süreçlerinde oldukça etkili olduğu görülmektedir. Yüksek kalkınma ve büyüme seviyelerinin sürdürülebilirliğini, bilimsel bilgi stoklarındaki hızlı artışa dayanan teknolojik yeniliklerdeki kitlesel uygulamalar ile bu bilgi stokuna artan zenginlik sayesinde yapılan ilaveler arasındaki etkileşim sağlamaktadır. Bilgi ekonomisi, ekonomik büyüme, rekabet avantajı ve kalkınma için, önemli olduğu anlaşılabilmektedir. Eğitime ve bilgiye dayalı kalkınma modelinde, ülkedeki sektörlerde çalışan nitelikli ve eğitilmiş işgücü ülke ekonomisine yüksek katma değeri olan beşeri sermayedir. Singapur'un, bilgiyi üretip, işleme, dağıtım ve paylaşım sürecinde, yeni bilgiler oluşturabilme ve bilgiyi işleme becerilerine sahip, yenilikçilik yeteneği kazanmış insan sermayesi oluşturmasının sonuçları bütün endekslerde görülmektedir (SEÇİLMİŞ, 2019).

Kısaca özetlersek; Dünya Bankası BEE'ni temel alarak yaptığı çalışmaya göre, BEE'de üst düzeylerde konumlanan ülkelerin GSYH'si de yüksek ve bu ülkelerdeki BEE puanı arttıkça, rekabet güçleri ve GSYH'si de yükselmektedir. KRE, KİE ve BEE'de üst sıralarda bulunan ülkelerin ortak özellikleri; teknolojik altyapı, eğitim ve inovasyon alt göstergelerinde iyi bir sıralamaya sahip olmalarıdır. Yani ARGE ve eğitim harcamalarına yüksek pay ayıran ülkelerin yenilikçilik yetenekleri, teknolojik alt yapıları ve rekabetçilik seviyeleri artmaktadır (ERSOY, 2021).

7. SONUÇ

Endüstri 4.0 teknolojileri, üretimi dijital boyutlara taşıyarak yeni mesleklerin ve yeni becerilerin ortaya çıkmasına ve bütün sektörlerde değişime sebep olmuş; ancak en büyük değişim gerektiren alan eğitim olmuştur. Dijital dönüşüm etkisiyle mesleklerle birlikte iş gücünde aranan niteliklerde değişime uğramış; yaratıcı, yenilikçi ve 21. yüzyıla uygun beceriler kazanmış nitelikli işgücüne gereksinim duyulmaya başlanmıştır. Endüstri 4.0 dijitalleşme devriminin sebep olduğu köklü değişimler sonucunda ortaya çıkan etkin, verimli ve nitelikli iş gücünü yetiştirme gereksinimi, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin eğitim programlarını önemli derecede etkilemiştir. Kalkınmanın, ekonomik büyümenin ve gelişmişlik düzeyini arttırabilmenin en önemli faktörlerinden biri olan eğitime yatırım yapan ülkeler, bu yeni alanlarda üretim ve istihdam oluşturarak ekonomilerini sürdürülebilir bir duruma getirmişlerdir. OECD'ye göre kalkınmanın en önemli unsurlarından biri, eğitime yapılan yatırımlar olarak belirtilmektedir. Gelişmiş ülkeler, eğitime yaptıkları yatırımlar neticesinde mevcut gelişmişlik seviyelerine ulaşmışlardır. Ülkelerin ekonomik refaha ulaşması, mühendislik ve teknoloji alanlarında ihtiyaç duyulan işgücünün yetiştirilerek istihdama katılması ile mümkün olmaktadır, bu kapsamda eğitimin ve kalkınmanın ayrılmaz bir bütün olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu alandaki akademik araştırmalar ve ekonomik analizlere göre; ülkelerin kalkınabilmesi, ekonomilerini sürdürebilir hale getirebilmesi ve küresel rekabette üst seviyelere çıkabilmesi için gereken nitelikli işgücü yetiştirilmesi açısından STEM eğitim sisteminin büyük ölçüde etkili olduğu vurgulanmaktadır.

Küreselleşme sonucu ekonomilerin birbiriyle bütünleşmesiyle, küresel rekabet, yenilikçi ürünler ortaya çıkarma, teknoloji ve bilimde gelişmişlik seviyelerini arttırma, sürdürülebilir ekonomik büyümeyi sağlama, inovasyona bağlı büyüme şeklindeki stratejik noktaların öne çıkmaya başlamasıyla, ülkeler eğitim politikalarında reformlar yaparak eğitim sistemlerine STEM öğretim modelini eklemeye çalışmaktadır. Teknoloji hızla geliştiğinden, küresel ölçekte katma değeri yüksek yenilikçi ürünler ortaya çıkarabilmek için bireylerin tek bir alandaki bilgisi ve uzmanlığı yeterli olmamaktadır; çünkü inovasyona bağlı büyümenin ve kayda değer ürünler üretmenin temelinde teknoloji, bilim, matematik ve mühendislik bulunmaktadır. STEM eğitimi farklı disiplinleri bütünleştirdiğinden, bu eğitim sistemi ile yetişen bireyler çok boyutlu düşünebilmekte, günümüz teknoloji ve bilgi karmaşasındaki problemleri hızla

çözebilmektedirler. Gelişmiş ülkeler; katma değeri yüksek ileri teknolojik ürünleri ortaya çıkarmak ve lisans, patent, endüstriyel tasarım gibi bilgi ağırlıklı rekabet güçlerini geliştirebilmek için güçlü STEM eğitimi politikaları hazırlamakta ve bu alanda büyük yatırımlar yapmaktadır.

Bu alanda en başarılı bir örnek ülke olarak Singapur, STEM eğitimine yaptığı yatırımlar neticesinde beşeri sermayesini kaliteli iş gücüne dönüştürmüş, böylece bütün sektörlerde verimliliği arttırmış ve zincirleme bir kalkınma döngüsü oluşturmuştur. Singapur'un beşeri sermayesi için yaptığı STEM yatırımları; dünyanın en büyük ekonomilerinden biri olarak ülkeye geri dönüş sağlamış ve ekonomik büyüme yanında halkının refah seviyesini de arttırmıştır. Singapur ile ilgili yapılan akademik araştırmalarda, kalkınma ile STEM eğitimi arasında anlamlı bir ilişki bulunduğu açıkça belirtilmektedir.

Özetle; 5.5 milyon nüfusa sahip olan Singapur'un başarısının temel sebebi; iyi tasarlanmış ve güncel teknolojik değişimler ve gelişimlere göre güncellenen STEM eğitim programları sayesinde, değişimlere hızlı uyum sağlayabilen, yüksek bilgi üretebilme kapasitesine sahip, yetkin, yenilikçi, nitelikli ve kaliteli beşeri sermayeye sahip olabilmesidir. Singapur bütün ekonomik indekslerdeki sıralamalarda en üst sıralarda yer almakta; ayrıca STEM alanlarında uzmanlaşan öğrencilerinin yetenek düzeyleri PISA ve TIMSS gibi uluslararası sınavlardaki yüksek başarılarla ortaya çıkmaktadır.

Çalışmanın Sonuçları: Singapur, fakir ve doğal kaynakları olmayan bir toplum iken, beşeri sermayesinin eğitimine yaptığı yatırımlarla dünyanın en büyük ekonomileri arasına girmeyi başarmış ve kalkınma ile STEM eğitimi arasındaki bağlantıyı gerçek bir uygulama olarak kanıtlamış, STEM alanına verdiği öncelik ile kendi toplumunun geleceğini belirlemiştir. STEM eğitimi ve sürdürülebilir kalkınma birbirinden ayrılamayan iki kavram olarak Singapur'un kalkınmasında görülmektedir. Singapur, nitelikli işgücü ile üretim unsurlarının verimli kullanması ve üretim süreçlerinin iyi yönetilmesi sonucunda, ülke ekonomilerinde verimlilik artışı ve büyüme sağlandığı hipotezinin en önemli göstergesidir. Singapur, bir ülkenin hızla kalkınmasının, sürdürülebilir küresel rekabet avantajı elde etmesinin, sürdürülebilir ekonomik büyüme sağlamanın, yenilikçi teknolojiler ile patentler geliştirmesinin ve katma değerli ürünler üretebilmesinin STEM eğitim politikalarıyla doğru orantılı olduğu hipotezini istatistik

sonuçlar ile kanıtlamıştır. Ele aldığımız bu küçük ülke, kaliteli STEM eğitimiyle, yetenekleri ve becerileri geliştirilmiş nitelikli iş gücü yetiştirilerek toplumun bireylerin güçlenmesi yanında, ülkenin bütünüyle güçlenmesine katkı sağlandığı hipotezinin en önemli göstergesidir. Dünyanın en güvenli ve suç oranı düşük ülkeler sıralamasında ilk sıralarda yer alan Singapur toplumlarda eğitim seviyesi artıkça yoksulluk ve suça olan eğilimin azaldığı hipotezini de kuvvetle desteklemekte; ayrıca ülke ekonomisinin güçlenmesinin temelinde STEM eğitimi olduğunun en önemli göstergesi hızla kalkınma başarısı olmuştur.

Farklı eğitim disiplinlerini bütünleştiren STEM yaklaşımı bilgi temelli gerçek yaşam problemlerini matematik, bilim, mühendislik tasarımı ve teknoloji yardımıyla zmeye odaklı ve 21. yüzyıl bilgi ve yeteneklerini kazandıran bir sistemdir. Beşeri sermayenin STEM eğitimi ile yetiştirilmesi, ülkelerin kalkınması ve ekonomik büyümesi ile birbirini tamamlayan, birbirinden ayrılmaz bir bütün olduğu yapılan çalışmalarla gösterilmiştir. STEM eğitimiyle yetişmiş insan kaynağına ve nitelikli işgücüne yapılan yatırımların, gerçekte ülkenin kalkınmasına, ekonomik büyümesine ve halkın refahının artmasına yapılan yatırımlar olduğu ortaya çıkmıştır. Bu eğitim modelinin ülkelerin gelişmişlik seviyesini arttırmada, küresel rekabet konumunu yükseltme ya da korumada ve refaha kavuşturmada stratejik etkisi olduğu görülmektedir. STEM bilgisine sahip işgücü olmadan, ülkelerin yeterli ilerleme ve gelişme göstermesi günümüzdeki teknolojik çağda neredeyse imknsız gibi görülmektedir. Dolayısıyla beşer sermayeye yapılan eğitim yatırımları yüksek teknolojiye; yüksek teknoloji küresel rekabete ve gelişmekte olan ülkelerin ekonomik kalkınması ile ekonomik büyümesine dönüşmektedir. Çalışmamızda bu sonuçlardan ülke olarak alacağımız çok önemli dersler olduğu ortaya konulmuş olmaktadır.

KAYNAKÇA

- ABDO, L. (2019). SİNGAPUR'UN KALKINMA TECRÜBESİNİ DEĞERLENDİRME VE TÜRKİYE EKONOMİSİ KARŞILAŞTIRMASI.
<http://acikerisim.dicle.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11468/5078/584259.pdf?sequence=1&isAllowed=y> adresinden alındı
- AKARSU, M., & vd. (2020). STEM Eğitimi Yaklaşımının Özellikleri ve.
<https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1453916> adresinden alındı
- AKBEN, İ., & AVŞAR, İ. İ. (2018). ENDÜSTRİ 4.0 VE KARANLIK ÜRETİM: GENEL BİR BAKIŞ.
<http://tursbad.hku.edu.tr/en/download/article-file/465518> adresinden alındı
- AKSAKAL, N. Y., & ÜLGEN, B. (2021). Yapay Zekâ ve Geleceğin Meslekleri.
<https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1873421> adresinden alındı
- AKYÜZ, B. E., & ÇETİN, E. (2022). İNSANİ GELİŞME ENDEKSİ VE VIKOR YÖNTEMİNE GÖRE TÜRKİYE'DEKİ İLLERİN SIRALAMASI. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1391764> adresinden alındı
- ARASTAMAN, G., & ARSLAN, S. (2021). DÜNYADA STEM POLİTİKALARI: TÜRKİYE İÇİN ÇIKARIMLAR VE ÖNERİLER.
<http://acikerisim.nevsehir.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/20.500.11787/6062/g%3fb6khan%20arastaman.pdf?sequence=1&isAllowed=y> adresinden alındı
- ARDIÇ, F. (2021). OKUL SONRASI ÖĞRENME ORTAMLARINDA MATEMATİK ODAKLI STEM ETKİNLİĞİNE YÖNELİK ÖĞRENCİ GÖRÜŞLERİ.
<http://openaccess.ogu.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/11684/2976/240-7501-10407816.pdf?sequence=1&isAllowed=y> adresinden alındı
- ARSLAN, S. Y. (2021). SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA AMAÇLARININ GERÇEKLEŞTİRİLMESİNDE STEM YAKLAŞIMI: TÜRK EĞİTİM SİSTEMİ İÇİN POLİTİKA ÖNERİSİ.
<http://www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/11655/25258/10409463.pdf?sequence=1&isAllowed=y> adresinden alındı
- ASAR, İ., & ESEN, Ş. (2021). Endüstri 4.0 ve İşletme Yönetiminin Geleceğine Olası Etkileri: Kavramsal Bir Yaklaşım. https://javstudies.com/files/javstudies_makaleler/5b47a08e-8980-4843-a62c-b0d17714cfd1.pdf adresinden alındı
- BALKAN, D. (2018). İŞLETMELER İÇİN YENİ BİR PERFORMANS ÖLÇÜM SİSTEMİ TASARIMI ve WEB TABANLI KARAR DESTEK SİSTEMİ.
<https://dspace.gazi.edu.tr/bitstream/handle/20.500.12602/149807/?sequence=1&isAllowed=y> adresinden alındı
- BAŞARAN, M. (2018). OKUL ÖNCESİ EĞİTİMDE STEM YAKLAŞIMININ UYGULANABİLİRLİĞİ (EYLEM ARAŞTIRMASI). <https://inteach.org/dosyalar/upload/files/534451.pdf> adresinden alındı
- BİREKUL, M. (2020). EĞİTİMDE ENDÜSTRİ 4.0. <http://www.mbirekul.com/?p=4576> adresinden alındı

- BULUT, Ş., & Diğerleri. (2021). EKONOMİK BÜYÜMENİN BELİRLEYİCİLERİNİN FARKLI İNSANI GELİŞİMİŞLİK DÜZEYİNDEKİ ÜLKELERE GÖRE ANALİZİ.
<https://dergi.sayistay.gov.tr/Upload/95906369/files/120m4.pdf> adresinden alındı
- CENGİZ, S. A. (2019). ENDÜSTRİ 4.0 SÜRECİNİN EĞİTİM SİSTEMİNE YANSIMALARI; TÜRKİYE ÖRNEĞİ.
<https://acikerisim.nevsehir.edu.tr/bitstream/handle/20.500.11787/655/591769.pdf?isAllowed=y&sequence=1> adresinden alındı
- ÇAKMAK, U. (2022). Singapur'un Ekonomik Mucizesinin Temel Dinamikleri: 1965-1995 .
<https://www.ekonomikyaklasim.org/fulltext/94-1617972032.pdf?1653643262> adresinden alındı
- ÇAVAŞ, P., & vd. (2020). Türkiye'de STEM Eğitimi Üzerine Yapılan Araştırmaların Durumu Üzerine Bir Çalışma. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1147777> adresinden alındı
- ÇİRKİN, E., & ÖZDAĞOĞLU, A. (2021). ENDÜSTRİ 4.0 BÜNYESİNDEKİ OTONOM ROBOTLARIN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK PERSPEKTİFLERİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ.
<https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1980862> adresinden alındı
- ÇORLU, S., & ÇALLI, E. (2017). STEM Kuram ve Uygulamaları.
https://www.academia.edu/32733083/Corlu_M._S._2017_.STEM_B%C3%Bct%C3%B Cnle%C5%9Fik_%C3%B6%C4%9Fretmenlik_%C3%A7er%C3%A7evesi_STEM_Integrated_teaching_framework_.In_M._S._Corlu_and_E._%C3%87all%C4%B1_Eds_.STEM_Ku ram_ve_Uygulamalar%C4%B1._pp._1-10_.%C4% adresinden alındı
- ÇUBUKCU, A. (2021). Küresel İnovasyon Endeksi 2021 Sonuçları Ne Söylüyor?
<http://www.acubukcu.com/kuresel-inovasyon-endeksi-2021-sonuclari-ne-soyluyor/> adresinden alındı
- DEĞİRMENCI, S. (2020). STEM EĞİTİMİ ALMIŞ ÖĞRETMENLERİN STEM ÖZ YETERLİLİKLERİNİN VE UYGULAMALARINDA TEKNOLOJİ VE MÜHENDİSLİK ENTEGRASYONU AÇISINDAN YAŞADIKLARI SORUNLARIN BELİRLENMESİ.
https://acikbilim.yok.gov.tr/bitstream/handle/20.500.12812/472988/yokAcikBilim_10322872.pdf?sequence=-1 adresinden alındı
- DOĞAN, H. (2020). BEŞİNCİ SINIF FEN BİLİMLERİ DERSİ ÜNİTELERİNİN BÜTÜNLEŞİK STEM EĞİTİMİ YAKLAŞIMI İLE TASARLANMASI, UYGULANMASI VE DEĞERLENDİRİLMESİ.
<http://acikerisim.pau.edu.tr/xmlui/handle/11499/35134> adresinden alındı
- DOĞANAY, S. (2020). Mesleklerin Geleceği Raporu Dünya Ekonomi Forumu 2020.
<https://www.sertacdoganay.com/wp-content/uploads/World-Economic-Forum-Future-of-Jobs-2020.pdf> adresinden alındı
- DOĞRU, B. N., & MEÇİK, O. (2018). TÜRKİYE'DE ENDÜSTRİ 4.0'IN İŞGÜCÜ PİYASASINA ETKİLERİ: FİRMA BEKLENTİLERİ. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1037053> adresinden alındı
- DOĞRUL, N. (2015). Gelir Seviyeleri Farklı Döllerde Eğitimin Ekonomik.
<https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/55520> adresinden alındı

- DÜNDAR, A., & YILDIZ, A. (2021). Analysis of the Use of Industry 4.0 Technologies in Firms: The Case of Bursa. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1975562> adresinden alındı
- ELVERDİ, S., & ATİK, H. (2018). İNOVASYON ÖLÇÜMÜNDE ULUSLARARASI YAKLAŞIMLAR. https://www.researchgate.net/profile/Mustafa-Zuhal/publication/349965418_BRICS_ULKELERINDE_VE_TURKIYE'DE_AR-GE_HARCAMALARI_YUKSEK_TEKNOLOJILI_URUN_IHRACATI_VE_EKONOMIK_BUYUME_ILISKISI_KONYA_NEDENSELLIK_ANALIZI/links/6049c54d299bf1f5d83da7a4/BRICS-UeLKELE adresinden alındı
- ENGİN, A. O., & KORUCUK, M. (2021). Öğrencilerin 21. Yüzyıl Becerilerinin Çeşitli Değişkenler. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1560172> adresinden alındı
- E-ÖĞRENME. (2021). 21. Yüzyıl Becerileri. <https://eogrenme.net/21-yuzyil-becerileri/> adresinden alındı
- ERİÇOK, R. E., & YILANCI, V. (2013). EĞİTİM HARCAMALARI VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİ: SINIR TESTİ YAKLAŞIMI. <http://www.beykon.org/dergi/2013/SPRING/R.E.Ericok.pdf> adresinden alındı
- ERKEKOĞLU, H., & USLU, H. (2021). ENDÜSTRİ 4.0 TEKNOLOJİK DÖNÜŞÜM SÜRECİNDE SEÇİLMİŞ ÜLKELER ve. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1282692> adresinden alındı
- ERSOY, E. R. (2021). SÜRDÜRÜLEBİLİR EĞİTİM POLİTİKALARI VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİ: SİNGAPUR ÖRNEĞİ. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1442909> adresinden alındı
- Euronews. (2013). Teorinin geri planda kaldığı bilim dersleri. <https://tr.euronews.com/2013/06/21/teorinin-geri-planda-kaldigi-bilim-dersleri> adresinden alındı
- FIRAT, E., & AYDIN, A. (2015). İNSANİ KALKINMA ENDEKSİNE GÖRE TÜRKİYE’NİN EĞİTİM ENDEKS GÖSTERGELERİNİN OECD ÜLKELERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/288809> adresinden alındı
- Fırat, O. Z., & Fırat, S. Ü. (2017). Endüstri 4.0 Yolculuğunda Trendler ve Robotlar. <https://www.acarindex.com/pdfler/acarindex-2502-2849.pdf> adresinden alındı
- GENCER, A. S., DOĞAN, H., & Vb. (2019). Bütünleşik STEM Eğitimi Modelleri. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/607622> adresinden alındı
- GÖGÜL, P. K., & ABDO, L. (2019). SİNGAPUR’UN KALKINMA TECRÜBESİNİ DEĞERLENDİRME VE TÜRKİYE EKONOMİSİ KARŞILAŞTIRMASI. https://d2c3043d-aa6a-4817-b60d-f9fb002a5ae2.filesusr.com/ugd/614b1f_8ab35acfb1b142028f02b6e0eb56f8dd.pdf adresinden alındı
- GÜNGÖRMÜŞ, Ö. (2021). 4.0 kavramı ve toplum 5.0 ne ifade ediyor? <https://www.trthaber.com/haber/bilim-teknoloji/40-kavrami-ve-toplum-50-ne-ifade-ediyor-572743.html> adresinden alındı

- Lerner, M. (2018). 10 years later: How the housing market has changed since the crash. Nisan 29, 2021 tarihinde The Washington Post: <https://www.washingtonpost.com/news/business/wp/2018/10/04/feature/10-years-later-how-the-housing-market-has-changed-since-the-crash/> adresinden alındı
- LEVENT, F., & YAZICI, E. (2014). Singapur eğitim sisteminin başarısına etki eden faktörlerin incelenmesi. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2221> adresinden alındı
- McKinsey. (2020). İşimizin Geleceği. https://www.mckinsey.com/tr/~media/McKinsey/Locations/Europe%20and%20Middle%20East/Turkey/Our%20Insights/Future%20of%20Work%20Turkey/Isimizin-Gelecegi-McKinsey-Turkiye-Raporu_Ocak-2020.pdf adresinden alındı
- MEB. (2020). TIMSS 2019 Türkiye Ön Raporu. http://www.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2020_12/10173505_No15_TIMSS_2019_Turkiye_On_Raporu_Guncel.pdf adresinden alındı
- MEB. (2019). PISA 2018 Türkiye Ön Raporu. http://www.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2019_12/03105347_PISA_2018_Turkiye_On_Raporu.pdf adresinden alındı
- MERCİN, L. (2019). STEAM Eğitiminde Sanatın Yeri. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/759982> adresinden alındı
- MFA. (2020). SINGAPUR HAKKINDA GENEL BİLGİLER. www.mfa.gov.sg adresinden alındı
- Mmorize. (2022). ENDÜSTRİ 4.0. <https://mmorize.org/endustri4.htm> adresinden alındı
- NACAROĞLU, O., & KIZKAPAN, O. (2021). ÖZEL YETENEKLİ ÖĞRENCİLERİN STEM TUTUMLARI VE 21. YÜZYIL BECERİLERİNE SAHİP OLMA DÜZEYLERİ. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/824693> adresinden alındı
- OVAL, S. (2014). KÜRESEL REKABET GÜCÜ AÇISINDAN TÜRKİYE’NİN KONUMU ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/201905> adresinden alındı
- ÖZTÜRK, P. D., & SULUK, S. (2020). EKONOMİK BÜYÜMENİN ANAHTARI OLARAK EĞİTİM: İSVEÇ, NORVEÇ VE DANİMARKA’DA EĞİTİM İLE EKONOMİK BÜYÜME ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1147052> adresinden alındı
- REF. (2019). Dünya Rekabet Forumu Küresel Rekabet Raporu 2019’u açıkladı. <https://gazetesu.sabanciuniv.edu/toplum-ve-bilim/dunya-rekabet-forumu-kuresel-rekabet-raporu-2019u-acikladi> adresinden alındı
- Roberts, A., & Cantu, D. (2012). Applying STEM Instructional Strategies to Design and Technology Curriculum. <https://ep.liu.se/ecp/073/013/ecp12073013.pdf> adresinden alındı
- SATI, Z. E., & YILMAZ, B. (2020). Endüstri 4.0 Ortamında Değişen İş ve Mesleklerin Türkiye’de Kadın İstihdamına Etkileri. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1129246> adresinden alındı

- SCHOOLIN. (2020). PISA Rankings published in Dec 2019. <https://schoolinreviews.com/pisa-results-published-in-dec-2019-which-countries-score-the-highest-and-why/> adresinden alındı
- SEÇİLMİŞ, N. (2019). AR-GE, YENİLİKÇİ YAPI VE İKTİSADİ KALKINMA. https://www.iksad.net/_files/ugd/614b1f_6f66a14136474230be9309000bd27b88.pdf#page=136 adresinden alındı
- Sener, S., & Elevli, B. (2017). Endüstri 4.0'da Yeni İş Kolları ve Yüksek Öğrenim. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/310191> adresinden alındı
- SEZGİN, F. H., & Budak, Y. (2022). İnsani Gelişmişliğin Büyüme Etkisi: Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkeler Karşılaştırması. <https://cdn.istanbul.edu.tr/file/JTA6CLJ8T5/D5C32D01AD8F448CA708A4B029116F29> adresinden alındı
- Stergiopoulou, M., & Karatrantou, A. (2017). Educational Robotics and STEM Education in Primary Education: A Pilot Study Using the H&S Electronic Systems Platform. https://www.researchgate.net/publication/315066069_Educational_Robotics_and_STEM_Education_in_Primary_Education_A_Pilot_Study_Using_the_HS_Electronic_Systems_Platform adresinden alındı
- ŞAHİN, T., YILMAZ, M., & ÖZDEN, Ç. (2018). TÜRKİYE'DE BİLGİ YOĞUN İŞ HİZMETLERİNİN (BYİH) BÖLGESEL UZMANLAŞMA ÖRÜNTÜSÜ. <https://dSPACE.gazi.edu.tr/handle/20.500.12602/293904> adresinden alındı
- Şekkeli, Z. H., & Bakan, İ. (2018). ENDÜSTRİ 4.0'IN ETKİSİYLE LOJİSTİK 4.0. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/476720> adresinden alındı
- TEDMEM. (2019). DÜNYA STANDARTLARINDA 21.YÜZYIL OKUL SİSTEMİ NASIL İNŞA EDİLMELİ? <https://tedmem.org/wp-content/uploads/2019/07/dunya-standartlarinda-21-yuzyil-okul-sistemi-nasil-insa-edilmeli.pdf> adresinden alındı
- Toker, K. (2018). Endüstri 4.0 ve Sürdürülebilirliğe Etkileri. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/502421> adresinden alındı
- TOPÇU, A., & DURAK, H. (2019). PISA SONUÇLARINA GÖRE ÖĞRETMEN STEM EĞİTİMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ. https://www.researchgate.net/profile/Turan-Vuranok/publication/341778647_PROGRAMLANABILIR_MANTIK_DENETLEYICILERI_EGITIMINDE_WEB_DESTEKLI_EGITIM_FAALİYETLERİNİN_KATKISI/links/5ed3be7192851c9c5e6c3c5f/PROGRAMLANABILIR-MANTIK-DENETLEYICILERI-EGITIMINDE-WEB-D adresinden alındı
- TORUN, C. (2021). Singapur Nasıl Zengin Oldu? Asya Kaplanlarının Hikâyesi. <http://kirkdokuzw.com/singapur-nasil-zengin-oldu-asya-kaplanlarinin-hikayesi/> adresinden alındı
- TÜBİTAK. (2017). YENİ SANAYİ DEVRİMİ AKILLI ÜRETİM SİSTEMLERİ TEKNOLOJİ YOL HARİTASI. https://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/akilli_uretim_sistemleri_tyh_v2-03ocak2017.pdf adresinden alındı

- Türkmen, M. A., & Yeliz . (2018). KÜRESEL REKABET ENDEKSİ GÖSTERGELERİNİN KÜRESEL İNOVASYON ENDEKSİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ.
https://www.researchgate.net/publication/322304949_KURESEL_REKABET_ENDEKSI_GOSTERGELERININ_KURESEL_INOVASYON_ENDEKSI_UZERINDEKI_ETKISI adresinden alındı
- UNDP. (2021). Global Knowledge Index 2021. <https://www.undp.org/publications/global-knowledge-index-2021> adresinden alındı
- Ümit İZMEN, & vd. (2021). TÜBİSAD “Türkiye’nin Dijital Dönüşüm Endeksi” 2020.
<https://www.tubisad.org.tr/tr/images/pdf/tubisad-dde-2020.pdf> adresinden alındı
- ÜRET, A. (2019). STEM EĞİTİMİNİN ANAOKULUNA DEVAM EDEN 5 YAŞ ÇOCUKLARININ YARATICILIK DÜZEYLERİNE ETKİSİ.
<http://dspace.yildiz.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/1/12271/2049.pdf?sequence=1> adresinden alındı
- Wikipedi. (2020). İnsani Gelişme Endeksi'ne göre ülkeler listesi.
https://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0nsani_Geli%C5%9Fme_Endeksi%27ne_g%C3%B6re_%C3%BClkeler_listesi adresinden alındı
- WEF. (2018). The Future of Jobs Report 2018.
https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2018.pdf adresinden alındı
- WEF. (2020). Jobs of Tomorrow.
https://www3.weforum.org/docs/WEF_Jobs_of_Tomorrow_2020.pdf adresinden alındı
- YAHŞİ, Ö., & KIRKIÇ, K. (2020). PISA ve TIMSS Uygulamalarının Okullara Olan Etkisinin Okul Yönetici Görüşlerine Göre İncelenmesi: İzmir Örneği.
<https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1333011> adresinden alındı
- YALI, S. (2021). 21. Yüzyıl Becerileri Perspektifinden Tarih Eğitiminin Yönü.
<https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1372187> adresinden alındı
- YEGİTEK. (2016). STEM Eğitimi Raporu. https://yegitek.meb.gov.tr/STEM_Egitimi_Raporu.pdf adresinden alındı
- YILDIRIM, B. (2016). 7. SINIF FEN BİLİMLERİ DERSİNE ENTEGRE EDİLMİŞ FEN TEKNOLOJİ MÜHENDİSLİK MATEMATİK (STEM) UYGULAMALARI VE TAM ÖĞRENMENİN ETKİLERİNİN İNCELENMESİ.
<https://dspace.gazi.edu.tr/bitstream/handle/20.500.12602/188302/?sequence=1&isAllowed=y> adresinden alındı
- Yıldız, A. (2018). Endüstri 4.0 ve akıllı fabrikalar.
<http://www.saujs.sakarya.edu.tr/en/download/article-file/441614> adresinden alındı
- YILDIZ, S. C., & FIRAT, S. (2020). TÜRKİYE’DEKİ ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİN ENDÜSTRİ 4.0 BİLGİ DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/992367> adresinden alındı

YÜCEL, C., & KARADAĞ, E. (2016). TIMSS 2015 Türkiye: Patinajdaki Eğitim.
https://www.academia.edu/30453982/TIMSS_2015_T%C3%BCrkiye_Patinajdaki_E%C4%9Fitim adresinden alındı