

DÜNYA SİSTEMİ TEKNOLOJİ MERKEZLERİ

Bilimsel ve Teknolojik Gücün Coğrafyası

ABD, Avrupa, Asya ve Türkiye Üzerine Stratejik Bir Değerlendirme



YAZAR

Dr. Kamil TAŞCI



BİDGE Yayınları

Dünya Sistemi Teknoloji Merkezleri
Bilimsel ve Teknolojik Gücün Coğrafyası
ABD, Avrupa, Asya ve Türkiye Üzerine Stratejik Bir
Değerlendirme

Yazar: Dr. Kamil TAŞCI

ISBN: 978-625-8989-39-7

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 15.06.2026

BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya /
Ankara



İÇİNDEKİLER

TABLolar	7
ŞEKİLLER	8
KISALTMALAR	10
1. GİRİŞ	12
2. TEKNOLOJİK ÜSTÜNLÜĞÜN TARİHSEL DÖNÜŞÜMÜ	20
2.1. Coğrafi Keşiflerden Sanayi ve Teknoloji Rekabeti Dönemine Geçiş	20
2.2. Elektrik, Kimya ve Kurumsal Ar-Ge Çağı	23
2.3. İkinci Dünya Savaşı ve Bilimsel Mobilizasyon	28
2.4. ABD’de Savaş Sonrası Bilim Politikası: Vannevar Bush Modeli	33
2.5. Temel Bilim ile Uygulamalı Teknolojinin Yeniden Birleştirilmesi ...	38
2.6. DARPA Modeli	44
2.7. Japonya ve Almanya’nın Meydan Okuması	50
2.8. 2000 Sonrası Yeniden Sanayileşme ve Kritik Teknoloji Politikaları	56
2.9. ABD Merkezli Liderliğe Karşı Asya ve Avrupa Teknoloji Modelleri	65
2.10. Bilimsel Sermayeden Kritik Teknoloji Portföylerine	72
3. PATENT SİSTEMİ, TEKNOLOJİK DEĞİŞİM ve EKONOMİK GELİŞME	78
3.1. Patent Sisteminin İktisadi Felsefesi	78
3.2. Ar-Ge, Teknolojik Değişim ve Büyüme Teorisi	85
3.3. Beşerî Sermaye ve Teknolojik Üretim	91
3.4. Ulusal Yenilik Sistemi Yaklaşımı	97
3.5. Araştırmadan Ticarileştirmeye Geçiş ve Ölüm Vadisi	102
3.6. Patentli Teknolojinin Sanayi Gücüne Dönüşmesi	109
3.7. Kritik Teknoloji Portföyleri	114
3.8. Teknolojik Merkezileşme ve Patent Yoğunlaşması İlişkisi	121

4.	ABD MERKEZLİ TEKNOLOJİ İMPARATORLUĞU	128
4.1.	ABD Modelinin Temel Yaklaşımı	128
4.2.	DARPA'dan CHIPS ve Bilim Yasasına Politika Araçları	135
4.3.	Çin Rekabeti ve ABD Modelinin Yeniden Tanımlanması	144
4.4.	ABD Modelinin Güçlü Yönleri ve Sınırları	150
5.	ULUSAL TEKNOLOJİ POLİTİKASI MODELLERİ.....	156
5.1.	Japonya Modeli: Kalite Disiplini ve Yarı İletken Rekabeti	156
5.2.	Almanya Modeli: Mühendislik Derinliği ve Mittelstand	162
5.3.	Güney Kore Modeli: Hızlı Teknoloji Yakalama	169
5.4.	Çin Modeli: Ölçekleme ve Küresel Teknoloji Liderliği Hedefi	176
5.5.	Fransa Modeli: Seçici Kamu Stratejisi	185
5.6.	İtalya Modeli: Sanayi Bölgeleri ve Tasarım-Üretim Yeteneği.....	193
5.7.	İspanya Modeli: AB Fonları ve Bölgesel Yenilik Sistemleri	206
5.8.	Ülke Modellerinin Karşılaştırmalı Sentezi	213
6.	ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ.....	223
6.1.	Araştırma Tasarımı ve Temel Yaklaşım.....	223
6.2.	Veri Seti ve Kapsam	224
6.3.	Analiz Yaklaşımı	228
7.	BULGULAR: KÜRESEL TEKNOLOJİK MERKEZİLEŞME	231
7.1.	Ekonomik Büyüklük ve Teknoloji Rekabeti	231
7.2.	Toplam Patent Başvurularının Gelişimi	235
7.3.	Türkiye'nin Görelî Patent Performansı	237
7.4.	Ülke ve Bölge Bazlı Patent Profilleri	239
7.4.1.	ABD	239
7.4.2.	Almanya	241
7.4.3.	İngiltere	243
7.4.4.	Fransa	245

7.4.5.	İtalya.....	247
7.4.6.	İspanya	249
7.4.7.	Çin	251
7.4.8.	Japonya.....	253
7.4.9.	Güney Kore	255
7.4.10.	Türkiye.....	257
7.5.	Küresel Teknoloji Merkezlerinin Görelî Ağırlığı	259
7.5.1.	Avrupa 5’lisi ve Asya 3’lü.....	259
7.5.2.	ABD ve Avrupa 5’li	262
7.5.3.	Çin ve ABD	264
7.5.4.	Bölüm Değerlendirmesi.....	266
7.6.	Türkiye’nin Görelî Teknoloji Konumu.....	267
7.6.1.	Türkiye ve ABD	268
7.6.2.	Türkiye ve Avrupa 5’lisi	269
7.6.3.	Türkiye ve Asya 3’lüsü	272
7.6.4.	Türkiye ve Almanya.....	274
7.6.5.	Türkiye ve İngiltere	277
7.6.6.	Türkiye ve Diğer Ülkeler.....	279
7.6.7.	Bölüm Değerlendirmesi.....	280
7.7.	Teknoloji Alanlarına Göre Merkezileşme Tipleri.....	281
7.7.1.	Dijital ve İletişim Teknolojileri	282
7.7.2.	Yaşam Bilimleri ve Sağlık Teknolojileri	282
7.7.3.	Mühendislik, Makine ve Sanayi Teknolojileri	283
7.7.4.	Kimya, Malzeme ve Çevre Teknolojileri	284
7.7.5.	Geleneksel ve Niş Alanları	285
7.8.	Teknolojik Merkezileşmenin Ampirik Görünümü	287
8.	TEKNOLOJİK MERKEZİLEŞME ve KÜRESEL REKABET	290
8.1.	Patent Göstergeleri ve Teknolojik Merkezileşme.....	290
8.2.	ABD Liderliği ve Çok Kutuplu Teknoloji Rekabeti	291
8.3.	Avrupa 5’lisinin Güçlü ve Zayıf Yanları	292

8.4.	Yeni Teknoloji Ağırlık Merkezi: Asya 3'lüsü.....	292
8.5.	Türkiye'nin Teknoloji Portföyü Problemi	293
8.6.	Ekonomik Büyüklük ve Teknoloji Liderliği.....	294
8.7.	Patent Sistemi ve Rekabet Avantajı.....	295
8.8.	Teknolojik Merkezileşme ve Yeni Bir Politika Okuması İhtiyacı ...	296
8.9.	Bölüm Değerlendirmesi	296
8.10.	Genel Sonuç.....	298
8.11.	ABD Liderliği ve Asya'nın Yükselişi	298
8.12.	Avrupa'nın Sanayi Gücü, Elektronik ve Bilişimde Geride Kalma 299	
8.13.	Türkiye'nin Ekonomik Büyüme - Teknoloji Portföyü Uyumsuzluğu 300	
8.14.	Türkiye İçin Politika Çıkarımları	301
8.15.	Kritik Teknoloji Alanlarında Seçici Odaklanma	303
8.16.	Ar-Ge ve Patent Destekleri Entegrasyonu	304
8.17.	TÜRKPATENT'in Stratejik Rolü	304
8.18.	Nihai Değerlendirme.....	305
KAYNAKÇA.....		307

TABLÖLAR

Tablo 1 : İberyia Denizcilik Modeli ve Sanayi Devrimi Teknoloji Rejiminin Karşılaştırılması.....	22
Tablo 2 : Birinci ve İkinci Sanayi Devrimi Karşılaştırması.....	26
Tablo 3 : II. Dünya Savaşı Dönemi ABD Bilim Modeli.....	31
Tablo 4 : Bush Modelinin Teknoloji Politikası Bileşenleri.....	37
Tablo 5 : Stokes'un Araştırma Sınıflaması	41
Tablo 6 : Vannevar Bush Modeli ve DARPA Modeli	48
Tablo 7 : 1980'ler ve 1990'larda ABD'nin Teknoloji Politikası Araçları	54
Tablo 8 : 2000 Sonrası ABD Teknoloji Politikası.....	63
Tablo 9 : Ulusal Teknoloji Politikası Modelleri	70
Tablo 10 : Teknoloji Politikası Kavramının Temel Kapasite Bileşenleri	75
Tablo 11 : Patent Sisteminin İktisadi Felsefesi ve Teknoloji Politikası Açısından İşlevleri.....	84
Tablo 12 : Büyüme Teorisi, Ar-Ge ve Patent Sisteminin Teknoloji Politikası Açısından İlişkisi	89
Tablo 13 : Beşerî Sermaye Bileşenleri ve Patentlenebilir Teknoloji Üretimindeki Rollerini.....	95
Tablo 14 : Ulusal Yenilik Sistemi Bileşenleri ve Patentlenebilir Teknoloji Üretimindeki Rollerini.....	100
Tablo 15 : Ölüm Vadisi Riskleri ve Önleyici Politika Araçları	106
Tablo 16 : Üretim ve İleri İmalat Kapasitesinin Patentli Teknolojinin Değere Dönüşmesindeki Rolü.....	112
Tablo 17 : Kritik Teknoloji Portföyleri ve Tamamlayıcı Patent Alanları	118
Tablo 18 : Teknolojik Merkezleşmenin Açıklayıcı Mekanizmaları	124
Tablo 19 : ABD Teknoloji Politikası Modelinin Temel Kurumsal Bileşenleri..	132
Tablo 20 : ABD Teknoloji Politikası Programları ve Yenilik Zincirindeki İşlevleri	140
Tablo 21 : ABD Teknoloji Politikası Programlarının Güçlü Yönleri ve Sınırlılıkları	142
Tablo 22 : Çin Rekabeti Karşısında ABD Teknoloji Politikasının Yeni Bileşenleri	147
Tablo 23 : ABD Teknoloji Politikası Modelinin Güçlü Yönleri ve Sınırlılıkları	154
Tablo 24 : Japonya Teknoloji Politikası Modelinin Temel Bileşenleri	160
Tablo 25 : Almanya Teknoloji Politikası Modelinin Temel Bileşenleri	167
Tablo 26 : Güney Kore Teknoloji Politikası Modelinin Temel Bileşenleri.....	174
Tablo 27 : Çin Kalkınma ve Teknoloji Politikası Modelinin Temel Bileşenleri	183

Tablo 28 : Fransa Teknoloji Politikası Modelinin Temel Bileşenleri.....	191
Tablo 29 : İtalya Teknoloji Politikası Modelinin Temel Bileşenleri	198
Tablo 30 : İngiltere Teknoloji Politikası Modelinin Temel Bileşenleri	205
Tablo 31 : İspanya Teknoloji Politikası Modelinin Temel Bileşenleri	211
Tablo 32 : Ülke Modellerinin Karşılaştırmalı Teknoloji Politikası Profili.....	218
Tablo 33 : Araştırmada Kullanılan Ülke ve Blok Sınıflandırması	226
Tablo 34 : Araştırmada Kullanılan Temel Göstergeler.....	228
Tablo 35 : Seçilen Ülkelerin GSYH Değerleri, Cari Fiyatlarla Milyar ABD Doları	233
Tablo 36 : Seçilmiş Teknoloji Odaklarının Ekonomik Ölçeği ve Dönemsel Büyüme Profili	234
Tablo 37 : Türkiye’nin Seçilen Ülke Gruplarına Göre Göreli GSYH Büyüklüğü (%)	234
Tablo 38 : 35 Teknoloji Alanında EPO Başvurularının Ülke Gruplarına Göre Dönemsel Dağılımı	236
Tablo 39 : Türkiye’nin Seçilmiş Teknoloji Merkezlerine Göre EPO Patent Ağırlığı	238
Tablo 40 : Teknoloji Alanlarına Göre Küresel Merkezileşme Tipolojisi	286
Tablo 41 : Türkiye İçin Patent ve Teknoloji Politikası Çıkarımları	302
Tablo 42 : Türkiye İçin Üç Düzeyli Teknoloji Portföyü Yaklaşımı	303

ŞEKİLLER

Şekil 1 : Vannevar Bush Modeli	35
Şekil 2 : Donald Stokes’un Pasteur’s Quadrant çalışması	39
Şekil 3 : DARPA Modeli	45
Şekil 4 : Manufacturing USA Modeli	58
Şekil 5 : ABD’de Eyaletlere Göre İmalat Sanayi İstihdamı (2025)	59
Şekil 6 : Pacala ve Socolow’un “Stabilization Wedges” Yaklaşımı	61
Şekil 7 : Dünyada Patent Sistemlerinin Gelişim Süreci.....	81
Şekil 8 : ABD Modeli	129
Şekil 9 : ABD Sanayi ve Teknoloji Coğrafyası.....	130
Şekil 10 : CHIPS ve Bilim Yasası Modeli	137
Şekil 11 : Japonya Modeli	158
Şekil 12 : Japonya Sanayi ve Teknoloji Coğrafyası.....	161
Şekil 13 : Almanya Modeli	162
Şekil 14 : Almanya Sanayi ve Teknoloji Coğrafyası	165
Şekil 15 : Güney Kore Modeli	170
Şekil 16 : Güney Kore Sanayi ve Teknoloji Coğrafyası	171
Şekil 17 : Çin Modeli.....	180
Şekil 18 : Çin Sanayi ve Teknoloji Coğrafyası	181

Şekil 19 : Fransa Modeli.....	186
Şekil 20 : Fransa Sanayi ve Teknoloji Coğrafyası	188
Şekil 21 : İtalya Modeli	193
Şekil 22 : İtalya Sanayi ve Teknoloji Coğrafyası.....	195
Şekil 23 : İngiltere Modeli.....	200
Şekil 24 : İngiltere Sanayi ve Teknoloji Coğrafyası	201
Şekil 25 : İspanya Modeli	207
Şekil 26 : İspanya Sanayi ve Teknoloji Coğrafyası	209
Şekil 27 : Seçilen Ülkelerin GSYH Değerleri Değişimi, 2016-2025 (milyar \$).....	232
Şekil 28 : ABD'nin EPO Patent Performansı (2016-2025).....	240
Şekil 29 : Almanya'nın EPO Patent Performansı (2016-2025)	242
Şekil 30 : İngiltere'nin EPO Patent Performansı (2016-2025)	244
Şekil 31 : Fransa'nın EPO Patent Performansı (2016-2025)	246
Şekil 32 : İtalya'nın EPO Patent Performansı (2016-2025).....	248
Şekil 33 : İspanya'nın EPO Patent Performansı (2016-2025)	250
Şekil 34 : Çin'in EPO Patent Performansı (2016-2025).....	252
Şekil 35 : Japonya'nın EPO Patent Performansı (2016-2025).....	254
Şekil 36 : Güney Kore'nin EPO Patent Performansı (2016-2025)	256
Şekil 37 : Türkiye'nin EPO Patent Performansı (2016-2025)	258
Şekil 38 : Avrupa 5'lisinin Asya 3'lüsüne Göreli Konumu - EU5/AS3.....	261
Şekil 39 : ABD'nin Avrupa 5'lisine Göreli Konumu – US/EU5.....	263
Şekil 40 : Çin'in ABD'ye Karşı EPO Patent Performansı (2016-2025)	266
Şekil 41 : Türkiye'nin ABD'ye Karşı Göreli Konumu (2016-2025)	269
Şekil 42 : Türkiye'nin Avrupa 5'lisine Karşı Göreli Konumu (2016-2025)	271
Şekil 43 : Türkiye'nin Asya 3'lüsüne Karşı Göreli Konumu (2016-2025).....	273
Şekil 44 : Türkiye'nin Almanya'ya Karşı Göreli Konumu (2016-2025)	276
Şekil 45 : Türkiye'nin İngiltere'ye Karşı Göreli Konumu (2016-2025)	278
Şekil 46 : Türkiye'nin Diğer Ülkelere Karşı Göreli Konumu (2016-2025).....	279

KISALTMALAR

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AB	Avrupa Birliği
AI	Artificial Intelligence, Yapay Zekâ
Ar-Ge	Araştırma ve Geliştirme
ARPA-E	Advanced Research Projects Agency-Energy
AS3	Asya 3'lüsü: Çin, Japonya ve Güney Kore
AIST	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Japonya
Bayh-Dole Act	ABD'de federal fonlu üniversite araştırmalarından doğan buluşların patentlenmesi ve lisanslanmasını düzenleyen yasa
BLS	Bureau of Labor Statistics, ABD Çalışma İstatistikleri Bürosu
CEA	Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, Fransa Atom Enerjisi ve Alternatif Enerjiler Kurumu
CERN	European Organization for Nuclear Research
CHIPS ve Bilim Yasası	ABD'de yarı iletken üretimi, bilimsel araştırma ve kritik teknoloji kapasitesini destekleyen yasa
CNIPA	China National Intellectual Property Administration, Çin Ulusal Fikri Mülkiyet İdaresi
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency
DIU	Defense Innovation Unit
DoD	United States Department of Defense, ABD Savunma Bakanlığı
DOE	United States Department of Energy, ABD Enerji Bakanlığı
EPO	European Patent Office, Avrupa Patent Ofisi
EPC	European Patent Convention, Avrupa Patent Sözleşmesi
ESA	European Space Agency, Avrupa Uzay Ajansı
ETRI	Electronics and Telecommunications Research Institute, Güney Kore
EU5	Avrupa 5'lisi: Almanya, İngiltere, Fransa, İtalya ve İspanya
GSYH	Gayrisafi Yurt İçi Hasıla
IMF	International Monetary Fund, Uluslararası Para Fonu
IP	Intellectual Property, Fikri Mülkiyet
IPR	Intellectual Property Rights, Fikri Mülkiyet Hakları
IPC	International Patent Classification, Uluslararası Patent Sınıflandırması
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency, Japonya Uzay Araştırma Ajansı

JPO	Japan Patent Office, Japonya Patent Ofisi
KAIST	Korea Advanced Institute of Science and Technology
KIPO	Korean Intellectual Property Office, Kore Fikri Mülkiyet Ofisi
KOBİ	Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletme
MEP	Manufacturing Extension Partnership
MITI	Ministry of International Trade and Industry, Japonya Uluslararası Ticaret ve Sanayi Bakanlığı
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NIH	National Institutes of Health
NIMS	National Institute for Materials Science, Japonya
NIST	National Institute of Standards and Technology
NSF	National Science Foundation
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
OSRD	Office of Scientific Research and Development
PCAST	President's Council of Advisors on Science and Technology
PCT	Patent Cooperation Treaty, Patent İşbirliği Antlaşması
PEM	Proton Exchange Membrane, Proton Değişim Membranı
R&D	Research and Development, Araştırma ve Geliştirme
SBIR	Small Business Innovation Research
SIPRI	Stockholm International Peace Research Institute
SPRIND	Bundesagentur für Sprunginnovationen, Almanya Federal Sıçrayıcı Yenilik Ajansı
STTR	Small Business Technology Transfer
TTO	Teknoloji Transfer Ofisi
TRIPS	Agreement on Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights
TÜRKPATENT	Türk Patent ve Marka Kurumu
UK	United Kingdom, Birleşik Krallık
US	United States, Amerika Birleşik Devletleri
USPTO	United States Patent and Trademark Office
WIPO	World Intellectual Property Organization, Dünya Fikri Mülkiyet Örgütü
WTO	World Trade Organization, Dünya Ticaret Örgütü
YZ	Yapay Zekâ

1. GİRİŞ

Küresel ekonomik rekabetin niteliği son iki yüzyılda köklü biçimde değişmiştir. Erken modern dönemde coğrafi keşifler, denizcilik teknolojileri, haritacılık, gemi inşa kapasitesi ve askerî lojistik üstünlük dünya sistemi içinde güç merkezlerinin oluşumunda belirleyici rol oynarken, Sanayi Devrimi ile birlikte teknolojik üstünlüğün kaynağı üretim süreçlerinde sürekli verimlilik artışı yaratabilen mekanik bilgi, enerji dönüşümü, fabrika sistemi ve makineleşme kapasitesine doğru kaymıştır. 19. yüzyılın sonlarından itibaren ise elektrik, kimya, çelik, içten yanmalı motorlar, telekomünikasyon ve kurumsal Ar-Ge laboratuvarlarının yükselişi, teknolojik liderliğin yalnızca icat üretme becerisiyle değil; bilimsel araştırma, mühendislik eğitimi, firma organizasyonu, üretim ölçeği, patent sistemi ve kurumsal yenilik kapasitesiyle birlikte ele alınması gerektiğini göstermiştir (Chandler, 1977, 1990; Landes, 1969; Mokyr, 1990, 2009). Bu tarihsel dönüşüm, teknolojinin yalnızca ekonomik büyümenin bir girdisi değil, aynı zamanda dünya sisteminde merkez ve çevre ilişkilerini yeniden biçimlendiren stratejik bir güç unsuru olduğunu ortaya koymaktadır.

Günümüzde bu dönüşüm yeni bir evreye girmiştir. Teknolojik rekabet artık yalnızca sanayi üretimi, dış ticaret hacmi veya doğal kaynaklara erişim üzerinden açıklanamamaktadır. Yarı iletkenler, yapay zekâ, biyoteknoloji, kuantum teknolojileri, ileri malzemeler, batarya teknolojileri, hidrojen, robotik, siber güvenlik, uzay sistemleri, sağlık teknolojileri ve dijital iletişim altyapıları gibi kritik teknoloji alanları; ekonomik büyüme, ulusal güvenlik, enerji dönüşümü, üretim kapasitesi ve jeopolitik konumlanma bakımından belirleyici hale gelmektedir. Bu alanlarda üstünlük kurabilen ülkeler yalnızca yüksek katma değerli üretim yapmakla kalmamakta; aynı zamanda standart belirleme, tedarik zinciri kontrolü, teknoloji

lisanslama, fikri mülkiyet gelirleri, savunma kapasitesi ve stratejik otonomi bakımından da avantaj elde etmektedir. Bu nedenle teknoloji politikası, klasik sanayi politikası veya dar anlamda Ar-Ge destekleri çerçevesini aşarak bilimsel araştırma, patent sistemi, insan kaynağı, üretim ölçekleme kapasitesi, kamu alımları, risk sermayesi, bölgesel teknoloji kümeleri ve uluslararası rekabet stratejilerini birlikte yöneten çok boyutlu bir politika alanına dönüşmektedir (Bonvillian, 2014; Bonvillian & Singer, 2018; Mowery et al., 2004).

Bu çalışmanın temel çıkış noktası, teknolojik gücün dünya ekonomisi içinde eşit dağılmadığı ve belirli ülke, bölge, firma, üniversite, araştırma kurumu ve teknoloji ekosistemlerinde yoğunlaştığı tespittir. Teknolojik merkezileşme yalnızca patent sayılarının birkaç büyük ülkede toplanması anlamına gelmemektedir. Daha geniş anlamda bu kavram; bilimsel araştırma kapasitesinin, patentlenebilir bilgi üretiminin, ileri imalat altyapısının, teknoloji finansmanının, nitelikli insan kaynağının, kurumsal Ar-Ge laboratuvarlarının, tedarik zinciri düğümlerinin ve stratejik teknoloji portföylerinin belirli merkezlerde yoğunlaşmasını ifade etmektedir. Bu çerçevede ABD, Avrupa'nın büyük sanayi ve teknoloji ekonomileri, Çin, Japonya ve Güney Kore gibi Asya merkezleri küresel teknoloji rekabetinin ana odaklarını oluşturmaktadır. Türkiye ise ekonomik büyüklüğü, sanayi tabanı, genç nüfusu, savunma sanayii atılımları ve artan Ar-Ge kapasitesine rağmen, kritik teknoloji patent portföyü bakımından bu merkezlerle arasındaki farkı kapatma ihtiyacı bulunan bir ülke konumundadır.

Patent sistemi bu analiz açısından özel bir öneme sahiptir. Patent, bir taraftan buluş sahibine belirli süreli ve hukuken korunan bir münhasır hak sağlayarak Ar-Ge yatırımının özel getiriye dönüşmesini mümkün kılmakta; diğer taraftan teknik bilginin açıklanmasını, sınıflandırılmasını, aranabilir hale gelmesini ve zaman içinde toplumsal bilgi havuzuna katılmasını sağlamaktadır. Bu yönüyle patent sistemi, bilgi ekonomisinin temel gerilimini kurumsal olarak yönetmektedir. Bilgi toplumsal olarak yayıldıkça değeri artan, ancak üreticisine hiçbir özel getiri sağlamadığı durumda yeterince üretilmeyebilecek bir varlıktır. Romer'in içsel büyüme yaklaşımı, teknolojik bilginin rekabetçi olmayan niteliğine karşın, bilgi

üretiminin maliyetli bir yatırım süreci gerektirdiğini vurgulayarak fikri mülkiyet sisteminin Ar-Ge teşvikleri açısından taşıdığı önemi göstermektedir (Romer, 1990). Bu nedenle patentler yalnızca hukuki koruma belgeleri olarak değil; teknolojik bilginin ekonomik değere, rekabet avantajına ve stratejik kapasiteye dönüşmesini sağlayan kurumsal araçlar olarak değerlendirilmelidir.

Bununla birlikte patent verilerinin önemi yalnızca koruma işlevinden kaynaklanmamaktadır. Patent dokümanları, teknik bilginin yazılı ve sınıflandırılmış bir formda izlenebilmesini sağladığı için teknoloji istihbaratı, rakip analizi, Ar-Ge yönlendirmesi, boşluk alanı tespiti, teknoloji eğilimlerinin izlenmesi ve sanayi politikası tasarımı açısından stratejik veri niteliği taşımaktadır. Mazzoleni ve Nelson, patent sisteminin buluş teşviki, teknoloji açıklaması, ticarileştirme, araştırma yönlendirme ve müzakere aracı olma gibi farklı işlevlerinin birlikte değerlendirilmesi gerektiğini belirtmektedir (Mazzoleni & Nelson, 1998). Bu bağlamda patent verileri, ülkelerin hangi teknoloji alanlarında yoğunlaştığını, hangi alanlarda geride kaldığını, teknoloji portföylerinin nasıl değiştiğini ve küresel rekabet içinde hangi pozisyona yöneldiğini analiz etmek için güçlü bir gösterge seti sunmaktadır. Patent başvuru sayıları tek başına teknolojik başarıyı tam olarak ölçmemekle birlikte, özellikle uzun dönemli eğilimler, teknoloji alanı dağılımları ve ülke karşılaştırmaları bakımından teknolojik kapasitenin görünür hale getirilmesinde önemli bir araçtır.

Bu çalışmanın temel amacı, küresel teknoloji rekabetinde merkezileşme eğilimlerini tarihsel, kuramsal, kurumsal ve ampirik boyutlarıyla değerlendirmek ve Türkiye'nin bu yapı içindeki konumunu ortaya koymaktır. Çalışma, teknolojik üstünlüğün tarihsel olarak nasıl el değiştirdiğini, patent sisteminin bu süreçte nasıl bir kurumsal rol oynadığını, ABD merkezli teknoloji politikası modelinin hangi araçlarla şekillendiğini, Avrupa ve Asya ülkelerinin bu modele karşı hangi ulusal teknoloji politikası bileşimlerini geliştirdiğini ve EPO patent verileri üzerinden küresel teknoloji odaklarının nasıl bir dağılım gösterdiğini analiz etmektedir. Bu çerçevede çalışmanın ana araştırma sorusu şu şekilde ifade edilebilir: Teknolojik güç günümüzde hangi ülke ve bölge merkezlerinde yoğunlaşmaktadır ve Türkiye bu merkezileşme yapısı içinde nasıl bir konuma sahiptir?

oluşmaktadır. Bu sınıflandırma, yalnızca coğrafi yakınlığa değil, aynı zamanda teknoloji politikası modeli, sanayi yapısı, patent kapasitesi ve küresel rekabet konumu bakımından anlamlı karşılaştırma yapma ihtiyacına dayanmaktadır. ABD, bilimsel sermaye, görev odaklı Ar-Ge, risk sermayesi, üniversite sistemi ve piyasa ölçekleme kapasitesiyle ayrı bir teknoloji merkezi olarak ele alınmaktadır. Avrupa 5’lisi, mühendislik derinliği, sanayi geleneği, uygulamalı araştırma kurumları, bölgesel teknoloji sistemleri ve kamu stratejileriyle temsil edilmektedir. Asya 3’lüsü ise üretimden öğrenme, hızlı teknoloji yakalama, ölçekleme, elektronik, yarı iletkenler, batarya, robotik ve dijital teknolojilerde artan ağırlığıyla incelenmektedir. Türkiye ise bu üç büyük teknoloji odağına göre konumu üzerinden değerlendirilmekte ve politika çıkarımları bu karşılaştırmalı zemin üzerinde geliştirilmektedir.

Ampirik analiz, Avrupa Patent Ofisi’nin 35 teknoloji alanı sınıflandırmasına dayalı patent başvuru verileri üzerinden yürütülmektedir. 2016-2025 dönemi iki alt döneme ayrılarak incelenmekte; 2016-2020 ve 2021-2025 ortalamaları karşılaştırılarak ülkelerin ve ülke gruplarının teknoloji alanlarına göre ağırlık değişimleri analiz edilmektedir. Bu yöntem, yalnızca tek bir yılın dalgalanmasına bağlı yorum yapma riskini azaltmakta ve patent portföyündeki dönemsel yön değişimlerini daha net gözlemlemeyi mümkün kılmaktadır. Çalışmada ayrıca IMF verileri kullanılarak seçilen ülkelerin cari fiyatlarla ABD doları cinsinden GSYH büyüklükleri karşılaştırılmaktadır. Böylece ekonomik ölçek ile patent performansı arasındaki ilişki dolaylı biçimde değerlendirilebilmekte; Türkiye’nin ekonomik büyüklük artışının kritik teknoloji patent portföyüne ne ölçüde yansıdığı sorgulanmaktadır.

Çalışmanın özgün katkısı, patent verilerini yalnızca nicel başvuru sayıları olarak ele almamasıdır. Bu çalışma patent verilerini, küresel teknolojik merkezileşmenin ampirik göstergesi ve teknoloji politikası açısından stratejik analiz aracı olarak değerlendirmektedir. Ayrıca tarihsel teknoloji liderliği, büyüme teorisi, patent sisteminin iktisadi felsefesi, ulusal yenilik sistemleri, ABD modeli, Avrupa ve Asya ülke modelleri ve EPO teknoloji alanı verilerini aynı analitik çerçevede birleştirmektedir. Bu yönüyle çalışma, Türkiye açısından yalnızca “kaç patent başvurusu yapıldığı” sorusuna değil; “hangi teknoloji alanlarında, hangi küresel

merkezlere göre, hangi stratejik açıklara sahip olunduğu” sorusuna yanıt aramaktadır. Bu yaklaşım, patent politikasını Ar-Ge destekleri, sanayi politikası, kritik teknoloji portföyü, üretim ölçekleme kapasitesi ve uluslararası rekabet stratejisiyle birlikte düşünme ihtiyacını ortaya koymaktadır.

Çalışmanın bir diğer katkısı, ülke modellerini yalnızca genel kalkınma başarıları üzerinden değil, teknoloji politikası bileşimleri üzerinden karşılaştırmasıdır. Japonya üretimden öğrenme, kalite disiplini ve yarı iletken rekabetiyle; Almanya mühendislik derinliği, Mittelstand, mesleki eğitim ve uygulamalı araştırma kurumlarıyla; Güney Kore hızlı teknoloji yakalama, büyük teknoloji firmaları ve aktif patent ofisiyle; Çin tarımsal reformdan sanayi ölçeklemesine, oradan ileri teknoloji rekabetine uzanan devlet yönlendirmeli kapasite birikimiyle; Fransa seçici kamu stratejisi ve büyük teknoloji programlarıyla; İtalya sanayi bölgeleri, KOBİ tabanı ve tasarım-üretim yeteneğiyle; İngiltere bilimsel üstünlük, finansal derinlik ve ölçekleme açığıyla; İspanya ise AB fonları, bölgesel yenilik sistemleri ve yeşil-dijital dönüşüm kapasitesiyle ele alınmaktadır. Bu karşılaştırma, teknoloji politikalarında tek bir evrensel model bulunmadığını; ülkelerin tarihsel birikimleri, kurumları, üretim yapıları ve finansman mekanizmaları doğrultusunda farklı kapasite bileşimleri geliştirdiğini göstermektedir.

Çalışmanın yapısı bu analitik çerçeveye uygun biçimde sekiz bölümden oluşmaktadır.

- i. Giriş bölümü çalışmaya ilişkin genel teorik çerçeve ile birlikte, araştırma amacı ve kapsamı ve bölüm içeriklerini özetlemektedir.
- ii. İkinci bölüm, teknolojik üstünlüğün dünya sistemi içindeki tarihsel dönüşümünü erken modern denizcilik teknolojilerinden Sanayi Devrimi’ne, İkinci Sanayi Devrimi’nden savaş dönemi bilimsel mobilizasyonuna, Bush modeli, Stokes yaklaşımı, DARPA modeli, Japonya-Almanya meydan okuması ve 2000 sonrası kritik teknoloji politikalarına uzanan bir çizgide ele almaktadır.
- iii. Üçüncü bölüm, teknolojik değişim, patent sistemi ve büyüme teorisinin kuramsal temelini incelemekte; patent sisteminin iktisadi felsefesini, Ar-Ge’nin büyüme teorisindeki yerini, beşerî sermayenin rolünü, ulusal yenilik sistemi yaklaşımını, ölüm vadisi

sorununu, ileri imalat ve kritik teknoloji portföyleriyle ilişkisini değerlendirmektedir.

- iv. Dördüncü bölüm, ABD merkezli teknoloji politikası modelini bilimsel sermaye, görev odaklı Ar-Ge, DARPA, Manufacturing USA, CHIPS ve Bilim Yasası, Çin rekabeti ve piyasa ölçekleme mekanizmaları bağlamında analiz etmektedir.
- v. Beşinci bölüm, ABD merkezli liderliğe karşı ulusal teknoloji politikası modellerini karşılaştırmalı olarak incelemektedir. Bu bölümde Japonya, Almanya, Güney Kore, Çin, Fransa, İtalya, İngiltere ve İspanya modelleri ayrı ayrı ele alınmakta; her bir ülkenin bilim, sanayi, devlet, finansman, patent ve üretim kapasitesi bileşimi değerlendirilmektedir.
- vi. Altıncı bölüm, araştırmanın yöntemini ortaya koymakta; veri seti, ülke grupları, değişkenler, göstergeler ve analiz yaklaşımını açıklamaktadır.
- vii. Yedinci bölüm, EPO'nun 35 teknoloji alanı üzerinden seçilen ülkeler ve ülke gruplarının patent performansını ampirik olarak incelemektedir.
- viii. Sekizinci bölüm, bulguların teknoloji merkezileşmesi, patent sistemi ve küresel rekabetin yeni yapısı açısından ne anlama geldiğini tartışmaktadır.
- ix. Dokuzuncu bölüm ise genel sonuçları ve Türkiye için politika çıkarımlarını sunmaktadır.

Sonuç olarak bu çalışma, teknolojik rekabetin günümüzde giderek daha fazla coğrafi, kurumsal ve sektörel olarak merkezileştiği varsayımından hareket etmektedir. Patent verileri bu merkezileşmeyi tüm yönleriyle açıklamasa da, kritik teknoloji alanlarında hangi ülkelerin ve ülke gruplarının ağırlık kazandığını, hangi alanlarda görece üstünlük oluştuğunu ve Türkiye'nin hangi teknoloji portföylerinde açık verdiğini görünür hale getirmektedir. Türkiye açısından temel mesele yalnızca ekonomik ölçeği büyütmek veya toplam patent başvuru sayısını artırmak değildir. Asıl mesele, kritik teknoloji alanlarında daha derin, daha seçici, daha nitelikli ve küresel rekabetle uyumlu bir patent ve teknoloji portföyü

geliştirmektedir. Bu nedenle çalışma, Türkiye'nin teknoloji politikasında Ar-Ge destekleri, patent stratejisi, insan kaynağı, üretim ölçekleme kapasitesi, üniversite-sanayi işbirliği ve TÜRKPATENT'in stratejik rolünün birlikte ele alınması gerektiğini savunmaktadır.

2. TEKNOLOJİK ÜSTÜNLÜĞÜN TARİHSEL DÖNÜŞÜMÜ

2.1. Coğrafi Keşiflerden Sanayi ve Teknoloji Rekabeti Dönemine Geçiş

Teknolojik üstünlük, dünya sisteminde güç merkezlerinin yer değiştirmesini açıklayan temel tarihsel mekanizmalardan biridir. Erken modern dönemde İspanya ve Portekiz'in yükselişi, yalnızca askerî cesaret, coğrafi konum veya ticari iştahla açıklanamaz. Bu yükselişin arkasında gemi inşa teknikleri, denizcilik bilgisi, haritacılık, kozmografi, seyir araçları, rüzgâr ve akıntı bilgisi, top teknolojisi ve okyanus aşırı lojistik kapasitenin birleştiği çok katmanlı bir teknik bilgi sistemi bulunuyordu. Cipolla'nın klasik çalışması, Avrupa yayılmasının erken evresinde yelkenli gemi ile top teknolojisinin birleşmesini belirleyici bir üstünlük kaynağı olarak ele alır; bu birleşim, Avrupa devletlerinin okyanus aşırı ticaret ve askerî güç projeksiyonu kapasitesini artırmıştır (Cipolla, 1965). Cipolla'nın çalışması özellikle “silah taşıyan okyanus aşırı yelkenli gemi” bileşimini Avrupa genişlemesinin teknik temeli olarak yorumlaması bakımından önemlidir.

Bu literatür, İberya yayılmasını yalnızca “keşifler çağı” anlatısına indirgememek gerektiğini göstermektedir. Portekiz ve İspanya'nın okyanus aşırı genişlemesi, dönemin bilimsel ve pratik bilgi alanlarıyla yakından ilişkiliydi. Portekiz bağlamında denizcilik, kartografya, kozmografi ve tıp gibi alanların imparatorluk yayılmasıyla ilişkili biçimde geliştiği; İspanya bağlamında ise Yeni Dünya'nın yönetimi için kozmografların ölçme, haritalama, betimleme ve bilgi düzenleme faaliyetlerinin kurumsal önem taşıdığı gösterilmiştir (Bleichmar et al., 2009; Portuondo, 2009; Sánchez, 2019). Portuondo, İspanyol kozmograflarının harita, araç ve coğrafi tasvir üretimini imparatorluk yönetiminin bilgi altyapısı olarak değerlendirir; bu yaklaşım, erken modern imparatorlukların yalnızca

askerî değil, aynı zamanda bilgiye dayalı yönetim pratikleri geliştirdiğini göstermektedir (Portuondo, 2009).

Bununla birlikte İberya denizcilik üstünlüğü, sonraki sanayi teknolojilerinin ürettiği sürekli verimlilik artışı ve kurumsallaşmış yenilik döngüsüyle aynı nitelikte değildi. Erken modern İberya güçleri, denizcilik, sömürge yönetimi, ticaret ve askerî denetim alanlarında önemli teknik bilgi ürettiler; ancak bu bilgi yapısı, sanayi devrimindeki gibi sürekli üretkenlik artışı, mekanik iyileştirme, enerji dönüşümü, fabrika sistemi, makineleşme ve yaygın sanayi Ar-Ge kurumlarıyla birleşen bir yenilik rejimine dönüşmedi. Goodman'ın İspanya'da II. Philip döneminde devlet, teknoloji ve bilim ilişkisine dair çalışması da bu gerilimi gösterir: İspanyol tacı teknoloji ve bilim alanlarında çeşitli girişimlerde bulunmuş, fakat bunların yerli teknik kapasiteyi kalıcı ve geniş ölçekli bir sanayi yenilik sistemine dönüştürmesinde sınırlılıklar yaşanmıştır (Goodman, 1988). Bu nedenle İberya örneği, teknolojik bilginin imparatorluk kapasitesi üretebileceğini; fakat sürdürülebilir sanayi üstünlüğü için bilginin üretim, kurumsallaşma, beceri oluşumu ve sürekli teknik iyileştirme mekanizmalarıyla birleşmesi gerektiğini göstermektedir.

Bu noktada İngiliz Sanayi Devrimi yeni bir eşik oluşturmuştur. Buhar makinesi, dokumacılık, demir-çelik, kömür, makine imalatı ve fabrika sistemi, teknolojik üstünlüğü okyanus aşırı hareket kabiliyetinden sürekli üretkenlik artışına taşıdı. Mokyr'in sanayi devrimi ve teknolojik yaratıcılık üzerine çalışmaları, modern ekonomik büyümenin ayırt edici yönünün tekil icatlardan ziyade bilginin, zanaatkârlığın, deneysel öğrenmenin, mekanik becerinin ve kurumların sürekli yenilik üretecek biçimde etkileşime girmesi olduğunu vurgular (Mokyr, 1990, 2009). Rosen de sanayi devrimindeki buluş sürecini yalnızca teorik bilimle değil, “zihin ve el” arasındaki ilişki, teknik beceri, ölçüm, deneme-yanılma ve kuşaklar arası öğrenme üzerinden açıklar (Rosen, 2010). Bu yönüyle

İngiltere'nin sanayi devrimiyle kurduğu üstünlük, İberya denizcilik teknolojilerinden farklı olarak, üretim sürecinin sürekli yenilenmesine dayalı daha kalıcı bir teknoloji rejimi oluşturmuştur.

Bu alt bölümün ana sonucu şudur: Erken modern İspanya ve Portekiz örneği, teknolojinin imparatorluk kurma ve uzak mesafe ticaret kapasitesi üretmedeki rolünü gösterir; İngiliz Sanayi Devrimi ise teknolojinin sürekli üretkenlik artışı, sanayi örgütlenmesi ve kurumsallaşmış yenilik sistemiyle birleştiğinde daha kalıcı bir dünya gücü üretebildiğini ortaya koyar. Bu ayrım, daha sonraki ABD merkezli teknoloji politikası anlatısını anlamak için kritiktir. Çünkü ABD'nin 20. yüzyıldaki yükselişi, denizcilik veya tekil icat üstünlüğünden ziyade, bilimsel araştırma, mühendislik, üniversite sistemi, sanayi laboratuvarları, patent koruması, savunma Ar-Ge'si ve üretim kapasitesinin birlikte örgütlenmesine dayanacaktır.

Tablo 1 : İberya Denizcilik Modeli ve Sanayi Devrimi Teknoloji Rejiminin Karşılaştırılması

Tema	İberya Denizcilik ve İmparatorluk Modeli	İngiliz Sanayi Devrimi Modeli	Teknoloji Politikası Açısından Önemi
Temel teknoloji alanı	Gemi inşa, seyir teknikleri, haritacılık, kozmografi, top ve kale teknolojileri	Buhar gücü, tekstil makineleri, makine imalatı, demir-çelik, fabrika sistemi	Teknolojik üstünlük her dönemde farklı teknik sistemler üzerinde yükselir.
Bilgi türü	Denizcilik bilgisi, coğrafi veri, haritalar, seyir kayıtları ve imparatorluk yönetimi için bilgi toplama	Mekanik bilgi, deneysel öğrenme, zanaatkârlık, üretim bilgisi ve mühendislik pratiği	Bilginin ekonomik etkisi, üretim ve ölçekleme sistemiyle bağlantısına bağlıdır.
Güç üretme biçimi	Okyanus aşırı hareket kabiliyeti, ticaret yolları, sömürge ağı ve stratejik geçiş noktaları	Sürekli verimlilik artışı, makineleşme, fabrika üretimi ve sanayi ölçeklenmesi	Kalıcı teknoloji üstünlüğü, yalnızca keşif değil sürekli üretkenlik artışı gerektirir.
Kurumsal yapı	Saray, denizcilik kurumları, kozmograflar, Casa de la Contratación, Casa da Índia ve kolonyal yönetim	Fabrikalar, mühendisler, girişimciler, zanaatkârlar, patent sistemi, piyasalar ve finansman	Yenilik sistemi devlet bilgisiyle başlar; ancak üretim aktörleriyle derinleşir.

Temel sınırlılık	Denizcilik-imparatorluk bilgi sistemi, sürekli makineli üretim ve özel girişim temelli yenilik döngüsüne sınırlı ölçüde aktarılabildi	Sanayi liderliğini sürdürmek için yeni teknoloji dalgalarına, özellikle elektrik, kimya ve yeni malzeme teknolojilerine uyum gerektirdi	Teknolojik liderlik, kurumsal yenilenme ve yeni teknoloji rejimlerine uyum kapasitesi gerektirir.
-------------------------	---	---	---

Kaynak: İlgili literatürden¹ yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

2.2. Elektrik, Kimya ve Kurumsal Ar-Ge Çağı

İngiliz Sanayi Devrimi, dünya teknoloji tarihinde üretkenlik artışına dayalı ilk büyük sanayi üstünlüğünü üretmişti; ancak 19. yüzyılın son çeyreğinden itibaren teknolojik liderlik yeni bir evreye girdi. Bu evrede buhar, dokuma ve demiryolu merkezli sanayi üstünlüğü; elektrik, kimya, çelik, içten yanmalı motorlar, telefon, telgraf, otomotiv, makine takımları ve büyük ölçekli fabrika sistemleriyle yeniden biçimlendi. Bu dönüşüm, literatürde çoğu zaman “İkinci Sanayi Devrimi” olarak tanımlanır. Bu dönemde teknolojik üstünlük, yalnızca yeni makinelerin icadıyla değil; bilimin sanayiye uygulanması, teknik eğitimin kurumsallaşması, büyük ölçekli firmaların doğuşu, kurumsal Ar-Ge laboratuvarlarının gelişmesi ve patent sisteminin yenilikçi firmalar için stratejik bir araç haline gelmesiyle açıklanmalıdır (Chandler, 1977, 1990; Landes, 1969; Mokyr, 1990).

Bu yeni teknoloji rejimi içinde ABD ve Almanya öne çıkan iki ana güç haline geldi. İngiltere’nin ilk sanayi devrimiyle elde ettiği öncü konum, 19. yüzyılın sonlarından itibaren daha bilim-temelli, daha ölçek yoğun ve daha kurumsal bir sanayi yapısına sahip ülkeler tarafından zorlanmaya başladı. Bu değişim ani bir kopuş değildi; İngiltere uzun süre sanayi ve ticaret gücünü korudu. Ancak ABD ve

¹ İlgili literatür; İberya denizcilik-imparatorluk sistemi için Bleichmar vd. (2009), Portuondo (2009), Sánchez (2019) ve Goodman (1988); İngiliz Sanayi Devrimi teknoloji rejimi için Landes (1969), Mokyr (1990, 2009), Rosen (2010) ve Chandler (1977, 1990) çalışmalarını kapsamaktadır.

Almanya, yeni teknoloji dalgasının gerektirdiği büyük ölçekli üretim, bilimsel eğitim, mühendislik kapasitesi, firma içi organizasyon ve kurumsal araştırma altyapısını daha hızlı geliştirdi. Landes'in teknoloji ve sanayi tarihi üzerine klasik çalışması, bu dönemde sanayileşmiş ülkeler arasındaki farkın yalnızca doğal kaynak veya sermaye birikimiyle değil, teknik bilgi, girişimci kapasite, mühendislik kültürü ve kurumsal uyumla açıklanması gerektiğini vurgular (Landes, 1969).

ABD örneğinde yükselişin temelinde “Amerikan üretim sistemi”, makine takımları, standart parçalar, değiştirilebilir parçalar, seri üretim ve daha sonra kitlesel üretim modeli yer almaktadır. Hounshell, ABD’de üretim sisteminin ateşli silah imalatından dikiş makinelerine, bisikletten otomobile uzanan bir çizgide standartlaşma, makineleşme ve üretim organizasyonu üzerinden geliştiğini göstermektedir (Hounshell, 1984). Bu süreç, Henry Ford ile özdeşleşen montaj hattı modeline giden yolu hazırlamıştır. Ancak Fordist üretim yalnızca bir fabrika tekniği değildir; mühendislik, parça standardizasyonu, tedarik zinciri, iş bölümü, kalite kontrol ve büyük ölçekli pazar organizasyonunun birlikte çalıştığı bir teknoloji-sistemidir.

ABD’nin ikinci büyük üstünlük alanı elektrifikasyondur. Elektrik, yalnızca yeni bir enerji kaynağı değil; üretim, iletişim, kent yaşamı, ulaşım, ev içi tüketim ve sanayi organizasyonunu dönüştüren genel amaçlı bir teknolojiydi. Hughes’un elektrik ağları üzerine çalışması, elektrik sistemlerinin yalnızca teknik cihazlardan oluşmadığını; jeneratörler, iletim hatları, standartlar, mühendislik kararları, finansman, düzenleyici kurumlar ve büyük şirketler tarafından kurulan sosyo-teknik sistemler olduğunu göstermektedir (Hughes, 1983). Nye ise elektrifikasyonun ABD’de modern yaşam biçimini, üretim yapısını ve tüketim kültürünü dönüştüren güçlü bir altyapı teknolojisi olduğunu vurgular (Nye, 1990). Bu yaklaşım,

teknoloji politikasının yalnızca tekil buluşları değil, sistem kurma kapasitesini de dikkate alması gerektiğini gösterir.

Almanya'nın yükselişi ise özellikle kimya, boya sanayii, ilaç, elektrik mühendisliği ve bilim-temelli sanayi organizasyonu üzerinden gelişti. Almanya, üniversite sistemi, teknik yüksekokullar, laboratuvar kültürü, sanayi ile bilim arasındaki güçlü bağlantılar ve şirket içi araştırma kapasitesi sayesinde kimya ve elektrik alanlarında önemli üstünlükler elde etti. Murmann'ın sentetik boya sanayiine ilişkin karşılaştırmalı çalışması, Almanya'nın bu alandaki başarısını yalnızca firma stratejileriyle değil, üniversite-sanayi ilişkileri, bilimsel eğitim, patentler, firma organizasyonu ve endüstriyel öğrenme süreçleriyle açıklar (Murmann, 2003). Bu, modern teknoloji politikasının en önemli derslerinden biridir: Bilimsel bilgi, ancak sanayi organizasyonu, firma kapasitesi, teknik eğitim ve fikri mülkiyet sistemiyle birleştiğinde sürdürülebilir rekabet avantajı üretir.

Bu dönemin ayırt edici özelliği, icadın giderek bireysel mucit faaliyetinden kurumsal Ar-Ge faaliyetine doğru kaymasıdır. Edison'un Menlo Park laboratuvarı bu geçişin sembolik örneklerinden biridir. Edison'un başarısı, yalnızca ampulün icadıyla değil, elektrik üretimi, dağıtımı, kablolama, jeneratör, güvenlik ve ticari hizmet modelini birlikte kurmasıyla ilgilidir (Evans, 2004). Bu yapı, modern Ar-Ge laboratuvarlarının erken bir öncülü olarak değerlendirilebilir. Daha sonraki dönemde General Electric, AT&T, Bell Labs, DuPont, Siemens, BASF ve Bayer gibi şirketler, sistematik araştırma kapasitesini firma stratejisinin parçası haline getirdi. Chandler'ın büyük işletme tarihi üzerine çalışmaları, bu dönemde teknolojik üstünlüğün büyük ölçekli, çok birimli, profesyonel yönetilen ve Ar-Ge kapasitesi geliştiren firmalarla yakından ilişkili olduğunu göstermektedir (Chandler, 1977, 1990).

Patent sistemi de bu dönüşümde önemli bir kurumsal rol üstlenmiştir. 19. yüzyıl ABD ekonomisinde patentler, yalnızca buluş sahibine hukuki hak sağlayan belgeler değil; teknoloji piyasalarının oluşmasını, buluşların lisanslanmasını, bağımsız mucitlerin yatırımcılarla buluşmasını ve teknik bilginin ekonomik değere dönüşmesini sağlayan araçlar olarak çalışmıştır. Lamoreaux ve Sokoloff, ABD’de patent sisteminin 19. yüzyılda bir “teknoloji piyasası” yarattığını; buluş sahiplerinin patentlerini satabildiğini, lisanslayabildiğini ve böylece teknik bilginin daha geniş üretim sistemine aktarılabilirdiğini göstermektedir (Lamoreaux & Sokoloff, 1999, 2001). Bu yaklaşım, patent sisteminin yalnızca koruma değil, aynı zamanda teknoloji transferi ve ticarileştirme mekanizması olduğunu ortaya koymaktadır.

İkinci Sanayi Devrimi’nin teknoloji politikası açısından en önemli sonucu, teknolojik üstünlüğün artık tekil makinelerden ziyade **bilim, mühendislik, firma organizasyonu, üretim ölçeği, patent sistemi ve teknik eğitim** arasındaki etkileşimden doğmasıdır. İngiltere’nin ilk sanayi devrimindeki üstünlüğü üretim becerisi, zanaatkârlık ve mekanik öğrenmeye dayanırken; ABD ve Almanya’nın yükselişi daha kurumsal, daha bilim-temelli ve daha ölçek yoğun bir teknoloji rejimini temsil etmiştir. Bu rejim, 20. yüzyılda devlet destekli araştırma, savunma Ar-Ge’si, büyük şirket laboratuvarları ve üniversite-sanayi işbirliğiyle daha da gelişecektir.

Bu noktada bir karşılaştırma yapmak, sonraki ABD merkezli anlatı için yararlı olacaktır.

Tablo 2 : Birinci ve İkinci Sanayi Devrimi Karşılaştırması

Boyut	İngiliz Sanayi Devrimi	ABD-Almanya Merkezli İkinci Sanayi Devrimi	Teknoloji Politikası Açısından Önemi
Ana teknoloji alanları	Buhar, dokuma, kömür, demir, demiryolu	Elektrik, kimya, çelik, motorlar, haberleşme, otomotiv	Teknoloji liderliği yeni genel amaçlı teknolojilerle yer değiştirebilir

Bilgi temeli	Zanaatkârlık, deneysel öğrenme, mekanik beceri	Bilim-temelli araştırma, mühendislik eğitimi, laboratuvar kültürü	Bilim ve mühendislik kapasitesi kalıcı rekabet avantajı üretir
Üretim biçimi	Fabrika sistemi ve mekanik üretim	Seri üretim, standart parçalar, büyük ölçekli firma organizasyonu	Ölçek, standartlaşma ve üretim organizasyonu teknoloji politikasının parçasıdır
Kurumsal yapı	Girişimciler, zanaatkârlar, fabrikalar, piyasa ağları	Büyük şirketler, kurumsal Ar-Ge, teknik üniversiteler, patent sistemi	Teknoloji üretimi kurumsal kapasite gerektirir
Patent ve ticarileştirme	Buluşların korunması ve sanayiye aktarımı	Patent portföyleri, lisanslama, teknoloji piyasaları, firma stratejisi	Patent sistemi ticarileştirme ve rekabet avantajı aracıdır
Başat ülkeler	İngiltere	ABD, Almanya	Teknoloji liderliği tarihsel olarak yer değiştirir

Kaynak: Yazarın çalışması.

Sonuç olarak, 19. yüzyıl sonu ve 20. yüzyıl başı, modern teknoloji politikasının kurumsal temellerinin oluştuğu dönemdir. ABD, üretim ölçeği, standartlaşma, elektrik sistemleri, patent piyasaları ve büyük şirket organizasyonu; Almanya ise bilim-temelli kimya, teknik eğitim, sanayi laboratuvarları ve mühendislik kapasitesiyle öne çıkmıştır. Böylece teknoloji üstünlüğü, İngiliz sanayi devrimindeki mekanik üretim ve fabrika sisteminden daha karmaşık bir yapıya taşınmıştır. Bu yeni yapı, 20. yüzyılın savaş ekonomileri ve daha sonra ABD'nin savunma-Ar-Ge merkezli teknoloji liderliği için kurumsal zemin hazırlamıştır.

2.3. İkinci Dünya Savaşı ve Bilimsel Mobilizasyon

19. yüzyıl sonu ve 20. yüzyıl başında ABD ve Almanya'nın yükselişi, teknolojik üstünlüğün artık yalnızca üretim becerisiyle değil, bilimsel araştırma, mühendislik kapasitesi, büyük ölçekli firma organizasyonu ve patent sistemiyle birlikte oluştuğunu göstermişti. Ancak modern teknoloji politikasının asıl kırılma noktası II. Dünya Savaşı olmuştur. Bu dönem, bilimin devlet tarafından büyük ölçekli stratejik hedeflere yönlendirildiği, üniversitelerin, sanayi laboratuvarlarının, askerî ihtiyaçların ve kamu finansmanının aynı teknolojik görev etrafında birleştirildiği yeni bir organizasyon modeli üretmiştir. ABD'nin savaş sonrası teknoloji liderliği, büyük ölçüde bu savaş dönemi bilimsel mobilizasyonunun kurumsal mirası üzerine inşa edilmiştir (Bonvillian, 2014; Kevles, 1995; Zachary, 1997).

II. Dünya Savaşı öncesinde ABD güçlü bir sanayi ve üniversite sistemine sahipti; ancak savaş, bu kapasitenin daha önce görülmemiş ölçekte ve hızda seferber edilmesini sağladı. Vannevar Bush'un öncülüğünde kurulan National Defense Research Committee ve daha sonra Office of Scientific Research and Development, bilim insanlarını, mühendisleri, üniversiteleri, sanayi laboratuvarlarını ve askerî birimleri ortak teknoloji hedefleri etrafında örgütledi. Bu yapı, klasik bürokratik kamu araştırmasından farklıydı. Temel bilim, uygulamalı araştırma, prototipleme, test ve askerî kullanım aynı yenilik zinciri içinde düşünülüyordu. Bonvillian bu yapıyı "connected science", yani bağlantılı bilim olarak tanımlar (Bonvillian, 2014). Bu yaklaşımda araştırma yalnızca bilgi üretmek için değil, belirli bir teknik problemi çözmek ve bu çözümü sahada uygulanabilir hale getirmek için organize edilmektedir.

Bu bağlantılı bilim modelinin ilk büyük örneklerinden biri MIT Radiation Laboratory, kısa adıyla Rad Lab olmuştur. 1940 yılında İngiltere'nin geliştirdiği boşluk magnetronu teknolojisinin ABD'ye aktarılması sonrasında, Massachusetts Institute of Technology bünyesinde hızla örgütlenen Rad Lab, radar ve mikrodalga teknolojilerinin laboratuvar aşamasından savaş alanında kullanılabilir sistemlere dönüşmesinde

belirleyici rol oynamıştır. Laboratuvarda fizikçiler, elektrik mühendisleri, matematikçiler, teknisyenler ve sanayi temsilcileri birlikte çalışmış; hava savunması, denizaltı tespiti, gece uçuşu, bombardıman hedefleme ve erken uyarı sistemleri için çok sayıda radar çözümü geliştirilmiştir (Conant, 2002; Zachary, 1997). Rad Lab'ın önemi yalnızca radar sistemleri üretmesinden kaynaklanmamaktadır. Daha geniş anlamda Rad Lab, temel fizik bilgisinin, mühendislik uygulamasının, prototiplemenin, testin ve askerî ihtiyacın aynı kurumsal yapı içinde birleştirildiği görev odaklı teknoloji geliştirme modelinin en erken ve etkili örneklerinden biridir (Bonvillian, 2014).

Rad Lab'ın savaş sonrası etkisi de en az savaş dönemi katkısı kadar önemlidir. Bu laboratuvarda çalışan veya laboratuvar kültüründen etkilenen bilim insanları ve mühendisler, daha sonra elektronik, haberleşme, bilgisayar teknolojileri, savunma sistemleri ve yarı iletkenler gibi alanlarda ABD'nin teknolojik üstünlüğünü besleyen insan sermayesi havuzuna dönüşmüştür. Bu yönüyle Rad Lab, yalnızca belirli bir savaş teknolojisi geliştiren geçici bir laboratuvar değil, savaş sonrası Amerikan yenilik sisteminin insan kaynağı, araştırma kültürü ve organizasyon modeli bakımından kurucu deneyimlerinden biridir (Kevles, 1995; Zachary, 1997).

Savaş dönemi bilimsel mobilizasyonunun ikinci büyük örneği Los Alamos Laboratuvarı'dır. Los Alamos, Manhattan Projesi kapsamında atom bombasının tasarımı ve geliştirilmesi için 1943 yılında New Mexico'da kurulmuştur. J. Robert Oppenheimer'ın bilimsel liderliğinde yürütülen bu merkez, fizik, matematik, kimya, metalurji, mühendislik, patlayıcı teknolojileri ve ölçüm sistemleri gibi çok farklı uzmanlık alanlarını aynı hedef etrafında bir araya getirmiştir. Los Alamos'un temel görevi, nükleer fisyon bilgisini askerî olarak uygulanabilir bir silah tasarımına dönüştürmektir. Bu kapsamda kritik kütle hesapları, nötron fiziği, patlama geometrisi, uranyum ve plütonyum temelli farklı bomba tasarımları, patlayıcı lensler, ölçüm sistemleri ve silahın güvenilir çalışmasını sağlayacak mühendislik çözümleri geliştirilmiştir (Bird & Sherwin, 2005; Conant, 2005).

Los Alamos, modern teknoloji politikası açısından “büyük grup yeniliği”nin ve görev odaklı bilimsel mobilizasyonun en güçlü örneklerinden biridir. Laboratuvarı farklı disiplinlerden çok sayıda üst düzey bilim insanı ve mühendis, olağanüstü güvenlik koşulları altında fakat bilimsel tartışma ve ekip çalışmasına açık bir ortamda çalışmıştır. Bennis ve Biederman’ın “great groups” yaklaşımı, büyük yeniliklerin çoğu zaman tekil dâhilerden değil, yüksek motivasyonlu, farklı uzmanlıklara sahip ve ortak bir misyon etrafında birleşen yaratıcı ekiplerden doğduğunu savunur (Bennis & Biederman, 1997). Los Alamos bu yaklaşımın en çarpıcı örneklerinden biridir. Burada bilimsel yaratıcılık, askerî zorunluluk, mühendislik disiplini, proje yönetimi ve devlet finansmanı aynı hedef etrafında birleştirilmiştir.

Manhattan Projesi ise Los Alamos’u da içine alan çok daha büyük bir bilim, mühendislik ve sanayi programıdır. Proje yalnızca atom bombasının tasarımından ibaret değildi. Oak Ridge’de uranyum zenginleştirme, Hanford’da plütonyum üretimi, Chicago Metallurgical Laboratory’de nükleer zincirleme reaksiyon ve reaktör çalışmaları, Los Alamos’ta ise silah tasarımı ve sistem entegrasyonu yürütülmüştür. Bu yönüyle Manhattan Projesi, temel fizik bilgisinin, büyük ölçekli endüstriyel üretimin, mühendislik altyapısının, askerî hedefin, gizlilik rejiminin ve kamu finansmanının aynı program içinde birleştirildiği olağanüstü bir teknoloji politikası örneğidir (Bird & Sherwin, 2005; Galison, 1997; Ruttan, 2006).

Manhattan Projesi’nin teknoloji politikası açısından asıl önemi, devletin kritik bir teknoloji hedefi için bilimsel ve endüstriyel kapasiteyi ne kadar hızlı seferber edebileceğini göstermesidir. Proje, yalnızca nükleer silah üretmemiş; savaş sonrası ABD ulusal laboratuvar sisteminin, nükleer enerji araştırmalarının, büyük ölçekli kamu Ar-Ge projelerinin ve savunma teknolojileri ekosisteminin kurumsal temelini de güçlendirmiştir. Ancak Manhattan Projesi, teknoloji politikasının etik ve jeopolitik boyutlarını da görünür kılmıştır. Bilimsel ilerlemenin ulusal güvenlik ve askerî kapasiteyle birleşmesi, yüksek teknoloji projelerinin yalnızca ekonomik değil, aynı zamanda stratejik, etik ve insanî sonuçlar doğurabileceğini göstermektedir (Bird & Sherwin, 2005; Ruttan, 2006; Zachary, 1997).

Bu üç örnek birlikte değerlendirildiğinde, savaş dönemi ABD yenilik modelinin temel özelliği daha net görülmektedir. Rad Lab, temel bilim ile elektronik ve radar mühendisliğini sahada kullanılabilir askerî sistemlere dönüştürmüştür. Los Alamos, temel nükleer fiziği çok disiplinli bir silah tasarım ve mühendislik organizasyonuna taşımıştır. Manhattan Projesi ise laboratuvar araştırmasını, endüstriyel üretimi, büyük ölçekli altyapıyı, gizlilik rejimini ve askerî stratejiyi tek bir ulusal teknoloji programı içinde birleştirmiştir. Bu yapı, modern teknoloji politikasının sonraki dönemlerinde görülecek DARPA, ulusal laboratuvarlar, savunma Ar-Ge'si, uzay programı, yarı iletken programları ve kritik teknoloji girişimleri için kurumsal bir hafıza oluşturmuştur (Bonvillian, 2014; Ruttan, 2006).

Bu noktada savaş dönemi ABD bilimsel mobilizasyon modelinin temel unsurlarını özetlemek yararlı olacaktır.

Tablo 3 : II. Dünya Savaşı Dönemi ABD Bilim Modeli

Unsur	Açıklama	Örnek	Teknoloji Politikası Açısından Önemi
Görev odaklılık	Araştırma belirli ve yüksek öncelikli teknik hedeflere yöneltilmiştir	Radar, atom bombası, yakınlık tapası	Kritik teknolojilerde hedef netliği Ar-Ge hızını artırır
Bağlantılı bilim	Temel araştırma, geliştirme, prototip, test ve uygulama birlikte yürütülmüştür	Rad Lab, Los Alamos	Araştırma ile uygulama arasındaki kopukluk azaltılır
Disiplinler arası ekip	Fizikçi, mühendis, matematikçi, kimyacı, metalurji uzmanı ve teknisyenler birlikte çalışmıştır	Manhattan Projesi	Kritik teknolojiler tek disiplinle geliştirilemez
Büyük ölçekli kamu finansmanı	Devlet, yüksek riskli ve büyük ölçekli teknolojik hedefleri finanse etmiştir	OSRD, Manhattan Projesi	Stratejik teknolojilerde kamu finansmanı belirleyici olabilir
Esnek organizasyon	Hiyerarşi sınırlı, proje odaklı ve hızlı karar alan yapılar kurulmuştur	Rad Lab, Los Alamos	Bürokratik yavaşlık kritik teknoloji geliştirmede engel olabilir

Üst düzey siyasi bağlantı	Bilimsel projeler doğrudan ulusal güvenlik öncelikleriyle ilişkilendirilmiştir	Bush'un Roosevelt yönetimiyle ilişkisi	Teknoloji politikası stratejik siyasi sahiplenme gerektirir
Prototip ve uygulama odağı	Araştırma sonuçlarının sahada kullanılabilir hale gelmesi hedeflenmiştir	Radar sistemleri, nükleer silah tasarımı	Patent ve buluşun değeri uygulama kapasitesiyle artar
İnsan sermayesi mirası	Savaş projeleri yeni kuşak bilim insanı ve mühendisleri yetiştirmiştir	Rad Lab sonrası elektronik ve bilgisayar alanları	Teknoloji projeleri aynı zamanda insan kaynağı üretir
Etik stratejik sonuçlar	Bilimsel ilerleme askerî güçle birleştiğinde insanî ve jeopolitik sonuçlar doğurmuştur	Manhattan Projesi	Teknoloji politikası etik ve güvenlik boyutlarıyla birlikte düşünülmelidir

Kaynak: Yazarın çalışması.

Savaş dönemi bilimsel mobilizasyonu, ABD teknoloji politikasında iki önemli miras bırakmıştır. Birincisi, büyük teknolojik sıçramaların yalnızca piyasa teşvikleriyle değil, devletin stratejik yönlendirmesi ve kamu finansmanı ile de hızlandırılabilceğini göstermiştir. İkincisi, bilimsel araştırmanın ulusal güvenlik, sanayi kapasitesi ve ekonomik üstünlükle doğrudan bağlantılı olduğunu ortaya koymuştur. Bu nedenle II. Dünya Savaşı, ABD için yalnızca askerî bir zafer değil, aynı zamanda modern bilim ve teknoloji devletinin kuruluş eşiği olmuştur.

Bununla birlikte savaş dönemi modelinin barış dönemine aktarılması kolay değildi. Savaş koşullarında yüksek gizlilik, sınırsız yakın kaynak tahsisi, olağanüstü karar alma hızı ve ulusal güvenlik baskısı altında çalışan bir sistem vardı. Barış döneminde ise bilimsel özgürlük, üniversite özerkliği, demokratik denetim, bütçe sınırlamaları, özel sektörün rolü ve kamu araştırmasının sınırları gibi yeni sorular ortaya çıktı. Vannevar Bush'un *Science, the Endless Frontier* raporu bu sorulara verilmiş en etkili yanıtlardan biridir. Bush, savaş döneminde kurulan bağlantılı ve görev odaklı bilim sistemini aynen sürdürmek yerine, temel araştırmanın

üniversitelerde desteklenmesini, bilimsel yeteneğin geliştirilmesini ve kamu fonlarının uzun dönemli bilimsel sermaye üretimine yönlendirilmesini savunmuştur (Bush, 1945/2020).

Bu tercih, ABD teknoloji politikasında önemli bir ikili yapı oluşturmuştur. Bir yanda savaş döneminden gelen bağlantılı, görev odaklı ve uygulama merkezli bilim modeli; diğer yanda savaş sonrasında kurumsallaşan temel araştırma, üniversite özerkliği ve bilimsel sermaye modeli yer almıştır. Bonvillian'a göre ABD'nin sonraki teknoloji politikası tarihi, bu iki model arasındaki gerilimin ve yeniden bağlantı kurma çabalarının tarihidir (Bonvillian, 2014). Savunma alanında DARPA, bu bağlantılı modelin savaş sonrası en güçlü devamı olacaktır. Sivil bilim alanında ise NSF, NIH ve üniversite araştırma sistemi, Bush'un temel araştırma vizyonunu taşıyacaktır.

Bu alt bölümün ana sonucu şudur: II. Dünya Savaşı, ABD'nin teknoloji politikasını kökten dönüştürmüştü; bilim, mühendislik, askerî ihtiyaç, kamu finansmanı ve kurumsal organizasyonun birleştiği yeni bir yenilik modeli üretmiştir. Rad Lab ve Los Alamos gibi örnekler, temel araştırmanın uygulama, prototipleme, test ve stratejik hedeflerle bağlantı kurduğunda büyük teknoloji sıçramalarına dönüşebildiğini göstermiştir. Manhattan Projesi ise bu bağlantılı modelin laboratuvarlardan endüstriyel üretime ve ulusal stratejiye kadar genişleyen en büyük örneğidir. Bu miras, savaş sonrasında hem Bush'un temel araştırma modelinde hem de DARPA tipi görev odaklı kurumlarda farklı biçimlerde yaşamaya devam edecektir.

2.4. ABD'de Savaş Sonrası Bilim Politikası: Vannevar Bush Modeli

II. Dünya Savaşı, ABD'ye bilimsel araştırmanın ulusal güvenlik, sanayi kapasitesi ve ekonomik üstünlük açısından ne kadar stratejik olduğunu göstermişti. Ancak savaş döneminde kurulan Rad

Lab, Los Alamos ve Manhattan Projesi gibi görev odaklı, yüksek gizliliğe sahip ve askerî hedeflere bağlı bilimsel mobilizasyon modelinin barış döneminde aynen sürdürülmesi mümkün değildi. Savaş sonrasında ABD'nin karşı karşıya kaldığı temel soru şuydu: Bilimsel araştırma, barış döneminde devlet, üniversite ve özel sektör arasında nasıl örgütlenecekti?

Bu soruya verilen en etkili yanıt Vannevar Bush'un 1945 tarihli *Science, the Endless Frontier* raporu olmuştur. Başkan Roosevelt'in talebi üzerine hazırlanan bu rapor, ABD'nin savaş sırasında bilimden elde ettiği kazanımların sağlık, refah, istihdam, yeni sanayiler ve ulusal güvenlik için barış döneminde nasıl sürdürülebileceğini tartışmıştır. Bush'a göre bilimsel ilerleme, modern toplumun yalnızca kültürel veya entelektüel bir unsuru değil; ulusal güvenliğin, ekonomik büyümenin, kamu sağlığının ve yeni endüstrilerin temel kaynağıdır (Bush, 1945/2020).

Bush'un raporunda en güçlü kavramlardan biri “scientific capital”, yani bilimsel sermayedir. Bu yaklaşıma göre yeni ürünler, yeni sektörler ve yeni üretim süreçleri kendiliğinden ortaya çıkmaz. Bunların arkasında doğa yasalarına, temel bilimsel ilkelere ve yeni teknik kavrayışlara ilişkin sürekli bilgi üretimi bulunur. Temel araştırma, kısa vadede doğrudan ticari sonuç üretmeyebilir; fakat uzun vadede yeni teknolojilerin, yeni sanayilerin ve yeni üretkenlik artışlarının bilgi altyapısını oluşturur. Bu nedenle Bush, temel araştırmanın kamu tarafından desteklenmesini ulusal refahın ve güvenliğin ayrılmaz bir koşulu olarak görmüştür (Bush, 1945/2020; Zachary, 1997).

Bush'un yaklaşımı, savaş dönemindeki bağlantılı ve görev odaklı bilim modelinden farklı bir yöne işaret ediyordu. Savaş sırasında araştırma, geliştirme, prototip, test ve uygulama aşamaları çoğu zaman aynı program içinde birlikte yönetilmişti. Bush ise barış döneminde bilimin siyasal ve askerî baskılardan belirli ölçüde

korunması gerektiğini düşünüyordu. Bu nedenle üniversitelerde yürütülen temel araştırmayı destekleyen, bilim insanlarının özgür araştırma ortamını koruyan ve uzun vadeli bilimsel yetenek gelişimini hedefleyen bir kamu araştırma modeli önerdi. Bu yaklaşım, ABD’de savaş sonrası dönemde üniversite merkezli araştırma sisteminin güçlenmesinde belirleyici olmuştur (Bush, 1945/2020; Bonvillian, 2014).

Şekil 1 : Vannevar Bush Modeli



Kaynak: Bush (1945/2020), Stokes (1997) ve Bonvillian (2014)’ten yararlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur

Bu modelin önemli bir boyutu da bilimsel yetenek meselesidir. Bush, bilimsel ilerlemenin yalnızca laboratuvar, cihaz veya bütçe meselesi olmadığını; asıl sınırın yüksek nitelikli bilim insanı ve mühendis kapasitesi olduğunu vurgulamıştır. Raporda bilimsel yeteneklerin keşfedilmesi, eğitilmesi ve desteklenmesi, ABD’nin uzun dönemli araştırma kapasitesinin temel koşulu olarak ele alınmıştır (Bush, 1945/2020). Bu yönüyle Bush’un yaklaşımı,

daha sonra Romer’in insan sermayesini teknolojik büyümenin temel girdilerinden biri olarak gören içsel büyüme yaklaşımıyla da uyumludur (Romer, 1990, 2000).

Bush raporunun kurumsal etkisi, savaş sonrası ABD bilim sisteminin ana hatlarında görülebilir. National Science Foundation’ın kurulması, üniversite araştırmalarının federal fonlarla desteklenmesi, NIH, Atomic Energy Commission, Office of Naval Research ve diğer bilim kurumlarının büyümesi, ABD’nin temel araştırma kapasitesini genişletmiştir. Ancak burada önemli bir tarihsel ayrım vardır. Bush, bilim fonlamasında belirli ölçüde merkezi ve bütüncül bir yapı öngörmüş olsa da, uygulamada ABD bilim sistemi çok kurumlu, parçalı ve misyonlara göre dağılmış bir yapıya dönüşmüştür. Bonvillian’a göre bu durum ABD bilim sisteminde güçlü bir üniversite araştırma kapasitesi üretmiş; fakat araştırma ile uygulama arasındaki geçişte kurumsal boşluklar da yaratmıştır (Bonvillian, 2014).

Bush modeli daha sonra “pipeline model” olarak adlandırılmıştır. Bu modele göre devlet temel araştırmayı destekler; sanayi ise bu temel araştırmadan çıkan bilgiyi zaman içinde uygulamalı araştırma, geliştirme, ürünleştirme ve ticarileştirme aşamalarına taşır. Modelin güçlü tarafı, üniversite araştırmasını ve bilimsel özgürlüğü korumasıdır. ABD’nin savaş sonrası bilimsel üstünlüğü, Nobel ödülleri, temel bilimlerde liderlik, üniversite araştırmaları, biyomedikal ilerlemeler, fizik, kimya, bilgisayar bilimi ve mühendislik alanlarındaki bilgi üretimi bu modelden önemli ölçüde beslenmiştir (Bush, 1945/2020; Kevles, 1995; Zachary, 1997).

Ancak modelin zayıf tarafı, araştırmadan uygulamaya geçişin kendiliğinden gerçekleşeceği varsayımdır. Temel araştırma her zaman otomatik olarak ürüne, patente, prototipe, üretime veya pazara dönüşmez. Bu nedenle Bush’un modeli, ABD’ye güçlü bir

bilimsel sermaye altyapısı kazandırırken, aynı zamanda araştırma ile ticarileştirme arasında “valley of death” olarak adlandırılan boşluğu da görünür hale getirmiştir. Stokes’un *Pasteur’s Quadrant* yaklaşımı tam da bu noktada önem kazanır. Stokes, temel bilim ile uygulamalı araştırmanın birbirinden kesin biçimde ayrılmasının bilim ve teknoloji tarihini açıklamakta yetersiz olduğunu savunmuş; kullanım ilhamlı temel araştırmanın hem temel bilimsel anlayışı hem de pratik teknoloji hedeflerini aynı anda besleyebileceğini göstermiştir (Stokes, 1997).

Bush modeli bu nedenle hem güçlü hem de sınırlı bir teknoloji politikası mirasıdır. Güçlüdür; çünkü temel araştırmayı, bilimsel yeteneği ve üniversite sistemini ulusal teknoloji kapasitesinin merkezine yerleştirmiştir. Sınırlıdır; çünkü araştırmanın üretime, pazara ve stratejik teknoloji üstünlüğüne dönüşmesi için gerekli ara kurumları yeterince açıklamamıştır. Bu eksiklik, sonraki dönemlerde DARPA, Bayh-Dole Act, SBIR, Sematech, ARPA-E ve ileri imalat enstitüleri gibi bağlantılı yenilik kurumlarıyla giderilmeye çalışılacaktır (Bonvillian, 2014; Branscomb & Auerswald, 2002).

Aşağıdaki tabloda Bush modelinin teknoloji politikası içindeki yeri sistematik biçimde gösterilmiştir.

Tablo 4 : Bush Modelinin Teknoloji Politikası Bileşenleri

Bileşen	Açıklama	Güçlü Yön	Sınırlılık
Temel araştırma	Üniversitelerde ve araştırma kurumlarında uzun vadeli bilimsel bilgi üretimi	Bilimsel sermaye ve yeni teknoloji alanları için bilgi altyapısı üretir	Kısa vadede doğrudan ticarileşme sağlamayabilir
Bilimsel yetenek	Bilim insanı, mühendis ve	Uzun dönemli teknoloji kapasitesinin	Eğitim sistemi yeterince genişlemezse Ar-

	araştırmacı yetiştirilmesi	insan kaynağını oluşturur	Ge kapasitesi sınırlanır
Kamu finansmanı	Temel araştırmanın federal kaynaklarla desteklenmesi	Özel sektörün üstlenemeyeceği uzun vadeli bilgi üretimini mümkün kılar	Fonlama tek başına uygulama ve üretim kapasitesi yaratmaz
Üniversite merkezli araştırma	Akademik özgürlük ve araştırma özerkliği	Yaratıcı ve keşif odaklı araştırmayı destekler	Sanayi ve pazar bağlantısı zayıf kalabilir
Pipeline modeli	Temel araştırmadan sanayi uygulamasına doğrusal geçiş varsayımı	Bilimsel araştırmanın toplumsal değer üreteceği fikrini kurumsallaştırır	Araştırma ile ticarileştirme arasındaki ölüm vadisini açıklamakta yetersizdir
Patent sistemiyle tamamlayıcılık	Bilimsel bilginin buluşa ve ekonomik değere dönüşmesi	Ar-Ge yatırımını süreli rekabet avantajına dönüştürür	Patent, prototip ve pazar mekanizmalarıyla desteklenmezse pasif kalabilir

Kaynak: Yazarın çalışması.

Netice itibarıyla, Bush raporu ABD'nin savaş sonrası teknoloji politikasında temel araştırmayı, bilimsel yeteneği ve üniversite sistemini merkeze alan güçlü bir paradigma kurmuştur. Bu paradigma, ABD'nin bilimsel sermaye birikimini derinleştirmiş ve daha sonraki bilgisayar, yarı iletken, biyomedikal araştırma, uzay ve savunma teknolojileri alanlarındaki ilerlemelere bilgi altyapısı sağlamıştır. Ancak aynı paradigma, araştırma ile uygulama arasındaki geçişi yeterince kurumsallaştıramadığı için yeni sorunlar da üretmiştir. ABD teknoloji politikasının sonraki tarihi, bir bakıma Bush'un temel araştırma mirasını korurken, bu mirası DARPA tipi görev odaklı ve bağlantılı yenilik kurumlarıyla tamamlamanın tarihidir.

2.5. Temel Bilim ile Uygulamalı Teknolojinin Yeniden Birleştirilmesi

Bush'un *Science, the Endless Frontier* raporu, ABD savaş sonrası bilim politikasına güçlü bir temel araştırma paradigması

kazandırmıştır. Ancak bu paradigma zaman içinde önemli bir tartışmayı da beraberinde getirmiştir: Temel araştırma ile uygulamalı araştırma gerçekten birbirinden bu kadar kesin biçimde ayrılabilir midir? Bilimsel keşif önce üniversitede ortaya çıkmakta, daha sonra doğrusal bir çizgi içinde sanayi tarafından teknolojiye mi dönüştürülmektedir? Yoksa bilimsel araştırma ile pratik kullanım hedefleri çok daha etkileşimli, geri beslemeli ve birlikte ilerleyen bir süreç midir?

Bu sorulara verilen en önemli yanıtlardan biri Donald Stokes'un *Pasteur's Quadrant* çalışmasıdır. Stokes, Bush'un doğrusal "pipeline" modelini eleştirmekte ve temel araştırma ile uygulamalı araştırma arasındaki ikili ayrımın bilim ve teknoloji tarihini açıklamakta yetersiz kaldığını savunmaktadır. Stokes'a göre bazı araştırmalar hem temel bilimsel anlayışı derinleştirmekte hem de belirli bir pratik kullanım amacına yönelmektedir. Stokes bu araştırma biçimini "use-inspired basic research", yani kullanım ilhamlı temel araştırma olarak tanımlamaktadır (Stokes, 1997).

Şekil 2 : Donald Stokes'un *Pasteur's Quadrant* çalışması



Kaynak: Stokes (1997) referans alınarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Stokes'un yaklaşımı, teknoloji politikası açısından kritik bir kavramsal düzeltme yapmaktadır. Bush modelinde temel araştırma çoğu zaman pratik kullanım baskısından bağımsız, uzun vadeli bilimsel bilgi üretimi olarak konumlandırılmıştır. Bu yaklaşım bilimsel özgürlüğün korunması ve üniversite araştırmasının güçlendirilmesi açısından son derece değerlidir. Ancak teknoloji tarihindeki birçok büyük sıçrama, saf temel bilim ile saf uygulamalı mühendislik arasında değil, ikisinin kesişiminde ortaya çıkmaktadır. Louis Pasteur'un çalışmaları bu nedenle Stokes için merkezi örneği oluşturmaktadır. Pasteur hem mikroorganizmalar, fermentasyon ve hastalık süreçlerine ilişkin temel bilimsel anlayışı geliştirmiş hem de gıda, sağlık, hijyen ve üretim süreçleri gibi somut sorunlara çözüm üretmiştir (Stokes, 1997).

Bu çerçeve, modern teknoloji politikasının neden yalnızca "temel bilimi desteklemek" veya yalnızca "sanayi Ar-Ge'sine teşvik vermek" seçeneklerine indirgenemeyeceğini göstermektedir. Yarı iletkenler, biyoteknoloji, yapay zekâ, kuantum teknolojileri, uzay sistemleri, enerji teknolojileri, tıbbi cihazlar ve ileri malzemeler gibi alanlar, temel bilimsel sorular ile pratik kullanım hedeflerinin iç içe geçtiği alanlardır. Örneğin yarı iletken teknolojileri kuantum fiziği, malzeme bilimi, elektrik mühendisliği, üretim süreçleri ve cihaz tasarımının birleşiminden doğmaktadır. Biyoteknoloji ise moleküler biyoloji, genetik, klinik ihtiyaç, ilaç geliştirme, regülasyon ve patent korumasının birlikte çalıştığı bir yenilik alanıdır. Dolayısıyla bu alanlarda teknoloji politikası, temel bilim ile uygulamalı araştırma arasında yapay bir ayrım kurmak yerine, ikisini aynı stratejik hedef etrafında birleştiren programlar tasarlamak zorundadır.

Stokes'un modeli bu ayrımı sistematik hale getirmek için araştırmaları iki eksende sınıflandırmaktadır: temel bilimsel anlayış arayışı ve kullanım amacı. Bu sınıflandırma, bilim politikası açısından son derece yararlıdır. Çünkü her araştırma aynı politika aracıyla desteklenememektedir. Saf temel araştırma uzun dönemli

bilimsel sermaye üretmekte; saf uygulamalı araştırma doğrudan ürün ve süreç sorunlarına odaklanmakta; kullanım ilhamlı temel araştırma ise hem bilimsel anlayışı hem de stratejik teknoloji hedeflerini aynı anda beslemektedir.

Tablo 5 : Stokes 'un Araştırma Sınıflaması

Araştırma Tipi	Temel Bilimsel Anlayış	Kullanım Amacı	Temsili Örnek	Teknoloji Politikası Açısından Önemi
Saf temel araştırma	Var	Yok	Niels Bohr	Uzun dönemli bilimsel sermaye üretmektedir; doğrudan ticarileşme baskısından korunmalıdır
Kullanım ilhamlı temel araştırma	Var	Var	Louis Pasteur	Kritik teknolojiler için en stratejik alandır; temel bilim ile uygulama hedefini birleştirmektedir
Saf uygulamalı araştırma	Yok	Var	Thomas Edison	Belirli teknik sorunlara, ürünlere ve süreç iyileştirmelerine odaklanmaktadır
Özel olguların incelenmesi	Yok	Yok	Erken dönem sınıflandırıcı araştırmalar	Bilgi birikimi sağlayabilmekte; ancak doğrudan teknoloji politikası hedefi daha sınırlı kalmaktadır

Kaynak: Yazarın çalışması.

Bu sınıflandırma, ABD teknoloji politikasının sonraki evrimini anlamak için güçlü bir araç sunmaktadır. Bush modeli saf temel araştırmayı koruyarak ABD'ye büyük bir bilimsel sermaye kazandırmıştır. Ancak Rad Lab, Los Alamos, Bell Labs, DARPA, NIH'nin biyomedikal araştırma ekosistemi, ARPA-E ve Sematech gibi örnekler, ABD'nin asıl teknolojik sıçramalarının çoğu zaman Pasteur karesine daha yakın alanlarda ortaya çıktığını göstermektedir. Başka bir ifadeyle ABD'nin üstünlüğü yalnızca

temel bilimi desteklemesinden değil, temel bilimi stratejik kullanım hedefleriyle birleştirebilen kurumlar ve programlar geliştirmesinden kaynaklanmaktadır (Bonvillian, 2014; Stokes, 1997).

Bu noktada Kline ve Rosenberg'in yenilik modeli de Stokes'un eleştirisini tamamlamaktadır. Kline ve Rosenberg, yeniliğin doğrusal bir sũreç olmadığını; araştırma, tasarım, ũretim, pazar, geri bildirim ve yeniden Ȕęrenme aşamaları arasında sũrekli etkileşim bulunduğunu savunmaktadır (Kline & Rosenberg, 1986). Rosenberg de teknolojik değişimin çoğu zaman "learning by using" ve "learning by doing" sũreçlerinden beslendiğini, yani kullanıcı deneyimi, ũretim pratiği ve mũhendislik geri bildirimlerinin yeni bilgi ũretiminde belirleyici olabildiğini gȔstermektedir (Rosenberg, 1982, 1994). Bu yaklaşım, teknoloji politikasında araştırma ile pazar arasındaki ilişkinin tek yȔnlũ değil, çok yȔnlũ ve geri beslemeli olduğunu ortaya koymaktadır.

Patent sistemi de bu çerçevede yeniden yorumlanmalıdır. Patentler çoęu zaman saf temel bilimsel keşiflerin değil, kullanım ilhamlı araştırma ve uygulamalı mũhendislik sũreçlerinin sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Patentlenebilir buluş; bilimsel bilginin teknik bir probleme uygulanması, yeni bir cihaz, sũreç, yȔntem, malzeme veya sistem tasarımına dȔnüşmesiyle şekillenmektedir. Bu nedenle patent sistemi, temel bilim ile uygulamalı teknolojinin keşişim noktasında yer alan kurumsal bir mekanizma olarak değerlendirilebilir. Patent, zihinsel emeğin ve Ar-Ge yatırımının korunmasını sağlamakta; aynı zamanda teknik bilginin ačíklanması ve yayılması yoluyla yeni yeniliklere de zemin hazırlamaktadır.

Stokes'un yaklaşımı, teknoloji politikası tasarımında ũç Ȕnemli sonuç doğurmaktadır. Birincisi, ũlkeler yalnızca temel bilim destekleriyle teknoloji liderliği kuramamaktadır; bu desteklerin stratejik kullanım alanlarıyla ilişkilendirilmesi gerekmektedir. İkincisi, yalnızca kısa vadeli sanayi Ar-Ge destekleri de yeterli

olmamaktadır; çünkü kritik teknolojiler çoğu zaman derin bilimsel bilgi gerektirmektedir. Üçüncüsü, patent politikası, araştırma politikası ve sanayi politikası birlikte tasarlanmalıdır. Özellikle yarı iletkenler, yapay zekâ, biyoteknoloji, kuantum, enerji ve ileri malzemeler gibi alanlarda bu üç politika alanı birbirinden koparılamamaktadır.

ABD'nin savaş sonrası teknoloji politikasının gücü de bu birleşimi farklı kurumlar üzerinden üretebilmesinden kaynaklanmaktadır. NSF ve NIH temel araştırmayı desteklemekte; DARPA görev odaklı ve yüksek riskli teknolojileri geliştirmekte; Bayh-Dole Act üniversite araştırmalarından doğan buluşların ticarileştirilmesini kolaylaştırmakta; SBIR küçük teknoloji firmalarını desteklemekte; Sematech yarı iletken üretim teknolojilerinde ortak sanayi kapasitesi oluşturmakta; ARPA-E ise enerji teknolojilerinde DARPA benzeri bir uygulama yaklaşımı geliştirmektedir (Bonvillian, 2014; Mowery et al., 2004). Bu kurumların ortak yönü, araştırmanın yalnızca bilgi üretimi olarak kalmamasını; prototip, patent, ticarileştirme, üretim ve pazar aşamalarına bağlanmasını sağlamaya çalışmalarıdır.

Netice itibarıyla, Stokes'un Pasteur karesi Bush modelinin eksik bıraktığı bağlantıyı kavramsal olarak tamamlamaktadır. Bush, temel araştırmanın ulusal teknoloji kapasitesi için neden gerekli olduğunu göstermektedir. Stokes ise temel araştırmanın pratik kullanım hedefleriyle birlikte yürütüldüğünde daha güçlü bir teknoloji politikası alanı oluşturabileceğini ortaya koymaktadır. Modern teknoloji politikası bu iki yaklaşımın birlikte okunmasını gerektirmektedir. Temel bilim olmadan derin teknoloji üretilememekte; kullanım hedefi, mühendislik problemi, patent koruması ve ticarileştirme bağlantısı olmadan da bilimsel bilgi stratejik rekabet avantajına dönüşmemektedir. ABD merkezli teknoloji politikası anlatısının sonraki aşaması, bu ikili yapının

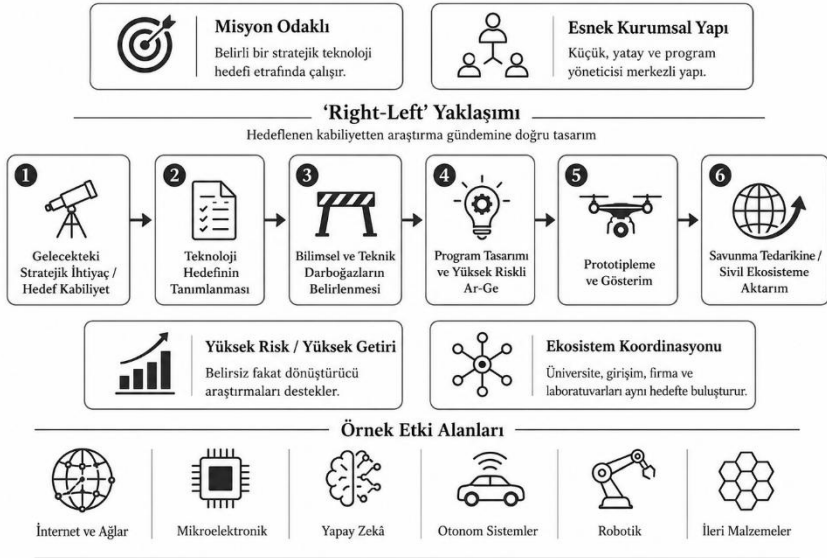
DARPA ve benzeri bağlantılı yenilik kurumları üzerinden kurumsallaşması olacaktır.

2.6. DARPA Modeli

Bush'un temel araştırma modeli, ABD'ye güçlü bir bilimsel sermaye altyapısı kazandırmıştır. Ancak bu model, araştırma ile uygulama arasındaki geçişin her zaman kendiliğinden gerçekleşeceği varsayımına dayanmaktadır. 1950'li yılların sonuna gelindiğinde, Soğuk Savaş rekabeti bu varsayımın sınırlılıklarını görünür hale getirmiştir. Sovyetler Birliği'nin 1957 yılında Sputnik uydusunu uzaya göndermesi, ABD açısından yalnızca bilimsel veya teknolojik bir geri kalmışlık algısı yaratmamış; aynı zamanda ulusal güvenlik, uzay, füze teknolojileri, elektronik, bilgisayar ve savunma Ar-Ge'si alanlarında yeni bir kurumsal yapılanma ihtiyacını ortaya çıkarmıştır (Bonvillian, 2014; Ruttan, 2006).

Sputnik şoku, ABD teknoloji politikasında ikinci büyük savaş sonrası kırılma noktası olarak değerlendirilebilir. Birinci kırılma, Bush raporuyla temel araştırmanın ve üniversite sisteminin güçlendirilmesidir. İkinci kırılma ise temel araştırmanın tek başına yeterli olmadığının, stratejik teknoloji alanlarında görev odaklı, hızlı, esnek ve uygulamaya bağlı kurumlara ihtiyaç bulunduğunun anlaşılmasıdır. Bu dönemde National Aeronautics and Space Administration, yani NASA ve Defense Advanced Research Projects Agency, yani DARPA, ABD'nin Sovyet teknolojik meydan okumasına verdiği kurumsal yanıtların başında gelmektedir (Bonvillian, 2014; Ruttan, 2006).

Şekil 3 : DARPA Modeli



Kaynak: Van Atta (2008) Bonvillian ve Van Atta (2011), Bonvillian (2014)'dan faydalanarak yazar tarafından üretilmiştir.

DARPA, ABD teknoloji politikası tarihinde özel bir konuma sahiptir. Bonvillian'a göre DARPA, Vannevar Bush'un II. Dünya Savaşı sırasında uyguladığı bağlantılı bilim modelinin Soğuk Savaş koşullarında yeniden kurumsallaşmış biçimidir. DARPA, klasik temel araştırma fonlama kurumu değildir. Aynı zamanda geleneksel bir kamu laboratuvarı veya standart ihale kurumu da değildir. DARPA'nın temel yaklaşımı, gelecekte ihtiyaç duyulacak stratejik teknolojileri öngörmek, bu teknolojiler için bilimsel ve teknik darboğazları tanımlamak, yüksek riskli araştırmaları desteklemek, prototipleme ve uygulama aşamalarına kadar ilerleyen programlar yürütmek ve başarılı teknolojileri savunma tedariki ya da sivil teknoloji ekosistemine aktarmaktır (Bonvillian, 2014).

DARPA modelinin en ayırt edici özelliği "right-left" yaklaşımıdır. Bu yaklaşımda önce gelecekte ihtiyaç duyulan stratejik

teknoloji hedefi belirlenmekte; daha sonra bu hedefe ulaşmak için gerekli bilimsel, teknik ve mühendislik adımları geriye doğru tasarlanmaktadır. Başka bir ifadeyle DARPA, araştırma gündemini yalnızca mevcut akademik bilgi alanlarından türetmemekte; hedeflenen teknolojik kabiliyetten hareketle araştırma ve geliştirme yol haritası oluşturmaktadır. Bu yaklaşım, Bush'un pipeline modelinden farklıdır. Pipeline modelinde temel araştırmadan uygulamaya doğru doğrusal bir akış varsayılmaktadır. DARPA modelinde ise uygulama ihtiyacı, araştırma gündeminin tasarımında baştan itibaren belirleyici olmaktadır (Bonvillian, 2014; Bonvillian & Van Atta, 2011).

DARPA'nın kurumsal yapısı da bu yaklaşımı destekleyecek biçimde tasarlanmıştır. Kurum küçük, esnek, yatay ve program yöneticisi merkezli bir yapıya sahiptir. Program yöneticileri belirli alanlarda yüksek teknik uzmanlığa sahip olmakta, sınırlı sürelerle görev yapmakta ve geniş takdir yetkisi kullanmaktadır. DARPA, üniversiteleri, özel firmaları, savunma yüklenicilerini, girişimleri ve araştırma laboratuvarlarını aynı teknoloji hedefi etrafında bir araya getirebilmektedir. Böylece kurum, yalnızca araştırmayı fonlayan değil; araştırma toplulukları oluşturan, problem tanımlayan, teknoloji vizyonu geliştiren ve uygulamaya geçişi kolaylaştıran bir yenilik aracı işlevi görmektedir (Bonvillian, 2014; Van Atta, 2008).

DARPA'nın tarihsel etkisi, bilgi teknolojileri ve savunma teknolojileri alanında açık biçimde görülmektedir. Zaman paylaşımı, bilgisayar ağları, insan-bilgisayar etkileşimi, mikroelektronik, otonom sistemler, hassas güdüm, gelişmiş malzemeler, robotik ve yapay zekâ gibi birçok alan, DARPA destekli programlardan doğrudan veya dolaylı biçimde etkilenmiştir. Waldrop'un J. C. R. Licklider ve bilgisayar devrimi üzerine çalışması, ABD bilgi teknolojileri ekosisteminin gelişiminde DARPA'nın desteklediği araştırma ağlarının belirleyici rolünü göstermektedir (Waldrop, 2001). Ruttan da askeri tedarik ve kamu Ar-Ge'sinin bilgisayar,

internet, jet motorları, yarı iletkenler, nükleer enerji ve uzay gibi alanlarda sivil teknoloji gelişimini beslediğini ortaya koymaktadır (Ruttan, 2006).

NASA da aynı dönemin bir başka önemli kurumudur. NASA'nın kuruluşu, yalnızca uzay yarışına verilen sembolik bir yanıt değildir. Kurum, roket teknolojileri, malzeme bilimi, elektronik, kontrol sistemleri, hesaplama, havacılık mühendisliği, yaşam destek sistemleri ve büyük ölçekli sistem entegrasyonu gibi alanlarda ABD'nin teknik kapasitesini güçlendirmiştir. Apollo Programı gibi büyük uzay projeleri, bilimsel araştırmayı mühendislik uygulaması, tedarik zinciri, özel sektör kapasitesi ve kamu finansmanı ile birleştirmiştir. Bu yönüyle NASA, ABD teknoloji politikasında büyük ölçekli görev odaklı programların sivil alandaki en görünür örneklerinden biri olmuştur (McDougall, 1985; Ruttan, 2006).

DARPA ve NASA örnekleri, ABD teknoloji politikasında temel araştırma modeli ile görev odaklı teknoloji geliştirme modeli arasındaki tamamlayıcılığı göstermektedir. NSF ve NIH gibi kurumlar bilimsel sermaye ve insan kaynağı üretirken, DARPA ve NASA gibi kurumlar belirli stratejik teknoloji hedefleri için araştırma, geliştirme, prototipleme, test ve uygulama süreçlerini daha bağlantılı biçimde yönetmektedir. Bu yapı, ABD'nin yalnızca bilimsel bilgi üretmesini değil, bu bilgiyi teknoloji platformlarına, patentlere, sanayi kapasitesine ve jeopolitik üstünlüğe dönüştürmesini mümkün kılmaktadır. Bu kurumsal mimariyi anlamak için Bush modeli ile DARPA modeli arasındaki farkları sistematik biçimde görmek yararlı olacaktır.

Tablo 6 : Vannevar Bush Modeli ve DARPA Modeli

Boyut	Bush Modeli	DARPA Modeli	Teknoloji Politikası Açısından Önemi
Temel amaç	Bilimsel sermaye ve temel araştırma kapasitesi üretmek	Stratejik teknoloji hedeflerine ulaşmak	Bilimsel bilgi ile teknoloji kabiliyeti farklı ama tamamlayıcı hedeflerdir
Araştırma yaklaşımı	Temel araştırmadan uygulamaya doğru doğrusal akış	Hedef teknolojiden geriye doğru araştırma tasarımı	Kritik teknolojilerde ihtiyaç odaklı Ar-Ge tasarımı önemlidir
Kurumsal yapı	Üniversite merkezli, akademik özgürlüğe dayalı araştırma sistemi	Küçük, esnek, program yöneticisi merkezli yapı	Hızlı ve yüksek riskli teknolojiler için farklı kurumsal yapı gerekir
Başlıca aktörler	Üniversiteler, temel araştırma kurumları, federal fon sağlayıcılar	Üniversiteler, firmalar, girişimler, savunma laboratuvarları, program yöneticileri	Yenilik aktörleri belirli görev etrafında birleştirilmektedir
Risk yaklaşımı	Uzun vadeli bilimsel belirsizlik kabul edilmektedir	Yüksek riskli ve yüksek getirili teknoloji programları desteklenmektedir	Radikal yenilik için başarısızlığı tolere eden kurumlar gerekmektedir
Uygulama bağlantısı	Sanayinin araştırma sonuçlarını daha sonra kullanacağı varsayılmaktadır	Prototip, test ve uygulama baştan düşünülmektedir	Araştırma ile pazar/uygulama arasındaki boşluk azaltılmaktadır
Güçlü yön	Bilimsel yetenek ve bilgi altyapısı üretmektedir	Kritik teknolojilerde hızlı sıçrama sağlayabilmektedir	İki model birlikte çalıştığında teknoloji liderliği güçlenmektedir
Sınırlılık	Ticarileştirme ve uygulama boşluğu yaratabilmektedir	Temel bilimsel özgürlüğü tek başına taşıyan bir model değildir	Dengeli teknoloji politikası iki yaklaşımı birlikte kullanmalıdır

Kaynak: Yazarın çalışması.

DARPA modelinin teknoloji politikası açısından en önemli katkılarında biri, kamu kurumunun yenilik sürecindeki rolünü yeniden tanımlamasıdır. Bu modelde devlet yalnızca temel araştırmayı finanse eden veya piyasadaki başarısızlıkları düzelteren pasif bir aktör değildir. Devlet, stratejik teknoloji hedeflerini tanımlamakta, araştırma topluluklarını örgütlemekte, riskli projeleri desteklemekte, farklı aktörleri bir araya getirmekte ve gerektiğinde ilk pazar ya da tedarik mekanizması sağlamaktadır. Bu yönüyle DARPA modeli, sonraki dönemlerde ARPA-E, IARPA, BARDA ve farklı ileri teknoloji ajansları için de referans oluşturmıştır (Bonvillian, 2014; Bonvillian & Van Atta, 2011).

Bununla birlikte DARPA modelinin sınırları da bulunmaktadır. DARPA'nın başarısı yalnızca kurumsal esneklikten değil, güçlü savunma talebinden, yüksek nitelikli teknik topluluktan, büyük federal bütçeden, gelişmiş üniversite sisteminden, savunma sanayii altyapısından ve teknolojilerin sivil pazarlara taşınabilmesinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle DARPA modeli başka ülkelere veya başka sektörler mekanik biçimde kopyalanamamaktadır. Enerji, sağlık, iklim, tarım veya sivil sanayi gibi alanlarda aynı modelin başarılı olabilmesi için sektörün yapısına, regülasyonlara, pazar dinamiklerine, tedarik zincirine ve özel sektör kapasitesine uygun biçimde uyarlanması gerekmektedir (Bonvillian & Van Atta, 2011; Weiss & Bonvillian, 2009).

Netice itibarıyla, Sputnik sonrası dönem ABD teknoloji politikasında temel araştırma devletinden bağlantılı yenilik kurumlarına doğru önemli bir genişleme yaratmıştır. Bush modeli ABD'ye bilimsel sermaye, üniversite araştırması ve bilimsel yetenek altyapısı sağlamıştır. DARPA ve NASA gibi kurumlar ise bu altyapıyı stratejik teknoloji hedeflerine yönlendiren, araştırma ile prototip ve uygulama arasındaki boşluğu azaltan, yüksek riskli teknolojileri destekleyen kurumsal mekanizmalar oluşturmıştır. Bu nedenle ABD teknoloji liderliği, yalnızca temel araştırmanın veya

yalnızca piyasa dinamizminin sonucu değildir; temel bilimsel kapasite ile görev odaklı bağlantılı kurumların birlikte çalışmasının ürünüdür.

Bir sonraki aşamada bu modelin 1970'lerden itibaren Japonya, Almanya ve daha sonra Güney Kore gibi ülkelerin üretim, kalite, yarı iletken ve ileri imalat rekabetiyle nasıl zorlandığı ele alınmaktadır. ABD'nin bilim ve savunma Ar-Ge'si temelli üstünlüğü devam ederken, üretim teknolojileri ve sanayi kapasitesi alanında yeni rakiplerin ortaya çıkması, teknoloji politikasında “ileri imalat”, “ölüm vadisi”, “Bayh-Dole”, “SBIR”, “Sematech” ve “üniversite-sanayi teknoloji transferi” gibi yeni araçları üzerinden açıklanmaktadır.

2.7. Japonya ve Almanya'nın Meydan Okuması

Sputnik sonrası dönemde ABD, DARPA ve NASA gibi kurumlarla savunma, uzay, bilgisayar ve ileri teknoloji alanlarında güçlü bir bağlantılı yenilik kapasitesi geliştirmiştir. Ancak 1970'lerden itibaren teknoloji rekabetinin ağırlığı yalnızca bilimsel araştırma ve savunma Ar-Ge'si üzerinden değil, üretim kalitesi, ileri imalat, yarı iletkenler, otomotiv, elektronik, makine ve tedarik zinciri kapasitesi üzerinden de şekillenmeye başlamıştır. Bu dönemde Japonya ve Almanya'nın yükselişi, ABD teknoloji politikası açısından yeni bir meydan okuma oluşturmuştur. ABD güçlü bilimsel araştırma ve savunma teknolojileri üretmeye devam etmekte; fakat bazı sektörlerde üretim, kalite, süreç iyileştirme ve ölçekleme kapasitesi bakımından rakipleri karşısında zorlanmaktadır.

Japonya'nın savaş sonrası yükselişi, modern teknoloji politikası literatüründe özel bir yere sahiptir. Japonya, yalnızca düşük maliyetli üretim yapan bir ülke olarak değil; devlet yönlendirmesi, sanayi politikası, firma içi öğrenme, kalite yönetimi, yalın üretim, tedarikçi ilişkileri, uzun dönemli yatırım ve ihracat

disipliniyle teknoloji kapasitesi geliştiren bir ülke olarak öne çıkmıştır. Johnson'ın MITI zerine alışması, Japon sanayi politikasının hedef sektör seçimi, teknoloji ithali, yerli kapasite geliştirme ve ihracat performansı arasında güçlü bir ilişki kurduğunu göstermektedir (Johnson, 1982). Freeman ise Japonya'nın teknoloji politikasını, firma düzeyinde öğrenme, devlet-sanayi koordinasyonu, kalite iyileştirme ve sürekli yenilik kapasitesi üzerinden açıklamaktadır (Freeman, 1987).

Japonya'nın başarı sı özellikle otomotiv, tketic i elektronik i, makine, optik, robotik ve yarı iletkenler alanında görünür hale gelmiştir. Bu başarı, yalnızca icat üretimiyle değil, üretim süreçlerinde sürekli iyileştirme, kalite kontrol, hata azaltma, tedarikçi ağlarının koordinasyonu ve büyük ölçekli üretim disiplininin birlikte çalışmasıyla ilgilidir. Womack, Jones ve Roos'un yalın üretim yaklaşımı, Japon otomotiv sanayiinin ABD kitle üretim modeline karşı daha esnek, daha az stokla çalışan, kaliteyi üretim sürecinin içine yerleştiren ve tedarikçi ilişkilerini daha bütünleşik yöneten bir model geliştirdiğini ortaya koymaktadır (Womack et al., 1990). Bu model, teknoloji politikasında üretim yalınca uygulama aşaması değil, yeniliğin kendisini besleyen bir öğrenme alanı olduğunu göstermektedir.

Almanya'nın meydan okuması ise farklı bir zeminde gelişmiştir. Almanya, güçlü mühendislik geleneği, mesleki eğitim sistemi, makine ve kimya sanayii, Mittelstand firmaları, sanayi standartları ve uygulamalı araştırma kurumlarıyla ne çıkmıştır. Almanya'nın rekabet gc, büyük ölçüde yüksek kaliteli mühendislik ürünleri, ileri makine teknolojileri, kimya, otomotiv, endüstriyel ekipman ve üretim süreçlerinde derinleşmiş uzmanlıkla ilişkilidir. Bu modelde niversiteler, uygulamalı araştırma kurumları, teknik eğitim, firma içi mühendislik ve üretim becerileri birlikte çalışmaktadır. Fraunhofer tipi ara araştırma kurumları, temel

bilim ile sanayi uygulaması arasında köprü kuran kurumsal yapılara örnek oluşturmaktadır (Mowery & Rosenberg, 1998; Porter, 1990).

Japonya ve Almanya'nın yükselişi, ABD'de 1980'lerde ciddi bir rekabetçilik tartışması başlatmıştır. Bu tartışmanın merkezinde şu soru yer almaktadır: ABD temel araştırmada ve savunma teknolojilerinde güçlü olmasına rağmen neden bazı sivil sanayi alanlarında üretim kalitesi, süreç iyileştirme ve ticarileştirme bakımından zorlanmaktadır? Dertouzos, Lester ve Solow'un *Made in America* çalışması, ABD sanayi sistemindeki rekabet sorunlarını üretim kabiliyeti, işgücü becerileri, firma organizasyonu, uzun dönemli yatırım ve teknoloji uygulama kapasitesi üzerinden ele almaktadır (Dertouzos et al., 1989). Cohen ve Zysman da imalatın ulusal teknoloji kapasitesinden koparılamayacağını, üretimden öğrenmenin ve üretim becerisinin yenilik sisteminin temel parçası olduğunu savunmaktadır (Cohen & Zysman, 1987).

Bu dönemde ABD teknoloji politikasında “valley of death”, yani ölüm vadisi kavramı daha görünür hale gelmiştir. Ölüm vadisi, temel araştırma veya erken aşama buluş ile ticarileşme, üretim ve pazar başarısı arasındaki boşluğu ifade etmektedir. ABD üniversiteleri ve federal araştırma sistemi güçlü bilimsel bilgi üretmekte; ancak bu bilgi her zaman prototipe, üretime, lisansa, girişime veya yeni sanayi kapasitesine dönüşmemektedir. Branscomb ve Auerswald, erken aşama teknoloji geliştirme finansmanındaki boşlukları analiz ederek buluş ile yenilik arasındaki geçişin otomatik olmadığını göstermektedir (Branscomb & Auerswald, 2002). Bu tartışma, Bush modelinin temel araştırma mirasının yeni bağlantılı kurumlarla tamamlanması gerektiğini ortaya koymuştur.

ABD'nin bu rekabet baskısına verdiği yanıt, tek bir politika aracından oluşmamaktadır. 1980'lerden itibaren üniversite araştırmalarının ticarileştirilmesi, küçük teknoloji firmalarının

desteklenmesi, yarı iletkenlerde sektör ortaklığı, imalat verimliliği, kamu destekli sanayi Ar-Ge'si ve teknoloji transferi alanlarında farklı araçlar geliştirilmiştir. Bayh-Dole Act, federal fonlarla geliştirilen araştırma sonuçlarının üniversiteler tarafından patentlenmesini ve lisanslanmasını kolaylaştırmıştır. Böylece üniversite araştırmalarından doğan teknolojilerin ticarileşmesi için daha açık bir fikri mülkiyet rejimi kurulmuştur (Mowery et al., 2004). SBIR programı, küçük teknoloji firmalarına rekabetçi Ar-Ge fonları sağlayarak girişimci yenilik kapasitesini desteklemiştir. Manufacturing Extension Partnership, küçük ve orta ölçekli üreticilerin teknoloji, kalite ve verimlilik kapasitesini artırmayı hedeflemiştir. Sematech ise yarı iletken sektöründe ABD'nin Japonya karşısındaki rekabet gücünü yeniden inşa etmek amacıyla kamu-sanayi ortaklığı olarak tasarlanmıştır (Bonvillian, 2014; Browning & Shetler, 2000).

Sematech örneği, bu dönemin en dikkat çekici politika deneyimlerinden biridir. 1980'lerde Japonya'nın DRAM ve yarı iletken üretimindeki yükselişi, ABD'de ulusal teknoloji güvenliği ve sanayi rekabeti açısından ciddi bir alarm yaratmıştır. Sematech, yarı iletken firmalarını, federal desteği ve ortak teknoloji yol haritasını bir araya getiren bir konsorsiyum olarak kurulmuştur. Amacı, tek tek firmaların çözemediği üretim ekipmanı, süreç standardı, verimlilik, kalite ve teknoloji altyapısı sorunlarına ortak çözüm geliştirmektir. Bu yönüyle Sematech, patent ve Ar-Ge'nin üretim teknolojisi, süreç iyileştirme ve sektör düzeyinde koordinasyonla birlikte düşünülmesi gerektiğini göstermektedir (Browning & Shetler, 2000; Irwin & Klenow, 1996).

Bu dönemin politika araçları, ABD'nin teknoloji politikasında yeni bir yönelimi temsil etmektedir: temel araştırma kapasitesini korurken, bu kapasitenin sanayiye, firmalara, patentlere, üretime ve pazara aktarılmasını sağlayacak ara kurumlar geliştirmek. Aşağıdaki tablo, 1980'ler ve 1990'larda ABD'nin Japonya ve

Almanya rekabeti karşısında geliştirdiği başlıca politika araçlarını göstermektedir.

Tablo 7 : 1980'ler ve 1990'larda ABD'nin Teknoloji Politikası Araçları

Politika / Program	Temel Amaç	Çözüm Amacı	Teknoloji Politikası Açısından Önemi
Bayh-Dole Act	Federal fonlu üniversite araştırmalarının patentlenmesini ve lisanslanmasını kolaylaştırmak	Üniversite araştırması ile ticarileştirme arasındaki kopukluk	Akademik bilginin patent, lisans ve girişim yoluyla ekonomik değere dönüşmesini desteklemektedir
SBIR / STTR	Küçük teknoloji firmalarına rekabetçi Ar-Ge finansmanı sağlamak	Erken aşama teknoloji geliştirme finansmanı	Girişimci firmaların patentlenebilir teknoloji üretimini desteklemektedir
Manufacturing Extension Partnership	KOBİ üreticilerin teknoloji, kalite ve verimlilik kapasitesini geliştirmek	Küçük üreticilerin teknoloji absorpsiyon açığı	İmalat tabanının yenilik sisteminden kopmasını önlemeye çalışmaktadır
Sematech	Yarı iletken üretim teknolojilerinde ortak sanayi kapasitesi oluşturmak	Japonya karşısında üretim ve süreç teknolojisi açığı	Sektör düzeyinde kamu-sanayi koordinasyonunun stratejik önemini göstermektedir
Advanced Technology Program	Yüksek riskli ve ticarileşme potansiyeli olan sanayi teknolojilerini desteklemek	Özel sektörün tek başına üstlenemediği yüksek riskli geliştirme aşamaları	Ölüm vadisini azaltmaya dönük sivil teknoloji politikası örneğidir
Ar-Ge vergi kredileri	Firmaların Ar-Ge harcamalarını teşvik etmek	Özel sektör Ar-Ge yatırımının yetersizliği	Talep taraflı Ar-Ge teşviki sağlamakta; ancak insan sermayesi ve ticarileştirme ile desteklenmesi gerekmektedir

Kaynak: Yazarın çalışması.

Bu araçlar ABD teknoloji politikasının karakterini değiştirmiştir. ABD, bir yandan Bush modelinden gelen temel

araştırma ve üniversite bilimini korumakta; diğeryandan Japonya ve Almanya'nın üretim, kalite, sanayi organizasyonu ve ticarileştirme gücü karşısında araştırma sonuçlarını daha hızlı ekonomik değere dönüştürmeye çalışmaktadır. Bu nedenle 1980'ler ve 1990'lar, ABD teknoloji politikasında “bilimsel sermaye” ile “sanayi rekabeti” arasındaki bağılantının yeniden kurulduğı bir dönemdir.

Bu sürecin olumlu yönü, ABD'nin teknoloji politikasını daha bütünleşik hale getirmesidir. Üniversite patentleri, girişimci firmalar, kamu destekli sanayi Ar-Ge'si, yarı iletken konsorsiyumları ve imalat destek programları, temel araştırmanın sanayiye aktarılmasını kolaylaştırmıştır. Bununla birlikte bu yaklaşımın sınırları da bulunmaktadır. Bayh-Dole sonrasında üniversitelerin patent ve lisans gelirlerine aşırı odaklanması, bazı alanlarda akademik araştırmanın ticarileşme baskısıyla karşı karşıya kalmasına yol açmıştır. SBIR gibi programlar girişimci teknolojileri desteklemiş olsa da, her patentli buluşun üretim ölçeğine ve küresel pazara ulaşması mümkün olmamıştır. Sematech ise yarı iletken üretim altyapısı için önemli bir örnek olsa da, uzun vadede yarı iletken tedarik zincirinin küreselleşmesi ve üretimin Asya'ya kayması ABD açısından yeni bağımlılık sorunları yaratmıştır.

Japonya ve Almanya meydan okuması, teknoloji politikasında üretim kabiliyetinin önemini kalıcı biçimde gündeme getirmiştir. Bu dönemden çıkan temel ders, araştırma ve patent üretiminin tek başına yeterli olmadığıdır. Teknolojik üstünlük, araştırmanın üretime, üretimin kaliteye, kalitenin ölçeklemeye, ölçeklemenin tedarik zincirine ve bütün bu sürecin patent sistemi ile rekabet avantajına bağlanmasıyla ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle ABD teknoloji politikasının bir sonraki evresi, ileri imalat, enerji teknolojileri, yarı iletken tedarik zinciri ve kritik teknoloji portföyleri etrafında yeniden şekillenecektir.

1970'lerden 1990'lara uzanan dönem ABD teknoloji politikası açısından savunma ve temel araştırma merkezli liderliğin üretim ve sanayi rekabetiyle sınındığı bir dönem olmuştur. Japonya ve Almanya, ABD'ye teknoloji liderliğinin yalnızca araştırma laboratuvarlarında değil, fabrika zemininde, tedarikçi ağlarında, kalite sistemlerinde, teknik eğitimde ve üretim ölçekleme kapasitesinde de kurulduğunu göstermiştir. ABD'nin Bayh-Dole, SBIR, MEP, Sematech ve benzeri araçlarla verdiği yanıt, modern teknoloji politikasının araştırmadan patente, patentten prototipe, prototipten üretime ve üretimden pazara uzanan bütün zinciri kapsamayı gerektiğini ortaya koymuştur.

2.8. 2000 Sonrası Yeniden Sanayileşme ve Kritik Teknoloji Politikaları

1980'ler ve 1990'larda Japonya ve Almanya'nın üretim, kalite ve yarı iletkenler üzerinden oluşturduğu rekabet baskısı, ABD teknoloji politikasını araştırma sonuçlarının ticarileştirilmesi ve sanayiye aktarılması yönünde dönüştürmüştür. Ancak 2000'li yıllarla birlikte meydan okumanın niteliği yeniden değişmiştir. Bu dönemde ABD açısından temel sorun yalnızca Japonya veya Almanya gibi gelişmiş sanayi ülkeleriyle rekabet etmek değildir. Çin'in hızlı sanayileşmesi, küresel tedarik zincirlerinin Asya merkezli hale gelmesi, yarı iletken üretiminin coğrafi olarak yoğunlaşması, enerji ve iklim teknolojilerinin stratejik önem kazanması ve ileri imalat kapasitesinin ulusal güvenlik meselesine dönüşmesi, ABD teknoloji politikasında yeni bir evreyi başlatmıştır.

Bu yeni dönemde ABD'nin karşı karşıya kaldığı en önemli meselelerden biri, **“innovate here, produce there”** yaklaşımının sınırlarının ortaya çıkmasıdır. ABD uzun süre temel araştırma, tasarım, yazılım, yüksek katma değerli bilgi üretimi ve fikri mülkiyet alanlarında liderliğini korurken üretimin önemli bir kısmının başka ülkelere kaymasının yönetilebilir olduğunu varsaymıştır. Ancak ileri

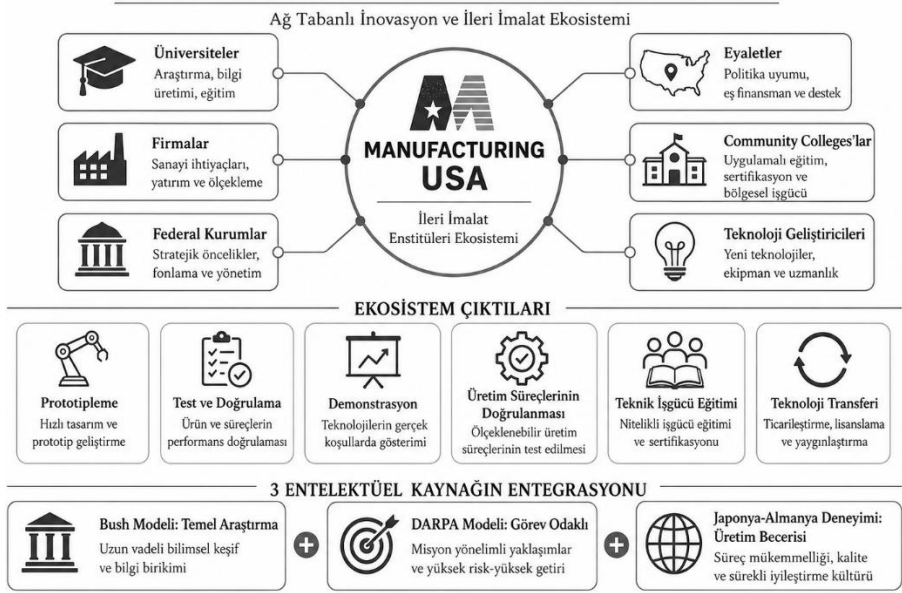
imalat literatürü, üretimin yenilik sisteminden koparılamayacağını göstermektedir. Tasarım, prototipleme, süreç mühendisliği, kalite kontrol, tedarik zinciri ve ilk üretim aşamaları arasında yoğun geri besleme ilişkileri bulunmaktadır. Üretim kapasitesi başka ülkelere kaydığına, zaman içinde yalnızca imalat işleri değil, üretimden öğrenme, süreç yeniliği, teknik işgücü ve yeni nesil ürün geliştirme kapasitesi de zayıflayabilmektedir (Berger, 2013; Bonvillian & Singer, 2018; Cohen & Zysman, 1987).

Bu çerçevede ABD’de 2000 sonrası teknoloji politikası, temel araştırma ve savunma Ar-Ge’sine dayalı klasik liderlik modelini ileri imalat, enerji teknolojileri, tedarik zinciri güvenliği ve kritik teknoloji portföyleriyle tamamlamaya yönelmiştir. Bonvillian ve Singer, ileri imalat politikalarını ABD’nin yeni yenilik politikaları arasında değerlendirmekte ve bu politikaların temel araştırma ile üretim ölçekleme arasındaki “missing middle” boşluğunu doldurmayı amaçladığını belirtmektedir (Bonvillian & Singer, 2018). Bu boşluk, üniversite veya federal laboratuvarlarda geliştirilen teknolojilerin özel sektörün yatırım yapabileceği uygunluk düzeyine ulaşmadan kaybolduğu ara aşamayı ifade etmektedir. Bu aşamada test yatakları, prototipleme merkezleri, ortak üretim altyapıları, teknik işgücü eğitimi ve sanayi konsorsiyumları kritik önem taşımaktadır.

ABD’nin bu dönemde geliştirdiği en önemli kurumsal araçlardan biri ileri “imalat enstitüleri” olmuştur. Manufacturing USA çatısı altında örgütlenen bu enstitüler, üniversiteleri, firmaları, federal kurumları, eyaletleri, community college’ları ve teknoloji geliştiricileri belirli teknoloji alanları etrafında bir araya getirmektedir. Amaç yalnızca araştırma yapmak değildir. Bu yapılar aynı zamanda prototipleme, test, demonstrasyon, üretim süreçlerinin doğrulanması, teknik işgücü eğitimi ve sanayiye teknoloji transferi işlevi üstlenmektedir. Böylece Bush modelinin temel araştırma kapasitesi, DARPA modelinin görev odaklılığı ve Japonya-Almanya

deneyiminden çıkarılan üretim becerisi dersi, ileri imalat kurumları içinde birleştirilmeye çalışılmaktadır (Bonvillian, 2014; Bonvillian & Singer, 2018; President's Council of Advisors on Science and Technology [PCAST], 2012, 2014).

Şekil 4 : Manufacturing USA Modeli

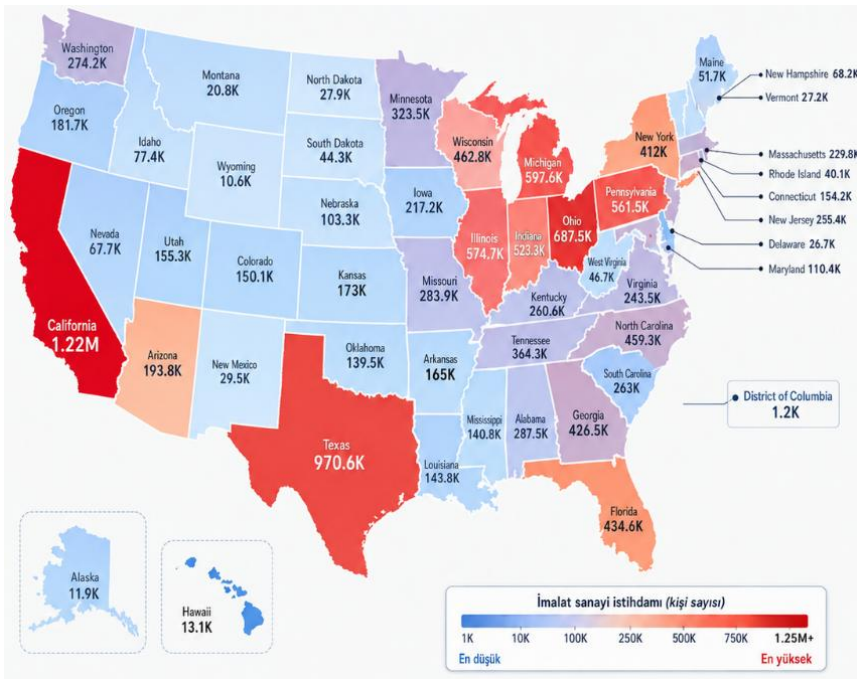


Kaynak: Pisano (2015), Bonvillian (2014), Bonvillian ve Singer (2018) yazarın çalışması.

ABD’de imalat sanayi istihdamı eyaletler düzeyinde belirgin bir mekânsal yoğunlaşma göstermektedir. California 1,22 milyon kişilik imalat istihdamıyla ilk sırada yer almakta; Texas, Ohio, Michigan, Illinois ve Pennsylvania yüksek istihdam hacimleriyle bu eyaleti izlemektedir. Bu dağılım, ABD imalat kapasitesinin yalnızca geleneksel sanayi kuşağıyla sınırlı olmadığını; teknoloji, savunma, elektronik, enerji, otomotiv ve ileri üretim ekosistemlerinin geliştiği büyük eyaletlerde de güçlü bir üretim tabanı bulunduğunu ortaya koymaktadır. Bu yapı, Manufacturing USA modelinin neden yalnızca federal Ar-Ge desteğine dayalı bir program olarak değil,

bölgesel üretim altyapısı, üniversite-sanayi işbirliği, community college temelli teknik işgücü eğitimi, eyalet düzeyinde eş finansman ve sanayi kümeleriyle bütünleşik bir ileri imalat politikası olarak tasarlandığını açıklamaktadır. Dolayısıyla ABD teknoloji politikasında ileri imalat kapasitesi, temel araştırma ve prototipleme süreçlerinin ötesinde, nitelikli işgücü, tedarik zinciri, bölgesel uzmanlaşma ve üretim ölçekleme kabiliyetiyle birlikte değerlendirilmektedir.

Şekil 5 : ABD’de Eyaletlere Göre İmalat Sanayi İstihdamı (2025)



Kaynak: ABD İşgücü İstatistikleri Bürosu verileri kullanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Enerji ve iklim teknolojileri de 2000 sonrası ABD teknoloji politikasının önemli gündemlerinden biri haline gelmiştir. Enerji sektörü, savunma veya bilgi teknolojileri gibi hızlı dönüşebilen bir alan değildir. Elektrik şebekeleri, fosil yakıt altyapısı, sermaye

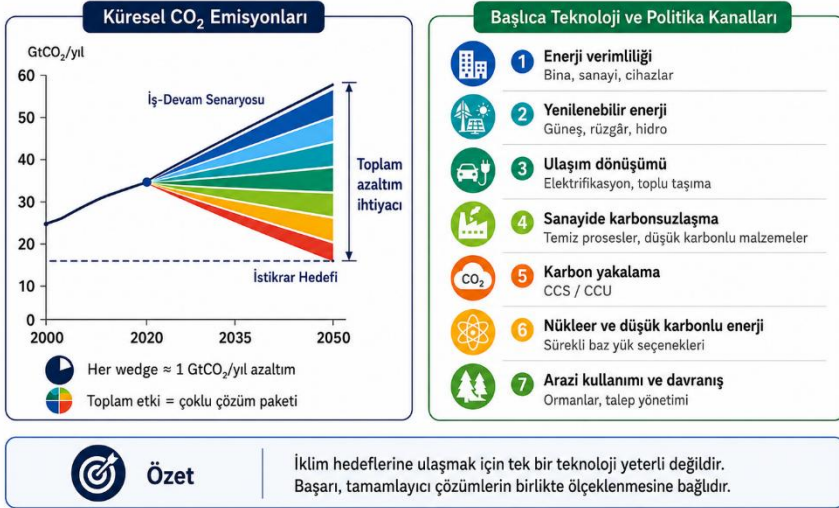
yoğun yatırımlar, regülasyonlar, uzun amortisman süreleri ve yerleşik şirket yapıları nedeniyle enerji teknolojilerinde dönüşüm daha yavaş gerçekleşmektedir. Weiss ve Bonvillian, enerji gibi yerleşik sektörlerde teknoloji devriminin kendiliğinden gerçekleşmediğini; kamu politikası, Ar-Ge, demonstrasyon, finansman, düzenleme ve pazar yaratma araçlarının birlikte çalışması gerektiğini savunmaktadır (Weiss & Bonvillian, 2009, 2011).

ARPA-E bu bağlamda dikkat çekici bir kurumdur. DARPA modelinden ilham alan ARPA-E, enerji teknolojilerinde yüksek riskli ve yüksek potansiyelli projeleri desteklemek amacıyla kurulmuştur. Ancak ARPA-E'nin savunma alanındaki DARPA'dan farklı bir bağlamda çalıştığı unutulmamalıdır. Enerji teknolojilerinde devletin tek başına büyük bir ilk alıcı olarak pazarı belirlemesi çoğu zaman mümkün değildir. Bu nedenle ARPA-E, yalnızca teknik buluşu değil; maliyet düşürme potansiyelini, ölçeklenebilirliği, regülasyon ortamını, özel sektör yatırımıyla bağlantıyı ve teknolojinin pazara giriş yolunu da dikkate almak zorundadır (Bonvillian & Van Atta, 2011). Bu durum, teknoloji politikasında “technology launch” kavramını öne çıkarmaktadır. Yani teknolojinin yalnızca geliştirilmesi değil, üretim ve pazar sistemine başarılı biçimde yerleştirilmesi de tasarlanmalıdır.

Enerji ve iklim alanında teknoloji portföyü yaklaşımı da önem kazanmaktadır. Pacala ve Socolow'un “stabilization wedges” yaklaşımı, büyük bir dönüşüm hedefinin tek bir mucize teknolojiyle değil, çok sayıda uygulanabilir teknoloji kanalının birlikte ölçeklenmesiyle başarılabileceğini göstermektedir (Pacala & Socolow, 2004). Bu yaklaşım, teknoloji politikası açısından genel bir ders sunmaktadır: Kritik teknoloji rekabeti tekil buluşlar üzerinden değil, birbirini tamamlayan teknoloji portföyleri üzerinden yürütülmektedir. Yarı iletkenler, yapay zekâ, batarya, hidrojen, güç elektroniği, ölçüm, kontrol, biyoteknoloji, ileri malzemeler ve siber

güvenlik gibi alanlar birbirini besleyen teknoloji kümeleri oluşturmaktadır.

Şekil 6 : Pacala ve Socolow'un Stabilizasyon Kamaları Yaklaşımı



Kaynak: Pacala ve Socolow(2004)'ten yararlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Hidrojen teknolojileri bu portföy yaklaşımının güncel örneklerinden biridir. Deniz üstü rüzgâr ile PEM elektrolizör entegrasyonuna ilişkin DOE destekli çalışmalar, yeşil hidrojen maliyetini düşürmenin yalnızca elektrolizör verimliliğine bağlı olmadığını; rüzgâr türbini, güç elektroniği, su arıtımı, membran, katalizör, elektrolizör yığını, sıkıştırma, boru hattı, güvenlik ve kontrol sistemlerinin birlikte optimize edilmesini gerektirdiğini göstermektedir (Xu et al., 2022). Bu durum, patent politikasının da sistem düzeyinde düşünülmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bir ülkenin hidrojen ekonomisinde güçlü olması, tekil elektrolizör patentleriyle değil, enerji üretimi, malzeme, kimya, güç elektroniği, sensör, kontrol ve taşıma teknolojilerinden oluşan entegre bir patent portföyüyle mümkün hale gelmektedir.

Çin'in yükselişi ise ABD teknoloji politikasında 2000 sonrası dönemin en belirleyici dış baskısıdır. **Çin yalnızca düşük maliyetli üretim merkezi olarak kalmamış; üretimden öğrenme, hızlı ölçekleme, maliyet düşürme, tedarik zinciri bütünleşmesi ve giderek Ar-Ge kapasitesi oluşturma yoluyla küresel teknoloji rekabetinin merkez aktörlerinden biri haline gelmiştir.** Nahm ve Steinfeld, Çin'in imalat gücünü yalnızca ucuz emek veya devlet desteğiyle açıklamanın yetersiz olduğunu; asıl kapasitenin hızlı ölçekleme, üretim temposunu yönetme ve firmalar arası öğrenme süreçlerinden kaynaklandığını belirtmektedir (Nahm & Steinfeld, 2014). Bu yaklaşım, ABD açısından üretim kapasitesinin kaybının yalnızca istihdam veya ticaret açığı meselesi olmadığını, uzun dönemli teknoloji kapasitesi meselesi olduğunu göstermektedir.

Yarı iletkenler bu yeni dönemin en stratejik alanlarından biri haline gelmiştir. 1980'lerde Sematech ile Japonya'ya karşı geliştirilen yarı iletken politikası, 2000 sonrasında daha karmaşık bir tedarik zinciri güvenliği sorununa dönüşmüştür. Çip tasarımı, üretim ekipmanı, ileri litografi, malzeme, paketlenme, test ve nihai uygulamalar farklı coğrafyalara dağılmıştır. Bu nedenle yarı iletken politikası artık yalnızca Ar-Ge desteği değil, tedarik zinciri haritalama, üretim tesisi yatırımı, müttefik koordinasyonu, ihracat kontrolleri, insan kaynağı ve patent portföyü yönetimi meselesidir. CHIPS ve Bilim Yasası bu bağlamda, ABD'nin yarı iletken üretim kapasitesini yeniden güçlendirme, kritik teknolojilerde bilimsel araştırmayı destekleme ve Çin karşısında stratejik teknoloji üstünlüğünü koruma çabasının en görünür politika araçlarından biri olarak değerlendirilmektedir (Bonvillian, 2022; Miller, 2022).

Bu yeni teknoloji politikası evresinde ABD, piyasa merkezli yenilik sistemini tamamen terk etmemektedir. Aksine, piyasa dinamizmini, girişim sermayesini, üniversite araştırmasını ve büyük teknoloji firmalarını koruyarak bunları daha stratejik kamu müdahaleleriyle tamamlamaya çalışmaktadır. Bu müdahaleler klasik

sanayi politikası anlamında yalnızca sektör seçmekten ibaret değildir. Araştırma, teknoloji doğrulama, test, üretim, tedarik zinciri, kamu alımı, regülasyon ve finansman mekanizmalarının birlikte tasarlandığı daha karmaşık bir “sanayi-yenilik politikası” ortaya çıkmaktadır (Bonvillian, 2022; Mazzucato, 2013; Warwick, 2013). Bu dönemin başlıca politika araçlarını aşağıdaki tabloda özetlemek mümkündür.

Tablo 8 : 2000 Sonrası ABD Teknoloji Politikası

Politika / Program	Temel Amaç	Hedeflenen Boşluk	Teknoloji Politikası Açısından Önemi
ARPA-E	Enerji teknolojilerinde yüksek riskli, yüksek potansiyelli projeleri desteklemek	Enerji sektöründe radikal teknoloji geliştirme ve pazara geçiş boşluğu	DARPA modelinin enerji alanına uyarlanmış biçimini temsil etmektedir
Manufacturing USA	İleri imalat alanlarında kamu-üniversite-sanayi konsorsiyumları oluşturmak	Temel araştırma ile üretim ölçekleme arasındaki “missing middle” boşluğu	Prototip, test, demonstrasyon, üretim ve işgücü eğitimi birleştirmektedir
CHIPS ve Bilim Yasası	Yarı iletken üretimi ve kritik bilim-teknoloji alanlarını desteklemek	Çip tedarik zinciri güvenliği ve üretim kapasitesi açığı	Yarı iletkenleri ulusal güvenlik ve teknoloji liderliği meselesi olarak konumlandırmaktadır
DOE Energy Hubs	Enerji alanında çok disiplinli ve hedef odaklı araştırma merkezleri kurmak	Temel enerji araştırması ile uygulama arasındaki kopukluk	Kullanım ilhamlı temel araştırma yaklaşımına yakın bir model sunmaktadır
Kamu alımı ve ilk pazar araçları	Stratejik teknolojilerin erken pazar sorununu azaltmak	Teknolojinin ölçeklenmeden önce yeterli talep bulamaması	Savunma, enerji, sağlık ve altyapı teknolojilerinde pazar oluşturma işlevi görmektedir
Tedarik zinciri haritalama	Kritik teknolojilerde bağımlılık ve darboğazları belirlemek	Küreselleşmiş üretim ağlarında stratejik kırılganlık	Teknoloji politikasını jeoekonomik güvenlik alanına taşımaktadır

Ölçekleme finansmanı	Patentli veya prototip aşamasındaki teknolojilerin üretime geçişini desteklemek	Erken aşama teknoloji ile ticari üretim arasındaki finansman açığı	Patentlerin ekonomik değere dönüşmesini kolaylaştırmaktadır
-----------------------------	---	--	---

Kaynak: Yazarın çalışması.

2000 sonrası teknoloji politikası, ABD merkezli anlatının yeni bir aşamasını oluşturmaktadır. Bush’un temel araştırma devleti, DARPA’nın görev odaklı Ar-Ge modeli, 1980’lerin ticarileştirme ve rekabetçilik araçları bu dönemde ileri imalat, enerji teknolojileri, yarı iletken tedarik zinciri, kritik mineraller, yapay zekâ, biyoteknoloji ve kuantum gibi alanlarla birleşmektedir. Teknoloji politikası artık yalnızca bilgi üretme veya buluşu koruma meselesi değildir. Bilginin hangi ülkede üretildiği, hangi ülkede patentlendiği, hangi ülkede prototipe dönüştüğü, hangi ülkede üretildiği, hangi tedarik zincirine bağlı olduğu ve hangi pazarda ölçeklendiği birlikte önem kazanmaktadır.

Netice itibarıyla, 2000 sonrası dönem ABD teknoloji politikasında “yeniden bağlantı” ve “yeniden sanayileşme” arayışının güçlendiği bir dönemdir. ABD bilimsel araştırma, yazılım, savunma Ar-Ge’si, risk sermayesi ve büyük teknoloji firmaları alanındaki üstünlüğünü korumakta; ancak Çin’in üretim ve ölçekleme kapasitesi, yarı iletken tedarik zincirindeki kırılganlıklar, enerji dönüşümü ve ileri imalat ihtiyacı karşısında daha stratejik, daha seçici ve daha bütünlüklü politika araçları geliştirmektedir. Bu süreç, modern teknoloji politikasının geldiği noktayı açık biçimde göstermektedir: Teknolojik üstünlük, yalnızca Ar-Ge harcaması veya patent başvurusu ile değil; bilimsel sermaye, insan kaynağı, patent sistemi, üretim kapasitesi, tedarik zinciri, ölçekleme finansmanı ve kamu yönlendirmesinin birlikte çalışmasıyla ortaya çıkmaktadır.

Bu çerçeve, bir sonraki aşamada ABD dışındaki ülke modellerinin daha sistematik biçimde ele alınmasını gerekli

kılmaktadır. Japonya, Almanya, Güney Kore, Çin, Fransa ve İtalya gibi ülkeler, ABD merkezli teknoloji liderliği karşısında farklı kurumsal yollar geliştirmiştir. Bu ülkelerin deneyimleri, teknoloji politikasında tek bir model olmadığını; ancak başarılı modellerin tamamında bilim, mühendislik, üretim, patent, finansman ve ticarileştirme bağlantısının belirleyici olduğunu göstermektedir.

2.9. ABD Merkezli Liderliğe Karşı Asya ve Avrupa Teknoloji Modelleri

2000 sonrası dönemde ABD teknoloji politikası, ileri imalat, enerji teknolojileri, yarı iletkenler, tedarik zinciri güvenliği ve kritik teknoloji alanları etrafında yeniden yapılanırken, diğer teknoloji güçleri de kendi tarihsel ve kurumsal özelliklerine dayalı farklı modeller geliştirmektedir. Bu nedenle günümüz teknoloji politikası tek bir ülkenin birebir kopyalanabileceği doğrusal bir model sunmamaktadır. ABD lider modeldir; ancak Japonya, Almanya, Güney Kore, Çin, Fransa ve İtalya gibi ülkeler, bu liderliğe farklı araçlarla cevap vermekte ve kendi teknoloji kapasitelerini farklı kurumsal bileşimler üzerinden inşa etmektedir.

Japonya'nın teknoloji politikası modeli, savaş sonrası dönemde üretim kalitesi, süreç iyileştirme, yalın üretim, sanayi koordinasyonu ve teknoloji ithalinin yerli kapasiteye dönüştürülmesi üzerine kurulmuştur. Johnson'ın MITI analizi, Japon sanayi politikasının hedef sektör seçimi, teknoloji ithali, yerli firma kapasitesi, ihracat disiplini ve kamu-sanayi koordinasyonu üzerinden geliştiğini göstermektedir (Johnson, 1982). Freeman ise Japonya'nın teknoloji politikasını, firma düzeyinde sürekli öğrenme, kalite yönetimi, üretim becerileri ve devlet-sanayi etkileşimi üzerinden açıklamaktadır (Freeman, 1987). Bu modelde teknoloji politikası, yalnızca laboratuvar da buluş üretmekten ibaret değildir; üretim hattında öğrenme, kaliteyi artırma, maliyeti düşürme ve

uluslararası pazarlarda ölçek kazanma süreciyle birlikte işlemektedir.

Japonya'nın yarı iletkenler, optik, elektronik, otomotiv ve robotik gibi alanlardaki başarısı, üretim bilgisinin teknoloji üstünlüğündeki önemini açık biçimde ortaya koymaktadır. Bu bağlamda Japonya, ABD'nin savunma Ar-Ge'si ve üniversite merkezli yenilik modelinden farklı olarak, üretim sürecindeki sürekli iyileştirme ve tedarik zinciri derinliği üzerinden rekabet avantajı üretmektedir. Güncel kritik teknoloji raporlarında da Japonya'nın yarı iletken malzemeleri, üretim ekipmanları, kalite disiplini ve tedarik zinciri bileşenlerinde güçlü olduğu; ancak yapay zekâ, yazılım platformları ve bazı hızlı ölçeklenen dijital teknolojilerde ABD kadar güçlü bir ekosistem oluşturamadığı görülmektedir (Rosenbach et al., 2025b). Bu durum, Japonya modelinin güçlü yönünün üretim bilgisi ve teknoloji sürekliliği; sınırlılığının ise dijital platform ve girişim ölçekleme kapasitesi olduğunu göstermektedir.

Almanya modeli ise mühendislik, makine, otomotiv, kimya, endüstriyel ekipman, mesleki eğitim ve uygulamalı araştırma kurumları etrafında şekillenmektedir. Almanya'nın teknoloji kapasitesi, yalnızca büyük firmalarla değil; Mittelstand olarak bilinen orta ölçekli uzmanlaşmış firmalarla, teknik eğitim sistemiyle, sanayi standartlarıyla ve uygulamalı araştırma altyapısıyla birlikte gelişmektedir. Porter, Almanya'nın rekabet gücünü yüksek kaliteli mühendislik, uzmanlaşmış tedarikçi yapısı, kümelenme, teknik beceri ve uluslararası pazarlarda yüksek değerli ürünlerle rekabet etme kapasitesi üzerinden açıklamaktadır (Porter, 1990). Fraunhofer tipi kurumlar ise temel araştırma ile sanayi uygulaması arasında ara yüz oluşturarak Almanya'nın uygulamalı teknoloji kapasitesini güçlendirmektedir.

Almanya modelinin güçlü tarafı, üretim bilgisi ile mühendislik disiplinini birleştirebilmesidir. Buna karşılık bu model, hızlı büyüyen dijital platformlar, yazılım tabanlı iş modelleri, risk sermayesi ve yıkıcı yenilik alanlarında ABD modeli kadar esnek değildir. Harvard'ın ülke raporlarında Almanya'nın hassas mühendislik, kimya, mekanik sanayi ve temel araştırma kapasitesinde güçlü olduğu; fakat yapay zekâ ve dijital ölçekleme gibi alanlarda daha sınırlı performans gösterdiği belirtilmektedir (Rosenbach et al., 2025b). Bu durum, geleneksel sanayi gücünün yeni teknoloji dalgalarında otomatik liderlik sağlamadığını göstermektedir. Mühendislik ve üretim derinliği, yeni dijital ve yarı iletken tabanlı teknoloji alanlarıyla birleşmediği takdirde, ülke teknolojik dönüşümde güçlü ancak sınırlı bir aktör olarak kalabilmektedir.

Güney Kore, ABD merkezli teknoloji politikası anlatısına en dikkat çekici cevaplardan birini vermiştir. Kore modeli, büyük teknoloji firmaları, ihracat odaklı sanayi politikası, elektronik ve yarı iletken kapasitesi, yüksek eğitim düzeyi ve aktif patent politikasıyla şekillenmiştir. Erstling ve Strom'a göre Kore'nin patent politikası, yalnızca hukuki koruma sağlamaya yönelik pasif bir sistem değildir. Kore Fikri Mülkiyet Ofisi, yani KIPO, fikri mülkiyetin yaratılması, kullanılması, ticarileştirilmesi ve korunması süreçlerinde aktif rol üstlenmiş; KOBİ destekleri, patent eğitimi, patent bilgi hizmetleri, teknoloji transferi, patent değerlendirme ve çalışan buluşları gibi araçlarla patent sistemini kalkınma politikasının parçası haline getirmiştir (Erstling & Strom, 2010).

Kore deneyimi, teknoloji politikası bakımından özel bir ders sunmaktadır. ABD modeli güçlü üniversiteler, savunma Ar-Ge'si, risk sermayesi ve girişimcilik ekosistemi üzerinden ilerlerken; Kore modeli büyük firma ölçeği, devlet yönlendirmesi, ihracat disiplini, hızlı öğrenme ve aktif patent ofisi üzerinden gelişmektedir. Bu çerçevede patent ofisi, yalnızca başvuru inceleyen bir kurum değil,

teknoloji kapasitesi inşa eden bir politika aktörü haline gelmektedir. Kore'nin Samsung, LG, Hyundai ve SK gibi büyük firmalar etrafında geliştirdiği teknoloji kapasitesi, yarı iletkenler, ekran teknolojileri, batarya, otomotiv ve elektronik gibi alanlarda küresel rekabet gücü yaratmıştır. Ancak bu modelin sınırlılığı, büyük firma yoğunlaşması ve teknoloji portföyünün belirli sektörlerde yoğunlaşmasıdır.

Çin'in yükselişi ise 21. yüzyıl teknoloji rekabetinin en belirleyici gelişmelerinden biridir. Çin, başlangıçta düşük maliyetli üretim ve küresel tedarik zincirlerine entegrasyon yoluyla büyümüş; ancak zaman içinde üretimden öğrenme, hızlı ölçekleme, maliyet düşürme, süreç iyileştirme, yerli firma kapasitesi ve devlet yönlendirmesiyle daha karmaşık bir teknoloji aktörüne dönüşmüştür. Nahm ve Steinfeld, Çin'in imalat gücünü yalnızca düşük ücretler veya kamu sübvansiyonlarıyla açıklamanın yetersiz olduğunu; asıl başarının hızlı ölçekleme, üretim temposunu yönetme ve firmalar arası öğrenme süreçlerinden kaynaklandığını savunmaktadır (Nahm & Steinfeld, 2014). Bu yaklaşım, Çin'in teknoloji politikasında üretimin yalnızca nihai uygulama alanı değil, yenilik üretiminin kendisi olduğunu göstermektedir.

Çin modeli, ABD için yeni bir meydan okumadır. Japonya ve Almanya daha çok üretim, kalite ve mühendislik alanlarında ABD'yi zorlamışken, Çin hem üretim ölçeği hem de stratejik teknoloji hedefleri bakımından daha geniş bir meydan okuma oluşturmaktadır. Çin, yapay zekâ, 5G, elektrikli araçlar, batarya, güneş enerjisi, hızlı tren, dijital platformlar, kuantum ve biyoteknoloji gibi alanlarda büyük ölçekli kamu-özel sektör koordinasyonu yürütmektedir. Harvard kritik teknolojiler endeksinde de Çin'in özellikle biyoteknoloji ve kuantumda ABD'ye yaklaşmakta olduğu; buna karşılık ileri yarı iletkenler, litografi ekipmanları ve bazı ileri yapay zekâ bileşenlerinde dışa bağımlılığının devam ettiği belirtilmektedir (Rosenbach et al., 2025a). Bu nedenle Çin modeli güçlü ölçekleme

ve devlet yönlendirmesi üretmekte; ancak çekirdek teknolojilerde tam bağımsızlık henüz sağlanamamaktadır.

Avrupa içinde Fransa ve İtalya farklı örnekler sunmaktadır. Fransa, kamu stratejisi, ulusal teknoloji programları, nükleer enerji altyapısı, uzay teknolojileri, kuantum ve yapay zekâ alanlarında seçici politika kapasitesiyle öne çıkmaktadır. Harvard ülke raporlarında Fransa'nın yapay zekâ, kuantum ve uzay alanlarında Avrupa içinde güçlü bir konuma sahip olduğu; ancak yarı iletkenler, geç aşama finansman, veri merkezi ve hesaplama kapasitesi gibi alanlarda güçlendirmeye ihtiyaç duyduğu belirtilmektedir (Rosenbach et al., 2025b). Bu durum, kamu stratejisinin önemli olduğunu; ancak stratejik teknoloji liderliği için sermaye, altyapı, ölçekleme ve platform kapasitesinin de gerekli olduğunu göstermektedir.

İtalya ise sanayi mirası, KOBİ tabanı, tasarım kapasitesi, savunma ve uzay sanayii unsurlarına sahip olmakla birlikte, kritik teknolojilerde laboratuvarlardan pazara geçiş, özel sermaye mobilizasyonu, stratejik altyapı ve kurumsal koordinasyon alanlarında daha sınırlı bir model sunmaktadır. Harvard ülke raporlarında İtalya için Almanya'daki SPRIND veya ABD'deki Defense Innovation Unit benzeri, çift kullanımlı ve yükselen teknolojilere odaklanan yeni kurumsal mekanizmaların gerekli olduğu değerlendirilmektedir (Rosenbach et al., 2025b). Bu örnek, sanayi mirasına sahip ülkelerin dahi kritik teknolojilerde rekabet avantajı elde edebilmesi için patent, Ar-Ge, özel sermaye, kamu alımı ve ticarileştirme kanallarını birleştiren özel kurumlara ihtiyaç duyduğunu göstermektedir.

Bu ülke modelleri birlikte değerlendirildiğinde, ABD merkezli teknoloji politikası anlatısının tek yönlü bir yayılma hikâyesi olmadığı görülmektedir. ABD liderliği, diğer ülkeler için güçlü bir referans noktası oluşturmaktadır; ancak her ülke bu

liderliğe kendi tarihsel kurumları, sanayi yapısı, eğitim sistemi, devlet kapasitesi ve üretim kültürü üzerinden cevap vermektedir. Bu nedenle teknoloji politikası alanında “tek en iyi model”den söz etmek güçtür. Bunun yerine, farklı ülke modellerinin hangi kapasite bileşenlerini nasıl birleştirdiğine bakmak gerekmektedir. Bu karşılaştırmayı sistematik hale getirmek için ülke modellerinin temel özellikleri aşağıdaki tabloda özetlenmektedir.

Tablo 9 : Ulusal Teknoloji Politikası Modelleri

Ülke / Model	Güçlü Yön	Temel Politika Yaklaşımı	Sınırlılık	Teknoloji Politikası Açısından Önemi
ABD	Üniversite araştırması, savunma Ar-Ge’si, DARPA, risk sermayesi, büyük teknoloji firmaları	Bilimsel sermaye ile görev odaklı ve girişimci yenilik sistemini birleştirmek	Bazı üretim ve tedarik zinciri aşamalarında dışa bağımlılık	Liderlik, bilim, patent, sermaye, savunma ve girişimcilik ekosisteminin birleşimiyle oluşmaktadır
Japonya	Üretim kalitesi, yarı iletken malzemeleri, ekipman, otomotiv, robotik	Üretimden öğrenme, sürekli iyileştirme ve tedarik zinciri derinliği	Dijital platformlar ve yazılım ölçekleme kapasitesi sınırlı kalabilmektedir	Üretim bilgisi teknoloji üstünlüğünün temel parçasıdır
Almanya	Mühendislik, makine, kimya, otomotiv, Mittelstand, mesleki eğitim	Uygulamalı araştırma, teknik eğitim ve yüksek kaliteli sanayi üretimi	Yıkıcı dijital yenilik ve risk sermayesi kapasitesi sınırlıdır	Geleneksel sanayi gücü yeni teknoloji alanlarıyla birleştirilmelidir
Güney Kore	Büyük teknoloji firmaları, yarı iletkenler, elektronik, aktif patent ofisi	Devlet yönlendirmesi, ihracat disiplini, patent kapasitesi ve büyük firma ölçeği	Büyük firma yoğunlaşması ve dış teknoloji bağımlılığı riskleri	Patent ofisi teknoloji kapasitesi inşa eden aktif kurum olabilir
Çin	Ölçekleme, üretimden öğrenme, devlet yönlendirmesi, tedarik zinciri	Büyük ölçekli sanayi politikası ve hızlı ticarileştirme	İleri yarı iletken ekipmanı ve bazı çekirdek teknolojilerde bağımlılık	Ölçekleme ve üretim kapasitesi teknoloji rekabetinde belirleyicidir

Fransa	Kamu stratejisi, uzay, kuantum, yapay zekâ, nükleer altyapı	Seçici teknoloji alanlarında kamu yönlendirmesi	Geç aşama finansman, hesaplama kapasitesi ve yarı iletken açığı	Kamu stratejisi ölçekleme ve altyapıyla desteklenmelidir
İtalya	Sanayi mirası, KOBİ tabanı, tasarım, savunma ve uzay kapasitesi	Sanayi geleneğini yeni teknoloji ticarileştirme kurumlarıyla destekleme arayışı	Lab-to-market ve kurumsal koordinasyon sınırlıdır	Sanayi mirası özel ticarileştirme kurumlarıyla tamamlanmalıdır

Kaynak: Yazarın çalışması.

Bu karşılaştırma, modern teknoloji politikasının üç ortak bileşen etrafında şekillendiğini göstermektedir. Birincisi, bilimsel ve teknik bilgi üretimi gereklidir. Bu bileşen üniversiteler, araştırma kurumları, kamu Ar-Ge'si ve insan sermayesiyle ilgilidir. İkincisi, bilginin korunması ve ekonomik değere dönüşmesi gerekmektedir. Bu bileşen patent sistemi, teknoloji transferi, lisanslama, girişim sermayesi ve firma stratejileriyle ilişkilidir. Üçüncüsü, bilginin üretim ve pazar sistemine yerleşmesi gerekmektedir. Bu da ileri imalat, test altyapısı, tedarik zinciri, ölçekleme finansmanı ve kamu alımlarıyla mümkündür.

Netice itibarıyla, ABD merkezli teknoloji politikası anlatısı dünya teknoloji rekabetinin ana referans çizgisini oluşturmaktadır; ancak diğer ülkeler bu çizgiye kendi kurumsal ve tarihsel birikimleri üzerinden cevap vermektedir. Japonya üretim ve kalite disipliniyle, Almanya mühendislik ve uygulamalı araştırma kurumlarıyla, Güney Kore aktif patent politikası ve büyük firma yapısıyla, Çin ölçekleme ve devlet yönlendirmesiyle, Fransa seçici kamu stratejisiyle, İtalya ise sanayi mirasını ticarileştirme kurumlarıyla destekleme arayışıyla farklı teknoloji politikası yolları geliştirmektedir. Bu tablo, teknoloji politikasında asıl meselenin tek bir modeli kopyalamak değil, bilim, mühendislik, patent, üretim, finansman ve pazar bağlantılarını

ülkenin kendi kurumsal gerçekliği içinde doğru biçimde kurmak olduğunu göstermektedir.

Bu noktadan sonra birinci bölümün son alt başlığı olarak, bu tarihsel ve kurumsal anlatının kavramsal sentezi yapılmalıdır. Böylece teknolojik üstünlük, patent sistemi, bilimsel sermaye, beşerî sermaye, bağlantılı yenilik kurumları, ileri imalat ve kritik teknoloji portföyleri aynı analitik çerçevede birleştirilebilecektir.

2.10. Bilimsel Sermayeden Kritik Teknoloji Portföyelerine

Buraya kadar izlenen tarihsel çizgi, teknoloji politikasının doğrusal ve tek boyutlu bir alan olmadığını göstermektedir. Erken modern dönemde denizcilik teknolojileri imparatorluk kurma kapasitesi üretmiş; Sanayi Devrimi buhar, dokuma ve mekanik üretim üzerinden sürekli verimlilik artışına dayalı yeni bir güç mimarisi oluşturmuş; İkinci Sanayi Devrimi elektrik, kimya, motor teknolojileri, büyük firma organizasyonu ve kurumsal Ar-Ge laboratuvarlarıyla teknoloji üstünlüğünü daha bilim-temelli ve ölçek yoğun bir yapıya taşımıştır. II. Dünya Savaşı ise bilimin, devletin, sanayinin, üniversitelerin ve askerî ihtiyaçların aynı stratejik hedef etrafında seferber edilebileceğini göstermiştir. Bu süreç, ABD merkezli modern teknoloji politikası anlatısının kurumsal zeminini hazırlamıştır.

ABD deneyimi, teknoloji politikasının birbirini tamamlayan iki ana eksen üzerinde geliştiğini göstermektedir. Birinci eksen, Bush'un *Science, the Endless Frontier* raporunda ifadesini bulan temel araştırma, bilimsel sermaye ve bilimsel yetenek üretimi eksenidir. Bu yaklaşım, uzun dönemli teknoloji üstünlüğünün üniversite araştırmaları, kamu destekli bilimsel bilgi üretimi ve nitelikli araştırmacı havuzu olmadan kurulamayacağını ortaya koymaktadır (Bush, 1945/2020; Zachary, 1997). İkinci eksen ise Rad Lab, Los Alamos, Manhattan Projesi, DARPA, NASA, Sematech, ARPA-E ve ileri imalat enstitüleri gibi örneklerde görülen bağlantılı yenilik

kurumları eksenidir. Bu yaklaşım, temel bilginin ancak uygulama, prototip, test, üretim, patent, ticarileştirme ve pazar mekanizmalarıyla birleştiğinde stratejik teknoloji üstünlüğüne dönüşebildiğini göstermektedir (Bonvillian, 2014; Bonvillian & Singer, 2018; Ruttan, 2006).

Bu iki eksenin birlikte okunması gerekmektedir. Sadece temel araştırmaya dayalı bir teknoloji politikası, güçlü bilimsel bilgi üretmekte; ancak bu bilginin patente, ürüne, firmaya, üretim kapasitesine ve ihracat değerine dönüşmesini her zaman garanti etmemektedir. Sadece kısa vadeli uygulamalı Ar-Ge veya sanayi desteğine dayalı bir politika ise derin bilimsel bilgi birikimi olmadan kritik teknolojilerde kalıcı liderlik üretememektedir. Stokes'un Pasteur karesi tam da bu nedenle önemlidir. Kullanım ilhamlı temel araştırma, temel bilimsel anlayışı stratejik kullanım hedefleriyle birleştirmekte ve günümüz kritik teknolojilerinin büyük bölümünü açıklamak için güçlü bir çerçeve sunmaktadır (Stokes, 1997).

Patent sistemi bu çerçevenin merkezinde yer almaktadır. Patent, yalnızca buluş sahibine hukuki koruma sağlayan bir belge değildir. Patent sistemi, teknik bilginin açıklanması karşılığında buluş sahibine belirli bir süre münhasır hak tanımakta; böylece Ar-Ge yatırımını, zihinsel emeği ve teknolojik riski süreli rekabet avantajına dönüştürmektedir. Bu nedenle patent, bilgi üretimi ile piyasa rekabeti arasındaki temel kurumsal ara yüzlerden biridir. Ancak patentin stratejik değeri, yalnızca tescil edilmesinde değil; lisanslanması, üretime aktarılması, firmalaşması, ölçeklenmesi ve küresel değer zincirlerinde kullanılabilmesinde ortaya çıkmaktadır (Lamoreaux & Sokoloff, 2001; Mowery et al., 2004).

Bu noktada teknoloji politikası, bilim politikasından daha geniş bir alana dönüşmektedir. Bilim politikası temel araştırmayı, araştırmacı yetiştirmeyi ve bilgi üretimini desteklemektedir. Teknoloji politikası ise bu bilgi üretimini patent, prototip, test,

Üretim, ticarileştirme, kamu alımı, tedarik zinciri ve uluslararası rekabet bağlamında yönetmektedir. Sanayi politikası ise bu süreci sektörler, üretim kapasitesi, firma leği, yatırım, dış ticaret ve stratejik bağımlılıklar üzerinden tamamlamaktadır. Günümüzde bu üç alan giderek i içe geçmektedir. Yarı iletkenler, yapay zekâ, biyoteknoloji, kuantum, enerji teknolojileri, ileri malzemeler, savunma sistemleri ve hidrojen gibi alanlarda bilim politikası, patent politikası, sanayi politikası ve güvenlik politikası birbirinden ayrı düşünülememektedir.

ABD merkezli anlatının güncel önemi de burada ortaya çıkmaktadır. ABD, modern teknoloji politikasının birçok kurumsal aracını geliştiren lider ülke konumundadır. Üniversite merkezli temel araştırma, federal Ar-Ge fonlaması, savunma temelli teknoloji geliştirme, DARPA tipi görev odaklı kurumlar, Bayh-Dole ile niversite patentlerinin ticarileştirilmesi, SBIR ile küçük teknoloji firmalarının desteklenmesi, Sematech ile sektör düzeyinde yarı iletken kapasitesinin güçlendirilmesi, ARPA-E ile enerji teknolojilerinde yüksek riskli projelerin desteklenmesi, Manufacturing USA ile ileri imalat altyapısının güçlendirilmesi bu anlatının temel halkalarını oluşturmaktadır (Bonvillian, 2014; Bonvillian & Van Atta, 2011; Mowery et al., 2004).

Ancak ABD modeli tek başına evrensel bir reçete sunmamaktadır. Japonya, Almanya, Güney Kore, Çin, Fransa ve İtalya rnekleri, teknoloji politikasında farklı kurumsal yolların mümkün olduğunu göstermektedir. Japonya üretimden öğrenme, kalite ve tedarik zinciri derinliğiyle; Almanya mühendislik, Mittelstand, mesleki eğitim ve uygulamalı araştırma kurumlarıyla; Güney Kore aktif patent ofisi, büyük teknoloji firmaları ve ihracat disipliniyle; Çin hızlı ölçekleme, üretimden öğrenme ve devlet yönlendirmesiyle; Fransa seçici kamu stratejisi, uzay, kuantum ve yapay zekâ girişimleriyle; İtalya ise sanayi mirasını yeni ticarileştirme kurumlarıyla destekleme arayışıyla farklı birer model

sunmaktadır (Erstling & Strom, 2010; Freeman, 1987; Johnson, 1982; Nahm & Steinfeld, 2014; Rosenbach et al., 2025a, 2025b).

Bu farklı modeller, teknoloji politikasının üç temel kapasiteyi birlikte gerektirdiğini göstermektedir: bilgi üretme kapasitesi, bilgiyi koruma ve ticarileştirme kapasitesi, bilgiyi üretim ve pazar sistemine yerleştirme kapasitesi. Bilgi üretme kapasitesi üniversiteler, araştırma kurumları, bilimsel yetenek ve Ar-Ge altyapısıyla ilişkilidir. Koruma ve ticarileştirme kapasitesi patent sistemi, teknoloji transferi, lisanslama, girişimcilik, risk sermayesi ve firma stratejileriyle ilgilidir. Üretim ve pazar kapasitesi ise ileri imalat, tedarik zinciri, test-demonstrasyon altyapısı, kamu alımı, ölçekleme finansmanı ve uluslararası pazarlara erişimle şekillenmektedir. Bu kavramsal sentezi aşağıdaki tabloda özetlemek mümkündür.

Tablo 10 : Teknoloji Politikası Kavramının Temel Kapasite Bileşenleri

Kapasite Bileşeni	Temel Sorular	Başlıca Kurum / Araç	Örnek Ülke veya Program	Teknoloji Politikası Açısından Önemi
Bilimsel sermaye	Yeni bilimsel bilgi nasıl üretilecektir?	Üniversiteler, temel araştırma fonları, ulusal laboratuvarlar	Bush modeli, NSF, NIH	Uzun dönemli teknoloji üstünlüğünün bilgi altyapısını oluşturmaktadır
Beşerî sermaye	Bilim insanı, mühendis, teknisyen ve teknolog havuzu nasıl büyütülecektir?	Eğitim sistemi, doktora programları, teknik eğitim, mesleki eğitim	ABD üniversite sistemi, Almanya mesleki eğitim modeli	Patentlenebilir teknoloji üretiminin insan kaynağı temelini oluşturmaktadır
Kullanım ilhamlı araştırma	Temel bilim stratejik kullanım hedefleriyle nasıl birleştirilecektir ?	Görev odaklı araştırma programları, teknoloji misyonları	Pasteur karesi, DARPA, ARPA-E	Kritik teknolojilerde bilim ile uygulama arasındaki kopukluğu azaltmaktadır
Patent ve fikri mülkiyet	Zihinsel emek ve Ar-Ge	Patent sistemi, lisanslama, teknoloji	ABD Bayh-Dole, Kore KIPO modeli	Bilgiyi süreli rekabet avantajına ve

	yatırımı nasıl korunacaktır?	transferi, patent değerlendirme		ekonomik değere dönüştürmektedir
Bağlantılı yenilik kurumları	Araştırma, prototip, test ve pazar nasıl bağlanacaktır?	DARPA tipi ajanslar, konsorsiyumlar, teknoloji enstitüleri	DARPA, Sematech, Manufacturing USA	Ölüm vadisini azaltmakta ve teknolojinin uygulamaya geçişini hızlandırmaktadır
Üretim ve ileri imalat	Patentli bilgi üretim kapasitesine nasıl dönüşecektir?	Test yatakları, prototipleme merkezleri, üretim enstitüleri	Japonya üretim modeli, Almanya Fraunhofer, Manufacturing USA	Üretimden öğrenme ve ölçekleme kapasitesini teknoloji politikasına dahil etmektedir
Tedarik zinciri ve stratejik otonomi	Kritik teknoloji bağımlılıkları nasıl yönetilecektir?	Tedarik zinciri haritalama, yerli üretim, müttefik koordinasyonu	CHIPS ve Bilim Yasası, yarı iletken politikaları	Teknoloji politikasını jeoekonomik güvenlik alanına taşımaktadır
Pazar ve ölçekleme	Teknoloji nasıl yaygınlaşacak ve ekonomik değere dönüşecektir?	Kamu alımı, ilk pazar, ölçekleme finansmanı, risk sermayesi	SBIR, kamu alımları, ARPA-E teknoloji başlatma yaklaşımı	Patentli teknolojinin firma, ürün, ihracat ve sanayi kapasitesine dönüşmesini sağlamaktadır
Teknoloji portföyü	Birbirini tamamlayan teknoloji alanları nasıl birlikte yönetilecektir?	Kritik teknoloji stratejileri, patent portföyleri, sektör yol haritaları	Hidrojen, yarı iletken, yapay zekâ, enerji wedge yaklaşımı	Tekil patentlerden stratejik teknoloji kümelerine geçişi sağlamaktadır

Kaynak: Yazarın çalışması.

Bu tablo, modern teknoloji politikasının yalnızca bir destek programı veya tekil kurumsal araçla açıklanamayacağını göstermektedir. Teknoloji politikası, uzun dönemli bilimsel sermaye üretimiyle başlamaktadır; ancak burada sona ermemektedir. Bilginin patentlenmesi, prototipe dönüşmesi, test edilmesi, üretime aktarılması, pazar bulması ve tedarik zincirine yerleşmesi gerekmektedir. Bu nedenle çağdaş teknoloji politikasında asıl

mesele, yenilik zincirinin tüm halkalarını birbirine bağlayan kurumsal mimariyi kurabilmektir.

Netice itibarıyla, bu bölümde ortaya konulan tarihsel gelişim süreci, günümüz teknoloji rekabetini anlamak için üç temel sonuç üretmektedir.

1. Teknolojik üstünlük tarih boyunca dünya güç merkezlerini belirleyen ana faktörlerden biri olmuştur.
2. ABD merkezli modern teknoloji politikası gelişim süreci, temel araştırma, savunma Ar-Ge'si, patent sistemi, bağlantılı yenilik kurumları, risk sermayesi ve üretim kapasitesinin birlikte çalıştığı özgün bir model üretmiştir.
3. Japonya, Almanya, Güney Kore, Çin ve Avrupa ülkeleri bu lider modele kendi kurumsal ve tarihsel kapasiteleri üzerinden farklı yanıtlar geliştirmiştir.

Bu çerçeve, sonraki bölümde kuramsal derinliği artırılarak ele alınmıştır. Özellikle teknolojik değişimin büyüme teorisindeki yeri, Romer'in içsel büyüme yaklaşımı, bilginin rekabetçi olmayan fakat patent yoluyla kısmen dışlanabilir niteliği, beşerî sermayenin teknoloji üretimindeki rolü ve patent sisteminin Ar-Ge yatırımlarını rekabet avantajına dönüştürme işlevi ayrıntılı biçimde tartışılmaktadır.

3. PATENT SİSTEMİ, TEKNOLOJİK DEĞİŞİM ve EKONOMİK GELİŞME

Patent Sisteminin İktisadi Felsefesi

Patent sistemi, modern teknoloji politikasının en eski ve en güçlü kurumsal araçlarından biridir. Patent, teknik bir buluşun topluma açıklanması karşılığında buluş sahibine belirli bir süre münhasır hak tanıyan hukuki ve iktisadi bir mekanizma olarak işlemektedir. Patent sisteminin iktisadi gerekçesi, buluş sahibine sağlanan süreli koruma ile toplumsal bilgi yayılımı arasında kurulan dengeye dayanmaktadır (Machlup, 1958; Machlup & Penrose, 1950). Bu yönüyle patent, yalnızca bir tescil belgesi değil; bilgi üretimi, Ar-Ge yatırımı, teknolojik risk, firma stratejisi ve rekabet avantajı arasında kurulan kurumsal bir sözleşmedir. Patent sisteminin temel felsefesi, yeni teknik bilginin topluma açıklanmasını sağlamak, buluş sahibinin zihinsel emeğini korumak ve Ar-Ge yatırımının ekonomik getiriye dönüşmesini mümkün kılmaktır.

Patent kavramının tarihsel gelişimi, ayrıcalık, buluş, açıklama ve rekabet arasındaki ilişkinin zaman içinde kurumsallaşmasıyla şekillenmiştir. Erken modern Avrupa’da patentler başlangıçta çoğu zaman kraliyet ayrıcalıkları veya belirli üretim alanlarına ilişkin imtiyazlar biçiminde ortaya çıkmıştır. Ancak modern patent düşüncesi, keyfi ayrıcalıktan farklı olarak yeni, teknik ve uygulanabilir buluşun korunması fikrine dayanmaktadır. Venedik Patent Yasası’nın 1474 tarihli düzenlemesi ve İngiltere’de 1624 tarihli Statute of Monopolies, patent sisteminin ayrıcalık rejiminden buluşa dayalı süreli koruma rejimine geçişinde önemli tarihsel eşikler olarak değerlendirilmektedir (Machlup & Penrose, 1950; May & Sell, 2006). Bu dönüşüm, patentin meşruiyetini soyut bir tekel hakkından değil, teknik yeniliğin topluma açıklanması ve ekonomik gelişmeye katkı sağlaması fikrinden almaktadır.

Bu nedenle patent sisteminin merkezinde bir denge bulunmaktadır. Bir yandan teknik bilginin toplumun ortak bilgi havuzuna katılması istenmektedir. Diğer yandan bu bilgiyi üreten buluş sahibinin, araştırmacının, mühendisin veya firmanın yaptığı yatırımın karşılığını

alması gerekmektedir. Buluşun hiç korunmadığı bir durumda, teknik bilgi kolayca taklit edilebilmekte ve Ar-Ge yatırımının getirisi yatırımcı tarafından yeterince içselleştirilememektedir. Bu durum, özellikle maliyetli, uzun süreli ve yüksek riskli araştırma faaliyetlerinde özel sektörün yenilik üretme motivasyonunu zayıflatmaktadır. Arrow'un bilgi ekonomisi yaklaşımı, bilginin kamu malı özellikleri taşıması nedeniyle piyasa mekanizmasının Ar-Ge yatırımlarını toplumsal olarak arzu edilen düzeyin altında bırakabileceğini göstermektedir (Arrow, 1962). Nelson da temel araştırma ve bilimsel bilgi üretiminin pozitif dışsallıklar yarattığını ve bu nedenle kamu politikasıyla desteklenmesi gerektiğini savunmaktadır (Nelson, 1959).

Patent sistemi bu soruna kurumsal bir çözüm üretmektedir. Buluş sahibi teknik bilgisini açıklamakta; toplum bu bilgiye patent dokümanı yoluyla erişmekte; buna karşılık buluş sahibine belirli süreyle üçüncü kişilerin izinsiz üretim, kullanım, satış veya ithalat faaliyetlerini engelleme hakkı verilmektedir. Böylece patent, bilginin tamamen gizli kalmasını önleyen ve aynı zamanda buluş sahibinin yatırım getirisini koruyan bir ara mekanizma oluşturmaktadır. Patent sisteminin özü, bu nedenle **süreli, sınırlı ve kurallı bir rekabet avantajı** sağlamaktır.

Bu avantajın iktisadi anlamı, kalıcı bir tekel yaratmak değildir. Patent, belirli bir süre için monopolistik rekabet avantajı sağlamaktadır; ancak bu avantaj yeniliğin açıklanması, yenilik kriterlerinin karşılanması ve koruma süresinin dolması halinde bilginin serbest kullanım alanına geçmesi koşullarına bağlıdır. Schumpeter'in yenilik ve yaratıcı yıkım yaklaşımı açısından bakıldığında, yenilikçi firma geçici monopol kârı elde ederek yeni teknoloji geliştirme motivasyonu kazanmaktadır. Ancak bu geçici üstünlük, yeni rakiplerin, yeni teknolojilerin ve sonraki yenilik dalgalarının ortaya çıkmasıyla sürekli olarak aşılmaktadır (Schumpeter, 1942). Dolayısıyla patent sistemi, rekabeti ortadan kaldırmamakta; aksine yenilik yoluyla rekabeti teşvik eden kurumsal bir mekanizma kurmaktadır.

Aşağıdaki şekil, patent sistemlerinin tarihsel gelişimini yerel ayrıcalık düzenlemelerinden küresel teknoloji rekabetinin kurumsal altyapısına uzanan bir çizgide özetlemektedir. Süreç, 1474 Venedik Patent Yasası ve 1624 İngiltere Statute of Monopolies ile buluş sahibine süreli

koruma verilmesi fikrinin kurumsallaşmasıyla başlamaktadır. 1790 ABD Patent Yasası modern patent sisteminin ulusal düzeyde güçlenmesini temsil etmekte; 19. yüzyıl Sanayi Devrimi ile patentler sanayi üretimi, makineleşme ve teknolojik rekabetin temel araçlarından biri haline gelmektedir. 1883 Paris Sözleşmesi, 1970 Patent Cooperation Treaty ve 1977 Avrupa Patent Sistemi ise patent korumasının ulusal sınırların ötesine taşınarak uluslararası ve bölgesel işbirliği mekanizmalarıyla güçlendiğini göstermektedir. 1995 TRIPS dönemiyle patent koruması küresel ticaret düzeninin ayrılmaz bir parçası haline gelmekte; 2000’ler sonrasında ise dijital teknolojiler, biyoteknoloji, yarı iletkenler ve yapay zekâ gibi kritik alanlar patent sistemini doğrudan küresel teknoloji rekabetinin merkezine yerleştirmektedir. Netice itibarıyla patent sistemi, tarihsel olarak yerel imtiyazlardan başlayarak Ar-Ge, teknoloji üretimi, uluslararası rekabet ve stratejik üstünlük arayışını yöneten küresel bir kurumsal yapıya dönüşmektedir.

Şekil 7 : Dünyada Patent Sistemlerinin Gelişim Süreci

Patent sistemleri, teknolojik değişim, küresel işbirliği ve ekonomik dönüşümle birlikte evrilmiştir.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1474	1624	1790-1880'ler	1883	1970'ler	1990'lar	2000'ler	Günümüz	Günümüz	Gelecek
	Venedik Patent Yasası	İngiltere Statute of Monopolies	ABD Patent Yasası ve Sanayi Devrimi	Paris Sözleşmesi	PCT ve Avrupa Patent Sistemi	Küreselleşme ve TRIPS	Dijitalleşme ve Patent Patlaması	Küresel Teknoloji Rekabeti	Yeşil ve Dijital Dönüşüm	Açık İnovasyon ve Küresel İşbirliği
	Dünyanın bilinen ilk patent yasası. Teknolojik ayrıcalığın başlangıcı.	Patentlerin keyfi tekel yerine buluş teşviki için verilmesi ikesi benimsendi.	İlk federal patent yasası çıkarıldı; sanayi toplumu ve kitlesel üretim ivme kazandı.	Uluslararası patent korumasında eşit muamele prensibi kabul edildi.	1970 PCT başladı; 1973 EPC imzalandı; 1977 EPO kuruldu.	1995 TRIPS ile küresel asgari patent koruma standartları belirlendi.	Patent başvuruları küresel ölçekte hızla arttı; dijital dönüşüm ve Ar-Ge yatırımları öne çıktı.	Yapay zekâ, biyoteknoloji ve temiz enerji alanlarında patent rekabeti yoğunlaşıyor.	Sürdürülebilirlik, yeşil dönüşüm ve dijital egemenlik patent stratejilerinin merkezine yerleşti.	Açık inovasyon, entelektüel sermaye odaklı büyüme ve küresel işbirliği ön plana çıkıyor.
KRİTİK TEKNOLOJİLER										
	Cam işçiliği, gemi yapımı	Matbaanın yaygınlaşması	Buhar makinesi, tekstil, demiryolu	Elektrik, telgraf, çelik üretimi	Mikroelektronik, nükleer enerji, ilk PC'ler, yazılımın başlangıcı	İnternetin yaygınlaşması, mobil iletişim	Yazılım, bulut bilişim, e-ticaret, biyoteknoloji	Yapay zekâ, büyük veri, nanoteknoloji	Yenilenebilir enerji, yeşil teknoloji, dijital platformlar	Kuantum bilişim, sentetik biyoloji, uzay teknolojileri
ÖNCÜ COĞRAFYALAR										
	Venedik (İtalya)	İngiltere	ABD, İngiltere, Almanya	Avrupa, ABD	Avrupa, ABD, Japonya	ABD, AB, Japonya	ABD, AB, Japonya, Çin	ABD, AB, Japonya, Güney Kore, Çin, Hindistan	Çin, ABD, AB, Güney Kore, Almanya	Küresel işbirliği ve çok merkezli rekabet
KÜRESEL TRENDLER										
	Ticaretin genişlemesi	Hukuki altyapının güçlenmesi	Sanayileşme ve üretim artışı	Uluslararası işbirliği ve standartlaşma	Küresel koruma mekanizmalarının gelişimi	Küreselleşme ve ticaretin artışı	Ar-Ge yatırımlarında ve patent başvurularında artış	Teknoloji rekabeti ve stratejik patentleşme	Sürdürülebilirlik ve dijital egemenlik odaklı rekabet	Açık inovasyon ve küresel dayanışma
	ÖZET Patent sistemleri, ihtiyaçlara, teknolojik gelişmelere ve küresel işbirliğine paralel olarak dönüşmüş; günümüzde inovasyon ekonomisinin temel yapı taşı haline gelmiştir.									

Kaynak: Yazarın çalışması.

Patent sisteminin iktisadi yaklaşımı, Ar-Ge yatırımının yüksek maliyetli ve riskli olmasıyla yakından ilişkilidir. Bir buluşun ortaya çıkması çoğu zaman uzun süreli laboratuvar çalışması, yüksek nitelikli insan kaynağı, deneme-yanılma, başarısız prototipler, teknik testler, sermaye yatırımı ve pazar belirsizliği gerektirmektedir. Buna karşılık başarılı bir buluşun taklit edilmesi çoğu zaman buluşun geliştirilmesinden daha ucuzdur. Eğer taklitçi, buluşu geliştirenle aynı piyasa koşullarında rekabet ederse, ilk buluş sahibinin Ar-Ge yatırımını geri kazanması güçleşmektedir. Patent sistemi, bu asimetriyi azaltmakta ve ilk buluş sahibine yatırımını geri kazanabileceği sınırlı bir zaman aralığı sağlamaktadır. Nordhaus'un optimal patent süresi tartışması da patent sisteminin bu denge üzerine kurulduğunu göstermektedir: Koruma süresi çok kısa olursa yenilik teşviki zayıflamakta; çok uzun olursa toplumsal refah açısından tekeldi maliyetler artmaktadır (Nordhaus, 1969).

Özetle patent, bilgi ekonomisinin temel gerilimini kurumsal olarak yönetmektedir: Bilgi toplumsal olarak yayıldıkça değeri artmakta; ancak üreticisine hiçbir özel getiri sağlamazsa yeterince üretilmemektedir. Romer'in içsel büyüme yaklaşımı bu noktada patent sisteminin teorik önemini daha açık hale getirmektedir. Romer'e göre teknolojik bilgi rekabetçi olmayan bir varlıktır; bir fikrin kullanılması başka aktörlerin aynı fikri kullanmasını zorunlu olarak engellememektedir. Ancak fikirlerin üretilmesi için araştırmacıların ve firmaların yatırım yapması gerekmektedir. Patent ve benzeri fikri mülkiyet mekanizmaları, teknolojik bilginin kısmen dışlanabilir hale gelmesini sağlayarak özel getiriye mümkün kılmakta ve Ar-Ge faaliyetlerine teşvik üretmektedir (Romer, 1990).

Patent sisteminin teknoloji politikası açısından önemi yalnızca buluş sahibini korumasından kaynaklanmamaktadır. Patent aynı zamanda teknik bilginin yazılı, sınıflandırılmış, aranabilir ve analiz edilebilir bir bilgi havuzuna dönüşmesini sağlamaktadır. Patent dokümanları, buluşun teknik alanını, çözmeye çalıştığı

problemi, mevcut teknikten farkını ve önerilen çözümü ortaya koymaktadır. Bu nedenle patentler, firmalar ve devletler için yalnızca koruma aracı değil; teknoloji istihbaratı, rakip analizi, boşluk alanı tespiti, Ar-Ge yönlendirmesi ve sanayi politikası tasarımı için de stratejik veri kaynağıdır. Mazzoleni ve Nelson, patent sisteminin farklı işlevleri arasında buluş teşviki, teknoloji açıklaması, ticarileştirme, araştırma yönlendirme ve müzakere aracı olma gibi boyutların birlikte değerlendirilmesi gerektiğini belirtmektedir (Mazzoleni & Nelson, 1998).

Burada patent sisteminin sınırlarını da gözden kaçırmamak gerekmektedir. Patent koruması bazı durumlarda takip eden yenilikleri zorlaştırabilmekte, patent yığılmaları oluşturabilmekte, dava maliyetlerini artırabilmekte veya stratejik patentleme yoluyla rekabeti sınırlandırabilmektedir. Özellikle biyoteknoloji, yazılım, yarı iletkenler ve telekomünikasyon gibi birikimli yenilik alanlarında patentler hem teşvik edici hem de engelleyici etkiler üretebilmektedir. Scotchmer, birikimli yenilik süreçlerinde ilk buluşlar ile sonraki iyileştirmeler arasındaki teşvik dengesinin dikkatle kurulması gerektiğini vurgulamaktadır (Scotchmer, 2004). Bu nedenle güçlü patent sistemi, her durumda daha fazla yenilik anlamına gelmemektedir. Patent kalitesi, istem kapsamı, inceleme niteliği, lisanslama piyasaları, rekabet hukuku ve teknoloji transfer mekanizmaları birlikte tasarlanmalıdır.

Buna rağmen patent sisteminin temel işlevi modern teknoloji politikasının merkezinde kalmaktadır. Patent, Ar-Ge'ye yatırım yapan ülkelerin ve firmaların bu yatırımın karşılığını süreli rekabet avantajı olarak elde etmesini sağlamaktadır. Bu yönüyle patent sistemi, teknolojik rekabetin kurumsal zeminlerinden biridir. Bilime, mühendisliğe, eğitime, laboratuvar altyapısına, araştırmacıya ve firma içi Ar-Ge kapasitesine yatırım yapan aktörler, patent sistemi yoluyla geliştirdikleri teknolojiyi koruma, lisanslama, ticarileştirme

ve küresel pazarlarda rekabet avantajına dönüştürme imkânı elde etmektedir.

Bu nedenle patent sistemini eşitlikçi dağılım veya teknolojinin herkes tarafından aynı anda serbestçe kullanılmasını sağlayan bir mekanizma olarak değil; yenilik üretimini teşvik eden, zihinsel emeği koruyan ve Ar-Ge yatırımını ekonomik rekabete bağlayan bir kurum olarak değerlendirmek gerekmektedir. Patent, başkalarının hak ettiği bir fırsatı elinden alan bir mekanizma değildir. Aksine, uzun süreli araştırma, mühendislik emeği ve finansal risk sonucunda geliştirilen teknik çözümün belirli süreyle korunmasını sağlayarak daha fazla yenilik üretimini teşvik etmektedir. Bu koruma süresi sona erdiğinde ise teknik bilgi kamusal bilgi havuzunun parçası haline gelmektedir. Aşağıdaki tablo patent sisteminin iktisadi anlayışını özetlemektedir.

Tablo 11 : Patent Sisteminin İktisadi Felsefesi ve Teknoloji Politikası Açısından İşlevleri

Boyut	Açıklama	Teknoloji Politikası Açısından Önemi
Buluşun açıklanması	Patent sahibi teknik çözümünü kamuya açıklamaktadır	Teknik bilgi gizli kalmamakta, toplumun bilgi havuzuna eklenmektedir
Sürelî münhasır hak	Buluş sahibine belirli süreyle izinsiz kullanımı engelleme hakkı verilmektedir	Ar-Ge yatırımının geri dönüşü için rekabet avantajı sağlanmaktadır
Ar-Ge teşviki	Taklit riskine karşı buluş sahibinin getirisi korunmaktadır	Yüksek riskli araştırma ve teknoloji geliştirme yatırımları desteklenmektedir
Bilginin kısmen dışlanabilirliği	Rekabetçi olmayan teknik bilgi patentle kısmen dışlanabilir hale gelmektedir	Romerci anlamda fikir üretimi için piyasa teşviki oluşmaktadır
Teknoloji transferi	Patent lisanslama, satış, ortaklık ve girişimleşme süreçlerine konu olabilmektedir	Buluşun ekonomik değere dönüşmesi kolaylaşmaktadır

Teknoloji istihbaratı	Patent dokümanları teknik eğilimleri ve rakiplerin yönelimini göstermektedir	Devletler ve firmalar için stratejik teknoloji haritalama aracı olmaktadır
Rekabet avantajı	Patent, yenilikçi aktöre süreli monopolistik rekabet avantajı sağlamaktadır	Teknolojik liderlik ve firma stratejisi açısından kritik araçtır
Toplumsal denge	Koruma süresi sonunda bilgi serbest kullanım alanına geçmektedir	Yenilik teşviki ile bilgi yayılımı arasında denge kurulmaktadır
Sınırlar ve riskler	Aşırı geniş veya düşük kaliteli patentler takip eden yenilikleri zorlaştırabilmektedir	Patent kalitesi, rekabet hukuku ve lisanslama mekanizmaları önem kazanmaktadır

Kaynak: Yazarın çalışması.

Netice itibarıyla, patent sisteminin felsefesi, bilgi üretimini ödüllendirmek ve teknik bilginin topluma açıklanmasını sağlamak üzerine kuruludur. Patent, Ar-Ge'ye yatırım yapan aktörlere süreli ve kurallı bir rekabet avantajı tanımakta; bu avantaj aracılığıyla daha fazla teknolojik yenilik üretimini teşvik etmektedir. Bu nedenle patent sistemi, modern teknoloji politikasında bilimsel araştırma, beşerî sermaye, firma stratejisi, ticarileştirme ve küresel rekabet arasında kurulan temel kurumsal bağlantılardan biridir. Bu kurumsal bağlantı anlaşılmadan, teknolojik değişimin büyüme üzerindeki etkisini veya patent başvurularının belirli ülkelerde neden yoğunlaştığını açıklamak mümkün değildir.

3.1. Ar-Ge, Teknolojik Değişim ve Büyüme Teorisi

Patent sisteminin iktisadi felsefesi, Ar-Ge yatırımı sonucunda ortaya çıkan teknik bilginin süreli ve kurallı bir rekabet avantajına dönüştürülmesine dayanmaktadır. Ancak bu mekanizmanın teknoloji politikası açısından neden merkezi önemde olduğunu açıklamak için, teknolojik değişimin ekonomik büyüme teorisi içindeki yerine bakmak gerekmektedir. Çünkü patent sistemi yalnızca buluş sahibini koruyan hukuki bir araç değildir; aynı

zamanda teknolojik değişimi, firma rekabetini, üretkenlik artışını ve uzun dönemli büyümeyi etkileyen kurumsal bir mekanizmadır.

Modern büyüme literatüründe teknolojik değişimin merkezi konuma yerleşmesi Solow'un çalışmalarıyla başlamaktadır. Solow, ekonomik büyümenin yalnızca emek ve sermaye artışıyla açıklanamayacağını; uzun dönemli üretkenlik artışının önemli bir bölümünün teknik değişimden kaynaklandığını göstermektedir (Solow, 1957). Bu yaklaşım, teknolojiyi büyümenin tali bir unsuru olmaktan çıkarıp, ekonomik refah artışının temel kaynaklarından biri haline getirmiştir. Abramovitz'in geleneksel üretim faktörleriyle açıklanamayan büyüme kısmını "cehaletimizin ölçüsü" olarak tanımlaması da aynı tartışmanın parçasıdır. Bu ifade, emek ve sermaye dışında kalan bilgi, organizasyon, verimlilik, beceri, teknoloji ve kurumsal kapasite unsurlarının büyüme üzerindeki belirleyici rolünü vurgulamaktadır (Abramovitz, 1956).

Solowcu yaklaşımın teknoloji politikası açısından önemi büyüktür; çünkü bu yaklaşım, teknoloji üretmeyen ekonomilerin uzun dönemli üretkenlik artışında sınırlı kalacağını göstermektedir. Ancak Solow modelinin temel sınırlılığı, teknolojiyi büyük ölçüde dışsal bir unsur olarak ele almasıdır. Model, teknolojik değişimin büyümeyi artırdığını göstermekte; fakat teknolojinin nasıl üretildiğini, hangi kurumlar tarafından desteklendiğini, Ar-Ge yatırımlarının neden yapıldığını, patent sisteminin neden gerekli olduğunu veya ülkeler arasında teknolojik kapasitenin neden farklılaştığını açıklamakta yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle teknoloji politikasının kuramsal zemini, Solowcu büyüme muhasebesinden içsel büyüme teorisine doğru genişlemek zorundadır.

İçsel büyüme teorisi, teknolojik değişimi ekonominin dışında gelişen tesadüfi bir süreç olarak değil, ekonomik aktörlerin kararları, teşvikleri ve kurumları tarafından üretilen bir süreç olarak ele

almaktadır. Romer'in çalışması bu bağlamda temel bir kırılma noktasıdır. Romer'e göre uzun dönemli büyümenin kaynağı, yeni fikirlerin ve teknolojik bilginin üretimidir. Bu bilgi üretimi ise araştırmacıların, mühendislerin, firmaların ve kurumların Ar-Ge faaliyetlerine yönelmesiyle gerçekleşmektedir (Romer, 1990). Böylece teknoloji, üretim fonksiyonuna dışarıdan eklenen bir unsur olmaktan çıkarak, ekonominin kendi içinde ürettiği stratejik bir varlık haline gelmektedir.

Romer'in yaklaşımı, Ar-Ge'nin neden kamu politikasıyla desteklenmesi gerektiğini de açıklamaktadır. Teknolojik bilgi klasik mallardan farklı bir nitelik taşımaktadır. Bir makine, bina veya hammadde aynı anda sınırsız sayıda aktör tarafından kullanılamazken; bir fikir, formül, tasarım, yazılım kodu veya teknik çözüm bir kez üretildiğinde birden fazla aktör tarafından kullanılabilir. Bu nedenle bilgi rekabetçi olmayan bir varlıktır. Ancak bilgi üretimi maliyetlidir. Araştırmacı yetiştirmek, laboratuvar kurmak, deney yapmak, prototip geliştirmek, test yapmak ve başarısız denemeleri finanse etmek önemli kaynak gerektirmektedir. Bu nedenle, bilgi üreticisinin yatırım getirisini elde edebilmesi için bilginin belirli ölçüde dışlanabilir hale getirilmesi gerekmektedir. Patent sistemi tam olarak bu noktada devreye girmekte ve teknolojik bilginin kısmen dışlanabilir hale gelmesini sağlamaktadır (Romer, 1990).

Bu çerçevede patent sistemi ile içsel büyüme teorisi arasında doğrudan bir ilişki bulunmaktadır. Romer'in çerçevesinde fikir üretimi büyümenin temel kaynağıdır; patent sistemi ise fikir üretimine özel getiri sağlayan kurumsal mekanizmalardan biridir. Patentler, teknik bilginin tümüyle gizli kalmasını önlemekte; fakat aynı zamanda buluş sahibine belirli süreyle münhasır hak tanıyarak Ar-Ge yatırımının getirisini korumaktadır. Böylece patent sistemi, bilginin toplumsal yayılımı ile özel yatırım teşviki arasında denge

kurmaktadır. Bu denge, teknolojik ilerlemenin sürekliliği açısından kritiktir.

Ar-Ge'nin iktisadi olarak desteklenmesinin bir diğer gerekçesi, bilgi üretiminin pozitif dışsallıklar yaratmasıdır. Arrow, buluş faaliyetlerinde piyasa mekanizmasının toplumsal olarak arzu edilen düzeyde yatırım üretmekte yetersiz kalabileceğini göstermektedir (Arrow, 1962). Çünkü bir firma tarafından üretilen bilgi, doğrudan veya dolaylı biçimde başka firmaların, sektörlerin ve araştırmacıların bilgi birikimini de artırabilmektedir. Nelson da temel bilimsel araştırmanın özel sektör tarafından yetersiz finanse edilebileceğini; çünkü bu tür araştırmaların getirilerinin geniş bir toplumsal alana yayıldığını savunmaktadır (Nelson, 1959). Bu nedenle Ar-Ge ve temel araştırma destekleri, yalnızca firmalara yardım olarak değil, toplumsal bilgi sermayesini artıran politika araçları olarak değerlendirilmelidir.

Schumpeter'in yenilik ve yaratıcı yıkım yaklaşımı, bu tartışmaya rekabet dinamiği boyutunu eklemektedir. Schumpeter'e göre kapitalist ekonominin asıl dinamizmi, mevcut üretim yapısını bozan ve yeni üretim biçimleri yaratan yeniliklerden kaynaklanmaktadır. Yeni ürünler, yeni üretim yöntemleri, yeni pazarlar, yeni hammadde kaynakları ve yeni örgütlenme biçimleri ekonomik yapıyı sürekli dönüştürmektedir (Schumpeter, 1942). Bu çerçevede yenilikçi firma, belirli bir süre rekabet avantajı elde etmekte; fakat bu avantaj yeni rakipler ve yeni teknolojiler tarafından zaman içinde aşılmaktadır. Patent sistemi, Schumpeterci anlamda bu geçici üstünlüğü hukuki olarak güvence altına alan kurumlardan biridir. Bu nedenle patent, rekabeti ortadan kaldıran bir mekanizma değil; yenilik üzerinden rekabeti teşvik eden bir araçtır.

Nelson ve Winter'ın evrimci iktisat yaklaşımı ise teknolojik değişimin yalnızca Ar-Ge yatırımıyla değil, öğrenme süreçleriyle de bağlantılı olduğunu göstermektedir. Firmalar teknolojik

yeteneklerini zaman içinde rutinler, üretim deneyimi, tasarım becerisi, mühendislik bilgisi ve kurumsal öğrenme yoluyla geliştirmektedir (Nelson & Winter, 1982). Bu yaklaşım, ülkeler arasındaki teknoloji farklarının neden kalıcı olabildiğini açıklamak açısından önemlidir. Bir ülkenin patent performansı, yalnızca cari yıl Ar-Ge harcamasıyla değil, uzun dönemli eğitim sistemi, firma deneyimi, üretim kültürü, kamu araştırma altyapısı, teknik işgücü ve kurumsal kapasite birikimiyle şekillenmektedir.

Bu nedenle Ar-Ge destekleri, patent teşvikleri ve teknoloji politikası kısa vadeli başvuru artışları üzerinden değil, birikimli teknolojik kapasite üretimi üzerinden değerlendirilmelidir. Bir ekonomide Ar-Ge harcamaları vergi avantajı elde etmek için yapılıyor, firma içi öğrenme süreçlerine, patentlenebilir buluşlara, üretim teknolojilerine ve ticarileştirme kapasitesine dönüşmüyorsa, bu harcamaların teknoloji politikası açısından etkisi sınırlı kalmaktadır. Buna karşılık Ar-Ge; araştırmacı yetiştirme, patent portföyü oluşturma, prototip geliştirme, üretim süreçlerini iyileştirme, ihracat kapasitesini artırma ve yeni teknoloji firmaları doğurma süreçleriyle birleştiğinde gerçek anlamda büyüme ve rekabet gücü üretmektedir.

Bu noktada büyüme teorisi, patent sistemi ve teknoloji politikası arasındaki ilişkiyi sistematik biçimde özetlemek mümkündür.

Tablo 12 : Büyüme Teorisi, Ar-Ge ve Patent Sisteminin Teknoloji Politikası Açısından İlişkisi

Kuramsal Yaklaşım	Temel Görüş	Ar-Ge Politikası Açısından Anlamı	Patent Sistemi Açısından Önemi
Solow büyüme modeli	Uzun dönemli büyümenin önemli bölümü teknik değişimden kaynaklanmaktadır	Teknolojik ilerleme üretkenlik artışının temel kaynağıdır	Patentler teknik değişimin görünür göstergelerinden biridir

Abramovitz'in artık yaklaşımı	Emek ve sermayeyle açıklanamayan büyüme kısmı bilgi, organizasyon ve verimlilikle ilişkilidir	Ölçülemeyen teknolojik kapasite unsurları politika gündemine alınmalıdır	Patent verileri, teknik bilgi üretimini izlemek için kullanılmaktadır.
Arrow'un bilgi dışsallığı yaklaşımı	Buluş faaliyeti pozitif dışsallık yaratmakta ve piyasa tarafından eksik finanse edilebilmektedir	Kamu Ar-Ge desteği ve temel araştırma finansmanı gereklidir	Patent sistemi özel getiriye artırarak eksik yatırım sorununu azaltmaktadır
Nelson'in temel araştırma yaklaşımı	Temel bilimsel araştırmanın getirileri geniş toplumsal alana yayılmaktadır	Temel araştırma kamu politikasıyla desteklenmelidir	Patent sistemi temel araştırmadan doğan uygulamaların ticarileşmesine katkı sağlayabilmektedir
Romer'in içsel büyüme teorisi	Teknoloji ekonomik sistem içinde fikir üretimi ve insan sermayesiyle oluşmaktadır	Ar-Ge, eğitim ve araştırmacı kapasitesi büyüme politikasının merkezindedir	Patentler teknolojik bilginin kısmen dışlanabilir hale gelmesini sağlamaktadır
Schumpeterci yenilik yaklaşımı	Yenilik yaratıcı yıkım yoluyla ekonomik yapıyı dönüştürmektedir	Radikal yenilik ve girişimcilik desteklenmelidir	Patentler yenilikçi firmalara süreli rekabet avantajı sağlamaktadır
Evrimeci iktisat	Teknolojik kapasite öğrenme, rutinler ve firma yetenekleriyle birikmektedir	Politika uzun dönemli kapasite inşasına odaklanmalıdır	Patent portföyleri birikimli teknolojik yeteneklerin göstergesi olarak kabul edilmektedir.

Kaynak: Yazarın çalışması.

Bu kuramsal çerçeve, günümüz teknoloji rekabetini anlamak için güçlü bir temel sunmaktadır. Teknolojik üstünlük, yalnızca Ar-Ge harcaması yapan ülkelerde değil; Ar-Ge harcamasını bilgi üretimine, patentlenebilir buluşa, insan sermayesine, üretim kapasitesine ve ticarileştirme sistemine dönüştürebilen ülkelerde ortaya çıkmaktadır. Patent başvurularının belirli ülkelerde yoğunlaşması da bu nedenle tesadüfi değildir. Bu yoğunlaşma, bilimsel sermaye, beşerî sermaye, firma kapasitesi, patent sistemi, üretim deneyimi ve teknoloji politikası kurumlarının birlikte çalışmasının sonucudur.

Netice itibarıyla, Solow teknolojik değişimin büyüme üzerindeki belirleyici rolünü göstermekte; Romer bu değişimin ekonominin içinde Ar-Ge, fikir üretimi ve insan sermayesiyle oluştuğunu açıklamakta; Arrow ve Nelson Ar-Ge'nin neden kamu politikasıyla desteklenmesi gerektiğini ortaya koymakta; Schumpeter yeniliğin rekabeti dönüştürücü gücünü vurgulamakta; Nelson ve Winter ise teknolojik kapasitenin zaman içinde öğrenme yoluyla biriktiğini göstermektedir. Bu teorik zemin, patent sisteminin teknoloji politikasındaki yerini daha da netleştirmektedir. Patent, Ar-Ge yatırımını ve zihinsel emeği sürekli rekabet avantajına dönüştürerek teknolojik değişimin iktisadi teşvik mekanizmasını kurmaktadır.

3.2. Beşerî Sermaye ve Teknolojik Üretim

Ar-Ge ve patent sistemi üzerine kurulan teorik çerçeve, teknolojik değişimin yalnızca sermaye, laboratuvar, cihaz, destek programı veya hukuki koruma meselesi olmadığını göstermektedir. Teknolojik bilgi, nihayetinde araştırmacılar, mühendisler, teknisyenler, tasarımcılar, yazılımcılar, laboratuvar uzmanları ve üretim süreçlerinde çalışan teknik personel tarafından üretilmektedir. Bu nedenle teknoloji politikasının en temel girdilerinden biri beşerî sermayedir. Patentlenebilir buluş üretimi, yalnızca Ar-Ge harcamasının büyüklüğüne değil, bu harcamayı teknik bilgiye dönüştürecek insan kaynağının niteliğine, yoğunluğuna ve örgütlenme biçimine bağlıdır.

Romer'in içsel büyüme yaklaşımı bu konuda güçlü bir kuramsal temel sunmaktadır. Romer'e göre teknolojik ilerleme, araştırmaya yönelen insan sermayesinin büyüklüğüyle doğrudan ilişkilidir. Yeni fikirler kendiliğinden ortaya çıkmamakta; araştırmacılar, mühendisler ve bilim insanları tarafından sistematik biçimde üretilmektedir. Bu nedenle uzun dönemli büyüme yalnızca fiziki sermaye birikimiyle değil, araştırma faaliyetlerine tahsis edilen

nitelikli insan kaynağıyla açıklanmaktadır (Romer, 1990). Romer'in daha sonraki çalışmasında sorduğu temel soru da teknoloji politikası açısından son derece önemlidir: Devlet, bilim insanı ve mühendis piyasasında talebi mi, yoksa arzı mı desteklemelidir? Romer'e göre yalnızca firmaların Ar-Ge talebini desteklemek yeterli değildir; bilim insanı ve mühendis arzını büyütecek eğitim ve insan kaynağı politikaları da geliştirilmelidir (Romer, 2000).

Bu yaklaşım, teknoloji politikası bakımından kritik bir uyarı içermektedir. Bir ülkede Ar-Ge vergi teşvikleri, hibe programları veya patent destekleri artırılabilir; ancak bu destekleri kullanacak yeterli sayıda nitelikli araştırmacı, mühendis, teknisyen ve teknoloji yöneticisi yoksa, desteklerin etkisi sınırlı kalmaktadır. Ar-Ge harcaması ile patent çıktısı arasındaki ilişkinin zayıf olduğu durumlarda, sorun yalnızca finansman yetersizliği olmayabilir. Sorun, Ar-Ge harcamasının gerçek teknoloji üretimine dönüşmesini sağlayacak insan kaynağı, araştırma kültürü, firma içi öğrenme kapasitesi ve teknoloji yönetimi altyapısının yetersizliği de olabilir.

Bu noktada Bush'un bilimsel yetenek vurgusu Romer'in yaklaşımını tarihsel olarak öcelelemektedir. *Science, the Endless Frontier* raporunda Bush, bilimsel ilerlemenin en temel koşullarından birinin bilim insanı ve mühendis yetiştirme kapasitesi olduğunu belirtmektedir. Bush'a göre bilimsel araştırmanın sürdürülebilirliği, yalnızca laboratuvarların kurulmasına veya araştırma fonlarının artırılmasına bağlı değildir; yetenekli gençlerin keşfedilmesi, eğitilmesi ve araştırma kariyerlerine yönlendirilmesi gerekmektedir (Bush, 1945/2020). Bu nedenle ABD'nin savaş sonrası bilim politikası, temel araştırma fonlaması kadar bilimsel insan kaynağı üretimini de merkeze almıştır.

Beşerî sermaye yaklaşımı, eğitim, beceri ve üretkenlik arasındaki ilişkiyi ekonomik büyüme açısından merkezi bir unsur olarak ele almaktadır (Becker, 1964; Lucas, 1988). Beşerî sermaye

ile teknoloji arasındaki ilişki yalnızca yeni bilgi üretimi açısından değil, mevcut teknolojilerin kullanılması ve yayılması açısından da önemlidir. Nelson ve Phelps, eğitim düzeyi yüksek işgücünün yeni teknolojileri daha hızlı anlayabildiğini, uygulayabildiğini ve ekonomik sisteme uyarlayabildiğini savunmaktadır (Nelson & Phelps, 1966). Bu yaklaşım, teknolojik kapasitenin yalnızca buluş üretme değil, teknoloji absorpsiyonu ve uyarlama kapasitesiyle de ilgili olduğunu göstermektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkeler için bu nokta son derece kritiktir. Dışarıdan teknoloji ithal etmek, lisans almak veya makine parkını yenilemek tek başına yeterli değildir; bu teknolojiyi kullanacak, uyarlayacak, geliştirecek ve yeni patentlenebilir çözümlere dönüştürecek insan kaynağına ihtiyaç vardır.

Goldin ve Katz'ın eğitim ile teknoloji arasındaki yarış yaklaşımı, bu tartışmayı tarihsel bir çerçeveye yerleştirmektedir. Onlara göre 20. yüzyılda ABD'nin uzun dönemli üstünlüğünün önemli kaynaklarından biri, eğitim sisteminin teknolojik değişimle birlikte genişlemesi ve nitelikli işgücü arzını artırabilmesidir. Ancak teknoloji ilerlerken eğitim sistemi aynı hızda nitelikli insan kaynağı üretmediğinde, teknolojik dönüşümün ekonomik ve toplumsal sonuçları daha sorunlu hale gelmektedir (Goldin & Katz, 2008, 2009). Bu yaklaşım, teknoloji politikası açısından şu sonucu doğurmaktadır: Kritik teknoloji alanlarında rekabet etmek isteyen ülkeler, yalnızca Ar-Ge bütçelerini değil, eğitim sistemlerinin bilim, mühendislik ve teknik beceri üretme kapasitesini de stratejik biçimde planlamalıdır.

Teknoloji politikası literatüründe beşerî sermaye çoğu zaman bilim insanı ve mühendis sayısı üzerinden tartışılmaktadır. Ancak ileri imalat, yarı iletkenler, biyoteknoloji, enerji teknolojileri, tıbbi cihazlar, robotik ve savunma teknolojileri gibi alanlarda yalnızca doktora düzeyindeki araştırmacılar yeterli değildir. Teknisyenler, laboratuvar uzmanları, proses mühendisleri, kalite kontrol personeli,

Üretim operatörleri, saha test uzmanları, yazılım geliştiriciler ve teknoloji yöneticileri de yenilik sisteminin temel bileşenleridir. Bonvillian’ın eēitim ve yetenek sorununa ilişkin deēerlendirmelerinde bu nokta özellikle vurgulanmaktadır. Bonvillian’a göre modern teknoloji ekonomisinde “mind and hand”, yani zihinsel kavrayış ile uygulamalı teknik beceri birlikte düşünülmelidir. Mühendis ile teknisyen arasında konumlanan “technologist” profili, ileri imalat ve kritik teknoloji alanları için giderek daha önemli hale gelmektedir (Bonvillian, 2020).

Bu yaklaşım, Sanayi Devrimi’nden bugüne uzanan teknoloji tarihiyle de uyumludur. İngiliz Sanayi Devrimi’nde zanaatkârlık, deneysel ērenme, mekanik beceri ve üretim pratiēi temel rol oynamıştır. İkinci Sanayi Devrimi’nde mühendislik eēitimi, sanayi laboratuvarları ve büyük firma organizasyonları ne çıkmıştır. II. Dünya Savaşı döneminde Rad Lab ve Los Alamos gibi kurumlar, bilim insanları ile mühendisleri, teknisyenleri ve uygulayıcı uzmanları aynı hedef etrafında bir araya getirmiştir. Günümüzde ise yarı iletken üretimi, batarya teknolojileri, hidrojen sistemleri, biyoteknoloji ve yapay zekâ gibi alanlar, derin bilimsel bilgi ile uygulamalı teknik becerinin birlikte çalışmasını gerektirmektedir.

Bu nedenle patent üretimi de yalnızca bireysel buluşçu veya akademik araştırmacı faaliyeti olarak görülmemelidir. Patentlenebilir teknoloji üretimi oēu zaman çok katmanlı ekiplerin ortak sonucudur. Bir yarı iletken patenti fizik, kimya, malzeme bilimi, elektrik mhendisliēi, üretim ekipmanı ve proses kontrol bilgisinin birleşiminden doēabilmektedir. Bir biyoteknoloji patenti moleküler biyoloji, klinik ihtiyaç, veri analizi, laboratuvar tekniēi ve regülasyon bilgisini içerebilmektedir. Bir hidrojen teknolojisi patenti elektrolizör tasarımı, g elektroniēi, su arıtımı, membran kimyası, sensör teknolojisi ve sistem kontrolüyle ilişkili olabilmektedir. Dolayısıyla patent kapasitesi, dar anlamda buluşçuluk deēil, geniş anlamda teknik insan kaynaēı ekosistemi meselesidir.

Bu çerçevede Ar-Ge politikası ile eğitim politikası birbirinden ayrılamamaktadır. Ar-Ge destekleri, eğer bilim ve mühendislik eğitim sistemiyle, mesleki-teknik eğitimle, doktora programlarıyla, araştırma altyapılarıyla ve sanayi içi beceri geliştirme programlarıyla desteklenmezse kalıcı teknoloji kapasitesi üretmekte zorlanmaktadır. Benzer biçimde, güçlü bir eğitim sistemi de sanayi, Ar-Ge ve patent sistemiyle bağ kurmadığında beşerî sermayeyi teknoloji üretimine dönüştürmekte yetersiz kalabilmektedir. Bu nedenle modern teknoloji politikası, eğitimden araştırmaya, araştırmadan patente, patentten prototipe ve prototipten üretime uzanan insan kaynağı zincirini bütünsel biçimde tasarlamak zorundadır. Beşerî sermayenin teknoloji politikası içindeki konumunu aşağıdaki tabloda sistematik biçimde özetlemek mümkündür.

Tablo 13 : Beşerî Sermaye Bileşenleri ve Patentlenebilir Teknoloji Üretimindeki Roller

Beşerî Sermaye Bileşeni	Temel İşlev	Patent ve Teknoloji Politikası Açısından Önemi
Bilim insanları	Temel bilimsel bilgi ve yeni araştırma alanları üretmektedir	Derin teknoloji alanlarının bilimsel temelini oluşturmaktadır
Mühendisler	Bilimsel bilgiyi teknik çözüme, tasarıma ve sisteme dönüştürmektedir	Patentlenebilir cihaz, yöntem, süreç ve sistemlerin geliştirilmesinde belirleyicidir
Araştırmacılar	Ar-Ge projelerini yürütmekte, deney, analiz ve prototip geliştirmektedir	Patent başvurularının teknik içeriğini üreten ana gruplardan biridir
Teknisyenler	Laboratuvar, üretim, test ve bakım süreçlerini yürütmektedir	Buluşların uygulanabilirliğini ve üretilebilirliğini desteklemektedir
Proses uzmanları	Üretim sürecini iyileştirmekte, kalite ve verimlilik sağlamaktadır	Süreç patentleri ve üretim teknolojilerinde kritik rol oynamaktadır
Yazılım ve veri uzmanları	Algoritma, veri işleme, simülasyon ve otomasyon geliştirmektedir	Yapay zekâ, dijital iletişim, kontrol ve platform teknolojilerinde belirleyicidir

Teknoloji yöneticileri	Ar-Ge, patent, finansman ve ticarileştirme süreçlerini koordine etmektedir	Buluşun patente, lisansa, ürüne ve pazara dönüşmesini kolaylaştırmaktadır
Mesleki ve teknik işgücü	İleri imalat ve üretim uygulamalarını yürütmektedir	Patentli teknolojilerin ölçeklenmesi ve üretim kapasitesine dönüşmesi için gereklidir

Kaynak: Yazarın çalışması.

Bu tablo, teknoloji politikasında insan kaynağı meselesinin yalnızca yükseköğretim politikası veya araştırmacı sayısı meselesi olmadığını göstermektedir. Patentlenebilir teknoloji üretimi, farklı düzeylerdeki teknik insan kaynağının birlikte çalışmasını gerektirmektedir. Bu nedenle ülkelerin teknoloji rekabetindeki konumu, bir yandan en üst düzey bilim insanı ve mühendis havuzuna; diğer yandan bu bilginin üretime, teste, kaliteye ve ölçeklemeye dönüşmesini sağlayan teknik işgücüne bağlıdır.

ABD'nin teknoloji liderliği bu açıdan yalnızca üniversite sistemine değil, aynı zamanda farklı beceri düzeylerinden oluşan geniş bir insan kaynağı tabanına dayanmaktadır. Göçmen bilim insanları, doktora programları, federal araştırma fonları, savunma laboratuvarları, mühendislik okulları, community college'lar, özel sektör Ar-Ge birimleri ve teknik eğitim programları birlikte çalışmaktadır. Almanya'nın gücü ise mesleki eğitim sistemi, mühendislik kültürü ve uygulamalı araştırma kurumlarıyla ilişkilidir. Japonya ve Güney Kore üretim disiplini, firma içi eğitim ve mühendislik kapasitesiyle öne çıkmaktadır. Çin ise son yıllarda mühendislik mezunları, doktora programları, yurtdışı eğitilmiş bilim insanlarının geri dönüşü ve büyük ölçekli teknik işgücüyle teknoloji kapasitesini hızla artırmaktadır.

Netice itibarıyla, beşerî sermaye teknoloji politikasının en stratejik bileşenlerinden biridir. Ar-Ge harcaması, patent desteği veya sanayi teşviki ancak nitelikli insan kaynağıyla birleştiğinde teknolojik kapasite üretmektedir. Patentlenebilir buluşların

arkasında yalnızca sermaye ve kurumlar değil, bilim insanları, mühendisler, teknisyenler, yazılımcılar, proses uzmanları ve teknoloji yöneticilerinden oluşan geniş bir insan kaynağı sistemi bulunmaktadır. Bu nedenle teknolojik merkezileşme aynı zamanda beşerî sermayenin merkezileşmesidir. Kritik teknoloji alanlarında en fazla nitelikli araştırmacı ve teknik uzmanı yetiştiren, çeken ve örgütleyebilen ülkeler, patentlenebilir teknoloji üretiminde daha güçlü konum elde etmektedir.

3.3. Ulusal Yenilik Sistemi Yaklaşımı

Beşerî sermaye, teknolojik üretimin en temel girdilerinden biridir; ancak araştırmacıların, mühendislerin, teknisyenlerin ve teknoloji yöneticilerinin varlığı tek başına yeterli olmamaktadır. Bu insan kaynağının hangi kurumlar içinde çalıştığı, üniversitelerle firmalar arasındaki ilişkinin nasıl kurulduğu, kamu araştırma fonlarının nasıl yönlendirildiği, patent sisteminin nasıl işlediği, finansman kaynaklarının teknoloji geliştirme sürecine nasıl bağlandığı ve üretim altyapısının bu sürece ne ölçüde dâhil olduğu da belirleyicidir. Bu nedenle teknoloji politikası literatüründe “ulusal yenilik sistemi” yaklaşımı merkezi bir konuma sahiptir.

Ulusal yenilik sistemi yaklaşımı, teknolojik gelişmeyi tekil firmaların Ar-Ge kararlarıyla veya yalnızca devlet destekleriyle açıklamamaktadır. Bu yaklaşım, yeniliğin üniversiteler, firmalar, kamu kurumları, finansman kuruluşları, patent ofisleri, araştırma laboratuvarları, teknik eğitim kurumları, standart kuruluşları, kullanıcılar ve üretim ağları arasındaki etkileşim sonucunda ortaya çıktığını savunmaktadır. Freeman’ın Japonya üzerine çalışması, teknoloji politikasının yalnızca Ar-Ge harcamalarından ibaret olmadığını; firma içi öğrenme, devlet-sanayi koordinasyonu, eğitim sistemi, üretim kalitesi ve uzun dönemli sanayi stratejisiyle birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir (Freeman, 1987). Lundvall ise yenilik sistemini, üretim ve öğrenme süreçleri

arasındaki ilişkiler üzerinden ele almakta; teknolojik kapasitenin kullanıcı-üretici etkileşimi, kurumsal öğrenme ve bilgi akışlarıyla oluştuğunu vurgulamaktadır (Lundvall, 1992).

Nelson'ın karşılaştırmalı ulusal yenilik sistemleri çalışması, ülkelerin teknolojik performansının yalnızca piyasa büyüklüğü veya Ar-Ge harcamasıyla açıklanamayacağını ortaya koymaktadır. Farklı ülkeler, farklı tarihsel kurumlar, eğitim sistemleri, sanayi yapıları, kamu araştırma örgütleri ve firma organizasyonları üzerinden farklı yenilik kapasiteleri geliştirmektedir (Nelson, 1993). Bu nedenle ABD, Japonya, Almanya, Güney Kore, Çin veya Fransa gibi ülkelerin teknoloji politikaları aynı modelin basit varyasyonları değildir. Her biri bilimsel bilgi üretimini, insan sermayesini, firma kapasitesini, üretim altyapısını, patent sistemini ve kamu politikalarını farklı biçimlerde birleştirmektedir.

Bu yaklaşım, patent sisteminin teknoloji politikası içindeki yerini de daha doğru konumlandırmaktadır. Patent sistemi, ulusal yenilik sisteminin yalnızca hukuki koruma sağlayan bir yan unsuru değildir. Patent sistemi, teknik bilginin açıklanmasını, korunmasını, lisanslanmasını, değerlendirilmesini, teknoloji transferini, yatırım çekmesini ve firma stratejisine dönüşmesini sağlayan temel kurumsal bileşenlerden biridir. Patent ofisleri de yalnızca başvuru inceleyen idari kurumlar olarak değil, ulusal teknoloji kapasitesini izleyen, teknoloji eğilimlerini analiz eden, patent verilerinden teknoloji istihbaratı üreten ve yenilik aktörlerine yön gösteren kurumlar olarak değerlendirilebilir. Kore deneyimi bu açıdan güçlü bir örnek sunmaktadır. Erstling ve Strom'a göre Kore Fikri Mülkiyet Ofisi, patent sistemini KOBİ destekleri, patent eğitimi, teknoloji transferi, patent değerlendirme ve fikri mülkiyetin ticarileştirilmesi süreçleriyle birlikte ele alarak ekonomik kalkınma politikasının aktif bir parçası haline getirmiştir (Erstling & Strom, 2010).

Ulusal yenilik sistemi yaklaşımının önemli katkılarından biri de yeniliği doğrusal bir süreç olarak görmemesidir. Yenilik, temel araştırmadan uygulamalı araştırmaya, oradan geliştirme ve pazara doğru tek yönlü ilerleyen basit bir hat değildir. Kline ve Rosenberg'in zincir-bağlantılı modeli, yeniliğin araştırma, tasarım, üretim, pazar, kullanıcı geri bildirimi ve yeniden öğrenme aşamaları arasında sürekli geri beslemeler içerdiğini göstermektedir (Kline & Rosenberg, 1986). Bu nedenle başarılı teknoloji politikaları yalnızca araştırma kurumlarını değil, üretim sistemini, kullanıcı taleplerini, standartları, düzenleyici kurumları ve finansman mekanizmalarını da yenilik sürecinin parçası olarak ele almaktadır.

Bu çerçevede üniversite-sanayi ilişkisi özel önem taşımaktadır. Üniversiteler temel bilimsel bilgi ve insan sermayesi üretmekte; firmalar bu bilgiyi ürün, süreç, hizmet ve pazara dönüştürmekte; devlet ise araştırma finansmanı, düzenleyici çerçeve, kamu alımı, patent sistemi ve stratejik önceliklerle bu süreci yönlendirmektedir. Etzkowitz ve Leydesdorff'un "Triple Helix" yaklaşımı, üniversite-sanayi-devlet etkileşimini modern yenilik sistemlerinin temel yapısı olarak görmektedir (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000). Ancak bu üçlü yapı, yalnızca kurumsal işbirliği protokolleriyle oluşmamaktadır. Ortak araştırma merkezleri, teknoloji transfer ofisleri, patent lisanslama mekanizmaları, girişim sermayesi, kamu destekli Ar-Ge programları, test altyapıları ve ticarileştirme kurumlarıyla somut hale gelmektedir.

Ulusal yenilik sistemi yaklaşımı, gelişmiş ülkelerle geliştirmekte olan ülkeler arasındaki teknoloji farkını anlamak bakımından da önemlidir. Geliştirmekte olan ülkeler çoğu zaman teknoloji ithali, lisanslama, yabancı yatırım veya makine parkı yenileme yoluyla teknolojik kapasite kazanmaya çalışmaktadır. Ancak bu araçlar, yerli insan kaynağı, firma içi öğrenme, patent kapasitesi, üretim bilgisi ve araştırma kurumlarıyla desteklenmediği sürece kalıcı teknoloji üstünlüğü üretmemektedir. Teknoloji

transferi, yalnızca dışarıdan teknoloji almak değil; alınan teknolojiyi anlama, uyarlama, geliştirme ve yeni patentlenebilir çözümlere dönüştürme kapasitesidir. Bu da ulusal yenilik sisteminin derinliğiyle ilişkilidir (Nelson, 1993; Lundvall, 1992).

Edquist'in yenilik sistemleri yaklaşımı, bu sistemlerin yalnızca aktörlerden değil, aynı zamanda işlevlerden oluştuğunu vurgulamaktadır. Bilgi üretimi, bilgi yayılımı, girişimcilik, pazar oluşumu, meşruiyet, kaynak mobilizasyonu, yönlendirme ve öğrenme gibi işlevler yenilik sisteminin performansını belirlemektedir (Edquist, 1997). Bu açıdan bakıldığında, bir ülkede üniversitelerin veya firmaların varlığı tek başına yeterli değildir. Bu kurumlar arasında bilgi akışı yoksa, patentler ticarileşmiyorsa, kamu alımları yenilikçi ürünlere pazar açmıyorsa, finansman mekanizmaları teknoloji riskini üstlenmiyorsa ve üretim altyapısı prototipleri ölçekleyemiyorsa, yenilik sistemi parçalı ve etkisiz kalmaktadır. Aşağıdaki tablo, ulusal yenilik sistemi yaklaşımının temel bileşenlerini patent ve teknoloji politikası açısından özetlemektedir.

Tablo 14 : Ulusal Yenilik Sistemi Bileşenleri ve Patentlenebilir Teknoloji Üretimindeki Roller

Bileşen	Temel İşlev	Teknoloji Politikası Açısından Önemi
Üniversiteler	Temel araştırma, bilimsel bilgi ve araştırmacı yetiştirme	Derin teknoloji alanlarının bilgi ve insan kaynağı temelini oluşturmaktadır
Firmalar	Ar-Ge, ürün geliştirme, üretim ve pazara sunma	Patentlenebilir buluşları ekonomik değere dönüştüren ana aktörlerdir
Kamu Ar-Ge kurumları	Stratejik araştırma, görev odaklı programlar ve uzun vadeli teknoloji kapasitesi	Özel sektörün tek başına üstlenemediği yüksek riskli alanları desteklemektedir
Patent ofisleri	Buluşların incelenmesi, korunması, sınıflandırılması ve teknik bilginin yayılması	Patent verisini teknoloji istihbaratına ve stratejik yönlendirmeye dönüştürebilmektedir
Teknoloji transfer ofisleri	Üniversite ve araştırma kurumlarındaki bilginin	Akademik araştırmanın patente, lisansa ve girişime

	lisanslanması ve ticarileştirilmesi	dönüşmesini kolaylaştırmaktadır
Finansman kuruluşları	Ar-Ge, girişim, prototip ve ölçekleme finansmanı sağlama	Patentli teknolojilerin pazara geçişindeki finansman boşluğunu azaltmaktadır
Test ve demonstrasyon altyapıları	Teknolojinin doğrulanması, sertifikasyonu ve ölçeklenebilirliğinin gösterilmesi	Patentli buluşun ürün ve üretim aşamasına geçişini desteklemektedir
Eğitim ve teknik işgücü kurumları	Bilim insanı, mühendis, teknisyen ve teknoloji yetiştirme	Patentlenebilir teknolojinin insan kaynağı tabanını oluşturmaktadır
Standart ve düzenleyici kurumlar	Teknik standart, güvenlik, kalite ve uygunluk çerçevesi oluşturma	Teknolojinin pazara girişini ve uluslararası kabulünü etkilemektedir
Kamu alım kurumları	Yeni teknolojiler için ilk pazar ve ölçekleme talebi yaratma	Stratejik teknolojilerin erken aşama ticarileşmesini hızlandırabilmektedir

Kaynak: Yazarın çalışması.

Bu tablo, teknoloji politikasının çok aktörlü ve çok işlevli yapısını göstermektedir. Patent başvurularının artması, ancak bu bileşenler arasında işlevsel bağlantılar kurulduğunda kalıcı teknoloji kapasitesine dönüşebilmektedir. Aksi halde patentler tescil edilmiş fakat üretime, lisansa, ihracata veya yeni firma değerine dönüşmemiş teknik belgeler olarak kalabilmektedir.

Ulusal yenilik sistemi yaklaşımı, ABD merkezli teknoloji politikası anlatısını da daha iyi anlamayı sağlamaktadır. ABD'nin gücü, yalnızca çok sayıda üniversiteye veya büyük Ar-Ge bütçesine sahip olmasından kaynaklanmamaktadır. Üniversiteler, federal araştırma fonları, DARPA ve NASA gibi görev odaklı kurumlar, savunma tedariki, patent sistemi, risk sermayesi, Silikon Vadisi tipi girişim ekosistemleri, büyük teknoloji firmaları, ulusal laboratuvarlar ve kamu alımları birbirini besleyen bir yenilik sistemi oluşturmaktadır. Bu sistem her zaman sorunsuz değildir; fakat bilimsel bilgi ile ticarileştirme arasında çok sayıda bağlantı kanalı üretmektedir (Bonvillian, 2014; Mowery et al., 2004).

Japonya, Almanya, Güney Kore ve Çin örnekleri de ulusal yenilik sistemi yaklaşımının önemini doğrulamaktadır. Japonya’da firma içi öğrenme, kalite yönetimi ve devlet-sanayi koordinasyonu; Almanya’da mühendislik, mesleki eğitim, Mittelstand ve uygulamalı araştırma kurumları; Güney Kore’de aktif patent ofisi, büyük teknoloji firmaları ve ihracat odaklı Ar-Ge; Çin’de üretimden öğrenme, ölçekleme, devlet yönlendirmesi ve büyük teknik işgücü havuzu yenilik sistemlerinin farklı bileşimlerini temsil etmektedir (Erstling & Strom, 2010; Freeman, 1987; Johnson, 1982; Nahm & Steinfeld, 2014).

Bu yaklaşım, teknoloji merkezileşmesi tartışması açısından da önemlidir. Patentlenebilir ileri teknoloji üretiminin belirli ülkelerde yoğunlaşması, yalnızca firmaların daha çok patent başvurusu yapmasıyla açıklanamamaktadır. Bu yoğunlaşma, ulusal yenilik sistemlerinin derinliğiyle ilişkilidir. Bilimsel sermaye, insan kaynağı, firma kapasitesi, patent sistemi, finansman, üretim altyapısı ve kamu stratejisi güçlü biçimde bağlanmışsa, ülke patentlenebilir teknoloji üretiminde daha merkezi konum elde etmektedir. Bu bağlantılar zayıfsa, Ar-Ge harcamaları veya patent teşvikleri tek başına sınırlı sonuç üretmektedir.

Netice itibarıyla, ulusal yenilik sistemi yaklaşımı teknoloji politikasını kurumlar arası bağlantı meselesi olarak ele almaktadır. Patent sistemi bu yapının merkezi bileşenlerinden biridir; ancak tek başına yeterli değildir. Patentlenebilir bilginin ekonomik ve stratejik değere dönüşmesi için üniversiteler, firmalar, kamu araştırma kurumları, finansman araçları, üretim altyapısı, test merkezleri, düzenleyici kurumlar ve kamu alımları arasında işlevsel bir yenilik ağı kurulmalıdır.

3.4. Araştırmadan Ticarileştirmeye Geçiş ve Ölüm Vadisi

Ulusal yenilik sistemi yaklaşımı, teknoloji politikasının yalnızca bilgi üretimi veya patent tesciliyle sınırlı olmadığını

göstermektedir. Üniversiteler, firmalar, kamu araştırma kurumları, patent ofisleri, finansman kuruluşları, test altyapıları, üretim ağları ve düzenleyici kurumlar arasında işlevsel bağlantılar kurulmadığı sürece, bilimsel bilgi ve patentlenebilir buluşlar ekonomik değere dönüşmekte zorlanmaktadır. Bu nedenle modern teknoloji politikası literatüründe araştırmadan ticarileştirmeye geçiş, yani laboratuvar ölçeğindeki bilgi ve buluşların prototip, ürün, süreç, firma, lisans, ihracat ve sanayi kapasitesine dönüşmesi, temel tartışma alanlarından biri haline gelmiştir.

Bu tartışmanın merkezinde “ölüm vadisi” kavramı yer almaktadır. Ölüm vadisi, araştırma veya erken aşama buluş ile ticarileşmiş ürün ya da hizmet arasındaki kritik geçiş boşluğunu ifade etmektedir. Bu aşamada teknoloji çoğu zaman bilimsel olarak doğrulanmış, hatta patentlenmiş olabilmekte; ancak prototip geliştirme, test, demonstrasyon, sertifikasyon, üretim ölçekleme, ilk müşteri, finansman ve pazar kabulü gibi aşamalarda gerekli desteği bulamadığı için ekonomik değere dönüşmemektedir. Branscomb ve Auerswald, bu boşluğun özellikle erken aşama teknoloji geliştirme finansmanında ortaya çıktığını; buluş ile yenilik arasındaki geçişin kendiliğinden gerçekleşmediğini vurgulamaktadır (Branscomb & Auerswald, 2002). Bonvillian ise yeni model yenilik kurumlarının temel işlevlerinden birinin araştırma ile uygulama arasındaki bu kopukluğu azaltmak olduğunu belirtmektedir (Bonvillian, 2014).

Patent sistemi bu aşamada kritik fakat tek başına yeterli olmayan bir rol üstlenmektedir. Patent, teknik bilginin korunmasını ve açıklanmasını sağlamakta; buluş sahibine süreli rekabet avantajı tanımaktadır. Ancak patentli bir teknolojinin ekonomik değer üretmesi için teknik doğrulama, prototipleme, üretilebilirlik analizi, maliyet düşürme, regülasyon uyumu, kalite kontrol, finansman ve pazar stratejisi gerekmektedir. Bu nedenle patent, yenilik zincirinin sonu değil, çoğu zaman ticarileştirme sürecinin başlangıç veya ara halkalarından biridir. Patentli buluşun gerçek değeri, lisans gelirine,

Üretim kapasitesine, yeni firmaya, stratejik ortaklığa, ihracata veya teknoloji standardına dnebildiği ölçüde ortaya çıkmaktadır.

Bu noktada bağlantılı yenilik kurumları önem kazanmaktadır. Bağlantılı yenilik kurumları, araştırma, geliştirme, prototipleme, test, finansman, üretim ve pazar aşamalarını birbirine bağlamak üzere tasarlanan kurumlardır. DARPA, bu modelin en bilinen örneklerinden biridir. DARPA, yalnızca temel araştırmayı finanse etmemekte; stratejik teknoloji hedefleri belirlemekte, yüksek riskli araştırmaları desteklemekte, program yöneticileri aracılığıyla araştırma toplulukları oluşturmakta ve geliştirilen teknolojilerin savunma uygulamalarına veya sivil teknoloji ekosistemine geçişini kolaylaştırmaktadır (Bonvillian, 2014; Van Atta, 2008). Bu yönüyle DARPA, lm vadisini azaltan görev odaklı bir yenilik kurumu olarak değerlendirilmektedir.

DARPA modelinin başarısı, araştırmanın başlangıcında uygulama hedefinin net biçimde tanımlanmasından kaynaklanmaktadır. “Right-left” yaklaşımı olarak adlandırılan bu yöntemde, önce ihtiyaç duyulan stratejik teknoloji kabiliyeti belirlenmekte; daha sonra bu kabiliyete ulaşmak için gerekli bilimsel, teknik ve mühendislik adımları geriye doğru tasarlanmaktadır. Bu model, Bush’un temel araştırmadan uygulamaya doğru ilerleyen pipeline yaklaşımından farklıdır. DARPA modelinde kullanım hedefi, araştırma programının en başında belirleyici olmaktadır (Bonvillian, 2014; Bonvillian & Van Atta, 2011).

1980’lerden itibaren ABD’nin Japonya ve Almanya karşısında yaşadığı rekabet baskısı, bağlantılı yenilik kurumlarının sivil sanayi alanlarına doğru genişlemesini hızlandırmıştır. Bayh-Dole Act, federal fonlu niversite araştırmalarından doğan buluşların patentlenmesini ve lisanslanmasını kolaylaştırarak niversite araştırması ile ticarileştirme arasında kurumsal bir köprü

oluşturmuştur (Mowery et al., 2004). SBIR programı, küçük teknoloji firmalarına erken aşama Ar-Ge finansmanı sağlayarak patentlenebilir teknolojilerin firma ölçeğinde gelişmesini desteklemiştir. Sematech ise yarı iletken üretim teknolojilerinde sektör düzeyinde ortak problem çözme, süreç iyileştirme ve üretim altyapısı oluşturma çabası olarak ortaya çıkmıştır (Browning & Shetler, 2000; Irwin & Klenow, 1996).

Bu kurumların ortak yönü, patentlenebilir bilginin yalnızca bilimsel yayın veya tescilli buluş olarak kalmasını önlemeye çalışmalarıdır. Bayh-Dole üniversite buluşlarının lisanslanmasını, SBIR erken aşama teknoloji girişimlerinin desteklenmesini, Sematech ise sektör düzeyinde üretim ve süreç teknolojisi kapasitesinin güçlendirilmesini hedeflemektedir. Bu araçlar, farklı aşamalardaki ölüm vadisi sorunlarına cevap vermektedir. Üniversite araştırması ile firma arasındaki kopukluk, erken aşama finansman açığı, üretim süreçlerindeki ortak altyapı eksikliği ve teknoloji transferindeki kurumsal boşluklar, bu programların temel müdahale alanlarını oluşturmaktadır.

Enerji teknolojileri alanında ARPA-E, DARPA modelinin sivil ve yerleşik sektörlerle uyarlanması bakımından önemli bir örnektir. Enerji sektörü, uzun yatırım döngüleri, yüksek sermaye ihtiyacı, regülasyonlar, altyapı bağımlılığı ve yerleşik aktörler nedeniyle hızlı teknolojik dönüşüm üretmekte zorlanmaktadır. Bu nedenle ARPA-E, yalnızca bilimsel buluşları desteklemekle yetinmemekte; teknolojinin maliyet düşürme potansiyelini, ölçeklenebilirliğini, pazar giriş yolunu ve özel sektör yatırıma geçiş imkânını da dikkate almaktadır (Bonvillian & Van Atta, 2011; Weiss & Bonvillian, 2009). Bu yaklaşım, ölüm vadisinin yalnızca teknik bir sorun değil, aynı zamanda finansman, pazar, regülasyon ve altyapı sorunu olduğunu göstermektedir.

İleri imalat enstitüleri de araştırmadan ticarileştirmeye geçişte önemli bir kurumsal araçtır. Manufacturing USA gibi yapılar, üniversiteleri, firmaları, federal kurumları, eyaletleri, teknik eğitim kurumlarını ve üretim aktörlerini belirli ileri teknoloji alanları etrafında bir araya getirmektedir. Bu enstitüler yalnızca araştırma üretmemekte; aynı zamanda prototipleme, test, demonstrasyon, üretim süreçlerinin doğrulanması, işgücü eğitimi ve sanayiye teknoloji transferi işlevlerini üstlenmektedir (Bonvillian & Singer, 2018; PCAST, 2012, 2014). Bu yönüyle ileri imalat kurumları, patentli teknolojinin üretilebilir ve ölçeklenebilir hale gelmesinde kritik rol oynamaktadır. Bağlantılı yenilik kurumlarının işlevlerini aşağıdaki tabloda özetlemek mümkündür.

Tablo 15 : Ölüm Vadisi Riskleri ve Önleyici Politika Araçları

Kurum / Politika Aracı	Müdahale Ettiği Aşama	Temel İşlev	Patentli Teknoloji Açısından Önemi
DARPA	Araştırma, geliştirme, prototip, ilk uygulama	Görev odaklı yüksek riskli teknoloji geliştirme	Patentlenebilir bilginin stratejik teknoloji kabiliyetine dönüşmesini hızlandırmaktadır
Bayh-Dole Act	Üniversite araştırması ve ticarileştirme	Federal fonlu üniversite buluşlarının patentlenmesi ve lisanslanması	Akademik bilginin patent, lisans ve girişime dönüşmesini kolaylaştırmaktadır
SBIR / STTR	Erken aşama firma Ar-Ge'si	Küçük teknoloji firmalarına rekabetçi Ar-Ge finansmanı	Patentli veya patentlenebilir teknolojilerin firma ölçeğinde gelişmesini desteklemektedir
Sematech	Sektör düzeyinde üretim teknolojisi	Yarı iletken üretim süreçlerinde ortak altyapı ve koordinasyon	Patent ve Ar-Ge'nin üretim teknolojisiyle birleşmesini sağlamaktadır
ARPA-E	Enerji teknolojileri ve teknoloji başlatma	Yüksek riskli enerji teknolojilerini pazar yoluyla birlikte değerlendirme	Patentli enerji teknolojilerinin maliyet, ölçek ve pazar geçişini desteklemektedir

Manufacturing USA	İleri imalat ve ölçekleme	Prototip, test, demonstrasyon, üretim ve işgücü eğitimi	Patentli buluşların üretilebilir ve ölçeklenebilir hale gelmesini sağlamaktadır
Teknoloji transfer ofisleri	Üniversite-sanayi geçişi	Lisanslama, spin-off, sözleşmeli araştırma ve patent yönetimi	Akademik patentlerin ekonomik değere dönüşmesinde ara yüz işlevi görmektedir
Kamu alımı ve ilk pazar	Ticarileşme ve ölçekleme	Yeni teknolojilere erken talep oluşturma	Patentli teknolojilerin pazara giriş riskini azaltmaktadır

Kaynak: Yazarın çalışması.

Bu tablo, ölüm vadisinin tek bir araçla aşamayacağını göstermektedir. Farklı teknolojiler farklı darboğazlarla karşılaşmaktadır. Bir üniversite buluşu için en önemli sorun patentleme ve lisanslama olabilirken, bir enerji teknolojisi için demonstrasyon ve maliyet düşürme; bir yarı iletken teknolojisi için üretim altyapısı ve ekipman standardı; bir sağlık teknolojisi için regülasyon ve klinik doğrulama; bir savunma teknolojisi için ise ilk alıcı ve saha testi belirleyici olabilmektedir. Bu nedenle teknoloji politikası, genel destek programlarından çok teknoloji alanına özgü geçiş mekanizmaları tasarlamak zorundadır.

Bu çerçevede patent politikası ile sanayi politikası arasında daha güçlü bir bağ kurulması gerekmektedir. Patent destekleri yalnızca başvuru ve tescil aşamasına odaklanırsa, patent sayısı artabilmekte; ancak bu artış ekonomik değere dönüşmeyebilmektedir. Patentli teknolojilerin ticarileşmesi için lisanslama piyasaları, patent değerlendirme mekanizmaları, IP teminatlı finansman, prototipleme destekleri, test ve sertifikasyon altyapıları, kamu alımı, teknoloji girişim sermayesi ve üretim ölçekleme destekleri birlikte tasarlanmalıdır. Bu nedenle yeni nesil patent politikası, tescil odaklı sınai mülkiyet yönetiminden teknoloji kapasitesi inşa eden stratejik yenilik politikasına doğru genişlemektedir.

Kore deneyimi bu bağlamda dikkat çekicidir. Kore Fikri Mülkiyet Ofisi, patent sistemini yalnızca başvuru inceleme süreci olarak değil, KOBİ'lerin patent kapasitesini geliştirme, patent bilgisini yayma, teknoloji transferini destekleme ve patent değerlendirme mekanizmaları kurma aracı olarak kullanmıştır (Erstling & Strom, 2010). Bu model, patent ofislerinin de ölüm vadisini azaltmaya yönelik ekosistem aktörleri arasında yer alabileceğini göstermektedir. Patent ofisi, patent verilerinden teknoloji eğilimleri çıkarabilmekte, firmalara stratejik yönlendirme yapabilmekte, üniversite ve KOBİ'lerin patent portföylerini güçlendirebilmekte ve patentli teknolojilerin ticarileştirilmesine yönelik politika araçlarının tasarımında rol üstlenebilmektedir.

Bağlantılı yenilik kurumları yaklaşımı, ABD merkezli teknoloji politikası anlatısının neden yalnızca temel araştırma veya serbest piyasa modeliyle açıklanamayacağını da göstermektedir. ABD'nin başarısı, bilimsel sermaye üretme kapasitesi ile bu sermayeyi uygulamaya taşıyan kurumları birlikte geliştirmesinden kaynaklanmaktadır. Bush modeli bilimsel bilgi altyapısını kurmuş; DARPA, Bayh-Dole, SBIR, Sematech, ARPA-E ve ileri imalat enstitüleri ise bu bilginin teknolojiye, patente, üretime ve pazara dönüşmesini kolaylaştırmıştır (Bonvillian, 2014; Bonvillian & Singer, 2018; Mowery et al., 2004).

Netice itibarıyla, ölüm vadisi kavramı modern teknoloji politikasının en kritik sorunlarından birini ortaya koymaktadır. Bilimsel bilgi ve patentlenebilir buluş, ekonomik değere dönüşmek için bağlantılı yenilik kurumlarına ihtiyaç duymaktadır. Patent, Ar-Ge yatırımını ve teknik bilgiyi korumakta; ancak patentin üretim, lisans, firma değeri, ihracat veya stratejik teknoloji kapasitesi üretmesi için prototip, test, demonstrasyon, finansman, regülasyon, kamu alımı ve ölçekleme araçları gerekmektedir. Bu nedenle teknoloji politikasının başarısı, yalnızca ne kadar araştırma yapıldığıyla veya kaç patent başvurusu olduğu ile değil, patentli

bilginin ölüm vadisini aşarak üretim ve pazar sistemine ne ölçüde yerleşebildiğiyle ölçülmelidir.

3.5. Patentli Teknolojinin Sanayi Gücüne Dönüşmesi

Patent sistemi, Ar-Ge yatırımı sonucunda ortaya çıkan teknik bilginin korunmasını ve ekonomik değere dönüşmesini mümkün kılmaktadır. Ancak patentli bilginin stratejik teknoloji kapasitesine dönüşmesi, yalnızca hukuki koruma veya lisanslama mekanizmalarıyla gerçekleşmemektedir. Teknolojik üstünlük, çoğu zaman patentli bilginin üretilebilir hale gelmesi, kalite standartlarını karşılaması, maliyetinin düşürülmesi, tedarik zincirine yerleşmesi, ölçek ekonomilerine ulaşması ve küresel pazarda rekabet edebilmesiyle mümkün olmaktadır. Bu nedenle üretim ve ileri imalat kapasitesi, modern teknoloji politikasının merkezî bileşenlerinden biri haline gelmektedir.

Cohen ve Zysman'ın *Manufacturing Matters* çalışması, imalatın sanayi sonrası ekonomilerde önemsizleştiği yönündeki görüşe güçlü bir itiraz getirmektedir. Yazarlara göre imalat, yalnızca düşük katma değerli üretim faaliyeti değildir; teknoloji geliştirme, süreç yeniliği, kalite iyileştirme, tedarikçi öğrenmesi ve yeni ürün geliştirme süreçlerinin temel zemini olarak çalışmaktadır (Cohen & Zysman, 1987). Bu yaklaşım, patent politikası açısından önemli bir sonuç doğurmaktadır: Patentli bir buluş, üretim kabiliyetiyle birleşmediği sürece ekonomik ve stratejik güce dönüşmekte zorlanmaktadır.

İleri imalat literatürü de bu görüşü desteklemektedir. Bonvillian ve Singer, ABD'nin ileri imalat politikalarını “yeni Amerikan yenilik politikaları” olarak tanımlamakta ve üretimin yenilik sisteminden koparılamayacağını vurgulamaktadır (Bonvillian & Singer, 2018). Üretim süreci, tasarımdan ayrı ve pasif bir uygulama aşaması değildir. Tasarım, prototipleme, süreç mühendisliği, malzeme seçimi, kalite kontrol, otomasyon,

dijitalleşme ve ilk üretim aşamaları arasında sürekli geri bildirim ilişkisi bulunmaktadır. Bu nedenle üretim kabiliyeti başka ülkelere kaydığında, zaman içinde yalnızca imalat istihdamı değil, üretimden beslenen mühendislik bilgisi ve yeni nesil ürün geliştirme kapasitesi de zayıflayabilmektedir.

Bu tartışma, “innovate here, produce there” yaklaşımının sınırlarını göstermektedir. ABD uzun süre temel araştırma, tasarım, yazılım, fikri mülkiyet ve yüksek katma değerli faaliyetlerin içeride kalmasının yeterli olacağını; üretimin ise düşük maliyetli ülkelere kaymasının yönetilebilir olduğunu varsaymıştır. Ancak Berger’in *Making in America* çalışması, inovasyondan pazara geçişte üretim ve ölçekleme kapasitesinin belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır (Berger, 2013). Özellikle ileri teknolojilerde prototipten üretime geçiş, yalnızca maliyet sorunu değil; teknik öğrenme, süreç doğrulama, tedarikçi geliştirme, kalite standardı ve üretim mühendisliği sorunudur.

Bu noktada “missing middle” kavramı önem kazanmaktadır. Temel araştırma ile tam ölçekli ticarileşme arasında, birçok teknolojinin kaybolduğu bir ara alan bulunmaktadır. Bu ara alan, prototip geliştirme, demonstrasyon, pilot üretim, üretilebilirlik testi, sertifikasyon, kalite doğrulama ve ilk ölçekleme aşamalarını kapsamaktadır. Üniversiteler çoğu zaman bu aşamayı üstlenmek için uygun kurumsal yapıya sahip değildir. Özel sektör ise teknoloji henüz yeterince olgunlaşmadığı ve risk düzeyi yüksek olduğu için yatırım yapmakta tereddüt edebilmektedir. İleri imalat enstitüleri ve üretim odaklı ara kurumlar, tam da bu boşluğu doldurmak için tasarlanmaktadır (Bonvillian & Singer, 2018; PCAST, 2012, 2014).

Manufacturing USA bu bağlamda önemli bir örnek oluşturmaktadır. Bu yapı, üniversiteleri, firmaları, kamu kurumlarını, eyaletleri, teknik eğitim kurumlarını ve araştırma altyapılarını belirli ileri imalat alanları etrafında bir araya

getirmektedir. Amaç yalnızca araştırma yapmak değildir. Bu enstitüler aynı zamanda prototipleme, test, demonstrasyon, pilot üretim, üretim süreçlerinin doğrulanması ve teknik işgücü eğitimi işlevleri üstlenmektedir. Böylece patentli veya patentlenebilir teknolojilerin laboratuvar düzeyinden üretim ölçeğine geçmesi için ortak altyapı sağlanmaktadır (Bonvillian & Singer, 2018).

Japonya ve Almanya deneyimleri de üretim kapasitesinin teknoloji politikası açısından önemini göstermektedir. Japonya'nın otomotiv, elektronik, robotik ve yarı iletken alanlarındaki başarısı, üretim hattında sürekli iyileştirme, kalite yönetimi, tedarikçi koordinasyonu ve firma içi öğrenme süreçleriyle yakından ilişkilidir (Freeman, 1987; Womack et al., 1990). Almanya ise mühendislik geleneği, mesleki eğitim sistemi, Mittelstand firmaları ve uygulamalı araştırma kurumlarıyla üretim bilgisini kurumsallaştırmıştır. Bu modeller, teknoloji liderliğinin yalnızca araştırma laboratuvarlarında değil, fabrika zemininde, tedarikçi ağlarında ve süreç mühendisliği kapasitesinde de üretildiğini göstermektedir.

Çin'in yükselişi ise üretimden öğrenme ve ölçekleme kapasitesinin güncel örneğidir. Nahm ve Steinfeld, Çin'in imalat gücünün yalnızca düşük işgücü maliyetleriyle veya kamu sübvansiyonlarıyla açıklanamayacağını savunmaktadır. Çin'in asıl kapasitesi, hızlı ölçekleme, üretim temposunu yönetme, maliyet düşürme, süreç iyileştirme ve firmalar arası öğrenme mekanizmalarından kaynaklanmaktadır (Nahm & Steinfeld, 2014). Bu yaklaşım, üretim kapasitesinin yalnızca taklit veya montaj aşaması olmadığını; doğru kurumsal ve sanayi yapısı içinde yenilik üretiminin kaynağı haline gelebileceğini göstermektedir.

Yarı iletkenler bu tartışmanın en kritik örneklerinden biridir. Yarı iletken teknolojisi yalnızca çip tasarımı veya patent portföyü meselesi değildir. Litografi, fotorezist, wafer üretimi, hassas

kimyasallar, ekipman, temiz oda teknolojileri, test, paketleme, malzeme bilimi, üretim verimliliği ve tedarik zinciri yönetimi bu alanın ayrılmaz parçalarıdır. Miller, yarı iletken rekabetinin yalnızca teknik bir rekabet değil, aynı zamanda küresel güç, tedarik zinciri ve jeopolitik bağımlılık meselesi olduğunu göstermektedir (Miller, 2022). Bu nedenle yarı iletken politikası, patent desteği kadar üretim tesisi, ekipman erişimi, mühendislik işgücü, malzeme tedariki, test altyapısı ve uluslararası işbirliği politikalarını da gerektirmektedir.

Enerji teknolojileri de benzer biçimde sistem düzeyinde üretim ve ölçekleme kapasitesi gerektirmektedir. Hidrojen, batarya, güneş, rüzgâr, güç elektroniği ve şebeke teknolojilerinde patentli buluşun gerçek değeri, maliyet düşürme ve geniş ölçekli uygulama kapasitesiyle ortaya çıkmaktadır. Xu ve arkadaşlarının deniz üstü rüzgâr ile PEM elektrolizör entegrasyonuna ilişkin çalışması, yeşil hidrojen maliyetini düşürmenin yalnızca elektrolizör verimliliğine bağlı olmadığını; rüzgâr türbini, güç elektroniği, su arıtımı, membran, katalizör, sıkıştırma, boru hattı ve kontrol sistemlerinin birlikte optimize edilmesi gerektiğini göstermektedir (Xu et al., 2022). Bu örnek, patent politikasının tekil buluşlardan çok sistem portföyleri üzerinden düşünülmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Bu çerçevede üretim ve ileri imalat kapasitesinin teknoloji politikası içindeki işlevlerini aşağıdaki tabloda özetlemek mümkündür.

Tablo 16 : Üretim ve İleri İmalat Kapasitesinin Patentli Teknolojinin Değere Dönüşmesindeki Rolü

Kapasite Alanı	Temel İşlev	Patent Sistemi Açısından Önemi
Prototipleme	Laboratuvar buluşunun çalışabilir ilk teknik modele dönüştürülmesi	Patentli fikrin teknik uygulanabilirliği test edilmektedir

Pilot üretim	Teknolojinin sınırlı ölçekte üretim koşullarında denenmesi	Üretilebilirlik, kalite ve maliyet sorunları görünür hale gelmektedir
Süreç mühendisliği	Üretim adımlarının verimlilik, kalite ve maliyet açısından optimize edilmesi	Süreç patentleri ve üretim know-how'ı oluşmaktadır
Test ve demonstrasyon	Teknolojinin performans, güvenlik ve standartlara uygunluk açısından doğrulanması	Pazar kabulü ve yatırımcı güveni artmaktadır
Tedarikçi geliştirme	Girdi, parça, ekipman ve hizmet sağlayıcılarının teknolojiye uyumlu hale getirilmesi	Patentli teknoloji sanayi ekosistemine yerleşmektedir
Teknik işgücü eğitimi	Üretim, bakım, kalite ve süreç yönetimi için uzman insan kaynağı yetiştirilmesi	Patentli teknolojinin ölçeklenmesi mümkün hale gelmektedir
Ölçekleme finansmanı	Prototipten seri üretime geçiş için sermaye sağlanması	Patentli buluş firma değerine ve sanayi kapasitesine dönüşmektedir
Kalite ve sertifikasyon	Ürünün standartlara, regülasyonlara ve müşteri beklentilerine uyumunun sağlanması	Patentli ürünün pazara girişi kolaylaşmaktadır
Tedarik zinciri yönetimi	Kritik girdilerin, ekipmanların ve üretim aşamalarının güvence altına alınması	Teknoloji kapasitesi stratejik bağımlılıklardan korunmaktadır

Kaynak: Yazarın çalışması.

Bu tablo, patentli bilginin ekonomik değere dönüşmesinin çok aşamalı bir süreç olduğunu göstermektedir. Patent başvurusu, teknik çözümün hukuki olarak korunmasını sağlamaktadır; ancak üretim ve ileri imalat kapasitesi, bu teknik çözümü pazarda rekabet edebilir hale getirmektedir. Bu nedenle patent politikası, ileri imalat politikasıyla birlikte tasarlanmalıdır.

Üretim kapasitesi aynı zamanda teknoloji istihbaratı ve patent stratejisi açısından da önem taşımaktadır. Bir ülkenin patent portföyü güçlü olabilir; ancak bu patentlerin gerektirdiğı üretim ekipmanları, teknik işgücü, malzeme altyapısı ve tedarik zinciri başka ülkelerde yoğunlaşmışsa, patent portföyünün stratejik etkisi

sınırlı kalabilmektedir. Bu nedenle kritik teknoloji alanlarında patent analizi ile üretim kapasitesi analizi birlikte yürütülmelidir. Yarı iletkenlerde patent sayısı kadar litografi ekipmanı, temiz oda kapasitesi, wafer üretimi ve test altyapısı; hidrojen teknolojilerinde elektrolizör patenti kadar membran, katalizör, güç elektroniği ve sıkıştırma sistemleri; biyoteknolojide patent kadar klinik test, regülasyon, üretim ve kalite altyapısı önem taşımaktadır.

Bu yaklaşım, teknoloji politikasının yeni evresini de açıklamaktadır. 20. yüzyılın ikinci yarısında patent, Ar-Ge ve üniversite araştırması ABD liderliğinin önemli bileşenleri olmuştur. Ancak 21. yüzyılda Çin'in üretim ve ölçekleme kapasitesi, yarı iletken tedarik zinciri kırılğanlıkları, enerji dönüşümü ve ileri imalat ihtiyacı teknoloji politikasını yeniden üretim eksenine taşımaktadır. CHIPS ve Bilim Yasası, Manufacturing USA, ARPA-E ve benzeri programlar, araştırma ve patent kapasitesinin üretim ve tedarik zinciriyle yeniden bağlanması gerektiğini göstermektedir (Bonvillian, 2022; Bonvillian & Singer, 2018; Miller, 2022).

Netice itibarıyla, üretim ve ileri imalat kapasitesi, modern teknoloji politikasının tamamlayıcı değil, kurucu unsurudur. Patentli bilgi, üretim süreçleriyle, kalite sistemleriyle, tedarik zinciriyle, teknik işgücüyle ve ölçekleme finansmanı ile birleşmediği sürece stratejik teknoloji gücüne dönüşmemektedir. Bu nedenle teknoloji politikası, yalnızca yeni buluşları teşvik eden değil, bu buluşların üretilebilir, ölçeklenebilir ve pazarda rekabet edebilir hale gelmesini sağlayan bütünselik bir kapasite inşası süreci olarak tasarlanmalıdır.

3.6. Kritik Teknoloji Portföyleri

Üretim ve ileri imalat kapasitesi, patentli bilginin sanayi gücüne dönüşmesinde belirleyici rol oynamaktadır. Ancak günümüz teknoloji rekabetinde tekil bir patentin, tekil bir ürünün veya tekil bir sektörün tek başına stratejik üstünlük üretmesi giderek zorlaşmaktadır. Yarı iletkenler, yapay zekâ, biyoteknoloji, kuantum

teknolojileri, enerji depolama, hidrojen, uzay, savunma sistemleri ve ileri malzemeler gibi alanlarda rekabet, birbirini tamamlayan teknoloji kümeleri üzerinden şekillenmektedir. Bu nedenle modern teknoloji politikası, tekil buluşları değil, kritik teknoloji portföylerini ve sistem entegrasyonunu esas almak zorundadır.

Kritik teknoloji portföyü kavramı, bir ülkenin stratejik öneme sahip teknoloji alanlarında yalnızca bir alt bileşene değil, o teknolojiyi mümkün kılan bütün tamamlayıcı alanlara yatırım yapmasını ifade etmektedir. Örneğin yarı iletken alanında yalnızca çip tasarımına sahip olmak yeterli değildir. Litografi ekipmanları, fotorezist, ultra saf kimyasallar, wafer üretimi, temiz oda altyapısı, paketleme, test, elektronik tasarım otomasyonu, güç elektroniği, malzeme bilimi ve yüksek nitelikli mühendislik işgücü birlikte gerekmektedir. Benzer şekilde yapay zekâ alanında yalnızca algoritma geliştirmek yeterli olmamaktadır. Veri altyapısı, hesaplama kapasitesi, çip teknolojisi, bulut altyapısı, siber güvenlik, uygulama alanları, etik ve regülasyon çerçevesi, insan kaynağı ve ticarileştirme ekosistemi birlikte çalışmalıdır.

Pacala ve Socolow'un "stabilization wedges" yaklaşımı, teknoloji portföyü düşüncesi için yararlı bir kavramsal zemin sunmaktadır. Yazarlar, iklim sorununa çözümün tek bir büyük teknolojik sıçrama beklemekten değil, mevcut teknolojilerden oluşan çok sayıda uygulanabilir çözüm kanalının eş zamanlı biçimde ölçeklenmesinden geçtiğini savunmaktadır (Pacala & Socolow, 2004). Bu yaklaşım, yalnızca iklim politikası için değil, genel teknoloji politikası için de anlamlıdır. Büyük teknolojik dönüşümler çoğu zaman tek bir mucize teknolojiyle değil; birbirini destekleyen çok sayıda teknoloji hattının birlikte ilerlemesiyle gerçekleşmektedir.

Bu bakış açısı patent politikası açısından da önemlidir. Patent stratejisi yalnızca tekil başvuru sayısını artırmaya odaklanırsa,

stratejik teknoloji kapasitesi üretmekte sınırlı kalabilmektedir. Buna karşılık patentler bir teknoloji portföyü yaklaşımı içinde ele alındığında, belirli bir stratejik hedefi mümkün kılan tamamlayıcı teknik alanlar birlikte analiz edilebilmektedir. Örneğin hidrojen ekonomisi için elektrolizör patentleri önemlidir; ancak membran, katalizör, güç elektroniği, su arıtımı, sensör, sıkıştırma, depolama, taşıma, güvenlik ve kontrol sistemleri patentleri olmadan rekabetçi bir hidrojen teknolojisi ekosistemi kurulması güçtür. Xu ve arkadaşlarının deniz üstü rüzgâr ile PEM elektrolizör entegrasyonuna ilişkin çalışması, yeşil hidrojen maliyetinin yalnızca elektrolizör verimliliğine değil, sistemin bütün bileşenlerinin birlikte optimize edilmesine bağlı olduğunu göstermektedir (Xu et al., 2022).

Sistem entegrasyonu kavramı bu noktada merkezi hale gelmektedir. Modern kritik teknolojiler, çoğu zaman çok sayıda alt teknolojinin birlikte çalışmasıyla değer üretmektedir. Bir elektrikli araç batarya, güç elektroniği, yazılım, sensör, motor, şarj altyapısı, hafif malzeme, yapay zekâ destekli kontrol ve tedarik zinciri kapasitesinin birleşimidir. Bir savunma İHA sistemi yalnızca hava aracından ibaret değildir; kompozit malzeme, motor, optik, haberleşme, uydu bağlantısı, yapay zekâ, elektro-optik sensör, mühimmat, veri işleme, yer kontrol sistemi ve siber güvenlik bileşenlerini içermektedir. Bir biyoteknoloji ürünü moleküler biyoloji, klinik test, veri analitiği, üretim kalitesi, regülasyon, patent koruması ve dağıtım altyapısı ile birlikte anlam kazanmaktadır.

Bu nedenle kritik teknoloji politikası, yatay ve dikey bağlantıları birlikte gören bir tasarım gerektirmektedir. Yatay bağlantılar, farklı teknoloji alanlarının birbirini beslemesini ifade etmektedir. Örneğin yapay zekâ, biyoteknoloji, malzeme keşfi, ilaç geliştirme, savunma, enerji yönetimi ve üretim otomasyonunu aynı anda etkilemektedir. Dikey bağlantılar ise temel araştırmadan pazara kadar uzanan zinciri kapsamaktadır: bilimsel keşif, uygulamalı

araştırma, patent, prototip, test, üretim, sertifikasyon, tedarik zinciri, finansman ve pazar ölçekleme. Başarılı teknoloji politikası, bu iki bağlantı türünü birlikte kurabilmektedir.

Harvard Critical and Emerging Technologies Index çalışması, güncel teknoloji rekabetinin yapay zekâ, biyoteknoloji, yarı iletkenler, uzay ve kuantum gibi alanlarda yoğunlaştığını göstermektedir. Bu alanların ortak özelliği, yüksek bilimsel bilgi gerektirmeleri, yoğun Ar-Ge kapasitesine dayanması, üretim ve tedarik zinciri bağımlılıkları yaratması ve ulusal güvenlik ile ekonomik rekabet açısından stratejik değeri taşımasıdır (Rosenbach et al., 2025a, 2025b). Bu nedenle kritik teknoloji rekabetinde üstünlük, tek bir göstergeden değil; bilimsel yayın, patent, insan kaynağı, üretim kapasitesi, yatırım, firma ölçeği, kamu stratejisi ve tedarik zinciri kontrolünün birlikte değeriendirilmesinden anlaşılabilmektedir.

ABD'nin güncel teknoloji politikası da bu portföy yaklaşımına doğru evrilmektedir. CHIPS ve Bilim Yasası, yalnızca yarı iletken üretim tesisi desteklerinden ibaret değildir; aynı zamanda bilimsel araştırma, insan kaynağı, bölgesel teknoloji merkezleri, kritik teknoloji alanları ve tedarik zinciri güvenliği gibi bileşenleri birlikte ele almaktadır. ARPA-E enerji teknolojilerinde yüksek riskli projeleri desteklemekte; Manufacturing USA ileri imalat alanlarında prototipleme ve üretim altyapılarını güçlendirmekte; DARPA ise savunma ve çift kullanımlı teknolojilerde sistem düzeyinde teknoloji hedefleri tanımlamaktadır (Bonvillian, 2014, 2022; Bonvillian & Singer, 2018). Bu bütünleşik yapı, teknoloji politikasının artık yalnızca tekil Ar-Ge programları değil, birbirini tamamlayan teknoloji portföyleri üzerinden tasarlandığını göstermektedir.

Kritik teknoloji portföyleri yaklaşımı, ülkeler arasındaki rekabeti de yeniden tanımlamaktadır. ABD yapay zekâ, yazılım, yarı

iletken tasarımı, savunma Ar-Ge'si, risk sermayesi ve üniversite araştırmasında güçlüdür. Çin üretim ölçeği, tedarik zinciri entegrasyonu, hızlı ticarileştirme ve kamu yönlendirmesinde öne çıkmaktadır. Japonya yarı iletken malzemeleri, üretim ekipmanları, hassas üretim ve kalite sistemleriyle güçlüdür. Almanya mühendislik, makine, otomotiv ve uygulamalı araştırma altyapısında derin kapasiteye sahiptir. Güney Kore yarı iletken, batarya, ekran teknolojileri ve patent stratejisinde güçlüdür. Bu tablo, ülkelerin tekil teknolojilerde değil, farklı teknoloji portföylerinde uzmanlaştığını göstermektedir.

Patent verileri bu açıdan stratejik bir erken uyarı ve teknoloji istihbaratı kaynağıdır. Patent başvuruları yalnızca ülkelerin ne kadar buluş yaptığını göstermemekte; aynı zamanda hangi teknoloji alanlarında yoğunlaştığını, hangi alanlarda boşluk bulunduğunu, hangi ülkelerin belirli teknoloji portföylerinde güçlendiğini ve hangi alanlarda bağımlılık riski oluştuğunu da göstermektedir. Bu nedenle patent analizi, kritik teknoloji portföyleriyle birlikte yürütülmelidir. Bir ülkenin yarı iletkenlerde, hidrojen teknolojilerinde, biyoteknolojide veya yapay zekâda gerçekten güçlü olup olmadığı, yalnızca toplam patent sayısı ile değil, bu alanı mümkün kılan tamamlayıcı alt teknolojilerdeki patent kapasitesiyle anlaşılmalıdır. Aşağıdaki tablo, kritik teknoloji portföyü yaklaşımının farklı alanlarda nasıl yorumlanabileceğini göstermektedir.

Tablo 17 : Kritik Teknoloji Portföyleri ve Tamamlayıcı Patent Alanları

Kritik Teknoloji Alanı	Ana Teknoloji Bileşenleri	Tamamlayıcı Patent Alanları	Teknoloji Politikası Açısından Önemi
Yarı iletkenler	Çip tasarımı, üretim, litografi, paketleme, test	Malzeme, kimya, fotorezist, ekipman, güç elektroniği, temiz oda teknolojileri	Patent stratejisi üretim ve tedarik zinciri kapasitesiyle birlikte tasarlanmalıdır

Yapay zekâ	Algoritma, veri, hesaplama altyapısı, model eğitimi	Yarı iletken, bulut, siber güvenlik, sensör, robotik, uygulama yazılımları	AI liderliği yalnızca yazılım değil, hesaplama ve veri altyapısı gerektirmektedir
Biyoteknoloji	Genetik, moleküler biyoloji, ilaç geliştirme, tanı teknolojileri	Klinik test, üretim kalitesi, veri analitiği, regülasyon, tıbbi cihazlar	Patent, regülasyon ve klinik doğrulama birlikte ele alınmalıdır
Hidrojen teknolojileri	Elektrolizör, depolama, taşıma, yakıt hücresi	Membran, katalizör, güç elektroniği, su arıtımı, sıkıştırma, güvenlik	Sistem entegrasyonu ve maliyet düşürme patent portföyünün merkezindedir
Batarya teknolojileri	Hücre kimyası, anot, katot, elektrolit, paketleme	Geri dönüşüm, termal yönetim, güç elektroniği, madencilik, kontrol sistemleri	Kritik mineral ve tedarik zinciri politikası patent stratejisine bağlanmalıdır
Uzay teknolojileri	Uydu, fırlatma, haberleşme, yer sistemleri	Malzeme, sensör, optik, itki sistemleri, veri işleme, siber güvenlik	Kamu alımı ve görev odaklı programlar belirleyici olmaktadır
Savunma sistemleri	Platform, sensör, haberleşme, mühimmat, komuta kontrol	Yapay zekâ, optik, radar, elektronik harp, kompozit, siber güvenlik	Çift kullanımlı teknolojiler için bağlantılı yenilik kurumları gerekmektedir
İleri malzemeler	Kompozit, nano malzeme, polimer, seramik, alaşım	Üretim yöntemi, test, kalite kontrol, yüzey işlem, geri dönüşüm	Temel bilim ile üretim süreçleri birlikte desteklenmelidir

Kaynak: Yazarın çalışması.

Bu tablo, patent politikasının teknoloji alanı bazında parçalı değil, portföy bazında bütünleşik düşünülmesi gerektiğini göstermektedir. Örneğin yalnızca hidrojen alanında birkaç elektrolizör patenti almak yeterli değildir. Bu patentlerin enerji üretimi, su arıtımı, güç elektroniği, depolama ve güvenlik teknolojileriyle tamamlanması gerekmektedir. Benzer şekilde yapay zekâ alanında algoritma geliştirmek önemlidir; ancak hesaplama altyapısı, çip erişimi, veri yönetimi ve uygulama ekosistemi olmadan yapay zekâ kapasitesi sınırlı kalmaktadır.

Bu yaklaşım, teknoloji politikası kurumlarının rolünü de değiştirmektedir. Bu yaklaşıma göre; ulusal patent ofisleri, yalnızca başvuruları inceleyen kurumlar olarak değil, kritik teknoloji portföylerini izleyen, patent yoğunlaşmalarını analiz eden, boşluk alanlarını belirleyen ve politika yapıcıları teknoloji istihbaratıyla destekleyen kurumlar haline gelmelidir. Ar-Ge destek kurumları, destek programlarını tekil proje başvuruları üzerinden değil, stratejik teknoloji portföyleri ve yol haritaları üzerinden tasarlamalıdır. Sanayi politikası kurumları, patent verilerini üretim, dış ticaret, tedarik zinciri ve yatırım verileriyle birlikte analiz etmelidir. Finansman kurumları ise patentli teknolojilerin ölçeklenmesi için portföy bazlı risk finansmanı geliştirmelidir.

Kritik teknoloji portföyleri yaklaşımının bir diğer önemli sonucu, uluslararası rekabetin aynı zamanda uluslararası bağımlılık analizi gerektirmesidir. Bir ülke belirli bir teknoloji alanında güçlü patentlere sahip olabilir; ancak bu teknolojinin kritik girdileri, üretim ekipmanları veya standart belirleyici bileşenleri başka ülkelerin kontrolündeysen, stratejik otonomisi sınırlı kalmaktadır. Bu nedenle kritik teknolojilerde patent portföyü, tedarik zinciri haritası ve üretim kabiliyeti birlikte değerlendirilmelidir. Yarı iletkenlerde çip tasarım kapasitesinin litografi ve üretim ekipmanı olmadan sınırlı kalması; batarya teknolojilerinde patent kapasitesinin kritik mineraller ve hücre üretimi olmadan yeterli olmaması; biyoteknolojide buluş kapasitesinin klinik test ve regülasyon altyapısı olmadan pazara çıkamaması bu durumun somut örnekleridir.

Netice itibarıyla, günümüz teknoloji rekabeti tekil patentlerden kritik teknoloji portföylerine doğru evrilmektedir. Patent, hâlâ zihinsel emeği ve teknik buluşu koruyan temel kurumsal mekanizmadır; ancak stratejik üstünlük, birbirini tamamlayan patent kümelerinin üretim, tedarik zinciri, insan kaynağı, finansman ve pazar mekanizmalarıyla birlikte yönetilmesiyle ortaya çıkmaktadır.

Bu nedenle teknoloji politikasının yeni aşaması, patent başvuru sayısını artırmanın ötesinde, kritik teknoloji portföyleri inşa etmeyi, bu portföyleri sistem entegrasyonu ve üretim kapasitesiyle desteklemeyi ve uluslararası rekabet içinde stratejik konumlanmayı gerektirmektedir.

3.7. Teknolojik Merkezileşme ve Patent Yoğunlaşması İlişkisi

Patent sisteminin iktisadi felsefesi, büyüme teorisi, beşerî sermaye, ulusal yenilik sistemi, ölüm vadisi, üretim kapasitesi ve kritik teknoloji portföyleri birlikte değerlendirildiğinde, günümüz teknoloji rekabetinin temel olgularından biri daha açık biçimde görülmektedir: **teknolojik merkezileşme**. Teknolojik merkezileşme, patentlenebilir ileri teknoloji üretiminin, bilimsel araştırma kapasitesi, beşerî sermaye, Ar-Ge kurumları, patent sistemi, üretim altyapısı, finansman ve ticarileştirme mekanizmaları güçlü olan sınırlı sayıda ülke etrafında yoğunlaşmasıdır. Bu kavram, yalnızca patent başvurularının sayısal dağılımını değil; teknoloji üretme, koruma, ölçekleme ve küresel rekabet avantajına dönüştürme kapasitesinin mekânsal ve kurumsal yoğunlaşmasını ifade etmektedir.

Teknolojik merkezileşmenin ilk açıklayıcı mekanizması bilgi üretim kapasitesidir. Temel araştırma, bilimsel sermaye ve araştırmacı havuzu güçlü olan ülkeler, yeni teknoloji alanlarında daha erken bilgi birikimi oluşturmakta ve bu bilgi birikimini patentlenebilir buluşlara dönüştürebilmektedir. Bush'un bilimsel sermaye yaklaşımı, uzun dönemli teknoloji üstünlüğünün temel bilim ve araştırmacı yetiştirme kapasitesiyle ilişkili olduğunu göstermektedir (Bush, 1945/2020). Romer'in içsel büyüme teorisi de teknolojik bilginin ekonomik sistem içinde üretildiğini ve araştırmaya yönelen beşerî sermayenin büyüme açısından belirleyici olduğunu savunmaktadır (Romer, 1990, 2000). Bu nedenle patent

yoğunlaşması, yalnızca hukuki başvuru davranışı değil, ülkelerin bilgi üretim altyapısının görünür çıktılarından biri olarak değerlendirilmelidir.

İkinci mekanizma, patent sisteminin Ar-Ge yatırımını sürekli rekabet avantajına dönüştürmesidir. Patent, teknik bilginin açıklanması karşılığında buluş sahibine belirli bir süre münhasır hak tanımakta; böylece yüksek maliyetli ve riskli Ar-Ge faaliyetlerinin ekonomik getiriye dönüşmesini mümkün kılmaktadır. Bu çerçevede patent sistemi, teknolojik bilginin tamamen kamu malı gibi dağılmasını önlemekte, fakat aynı zamanda teknik bilginin patent dokümanları yoluyla açıklanmasını sağlamaktadır. Arrow'un bilgi dışsallıkları yaklaşımı, buluş faaliyetlerinde piyasanın eksik yatırım üretebileceğini göstermekte; Romer'in bilgi ekonomisi yaklaşımı ise fikri mülkiyetin bilginin kısmen dışlanabilir hale gelmesindeki rolünü açıklamaktadır (Arrow, 1962; Romer, 1990). Bu nedenle güçlü patent sistemlerine ve patent kullanım kültürüne sahip ülkeler, Ar-Ge yatırımını daha etkin biçimde ticarileştirebilmektedir.

Üçüncü mekanizma, ulusal yenilik sisteminin bağlantı kapasitesidir. Patent başvurusu ile teknoloji üstünlüğü arasında otomatik bir ilişki bulunmamaktadır. Patentlenebilir bilginin stratejik değere dönüşmesi için üniversiteler, firmalar, kamu araştırma kurumları, finansman kuruluşları, teknoloji transfer ofisleri, patent ofisleri, üretim altyapıları ve kamu alım mekanizmaları arasında işlevsel bağlantılar kurulmalıdır. Freeman, Lundvall ve Nelson'ın ulusal yenilik sistemi yaklaşımı, teknolojik kapasitenin kurumlar arası etkileşim, öğrenme ve bilgi akışlarıyla oluştuğunu göstermektedir (Freeman, 1987; Lundvall, 1992; Nelson, 1993). Bu nedenle teknolojik merkezileşme, yalnızca tekil firmaların başarısından değil, bütün yenilik sisteminin derinliğinden kaynaklanmaktadır.

Dördüncü mekanizma, araştırmadan ticarileştirmeye geçiş kapasitesidir. Bilimsel araştırma ve patent tescili, teknolojinin ekonomik değere dönüşmesi için gerekli fakat yeterli değildir. Teknolojinin prototip, test, demonstrasyon, sertifikasyon, üretim, ilk müşteri ve pazar kabulü aşamalarından geçmesi gerekmektedir. Branscomb ve Auerswald'ın "ölüm vadisi" tartışması, erken aşama buluş ile ticari yenilik arasındaki finansman ve kurumsal boşluğa dikkat çekmektedir (Branscomb & Auerswald, 2002). Bonvillian'ın bağlantılı yenilik kurumları yaklaşımı ise DARPA, ARPA-E, Sematech, SBIR ve ileri imalat enstitüleri gibi yapıların bu boşluğu azaltmak için kritik rol oynadığını göstermektedir (Bonvillian, 2014; Bonvillian & Singer, 2018). Dolayısıyla teknolojik merkezileşme, yalnızca buluş yapan değil, buluşu pazara taşıyan ülkelerde daha güçlü biçimde ortaya çıkmaktadır.

Beşinci mekanizma, üretim ve ölçekleme kapasitesidir. Cohen ve Zysman'ın imalatın önemi üzerine çalışması, üretimin yenilik sisteminden koparılamayacağını vurgulamaktadır (Cohen & Zysman, 1987). Bonvillian ve Singer da ileri imalat politikalarının temel araştırma ile üretim ölçekleme arasındaki boşluğu kapatmayı hedeflediğini belirtmektedir (Bonvillian & Singer, 2018). Bu yaklaşım özellikle yarı iletkenler, biyoteknoloji, batarya, hidrojen, savunma sistemleri ve ileri malzemeler gibi alanlarda önem kazanmaktadır. Çünkü bu alanlarda patentli bilgi, üretim süreçleri, kalite sistemleri, tedarikçi ağları, teknik işgücü ve ölçekleme finansmanı olmadan küresel rekabet gücüne dönüşmemektedir.

Altıncı mekanizma, teknoloji portföyü ve sistem entegrasyonudur. Günümüz teknoloji rekabeti tekil teknolojiler üzerinden değil, birbirini tamamlayan teknoloji kümeleri üzerinden şekillenmektedir. Pacala ve Socolow'un "stabilization wedges" yaklaşımı, büyük teknolojik dönüşümlerin tek bir çözümle değil, çok sayıda teknoloji kanalının birlikte ölçeklenmesiyle gerçekleştiğini göstermektedir (Pacala & Socolow, 2004). Aynı mantık kritik

teknolojiler için de geçerlidir. Yarı iletkenler yapay zekâyı, yapay zekâ biyoteknolojiyi, güç elektroniği enerji dönüşümünü, ölçüm ve kontrol teknolojileri ileri imalatı, malzeme bilimi ise çok sayıda stratejik sektörü beslemektedir. Bu nedenle patent yoğunlaşması, yalnızca tekil başvuruların değil, teknoloji portföylerinin belirli ülkelerde yoğunlaşması anlamına gelmektedir.

Bu mekanizmalar birlikte değerlendirildiğinde, teknolojik merkezileşmenin basit bir “ülkeler arası patent sayısı farkı” olmadığı görülmektedir. Patent yoğunlaşması; bilimsel sermaye, beşerî sermaye, patent koruması, firma kapasitesi, bağlantılı yenilik kurumları, üretim altyapısı, tedarik zinciri, ölçekleme finansmanı ve stratejik kamu politikalarının birlikte ürettiği bir sonuçtur. Bu nedenle patent verileri, yalnızca teknik buluş faaliyetini değil, ülkelerin yenilik sistemi kapasitesini de yansıtan stratejik göstergeler olarak okunmalıdır.

Tablo 18 : Teknolojik Merkezileşmenin Açıklayıcı Mekanizmaları

Mekanizma	Temel Açıklama	Literatür Kaynağı	Patent Sistemi Açısından Önemi
Bilimsel sermaye	Temel araştırma ve bilgi üretimi uzun dönemli teknoloji kapasitesi oluşturmaktadır	Bush (1945/2020); Stokes (1997)	Güçlü araştırma altyapısı olan ülkeler daha fazla patentlenebilir bilgi üretmektedir
Beşerî sermaye	Araştırmacı, mühendis, teknisyen ve teknolog havuzu teknoloji üretiminin temel girdisidir	Romer (1990, 2000); Goldin ve Katz (2008); Bonvillian (2020)	Nitelikli insan kaynağı yoğunlaşması patent üretimini artırmaktadır
Patent koruması	Ar-Ge yatırımını süreli ve kurallı rekabet avantajına dönüştürmektedir	Arrow (1962); Romer (1990); Machlup (1958); Mazzoleni ve Nelson (1998)	Patent sistemi güçlü ülkeler Ar-Ge getirisini daha iyi içselleştirmektedir
Ulusal yenilik sistemi	Üniversite, firma, devlet, finansman ve patent kurumları birlikte çalışmaktadır	Freeman (1987); Lundvall (1992); Nelson (1993)	Kurumsal bağlantı kapasitesi patentin ekonomik değere dönüşmesini sağlamaktadır

Ölüm vadisini aşma	Araştırma ile ticarileştirme arasındaki boşluk prototip, test ve finansmanla azaltılmaktadır	Branscomb ve Auerswald (2002); Bonvillian (2014, 2022)	Patentli teknolojiler ticarileşebildiği ölçüde stratejik değer üretmektedir
İleri imalat	Üretim, kalite, süreç mühendisliği ve tedarik zinciri teknoloji kapasitesinin parçasıdır	Cohen ve Zysman (1987); Berger (2013); Bonvillian ve Singer (2018)	Patentli bilgi üretim kapasitesiyle birleştiğinde kalıcı rekabet gücü doğmaktadır
Teknoloji portföyü	Kritik teknolojiler tamamlayıcı alt teknolojilerden oluşmaktadır	Pacala ve Socolow (2004); Miller (2022); Rosenbach vd. (2025a, 2025b)	Patent yoğunlaşması teknoloji kümeleri ve sistem entegrasyonu üzerinden okunmalıdır
Stratejik kamu politikası	Devlet araştırma, üretim, pazar ve tedarik zinciri alanlarını yönlendirmektedir	Bonvillian (2014); Mazzucato (2013); Warwick (2013)	Kritik teknolojilerde kamu yönlendirmesi patent üretimini ve ölçeklemeyi desteklemektedir

Kaynak: Yazarın çalışması.

Bu tablo, teknolojik merkezileşmenin çok katmanlı bir süreç olduğunu göstermektedir. Patent verileri, çoğu zaman bu çok katmanlı kapasitenin son halkalarından biri olarak görünmektedir. Ancak patentin arkasında bilimsel araştırma, insan kaynağı, Ar-Ge finansmanı, üretim becerisi, patent ofisi kapasitesi, firma stratejisi ve ticarileştirme altyapısı bulunmaktadır. Bu nedenle patent yoğunlaşmasını yalnızca başvuru sayılarıyla açıklamak eksik kalmaktadır.

Teknolojik merkezileşmenin bir diğer boyutu da birikimli avantaj mekanizmasıdır. Teknoloji alanlarında güçlü olan ülkeler, mevcut bilimsel ve kurumsal kapasiteleri sayesinde yeni teknoloji dalgalarına daha hızlı uyum sağlayabilmektedir. Güçlü üniversiteler daha fazla araştırmacı yetiştirmekte; güçlü firmalar daha fazla Ar-Ge yapmakta; gelişmiş patent portföyleri lisanslama ve teknoloji ortaklıklarını kolaylaştırmakta; risk sermayesi yeni girişimleri desteklemekte; kamu alımları ilk pazarı oluşturmakta; üretim

altyapısı prototipleri ölçeklemektedir. Böylece lider ülkeler yeni teknolojik fırsatları daha hızlı yakalamakta ve kendi üstünlüklerini yeniden üretmektedir. Bu durum, teknolojik merkezleşmenin neden zaman içinde kalıcılaşılabildiğini açıklamaktadır.

Buna karşılık teknolojik çevrede kalan ülkeler için sorun yalnızca Ar-Ge harcamasının düşük olması değildir. Bu ülkelerde çoğu zaman araştırma kurumları ile firmalar arasında kopukluk bulunmakta, patentler ticarileşmemekte, üretim altyapısı ileri teknolojileri ölçekleyememekte, risk sermayesi yetersiz kalmakta, kamu alımları yenilikçi ürünler için ilk pazar oluşturmamakta ve teknik insan kaynağı kritik teknoloji alanlarına yönlendirilememektedir. Bu durumda patent teşvikleri tek başına yeterli sonuç üretmemektedir. Patent başvurusu artsa bile, bu başvuruların teknoloji portföyüne, üretim kapasitesine, ihracata veya firma değerine dönüşmesi sınırlı kalmaktadır.

Teknolojik merkezleşme aynı zamanda jeoekonomik bir sonuç üretmektedir. Kritik teknolojilerde patent, üretim ve tedarik zinciri kapasitesi belirli ülkelerde yoğunlaştığında, diğer ülkeler stratejik bağımlılıklarla karşı karşıya kalmaktadır. Yarı iletkenlerde üretim ekipmanına, bataryalarda kritik minerallere, biyoteknolojide klinik ve regülasyon altyapısına, yapay zekâda hesaplama kapasitesine, hidrojen teknolojilerinde elektrolizör bileşenlerine bağımlılık bu durumun örnekleridir. Bu nedenle teknoloji politikası artık yalnızca ekonomik büyüme politikası değil, aynı zamanda stratejik otonomi, tedarik zinciri güvenliği ve ulusal güvenlik politikası haline gelmektedir (Miller, 2022; Rosenbach et al., 2025a).

Bu çerçeve, patent verilerinin politika analizindeki önemini artırmaktadır. Patent verileri, ülkelerin hangi teknoloji alanlarında bilgi ürettiğini, hangi alanlarda yoğunlaştığını, hangi alt teknolojilerde zayıf kaldığını ve hangi teknoloji portföylerinde stratejik kapasite geliştirdiğini gösterebilmektedir. Ancak patent

verileri tek başına yorumlanmamalıdır. Patent başvuruları; Ar-Ge harcamaları, araştırmacı sayısı, üretim kapasitesi, ihracat verileri, firma yapısı, tedarik zinciri, kamu destekleri ve teknoloji transfer performansı ile birlikte analiz edilmelidir. Aksi halde patent yoğunlaşmasının arkasındaki gerçek kapasite yapısı görülememektedir.

Netice itibarıyla, teknolojik merkezileşme modern teknoloji politikasının kuramsal olarak açıklanması gereken temel olgularından biridir. Bu olgu, patentlenebilir teknolojik üretimin belirli ülkelerde yoğunlaşmasını ifade etmekle birlikte, daha derinde bilimsel sermaye, beşerî sermaye, bağlantılı yenilik kurumları, ileri imalat, patent sistemi ve teknoloji portföylerinin birlikte çalışmasını yansıtmaktadır. Bu nedenle teknolojik merkezileşmenin analizi, yalnızca patent sayılarının dağılımı olarak değil, ülkelerin teknoloji üretme ve bu teknolojiyi rekabet avantajına dönüştürme kapasitesinin analizi olarak yapılmalıdır.

Bu bölümün tamamı dikkate alındığında, patent sistemi ve teknoloji politikası arasındaki ilişki daha açık hale gelmektedir. Patent, Ar-Ge yatırımını koruyan temel kurumdur; ancak patentin stratejik değeri, bilimsel araştırma, insan kaynağı, yenilik sistemi, ticarileştirme, üretim, ölçekleme ve teknoloji portföyleriyle birlikte ortaya çıkmaktadır.

Bir sonraki bölümde bu kuramsal çerçeve, dünyadaki teknoloji politikası modelleri ve ülkelerin farklı kurumsal yolları üzerinden daha ayrıntılı biçimde tartışılmaktadır. Böylece ABD merkezli teknoloji politikası etkisinin Japonya, Almanya, Güney Kore, Çin ve Avrupa deneyimlerini nasıl şekillendirdiği sistematik biçimde gösterilmiştir.

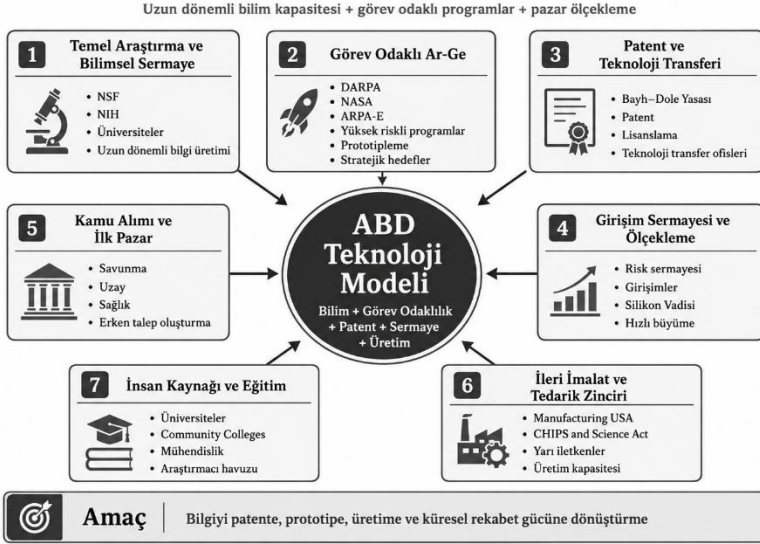
4. ABD MERKEZLİ TEKNOLOJİ İMPARATORLUĞU

4.1. ABD Modelinin Temel Yaklaşımı

Önceki bölümlerde ortaya konulan kuramsal çerçeve, teknolojik üstünlüğün yalnızca patent sayılarıyla, Ar-Ge harcamalarıyla veya firma ölçeğiyle açıklanamayacağını göstermektedir. Modern teknoloji politikasında asıl belirleyici unsur, bilimsel bilgi üretimi ile bu bilginin patent, prototip, üretim, ticarileştirme ve stratejik kapasiteye dönüşmesi arasındaki kurumsal bağlantının nasıl kurulduğudur. ABD modeli bu açıdan modern teknoloji politikası literatürünün merkezinde yer almaktadır. Çünkü ABD, temel araştırma, savunma Ar-Ge'si, üniversite sistemi, patent hukuku, girişim sermayesi, kamu alımı, ileri imalat ve kritik teknoloji programlarını tarihsel süreç içinde birbirini tamamlayan mekanizmalar olarak geliştirmiştir.

ABD teknoloji politikasının temel özelliği, iki farklı yaklaşımı aynı sistem içinde bir arada taşımasıdır. Birinci yaklaşım, Bush'un *Science, the Endless Frontier* raporunda ifade edilen temel araştırma, bilimsel özgürlük ve uzun dönemli bilimsel sermaye üretimi yaklaşımıdır. Bu yaklaşımda devletin görevi, doğrudan ürün seçmek veya firmaların yerine teknoloji geliştirmek değil; üniversiteler, araştırma kurumları ve bilim insanları üzerinden uzun dönemli bilgi altyapısını desteklemektir (Bush, 1945/2020). İkinci husus ise Rad Lab, Los Alamos, Manhattan Projesi, DARPA, NASA, ARPA-E ve Sematech gibi örneklerde görülen görev odaklı ve bağlantılı yenilik yaklaşımıdır. Bu yaklaşımda araştırma, belirli stratejik teknoloji hedeflerine yönlendirilmekte; temel bilim, uygulamalı araştırma, prototip, test, üretim ve ilk pazar arasındaki bağlantı daha doğrudan kurulmaktadır (Bonvillian, 2014; Ruttan, 2006).

Şekil 8 : ABD Modeli



Kaynak: Yazarın çalışması.

ABD modelinin ayırt edici yönü, bu iki yaklaşımı birbirinin alternatifini değil, tamamlayıcısı olarak geliştirmesidir. Temel araştırma sistemi, yeni bilimsel bilgi, araştırmacı havuzu ve teknoloji alanları için uzun dönemli sermaye üretmektedir. Görev odaklı kurumlar ise bu bilimsel sermayeyi stratejik teknoloji hedeflerine, savunma ihtiyaçlarına, enerji dönüşümüne, uzay programlarına, yarı iletkenlere veya ileri imalat kapasitesine bağlamaktadır. Bu nedenle ABD modeli yalnızca “serbest piyasa yenilik sistemi” olarak adlandırılmaz. Aynı şekilde yalnızca “devletçi sanayi politikası” olarak da değerlendirilemez. ABD modeli, bilimsel özgürlük, kamu Ar-Ge’si, yüksek riskli görev odaklı programlar, patent sistemi, risk sermayesi ve girişimci piyasa mekanizmalarının birlikte çalıştığı karma bir yenilik mimarisidir.

Bu mimari içinde federal devletin rolü son derece önemlidir. ABD’de federal kurumlar temel araştırmayı finanse etmekte, savunma ve uzay gibi stratejik alanlarda ilk talep yaratmakta, yüksek

riskli teknolojileri desteklemekte, üniversite araştırmalarından doğan buluşların ticarileşmesini kolaylaştırmakta ve kritik dönemlerde sektör düzeyinde koordinasyon sağlamaktadır. Bu rol, klasik anlamda yalnızca piyasa başarısızlığını düzeltmekle sınırlı değildir. Mazzucato'nun girişimci devlet tartışmasında vurguladığı gibi, devlet birçok ileri teknoloji alanında yalnızca düzenleyici veya destekleyici değil, aynı zamanda risk alan ve yeni pazarların oluşumuna katkı veren bir aktör olarak çalışmaktadır (Mazzucato, 2013). Bununla birlikte ABD modelinin gücü, devletin tüm yenilik sürecini merkezi olarak yönetmesinden değil, farklı kurumlar ve piyasa aktörleri arasında işlevsel bağlantılar kurmasından kaynaklanmaktadır.

Şekil 9 : ABD Sanayi ve Teknoloji Coğrafyası



Kaynak: Yazarın çalışması.

ABD modelinde üniversiteler özel bir yere sahiptir. Üniversiteler temel araştırma yapmakta, bilim insanı ve mühendis

yetiştirmekte, kamu fonlu araştırmalar yürütmekte ve Bayh-Dole sonrası dönemde patent, lisanslama ve girişimleşme kanallarıyla teknoloji transferinde daha aktif rol üstlenmektedir (Mowery et al., 2004). Ancak  niversiteler tek başına teknoloji liderliği üretmemektedir. Federal fonlama, savunma ve uzay programları, risk sermayesi, özel sektör Ar-Ge'si, büyük teknoloji firmaları, kamu alımları ve patent sistemi  niversite araştırmasını daha geniş bir yenilik ekosistemine bağlamaktadır. Bu nedenle ABD modeli,  niversite merkezli fakat yalnızca akademik olmayan bir teknoloji politikası yapısına sahiptir.

DARPA bu yapının görev odaklı tarafını temsil eden en önemli kurumlardan biridir. DARPA'nın başarısı, yüksek riskli araştırmaları desteklemesinden, program yöneticilerine geniş alan tanımasından,  niversite ve firmaları aynı hedef etrafında bir araya getirmesinden ve teknolojinin prototip ile uygulama aşamalarına geçişini baştan düşünmesinden kaynaklanmaktadır (Bonvillian, 2014; Van Atta, 2008). NASA, uzay programları yoluyla büyük ölçekli sistem entegrasyonu, kamu alımı, tedarik zinciri ve mühendislik kapasitesi üretmiştir. NIH biyomedikal araştırmalarda temel bilimsel kapasiteyi desteklemiş; DOE ulusal laboratuvarlar ve enerji araştırmaları üzerinden bilimsel altyapı sağlamıştır. ARPA-E ise enerji teknolojilerinde DARPA benzeri bir yüksek riskli teknoloji geliştirme modeli kurmaya çalışmıştır (Bonvillian & Van Atta, 2011).

Patent sistemi bu mimarinin rekabet avantajı üreten kurumsal bileşenidir. ABD'de patentler yalnızca buluşların korunmasını sağlamamakta; teknoloji transferi, lisanslama, girişim sermayesi, firma değerlemesi ve stratejik teknoloji portföyü oluşturma süreçlerinde de kullanılmaktadır. Bayh-Dole Act, federal fonlu  niversite araştırmalarından doğan buluşların  niversiteler tarafından patentlenmesini ve lisanslanmasını kolaylaştırarak akademik araştırma ile piyasa arasındaki bağlantıyı güçlendirmiştir

(Mowery et al., 2004). SBIR programı ise küçük teknoloji firmalarına erken aşama Ar-Ge finansmanı sağlayarak patentlenebilir teknolojilerin girişimci firmalar içinde gelişmesini desteklemiştir. Bu yönüyle ABD modeli, patent sistemini yalnızca hukuki koruma aracı değil, teknoloji transferi ve girişimci yenilik sürecinin parçası olarak kullanmaktadır.

ABD modelinin bir diğer önemli bileşeni risk sermayesi ve girişimcilik ekosistemidir. Silikon Vadisi başta olmak üzere ABD'deki girişimci teknoloji bölgeleri, üniversite araştırması, savunma Ar-Ge'si, büyük teknoloji firmaları, yetenek göçü, risk sermayesi ve patent sisteminin yoğun etkileşimiyle gelişmiştir. Bu sistem, teknoloji tabanlı girişimlerin erken aşama risklerini finanse etmekte ve başarılı teknolojilerin hızlı ölçeklenmesine imkân sağlamaktadır. Ancak risk sermayesi tek başına yeterli değildir. Risk sermayesi çoğu zaman kamu araştırmaları, savunma teknolojileri, üniversite patentleri ve devletin önceden üstlendiği yüksek riskli bilimsel yatırımlar üzerine inşa edilmektedir (Mazzucato, 2013; Mowery & Rosenberg, 1998).

ABD modelinin tarihsel gelişimi daha sistematik biçimde aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Tablo 19 : ABD Teknoloji Politikası Modelinin Temel Kurumsal Bileşenleri

Bileşen	Temel İşlev	Örnek Kurum / Program	Teknoloji Politikası Açısından Önemi
Temel araştırma	Uzun dönemli bilimsel bilgi ve bilimsel sermaye üretmektedir	NSF, NIH, üniversiteler	Derin teknoloji alanlarının bilgi altyapısını oluşturmaktadır
Görev odaklı Ar-Ge	Stratejik teknoloji hedeflerine yönelik yüksek riskli araştırmaları desteklemektedir	DARPA, ARPA-E, NASA	Araştırma ile uygulama arasındaki kopukluğu azaltmaktadır

Savunma ve kamu alımı	Yeni teknolojiler için ilk pazar ve test alanı oluşturmaktadır	DoD, NASA, enerji ve sağlık alımları	Teknolojinin prototipten uygulamaya geçişini hızlandırmaktadır
Patent ve teknoloji transferi	Buluşların korunmasını, lisanslanmasını ve ticarileştirilmesini sağlamaktadır	Bayh-Dole, teknoloji transfer ofisleri	Akademik ve kamu araştırmasının ekonomik değere dönüşmesini desteklemektedir
Girişimci finansman	Erken aşama teknoloji firmalarının büyümesini sağlamaktadır	Risk sermayesi, SBIR / STTR	Patentlenebilir teknolojilerin firma ölçeğinde gelişmesini kolaylaştırmaktadır
Sektör konsorsiyumları	Ortak üretim ve teknoloji darboğazlarını çözmektedir	Sematech	Kritik sektörlerde kamu-sanayi koordinasyonu oluşturmaktadır
İleri imalat altyapısı	Prototipleme, test, demonstrasyon ve üretim ölçekleme desteği vermektedir	Manufacturing USA	Patentli teknolojilerin üretilebilir hale gelmesini sağlamaktadır
İnsan kaynağı sistemi	Bilim insanı, mühendis, teknisyen ve teknoloji girişimcisi yetiştirmektedir	Üniversiteler, community college'lar, teknik eğitim programları	Patentlenebilir teknoloji üretiminin beşerî sermaye temelini oluşturmaktadır
Tedarik zinciri politikası	Kritik girdiler, üretim kapasitesi ve stratejik bağımlılıkları yönetmektedir	CHIPS ve Bilim Yasası, yarı iletken programları	Teknoloji politikasını jeoekonomik güvenlik alanına taşımaktadır

Kaynak: Yazarın çalışması.

Bu tablo, ABD teknoloji politikasının tek bir kuruma veya tek bir politika aracına indirgenemeyeceğini göstermektedir. ABD modelinin gücü, bu bileşenlerin tarihsel olarak birbirini tamamlayacak biçimde gelişmesinden kaynaklanmaktadır. Temel araştırma bilimsel bilgi üretmekte; DARPA tipi kurumlar bu bilgiyi stratejik hedeflere bağlamakta; patent sistemi buluşları korumakta; risk sermayesi girişimci ölçeklemeyi desteklemekte; kamu alımları ilk talebi oluşturmakta; ileri imalat programları üretim kapasitesini

güçlendirmekte; tedarik zinciri politikaları ise kritik teknoloji bağımlılıklarını yönetmeye çalışmaktadır.

Bununla birlikte ABD modelinin sınırlılıkları da bulunmaktadır. İlk olarak, ABD bilimsel araştırma, yazılım, platform teknolojileri, savunma Ar-Ge'si ve risk sermayesinde güçlü olmakla birlikte, bazı üretim ve tedarik zinciri aşamalarında dışa bağımlı hale gelmiştir. Yarı iletken üretimi, ileri paketleme, bazı kritik mineraller, elektronik bileşenler ve üretim ekipmanları alanlarında yaşanan kırılganlıklar, “innovate here, produce there” yaklaşımının sınırlarını göstermektedir (Berger, 2013; Miller, 2022). İkinci olarak, üniversite araştırmalarının ticarileştirilmesi her zaman otomatik biçimde gerçekleşmemektedir. Bayh-Dole sonrası dönemde patent ve lisanslama kapasitesi artmış olmakla birlikte, birçok akademik buluş hâlâ prototip, test, finansman ve pazar aşamalarında ölüm vadisiyle karşılaşmaktadır (Branscomb & Auerswald, 2002; Mowery et al., 2004). Üçüncü olarak, DARPA modeli her sektöre aynı biçimde uygulanamamaktadır. Savunma alanında güçlü ilk alıcı ve misyon netliği bulunurken, enerji, sağlık veya iklim gibi alanlarda pazar yapısı, regülasyon ve altyapı koşulları daha karmaşıktır (Bonvillian & Van Atta, 2011; Weiss & Bonvillian, 2009).

Bu sınırlılıklara rağmen ABD modeli, modern teknoloji politikası açısından hâlâ ana referans model olma niteliğini korumaktadır. Bunun nedeni ABD'nin bütün politika araçlarını merkezi bir planlama yaklaşımıyla değil, dinamik bir ekosistem yaklaşımıyla birleştirebilmesidir. Üniversite araştırması, federal kurumlar, patent sistemi, girişim sermayesi, savunma talebi, büyük teknoloji firmaları ve ileri imalat altyapıları farklı alanlarda güçlü bağlantılar kurmaktadır. Bu bağlantılar, yeni teknoloji alanlarının hızla doğmasına, patentlenmesine, girişimleşmesine ve ölçeklenmesine imkân sağlamaktadır.

Netice itibarıyla, ABD teknoloji politikası modeli bilimsel sermaye üretimi ile görev odaklı uygulama kapasitesini birleştiren karma bir sistemdir. Bu modelde temel araştırma uzun dönemli bilgi altyapısını kurmakta; DARPA tipi kurumlar stratejik teknoloji hedeflerini tanımlamakta; patent sistemi zihinsel emeği sürekli rekabet avantajına dönüştürmekte; risk sermayesi ve girişimcilik teknolojiyi pazara taşımakta; kamu alımları ve ileri imalat programları ise teknolojinin ölçeklenmesini kolaylaştırmaktadır. Bu nedenle ABD modeli, bugünkü dünya teknoloji politikası anlatısının merkezinde yer almaktadır. Diğer ülkeler bu modeli birebir kopyalamamakta; ancak kendi sanayi yapıları, devlet kapasiteleri ve kurumsal gelenekleri içinde bu modelden çeşitli unsurlar devralmakta veya ona alternatif yollar geliştirmektedir.

4.2. DARPA'dan CHIPS ve Bilim Yasasına Politika Araçları

ABD teknoloji politikası modelinin gücü, yalnızca genel ilkelerden değil, farklı dönemlerde ortaya çıkan somut program ve kurumların birbirini tamamlayan işlevlerinden kaynaklanmaktadır. ABD, teknolojik rekabette karşılaştığı her büyük kırılmaya yeni bir kurumsal araçla yanıt vermektedir. II. Dünya Savaşı sonrasında temel araştırma kapasitesi güçlendirilmiş; Sputnik sonrasında DARPA ve NASA gibi görev odaklı kurumlar ortaya çıkmış; 1980'lerde Japonya ve Almanya rekabeti karşısında Bayh-Dole, SBIR, MEP ve Sematech gibi ticarileştirme ve üretim bağlantılı araçlar geliştirilmiş; 2000 sonrasında enerji, iklim, ileri imalat ve yarı iletken tedarik zinciri sorunları ARPA-E, Manufacturing USA ve CHIPS ve Bilim Yasası gibi yeni programları gündeme taşımıştır (Bonvillian, 2014; Bonvillian & Singer, 2018; Mowery et al., 2004).

Bu programların ortak özelliği, ABD teknoloji politikasında belirli bir boşluğu doldurmak üzere geliştirilmiş olmalarıdır. DARPA araştırma ile stratejik teknoloji hedefi arasındaki boşluğu; Bayh-

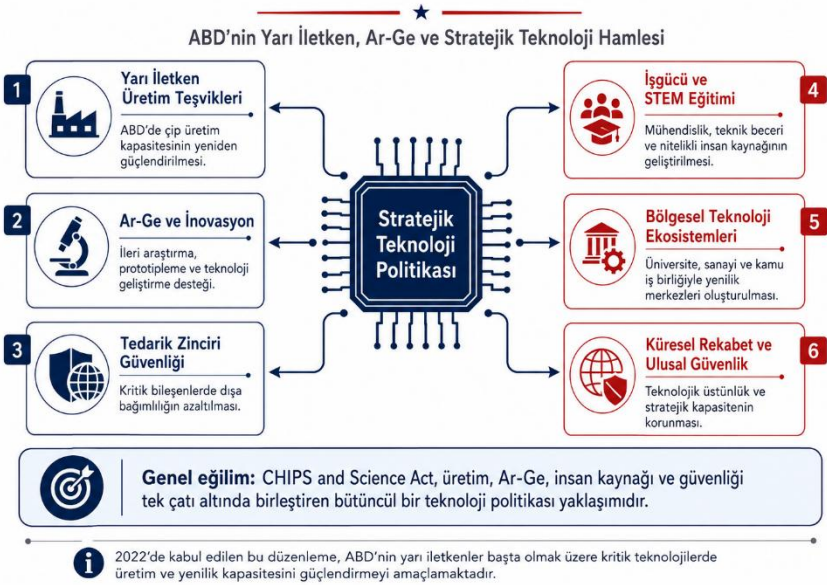
Dole üniversite araştırması ile ticarileştirme arasındaki boşluğu; SBIR küçük teknoloji firmalarının erken aşama finansman boşluğunu; Sematech yarı iletken üretim süreçlerindeki sektör koordinasyonu boşluğunu; ARPA-E enerji teknolojilerinde yüksek riskli Ar-Ge ve pazara geçiş boşluğunu; Manufacturing USA ise temel araştırma ile üretim ölçekleme arasındaki “missing middle” boşluğunu hedeflemektedir. Bu nedenle ABD modelinde teknoloji politikası, tek bir genel destek yaklaşımıyla değil, yenilik zincirinin farklı halkalarına müdahale eden kurumsal araçlarla gelişmektedir.

DARPA, ABD teknoloji politikasının en güçlü görev odaklı kurumlarından biridir. Kurumun ayırt edici özelliği, araştırma gündemini mevcut akademik bilgi alanlarından değil, gelecekte ihtiyaç duyulan stratejik teknoloji kabiliyetlerinden hareketle tasarlamasıdır. Bu nedenle DARPA programları çoğu zaman yüksek riskli, yüksek getirili ve geleneksel piyasa mekanizmalarının tek başına finanse etmekte zorlanacağı teknolojik alanlara yönelmektedir. Program yöneticisi merkezli esnek yapı, sınırlı bürokrasi, geçici ve yüksek nitelikli teknik kadro, üniversite-firma-kamu laboratuvarı bağlantısı ve ilk uygulama hedefi, DARPA modelinin temel unsurlarıdır (Bonvillian, 2014; Van Atta, 2008). DARPA’nın bilgisayar ağları, mikroelektronik, yapay zekâ, otonom sistemler ve savunma teknolojileri üzerindeki etkisi, görev odaklı Ar-Ge’nin modern teknoloji liderliğinde ne kadar belirleyici olabildiğini göstermektedir.

NASA ise ABD teknoloji politikasında büyük ölçekli sistem entegrasyonu kapasitesinin simge kurumlarından biridir. Uzay programları, yalnızca bilimsel araştırma değil, mühendislik, tedarik zinciri, kamu alımı, özel sektör yüklenicileri, malzeme bilimi, elektronik, kontrol sistemleri, hesaplama ve kalite güvencesi gibi çok sayıda bileşeni aynı hedef etrafında birleştirmiştir. Apollo Programı bu bağlamda yalnızca bir uzay başarısı değil, büyük ölçekli teknoloji programlarının nasıl örgütlenebileceğine dair kurumsal bir

deneyimdir (McDougall, 1985; Ruttan, 2006). NASA modeli, teknoloji politikasında “misyon”, “sistem entegrasyonu” ve “kamu alımı” ilişkisini göstermektedir.

Şekil 10 : CHIPS ve Bilim Yasası Modeli



Kaynak: ABD CHIPS ve Bilim Yasası(2022) 'ndan yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir.

Bayh-Dole Act, ABD teknoloji politikasında üniversite araştırması ile patent ticarileştirmesi arasındaki ilişkiyi yeniden düzenleyen temel araçlardan biridir. Federal fonlarla yürütülen araştırmalardan doğan buluşların üniversiteler tarafından sahiplenilmesini, patentlenmesini ve lisanslanmasını kolaylaştırmıştır. Bu düzenleme, üniversite araştırmalarının teknoloji transfer ofisleri aracılığıyla özel sektöre aktarılmasını ve akademik bilginin patent, lisans, spin-off ve girişimleşme kanallarına bağlanmasını teşvik etmiştir (Mowery et al., 2004). Bununla birlikte Bayh-Dole'un etkisi mutlak ve tek yönlü değildir. Üniversite patentlerinin artması, her zaman yüksek ticarileştirme

başarısı anlamına gelmemektedir. Patent kalitesi, lisanslama kapasitesi, sanayi talebi, girişim sermayesi ve teknoloji olgunluğu belirleyici olmaya devam etmektedir.

SBIR ve STTR programları, ABD modelinde küçük teknoloji firmalarının erken aşama Ar-Ge finansmanı ihtiyacına yanıt vermektedir. Bu programlar, kamu kurumlarının Ar-Ge bütçelerinin belirli bir kısmını küçük firmaların yenilikçi teknoloji projelerine yönlendirmesini sağlamaktadır. Böylece küçük firmalar, henüz özel yatırımcıların üstlenmekte zorlandığı teknik ve ticari riskleri kamu destekli aşamalarla aşabilmektedir. SBIR modeli, patentlenebilir teknolojilerin küçük firma ölçeğinde gelişmesini, prototip aşamasına geçmesini ve daha sonra özel sermaye veya kamu alımıyla ölçeklenmesini kolaylaştırmaktadır (Bonvillian, 2014).

Sematech, ABD'nin Japonya karşısında yarı iletken üretim teknolojilerinde yaşadığı rekabet baskısına verdiği sektör düzeyindeki yanıtlardan biridir. 1980'lerde ABD yarı iletken firmaları özellikle üretim süreçleri, kalite, ekipman standardı ve verimlilik alanlarında Japonya karşısında zorlanmıştır. Sematech, kamu desteği ile özel sektör firmalarını aynı konsorsiyum içinde bir araya getirerek ortak üretim teknolojisi sorunlarına çözüm geliştirmeyi hedeflemiştir (Browning & Shetler, 2000; Irwin & Klenow, 1996). Bu deneyim, kritik teknolojilerde yalnızca firma bazlı rekabetin değil, sektör düzeyinde ortak altyapı ve teknoloji yol haritasının da gerekli olabileceğini göstermektedir.

ARPA-E, enerji teknolojileri alanında DARPA modelinden esinlenen fakat farklı sektör koşullarına uyarlanmış bir kurumdur. Enerji sektörü, savunma veya bilgi teknolojileri gibi hızlı dönüşen ve kamu alımıyla doğrudan ölçeklenebilen bir alan değildir. Uzun yatırım döngüleri, ağır altyapı, regülasyon, yerleşik şirketler ve maliyet duyarlılığı enerji teknolojilerinde ticarileşmeyi zorlaştırmaktadır. Bu nedenle ARPA-E, yalnızca yüksek riskli teknik

projeleri desteklemekle kalmamakta; teknolojinin maliyet düşürme potansiyelini, uygulama yolunu, özel yatırım çekme kapasitesini ve pazar geçişini de dikkate almaktadır (Bonvillian & Van Atta, 2011; Weiss & Bonvillian, 2009). Bu durum, teknoloji politikasında “technology launch” veya teknoloji başlatma kavramının önemini göstermektedir.

Manufacturing USA ve ileri imalat enstitüleri, ABD’nin üretim ve ölçekleme kapasitesini yeniden teknoloji politikasının merkezine taşıma çabasını temsil etmektedir. Bu enstitüler, üniversiteleri, firmaları, teknik eğitim kurumlarını, eyaletleri ve federal kurumları belirli ileri imalat alanları etrafında bir araya getirmektedir. Prototipleme, test, demonstrasyon, pilot üretim, üretim süreçlerinin doğrulanması ve teknik işgücü eğitimi bu yapıların temel işlevleri arasındadır (Bonvillian & Singer, 2018; PCAST, 2012, 2014). Bu model, patentli veya patentlenebilir teknolojilerin laboratuvar ölçeğinden üretim ölçeğine geçişinde kritik bir ara kurum işlevi görmektedir.

CHIPS ve Bilim Yasası ise ABD teknoloji politikasının 21. yüzyıldaki yeni yönelimini temsil etmektedir. Yarı iletkenler artık yalnızca ticari bir sektör değil, yapay zekâ, savunma, otomotiv, haberleşme, enerji, sağlık ve dijital ekonomi için temel altyapı teknolojisi olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle çip tasarımı, üretim, ileri paketlenme, ekipman, malzeme, insan kaynağı ve tedarik zinciri güvenliği ulusal teknoloji politikasının merkezine yerleşmiştir. CHIPS ve Bilim Yasası, ABD’nin yarı iletken üretim kapasitesini güçlendirme, kritik teknoloji alanlarında bilimsel araştırmayı destekleme ve Çin karşısında stratejik teknoloji üstünlüğünü koruma arayışının görünür bir aracıdır (Bonvillian, 2022; Miller, 2022).

Bu programların karşılaştırmalı yapısı, ABD modelinin yenilik zincirindeki farklı darboğazlara nasıl müdahale ettiğini göstermektedir.

Tablo 20 : ABD Teknoloji Politikası Programları ve Yenilik Zincirindeki İşlevleri

Program / Kurum	Ortaya Çıktığı Temel Sorun	Müdahale Ettiği Aşama	Politika Yaklaşımı	Stratejik Sonuç
DARPA	Sputnik sonrası savunma ve ileri teknoloji açığı	Araştırma, prototip, ilk uygulama	Görev odaklı, yüksek riskli, program yöneticisi merkezli Ar-Ge	Bilgisayar, ağ teknolojileri, mikroelektronik, yapay zekâ ve savunma teknolojilerinde sıçrama
NASA	Uzay yarışı ve büyük sistem entegrasyonu ihtiyacı	Araştırma, mühendislik, tedarik, uygulama	Büyük ölçekli misyon ve kamu alımı	Uzay, havacılık, malzeme, elektronik ve kontrol teknolojilerinde kapasite
Bayh-Dole Act	Üniversite araştırmasının ticarileşme yetersizliği	Patent, lisanslama, teknoloji transferi	Federal fonlu buluşların üniversite sahipliği ve lisanslanması	Üniversite patentleri, TTO'lar, akademik girişimcilik
SBIR / STTR	Küçük teknoloji firmalarının erken aşama finansman açığı	Erken Ar-Ge, prototip, firma gelişimi	Rekabetçi kamu Ar-Ge fonları	Girişimci teknoloji firmalarının ve patentlenebilir projelerin desteklenmesi
Sematech	Japonya karşısında yarı iletken üretim rekabeti	Üretim teknolojisi, süreç standardı, sektör koordinasyonu	Kamu-sanayi konsorsiyumu	Yarı iletken üretim süreçlerinde ortak kapasite ve yol haritası
ARPA-E	Enerji teknolojilerinde yüksek riskli dönüşüm ihtiyacı	Ar-Ge, teknoloji doğrulama, pazara geçiş	DARPA benzeri fakat enerji sektörüne uyarlanmış model	Temiz enerji teknolojilerinde radikal yenilik potansiyeli
Manufact uring USA	Temel araştırma ile üretim ölçekleme arasındaki boşluk	Prototip, test, demonstrasyon , pilot üretim, işgücü eğitimi	Kamu-üniversite-sanayi imalat enstitüleri	İleri imalat ve üretimden öğrenme kapasitesinin güçlendirilmesi

CHIPS ve Bilim Yasası	Yarı iletken tedarik zinciri ve Çin rekabeti	Araştırma, üretim, tedarik zinciri, insan kaynağı	Stratejik teknoloji ve sanayi-yenilik politikası	Çip üretim kapasitesi, teknoloji güvenliği ve kritik alanlarda liderlik
------------------------------	--	---	--	---

Kaynak: Yazarın çalışması.

Bu tablo, ABD teknoloji politikasında programların birbirini ikame eden değil, tamamlayan araçlar olduğunu göstermektedir. DARPA temel araştırma ile stratejik uygulama arasındaki bağlantıyı kurmakta; Bayh-Dole üniversite buluşlarının patent ve lisans yoluyla ticarileşmesini kolaylaştırmakta; SBIR küçük firmaların erken aşama teknoloji geliştirmesini finanse etmekte; Sematech sektör düzeyinde üretim teknolojisi sorunlarını ele almakta; ARPA-E enerji alanındaki yüksek riskli teknolojileri desteklemekte; Manufacturing USA üretim ölçekleme ve ileri imalat boşluğunu kapatmakta; CHIPS ve Bilim Yasası ise kritik teknoloji ve tedarik zinciri güvenliği sorununu bütünlük biçimde ele almaktadır.

ABD modelinin güçlü tarafı, bu programların farklı teknoloji aşamalarına yönelik esnek müdahale kapasitesi üretmesidir. Ancak bu programların her biri belirli sınırlılıklar da taşımaktadır. DARPA'nın başarısı savunma alanındaki güçlü misyon ve kamu alımıyla yakından ilişkilidir; bu nedenle aynı modelin enerji veya sağlık gibi sektörler birebir aktarılması zor olabilmektedir. Bayh-Dole üniversite patentlerini artırmış, fakat her akademik buluşun başarılı ticarileşmesini garanti etmemiştir. SBIR girişimci firmalar için önemli finansman sağlamış, fakat tüm firmaların ölçeklenmesini mümkün kılmamıştır. Sematech yarı iletken üretim teknolojilerinde güçlü bir koordinasyon örneği sunmuş, ancak küresel üretim kaymasının uzun vadeli etkilerini tamamen tersine çevirememiştir. Manufacturing USA ileri imalat kapasitesini desteklemekte, fakat büyük ölçekli üretim yatırımları ve tedarik zinciri bağımlılıkları için tek başına yeterli olmamaktadır.

Bu olumlu ve sınırlı yönleri birlikte görmek, programların teknoloji politikası tasarımındaki gerçek yerini daha doğru değerlendirmeyi sağlamaktadır.

Tablo 21 : ABD Teknoloji Politikası Programlarının Güçlü Yönleri ve Sınırlılıkları

Program / Kurum	Güçlü Yön	Sınırlılık / Risk	Politika Tasarımı Açısından Önemi
DARPA	Yüksek riskli stratejik teknolojilerde hızlı sıçrama sağlayabilmektedir	Savunma dışı alanlarda ilk pazar ve misyon netliği daha zayıf olabilmektedir.	Görev odaklı model sektör koşullarına göre uyarlanmalıdır
NASA	Büyük ölçekli sistem entegrasyonu ve kamu alımı kapasitesi üretmektedir	Çok yüksek maliyet ve uzun vadeli siyasi sahiplenme gerektirmektedir	Büyük teknoloji misyonları güçlü koordinasyon ve bütçe sürekliliği ister
Bayh-Dole	Üniversite araştırmasının patent ve lisans yoluyla ticarileşmesini teşvik etmektedir	Patent artışı her zaman yüksek ekonomik değer üretmemektedir	TTO kapasitesi, lisanslama becerisi ve sanayi talebi birlikte geliştirilmelidir
SBIR / STTR	Küçük teknoloji firmalarına erken aşama risk finansmanı sağlamaktadır	Ölçekleme aşamasında özel sermaye ve pazar bağlantısı gerekebilir	Erken Ar-Ge desteği sonraki finansman halkalarıyla bağlanmalıdır
Sematech	Sektör düzeyinde ortak üretim sorunlarına çözüm geliştirmektedir	Küresel üretim kaymasını tek başına engelleyememiştir	Kritik sektörlerde konsorsiyum modeli üretim yatırımlarıyla desteklenmelidir
ARPA-E	Enerji teknolojilerinde yüksek riskli projeleri desteklemektedir	Enerji sektöründe regülasyon ve altyapı nedeniyle pazara geçiş yavaş olabilmektedir.	Teknoloji geliştirme, demonstrasyon ve pazar oluşturma birlikte düşünülmelidir
Manufacturing USA	Prototipleme, test, pilot üretim ve işgücü eğitimini birleştirmektedir	Seri üretim yatırımı ve küresel rekabet için ek finansman gerekmektedir.	İleri imalat enstitüleri üretim ölçekleme stratejisinin ara halkasıdır
CHIPS ve Bilim Yasası	Kritik teknoloji ve tedarik zinciri güvenliğini bütünleşik	Yüksek maliyetli, uzun vadeli ve uluslararası koordinasyon	Kritik teknolojilerde sanayi politikası, bilim politikası ve

	biçimde ele almaktadır	gerektiren bir süreçtir	güvenlik politikası birleşmektedir
--	---------------------------	----------------------------	---------------------------------------

Kaynak: Yazarın çalışması.

Bu programlar, ABD teknoloji politikasında sürekli öğrenen bir kurumsal evrim bulunduğunu göstermektedir. ABD, teknoloji rekabetinde karşılaştığı her yeni darboğaza farklı bir araçla müdahale etmektedir. Savaş döneminde bağlantılı bilim modeli; savaş sonrasında temel araştırma devleti; Sputnik sonrasında DARPA ve NASA; Japonya rekabeti karşısında Bayh-Dole, SBIR, MEP ve Sematech; enerji ve iklim gündeminde ARPA-E; üretim kaybı ve ölçekleme sorununda Manufacturing USA; Çin ve yarı iletken tedarik zinciri sorununda CHIPS ve Bilim Yasası bu kurumsal öğrenme çizgisinin halkalarıdır.

Bu kurumsal evrim, patent sistemi açısından da önemli bir sonuç ortaya koymaktadır. ABD’de patent, tek başına izole bir hukuki hak olarak kalmamakta; araştırma fonları, üniversite teknoloji transferi, girişim sermayesi, kamu alımı, üretim konsorsiyumları ve stratejik teknoloji programlarıyla birlikte çalışmaktadır. Bu nedenle patentli bilginin ekonomik değere dönüşme ihtimali artmaktadır. Patent sistemi, ABD modelinde hem buluş sahibini koruyan hem de teknoloji transferi, firma değerlemesi, lisanslama, yatırım ve stratejik rekabet için veri sağlayan bir mekanizma olarak kullanılmaktadır.

Netice itibarıyla, ABD teknoloji politikası programları modern yenilik zincirinin farklı boşluklarını hedefleyen kurumsal araçlar olarak gelişmiştir. Bu programların toplam etkisi, ABD’nin bilimsel sermaye üretimini, patent korumasını, girişimci finansmanı, görev odaklı Ar-Ge’yi, üretim ölçeklemeyi ve tedarik zinciri güvenliğini aynı teknoloji politikası mimarisi içinde bir araya getirebilmesidir. Bu yapı, bugünkü teknoloji politikası anlatısının neden ABD merkezli olduğunu açıklayan temel unsurlardan biridir.

4.3. Çin Rekabeti ve ABD Modelinin Yeniden Tanımlanması

ABD teknoloji politikası modeli, tarihsel olarak temel araştırma, savunma Ar-Ge'si, üniversite sistemi, patent koruması, risk sermayesi ve girişimcilik ekosistemi üzerine kurulmuştur. Ancak 21. yüzyılda bu model, Çin'in yükselişi karşısında yeni bir sınamayla karşılaşmaktadır. Çin'in yükselişi, Japonya ve Almanya'nın 1970'ler ve 1980'lerde oluşturduğu üretim ve kalite rekabetinden daha geniş kapsamlıdır. Japonya ve Almanya, ABD'yi belirli sanayi alanlarında üretim kalitesi, otomotiv, elektronik, makine ve yarı iletken süreçleri üzerinden zorlamıştır. Çin ise üretim ölçeği, tedarik zinciri bütünleşmesi, devlet yönlendirmesi, dijital platformlar, yapay zekâ, elektrikli araçlar, batarya, güneş enerjisi, 5G, kuantum, biyoteknoloji ve yarı iletkenler gibi çok sayıda alanda eş zamanlı bir teknoloji rekabeti üretmektedir (Miller, 2022; Nahm & Steinfeld, 2014; Rosenbach et al., 2025a).

Bu nedenle ABD açısından Çin rekabeti yalnızca düşük maliyetli üretim veya dış ticaret açığı sorunu değildir. Çin'in üretim kapasitesi, zaman içinde öğrenme, ölçekleme, süreç iyileştirme ve teknolojik derinleşme kapasitesine dönüşmektedir. Nahm ve Steinfeld, Çin'in imalat gücünü yalnızca ucuz emek veya devlet sübvansiyonlarıyla açıklamanın yetersiz olduğunu; asıl kapasitenin hızlı ölçekleme, üretim temposunu yönetme, maliyet düşürme ve firmalar arası öğrenme süreçlerinden kaynaklandığını belirtmektedir (Nahm & Steinfeld, 2014). Bu yaklaşım, Çin'in teknoloji politikası modelinde üretimin pasif bir montaj aşaması değil, yenilik üretiminin ve teknik öğrenmenin temel kaynağı haline geldiğini göstermektedir.

ABD'nin Çin karşısındaki temel endişesi, kritik teknolojilerde üretim ve tedarik zinciri bağımlılığının stratejik kırılganlık yaratmasıdır. Özellikle yarı iletkenler bu yeni dönemin

merkezinde yer almaktadır. Yarı iletkenler yalnızca elektronik ürünlerin bileşeni değildir; yapay zekâ, savunma sistemleri, otomotiv, enerji altyapısı, haberleşme, sağlık teknolojileri, süper bilgisayarlar ve dijital ekonomi için temel platform teknolojisidir. Miller, yarı iletken rekabetinin çağdaş dünyanın en kritik teknoloji mücadelesi haline geldiğini ve bu alanda tasarım, üretim, litografi, ekipman, malzeme, paketleme ve tedarik zinciri kontrolünün jeopolitik güç dağılımını doğrudan etkilediğini göstermektedir (Miller, 2022).

ABD, uzun süre yarı iletken tasarımı, elektronik tasarım otomasyonu, yüksek performanslı çip mimarileri ve büyük teknoloji firmaları alanında güçlü kalırken, üretim kapasitesinin önemli bir kısmı Doğu Asya’da yoğunlaşmıştır. Bu durum başlangıçta küresel verimlilik ve uzmanlaşma açısından rasyonel görünmüş; ancak pandemi, jeopolitik gerilimler, Tayvan riski, ihracat kontrolleri ve Çin’in teknoloji hedefleri bu yapının stratejik kırılganlıklarını görünür hale getirmiştir. Dolayısıyla ABD teknoloji politikası, 2000 sonrası dönemde “icat burada, üretim başka yerde” yaklaşımından “kritik teknolojilerde araştırma, tasarım, üretim ve tedarik zinciri güvenliği birlikte yönetilmelidir” anlayışına yönelmektedir (Berger, 2013; Bonvillian, 2022).

CHIPS ve Bilim Yasası bu dönüşümün en görünür araçlarından biridir. Bu politika yalnızca çip fabrikalarına destek verilmesi anlamına gelmemektedir. Daha geniş anlamda yarı iletken üretim kapasitesinin yeniden güçlendirilmesi, kritik bilim ve teknoloji alanlarında araştırma desteğinin artırılması, insan kaynağı geliştirilmesi, bölgesel teknoloji merkezlerinin desteklenmesi ve tedarik zinciri güvenliğinin sağlanması hedeflenmektedir. Böylece ABD, temel araştırma ve tasarım üstünlüğünü üretim ve ölçekleme kapasitesiyle yeniden birleştirmeye çalışmaktadır (Bonvillian, 2022; Miller, 2022).

Çin rekabeti, ABD teknoloji politikasında “kritik teknolojiler” kavramını da merkezî hale getirmektedir. Kritik teknolojiler, yalnızca ekonomik büyüme açısından değil, ulusal güvenlik, stratejik otonomi, askeri kapasite, tedarik zinciri güvenliği ve küresel standart belirleme açısından da önem taşımaktadır. Yapay zekâ, biyoteknoloji, yarı iletkenler, kuantum teknolojileri, uzay sistemleri, enerji depolama, hidrojen, siber güvenlik, ileri malzemeler ve otonom sistemler bu kapsamda değerlendirilmektedir. Harvard Critical and Emerging Technologies Index çalışması da güncel teknoloji rekabetinin bu alanlarda yoğunlaştığını ve ABD ile Çin arasındaki rekabetin teknoloji portföyleri düzeyinde geliştiğini göstermektedir (Rosenbach et al., 2025a).

Bu yeni dönemde ABD modeli, klasik piyasa merkezli yenilik anlayışını daha stratejik kamu müdahalesiyle tamamlamaktadır. ABD hâlâ özel sektör dinamizmine, girişim sermayesine, üniversite araştırmasına ve büyük teknoloji firmalarına dayanmaktadır. Ancak artık kritik alanlarda devlet daha açık biçimde yönlendirici, risk üstlenen, tedarik zinciri güvenliğini gözetken ve teknoloji kapasitesini stratejik amaçlarla koordine eden bir aktör olarak öne çıkmaktadır. Bu durum, klasik sanayi politikası tartışmasından daha geniş bir “sanayi-yenilik politikası” çerçevesine işaret etmektedir. Bonvillian, yeni sanayi-yenilik politikalarının araştırma, geliştirme, prototipleme, test, demonstrasyon, üretim finansmanı, pazara giriş ve pazar yaratma aşamalarından bir veya birkaçına devlet müdahalesi anlamına geldiğini vurgulamaktadır (Bonvillian, 2022).

Bu dönüşümde üç temel politika yaklaşımı öne çıkmaktadır. Birincisi, kritik teknolojilerde tedarik zinciri bağımlılıklarının azaltılmasıdır. Bu yaklaşım, yarı iletkenler, bataryalar, kritik mineraller, ilaç hammaddeleri, telekomünikasyon ekipmanları ve enerji teknolojileri için önemlidir. İkincisi, stratejik teknoloji

alanlarında yerli üretim ve müttefik ülke koordinasyonunun güçlendirilmesidir. ABD bu noktada yalnızca ulusal kapasiteyi değil, Japonya, Güney Kore, Tayvan, Avrupa ve diğer müttefik ülkelerle teknoloji ortaklıklarını da dikkate almaktadır. Üçüncüsü, bilimsel araştırma ve patent kapasitesinin üretim ve pazar mekanizmalarıyla birlikte ele alınmasıdır. Bu yaklaşım, patentin yalnızca tescil edilmiş teknik bilgi değil, stratejik teknoloji portföyünün parçası olarak görülmesini gerektirmektedir. Bu yeni dönemin temel politika bileşenleri aşağıdaki tabloda özetlenebilir.

Tablo 22 : Çin Rekabeti Karşısında ABD Teknoloji Politikasının Yeni Bileşenleri

Politika Bileşeni	Temel Amaç	Öne Çıkan Teknoloji Alanları	Stratejik Anlamı
Kritik teknoloji tanımlaması	Ekonomik ve güvenlik açısından stratejik alanları belirlemek	Yapay zekâ, yarı iletkenler, kuantum, biyoteknoloji, uzay, enerji	Teknoloji politikasını ulusal güvenlik ve jeoekonomiyle birleştirmektedir
Tedarik zinciri güvenliği	Kritik girdilerde ve üretim aşamalarında bağımlılığı azaltmak	Çipler, bataryalar, kritik mineraller, ilaç, telekomünikasyon	Küresel üretim ağlarındaki kırılganlığı azaltmayı hedeflemektedir
Yerli üretim kapasitesi	Stratejik teknolojilerde üretim ve ölçekleme altyapısını güçlendirmek	Yarı iletken, ileri imalat, batarya, savunma teknolojileri	Patent ve Ar-Ge kapasitesini üretim gücüne bağlamaktadır
Müttefik koordinasyonu	Teknoloji tedarik zincirlerini güvenilir ülkelerle yeniden yapılandırmak	Yarı iletken, kritik mineraller, 5G/6G, savunma	Teknoloji politikasını ittifak politikasıyla ilişkilendirmektedir
İhracat kontrolleri	Rakip ülkelerin kritik teknoloji erişimini sınırlandırmak	İleri çipler, üretim ekipmanları, yapay zekâ hızlandırıcıları	Teknolojik üstünlüğün korunması için kısıtlayıcı araçlar kullanılmaktadır
Kamu finansmanı	Yüksek maliyetli stratejik yatırımları desteklemek	Çip üretim tesisleri, ileri imalat, enerji teknolojileri	Piyasanın tek başına üstlenemediği stratejik yatırımları mümkün kılmaktadır

İnsan kaynağı politikası	Bilim insanı, mühendis ve teknisyen arzını artırmak	Yarı iletken, AI, kuantum, biyoteknoloji	Teknolojik üstünlüğün beşerî sermaye temelini güçlendirmektedir
Patent ve teknoloji istihbaratı	Teknoloji eğilimlerini ve stratejik boşlukları izlemek	Tüm kritik teknoloji alanları	Patent verisini teknoloji rekabeti analizinin merkezine yerleştirmektedir

Kaynak: Yazarın çalışması.

Bu tablo, ABD teknoloji politikasının Çin rekabeti karşısında yalnızca teşvik veya sübvansiyon politikası yürütmediğini göstermektedir. Daha geniş bir stratejik mimari kurulmaktadır. Araştırma, patent, üretim, tedarik zinciri, insan kaynağı, ihracat kontrolleri, müttefik koordinasyonu ve kamu finansmanı aynı teknoloji politikası çerçevesi içinde birlikte düşünülmektedir. Bu yapı, teknoloji politikasının ekonomik büyüme politikasından jeoekonomik güvenlik politikasına doğru genişlediğini göstermektedir.

Çin rekabeti, patent sistemi açısından da yeni bir anlam üretmektedir. Patentler, artık yalnızca firmaların rekabet avantajı aracı değildir; ülkelerin teknoloji alanlarındaki pozisyonunu gösteren stratejik göstergelerdir. Hangi ülkenin hangi kritik teknoloji alanında patent portföyü geliştirdiği, hangi alt teknolojilerde yoğunlaştığı, hangi alanlarda zayıf kaldığı ve hangi teknoloji kümelerinde bağımlılık yaşadığı, patent verileri üzerinden analiz edilebilmektedir. Bu nedenle patent ofisleri ve teknoloji politika kurumları, patent verisini yalnızca idari başvuru istatistiği olarak değil, teknoloji istihbaratı ve stratejik yönlendirme aracı olarak kullanmak zorundadır.

ABD açısından Çin rekabetinin bir diğer sonucu, ileri imalat ve üretimden öğrenmenin yeniden değer kazanmasıdır. Yüksek teknoloji rekabetinde tasarım ve yazılım kritik olmaya devam etmektedir; ancak bu alanlar üretim kapasitesinden kopuk

düşünülememektedir. Yarı iletken üretiminde süreç teknolojisi, biyoteknolojide ölçekli üretim ve kalite, bataryada hücre üretimi ve tedarik zinciri, hidrojen teknolojilerinde elektrolizör üretimi ve sistem entegrasyonu, yapay zekâda hesaplama altyapısı ve çip erişimi belirleyici olmaktadır. Bu nedenle ABD'nin yeni politikaları, üretim kapasitesini teknoloji liderliğinin ayrılmaz parçası olarak yeniden konumlandırmaktadır.

Bu yeni dönemin pozitif ve riskli yönlerini birlikte değerlendirmek gerekmektedir. Pozitif yönden bakıldığında, ABD kritik teknolojilerde uzun vadeli strateji, kamu finansmanı, üretim yatırımı, insan kaynağı ve tedarik zinciri güvenliği konularını daha bütünselik biçimde ele almaktadır. Bu durum, patentli bilginin üretime ve pazara dönüşmesini kolaylaştırabilir. Ancak riskler de bulunmaktadır. Aşırı güvenlikçi yaklaşım uluslararası bilimsel işbirliğini zayıflatır. Koruyucu sanayi politikaları maliyetleri artırabilir. Kamu destekleri yanlış tasarlanırsa verimsiz yatırımlara yol açabilir. İhracat kontrolleri kısa vadede üstünlüğü korusa da uzun vadede rakip ülkelerin yerli alternatif geliştirme motivasyonunu artırabilir. Bu nedenle stratejik teknoloji politikası, koruma ve açıklık, güvenlik ve yenilik, ulusal kapasite ve küresel işbirliği arasında dikkatli bir denge gerektirmektedir.

Netice itibarıyla, Çin rekabeti ABD teknoloji politikasını yeni bir evreye taşımaktadır. ABD artık yalnızca bilimsel araştırma ve girişimcilik ekosistemine dayanarak liderliğini sürdürebileceğini varsaymamaktadır. Kritik teknolojilerde üretim kapasitesi, tedarik zinciri güvenliği, patent portföyleri, insan kaynağı, kamu finansmanı ve müttefik koordinasyonu daha merkezi hale gelmektedir. Bu dönüşüm, modern teknoloji politikasının geldiği noktayı açık biçimde göstermektedir: Teknolojik üstünlük, yalnızca fikir üretme veya patent alma kapasitesi değil; fikri koruma, üretme, ölçekleme, tedarik zincirine yerleştirme ve stratejik rekabet avantajına dönüştürme kapasitesidir.

4.4. ABD Modelinin Güçlü Yönleri ve Sınırları

ABD teknoloji politikası modeli, modern dünyada bilimsel araştırmadan patente, patentten girişimciliğe, girişimcilikten üretime ve stratejik teknoloji kapasitesine uzanan en etkili yenilik mimarilerinden birini temsil etmektedir. Bu modelin temel gücü, tek bir kurumsal araca dayanmamasıdır. ABD’de üniversiteler, federal araştırma fonları, savunma Ar-Ge’si, DARPA tipi görev odaklı kurumlar, patent sistemi, risk sermayesi, büyük teknoloji firmaları, kamu alımları, ulusal laboratuvarlar ve ileri imalat programları aynı yenilik ekosisteminin farklı bileşenleri olarak çalışmaktadır. Bu nedenle ABD modeli, yalnızca yüksek Ar-Ge harcaması yapan bir ülke örneği değil; araştırma, buluş, patent, ticarileştirme, üretim ve ölçekleme süreçlerini farklı kurumlar aracılığıyla birbirine bağlayan tarihsel olarak gelişmiş bir teknoloji politikası sistemidir (Bonvillian, 2014; Mowery & Rosenberg, 1998; Ruttan, 2006).

ABD modelinin en güçlü yönlerinden biri, temel araştırma kapasitesidir. Bush’un *Science, the Endless Frontier* raporuyla kurumsal çerçevesi çizilen bu yaklaşım, üniversite merkezli bilimsel araştırmayı ulusal refah, güvenlik ve teknoloji kapasitesinin temel girdisi olarak konumlandırmıştır (Bush, 1945/2020). ABD üniversiteleri, federal fonlar, doktora programları, göçmen bilim insanları, araştırma laboratuvarları ve uluslararası yetenek çekim kapasitesi sayesinde uzun dönemli bilimsel sermaye üretmektedir. Bu bilimsel sermaye, bilgisayar bilimi, biyomedikal araştırma, fizik, kimya, yapay zekâ, yarı iletkenler ve uzay teknolojileri gibi alanlarda ABD’nin derin teknoloji üretim kapasitesini beslemektedir.

İkinci güçlü yön, görev odaklı Ar-Ge kurumlarıdır. DARPA, NASA, ARPA-E ve benzeri kurumlar, temel araştırmadan gelen bilimsel birikimi belirli stratejik teknoloji hedeflerine bağlamaktadır. Bu kurumlar, yalnızca araştırmayı finanse etmemekte; teknik hedef

tanımlamakta, araştırma toplulukları oluşturmakta, yüksek riskli projeleri desteklemekte, prototip ve uygulama aşamalarını erken dönemde düşünmekte ve kimi zaman ilk pazar mekanizmaları oluşturmaktadır (Bonvillian, 2014; Bonvillian & Van Atta, 2011). Bu yönüyle ABD modeli, Bush'un temel araştırma mirasını DARPA tipi bağlantılı yenilik kurumlarıyla tamamlamaktadır.

Üçüncü güçlü yön, patent sistemi ile girişimcilik ekosistemi arasındaki bağıdır. ABD'de patentler yalnızca hukuki koruma sağlamamakta; lisanslama, teknoloji transferi, girişim sermayesi, firma değerlemesi ve stratejik teknoloji portföyü yönetimi açısından da işlev görmektedir. Bayh-Dole Act, üniversite araştırmalarından doğan buluşların patentlenmesini ve lisanslanmasını kolaylaştırarak akademik araştırma ile piyasa arasında daha güçlü bir bağlantı kurmuştur (Mowery et al., 2004). Risk sermayesi ve girişimcilik ekosistemi ise patentlenebilir teknolojilerin firma ölçeğinde gelişmesini, yatırım çekmesini ve hızlı biçimde pazara taşınmasını desteklemektedir. Bu yapı, özellikle yazılım, biyoteknoloji, tıbbi teknoloji, yapay zekâ ve dijital platformlar gibi alanlarda ABD'ye önemli avantaj sağlamaktadır.

Dördüncü güçlü yön, kamu alımı ve savunma talebidir. Savunma, uzay, sağlık ve enerji gibi alanlarda kamu, yalnızca düzenleyici değil, aynı zamanda erken talep oluşturan ve teknolojinin ilk uygulama alanını sağlayan bir aktör olarak çalışmaktadır. Ruttan, askeri tedarik ve kamu Ar-Ge'sinin bilgisayar, internet, jet motoru, yarı iletken, nükleer enerji ve uzay gibi teknolojilerin gelişiminde belirleyici rol oynadığını göstermektedir (Ruttan, 2006). Bu durum, teknoloji politikasında ilk pazarın ve kamu alımının önemini ortaya koymaktadır. Patentli veya patentlenebilir bir teknoloji, ilk müşteri ve uygulama alanı bulamadığında ölüm vadisini aşmakta zorlanmaktadır. ABD modeli, özellikle savunma ve uzay alanlarında bu sorunu kamu talebiyle azaltabilmiştir.

Beşinci güçlü yön, sistemin esnek ve çoğulcu yapısıdır. ABD teknoloji politikası tek bir merkezi planlama kurumu tarafından yürütülmemektedir. Federal kurumlar, üniversiteler, özel firmalar, girişimler, savunma yüklenicileri, risk sermayesi fonları, eyaletler, ulusal laboratuvarlar ve teknoloji transfer ofisleri farklı işlevler üstlenmektedir. Bu çoğulcu yapı, zaman zaman dağınıklık üretse de, farklı teknoloji alanlarında hızlı deney yapma, başarısızlığı tolere etme ve başarılı modelleri büyütme imkânı sağlamaktadır. Bu durum, ABD modelinin yenilikçi ve adaptif karakterini açıklamaktadır.

Bununla birlikte ABD modelinin sınırlılıkları da bulunmaktadır. İlk sınırlılık, üretim ve tedarik zinciri kırılganlığıdır. ABD uzun süre tasarım, yazılım, Ar-Ge, patent ve yüksek katma değerli bilgi faaliyetlerinde liderliğini korurken, üretimin önemli bölümlerinin küresel ölçekte başka ülkelere kaymasını yönetilebilir bir durum olarak görmüştür. Ancak yarı iletkenler, bataryalar, kritik mineraller, elektronik bileşenler ve bazı ileri imalat alanlarında üretim kapasitesinin dışa bağımlı hale gelmesi, stratejik kırılganlık yaratmıştır (Berger, 2013; Miller, 2022). Bu nedenle ABD, CHIPS ve Bilim Yasası ve Manufacturing USA gibi araçlarla üretim ve tedarik zinciri kapasitesini yeniden teknoloji politikasının merkezine almaya çalışmaktadır.

İkinci sınırlılık, temel araştırmadan ticarileştirmeye geçişin her zaman başarılı olmamasıdır. ABD güçlü üniversitelere ve patent sistemine sahip olmasına rağmen, her bilimsel buluş ekonomik değere dönüşmemektedir. Üniversite patentlerinin lisanslanması, girişimleşmesi veya üretime aktarılması teknoloji alanına, pazar koşullarına, yatırımcı ilgisine, regülasyon ortamına ve teknoloji olgunluğuna bağlıdır. Branscomb ve Auerswald'ın ölüm vadisi tartışması, erken aşama buluş ile ticari ürün arasındaki boşluğun ABD gibi gelişmiş yenilik sistemlerinde dahi önemli bir sorun olduğunu göstermektedir (Branscomb & Auerswald, 2002). Bu

nedenle patent sayısı artışı, tek başına ticarileştirme başarısının garantisi değildir.

Üçüncü sınırlılık, DARPA modelinin her alana doğrudan uygulanamamasıdır. DARPA'nın başarısı, savunma alanındaki güçlü görev tanımı, yüksek teknik kapasite, ilk alıcı olarak kamu, hızlı karar alma ve yüksek risk toleransı ile ilişkilidir. Enerji, sağlık, iklim, tarım veya sivil altyapı gibi alanlarda pazar yapısı, regülasyon, kullanıcı davranışı ve yatırım döngüleri daha farklıdır. Bu nedenle DARPA benzeri kurumlar başka sektörler aktarılırken, sektörün ekonomik ve kurumsal özelliklerine uyarlanmalıdır (Bonvillian & Van Atta, 2011; Weiss & Bonvillian, 2009).

Dördüncü sınırlılık, sistemin eşitsiz bölgesel ve sektörel yoğunlaşmasıdır. ABD teknoloji ekosistemi Silikon Vadisi, Boston, Seattle, Austin, San Diego ve benzeri belirli bölgelerde yoğunlaşmıştır. Bu yoğunlaşma, yenilik verimliliği ve ağ etkileri açısından avantaj üretmektedir; ancak ülke genelinde teknoloji kapasitesinin dengeli yayılmasını zorlaştırabilmektedir. Ayrıca risk sermayesi daha çok hızlı ölçeklenebilir yazılım, platform, biyoteknoloji ve dijital iş modellerine yönelmekte; uzun vadeli üretim teknolojileri, donanım, enerji altyapısı ve ileri imalat gibi sermaye yoğun alanlarda daha sınırlı kalabilmektedir. Bu durum, kamu destekli ileri imalat ve enerji teknolojisi programlarını daha gerekli hale getirmektedir.

Beşinci sınırlılık, patent sisteminin her zaman yenilik dostu sonuç üretmemesidir. Patentler Ar-Ge yatırımlarını teşvik etmekte ve teknik bilgiyi korumaktadır; ancak bazı alanlarda patent yığılmaları, dava maliyetleri, stratejik patentleme ve takip eden yeniliklerin zorlaşması gibi sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Mazzoleni ve Nelson, güçlü patent korumasının fayda ve maliyetlerinin teknoloji alanına göre değiştiğini; patent sisteminin tek başına yenilik performansını otomatik olarak artırmadığını vurgulamaktadır

(Mazzoleni & Nelson, 1998). Bu nedenle patent sistemi, patent kalitesi, istem kapsamı, lisanslama piyasaları, rekabet hukuku ve teknoloji transfer mekanizmalarıyla birlikte değerlendirilmelidir. Aşağıdaki tablo, ABD modelinin güçlü yönleri ile sınırlılıklarını birlikte göstermektedir.

Tablo 23 : ABD Teknoloji Politikası Modelinin Güçlü Yönleri ve Sınırlılıkları

Tema	Güçlü Yön	Sınırlılık / Risk	Politika Tasarımı Açısından Önemi
Temel araştırma	Üniversiteler, federal fonlar ve araştırmacı havuzu güçlü bilimsel sermaye üretmektedir	Bilimsel bilgi her zaman doğrudan ticarileşmemektedir	Temel araştırma, teknoloji transferi ve uygulama kurumlarıyla bağlanmalıdır
Görev odaklı Ar-Ge	DARPA, NASA ve ARPA-E yüksek riskli teknolojileri desteklemektedir	DARPA modeli her sektöre birebir taşınamamaktadır	Görev odaklı kurumlar sektör yapısına göre uyarlanmalıdır
Patent sistemi	Ar-Ge yatırımını süreli rekabet avantajına dönüştürmektedir	Patent yığılması ve dava maliyetleri bazı alanlarda yeniliği zorlaştırabilmektedir	Patent kalitesi ve lisanslama piyasaları güçlendirilmelidir
Üniversite-sanayi bağlantısı	Bayh-Dole ve TTO'lar akademik bilginin ticarileşmesini kolaylaştırmaktadır	Her üniversite patenti ekonomik değere dönüşmemektedir	Patent, prototip, finansman ve pazar bağlantısı birlikte kurulmalıdır
Risk sermayesi	Girişimci teknoloji firmalarının hızlı ölçeklenmesini sağlamaktadır	Sermaye yoğun donanım ve ileri imalat alanlarında yetersiz kalabilmektedir	Risk sermayesi kamu ölçekleme finansmanı ile tamamlanmalıdır
Kamu alımı	Savunma ve uzay alanlarında ilk pazar oluşturmaktadır	Sivil alanlarda kamu alımı aynı hız ve netlikte çalışmayabilmektedir	Yenilikçi kamu alımı teknoloji alanına göre tasarlanmalıdır
Üretim kapasitesi	İleri imalat programlarıyla yeniden güçlendirilmeye çalışılmaktadır	Bazı kritik üretim aşamaları dışa bağımlı hale gelmiştir	Ar-Ge ve patent politikası üretim stratejisiyle bütünleşmelidir
Tedarik zinciri	CHIPS gibi programlarla stratejik bağımlılıklar	Küresel üretim ağlarının yeniden kurulması yüksek	Kritik teknolojilerde müttefik koordinasyonu ve

	yönetilmeye çalışılmaktadır	maliyetli ve uzun vadelidir	yerli kapasite birlikte gereklidir
Ekosistem esnekliği	Çoğulcu yapı hızlı deney ve çeşitlilik sağlamaktadır	Dağınıklık, koordinasyon eksikliği ve bölgesel yoğunlaşma yaratabilmektedir	Stratejik alanlarda koordinasyon, genel sistemde esneklik korunmalıdır

Kaynak: Yazarın çalışması.

ABD modelinin birebir kopyalanamamasının temel nedeni, bu modelin belirli tarihsel koşulların ürünü olmasıdır. ABD'nin geniş iç pazarı, dünya çapında üniversiteleri, göçmen yetenek çekme kapasitesi, büyük federal Ar-Ge bütçesi, savunma harcamaları, risk sermayesi piyasası, büyük teknoloji firmaları, güçlü patent hukuku, girişimcilik kültürü ve küresel finansal kapasitesi birlikte çalışmaktadır. Bu unsurların tamamı başka ülkelerde aynı ölçekte bulunmamaktadır. Bu nedenle ABD modelini örnek alan ülkeler, modeli mekanik biçimde kopyalamak yerine kendi kurumsal, sanayi ve insan kaynağı gerçekliklerine uygun şekilde seçici biçimde uyarlamak zorundadır.

Bu noktada ABD modelinden çıkarılabilecek en önemli ders, teknolojik liderliğin tek bir politika aracıyla kurulamayacağıdır. Ar-Ge teşvikleri, patent destekleri, üniversite araştırmaları, kamu alımları, üretim altyapısı veya risk sermayesi tek başına yeterli olmamaktadır. Başarılı teknoloji politikası, bu araçların birbirine bağlanmasını gerektirmektedir. ABD modeli, bütün sınırlılıklarına rağmen, teknoloji politikasının bir ekosistem ve bağlantı mimarisi olarak tasarlanması gerektiğini göstermektedir.

Netice itibarıyla, ABD teknoloji politikası modeli hem güçlü bir referans hem de dikkatle değerlendirilmesi gereken sınırlı bir örnektir. Güçlüdür; çünkü bilimsel sermaye, görev odaklı Ar-Ge, patent sistemi, girişimcilik, kamu alımı ve üretim kapasitesi arasında tarihsel olarak gelişmiş bağlantılar kurmuştur. Sınırlıdır; çünkü üretim ve tedarik zinciri kırılganlıkları, ölüm vadisi sorunları, patent

sisteminin yan etkileri, bölgesel yoğunlaşma ve sektörler arası farklılıklar devam etmektedir. Bu nedenle ABD modeli, diğer ülkeler için hazır bir reçete değil, farklı politika araçlarının nasıl bütünleşik bir teknoloji kapasitesi mimarisine dönüştürülebileceğini gösteren güçlü bir analitik referans olarak değerlendirilmelidir.

5. ULUSAL TEKNOLOJİ POLİTİKASI MODELLERİ

5.1. Japonya Modeli: Kalite Disiplini ve Yarı İletken Rekabeti

ABD merkezli teknoloji politikası modeli, temel araştırma, savunma Ar-Ge'si, patent sistemi, risk sermayesi ve girişimcilik ekosistemiyle modern teknoloji liderliğinin ana referans çizgisini oluşturmuştur. Ancak bu model, özellikle 1970'lerden itibaren Japonya'nın üretim, kalite, elektronik, otomotiv ve yarı iletken alanlarındaki yükselişiyle ciddi biçimde sınanmıştır. Japonya'nın teknoloji politikası deneyimi, teknolojik üstünlüğün yalnızca temel araştırma veya patent korumasıyla değil, üretimden öğrenme, kalite yönetimi, tedarikçi koordinasyonu, uzun dönemli firma stratejisi ve devlet-sanayi işbirliğiyle de inşa edilebileceğini göstermektedir.

Japonya'nın savaş sonrası yükselişi, klasik serbest piyasa rekabetiyle açıklanamayacak ölçüde kurumsal ve stratejik bir sanayi dönüşümüne dayanmaktadır. Johnson'ın MITI üzerine çalışması, Japon kalkınma devletinin hedef sektör seçimi, teknoloji ithali, yerli firma kapasitesi oluşturma, ihracat disiplini, finansman yönlendirmesi ve sanayi koordinasyonu yoluyla teknoloji kapasitesi geliştirdiğini göstermektedir (Johnson, 1982). Bu modelde devlet, firmaların yerine üretim yapan bir aktör olmaktan çok, stratejik yönlendirme, koordinasyon, teknoloji ithalatının yönetimi ve sanayi kapasitesinin gelişimi için uygun kurumsal çerçeveyi oluşturan bir aktör olarak çalışmaktadır.

Freeman'ın Japonya teknoloji politikası üzerine çalışması da bu yaklaşımı tamamlamaktadır. Freeman'a göre Japonya'nın başarısı, yalnızca kamu desteklerinden veya düşük maliyetli üretimden kaynaklanmamaktadır. Japonya, firma içi öğrenme, kalite iyileştirme, mühendislik becerisi, üretim süreçlerinde sürekli yenilik, teknoloji ithalinin yerli kapasiteye dönüştürülmesi ve kamu-sanayi etkileşimi üzerinden güçlü bir ulusal yenilik sistemi oluşturmuştur (Freeman, 1987). Bu yönüyle Japonya modeli, teknolojinin yalnızca laboratuvarı da değil, üretim hattında da üretildiğini göstermektedir.

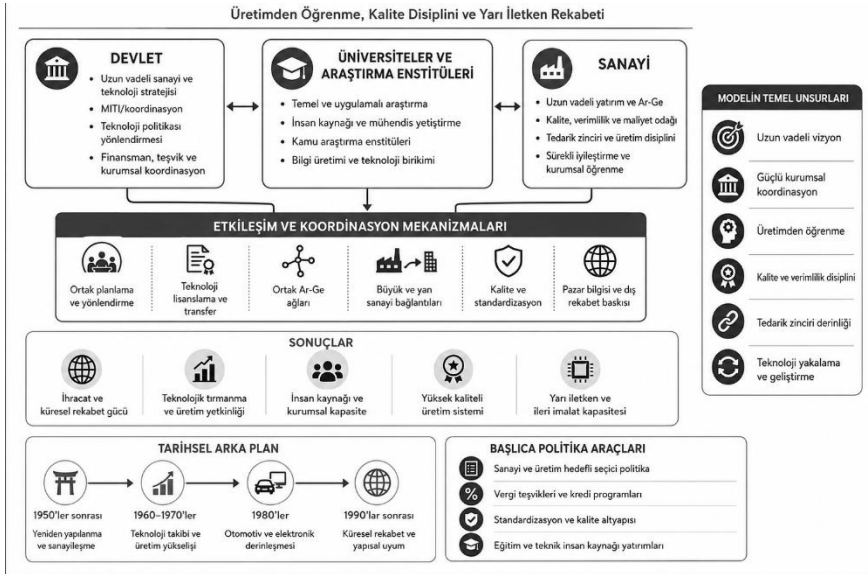
Japonya'nın otomotiv sanayiindeki başarısı, üretimden öğrenme yaklaşımının en bilinen örneklerinden biridir. Womack, Jones ve Roos'un yalın üretim üzerine çalışması, Japon otomotiv firmalarının ABD'nin klasik kitle üretim modeline karşı daha esnek, daha az stokla çalışan, kaliteyi üretim sürecinin içine yerleştiren ve tedarikçi ilişkilerini daha bütünleşik yöneten bir üretim sistemi geliştirdiğini ortaya koymaktadır (Womack et al., 1990). Bu üretim anlayışı, kalite kontrolü üretim sonrası denetim faaliyeti olarak değil, üretim sürecinin ayrılmaz parçası olarak görmektedir. Böylece hata azaltma, süreç iyileştirme, çalışan katılımı, tedarikçi koordinasyonu ve sürekli geliştirme aynı sistem içinde birleşmektedir.

Japonya modelinin teknoloji politikası açısından önemli yönlerinden biri, üretim bilgisinin yenilik kapasitesinin merkezine yerleştirilmesidir. ABD modeli uzun süre temel araştırma, tasarım, patent ve girişimcilik üzerinden teknoloji liderliği kurarken; Japonya özellikle üretim süreçlerinde verimlilik, kalite, maliyet düşürme ve tedarik zinciri derinliği üzerinden rekabet avantajı üretmiştir. Bu modelde fabrika, yalnızca ürünün üretildiği yer değildir; aynı zamanda teknik öğrenmenin, süreç bilgisinin, hata düzeltmenin, mühendislik geri bildiriminin ve yeni ürün geliştirme kapasitesinin üretildiği bir bilgi alanıdır. Rosenberg'in "learning by doing" ve

“learning by using” yaklaşımları bu süreci açıklamak için güçlü bir kuramsal temel sunmaktadır (Rosenberg, 1982, 1994).

Japonya’nın yarı iletken alanındaki yükselişi, ABD açısından teknoloji politikası tarihinde özel bir kırılma yaratmıştır. 1980’lerde Japon firmalarının DRAM ve yarı iletken üretim süreçlerinde güçlü konuma gelmesi, ABD’de yalnızca ticari bir rekabet olarak değil, stratejik teknoloji üstünlüğüne yönelik bir meydan okuma olarak algılanmıştır. Bu rekabet, ABD’de Sematech gibi kamu-sanayi ortaklığına dayalı yarı iletken üretim teknolojisi programlarının doğmasına katkı sağlamıştır (Browning & Shetler, 2000; Irwin & Klenow, 1996). Dolayısıyla Japonya’nın yükselişi, ABD teknoloji politikasına üretim süreçlerinin, kalite sistemlerinin ve sektör düzeyinde koordinasyonun önemini yeniden hatırlatmıştır.

Şekil 11 : Japonya Modeli



Kaynak: Yazarın çalışması.

Japonya modeli, patent sistemi açısından da önemli dersler içermektedir. Japon firmaları, özellikle elektronik, otomotiv, yarı

iletken malzemeleri, üretim ekipmanları, optik, robotik ve hassas üretim alanlarında güçlü patent portföyleri oluşturmıştır. Ancak Japonya'nın patent kapasitesi, ABD'deki girişimci patentleşme ve risk sermayesi ekosisteminden farklı bir yapıya sahiptir. Japonya'da patentler çoğu zaman büyük firmaların uzun dönemli teknoloji stratejisinin, üretim süreçlerinin ve tedarik zinciri pozisyonlarının parçası olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle Japonya patent sistemi, firma içi öğrenme, süreç yeniliği ve üretim kapasitesiyle daha doğrudan bağlantılıdır.

Bu durum, patent politikası açısından kritik bir ayrımı göstermektedir. Patent yalnızca radikal buluşların korunması için kullanılmamaktadır. Süreç yenilikleri, üretim ekipmanları, malzeme iyileştirmeleri, kalite kontrol yöntemleri, robotik uygulamalar ve ürün geliştirme aşamalarında da patent stratejisi önem kazanmaktadır. Japonya'nın teknoloji kapasitesi, çok sayıda küçük süreç iyileştirmesinin, üretim bilgisi birikiminin ve firma içi teknik öğrenmenin stratejik patent portföylerine dönüşebileceğini göstermektedir.

Japonya modelinin güçlü yanları kadar sınırlılıkları da bulunmaktadır. Japonya, üretim kalitesi, tedarik zinciri, otomotiv, robotik, hassas üretim, yarı iletken malzemeleri ve ekipmanlarında güçlü bir model oluşturmıştır. Buna karşılık dijital platformlar, yazılım temelli hızlı ölçekleme, risk sermayesi, girişimcilik ve yapay zekâ alanlarında ABD kadar dinamik bir ekosistem üretememiştir. Bu durum, geleneksel üretim gücünün yeni dijital teknoloji alanlarında otomatik liderlik sağlamadığını göstermektedir. Güncel kritik teknoloji analizlerinde de Japonya'nın yarı iletken tedarik zinciri, malzeme ve ekipman alanlarında güçlü olduğu; ancak yapay zekâ ve yazılım platformları gibi alanlarda ABD ve Çin karşısında daha sınırlı bir konuma sahip bulunduğu değerlendirilmektedir (Rosenbach et al., 2025a, 2025b).

Japonya deneyimi, ABD merkezli teknoloji politikası anlatısına üç temel katkı sağlamaktadır. Birincisi, üretim ve kalite kapasitesi teknoloji liderliğinin ayrılmaz parçasıdır. İkincisi, devlet-sanayi koordinasyonu ve uzun dönemli firma stratejisi, teknoloji yakalama sürecinde etkili olabilmektedir. Üçüncüsü, patent stratejisi yalnızca radikal buluşlara değil, üretim süreçlerinde biriken teknik bilgiye, kalite iyileştirmelerine ve tedarik zinciri pozisyonlarına da dayanmalıdır.

Bu çerçeveyi sistematik biçimde göstermek için Japonya modelinin temel bileşenleri aşağıdaki tabloda özetlenmektedir.

Tablo 24 : Japonya Teknoloji Politikası Modelinin Temel Bileşenleri

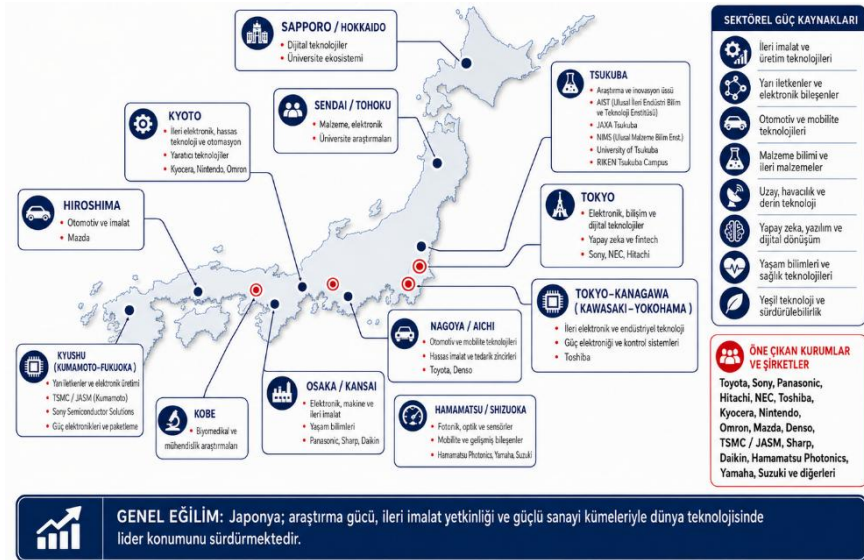
Bileşen	Temel Özellik	Teknoloji Politikası Açısından Önemi
Kalkınma devleti ve MITI	Hedef sektör seçimi, teknoloji ithali, sanayi koordinasyonu ve ihracat disiplini	Devlet, teknoloji kapasitesi inşasında stratejik yönlendirici rol üstlenmektedir
Üretimden öğrenme	Fabrika zemini, süreç iyileştirme, kalite kontrol ve mühendislik geri bildirimi	Üretim, yenilik sisteminin pasif değil aktif bilgi üretim alanıdır
Yalın üretim	Stok azaltma, kaliteyi süreç içine yerleştirme, çalışan katılımı ve tedarikçi koordinasyonu	Rekabet avantajı yalnızca ürün tasarımıyla değil, üretim organizasyonundan doğmaktadır
Büyük firma stratejisi	Toyota, Sony, Toshiba, Hitachi, NEC gibi firmaların uzun dönemli teknoloji yatırımları	Patent portföyleri firma stratejisi ve üretim kapasitesiyle birlikte gelişmektedir
Tedarik zinciri derinliği	Parça, malzeme, ekipman ve kalite sistemlerinde güçlü uzmanlaşma	Kritik teknolojilerde alt bileşen ve tedarikçi kapasitesi stratejik önem taşımaktadır
Yarı iletken malzemeleri ve ekipman	Hassas üretim, kimyasallar, optik, ekipman ve süreç teknolojilerinde uzmanlaşma	Yarı iletken liderliği yalnızca çip tasarımıyla değil, üretim ekosisteminden doğmaktadır
Süreç patentleri	Üretim yöntemleri, ekipman iyileştirmeleri ve kalite süreçleri	Patent stratejisi üretim bilgisi ve süreç yeniliğiyle bütünleşmektedir
Sınırlılık	Dijital platform, yazılım ölçekleme ve risk sermayesinde ABD kadar güçlü olmama	Üretim gücü yeni dijital teknoloji alanlarıyla tamamlanmalıdır

Kaynak: Yazarın çalışması.

Netice itibarıyla, Japonya modeli teknoloji politikasında üretim kapasitesinin, kalite disiplininin ve süreç yeniliğinin kurucu rolünü açık biçimde göstermektedir. ABD modeli temel araştırma, savunma Ar-Ge'si, patent, risk sermayesi ve girişimcilik üzerinden liderlik üretirken; Japonya modeli üretimden öğrenme, tedarik zinciri koordinasyonu, firma içi teknik birikim ve kalite yönetimi üzerinden güçlü bir alternatif teknoloji kapasitesi oluşturmuştur. Bu nedenle Japonya deneyimi, teknolojik üstünlüğün yalnızca laboratuvar ve patent ofisinde değil, fabrika zemininde, tedarikçi ağlarında ve üretim süreçlerinde de inşa edildiğini göstermektedir.

Aşağıdaki şekil'de Japonya teknoloji üretim merkezlerinin coğrafi dağılımı verilmiştir. Ekonomik kalkınma, bilim ve teknoloji politikasının birlikte kurgulandığı bir model olarak Japonya uygun bir örnektir.

Şekil 12 : Japonya Sanayi ve Teknoloji Coğrafyası



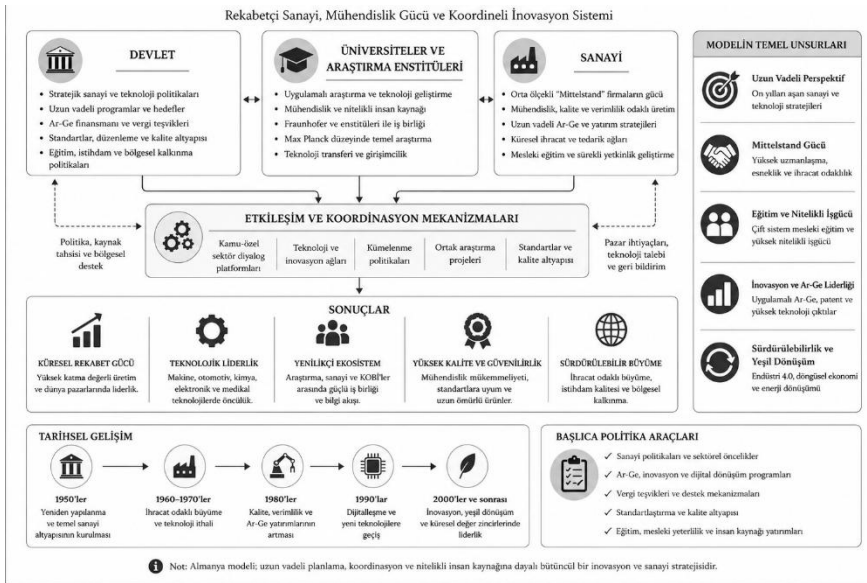
Kaynak: Yazarın çalışması.

5.2. Almanya Modeli: Mühendislik Derinliği ve Mittelstand

Japonya modeli üretimden öğrenme, kalite disiplini ve tedarik zinciri koordinasyonu üzerinden teknoloji kapasitesi oluştururken, Almanya modeli daha çok mühendislik derinliği, uygulamalı araştırma kurumları, mesleki eğitim sistemi, makine ve kimya sanayii, otomotiv teknolojileri ve uzmanlaşmış orta ölçekli sanayi firmaları üzerinden gelişmektedir. Almanya'nın teknoloji politikası deneyimi, ileri sanayi kapasitesinin yalnızca büyük teknoloji firmalarından veya üniversite araştırmalarından ibaret olmadığını; teknik eğitim, uygulamalı araştırma, üretim bilgisi, firma uzmanlaşması, kalite standartları ve sanayi kültürünün birlikte çalışmasıyla kalıcı rekabet avantajı üretilebileceğini göstermektedir.

Almanya'nın teknolojik gücünün tarihsel temeli, İkinci Sanayi Devrimi döneminde kimya, elektrik, makine, optik, metal işleme ve mühendislik alanlarında kurulan bilim-sanayi bağlantısına dayanmaktadır. Almanya, 19. yüzyıl sonundan itibaren teknik yüksekokullar, araştırma laboratuvarları, kimya ve elektrik şirketleri, mühendislik eğitimi ve firma içi Ar-Ge kapasitesi üzerinden bilim-temelli sanayi üretiminde güçlü bir model oluşturmuştur. Murmann'ın sentetik boya sanayii üzerine çalışması, Almanya'nın bu alandaki başarısını yalnızca firma stratejileriyle değil; üniversite-sanayi ilişkileri, teknik eğitim, patentler, bilimsel araştırma ve kurumsal öğrenme süreçleriyle açıklamaktadır (Murmann, 2003). Bu tarihsel birikim, Almanya'nın daha sonra otomotiv, makine, kimya, endüstriyel ekipman ve hassas üretim alanlarındaki üstünlüğünün de temelini oluşturmuştur.

Şekil 13 : Almanya Modeli



Kaynak: Yazarın çalışması.

Almanya modelinin ayırt edici unsurlarından biri **Mittelstand** olarak adlandırılan uzmanlaşmış orta ölçekli firmalardır. Bu firmalar çoğu zaman belirli niş teknolojilerde dünya ölçeğinde rekabet gücüne sahip, yüksek mühendislik kapasitesi bulunan, aile sahipliği veya uzun dönemli firma kültürüyle çalışan ve müşteri ihtiyaçlarına yakın üretim yapan yapılardır. Porter, Almanya'nın rekabet gücünü yüksek kaliteli mühendislik ürünleri, uzmanlaşmış tedarikçi ağları, güçlü sanayi kümeleri ve nitelikli teknik işgücü üzerinden açıklamaktadır (Porter, 1990). Mittelstand yapısı, teknolojik üstünlüğün yalnızca büyük ölçekli platform firmalarıyla değil, belirli teknoloji alanlarında derin uzmanlaşma geliştiren üretici firmalarla da kurulabileceğini göstermektedir.

Almanya'nın ikinci güçlü yönü **mesleki eğitim ve teknik yetenek sistemidir**. Almanya'daki çift yönlü mesleki eğitim modeli, okul eğitimi ile firma içi uygulamalı eğitimi birleştirmektedir. Bu yapı, sanayinin ihtiyaç duyduğu teknisyen, ustabaşı, proses uzmanı,

makine operatörü ve üretim becerisine sahip ara teknik insan kaynağını sistematik biçimde üretmektedir. Bu özellik, Almanya'nın teknoloji kapasitesini yalnızca yükseköğretim düzeyindeki mühendis ve araştırmacılarla değil, üretim süreçlerini yürüten ve iyileştiren geniş teknik işgücüyle de desteklemektedir. Bu nedenle Almanya modeli, beşerî sermayeyi yalnızca bilim insanı ve mühendis sayısı üzerinden değil, üretim sürecini taşıyan teknik beceri sistemi üzerinden de ele almaktadır.

Üçüncü temel unsur, uygulamalı araştırma kurumlarıdır. Fraunhofer tipi kurumlar, Almanya'nın teknoloji politikasında üniversite araştırması ile sanayi uygulaması arasında köprü işlevi görmektedir. Bu kurumlar, temel bilimsel araştırmadan ziyade firmaların ihtiyaç duyduğu uygulamalı Ar-Ge, prototipleme, test, ürün geliştirme, süreç iyileştirme ve teknoloji transferi alanlarında çalışmaktadır. Bu yönüyle Fraunhofer modeli, Bush tipi saf temel araştırma yaklaşımı ile DARPA tipi görev odaklı stratejik teknoloji geliştirme arasında daha sanayiye yakın bir ara kurum modeli sunmaktadır. Almanya'nın güçlü üretim ve mühendislik kapasitesi, bu tür ara kurumlarla desteklenerek sanayi firmalarının teknolojik yenilenme kapasitesini artırmaktadır.

Almanya modelinde patent sistemi de üretim ve mühendislik kültürüyle yakından bağlantılıdır. Patentler, yalnızca radikal buluşların korunması için değil, makine tasarımları, üretim yöntemleri, otomotiv bileşenleri, kimyasal süreçler, endüstriyel ekipmanlar, ölçüm teknolojileri ve hassas mühendislik çözümleri için de stratejik araç olarak kullanılmaktadır. Bu yapı, Almanya'nın patent performansında özellikle mekanik mühendislik, taşıt teknolojileri, elektrikli makineler, kimya, malzeme ve üretim teknolojileri gibi alanlarda güçlü olmasını açıklamaktadır. Almanya'nın patent kapasitesi, ABD'deki girişimci ve risk sermayesi odaklı patentleşmeden farklı olarak, büyük ölçüde sanayi

firmalarının mühendislik ve üretim yetenekleriyle bütünleşmiş durumdadır.

Almanya'nın uygulamalı araştırma ve mühendislik modeli, teknoloji politikasında “ara kurum” ihtiyacını da görünür kılmaktadır. Üniversiteler temel araştırma ve insan kaynağı üretmekte; firmalar ürün, süreç ve pazar bilgisine sahip olmakta; fakat bu iki alan arasında teknoloji olgunlaştırma, prototipleme, test ve uygulamalı geliştirme faaliyetlerini yürütecek kurumlara ihtiyaç duyulmaktadır. Fraunhofer tipi yapılar, bu boşluğu doldurmakta ve ölüm vadisini azaltmaya katkı sağlamaktadır. Bu açıdan Almanya modeli, özellikle Türkiye gibi sanayi tabanlı bulunan fakat araştırmadan ticarileştirmeye geçişte kurumsal boşluk yaşayan ülkeler için önemli dersler sunmaktadır.

Şekil 14 : Almanya Sanayi ve Teknoloji Coğrafyası



Kaynak: Yazarın çalışması.

Almanya modelinin bir diğer ayırt edici yönü, kalite ve standartlara dayalı rekabet anlayışıdır. Almanya, düşük maliyetli üretimden çok yüksek kaliteli, güvenilir, mühendislik yoğun ve uzun ömürlü ürünlerle rekabet etmektedir. Otomotiv, makine, kimya, medikal cihaz, endüstriyel ekipman ve enerji teknolojileri gibi

alanlarda Alman firmalarının rekabet gücü, ürün güvenilirliği, teknik standartlar, üretim hassasiyeti ve mühendislik itibarıyla ilişkilidir. Bu durum, teknoloji politikasında standartların, sertifikasyonun, test altyapılarının ve kalite sistemlerinin patent kadar önemli olduğunu göstermektedir. Patentli bir teknoloji, Almanya modelinde çoğu zaman yüksek mühendislik standardı ve üretim güvenilirliğiyle birlikte değer kazanmaktadır.

Bununla birlikte Almanya modelinin sınırlılıkları da bulunmaktadır. İlk olarak, güçlü mühendislik ve üretim kapasitesi, dijital platformlar, yazılım tabanlı hızlı ölçekleme, yapay zekâ girişimleri ve risk sermayesi ekosistemi alanlarında ABD modeli kadar dinamik bir yapı üretmemektedir. Almanya, otomotiv, makine, kimya ve endüstriyel üretimde güçlü olmasına rağmen, yazılım platformları, veri ekonomisi, bulut altyapısı ve hızlı büyüyen dijital girişimler alanında ABD ve Çin karşısında daha sınırlı kalmaktadır. Harvard kritik teknoloji ülke raporları da Almanya'nın geleneksel mühendislik ve sanayi tabanında güçlü olduğunu; ancak yapay zekâ, dijital ölçekleme ve yıkıcı yenilik alanlarında daha fazla kapasite geliştirmesi gerektiğini göstermektedir (Rosenbach et al., 2025a, 2025b).

İkinci sınırlılık, Almanya'nın geleneksel sanayi gücünün bazı alanlarda dönüşüm baskısıyla karşı karşıya kalmasıdır. Otomotiv sanayii elektrikli araçlar, batarya teknolojileri, yazılım tanımlı araçlar, otonom sürüş, güç elektroniği ve dijital platformlar nedeniyle köklü bir dönüşüm yaşamaktadır. Bu dönüşüm, klasik mekanik mühendislik gücünün yazılım, veri, batarya kimyası, yarı iletken ve platform ekonomisiyle birleşmesini gerektirmektedir. Almanya'nın bu dönüşümü başarılı biçimde yönetebilmesi için mühendislik ve üretim derinliğini dijital teknoloji portföyleriyle tamamlaması gerekmektedir.

Üçüncü sınırlılık, risk sermayesi ve girişimcilik ölçekleme kapasitesinin ABD'ye kıyasla daha zayıf olmasıdır. Almanya'da güçlü sanayi firmaları ve uygulamalı araştırma kurumları bulunmakla birlikte, hızlı büyüyen teknoloji girişimlerinin küresel ölçekte ölçeklenmesi ABD ekosistemi kadar güçlü değildir. Bu durum, özellikle yapay zekâ, biyoteknoloji, yazılım, kuantum uygulamaları ve dijital platformlar gibi alanlarda ticarileştirme hızını etkileyebilmektedir. Dolayısıyla Almanya modeli, derin mühendislik ve üretim becerisi açısından güçlü; fakat yüksek riskli ve hızlı ölçeklenen dijital teknoloji girişimleri açısından daha sınırlı bir model sunmaktadır.

Almanya'nın teknoloji politikası deneyimi, ABD merkezli teknoloji politikası anlatısına önemli bir tamamlayıcı bakış açısı kazandırmaktadır. ABD modeli bilimsel sermaye, savunma Ar-Ge'si, risk sermayesi ve girişimcilik üzerinden ilerlerken; Almanya modeli mühendislik, uygulamalı araştırma, üretim becerisi, mesleki eğitim ve orta ölçekli sanayi firmaları üzerinden teknoloji kapasitesi kurmaktadır. Bu iki modelin farkı, teknoloji politikasında tek bir başarı yolunun bulunmadığını göstermektedir. ABD daha çok radikal yenilik, girişimci ölçekleme ve platform teknolojilerinde güçlüdür. Almanya ise derin mühendislik, üretim kalitesi, süreç güvenilirliği ve endüstriyel teknolojilerde öne çıkmaktadır. Almanya teknoloji politikası modelinin temel bileşenleri aşağıdaki tabloda özetlenmektedir.

Tablo 25 : Almanya Teknoloji Politikası Modelinin Temel Bileşenleri

Bileşen	Temel Özellik	Teknoloji Politikası Açısından Önemi
Mühendislik geleneği	Makine, otomotiv, kimya, elektrik ve hassas üretim alanlarında derin teknik kapasite	Teknolojik üstünlük uzun dönemli mühendislik kültürüyle desteklenmektedir

Bileşen	Temel Özellik	Teknoloji Politikası Açısından Önemi
Mittelstand	Uzmanlaşmış, çoğu zaman orta ölçekli ve niş alanlarda küresel rekabetçi firmalar	Teknoloji kapasitesi yalnızca büyük firmalarla değil, derin uzmanlaşmış üretici firmalarla da kurulmaktadır
Mesleki eğitim sistemi	Okul eğitimi ile firma içi uygulamalı eğitimin birleşmesi	Teknik işgücü, üretim kalitesi ve süreç yeniliği için sistematik insan kaynağı sağlamaktadır
Fraunhofer tipi kurumlar	Üniversite araştırması ile sanayi uygulaması arasında uygulamalı Ar-Ge köprüsü	Ölüm vadisini azaltan ara kurum modeli sunmaktadır
Kalite ve standartlar	Güvenilirlik, sertifikasyon, mühendislik standardı ve üretim hassasiyeti	Patentli teknolojinin pazarda değer kazanması için kalite altyapısı gerekmektedir
Sanayi kümeleri	Tedarikçi, üretici, araştırma kurumu ve teknik işgücü yoğunlaşması	Teknoloji kapasitesi bölgesel ve sektörel ağlar içinde güçlenmektedir
Patent ve süreç yeniliği	Makine, üretim yöntemi, kimya, otomotiv ve endüstriyel ekipman patentleri	Patent sistemi mühendislik ve üretim bilgisiyle bütünleşmektedir

Kaynak: Yazarın çalışması.

Almanya modelinden çıkarılacak en önemli ders, teknoloji politikasının yalnızca yüksek teknolojili başlangıç firmalarına veya temel araştırmaya indirgenemeyeceğidir. Üretim sisteminde derinleşmiş mühendislik bilgisi, mesleki eğitim, uygulamalı araştırma kurumları ve orta ölçekli uzmanlaşmış firmalar da kalıcı teknoloji kapasitesi üretmektedir. Patent sistemi bu yapıda Ar-Ge ve mühendislik birikimini koruyan, firma stratejisine dönüştüren ve uluslararası rekabet gücünü destekleyen bir araç olarak çalışmaktadır.

Netice itibarıyla, Almanya modeli ABD merkezli teknoloji politikası anlatısının üretim ve mühendislik boyutunu güçlendiren bir örnek sunmaktadır. ABD'nin bilimsel sermaye ve girişimci

yenilik gücü, Almanya'nın mühendislik, uygulamalı araştırma ve üretim derinliğiyle karşılaştırıldığında, teknoloji politikası için tamamlayıcı dersler ortaya çıkmaktadır. Kritik teknoloji çağında ülkelerin yalnızca radikal buluş üretmesi değil, bu buluşları güvenilir, kaliteli, üretilebilir ve küresel pazarda rekabetçi sistemlere dönüştürmesi gerekmektedir. Almanya deneyimi, bu dönüşümde mühendislik kültürünün, teknik eğitim sisteminin ve uygulamalı araştırma kurumlarının belirleyici rol oynadığını göstermektedir.

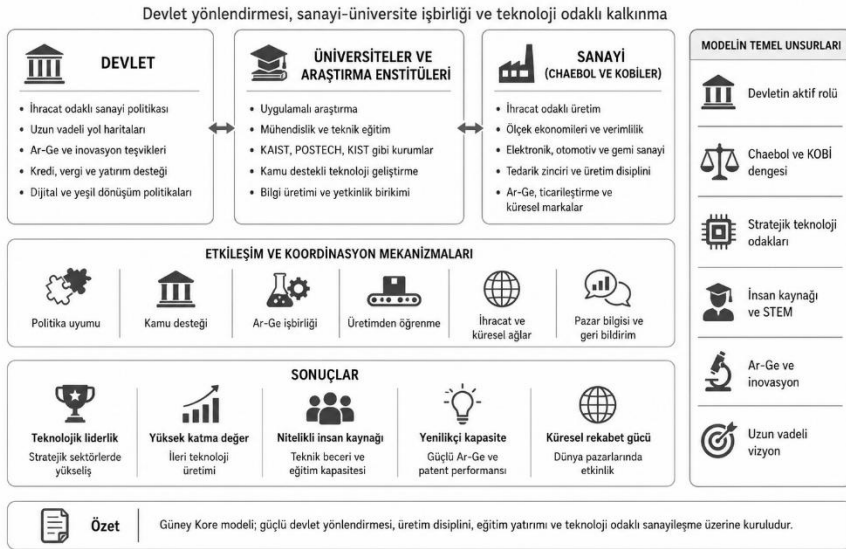
5.3. Güney Kore Modeli: Hızlı Teknoloji Yakalama

Güney Kore modeli, ABD merkezli teknoloji politikası anlatısına farklı bir yakalama ve yükselme deneyimi sunmaktadır. ABD modeli temel araştırma, savunma Ar-Ge'si, risk sermayesi ve girişimcilik ekosistemi üzerinden gelişirken; Almanya modeli mühendislik derinliği, uygulamalı araştırma ve üretim becerisine dayanmaktadır. Güney Kore ise daha yoğun devlet yönlendirmesi, ihracat odaklı sanayi politikası, büyük teknoloji firmaları, hızlı teknoloji öğrenmesi, aktif patent politikası ve fikri mülkiyet kurumlarının kalkınma sürecine dâhil edilmesiyle öne çıkmaktadır. Bu yönüyle Kore deneyimi, patent sisteminin yalnızca hukuki koruma sağlayan pasif bir mekanizma değil, teknoloji kapasitesi inşa eden aktif bir kalkınma aracı olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Güney Kore'nin sanayi ve teknoloji politikası, devlet yönlendirmesi, ihracat disiplini, büyük teknoloji firmaları ve kurumsal Ar-Ge kapasitesi etrafında şekillenmiştir (OECD, 2014). Güney Kore'nin savaş sonrası kalkınma süreci, başlangıçta düşük gelirli ve sınırlı teknolojik kapasiteye sahip bir ekonomiden yüksek teknoloji yoğun sektörlerde küresel rekabet gücü kazanmış bir ülkeye dönüşüm hikâyesidir. Bu dönüşümde devletin ihracat odaklı sanayi politikası, büyük firma gruplarının, yani chaebol yapısının, ölçek yaratma kapasitesi, teknoloji ithalinin öğrenmeye

dönüştürülmesi, mühendislik eğitimi, Ar-Ge yatırımları ve kamu-sanayi koordinasyonu belirleyici olmuştur. Kim, Kore'nin teknoloji öğrenme sürecini taklit, uyarlama, geliştirme ve özgün yenilik aşamaları üzerinden açıklamaktadır. Bu yaklaşım, teknolojik yakalamanın yalnızca yabancı teknoloji transferiyle değil, bu teknolojinin firma içi öğrenme ve yerli mühendislik kapasitesiyle dönüştürülmesiyle mümkün olduğunu göstermektedir (Kim, 1997).

Şekil 15 : Güney Kore Modeli



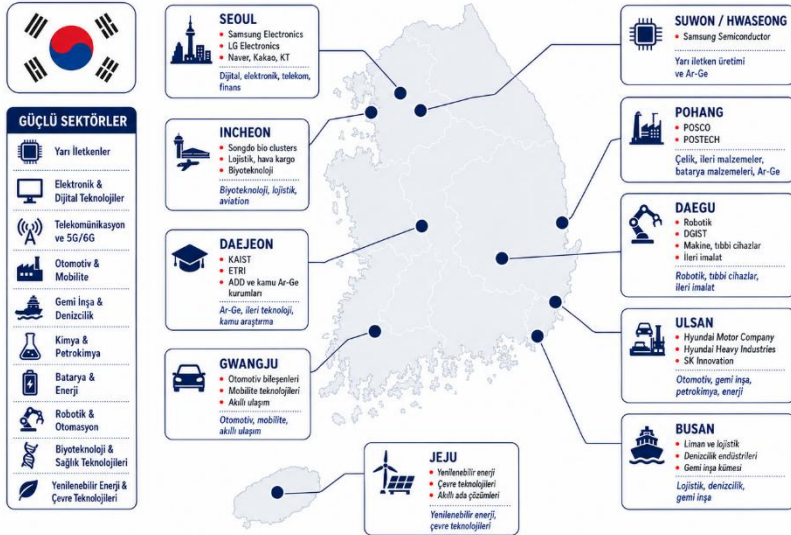
Kaynak: Yazarın çalışması.

Güney Kore'nin en ayırt edici yönlerinden biri, patent sistemini kalkınma politikasının parçası haline getirmesidir. Erstling ve Strom'un Kore patent politikası üzerine çalışması, Kore'nin güçlü patent mevzuatı, geniş yetkili ve aktif patent ofisi ve fikri mülkiyeti ekonomik kalkınma aracı olarak kullanma iradesi sayesinde dikkat çekici bir model oluşturduğunu ortaya koymaktadır (Erstling & Strom, 2010). Kore Fikri Mülkiyet Ofisi, yani KIPO, yalnızca patent başvurularını inceleyen bir idari kurum olarak çalışmamaktadır. KIPO, patent bilgisi yayılımı, KOBİ destekleri, patent eğitimi,

teknoloji transferi, patent değerlendirme, çalışan buluşları ve fikri mülkiyetin ticarileştirilmesi gibi alanlarda da aktif rol üstlenmektedir.

Bu özellik, Güney Kore modelini patent politikası açısından son derece önemli hale getirmektedir. Birçok ülkede patent ofisleri tescil, inceleme ve sicil işlemleriyle sınırlı görülmektedir. Kore deneyimi ise patent ofisinin ulusal yenilik sisteminin aktif aktörü olabileceğini göstermektedir. Patent ofisi, firmalara yalnızca başvuru süreci hizmeti sunmamakta; teknoloji eğilimlerini analiz etmekte, patent bilgisini firmalara aktarmakta, KOBİ'lerin patent kapasitesini güçlendirmekte, üniversite ve sanayi aktörlerini fikri mülkiyet konusunda yönlendirmekte ve patentlerin ticarileştirilmesine ilişkin ekosistemi desteklemektedir. Böylece patent sistemi, hukuki koruma alanından teknoloji politikası alanına doğru genişlemektedir.

Şekil 16 : Güney Kore Sanayi ve Teknoloji Coğrafyası



Kaynak: Yazarın çalışması.

G. Kore modelinde büyük teknoloji firmalarının rolü de belirleyicidir. Samsung, LG, Hyundai, SK ve benzeri büyük firmalar, elektronik, yarı iletkenler, ekran teknolojileri, batarya, otomotiv, telekomünikasyon ve tüketici elektroniği gibi alanlarda küresel teknoloji portföyleri oluşturmuştur. Bu firmalar yüksek Ar-Ge harcamaları, yoğun patent başvuruları, küresel üretim ağları, tedarik zinciri yönetimi ve ihracat kapasitesiyle Kore'nin teknoloji performansını taşımaktadır. Bu yapı, ABD'nin girişimci ekosisteminden farklıdır. Kore'de teknoloji kapasitesi daha çok büyük firma grupları, devlet yönlendirmesi ve ihracat disiplini etrafında yoğunlaşmıştır.

Bu durumun güçlü yönü, ölçek ve koordinasyon kapasitesidir. Büyük firmalar, yüksek maliyetli Ar-Ge yatırımlarını, üretim tesislerini, küresel pazarlama ağlarını, patent portföylerini ve tedarik zinciri stratejilerini birlikte yönetebilmektedir. Özellikle yarı iletkenler ve batarya gibi sermaye yoğun alanlarda bu ölçek avantajı kritik önem taşımaktadır. Kore'nin yarı iletkenlerde ve bataryalarda güçlü konuma gelmesi, yalnızca bilimsel araştırma kapasitesiyle değil, üretim ölçeği, süreç mühendisliği, tedarik zinciri disiplini, patent stratejisi ve küresel firma yönetimiyle ilişkilidir.

Kore modelinin teknoloji yakalama kapasitesi, patentlerin yalnızca tescil edilen teknik belgeler olarak değil, firma stratejisi ve ulusal rekabet politikası unsuru olarak kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Patentler, büyük firmaların küresel pazarlarda rekabet üstünlüğünü koruması, lisanslama müzakerelerinde güçlü konum elde etmesi, standart teknolojilerde yer alması, rakipleri izleme kapasitesi geliştirmesi ve yeni teknoloji alanlarında konum alması için stratejik araç olarak kullanılmaktadır. Bu yönüyle Kore patent politikası, yalnızca başvuru sayılarını artırmaya değil, patentlerin teknoloji kapasitesi ve rekabet avantajı üretmesine odaklanmaktadır.

Güney Kore modelinin bir diğer önemli yönü, KOBİ'lerin ve üniversitelerin patent kapasitesini artırmaya yönelik desteklerin kurumsallaştırılmasıdır. Büyük firmaların teknoloji performansı ülke göstergelerinde belirleyici olmakla birlikte, yenilik sisteminin daha geniş tabana yayılması için KOBİ'lerin patent bilgiye erişimi, patent araştırması yapabilmesi, başvuru hazırlayabilmesi, patentlerini değerleyebilmesi ve ticarileştirme kanallarına erişebilmesi önemlidir. KIPO'nun patent danışmanlığı, eğitim, bilgi hizmetleri ve destek programları bu nedenle Kore modelinin tamamlayıcı bileşenleridir (Erstling & Strom, 2010).

Bununla birlikte Güney Kore modelinin sınırlılıkları da bulunmaktadır. İlk sınırlılık, büyük firma yoğunlaşmasıdır. Güney Kore'nin teknoloji performansı büyük ölçüde birkaç güçlü firma grubu tarafından taşınmaktadır. Bu yapı, yüksek teknoloji alanlarında hızlı ölçekleme ve küresel rekabet avantajı üretmekte; ancak yenilik ekosisteminin çeşitliliğini, KOBİ'lerin bağımsız teknoloji geliştirme kapasitesini ve radikal girişimci yenilikleri sınırlayabilmektedir. İkinci sınırlılık, bazı çekirdek teknolojilerde dışa bağımlılıktır. Yarı iletken üretiminde güçlü olmasına rağmen, litografi ekipmanı, bazı ileri malzemeler, yarı iletken üretim ekipmanları ve kritik teknolojilerde dış teknoloji kaynaklarına bağımlılık devam edebilmektedir. Üçüncü sınırlılık ise hızlı teknoloji yakalama modelinin her alanda özgün teknoloji liderliğine dönüşmesinin kolay olmamasıdır. Taklit, uyarlama ve hızlı iyileştirme süreci güçlü bir yakalama stratejisi sunmakta; ancak yeni teknoloji paradigması yaratmak daha derin bilimsel araştırma, yaratıcı girişimcilik ve daha açık yenilik ekosistemi gerektirmektedir.

Güney Kore'nin güçlü yanları ve sınırlılıkları birlikte değerlendirildiğinde, patent ofisinin rolü açısından önemli bir ders ortaya çıkmaktadır. Patent ofisi, pasif bir tescil kurumu olarak bırakıldığında patent sisteminin kalkınma etkisi sınırlı

kalabilmektedir. Buna karşılık patent ofisi teknoloji istihbaratı, patent eğitimi, KOBİ destekleri, patent değerlendirme, teknoloji transferi ve ticarileştirme süreçlerine aktif biçimde dâhil olduğunda, ulusal yenilik sisteminin yönlendirici aktörlerinden birine dönüşebilmektedir. Bu ders, özellikle teknoloji kapasitesini geliştirmek isteyen ülkeler açısından son derece önemlidir. G. Kore teknoloji politikası modelinin temel bileşenleri aşağıdaki tabloda özetlenmektedir.

Tablo 26 : Güney Kore Teknoloji Politikası Modelinin Temel Bileşenleri

Bileşen	Temel Özellik	Teknoloji Politikası Açısından Önemi
Aktif patent ofisi	KIPO, patent inceleme yanında patent eğitimi, bilgi hizmetleri, KOBİ desteği, teknoloji transferi ve değerlendirme işlevleri üstlenmektedir	Patent ofisi teknoloji kapasitesi inşa eden aktif bir yenilik kurumu haline gelebilmektedir
Büyük teknoloji firmaları	Samsung, LG, Hyundai, SK gibi firmalar yüksek Ar-Ge, üretim ölçeği ve patent portföyleriyle öne çıkmaktadır	Sermaye yoğun ve küresel rekabetçi teknolojilerde ölçek avantajı sağlamaktadır
İhracat disiplini	Teknoloji yatırımları küresel pazarlarda rekabet hedefiyle şekillenmektedir	Patent ve Ar-Ge kapasitesi dış pazarlarda rekabet gücü üretmektedir
Teknoloji yakalama	Yabancı teknolojinin öğrenilmesi, uyarlanması ve yerli kapasiteye dönüştürülmesi	Taklitten özgün yeniliğe geçiş için firma içi öğrenme gerekmektedir
Yarı iletken ve elektronik kapasitesi	Üretim, süreç mühendisliği, patent portföyü ve küresel tedarik zinciri yönetimi gelişmiştir	Kritik teknolojilerde patent, üretim ve ölçekleme birlikte yönetilmektedir
KOBİ patent destekleri	Patent danışmanlığı, patent eğitimi, bilgi hizmetleri ve ticarileştirme destekleri sağlanmaktadır	Patent kapasitesi büyük firmalar dışına yayılmaya çalışılmaktadır
İnsan kaynağı ve mühendislik	Mühendislik eğitimi ve teknik işgücü teknoloji yakalama sürecini desteklemektedir	Patentlenebilir teknoloji üretiminin beşerî sermaye temeli güçlenmektedir

Kaynak: Yazarın çalışması.

G. Kore modeli, ABD ve Almanya deneyimlerinden farklı bir teknoloji politikası yolu sunmaktadır. ABD modeli girişimci, risk sermayesi destekli ve üniversite merkezli yenilik sistemini öne çıkarırken; Almanya modeli mühendislik derinliği, uygulamalı araştırma kurumları ve Mittelstand yapısına dayanmaktadır. G. Kore modeli ise aktif patent ofisi, büyük firma ölçeği, ihracat disiplini, hızlı teknoloji öğrenmesi ve üretim kapasitesiyle dikkat çekmektedir. Bu yönüyle Kore deneyimi, gelişmekte olan ülkeler için özellikle önemli bir örnek sunmaktadır. Çünkü Kore, düşük teknolojili üretimden yüksek teknoloji yoğun sektörlere geçişin, patent sistemi ve sanayi politikası birlikte tasarlandığında mümkün olabileceğini göstermektedir.

Patent politikası açısından Kore deneyiminin en önemli sonucu, patent ofisinin stratejik konumudur. Patent ofisi, yalnızca başvuruları alan, inceleyen ve tescil eden bir kurum olarak konumlanırsa, teknoloji politikasına katkısı sınırlı kalmaktadır. Ancak patent ofisi, patent verisini teknoloji istihbaratına dönüştürür, firmalara teknoloji yönlendirmesi sağlar, KOBİ'lerin patent kapasitesini geliştirir, üniversite patentlerinin ticarileşmesini destekler, patent değerlendirme ve finansman mekanizmalarına katkı verir ve kritik teknoloji alanlarında patent portföylerini izlerse, ulusal yenilik sisteminin stratejik aktörlerinden biri haline gelmektedir.

Netice itibarıyla, Güney Kore modeli teknolojik yakalamanın patent sistemiyle nasıl desteklenebileceğini gösteren güçlü bir örnektir. Bu modelde patent sistemi, Ar-Ge teşviki, büyük firma stratejisi, ihracat rekabeti, teknoloji transferi, KOBİ desteği ve ticarileştirme mekanizmalarıyla birlikte çalışmaktadır. Kore deneyimi, teknolojik merkezileşmeye karşı çıkmak isteyen ülkelerin yalnızca Ar-Ge harcamalarını artırmalarının yeterli olmadığını; patent ofisini, firma kapasitesini, üretim ölçeğini, insan kaynağını ve

teknoloji transfer mekanizmalarını birlikte güçlendirmeleri gerektiğini ortaya koymaktadır.

5.4. Çin Modeli: Ölçekleme ve Küresel Teknoloji Liderliği Hedefi

Çin modeli, 21. yüzyıl teknoloji politikası tartışmalarında ABD merkezli liderliğe karşı en kapsamlı meydan okumayı temsil etmektedir. Ancak Çin'in bugünkü yapay zekâ, elektrikli araç, batarya, güneş enerjisi, kuantum, biyoteknoloji, yarı iletken ve ileri imalat alanlarındaki yükselişi, yalnızca son dönem teknoloji politikalarıyla açıklanamamalıdır. Çin'in teknoloji kapasitesi, 1978 sonrası reformlarla başlayan daha uzun bir birikim sürecinin sonucudur. Bu süreç, önce tarımsal verimlilik artışı ve kırsal gelir genişlemesiyle başlamış; ardından kırsal sanayileşme, ölçek ekonomileri, ihracat yönelimli üretim, yabancı sermaye ve teknoloji transferi, yerli firma kapasitesi, devlet yönlendirmesi ve nihayet kritik teknoloji alanlarında özgün kapasite kurma hedefiyle ilerlemiştir (Naughton, 2007; Qian, 2003; Xu, 2011).

Çin kalkınma patikasının ilk kritik eşiği **Household Responsibility System** uygulamasıdır. Bu sistem, kolektif tarım düzeninden hane temelli üretim sorumluluğuna geçişi ifade etmektedir. Çiftçilere üretim kararları ve artık ürün üzerinde daha güçlü teşvikler verilmesi, tarımsal üretkenliği ve kırsal gelirleri artırmıştır. Lin'in klasik çalışması, 1978-1984 döneminde tarımsal büyümede dekollektivizasyonun ve hane sorumluluk sisteminin güçlü etkisini ortaya koymakta; tarımsal toplam faktör verimliliğindeki artışın önemli bir bölümünü bu kurumsal değişimle ilişkilendirmektedir (Lin, 1992). Bu nedenle Çin'in sanayi ve teknoloji yükselişi, yalnızca şehirlerde kurulan fabrikalarla değil, kırsal alanda teşvik yapısının değişmesiyle başlayan verimlilik artışıyla ilişkilendirilmelidir.

Household Responsibility System'in teknoloji politikası açısından dolayı fakat güçlü etkisi, kırsal ekonomide **artık üretim, gelir artışı, emek serbestleşmesi ve yerel birikim** yaratmasıdır. Tarımsal üretkenlik artışı, kırsal hanelerin gelirini yükseltmiş; aynı zamanda tarımda gizli işsizliğin bir bölümünün tarım dışı faaliyetlere yönelmesini mümkün kılmıştır. Bu süreç, kırsal sanayileşmenin insan kaynağı ve sermaye zeminini hazırlamıştır. Burada “artık değer” kavramını mekanik bir sermaye transferi olarak değil; tarımsal reformların açığa çıkardığı gelir, emek, yerel tasarruf ve piyasa teşviklerinin sanayiye yönelmesi olarak okumak daha doğru olacaktır. Bu çerçevede Çin'in teknoloji yükselişinin başlangıç noktası, önce üretim teşviklerini değiştiren kurumsal reform, sonra bu reformun doğurduğu kırsal sanayi kapasitesidir (Lin, 1992; Naughton, 2007).

Bu birikimin ikinci halkası **Township and Village Enterprises**, yani TVE'lerdir. TVE'ler, Çin'in kırsal sanayileşme sürecinde merkezi bir rol üstlenmiştir. Bu işletmeler klasik özel mülkiyet yapısına da, klasik devlet işletmesi modeline de tam olarak uymayan hibrit yapılardır. Weitzman ve Xu, TVE'leri “vaguely defined cooperatives” olarak tanımlamakta ve bu mülkiyet belirsizliğine rağmen TVE'lerin olağanüstü başarısının geleneksel mülkiyet hakları teorisi açısından önemli bir meydan okuma oluşturduğunu belirtmektedir (Weitzman & Xu, 1994). TVE'ler, kırsal emek fazlasını sanayi üretimine çekmiş, yerel gelirleri artırmış, ihracata yönelik üretim tabanını genişletmiş ve Çin'in düşük maliyetli fakat hızla öğrenen sanayi kapasitesinin erken taşıyıcılarından biri olmuştur.

TVE başarısının arkasındaki kurumsal mekanizma yalnızca piyasa serbestleşmesi değildir. Oi'nin “local state corporatism” kavramı, Çin'de yerel yönetimlerin ekonomik büyümeyi teşvik eden, sanayi gelirlerini yeniden tahsis eden ve yerel işletmelerin gelişiminde aktif rol üstlenen yapılar olarak çalıştığını

göstermektedir (Oi, 1992). Mali reformlar, yerel yönetimlere sanayi büyümesinden gelir elde etme motivasyonu sağlamış; yerel yönetimler de TVE'leri destekleyerek istihdam, gelir ve mali kaynak yaratmaya yönelmiştir. Böylece Çin'de merkezi planlamadan piyasa ekonomisine ani bir kopuş değil; yerel yönetimlerin piyasa genişlemesini teşvik ettiği, kademeli ve deneysel bir sanayileşme yapısı ortaya çıkmıştır.

Qian ve Xu'nun kurumsal analizleri de Çin reformlarının başarısını bölgesel desantralizasyon, yerel deneyler ve "M-form hierarchy" olarak adlandırılan çok katmanlı bölgesel organizasyon üzerinden açıklamaktadır. Bu yaklaşıma göre Çin reformları, Sovyet tipi merkezi ve fonksiyonel yapının aksine, bölgesel deneylere ve yerel rekabete alan açmıştır. Bu yapı, devletin tamamen geri çekildiği bir liberalizasyon modeli değil; yerel devletlerin piyasa genişlemesi ve sanayi yatırımları için teşvik edildiği hibrit bir geçiş modelidir (Qian & Xu, 1993; Qian, 2003). Böylece Çin'de teknoloji ve sanayi kapasitesi, merkezi planlama ile piyasa arasındaki katı bir tercih yerine, yerel rekabet, deneysel uygulama ve üretimden öğrenme üzerinden gelişmiştir.

Çin'in kalkınma patikasının üçüncü halkası, kırsal ve yerel sanayileşmeden **küresel üretim ağlarına entegrasyon** aşamasına geçiştir. Özel ekonomik bölgeler, ihracat işleme bölgeleri, yabancı doğrudan yatırımlar, ortak girişimler ve teknoloji transferi, Çin'in üretim kapasitesini küresel pazarlara bağlamıştır. Bu aşamada Çin, düşük maliyetli emek avantajını geniş üretim ölçeğiyle birleştirmiş; ancak zamanla yalnızca montaj yapan bir ekonomi olmaktan çıkarak tedarikçi geliştirme, kalite iyileştirme, süreç mühendisliği, lojistik, teslimat hızı ve maliyet düşürme alanlarında büyük bir öğrenme kapasitesi geliştirmiştir. Branstetter ve Lardy, Çin'in küreselleşmeye entegrasyonunun, dış ticaret ve yabancı yatırım yoluyla sanayi kapasitesini derinleştirdiğini ve teknoloji transferi için önemli kanallar oluşturduğunu göstermektedir (Branstetter & Lardy, 2006).

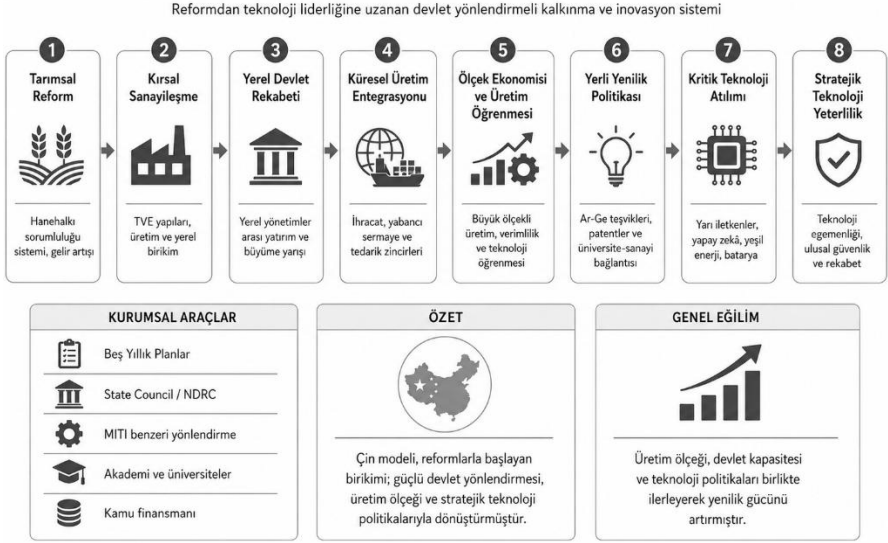
Bu süreçte 2001 yılında Dünya Ticaret Örgütü'ne üyelik, Çin'in küresel üretim sistemi içindeki konumunu daha da güçlendirmiştir. WTO üyeliği, Çin'in ihracat kapasitesini, yabancı sermaye girişini, tedarik zinciri entegrasyonunu ve küresel pazar erişimini genişletmiştir. Ancak Çin'in başarısı, sadece dış pazarlara erişimle açıklanmamalıdır. Ülke, bu erişimi üretim ölçeği, yerel devlet rekabeti, altyapı yatırımları, işgücü mobilizasyonu ve firma düzeyinde hızlı öğrenmeyle birleştirmiştir. Bu nedenle Çin modeli, klasik ihracata dayalı sanayileşme modelinden daha geniştir; ihracat, üretimden öğrenme ve teknoloji yakalama sürecinin finansman ve disiplin mekanizması olarak işlemiştir (Naughton, 2007; Qian, 2003).

Nahm ve Steinfeld'in “scale-up nation” yaklaşımı, Çin modelinin bu aşamasını teknoloji politikası açısından daha iyi açıklamaktadır. Yazarlara göre Çin'in imalat gücü yalnızca düşük ücretlerden veya kamu sübvansiyonlarından kaynaklanmamaktadır. Çin firmaları, hızlı ölçekleme, üretim temposunu yönetme, tedarikçi koordinasyonu, maliyet düşürme ve süreç iyileştirme kapasitesi geliştirmiştir. Bu yapı, üretimi pasif bir montaj aşaması olmaktan çıkarmakta; üretimden öğrenmeyi yenilik sisteminin merkezine yerleştirmektedir (Nahm & Steinfeld, 2014). Bu çerçevede Çin'in teknoloji yükselişi, önce üretim ölçeğiyle maliyet avantajı elde etme, sonra bu ölçeğin içinde süreç bilgisi ve mühendislik kapasitesi biriktirme, daha sonra bu kapasiteyi ileri teknoloji alanlarına taşıma patikası olarak okunabilir.

2000'li yıllardan itibaren Çin'in kalkınma patikası, yalnızca sanayi ölçeği ve ihracat kapasitesiyle sınırlı kalmamış; giderek **yerli yenilik, fikri mülkiyet, teknolojik kendine yeterlilik ve kritik teknoloji portföyleri** hedeflerine yönelmiştir. 2006 sonrasında “indigenous innovation” politikaları, kamu alımları, bilim ve teknoloji mega projeleri ve yerli teknik standartlar yoluyla Çin firmalarının kendi fikri mülkiyetlerini geliştirmesini hedeflemiştir (Baark, 2019). Bu

aşama, Çin'in düşük maliyetli üretimden yerli patent, yerli standart, yerli marka ve yerli teknoloji platformu üretimine geçiş arayışını göstermektedir.

Şekil 17 : Çin Modeli



Kaynak: Yazarın çalışması.

Made in China 2025, bu dönüşümün en bilinen politika çerçevelerinden biridir. Program; yeni nesil bilgi teknolojileri, yüksek nitelikli CNC makineleri ve robotik, havacılık-uzay, denizcilik ekipmanları, ileri demiryolu, enerji tasarruflu araçlar, elektrikli araçlar, güç ekipmanları, tarım makineleri, yeni malzemeler, biyomedikal ve yüksek performanslı tıbbi cihazlar gibi alanlarda Çin'i daha yüksek katma değerli üretim ve teknoloji ligine taşımayı hedeflemiştir (Wübbeke et al., 2016). Naughton, Made in China 2025 ve Internet Plus gibi politikaların, yeni teknolojilerin mevcut sanayi sektörlerine uygulanmasını ve Çin'in üretim sisteminin akıllı imalat yönünde dönüştürülmesini amaçladığını belirtmektedir (Naughton, 2021).

Şekil 18 : Çin Sanayi ve Teknoloji Coğrafyası



Kaynak: Yazarın çalışması.

Bununla birlikte Çin sanayi politikasının etkileri homojen değildir. Bazı alanlarda ölçek, kamu desteği, iç pazar ve üretimden öğrenme mekanizması güçlü sonuçlar üretirken; bazı alanlarda sübvansiyonların verimlilik ve gerçek yenilik kapasitesi üzerindeki etkisi tartışmalıdır. Made in China 2025 üzerine yapılan yeni ampirik çalışmalar, hedeflenen firmalara daha fazla destek akmış olmakla birlikte, bu desteklerin inovasyon kapasitesini beklenen ölçüde artırıp artırmadığı konusunda daha ihtiyatlı sonuçlar ortaya koymaktadır (Li & Branstetter, 2024). Bu bulgu, Çin modelinin otomatik bir başarı reçetesi olmadığını; devlet yönlendirmesinin kalite, verimlilik, patent değeri ve küresel rekabet performansı ile sürekli test edilmesi gerektiğini göstermektedir.

Çin'in teknoloji yükselişinde temiz enerji ve elektrikli araçlar özel bir örnek oluşturmaktadır. Güneş paneli, batarya ve elektrikli araç alanlarında Çin, üretim ölçeği, tedarik zinciri bütünleşmesi,

kamu desteği, iç pazar talebi ve maliyet düşürme kapasitesini birleştirerek küresel rekabette güçlü konuma gelmiştir. Çin güneş PV endüstrisi üzerine çalışmalar, kamu politikaları, küresel talep, ölçek ekonomileri ve üretim öğrenmesinin bu sektörde Çin’in liderliğini desteklediğini göstermektedir (Huang et al., 2016). Bu alanlar, Çin modelinin en başarılı tarafını yansıtmaktadır: belirli teknolojilerde hızlı üretim leği kurmak, maliyeti düşürmek, tedarikçi ağını derinleştirmek ve küresel fiyat yapısını değiştirmek.

Yarı iletkenler ise Çin modelinin hem hedefini hem de sınırını göstermektedir. Çin, yapay zekâ, dijital ekonomi, savunma ve otomotiv gibi alanlarda ip teknolojisinin stratejik onemini fark etmiş ve büyük fonlar, yerli üretim hedefleri, kamu alımları ve ithal ikamesi politikalarıyla yarı iletken kapasitesini artırmaya çalışmıştır. Ancak ileri litografi, yüksek performanslı ip tasarımı, üretim ekipmanları, elektronik tasarım otomasyonu ve bazı hassas malzemeler bakımından dışa bağımlılıklar devam etmektedir. Miller, yarı iletken rekabetinin yalnızca ticari değil, küresel g ve jeopolitik bağımlılık meselesi olduğunu ortaya koymaktadır (Miller, 2022). Bu nedenle Çin’in yarı iletken politikası, üretim leği ve devlet desteğinin en ileri çekirdek teknolojilerde bilimsel derinlik, ekipman ekosistemi ve küresel standart hâkimiyeti olmadan sınırlı kalabileceğini göstermektedir.

Bu tarihsel patika dikkate alındığında Çin modeli, basit biçimde “devlet sübvansiyonu” veya “ucuz emek” modeli olarak görülemez. Çin’in yükselişi daha çok dört aşamalı bir birikim süreci olarak değerlendirilebilir. İlk aşamada Household Responsibility System ile tarımsal üretkenlik ve kırsal gelir artışı sağlanmıştır. İkinci aşamada TVE’ler ve yerel devlet kapitalizmi üzerinden kırsal sanayileşme ve emek-sermaye mobilizasyonu gerçekleşmiştir. nc aşamada ihracat, yabancı yatırım, küresel üretim ağları ve WTO yeliği yoluyla ölçek ekonomileri ve sermaye birikimi büyümüştür. Dördüncü aşamada ise bu birikim yerli yenilik, patent,

standart, kritik teknoloji, ileri imalat ve teknolojik kendine yeterlilik hedeflerine yönlendirilmiştir. Bu patika, Çin'in bugünkü teknoloji rekabetindeki konumunu açıklamak için güçlü bir analitik çerçeve sunmaktadır.

Tablo 27 : Çin Kalkınma ve Teknoloji Politikası Modelinin Temel Bileşenleri

Aşama	Temel Reform / Mekanizma	Birikim Kaynağı	Teknoloji Politikası Açısından Önemi
Tarımsal teşvik reformu	Household Responsibility System	Tarımsal verimlilik, kırsal gelir, emek serbestleşmesi	Sanayiye geçişin gelir, emek ve teşvik temeli oluşmaktadır
Kırsal sanayileşme	Township and Village Enterprises	Yerel sanayi geliri, kırsal emek, yerel sermaye birikimi	Üretimden öğrenme ve yerel sanayi kapasitesi gelişmektedir
Yerel devlet kapitalizmi	Fiscal decentralization, local state corporatism	Yerel yönetimlerin sanayi büyümesinden gelir elde etmesi	Yerel yönetimler sanayi ve yatırım rekabetinin aktörü haline gelmektedir
Küresel üretim entegrasyonu	Özel ekonomik bölgeler, FDI, ihracat, WTO üyeliği	Dış pazar, teknoloji transferi, tedarik zinciri öğrenmesi	Çin düşük maliyetli üretimden ölçek ekonomilerine geçmektedir
Ölçek ekonomisi ve üretimden öğrenme	Büyük üretim hacmi, tedarikçi ağları, maliyet düşürme	Süreç bilgisi, mühendislik kapasitesi, maliyet avantajı	Üretim yenilik sisteminin aktif parçası haline gelmektedir
Yerli yenilik politikası	Indigenous innovation, kamu alımı, standartlar, mega projeler	Yerli fikri mülkiyet, patent, teknoloji standartları	Çin teknoloji takipçiliğinden teknoloji üreticiliğine geçmeye çalışmaktadır
Kritik teknoloji stratejisi	Made in China 2025, AI, EV, batarya, yarı iletken, kuantum	Kamu finansmanı, firma ölçeği, patent portföyü, iç pazar	Çin küresel teknoloji liderliğine yönelik portföy politikası geliştirmektedir
Stratejik kendine yeterlilik	Çip ekipmanı, yerli tedarik, teknoloji güvenliği	İthal ikamesi, yerli ekipman, ulusal teknoloji fonları	ABD ihracat kontrolleri karşısında çekirdek teknoloji bağımsızlığı hedeflenmektedir

Kaynak: Yazarın çalışması.

Çin modelinin güçlü yönü, sermaye birikimini ve üretim ölçeğini teknoloji hedeflerine bağlayabilmesidir. Tarımsal reformla başlayan verimlilik artışı, kırsal sanayileşmeyle sanayi kapasitesine dönüşmüş; ihracat ve küresel üretim ağları bu kapasiteyi sermaye birikimi ve teknoloji öğrenmesiyle derinleştirmiş; son aşamada ise devlet bu birikimi kritik teknolojilere yönlendirmeye çalışmıştır. Bu açıdan Çin modeli, teknolojik yükselişin yalnızca Ar-Ge laboratuvarlarında değil, tarım reformu, yerel sanayileşme, üretim ölçeği, dış ticaret, tedarik zinciri ve patent politikası arasında kurulan uzun dönemli bağlantılarla gerçekleştiğini göstermektedir.

Bununla birlikte Çin modelinin sınırlılıkları da aynı patikanın içinde ortaya çıkmaktadır. Ölçek ekonomileri ve devlet destekli yatırım hızlı kapasite yaratmakta; ancak bazı sektörlerde kapasite fazlası, düşük kârlılık, kaynak israfı ve uluslararası ticaret gerilimleri doğurabilmektedir. Devlet yönlendirmesi yerli teknoloji hedeflerini güçlendirmekte; ancak her destek programı yüksek kaliteli patent, verimli Ar-Ge veya küresel standart belirleme başarısı üretmemektedir. Üretimden öğrenme güçlü bir teknoloji yakalama mekanizmasıdır; fakat en ileri bilimsel paradigmayı üretmek için açık araştırma ekosistemi, yaratıcı bilimsel özgürlük, küresel yetenek çekimi ve radikal yeniliği destekleyen kurumlar da gerekmektedir.

Netice itibarıyla, Çin modeli ABD merkezli teknoloji politikası anlatısına karşı en kapsamlı çağdaş alternatifi oluşturmaktadır. ABD modeli bilimsel araştırma, savunma Ar-Ge'si, patent, risk sermayesi ve girişimcilik üzerinden liderlik üretirken; Çin modeli tarımsal reformla başlayan üretkenlik artışını, kırsal sanayileşmeyi, yerel devlet rekabetini, küresel üretim ölçeğini ve devlet yönlendirmeli kritik teknoloji stratejisini birleştirmektedir. Bu nedenle Çin'in teknoloji yükselişi, yalnızca son dönem patent artışı veya sanayi teşvikleriyle değil, 1978 sonrası birikimli kalkınma patikasının ileri teknolojiye yönlendirilmesiyle açıklanmalıdır.

5.5. Fransa Modeli: Seçici Kamu Stratejisi

Fransa modeli, ABD, Japonya, Almanya, Güney Kore ve Çin deneyimlerinden farklı bir teknoloji politikası çizgisi sunmaktadır. ABD modeli üniversite araştırması, savunma Ar-Ge'si, patent sistemi, risk sermayesi ve girişimcilik ekosistemiyle; Japonya modeli üretimden öğrenme ve kalite disipliniyle; Almanya modeli mühendislik derinliği ve uygulamalı araştırma kurumlarıyla; Güney Kore modeli aktif patent ofisi ve büyük teknoloji firmalarıyla; Çin modeli ise ölçekleme ve devlet yönlendirmesiyle öne çıkmaktadır. Fransa ise teknoloji politikasında **seçici kamu stratejisi, büyük ulusal teknoloji programları, devlet yönlendirmesi, kamu araştırma kurumları, savunma-uzay-nükleer enerji eksenini ve stratejik sektörlerde kamu destekli kapasite inşası** ile ayırt edilmektedir.

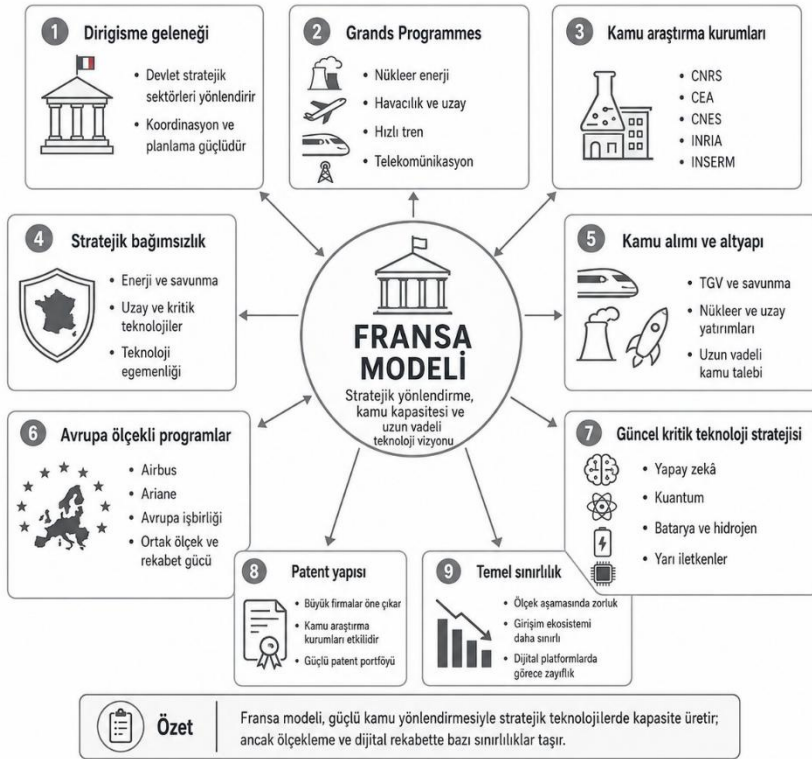
Fransa'nın teknoloji politikası geleneği, çoğu zaman “dirigisme” olarak adlandırılan devlet yönlendiriciliğiyle ilişkilendirilmektedir. Bu yaklaşımda devlet, yalnızca piyasa başarısızlıklarını düzelten sınırlı bir düzenleyici değil; stratejik sektörleri belirleyen, kamu araştırma kurumlarını yönlendiren, büyük teknoloji projelerine kaynak tahsis eden, ulusal şampiyon firmaları destekleyen ve uzun dönemli sanayi-teknoloji hedefleri tanımlayan aktif bir aktör olarak çalışmaktadır. Zysman, Fransa'yı kredi, devlet ve sanayi arasındaki ilişkiler üzerinden güçlü kamu yönlendirmesi geleneğine sahip ülkelerden biri olarak değerlendirmektedir (Zysman, 1983). Hall da Fransa'da devletin ekonomik ve teknolojik modernleşme sürecinde merkezi rol üstlendiğini göstermektedir (Hall, 1986).

Fransa modelinin tarihsel olarak en dikkat çekici yönlerinden biri, **grands programmes** olarak bilinen büyük kamu teknoloji programlarıdır. Nükleer enerji, havacılık, uzay, hızlı tren, telekomünikasyon, savunma teknolojileri ve kamu altyapıları bu

modelin öne çıkan alanlarıdır. Bu programlar, yalnızca teknik proje değil, aynı zamanda sanayi kapasitesi, kamu alımı, mühendislik eğitimi, ulusal laboratuvarlar, kamu şirketleri ve stratejik planlama araçlarıyla birlikte yürütülen teknoloji politikası örnekleridir. Cohen'in Fransız sanayi politikası üzerine değerlendirmeleri, devletin belirli sektörlerde planlama, finansman, kamu alımı ve firma koordinasyonu aracılığıyla teknoloji kapasitesi geliştirmeye çalıştığını göstermektedir (Cohen, 1977). Chesnais de Fransa ulusal yenilik sisteminin kamu araştırma kurumları, büyük firmalar ve devlet yönlendirmesi etrafında şekillendiğini belirtmektedir (Chesnais, 1993).

Şekil 19 : Fransa Modeli

Seçici kamu stratejisi, büyük teknoloji programları ve ölçekleme sorunu

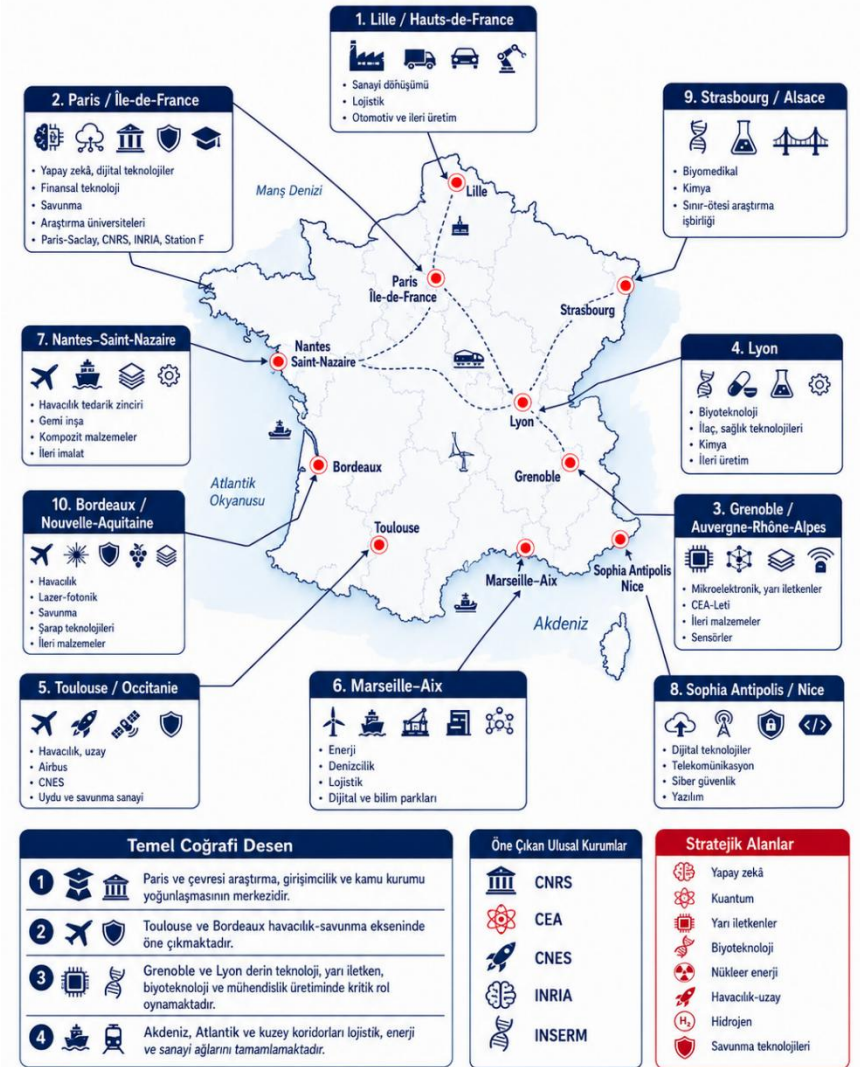


Kaynak: Yazarın çalışması.

Nükleer enerji Fransa modelinin en güçlü örneklerinden biridir. Fransa, 1970’lerden itibaren enerji arz güvenliği, sanayi kapasitesi ve teknolojik bağımsızlık hedefleri doğrultusunda nükleer enerjiye büyük ölçekli yatırım yapmıştır. Commissariat à l’énergie atomique, yani CEA, bu süreçte yalnızca araştırma kurumu değil, nükleer teknoloji kapasitesinin kurumsal taşıyıcısı olarak çalışmıştır. Hecht, Fransa’nın nükleer programını yalnızca enerji politikası olarak değil, ulusal modernleşme, mühendislik kapasitesi ve teknoloji egemenliği anlatısının parçası olarak değerlendirmektedir (Hecht, 1998). Bu örnek, Fransa’da teknoloji politikasının çoğu zaman stratejik bağımsızlık ve ulusal kapasite inşasıyla birlikte düşünüldüğünü göstermektedir.

Uzay ve havacılık alanı da Fransa modelinin ayırt edici bileşenlerinden biridir. Centre national d’études spatiales, yani CNES, Fransa’nın uzay teknolojileri kapasitesinin kurumsal merkezlerinden biri olarak çalışmıştır. Airbus ve Ariane programları ise Fransa’nın ulusal kapasitesinin Avrupa işbirliğiyle nasıl birleştirilebildiğini göstermektedir. Bu programlar, Fransa’nın teknoloji politikasında iki katmanlı bir yapı bulunduğunu ortaya koymaktadır: Bir yandan ulusal kamu stratejisi ve mühendislik kapasitesi; diğer yandan Avrupa ölçeğinde ortak teknoloji programları. Airbus ve Ariane örnekleri, Fransa’nın yalnızca ulusal teknoloji kapasitesiyle değil, Avrupa sanayi ve teknoloji mimarisi içinde liderlik arayışıyla da hareket ettiğini göstermektedir.

Şekil 20 : Fransa Sanayi ve Teknoloji Coğrafyası



Kaynak: Yazarın çalışması.

Fransa'nın yüksek hızlı tren, telekomünikasyon ve dijital kamu altyapısı deneyimleri de benzer bir politika yaklaşımı taşımaktadır. TGV, yalnızca bir ulaşım projesi değil, mühendislik,

kamu alımı, altyapı, sanayi firmaları ve ulusal modernleşme hedeflerinin birleştiği bir teknoloji programıdır. Minitel deneyimi ise erken dijital ağ hizmetleri bakımından Fransa'nın kamu yönlendirmeli teknolojik yenilik kapasitesini göstermektedir. Ancak Minitel aynı zamanda Fransa modelinin sınırlılıklarını da yansıtmaktadır. Kamu öncülüğünde başarılı bir ulusal dijital sistem kurulabilmiş; fakat bu sistem daha sonra internetin açık, küresel ve özel sektör merkezli platform dinamiği karşısında ölçeklenebilir küresel avantaja dönüşmemiştir. Bu örnek, kamu stratejisinin teknoloji geliştirmede güçlü olabileceğini; ancak açık standartlar, küresel platformlar, girişimcilik ve özel sektör ölçekleme kapasitesiyle desteklenmediğinde sınırlanabileceğini göstermektedir.

Fransa modelinin güçlü yönlerinden biri, kamu araştırma kurumlarıdır. CNRS, CEA, CNES, INRIA, INSERM ve benzeri kurumlar, temel bilim, nükleer enerji, uzay, bilgisayar bilimleri, sağlık araştırmaları ve mühendislik alanlarında uzun dönemli bilgi üretimi sağlamaktadır. Bu yapı, Bush'un bilimsel sermaye yaklaşımıyla belirli ölçüde örtüşmektedir. Ancak Fransa'da bilimsel araştırma, ABD'deki kadar dağınık üniversite-girişim-risk sermayesi ekosistemi içinde değil, daha merkezi, kamu kurumu ağırlıklı ve seçici stratejik programlarla bağlantılı bir yapı içinde gelişmiştir. Bu durum, Fransa'ya güçlü kamu araştırma kapasitesi sağlamakta; ancak üniversite buluşlarının hızlı girişimleşmesi ve özel sermaye ile küresel ölçeklenmesi açısından bazı sınırlılıklar yaratabilmektedir.

Fransa'nın güncel teknoloji politikası, bu tarihsel seçici kamu stratejisi geleneğini yapay zekâ, kuantum, biyoteknoloji, uzay, savunma, yeşil enerji ve yarı iletkenler gibi kritik alanlara uyarlamaya çalışmaktadır. Villani Raporu, Fransa'nın yapay zekâ stratejisinde veri, araştırma, yetenek, etik, kamu hizmetleri ve stratejik sektörler etrafında bir politika çerçevesi önermiştir (Villani,

2018). France 2030 programı ise sanayi ve teknoloji dönüşümünde batarya, hidrojen, nükleer, havacılık, uzay, biyoteknoloji, yapay zekâ, kültürel ve yaratıcı endüstriler gibi alanlara kamu destekli uzun dönemli yatırım yaklaşımını temsil etmektedir (République française, 2021). Bu programlar, Fransa'nın teknoloji politikasında seçici kamu stratejisi geleneğinin günümüzde de devam ettiğini göstermektedir.

Harvard Critical and Emerging Technologies Index ülke raporları da Fransa'nın yapay zekâ, kuantum ve uzay gibi alanlarda Avrupa içinde güçlü bir konuma sahip olduğunu; ancak geç aşama finansman, hesaplama kapasitesi, veri merkezi altyapısı, yarı iletken üretimi ve ölçekleme alanlarında güçlendirmeye ihtiyaç duyduğunu ortaya koymaktadır (Rosenbach et al., 2025a, 2025b). Bu tespit, Fransa modelinin ana gerilimini açık biçimde göstermektedir: Kamu stratejisi, mühendislik kabiliyeti ve araştırma kapasitesi güçlüdür; ancak ABD tipi risk sermayesi, hızlı girişim ölçekleme, büyük dijital platformlar ve küresel pazar hâkimiyeti alanlarında sınırlılıklar devam etmektedir.

Fransa modelinin patent politikası açısından anlamı da bu çerçevede değerlendirilmelidir. Fransa güçlü kamu araştırma kurumlarına, büyük firmalara ve stratejik teknoloji alanlarına sahip olmakla birlikte, patentlerin geniş bir girişimcilik ekosistemi içinde hızlı ticarileşmesi konusunda ABD kadar dinamik değildir. Patentler daha çok büyük firmalar, kamu araştırma kurumları, savunma, uzay, nükleer, ulaşım, biyomedikal ve mühendislik alanlarındaki kurumsal Ar-Ge kapasitesiyle ilişkilidir. Bu nedenle Fransa modeli, patentin kamu stratejisi ve büyük teknoloji programları içindeki rolünü göstermektedir; ancak patentten hızlı girişim ölçeklemeye geçişte ABD modeline kıyasla daha sınırlı bir yapı sunmaktadır.

Fransa deneyimi, teknoloji politikasında kamu stratejisinin güçlü ve zayıf yanlarını birlikte göstermektedir. Güçlü yan, devletin

kritik alanlarda uzun dönemli hedef koyabilmesi, kamu araştırma kurumlarını yönlendirebilmesi, büyük mühendislik projeleri yürütebilmesi ve stratejik bağımsızlık hedefiyle teknoloji kapasitesi inşa edebilmesidir. Zayıf yan ise teknoloji geliştirme sürecinin, girişimcilik, özel sermaye, açık platformlar, hızlı ölçekleme ve küresel pazar dinamikleriyle yeterince birleşmediği durumlarda sınırlı kalabilmesidir. Dolayısıyla Fransa modeli, devletin teknoloji politikası için vazgeçilmez bir aktör olduğunu; ancak kamu stratejisinin ölçekleme finansmanı, ticarileştirme, girişim ekosistemi ve özel sektör dinamizmiyle tamamlanması gerektiğini göstermektedir. Fransa teknoloji politikası modelinin temel bileşenleri aşağıdaki tabloda özetlenmektedir.

Tablo 28 : Fransa Teknoloji Politikası Modelinin Temel Bileşenleri

Bileşen	Temel Özellik	Teknoloji Politikası Açısından Önemi
Dirigisme geleneği	Devletin stratejik sektörlerde yönlendirici ve koordinatör rol üstlenmesi	Teknoloji politikası piyasa sinyallerine bırakılmamakta, kamu stratejisiyle yönlendirilmektedir
Grands programmes	Nükleer enerji, uzay, havacılık, hızlı tren ve telekomünikasyon gibi büyük kamu teknoloji programları	Büyük mühendislik projeleri sanayi kapasitesi ve kamu alımıyla birlikte yürütülmektedir
Kamu araştırma kurumları	CNRS, CEA, CNES, INRIA, INSERM gibi güçlü kurumlar	Bilimsel sermaye ve stratejik teknoloji bilgisi kamu araştırma altyapısıyla üretilmektedir
Stratejik bağımsızlık	Enerji, savunma, uzay ve kritik teknolojilerde dışa bağımlılığı azaltma hedefi	Teknoloji politikası ulusal kapasite ve stratejik otonomiyle ilişkilendirilmektedir
Avrupa ölçekli programlar	Airbus, Ariane ve AB teknoloji girişimleri	Ulusal kapasite Avrupa işbirliğiyle ölçeklendirilmektedir
Kamu alımı ve altyapı	TGV, savunma, nükleer ve uzay programlarında devlet talebi	İlk pazar ve sistem entegrasyonu kamu eliyle desteklenmektedir
Güncel kritik teknoloji stratejisi	AI, kuantum, hidrojen, batarya, biyoteknoloji ve France 2030	Seçici kamu stratejisi yeni teknoloji alanlarına uyarlanmaktadır

Patent yapısı	Kamu araştırma kurumları ve büyük firmalar etrafında güçlü patent kapasitesi	Patentler kamu stratejisi ve büyük programlarla bağlantılıdır
Sınırlılık	Geç aşama finansman, girişim ölçekleme, yarı iletken ve dijital platform alanlarında zayıflıklar	Kamu stratejisi özel sermaye, platform ve ölçekleme mekanizmalarıyla tamamlanmalıdır

Kaynak: Yazarın çalışması.

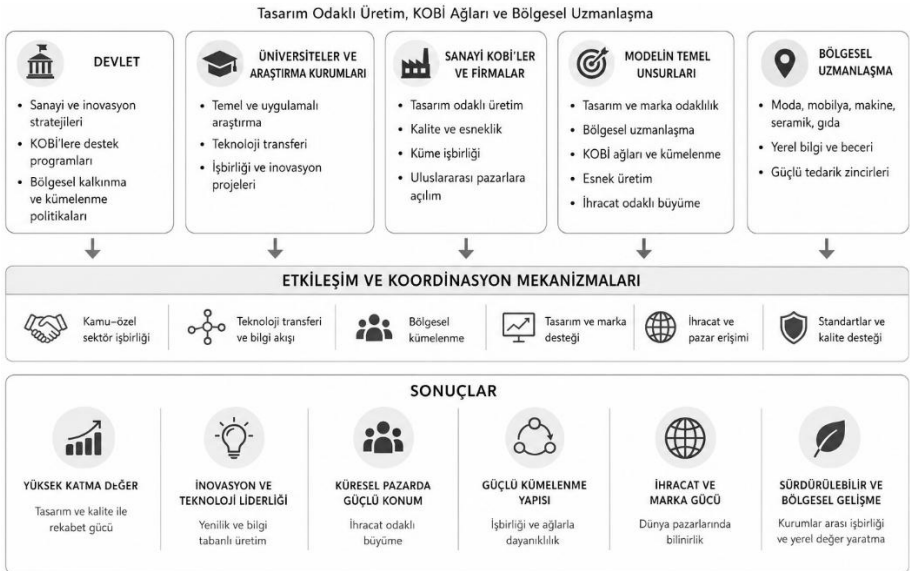
Netice itibarıyla, Fransa modeli teknoloji politikasında seçici kamu stratejisinin gücünü ve sınırlarını göstermektedir. Fransa, nükleer enerji, uzay, havacılık, hızlı tren ve savunma gibi alanlarda kamu yönlendirmeli büyük teknoloji programlarıyla güçlü kapasite oluşturmuştur. Günümüzde bu geleneği yapay zekâ, kuantum, biyoteknoloji, hidrojen, batarya ve yarı iletken gibi kritik teknoloji alanlarına taşımaya çalışmaktadır. Bununla birlikte küresel teknoloji rekabetinde başarılı olmak için kamu stratejisinin yalnızca araştırma ve büyük proje düzeyinde kalmaması; patentlerin ticarileştirilmesi, girişimlerin ölçeklenmesi, özel sermayenin mobilize edilmesi, hesaplama altyapısının güçlendirilmesi ve Avrupa ölçeğinde teknoloji pazarlarının derinleştirilmesi gerekmektedir.

Fransa deneyimi, ABD merkezli teknoloji politikası anlatısına önemli bir tamamlayıcı perspektif sunmaktadır. ABD modeli bilimsel araştırma, risk sermayesi, girişimcilik ve görev odaklı kurumlarla güçlü bir ekosistem yaratırken; Fransa modeli kamu stratejisi, büyük teknoloji programları, stratejik bağımsızlık ve mühendislik kapasitesiyle öne çıkmaktadır. Bu nedenle Fransa, özellikle kritik teknolojilerde kamu yönlendirmesinin ve stratejik programların önemini göstermekte; ancak bu yönlendirmenin özel sektör ölçekleme kapasitesiyle desteklenmesi gerektiğini de ortaya koymaktadır.

5.6. İtalya Modeli: Sanayi Bölgeleri ve Tasarım-Üretim Yeteneği

İtalya modeli, ABD, Japonya, Almanya, Güney Kore, Çin ve Fransa deneyimlerinden farklı bir teknoloji politikası yapısı sunmaktadır. ABD modeli bilimsel araştırma, savunma Ar-Ge'si, patent sistemi, risk sermayesi ve girişimcilik ekosistemiyle; Japonya modeli üretimden öğrenme ve kalite disipliniyle; Almanya modeli mühendislik, Mittelstand ve uygulamalı araştırma kurumlarıyla; Güney Kore modeli aktif patent ofisi ve büyük teknoloji firmalarıyla; Çin modeli ölçekleme ve devlet yönlendirmesiyle; Fransa modeli ise seçici kamu stratejisi ve büyük teknoloji programlarıyla öne çıkmaktadır. İtalya ise daha çok **sanayi bölgeleri, KOBİ tabanı, tasarım ve üretim becerisi, esnek uzmanlaşma, mekanik, moda, gıda, mobilya, otomasyon, makine ve ileri niş imalat** kapasitesiyle ayırt edilmektedir.

Şekil 21 : İtalya Modeli



Kaynak: Yazarın çalışması.

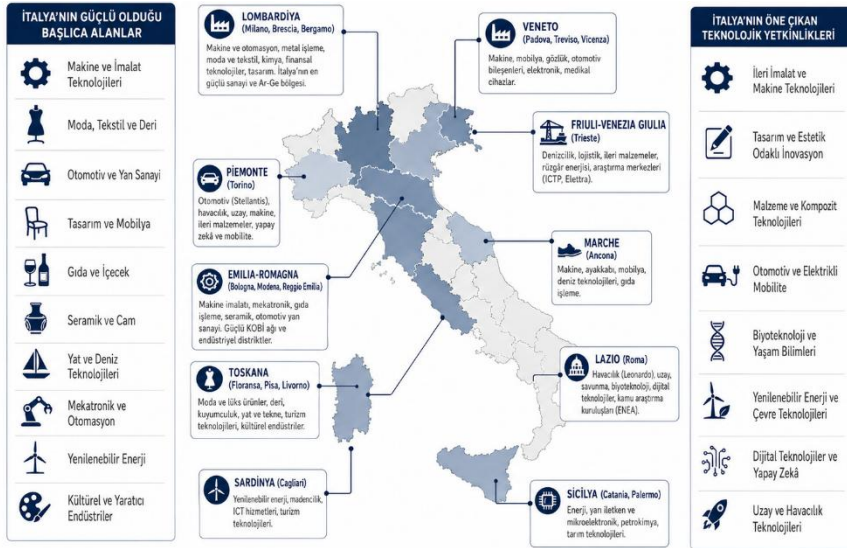
İtalya'nın teknoloji politikası deneyimi, büyük ölçekli merkezi teknoloji programlarından çok, bölgesel sanayi yoğunlaşmaları ve uzmanlaşmış KOBİ ağları üzerinden gelişmiştir. "Üçüncü İtalya" olarak adlandırılan sanayi bölgeleri literatürü, İtalya'nın özellikle Kuzey ve Orta bölgelerinde küçük ve orta ölçekli firmaların belirli ürün gruplarında uzmanlaşarak uluslararası rekabet gücü kazanabildiğini göstermektedir. Becattini, İtalyan sanayi bölgelerini yalnızca coğrafi firma kümeleri olarak değil, üretim kültürü, yerel bilgi, zanaatkârlık, uzmanlaşmış işgücü, tedarikçi ilişkileri ve sosyal sermayenin birlikte çalıştığı yerel üretim sistemleri olarak değerlendirmektedir (Becattini, 1990). Brusco da Emilia-Romagna gibi bölgelerde küçük firmaların esnek üretim, uzmanlaşma ve yerel kurumsal destekler sayesinde rekabet avantajı elde ettiğini göstermektedir (Brusco, 1982).

Bu yapı, teknoloji politikası açısından önemli bir ders sunmaktadır. Teknolojik kapasite her zaman büyük ulusal programlar veya dev teknoloji firmaları üzerinden oluşmamaktadır. Bazı ülkelerde teknoloji kapasitesi, belirli bölgelerde yoğunlaşmış KOBİ ağları, yerel beceri birikimi, müşteri odaklı üretim, esnek uzmanlaşma ve küçük ölçekli fakat derin teknik bilgiye sahip firmalar üzerinden gelişebilmektedir. Piore ve Sabel'in esnek uzmanlaşma yaklaşımı, kitlesel üretim modeline karşı daha esnek, müşteri ihtiyaçlarına yakın, ürün çeşitliliğine uyum sağlayabilen ve uzmanlaşmış firma ağlarına dayalı bir üretim modelinin mümkün olduğunu göstermektedir (Piore & Sabel, 1984). İtalya modeli, bu yaklaşımın tarihsel ve kurumsal örneklerinden biridir.

İtalya'nın sanayi gücü özellikle makine imalatı, moda ve tekstil, mobilya, seramik, gıda işleme makineleri, ambalaj makineleri, otomasyon, lüks tüketim ürünleri, tasarım ve mekanik uzmanlaşma alanlarında yoğunlaşmaktadır. Bu alanlarda rekabet avantajı çoğu zaman radikal bilimsel buluşlardan çok, tasarım yeteneği, üretim esnekliği, müşteriyle yakın ilişki, süreç bilgisi,

malzeme bilgisi, zanaatkârlık ve kalite algısıyla ilişkilidir. Bu nedenle İtalya modelinde patent sistemi, bazı yüksek teknoloji alanlarında olduğu kadar, tasarım, marka, faydalı model, endüstriyel tasarım ve süreç yenilikleriyle de birlikte düşünülmelidir. İtalyan sanayi mirası, fikri mülkiyetin yalnızca patentten ibaret olmadığını; marka, tasarım, coğrafi işaret, know-how ve üretim kültürünün de rekabet avantajı ürettiğini göstermektedir.

Şekil 22 : İtalya Sanayi ve Teknoloji Coğrafyası



Kaynak: Yazarın çalışması.

Bununla birlikte İtalya modelinin temel sorunu, güçlü sanayi ve tasarım mirasını yeni nesil kritik teknolojilerde yeterince hızlı ölçekleyememesidir. İtalya, KOBİ tabanı ve niş üretim alanlarında güçlü olmakla birlikte, yapay zekâ, yarı iletkenler, kuantum, biyoteknoloji, derin teknoloji girişimleri, ileri dijital platformlar ve yüksek riskli teknoloji finansmanı alanlarında ABD, Çin, Güney Kore ve bazı Avrupa ülkeleri kadar güçlü bir ölçekleme kapasitesi oluşturmamaktadır. Bu durum, sanayi mirasının tek başına kritik teknoloji liderliği için yeterli olmadığını göstermektedir. Sanayi

tabanı, laboratuvarıdan pazara geçiş mekanizmaları, girişim sermayesi, teknoloji transferi, kamu alımı ve ölçekleme finansmanııla desteklenmediğinde ileri teknoloji rekabetinde sınırlı kalmaktadır.

İtalya'nın teknoloji politikasında son yıllarda bu sınırlılıkları aşmaya yönelik çeşitli araçlar geliştirilmiştir. "Industria 4.0" ve daha sonra "Transizione 4.0" ereveleri, firmaların dijitalleşme, otomasyon, robotik, veri analitiği, sensör teknolojileri ve üretim süreçlerinde modernleşme yatırımlarını desteklemeyi hedeflemiştir. Bu politikalar, İtalya'nın güçlü KOBİ ve imalat tabanını dijital üretim teknolojileriyle yenilemeyi amaçlamaktadır. Bu yönüyle İtalya'nın yeni teknoloji politikası, klasik sanayi bölgelerini ve KOBİ retim sistemini yapay zekâ, robotik, nesnelerin interneti, ileri otomasyon ve dijital üretim altyapısııla bütünleştirme arayışı olarak okunabilir.

Ancak bu tür programların etkisi, yalnızca yatırım teşvikleriyle sınırlı kalmamalıdır. KOBİ'lerin ileri teknolojileri kullanabilmesi için teknik danışmanlık, test altyapısı, dijital yetkinlik, veri yönetimi, siber güvenlik, patent stratejisi, teknoloji finansmanı ve niversite-sanayi işbirliği gerekmektedir. Bu nedenle İtalya modelinde en kritik meselelerden biri, güçlü üretim tabanını ileri teknoloji kapasiteleriyle bağlayacak ara kurumların güçlendirilmesidir. Kompetans merkezleri, dijital inovasyon merkezleri, teknoloji transfer mekanizmaları, niversite araştırma merkezleri ve kamu destekli girişim sermayesi araçları bu boşluğu doldurmak için önem taşımaktadır.

İtalya'nın araştırma altyapısı da tamamen zayıf değildir. CNR, ENEA, İtalyan Teknoloji Enstitüsü, niversiteler, uzay ajansı, savunma ve havacılık firmaları, biyomedikal araştırma merkezleri ve otomasyon alanındaki firmalar belirli alanlarda güçlü bilgi kapasitesi üretmektedir. Leonardo gibi büyük firmalar savunma, havacılık,

uzay, elektronik ve güvenlik teknolojilerinde önemli bir kurumsal kapasiteye sahiptir. İtalya ayrıca Avrupa Uzay Ajansı, Avrupa Birliği araştırma programları ve Avrupa teknoloji ekosistemi içinde de rol oynamaktadır. Ancak sorun, bu araştırma ve sanayi kapasitesinin bütün ülke ölçeğinde hızlı büyüyen teknoloji firmalarına, yüksek değerli patent portföylerine ve küresel kritik teknoloji liderliğine dönüşmesinde ortaya çıkmaktadır.

Harvard Critical and Emerging Technologies Index ülke raporları da İtalya'nın kritik teknolojilerde orta düzey bir konuma sahip olduğunu; özellikle laboratuvarlardan pazara geçiş, özel sermaye mobilizasyonu, stratejik altyapı, derin teknoloji girişimlerinin ölçeklenmesi ve kurumsal koordinasyon alanlarında daha güçlü mekanizmalara ihtiyaç duyduğunu göstermektedir (Rosenbach et al., 2025a, 2025b). Bu raporlarda İtalya için Almanya'daki SPRIND veya ABD'deki Defense Innovation Unit benzeri, çift kullanımlı ve yükselen teknolojilere odaklanan özel kurumsal mekanizmaların değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Bu öneri, İtalya modelinin temel ihtiyacını açık biçimde göstermektedir: Mevcut sanayi mirasını ve araştırma kapasitesini kritik teknoloji ticarileştirmesine bağlayacak görev odaklı, esnek ve ölçekleme odaklı kurumlara ihtiyaç bulunmaktadır.

İtalya modelinin patent politikası açısından anlamı da bu çerçevede değerlendirilmelidir. İtalya'da patent kapasitesi, büyük ölçüde sanayi, makine, otomasyon, tasarım, mekanik ve belirli niş üretim alanlarında yoğunlaşmaktadır. Ancak kritik teknoloji alanlarında yalnızca başvuru sayısını artırmak yeterli değildir. KOBİ'lerin patent yazım kapasitesi, patent araştırması, patent değerlendirme, lisanslama, uluslararası başvuru stratejisi, EPO/PCT başvuruları, marka ve tasarım portföyleri, teknoloji transferi ve IP teminatlı finansman mekanizmaları birlikte güçlendirilmelidir. Çünkü İtalya gibi KOBİ yoğun ekonomilerde fikri mülkiyet stratejisi, yalnızca büyük firmalara değil, küçük ve orta ölçekli

firmaların uluslararası pazarda korunmasına ve teknolojik konumlanmasına da hizmet etmelidir.

İtalya deneyimi, Türkiye gibi KOBİ tabanı güçlü, sanayi bölgeleri ve organize üretim alanları bulunan ülkeler açısından da önemli dersler içermektedir. Birincisi, bölgesel üretim kümeleri teknoloji politikası için önemli bir başlangıç zemini olabilir. İkincisi, tasarım, marka, üretim becerisi ve kalite algısı, patent politikasıyla birlikte ele alındığında rekabet avantajı üretebilir. Üçüncüsü, KOBİ tabanı güçlü ülkelerde laboratuvarlardan pazara geçiş için özel teknoloji ara kurumlarına ihtiyaç bulunmaktadır. Dördüncüsü, kritik teknolojilerde rekabet edebilmek için geleneksel sanayi kapasitesinin dijitalleşme, otomasyon, yapay zekâ, ileri malzeme, biyoteknoloji ve enerji teknolojileriyle bağlanması gerekmektedir. İtalya teknoloji politikası modelinin temel bileşenleri aşağıdaki tabloda özetlenmektedir.

Tablo 29 : İtalya Teknoloji Politikası Modelinin Temel Bileşenleri

Bileşen	Temel Özellik	Teknoloji Politikası Açısından Önemi
Sanayi bölgeleri	Yerel üretim kültürü, uzmanlaşmış KOBİ ağları ve bölgesel beceri birikimi	Teknolojik kapasite bölgesel üretim sistemleri içinde gelişebilmektedir
Esnek uzmanlaşma	Küçük ve orta ölçekli firmaların niş alanlarda hızlı uyum sağlayabilmesi	Kitlesel üretim dışındaki rekabet modelleri için güçlü bir alternatif sunmaktadır
Tasarım ve marka gücü	Moda, mobilya, lüks ürünler, endüstriyel tasarım ve gıda alanlarında güçlü rekabet	Fikri mülkiyet politikası patent, marka, tasarım ve coğrafi işaretleri birlikte ele almalıdır
Makine ve otomasyon kapasitesi	Ambalaj, gıda işleme, mekanik ekipman ve otomasyon alanlarında uzmanlaşma	Süreç yeniliği ve üretim teknolojileri patent stratejisinin önemli parçasıdır
KOBİ tabanı	Ekonominin büyük bölümü küçük ve orta ölçekli firmalara dayanmaktadır	Patent ve teknoloji destekleri KOBİ erişimine uygun tasarlanmalıdır
Araştırma kurumları	CNR, ENEA, IIT, üniversiteler, uzay ve savunma araştırma yapıları	Bilimsel kapasite bulunmaktadır; ancak ticarileştirme bağlantısı güçlendirilmelidir

Industria 4.0 / Transizione 4.0	Dijital üretim, otomasyon, robotik ve veri teknolojilerine geçiş destekleri	Geleneksel sanayi tabanını ileri imalat ve dijitalleşmeyle yenilemeyi hedeflemektedir
Lab-to-market sorunu	Araştırma ve sanayi kapasitesinin hızlı teknoloji girişimlerine dönüşmesinde sınırlılık	Teknoloji transferi, girişim sermayesi ve ölçekleme kurumları gerekmektedir
Sınırlılık	Kritik teknolojilerde geç aşama finansman, derin teknoloji ölçekleme ve kurumsal koordinasyon eksikliği	Sanayi mirası, görev odaklı teknoloji kurumları ve özel sermaye ile tamamlanmalıdır

Kaynak: Yazarın çalışması.

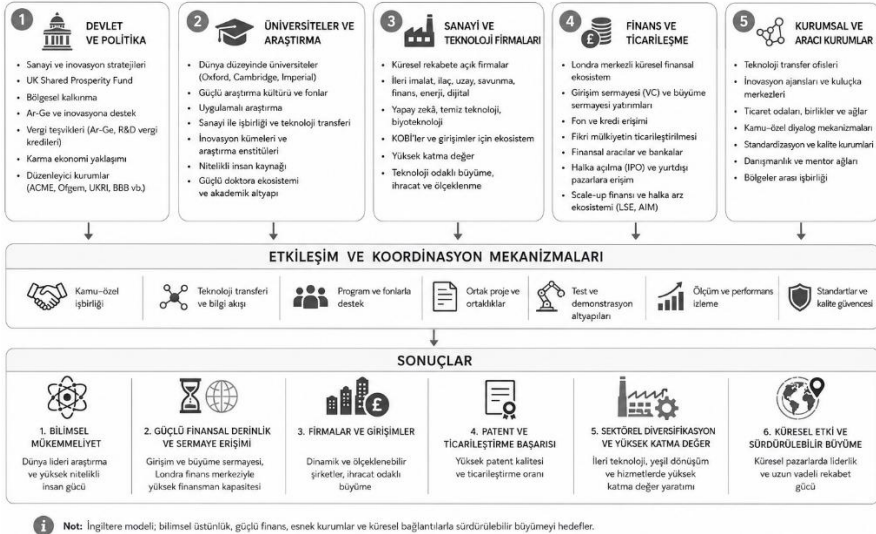
İtalya modeli, teknoloji politikası açısından iki yönlü bir ders sunmaktadır. Bir yandan güçlü KOBİ tabanı, sanayi bölgeleri, esnek uzmanlaşma, tasarım ve üretim becerisi, küresel rekabette kalıcı avantajlar yaratabilmektedir. Diğer yandan bu avantajlar, kritik teknoloji çağında tek başına yeterli olmamaktadır. Yapay zekâ, biyoteknoloji, yarı iletkenler, kuantum, enerji teknolojileri ve ileri imalat gibi alanlarda rekabet etmek için daha güçlü araştırma-ticarileştirme bağlantıları, ölçekleme finansmanı, kamu alımı, patent portföyü yönetimi ve derin teknoloji kurumları gerekmektedir.

Netice itibarıyla, İtalya modeli ABD merkezli teknoloji politikası anlatısına KOBİ, sanayi bölgesi, tasarım ve esnek uzmanlaşma perspektifi eklemektedir. ABD'nin girişim sermayesi ve üniversite merkezli modeli, Almanya'nın mühendislik ve uygulamalı araştırma modeli, Japonya'nın üretimden öğrenme modeli, Kore'nin aktif patent ofisi modeli, Çin'in ölçekleme modeli ve Fransa'nın seçici kamu stratejisi yanında İtalya, yerel sanayi dokusunun ve KOBİ ağlarının teknoloji kapasitesi üretimindeki rolünü göstermektedir. Ancak kritik teknoloji rekabeti, İtalya'nın bu sanayi mirasını daha güçlü laboratuvarlardan pazara geçiş kurumları, patent ticarileştirme mekanizmaları ve ölçekleme finansmanı ile tamamlamasını gerektirmektedir.

İngiltere Modeli: Bilimsel Üstünlük ve Finansal Derinlik

İngiltere modeli, teknoloji politikası tarihinde özel bir konuma sahiptir. Erken Sanayi Devrimi'nin merkezi olan İngiltere; buhar makinesi, tekstil makineleri, kömür, demiryolu, demir-çelik, makine imalatı ve fabrika sistemiyle modern sanayi kapitalizminin ilk büyük teknoloji üstünlüğünü kurmuştur. Ancak 20. yüzyılda ABD ve Almanya'nın bilim-temelli kurumsal Ar-Ge, elektrik, kimya, otomotiv, büyük ölçekli sanayi organizasyonu ve savunma odaklı teknoloji geliştirme alanlarında yükselmesiyle birlikte İngiltere'nin ilk sanayi devriminden gelen öncü konumu kademeli olarak zayıflamıştır. Bu nedenle İngiltere modeli, teknoloji politikası açısından iki katmanlı bir yapı sunmaktadır: Bir yanda çok güçlü bilimsel araştırma, üniversite ve finans sistemi; diğer yanda sanayi ölçekleme, ileri imalat, laboratuvarlardan pazara geçiş ve bilimsel bilginin üretim kapasitesine dönüşmesi alanlarında tarihsel olarak tekrar eden sınırlılıklar bulunmaktadır.

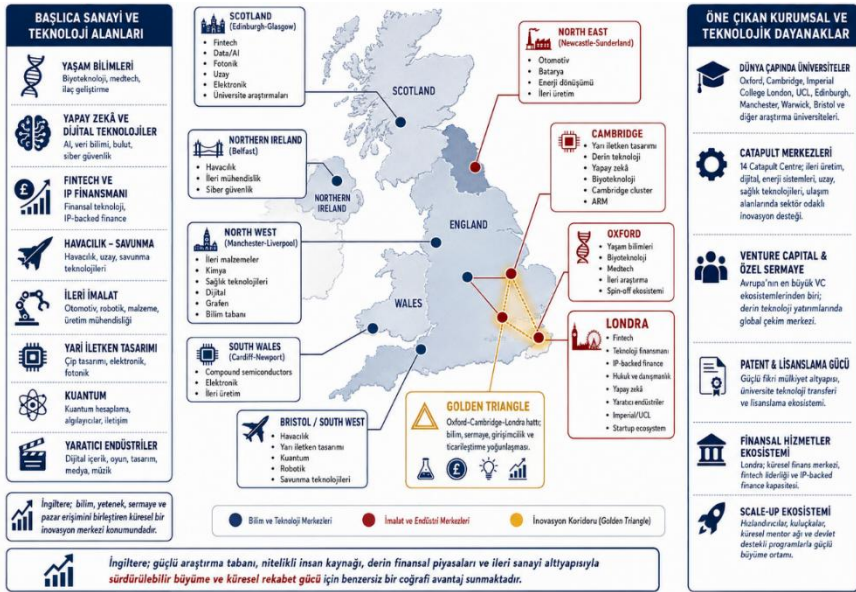
Şekil 23 : İngiltere Modeli



Kaynak: Yazarın çalışması.

İngiltere'nin en güçlü yönü bilimsel araştırma ve üniversite kapasitesidir. Oxford, Cambridge, Imperial College London, University College London, Manchester, Edinburgh ve benzeri üniversiteler, İngiltere'yi küresel bilimsel bilgi üretiminde güçlü bir konuma yerleştirmektedir. İngiltere'nin bilimsel üstünlüğü yalnızca üniversite sıralamalarıyla değil, temel bilim, biyomedikal araştırma, yaşam bilimleri, yapay zekâ, matematik, malzeme bilimi, iklim araştırmaları, mühendislik ve sosyal bilimler alanlarındaki bilgi üretimiyle de ilişkilidir. Bu yapı, V. Bush'un bilimsel sermaye kavramıyla uyumlu biçimde, uzun dönemli teknoloji kapasitesinin temel araştırma ve nitelikli insan kaynağı üzerinden kurulduğunu göstermektedir (Bush, 1945/2020; Edgerton, 2006).

Şekil 24 : İngiltere Sanayi ve Teknoloji Coğrafyası



Kaynak: Yazarın çalışması.

Bununla birlikte İngiltere modelinin tarihsel gerilimini anlamak için C. P. Snow'un *The Two Cultures* çalışması özel önem taşımaktadır. Snow, İngiliz entelektüel hayatında bilimsel kültür ile

edebî-beşerî kültür arasındaki kopukluğun yalnızca akademik bir ayırım olmadığını; modern sanayi toplumunun sorunlarını anlama, teknoloji üretme ve ekonomik modernleşmeyi yönetme kapasitesini de etkilediğini savunmaktadır (Snow, 1959). Bu yaklaşım, İngiltere'nin teknoloji politikası açısından önemli bir açıklama sunmaktadır. **İngiltere, çok güçlü üniversitelere, temel bilim geleneğine, finansal derinliğe ve entelektüel üretim kapasitesine sahip olmasına rağmen, bilimsel bilginin mühendislik, üretim, sanayi ölçekleme ve ticarileştirme kanallarıyla her zaman yeterince bütünleşememesi nedeniyle ABD ve Almanya karşısında belirli dönemlerde sanayi-teknoloji liderliğini korumakta zorlanmıştır.** Bu nedenle İngiltere modeli, yalnızca güçlü bilimsel sermaye örneği olarak değil, bilimsel bilgi ile sanayi uygulaması arasındaki kurumsal bağlantının zayıflaması halinde teknoloji liderliğinin sürdürülemeyeceğini gösteren tarihsel bir örnek olarak da okunmalıdır.

İngiltere modelinin ikinci güçlü unsuru finansal derinliktir. Londra merkezli finansal ekosistem; girişim sermayesi, özel sermaye, sermaye piyasaları, danışmanlık, hukuk ve fikri mülkiyet hizmetleri açısından önemli bir altyapı sunmaktadır. Bu durum özellikle fintech, yapay zekâ, yazılım, biyoteknoloji, yaratıcı endüstriler ve dijital hizmetler gibi alanlarda teknoloji girişimlerinin gelişmesini desteklemektedir. Ancak bu finansal derinlik her zaman üretim ölçekleme ve ileri imalat yatırımlarına aynı ölçüde yansımamaktadır. İngiltere'nin teknoloji politikası tartışmalarında uzun süredir görülen temel sorunlardan biri, güçlü bilimsel araştırma tabanının küresel ölçekli sanayi ve üretim kapasitesine dönüşmesinde yaşanan “scale-up” açığıdır.

Bu çerçevede İngiltere teknoloji politikası literatüründe “valley of death” ve “scale-up gap” kavramları özel önem taşımaktadır. Üniversitelerde veya araştırma kurumlarında geliştirilen teknolojiler patentlenebilmekte; ancak prototip, test,

demonstrasyon, üretim yatırımı, ilk müşteri, geç aşama finansman ve küresel üretim kapasitesi aşamalarında zorluk yaşayabilmektedir. Bu soruna cevap olarak İngiltere’de Catapult Network modeli geliştirilmiştir. Catapult merkezleri, araştırma ile sanayi arasında ara yüz oluşturarak teknoloji geliştirme, test, demonstrasyon, prototipleme ve ticarileştirme süreçlerini desteklemeyi amaçlamaktadır. Hauser’ın teknoloji ve inovasyon merkezlerine ilişkin değerlendirmesi, İngiltere’de araştırma tabanı ile sanayi uygulaması arasında güçlü ara kurumlara ihtiyaç bulunduğunu ve Catapult benzeri merkezlerin bu boşluğu azaltmak üzere tasarlanması gerektiğini ortaya koymaktadır (Hauser, 2010).

Catapult modeli, Almanya’daki Fraunhofer yapısına benzer biçimde, üniversite araştırması ile sanayi uygulaması arasındaki boşluğu azaltmaya dönük bir ara kurum mekanizmasıdır. Ancak İngiltere’nin Catapult modeli, Almanya’daki kadar uzun tarihsel sanayi köklerine sahip değildir. Buna rağmen High Value Manufacturing Catapult gibi yapılar, ileri imalat fikirlerinin ticarileştirilmesi, üretim süreçlerinin dönüştürülmesi ve firmaların küresel pazarlarda rekabet edebilmesi için teknoloji ve uzmanlık sunmayı hedeflemektedir. Bu yapı, İngiltere modelinde bilimsel araştırma gücünün üretim ve ticarileştirme kapasitesiyle daha güçlü bağlanması ihtiyacından doğmaktadır.

İngiltere’nin güncel teknoloji politikası, bilimsel üstünlüğü stratejik teknoloji kapasitesine dönüştürme arayışı etrafında şekillenmektedir. UK Innovation Strategy, İngiltere’yi küresel inovasyon merkezi haline getirme hedefini ortaya koymakta; UK Science and Technology Framework ise bilim ve teknoloji kapasitesinin stratejik öncelikler doğrultusunda yönetilmesine yönelik bir çerçeve sunmaktadır (HM Government, 2021; Department for Science, Innovation and Technology, 2023). Bu çerçevede yapay zekâ, mühendislik biyolojisi, yarı iletkenler, kuantum teknolojileri ve geleceğin telekomünikasyonu gibi alanlar

İngiltere'nin kritik teknoloji öncelikleri arasında yer almaktadır. Bu öncelikler, İngiltere'nin yalnızca bilimsel yayın ve araştırma üstünlüğünü korumakla yetinmeyip, bu üstünlüğü patent, girişim, üretim, tedarik zinciri ve stratejik teknoloji kapasitesine dönüştürme arayışında olduğunu göstermektedir.

İngiltere'nin patent ve fikri mülkiyet sistemi de güçlü bir kurumsal altyapı sunmaktadır. İngiliz hukuk geleneği, fikri mülkiyet koruması, teknoloji lisanslama, üniversite teknoloji transferi, girişim sermayesi ve uluslararası patent stratejileri bakımından gelişmiş bir yapı sağlamaktadır. Ancak patent kapasitesinin stratejik sanayi kapasitesine dönüşmesi, yalnızca hukuki altyapıya bağlı değildir. İngiltere açısından asıl mesele, patentlenebilir bilimsel bilginin daha fazla üretim ölçeğine, ileri imalat altyapısına, küresel teknoloji firmalarına ve uzun dönemli sanayi yatırımlarına dönüşmesidir. Bu nedenle İngiltere modeli, güçlü bilimsel sermaye ile üretim ve ölçekleme kapasitesi arasındaki bağlantı sorunu üzerinden okunmalıdır.

İngiltere'nin savunma, havacılık, yaşam bilimleri, fintech, yapay zekâ, kuantum ve yaratıcı endüstrilerde güçlü pozisyonları bulunmaktadır. Rolls-Royce, BAE Systems, GSK, AstraZeneca, ARM, DeepMind, Oxford Nanopore ve benzeri aktörler, İngiltere'nin farklı teknoloji alanlarındaki kapasitesini göstermektedir. Bununla birlikte, bu kapasitenin tüm sektörlerde derin üretim tabanına ve küresel ölçekli firma yoğunluğuna dönüşmesi sınırlı kalabilmektedir. ARM örneği, İngiltere'nin çip mimarisi ve tasarım alanında dünya çapında etki yaratabildiğini; ancak yarı iletken üretim zincirinin tamamını kontrol etmediğini göstermektedir. Bu nedenle İngiltere modeli, tasarım ve bilimsel bilgi gücünün üretim ve stratejik tedarik zinciri kapasitesiyle tamamlanması gerektiğini ortaya koymaktadır. İngiltere'nin teknoloji politikası açısından güçlü ve sınırlı yönleri aşağıdaki tabloda özetlenmektedir.

Tablo 30 : İngiltere Teknoloji Politikası Modelinin Temel Bileşenleri

Bileşen	Temel Özellik	Teknoloji Politikası Açısından Önemi
Bilimsel araştırma tabanı	Oxford, Cambridge, Imperial, UCL ve güçlü araştırma üniversiteleri	Bilimsel sermaye ve yüksek nitelikli insan kaynağı üretmektedir
İki kültür sorunu	Bilimsel kültür ile beşeri/ıdari kültür arasındaki tarihsel kopukluk	Bilimsel bilgi, mühendislik ve sanayi politikasıyla bütünleşmediğinde teknoloji liderliği zayıflayabilmektedir
Finansal derinlik	Londra merkezli finans, girişim sermayesi ve sermaye piyasaları	Teknoloji girişimleri için finansman ve küresel bağlantı kapasitesi sağlamaktadır
Catapult Network	Araştırma ile sanayi arasında teknoloji geliştirme, test ve ticarileştirme ara yüzü	Ölüm vadisini ve ölçekleme açığını azaltmaya çalışmaktadır
Yaşam bilimleri ve biyoteknoloji	Üniversite araştırması, sağlık verisi potansiyeli, ilaç ve biyomedikal firmalar	Bilimsel bilgi ile sağlık teknolojileri arasında güçlü bağlantı alanı sunmaktadır
Yapay zekâ ve dijital teknoloji	DeepMind, Alan Turing Institute, güçlü veri bilimi ve yazılım kapasitesi	İngiltere dijital ve algoritmik teknoloji alanlarında önemli konuma sahiptir
Savunma ve havacılık	BAE Systems, Rolls-Royce, uzay ve savunma araştırmaları	Görev odaklı teknoloji ve kamu alımı kapasitesi sağlamaktadır
Fikri mülkiyet sistemi	Güçlü hukuk altyapısı, patent ve lisanslama kapasitesi	Bilimsel bilginin korunması ve ticarileşmesine kurumsal zemin sunmaktadır
Sınırlılık	Üretim ölçekleme, ileri imalat yatırımı ve geç aşama büyüme finansmanı sorunları	Bilimsel üstünlük sanayi ölçekleme araçlarıyla tamamlanmalıdır

Kaynak: Yazarın çalışması.

Netice itibarıyla, İngiltere modeli teknoloji politikası açısından üç ana ders sunmaktadır. Birincisi, güçlü üniversite sistemi ve bilimsel araştırma kapasitesi uzun dönemli teknoloji liderliği için vazgeçilmezdir. İkincisi, Snow’un “iki kültür” tartışmasının da

gösterdiği üzere, bilimsel bilgi ile mühendislik, üretim ve sanayi politikası arasındaki kurumsal bağ zayıfladığında, bilimsel üstünlük tek başına sürdürülebilir teknoloji liderliği üretmemektedir. Üçüncüsü, finansal derinlik ve bilimsel mükemmeliyet teknoloji liderliği için güçlü avantaj sağlamakla birlikte, üretim, tedarik zinciri, kamu alımı, ileri imalat ve kritik teknoloji portföyü yönetimiyle desteklenmediği sürece stratejik sanayi kapasitesine dönüşmekte sınırlı kalmaktadır.

Bu nedenle İngiltere deneyimi, ABD merkezli teknoloji politikası anlatısına önemli bir tamamlayıcı perspektif sunmaktadır. ABD, bilimsel sermayeyi savunma Ar-Ge'si, patent sistemi, risk sermayesi ve ölçekleme mekanizmalarıyla daha geniş bir teknoloji ekosistemine bağlayabilmiştir. İngiltere ise güçlü bilimsel ve finansal altyapısına rağmen, belirli dönemlerde bilimsel bilgi ile sanayi uygulaması arasındaki bağın zayıflaması nedeniyle teknoloji liderliğini sürdürülebilir sanayi üstünlüğüne dönüştürmekte zorlanmıştır. Bu nedenle İngiltere modeli, kritik teknoloji çağında bilimsel araştırma, patent sistemi, teknoloji transferi, üretim kapasitesi ve ölçekleme finansmanının birlikte tasarlanması gerektiğini açık biçimde göstermektedir.

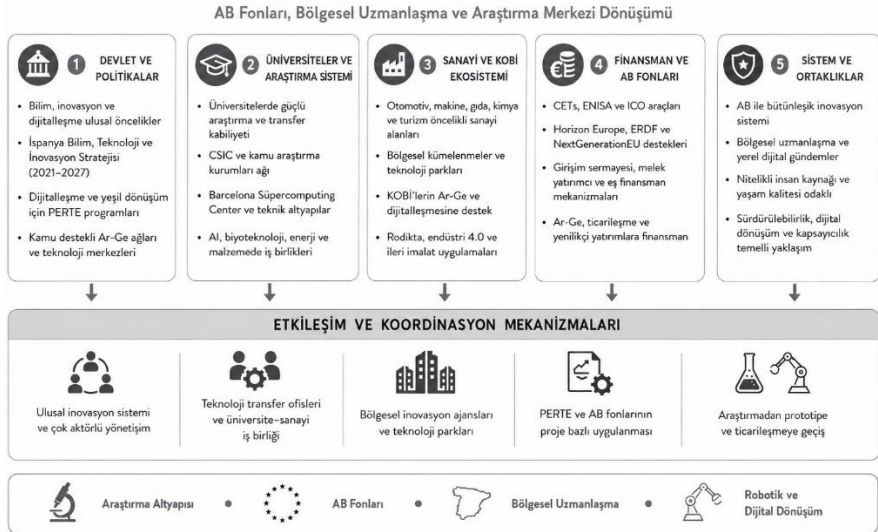
5.7. İspanya Modeli: AB Fonları ve Bölgesel Yenilik Sistemleri

İspanya modeli, Avrupa teknoloji politikası içinde daha farklı bir konuma sahiptir. Almanya mühendislik derinliğiyle, Fransa seçici kamu stratejisiyle, İngiltere bilimsel araştırma ve finansal ekosistemiyle, İtalya sanayi bölgeleri ve KOBİ tabanıyla öne çıkarken; İspanya daha çok geç sanayileşme, Avrupa Birliği uyumu, bölgesel yenilik sistemleri, kamu destekli Ar-Ge programları, CDTI gibi teknoloji geliştirme kurumları, yenilenebilir enerji, otomotiv, altyapı, sağlık teknolojileri, dijitalleşme ve yeşil dönüşüm üzerinden teknoloji kapasitesi geliştirmektedir. Bu nedenle İspanya modeli,

ileri teknoloji liderliğinden çok, sanayi modernizasyonu ve Avrupa fonlarıyla desteklenen yapısal dönüşüm modeli olarak değerlendirilebilir (CDTI, n.d.).

İspanya'nın teknoloji politikası tarihsel olarak geç sanayileşme ve bölgesel farklılıklar bağlamında şekillenmiştir. Bask Bölgesi, Katalonya, Madrid, Navarra ve Valensiya gibi bölgeler, sanayi, araştırma ve inovasyon kapasitesi bakımından ülkenin diğer bölgelerinden daha güçlü performans göstermektedir. Bu durum, İspanya yenilik sisteminin merkezi ve homojen değil, çok bölgesel ve parçalı bir yapı taşıdığını göstermektedir. Buesa ve arkadaşları, İspanya'da bölgesel yenilik sistemlerinin bilgi üretim fonksiyonu ve bölgesel kapasite farklılıkları açısından önemli ayrışmalar gösterdiğini ortaya koymaktadır (Buesa et al., 2006). Bu nedenle İspanya modelinde teknoloji politikası, yalnızca ulusal düzeyde değil, bölgesel kalkınma, Avrupa uyum politikaları ve akıllı uzmanlaşma stratejileriyle birlikte ele alınmalıdır.

Şekil 25 : İspanya Modeli



Kaynak: Yazarın çalışması.

İspanya'nın kurumsal yapısında CDTI, yani Centro para el Desarrollo Tecnológico y la Innovación, özel bir yere sahiptir. CDTI, İspanyol şirketlerinin teknolojik gelişmesini ve inovasyon kapasitesini destekleyen, ulusal ve uluslararası Ar-Ge ve inovasyon projelerine finansman ve destek sağlayan kamu işletmesi niteliğinde bir kurumdur. CDTI'nin resmî tanımında, kurumun İspanyol şirketlerinin inovasyonunu ve teknolojik gelişimini teşvik ettiği, firmaların Ar-Ge ve inovasyon projelerine yönelik destek başvurularını ulusal ve uluslararası düzeyde kanallı ettiği belirtilmektedir. Bu yönüyle CDTI, İspanya'nın teknoloji politikasında firma odaklı Ar-Ge ve inovasyon desteğinin ana araçlarından biri olarak çalışmaktadır.

İspanya'nın bilim, teknoloji ve inovasyon politikası, Spanish Science, Technology and Innovation Strategy 2021-2027 çerçevesinde yürütölmektedir. Bu strateji, devlet ve bölgesel planlama arasında koordinasyonu artırmayı ve İspanya'nın Ar-Ge ve inovasyon politikasını AB'nin Horizon Europe çerçevesiyle uyumlu hale getirmeyi amaçlamaktadır. Bu yapı, İspanya modelinin AB politikalarıyla güçlü biçimde bağlantılı olduğunu göstermektedir. İspanya, ulusal Ar-Ge kapasitesini geliştirirken, AB fonları, Horizon Europe, Recovery and Resilience Facility ve bölgesel akıllı uzmanlaşma stratejileriyle uyumlu bir dönüşüm süreci yürötmektedir (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, 2021).

TEKNOLOJİK ODAKLAR

ROBOTİK VE OTOMASYON
üniversite laboratuvarları, teknoloji merkezleri, akıllı üretim

YENİLENEBİLİR ENERJİ
rüzgâr, güneş, enerji depolama, şebeke çözümleri

DİJİTAL TEKNOLOJİLER
yapay zeka, siber güvenlik, yazılım, veri ve bulut

SAĞLIK VE BİYOTEKNOLOJİ
ilaç, tıbbi cihaz, biyomedikal araştırma

ULUŞIM VE HAVACILIK
otomotiv, mobilite, havacılık ve uzay uygulamaları

SÜRDÜRÜLEBİLİR SANAYİ
ilim merkezleri, yeşil kimya, döşenmiş ekonomi

AB FONLARI VE ARAŞTIRMA ALTIYAPISI
NextGenerationEU, FEDER ve Horizon Europe etkisi

PERTE programları ile dijital ve yeşil dönüşüm projeleri

Üniversiteler ve araştırma merkezlerinde altıyapı yatırımları

Bölgesel inovasyon ekosistemlerinin güçlenmesi

ÖNE ÇIKAN ÜNİVERSİTE VE ARAŞTIRMA MERKEZLERİ

- CSIC araştırma ağı
- Universidad Politécnica de Madrid (UPM)
- Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)
- Barcelona Supercomputing Center (BSC)
- Universitat de València ve bölgesel araştırma merkezleri
- Robotik ve otomasyon alanında üniversite teknoloji merkezli birliktir

TEKNOLOJİ FİNANSMANI VE BÖLGESEL DÖNÜŞÜM

1 Madrid ve Barcelona teknoloji yatırımları ve girişimcilik merkezleridir.

2 Kamu destekleri ve AB fonları araştırmadan ticarilemeye köprü kurmaktadır.

3 Robotik ve veri üretim farklı bölgelerde yayılan bir uzlaşımına alan oluşturmaktadır.

4 Bölgesel kümelenmeler ulusal inovasyon sisteminin mekanik olarak derinleştirilmiştir.

İspanya modelinde son yılların en dikkat çekici politika araçlarından biri PERTE, yani Strategic Projects for Economic Recovery and Transformation çerçevesidir. PERTE’ler, kamu-özel işbirliği yoluyla ekonomik toparlanma ve dönüşümü desteklemek üzere tasarlanmış stratejik proje araçlarıdır. Resmî tanımlarda PERTE’lerin ekonomik büyüme, istihdam ve rekabet gücünü artıracak büyük projeleri teşvik etmeyi amaçladığı ifade edilmektedir. Bu araçlar, İspanya’nın klasik Ar-Ge desteğinden daha geniş bir sanayi dönüşümü, yatırım koordinasyonu ve değer zinciri modernizasyonu çerçevesine yöneldiğini göstermektedir (Spain Digital, 2025).

--209--

sanayi rekabetçiliği hedeflerini birlikte ele almaktadır. Bu çerçevede İspanya, yenilenebilir enerji, yeşil hidrojen, elektrikli mobilite, batarya, dijitalleşme, 5G, siber güvenlik, sağlık teknolojileri ve yapay zekâ gibi alanlarda kamu destekli dönüşüm araçları geliştirmektedir. İspanya'nın bu yönelimi, teknoloji politikasının yalnızca Ar-Ge fonlaması değil, enerji sistemi, sanayi altyapısı, bölgesel kalkınma ve AB fonlarının eş güdümlü kullanımı üzerinden yürütüldüğünü göstermektedir.

İspanya'nın güçlü yönlerinden biri yenilenebilir enerji kapasitesidir. Rüzgâr ve güneş enerjisi, İspanya'nın enerji ve teknoloji politikası içinde stratejik alanlardır. del Río ve Unruh, İspanya'da yenilenebilir enerji teknolojilerinin gelişimini politika teşvikleri, piyasa tasarımı ve teknoloji öğrenmesi bağlamında ele almakta; bu alanlarda politika çerçevesinin teknoloji yayılımı için belirleyici olduğunu göstermektedir (del Río & Unruh, 2007). Güncel dönemde yeşil hidrojen de İspanya için stratejik bir teknoloji alanı haline gelmektedir. Bu durum, İspanya'nın yenilenebilir enerji avantajını yalnızca elektrik üretimi alanında değil, hidrojen, sanayi karbonsuzlaşması ve yeni enerji teknolojileri portföyü içinde değerlendirmeye çalıştığını göstermektedir.

Yapay zekâ alanında İspanya, ulusal stratejisini güncelleyerek hesaplama kapasitesi, generatif yapay zekâyı uyum, güvenilir AI, dil teknolojileri ve ekonominin farklı sektörlerinde AI kullanımını güçlendirmeye yönelmektedir. 2024 tarihli AI stratejisi, önceki girişimleri sürdürmekte ve yapay zekâ teknolojisinde yaşanan değişimlere uyum sağlamayı hedeflemektedir. Strateji belgelerinde güvenilir yapay zekâ, veri üzerindeki kontrol, güvenlik, dil modelleri, KOBİ'lerde AI kullanımı ve girişimcilik ekosisteminin desteklenmesi gibi başlıklar öne çıkmaktadır (Gobierno de España, 2024; OECD, 2025).

İspanya modelinin patent politikası açısından temel sorunu, araştırma ve teknoloji kapasitesinin büyük ölçekli patent portföylerine ve küresel kritik teknoloji liderliğine dönüşmesinde yaşanan sınırlılıklardır. İspanya güçlü yenilenebilir enerji, otomotiv, altyapı, sağlık, turizm teknolojileri, gıda, su yönetimi ve bazı mühendislik alanlarına sahip olmakla birlikte; yarı iletkenler, ileri dijital platformlar, derin teknoloji girişimleri, küresel ölçekli yüksek teknoloji firmaları ve standart belirleyici patent portföyleri bakımından Almanya, Fransa, İngiltere veya ABD kadar güçlü değildir. Bu nedenle İspanya’da Ar-Ge ve patent politikası, firmaların teknolojik absorpsiyon kapasitesini, KOBİ inovasyonunu, üniversite-sanayi işbirliğini ve teknoloji transferini güçlendirmeye odaklanmalıdır.

Bununla birlikte İspanya’nın teknoloji ticarileştirme ve derin teknoloji finansmanı yönünde daha aktif araçlar geliştirmeye çalıştığı görülmektedir. CDTI, ulusal ve uluslararası Ar-Ge ve inovasyon projelerinin finansmanında merkezi rol üstlenirken; PERTE gibi araçlar kamu-özel ortaklıklarını stratejik dönüşüm alanlarına yönlendirmektedir. Bu tür mekanizmalar, İspanya modelinin yalnızca AB fonlarına dayalı kamu yatırımı değil, aynı zamanda teknoloji girişimciliği, firma modernizasyonu ve ticarileştirme kapasitesini artırma yönünde de evrildiğini göstermektedir. İspanya’nın teknoloji politikası modelinin temel bileşenleri aşağıdaki tabloda özetlenmektedir.

Tablo 31 : İspanya Teknoloji Politikası Modelinin Temel Bileşenleri

Bileşen	Temel Özellik	Teknoloji Politikası Açısından Önemi
Geç sanayileşme ve AB uyumu	Teknoloji politikası büyük ölçüde AB çerçeveleri, fonları ve Horizon Europe ile bağlantılıdır	Ulusal teknoloji kapasitesi Avrupa politikalarıyla birlikte gelişmektedir
Bölgesel yenilik sistemleri	Bask, Katalonya, Madrid ve diğer bölgelerde farklı inovasyon kapasiteleri bulunmaktadır	Teknoloji politikası bölgesel farklılıkları dikkate almak zorundadır

CDTI	Firmaların Ar-Ge ve inovasyon projelerine finansman ve destek sağlayan kamu kurumu	Firma odaklı teknoloji geliştirme ve inovasyon desteğinin ana aracıdır
EECTI 2021-2027	Bilim, teknoloji ve inovasyon stratejisinin ulusal çerçevesidir	Devlet ve bölgesel planlama ile AB programları arasında koordinasyon sağlamaktadır
PERTE araçları	Stratejik kamu-özel işbirliği projeleri	Büyük dönüşüm alanlarında yatırım, firma ve araştırma kurumlarını birleştirmektedir
Yeşil dönüşüm	Rüzgâr, güneş, yeşil hidrojen ve enerji teknolojileri	Yenilenebilir enerji avantajı teknoloji portföyüne dönüştürülmeye çalışılmaktadır
Dijitalleşme ve AI	5G, siber güvenlik, yüksek başarılı hesaplama, dil teknolojileri ve güvenilir AI	Dijital dönüşüm ulusal modernizasyon aracı olarak görülmektedir
KOBİ modernizasyonu	Dijitalleşme, yeşil dönüşüm ve teknoloji absorpsiyon kapasitesi	KOBİ ağırlıklı sanayi yapısının teknolojiye uyumu desteklenmektedir
Deep-tech ve teknoloji transferi	Araştırma sonuçlarının girişimlere, patentlere ve ticarileşmeye dönüşmesi hedeflenmektedir	Laboratuvardan pazara geçiş kapasitesi güçlendirilmelidir
Sınırlılık	Patent portföyü, büyük teknoloji firmaları, yarı iletkenler ve küresel ölçekleme kapasitesi sınırlıdır	Ar-Ge destekleri ticarileştirme, patent ve ölçekleme mekanizmalarıyla güçlendirilmelidir

Kaynak: Yazarın çalışması.

İspanya modeli, teknoloji politikası açısından iki yönlü bir ders sunmaktadır. Bir yandan ülke, Avrupa fonları, bölgesel yenilik sistemleri, CDTI gibi firma odaklı kurumlar ve yeşil-dijital dönüşüm araçlarıyla sanayi modernizasyonu için güçlü bir politika zemini oluşturmaktadır. Diğer yandan küresel kritik teknoloji rekabetinde daha güçlü konum elde etmek için patent kalitesi, uluslararası patent portföyleri, derin teknoloji girişimleri, geç aşama finansman, büyük teknoloji firmaları, yarı iletkenler, yapay zekâ altyapısı ve teknoloji transfer mekanizmalarında daha derin kapasiteye ihtiyaç bulunmaktadır.

Netice itibarıyla, İspanya modeli Avrupa teknoloji politikası içinde geç sanayileşme, bölgesel yenilik sistemi, AB uyumu, kamu

destekli firma Ar-Ge'si ve yeşil-dijital dönüşüm ekseninde konumlanmaktadır. İspanya'nın teknoloji kapasitesi Almanya'nın mühendislik derinliği, Fransa'nın kamu stratejisi veya İngiltere'nin bilimsel araştırma ve finansal derinliği kadar belirgin bir tek eksene dayanmamaktadır. Daha çok AB destekli modernizasyon, CDTI üzerinden firma inovasyonu, PERTE yoluyla stratejik kamu-özel projeler, yenilenebilir enerji avantajı ve dijitalleşme programları üzerinden gelişmektedir.

Bu nedenle İspanya deneyimi, teknolojik merkezileşme tartışmasında orta ölçekli sanayi ve teknoloji kapasitesine sahip ülkeler açısından önemli bir örnek sunmaktadır. Ülke, ileri teknoloji liderliği için güçlü bilimsel kapasite, firma Ar-Ge'si, patent stratejisi, deep-tech finansmanı, bölgesel inovasyon sistemleri ve yeşil-dijital dönüşüm araçlarını birlikte geliştirmek zorundadır. İspanya modeli, patent ve teknoloji politikasında yalnızca başvuru sayısını değil, bu başvuruların firma inovasyonu, yenilenebilir enerji, dijitalleşme, kamu-özel işbirliği ve AB değer zincirleri içindeki konumuyla birlikte analiz edilmesi gerektiğini göstermektedir.

5.8. Ülke Modellerinin Karşılaştırmalı Sentezi

Bu bölümde ABD deneyimi, çağdaş teknoloji rekabetini okumak için karşılaştırmalı bir referans eksenini olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte Japonya, Almanya, Güney Kore, Çin, Fransa, İtalya, İngiltere ve İspanya örnekleri, teknolojik kapasite inşasının tek bir kurumsal reçeteye indirgenemeyeceğini göstermektedir. Ülkeler; tarihsel kurumları, sanayi tabanları, devlet kapasiteleri, eğitim sistemleri, firma ölçekleri, üretim kültürleri, finansman kanalları ve fikri mülkiyet rejimleri üzerinden farklı teknoloji politikası bileşimleri oluşturmaktadır. Bu nedenle buradaki karşılaştırmanın amacı ABD modelini normatif bir şablon olarak almak değil; bilimsel sermaye, beşerî sermaye, patent sistemi, üretim altyapısı, ticarileştirme kurumları, kamu stratejisi ve ölçekleme

mekanizmalarının ülkeler arasında nasıl farklı kombinasyonlar ürettiğini ortaya koymaktır.

ABD örneğinde teknoloji üstünlüğü; üniversite temelli bilimsel araştırma kapasitesi, savunma kaynaklı Ar-Ge programları, DARPA benzeri görev odaklı kurumlar, güçlü patent sistemi, risk sermayesi, girişimcilik kültürü ve büyük teknoloji şirketleri arasındaki yoğun etkileşimden beslenmektedir. Bu çerçevede devlet yalnızca piyasa aksaklıklarını düzelten ikincil bir aktör değildir; temel araştırmayı fonlayan, yüksek belirsizlik içeren teknolojilere alan açan, kamu alımlarıyla erken talep oluşturan ve stratejik sektörlerde yön tayin eden kurucu bir politika aktörüdür (Bonvillian, 2014; Mazzucato, 2013; Ruttan, 2006). ABD modelinin üstünlüğü, bilimsel özerklik ile görev odaklı teknoloji hedeflerini aynı yenilik ekosistemi içinde birleştirebilmesinden doğmaktadır. Buna karşılık bazı üretim aşamalarının ve tedarik zinciri halkalarının ülke dışına kayması, modelin sanayi tabanı bakımından en önemli zayıflık alanlarından biri olarak görülmektedir (Berger, 2013; Miller, 2022).

Japonya modeli, ABD'den farklı olarak üretimden öğrenme, kalite disiplini, tedarikçi koordinasyonu ve uzun dönemli firma stratejisi üzerinden teknoloji kapasitesi geliştirmektedir. Japonya'nın başarısı, özellikle otomotiv, elektronik, robotik, yarı iletken malzemeleri ve hassas üretim alanlarında üretim süreçlerinin yenilik kapasitesiyle doğrudan bağlantılı olduğunu göstermektedir (Freeman, 1987; Johnson, 1982; Womack et al., 1990). Japonya modeli, teknolojik üstünlüğün yalnızca laboratuvar ve patent ofisinde değil, fabrika zemininde, süreç mühendisliğinde ve kalite sistemlerinde de üretildiğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte dijital platformlar, yazılım tabanlı hızlı ölçekleme ve risk sermayesi gibi alanlarda Japonya'nın ABD kadar dinamik bir ekosistem üretemediği görülmektedir.

Almanya modeli, mühendislik derinliği, Mittelstand yapısı, mesleki eğitim sistemi, uygulamalı araştırma kurumları ve yüksek kaliteli sanayi üretimiyle farklılaşmaktadır. Almanya'nın gücü, makine, otomotiv, kimya, endüstriyel ekipman ve hassas üretim alanlarında derinleşmiş teknik bilgiye dayanmaktadır. Fraunhofer tipi kurumlar, üniversite araştırması ile sanayi uygulaması arasında köprü işlevi görmekte ve ölüm vadisini azaltan ara kurum modeli sunmaktadır. Almanya deneyimi, teknik eğitim, üretim becerisi ve uygulamalı araştırmanın patentlenebilir teknoloji üretiminde ne kadar belirleyici olduğunu göstermektedir (Murmah, 2003; Porter, 1990; Streeck, 1991). Buna karşılık Almanya'nın dijital platformlar, yazılım ekosistemi, yapay zekâ girişimleri ve risk sermayesi kapasitesi bakımından ABD ve Çin karşısında daha sınırlı olduğu değerlendirilmektedir.

Güney Kore modeli, aktif patent ofisi, büyük teknoloji firmaları, ihracat disiplini ve hızlı teknoloji yakalama kapasitesiyle öne çıkmaktadır. Kore deneyimi, patent ofisinin yalnızca tescil işlemleri yürüten idari bir kurum değil, teknoloji kapasitesi inşa eden aktif bir politika aktörü olabileceğini göstermektedir. KIPO'nun patent eğitimi, patent bilgi hizmetleri, KOBİ destekleri, patent değerlendirme ve ticarileştirme alanlarında üstlendiği işlevler, patent sisteminin kalkınma politikasına nasıl bağlanabileceğini ortaya koymaktadır (Erstling & Strom, 2010). Samsung, LG, Hyundai ve SK gibi büyük firmalar ise yarı iletken, ekran teknolojileri, batarya, otomotiv ve elektronik alanlarında Kore'nin küresel patent ve üretim kapasitesini taşımaktadır. Bu modelin sınırlılığı ise büyük firma yoğunlaşması ve bazı çekirdek teknolojilerde dışa bağımlılık riskidir.

Çin'in teknoloji politikası, büyük ölçekli üretim kapasitesini öğrenme, maliyet düşürme, hızlı ölçekleme ve devlet yönlendirmesiyle birleştiren özgün bir yol izlemektedir. Reform sürecinin ilk evrelerinde tarımsal verimlilik artışı ve TVE'ler

aracılığıyla kırsal sanayileşme öne çıkmış; daha sonra küresel üretim ağlarına katılım, ihracat, yabancı yatırım ve yerli firma kapasitesinin gelişmesiyle teknoloji tabanı genişlemiştir (Lin, 1992; Naughton, 2007; Oi, 1992; Qian, 2003). Bu model, üretim ölçeğinin belirli koşullarda patent portföyü, teknoloji absorpsiyonu ve kritik teknoloji rekabeti için birikimli bir avantaja dönüşebileceğini göstermektedir. Bununla birlikte ileri yarı iletken üretim ekipmanları, bazı çekirdek bileşenler ve radikal bilimsel yenilik alanlarında dışa bağımlılık ve kalite derinliği sorunu hâlen devam etmektedir (Miller, 2022; Nahm & Steinfeld, 2014).

Fransa modeli, seçici kamu stratejisi, büyük teknoloji programları, kamu araştırma kurumları, nükleer enerji, uzay, savunma ve stratejik bağımsızlık hedefleriyle ayırt edilmektedir. Fransa’da devlet, belirli teknoloji alanlarında yönlendirici, finansman sağlayıcı, kamu alımı oluşturan ve mühendislik kapasitesini örgütleyen güçlü bir aktör olarak çalışmaktadır. Nükleer enerji, Airbus, Ariane, TGV ve güncel France 2030 programı, Fransa’nın seçici teknoloji politikası geleneğini göstermektedir (Chesnais, 1993; Hecht, 1998; République française, 2021). Ancak Fransa modelinin temel sınırlılığı, güçlü kamu stratejisi ve araştırma kapasitesinin her zaman hızlı girişim ölçekleme, özel sermaye mobilizasyonu ve küresel dijital platform gücüne dönüşememesidir.

İtalya modeli, sanayi bölgeleri, KOBİ tabanı, esnek uzmanlaşma, tasarım-üretim yeteneği, makine ve otomasyon kapasitesiyle farklılaşmaktadır. İtalya’nın teknoloji kapasitesi çoğu zaman büyük ulusal programlardan çok bölgesel üretim sistemleri, uzmanlaşmış KOBİ ağları, yerel beceri birikimi ve tasarım kültürü üzerinden gelişmektedir (Becattini, 1990; Brusco, 1982; Piore & Sabel, 1984). Bu model, fikri mülkiyetin yalnızca patentten ibaret olmadığını; marka, tasarım, coğrafi işaret, know-how ve üretim kültürünün de rekabet avantajı ürettiğini göstermektedir. Ancak kritik teknoloji çağında İtalya’nın temel sorunu, bu güçlü sanayi

mirasını yapay zekâ, yarı iletkenler, biyoteknoloji, kuantum ve derin teknoloji girişimleri gibi alanlarda daha yüksek ölçekli patent portföylerine ve küresel teknoloji firmalarına dönüştürmekte yaşadığı sınırlılıklardır.

İngiltere modeli, güçlü bilimsel araştırma tabanı, seçkin üniversiteler, finansal derinlik, yaşam bilimleri, yapay zekâ, fintech, savunma ve yaratıcı endüstrilerdeki kapasitesiyle öne çıkmaktadır. Ancak İngiltere'nin tarihsel teknoloji politikası gerilimlerinden biri, C. P. Snow'un “iki kültür” yaklaşımında ifade edilen bilimsel kültür ile beşerî-idari kültür arasındaki kopukluk ve bunun sanayi-teknoloji dönüşümüne yansımasıdır (Snow, 1959). İngiltere çok güçlü bilimsel sermayeye sahip olmakla birlikte, bu sermayeyi her zaman sanayi ölçekleme, ileri imalat ve üretim kapasitesiyle aynı güçte birleştirememiştir. Catapult Network gibi ara kurumlar bu ölçekleme açığını azaltmaya çalışmaktadır (Hauser, 2010). Bu nedenle İngiltere modeli, bilimsel üstünlüğün patent, üretim, ticarileştirme ve ölçekleme kurumlarıyla tamamlanması gerektiğini göstermektedir.

İspanya modeli ise geç sanayileşme, bölgesel yenilik sistemleri, AB uyumu, CDTI gibi firma odaklı Ar-Ge kurumları, PERTE araçları, yeşil dönüşüm, yenilenebilir enerji, dijitalleşme ve yapay zekâ stratejileri üzerinden şekillenmektedir. İspanya, Almanya kadar derin bir mühendislik sanayiine, Fransa kadar güçlü bir seçici kamu programı geleneğine veya İngiltere kadar küresel bilimsel-finansal yoğunluğa sahip değildir. Buna karşılık AB fonları, bölgesel yenilik sistemleri, yeşil enerji kapasitesi, firma Ar-Ge destekleri ve dijital dönüşüm araçlarıyla modernizasyon temelli bir teknoloji politikası geliştirmektedir (Buesa et al., 2006; del Río & Unruh, 2007). İspanya modeli, orta ölçekli teknoloji kapasitesine sahip ülkelerin yeşil-dijital dönüşüm, firma inovasyonu ve bölgesel akıllı uzmanlaşma üzerinden teknolojik kapasite geliştirebileceğini göstermektedir.

Bu dokuz model birlikte değerlendirildiğinde, teknoloji politikalarında ortak bir başarı yaklaşımı olduğu, fakat bu yaklaşımın her ülkede farklı kurumsal bileşimlerle hayata geçtiği görülmektedir. Ortak mantık şudur: Teknolojik üstünlük için bilimsel bilgi üretimi, nitelikli insan kaynağı, Ar-Ge finansmanı, patent koruması, ticarileştirme mekanizmaları, üretim ve ölçekleme kapasitesi, kamu stratejisi ve pazar bağlantısı birlikte çalışmalıdır. Farklılaşma ise bu bileşenlerin hangi kurumlar üzerinden ve hangi tarihsel patika içinde birleştirildiğinde ortaya çıkmaktadır.

Tablo 32 : Ülke Modellerinin Karşılaştırmalı Teknoloji Politikası Profili

Ülke / Model	Baskın Kapasite	Temel Kurumsal Yaklaşım	Patent Politikası Açısından Anlamı	Ana Sınırlılık
ABD	Bilimsel sermaye, görev odaklı Ar-Ge, risk sermayesi, girişimcilik	Üniversite araştırması, DARPA tipi kurumlar, patent sistemi, kamu alımı ve piyasa ölçekleme birlikte çalışmaktadır	Patent, lisanslama, girişim sermayesi ve teknoloji transferiyle güçlü bağ kurmaktadır	Üretim ve tedarik zinciri kırılabilirlikleri oluşabilmektedir
Japonya	Üretimden öğrenme, kalite disiplini, tedarik zinciri derinliği	Firma içi öğrenme, yalın üretim, kalite ve uzun dönemli sanayi koordinasyonu öne çıkmaktadır	Patentler süreç yeniliği, üretim ekipmanı, malzeme ve kalite iyileştirmeleriyle bütünleşmektedir	Dijital platform ve yazılım ölçekleme kapasitesi sınırlı kalabilmektedir
Almanya	Mühendislik derinliği, Mittelstand, mesleki eğitim	Uygulamalı araştırma, teknik eğitim, üretim kalitesi ve uzmanlaşmış firmalar belirleyicidir	Patent sistemi mühendislik, makine, otomotiv, kimya ve üretim teknolojileriyle güçlü bağ kurmaktadır	Yıkıcı dijital yenilik ve risk sermayesi kapasitesi sınırlıdır

Güney Kore	Büyük teknoloji firmaları, aktif patent ofisi, ihracat disiplini	Devlet yönlendirmesi, chaebol ölçeği, teknoloji yakalama ve patent kapasitesi birlikte çalışmaktadır	Patent ofisi teknoloji kapasitesi inşa eden aktif kurum olarak konumlanmaktadır	Büyük firma yoğunlaşması ve bazı çekirdek teknolojilerde bağımlılık riski vardır
Çin	Ölçekleme, üretimden öğrenme, devlet yönlendirmesi	Tarımsal reformdan sanayi ölçeğine, oradan kritik teknoloji portföylerine uzanan birikimli patika izlenmektedir	Patent sayısı hızla artmakta; patentler yerli yenilik ve teknoloji bağımsızlığı stratejisinin parçası haline gelmektedir	Patent kalitesi, çekirdek teknoloji bağımlılıkları ve verimsiz kapasite riski devam etmektedir
Fransa	Seçici kamu stratejisi, büyük teknoloji programları	Devlet, stratejik sektörlerde yönlendirici, finansör ve ilk alıcı olarak çalışmaktadır	Patentler kamu araştırma kurumları, büyük firmalar ve stratejik programlarla bağlantılıdır	Girişim ölçekleme, geç aşama finansman ve dijital platform gücü sınırlı kalabilmektedir
İtalya	Sanayi bölgeleri, KOBİ tabanı, tasarım ve üretim becerisi	Yerel üretim sistemleri, esnek uzmanlaşma ve KOBİ ağları teknoloji kapasitesi üretmektedir	Patent, marka, tasarım, faydalı model ve know-how birlikte önem taşımaktadır	Kritik teknolojilerde lab-to-market ve ölçekleme kapasitesi sınırlıdır
İngiltere	Bilimsel araştırma, finansal derinlik, yaşam bilimleri ve dijital teknoloji	Güçlü üniversite sistemi ve finansal ekosistem, Catapult tipi ara kurumlarla sanayiye bağlanmaya çalışılmaktadır	Patent ve teknoloji transferi güçlüdür; ancak üretim ve ölçekleme bağlantısı kritik önemdedir	Bilimsel üstünlüğün sanayi ölçeğine dönüşmesinde tarihsel açık bulunmaktadır
İspanya	Bölgesel yenilik sistemleri, AB uyumu, yeşil-dijital dönüşüm	CDTI, PERTE, AB fonları ve bölgesel politikalarla firma inovasyonu desteklenmektedir	Patent politikası firma Ar-Ge'si, yeşil teknoloji ve teknoloji transferiyle güçlendirilmelidir	Büyük patent portföyleri, deep-tech ölçekleme ve kritik teknoloji liderliği sınırlıdır

Kaynak: Yazarın çalışması.

Bu karşılaştırmalı tablo, teknolojik merkezileşme tartışması açısından önemli bir sonuç üretmektedir. Teknoloji liderliği, yalnızca Ar-Ge harcaması veya patent başvuru sayısı ile açıklanamamaktadır. Ülkelerin patent performansı, arkasındaki kurumsal kapasite bileşimiyle birlikte okunmalıdır. ABD'nin patent performansı üniversite, DARPA, risk sermayesi ve büyük teknoloji firmalarıyla; Japonya'nın patent performansı üretim ve kalite sistemiyle; Almanya'nın patent performansı mühendislik ve uygulamalı araştırma kurumlarıyla; Kore'nin patent performansı büyük firmalar ve aktif patent ofisiyle; Çin'in patent performansı üretim ölçeği ve devlet yönlendirmesiyle; Fransa'nın patent performansı seçici kamu programlarıyla; İtalya'nın patent performansı KOBİ ve tasarım-üretim sistemiyle; İngiltere'nin patent performansı bilimsel araştırma ve finansal ekosistemle; İspanya'nın patent performansı ise AB uyumlu firma inovasyonu ve yeşil-dijital dönüşüm politikalarıyla ilişkilidir.

Karşılaştırılan ülke örnekleri, fikri mülkiyet rejiminin ancak tamamlayıcı kapasite alanlarıyla birleştiğinde stratejik sonuç ürettiğini göstermektedir. Patent koruması Ar-Ge yatırımını güvence altına almakta ve teknik bilginin açıklanmasını sağlamaktadır; fakat bu korumanın gerçek teknoloji gücüne dönüşmesi, üretim becerisi, ticarileştirme kanalları, nitelikli insan kaynağı, finansman ve pazar erişimiyle birlikte mümkün olmaktadır. Dolayısıyla patent başvurularının ülkeler arasında yoğunlaşması, daha geniş anlamda yenilik sistemlerinin de belirli merkezlerde yoğunlaştığını göstermektedir. Araştırma altyapısı, teknik işgücü, firma kapasitesi, patent ofisi etkinliği, üretim ölçeği, tedarik zinciri derinliği ve kamu stratejisi güçlü olan ekonomiler, patentlenebilir teknoloji üretiminde daha merkezi bir konuma yerleşmektedir.

Avrupa 5'lisi açısından bakıldığında, Almanya, İngiltere, Fransa, İtalya ve İspanya tek bir Avrupa teknoloji modeli oluşturmamaktadır. Almanya üretim ve mühendislik derinliğiyle;

İngiltere bilimsel araştırma ve finansal ekosistemiyle; Fransa kamu stratejisi ve büyük teknoloji programlarıyla; İtalya KOBİ, tasarım ve sanayi bölgeleriyle; İspanya ise AB uyumlu yeşil-dijital dönüşüm ve bölgesel yenilik sistemiyle farklılaşmaktadır. Bu farklılık, EPO patent verilerinde Avrupa ülkelerinin teknoloji alanlarına göre neden farklı profiller sergilediğini açıklamak için önemli bir arka plan sunmaktadır.

Asya 3'lüsü açısından Japonya, Güney Kore ve Çin de homojen bir model oluşturmamaktadır. Japonya üretim kalitesi ve süreç disipliniyle; Güney Kore büyük firma ölçeği ve aktif patent ofisiyle; Çin ise üretim ölçeği, devlet yönlendirmesi ve kritik teknoloji portföyleriyle farklı birer patika izlemektedir. Buna rağmen bu üç modelin ortak yönü, üretim kapasitesini teknoloji politikasıyla güçlü biçimde ilişkilendirmeleridir. Bu nedenle Asya bloğunun patent ve teknoloji performansındaki yükselişi, yalnızca Ar-Ge artışıyla değil, üretimden öğrenme, ölçek ekonomileri, tedarik zinciri derinliği ve devlet-sanayi koordinasyonu ile birlikte açıklanmalıdır.

ABD ise bu tabloda hâlâ lider referans modeldir. ABD'nin üstünlüğü, bilimsel araştırma kapasitesi, savunma Ar-Ge'si, yüksek riskli görev odaklı kurumlar, patent sistemi, risk sermayesi, girişimcilik ve büyük teknoloji firmalarının aynı ekosistemde çalışmasından kaynaklanmaktadır. Ancak Çin'in yükselişi, Asya üretim kapasitesi ve yarı iletken tedarik zinciri kırılganlıkları ABD modelini yeniden üretim, kritik teknoloji ve stratejik otonomi ekseninde dönüştürmektedir. Bu nedenle günümüz teknoloji rekabeti, yalnızca ABD'nin teknoloji liderliğini sürdürmesi değil, bu liderliğin Asya ve Avrupa modelleri karşısında nasıl yeniden yapılandırıldığı meselesidir.

Bu karşılaştırmalı çerçeve, kitabın ilerleyen bölümlerinde yürütülen EPO temelli ampirik değerlendirme için analitik bir arka plan sunmaktadır. Otuz beş teknoloji alanında başvuruların belirli

ülke ve ülke gruplarında toplanması, yalnızca istatistiksel bir yoğunlaşma olarak görülmemelidir. Bu dağılımın arkasında ülkelerin teknoloji politikası gelenekleri, bilimsel sermaye birikimleri, patent kurumsallaşması, üretim kabiliyetleri, ticarileştirme mekanizmaları ve kritik teknoloji portföyleri bulunmaktadır. Bu nedenle teknolojik merkezileşme bulguları, sadece başvuru adetleri üzerinden değil, söz konusu adetleri üreten kurumsal kapasite bileşimleri üzerinden yorumlanmalıdır..

6. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

6.1. Araştırma Tasarımı ve Temel Yaklaşım

Bu çalışma, dünyada teknolojik üretim kapasitesinin belirli ülke ve ülke grupları etrafında yoğunlaşıp yoğunlaşmadığını, Avrupa Patent Ofisi kapsamındaki 35 teknoloji alanına ait patent başvuru verileri üzerinden incelemektedir. Çalışmanın temel varsayımı, patent başvurularının yalnızca hukuki koruma talebini değil, aynı zamanda ülkelerin Ar-Ge kapasitesi, beşerî sermaye birikimi, firma stratejisi, teknoloji portföyü, üretim altyapısı ve uluslararası rekabet gücüyle ilişkili bir teknolojik çıktı göstergesini temsil ettiğidir.

Ar-Ge kavramı, araştırma ve deneysel geliştirme faaliyetlerinin uluslararası standart tanımı bakımından OECD Frascati Manual çerçevesiyle uyumludur (OECD, 2015).

Araştırma, 2016-2025 döneminde seçilen 10 ülkenin EPO 35 teknoloji alanındaki patent başvuru performansını karşılaştırmalı olarak analiz etmektedir. Bu ülkeler; Avrupa 5’lisi olarak Almanya, İngiltere, Fransa, İtalya ve İspanya; Asya 3’lüsü olarak Çin, Japonya ve Güney Kore; ayrıca ABD ve Türkiye’den oluşmaktadır. Böylece çalışma, dünya teknoloji rekabetinin ana merkezleri olan ABD, Avrupa ve Asya bloklarını birlikte ele almakta; Türkiye’yi ise bu teknoloji merkezileşmesi yapısı içinde konumlandırmaktadır.

Bu araştırmanın amacı, patent başvurularının yıllar içindeki toplam artışını göstermekten ibaret değildir. Asıl amaç, toplam başvuru hacmi artarken teknolojik üretimin ülke grupları bakımından ne ölçüde yoğunlaştığını, Avrupa 5’lisi, Asya 3’lüsü ve ABD’nin toplam sistem içindeki ağırlığını nasıl koruduğunu veya değiştirdiğini, Türkiye’nin bu yapı içindeki göreceli konumunun nasıl şekillendiğini ve teknoloji alanları bakımından hangi yoğunlaşma örüntülerinin ortaya çıktığını analiz etmektir.

6.2. Veri Seti ve Kapsam

Araştırmanın veri seti, EPO 35 teknoloji alanı sınıflandırmasına göre 2016-2025 dönemindeki patent başvuru sayılarını kapsamaktadır. Veri setinde her bir yıl için 35 teknoloji alanında seçilen 10 ülkeye ait patent başvuru sayıları yer almaktadır. Analizin temel gözlem birimi, “ülke-teknoloji alanı-yıl” düzeyidir. Bu yapı, hem zaman içindeki değişimi hem ülkeler arası farklılaşmayı hem de teknoloji alanı bazındaki yoğunlaşmayı birlikte incelemeye imkân sağlamaktadır.

Çalışmada kullanılan dönem 2016-2025 yıllarını kapsamaktadır. Bu dönem, küresel teknoloji rekabetinin yapay zekâ, dijital iletişim, yarı iletkenler, biyoteknoloji, enerji teknolojileri, kuantum, elektrikli araçlar, batarya ve yeşil dönüşüm gibi alanlarda hızlandığı bir dönemi temsil etmektedir. Aynı zamanda Çin’in teknoloji başvurularında hızlı yükselişinin, ABD’nin kritik teknoloji ve tedarik zinciri güvenliği politikalarının, Avrupa’nın stratejik otonomi arayışının ve Asya üretim-teknoloji blokunun güçlenmesinin izlenebileceği bir zaman aralığı sunmaktadır.

Veri setindeki ülkeler bilinçli olarak seçilmiştir. Almanya, İngiltere, Fransa, İtalya ve İspanya, Avrupa’nın en büyük sanayi ve teknoloji ekonomileri içinde yer almakta ve EPO sistemi açısından Avrupa teknoloji üretiminin ana gövdesini temsil etmektedir. Çin, Japonya ve Güney Kore, Asya’nın ileri teknoloji ve üretim kapasitesi bakımından en güçlü aktörlerini oluşturmaktadır. ABD, modern teknoloji politikası ve patent rekabetinin lider referans ülkesidir. Türkiye ise çalışmanın politika ilgisi bakımından seçilmiş olup, küresel teknoloji merkezileşmesi içinde yükselen ancak henüz sınırlı paya sahip bir ülke olarak değerlendirilmektedir.

Çalışmada ülkeler dört analitik kategori altında incelenmektedir.

- **İlk kategori ABD**'dir. ABD, tek başına ayrı bir blok olarak ele alınmaktadır; çünkü çalışma boyunca ortaya konulduğu üzere modern teknoloji politikası anlatısının merkezinde ABD modeli yer almaktadır. ABD'nin patent performansı, temel araştırma, DARPA tipi görev odaklı Ar-Ge, risk sermayesi, patent sistemi, büyük teknoloji firmaları ve stratejik teknoloji programlarıyla ilişkili olarak yorumlanmaktadır.
- **İkinci kategori Avrupa 5**'lisidir. Bu grup Almanya, İngiltere, Fransa, İtalya ve İspanya'dan oluşmaktadır. Avrupa 5'lisi tek bir homojen model değildir. Almanya mühendislik ve üretim derinliğiyle, İngiltere bilimsel araştırma ve finansal ekosistemiyle, Fransa kamu stratejisi ve büyük teknoloji programlarıyla, İtalya KOBİ ve sanayi bölgeleriyle, İspanya ise AB uyumlu yeşil-dijital dönüşüm modeliyle farklılaşmaktadır. Ancak bu beş ülke birlikte değerlendirildiğinde, Avrupa'nın EPO patent sistemi içindeki ana teknoloji üretim kapasitesini temsil etmektedir.
- **Üçüncü kategori Asya 3**'lüsüdür. Bu grup Çin, Japonya ve Güney Kore'den oluşmaktadır. Asya 3'lüsü, üretimden öğrenme, ölçek ekonomileri, büyük firma yapıları, yarı iletkenler, elektronik, batarya, otomotiv, telekomünikasyon ve kritik teknoloji alanlarında artan rekabet gücüyle öne çıkmaktadır. Bu grup içinde Japonya üretim kalitesi ve süreç disipliniyle, Güney Kore aktif patent sistemi ve büyük teknoloji firmalarıyla, Çin ise ölçekleme ve devlet yönlendirmesiyle farklılaşmaktadır.
- **Dördüncü kategori Türkiye**'dir. Türkiye, toplam teknoloji merkezileşmesi içinde ayrı olarak izlenmektedir. Bu ayırım, Türkiye'nin seçilen 10 ülke arasındaki göreceli patent performansını, Avrupa ve Asya blokları karşısındaki konumunu ve kritik teknoloji alanlarında geliştirmesi gereken kapasite boşluklarını değerlendirmek için gereklidir.

Tablo 33 : Araştırmada Kullanılan Ülke ve Blok Sınıflandırması

Analitik Grup	Ülkeler	Araştırmadaki İşlevi
ABD	ABD	Modern teknoloji politikası lider modeli ve karşılaştırma referansı
Avrupa 5'lisi	Almanya, İngiltere, Fransa, İtalya, İspanya	Avrupa teknoloji üretim kapasitesinin ana gövdesi
Asya 3'lüsü	Çin, Japonya, Güney Kore	Üretim, ölçekleme ve kritik teknoloji rekabetinin yükselen Asya merkezi
Türkiye	Türkiye	Teknolojik merkezileşme yapısı içinde yükselen ülke konumu

Kaynak: Yazarın çalışması.

Araştırmanın temel değişkeni, EPO 35 teknoloji alanında ülke bazlı patent başvuru sayısıdır. Bu değişken, her bir yıl ve teknoloji alanı için ülke düzeyinde ölçülmektedir. Bu temel değişkenden hareketle toplam başvuru sayısı, ülke payı, blok payı, teknoloji alanı payı, dönemsel değişim oranı ve yoğunlaşma göstergeleri hesaplanmaktadır.

İlk gösterge toplam patent başvuru sayısıdır. Bu gösterge, seçilen 10 ülkenin veya belirli bir bloğun belirli yıldaki toplam patent başvurusu hacmini göstermektedir. Kullanıcı tarafından sağlanan temel bulguya göre, analiz kapsamındaki toplam patent başvuruları 2016 yılında 158.728 düzeyinden 2025 yılında 201.608 düzeyine yükselmiştir. Bu artış, EPO 35 teknoloji alanında patent başvuru hacminin dönem boyunca büyüdüğünü göstermektedir.

İkinci gösterge ülke payıdır. Ülke payı, belirli bir ülkenin belirli yıldaki patent başvuru sayısının toplam patent başvuruları içindeki oranıdır. Bu gösterge, ülkelerin toplam teknoloji üretim sistemi içindeki göreceli ağırlığını göstermektedir. Ülke payı aşağıdaki biçimde hesaplanmaktadır:

Ülke Payı = Ülkenin ilgili yıldaki patent başvuru sayısı / Seçilen ülkelerin ilgili yıldaki toplam patent başvuru sayısı

Üçüncü gösterge blok payıdır. Blok payı, Avrupa 5’lisi, Asya 3’lüsü, ABD ve Türkiye’nin toplam başvurular içindeki ağırlığını göstermektedir. Çalışmanın temel tespitlerinden biri, seçilen 10 ülkenin dünya toplam patent başvuruları içindeki ağırlığının 2016-2025 döneminde yaklaşık %76 seviyesinde seyretmesidir. Bu bulgu, toplam patent başvuruları artarken teknoloji üretiminin hâlâ sınırlı sayıda ülke etrafında yoğunlaştığını göstermektedir.

Dördüncü gösterge teknoloji alanı payıdır. Bu gösterge, her ülkenin veya bloğun belirli teknoloji alanındaki ağırlığını göstermektedir. Örneğin dijital iletişim, bilgisayar teknolojileri, elektrikli makineler, tıbbi teknoloji, biyoteknoloji, yarı iletkenler veya enerji teknolojileri gibi alanlarda ülkelerin payları farklılaşabilmektedir. Böylece yalnızca toplam yoğunlaşma değil, teknoloji portföyü bazında merkezileşme de analiz edilebilmektedir.

Beşinci gösterge dönemsel değişimdir. Bu gösterge, 2016-2025 döneminde ülke veya blok düzeyinde patent başvuru sayılarının ve paylarının nasıl değiştiğini göstermektedir. Toplam başvuru sayısı artarken bir ülkenin payı sabit kalabilir, artabilir veya düşebilir. Bu nedenle mutlak başvuru artışı ile göreceli pay değişimi birlikte değerlendirilmelidir.

Altıncı gösterge yoğunlaşma eğilimidir. Çalışmada yoğunlaşma, seçilen ülke gruplarının toplam patent başvuruları içindeki paylarının yüksek ve kalıcı olması üzerinden yorumlanmaktadır. Bu yaklaşım, teknolojik merkezileşmenin temel göstergesini oluşturmaktadır. İleri aşamada yoğunlaşma Herfindahl-Hirschman Endeksi veya ilk 3, ilk 5, ilk 10 ülke payları üzerinden de genişletilebilir. Ancak bu çalışma, öncelikle seçilen 10 ülke ve bu ülkelerin blokları üzerinden yoğunlaşma eğilimini yorumlamaktadır.

Tablo 34 : Araştırmada Kullanılan Temel Göstergeler

Gösterge	Tanım	Analiz Amacı
Toplam patent başvurusu	Belirli yıl, ülke veya blok için toplam EPO patent başvuru sayısı	Teknoloji üretim hacmini göstermektedir
Ülke payı	Ülkenin toplam başvurular içindeki oranı	Ülkenin görece teknoloji ağırlığını göstermektedir
Blok payı	Avrupa 5’lisi, Asya 3’lüsü, ABD ve Türkiye’nin toplam içindeki oranı	Teknoloji rekabetinin bölgesel blok yapısını göstermektedir
Teknoloji alanı payı	Ülkenin veya bloğun belirli teknoloji alanındaki oranı	Teknoloji portföyü bazında uzmanlaşmayı göstermektedir
Dönemsel değişim	2016-2025 döneminde başvuru sayısı ve pay değişimi	Teknoloji rekabetindeki yön değişimini göstermektedir
Yoğunlaşma eğilimi	Patent başvurularının sınırlı ülke gruplarında kalıcı olarak toplanması	Teknolojik merkezileşme olgusunu göstermektedir

Kaynak: Yazarın çalışması.

6.3. Analiz Yaklaşımı

Araştırmada analiz üç düzeyde yürütülmektedir. Birinci düzey toplam sistem analizidir. Bu düzeyde 2016-2025 döneminde toplam patent başvuru sayılarındaki değişim, seçilen 10 ülkenin dünya toplamındaki ağırlığı ve teknoloji üretiminin genel merkezileşme eğilimi incelenmektedir. Bu aşama, çalışmanın temel bulgusunu oluşturan “toplam başvurular artarken teknoloji üretiminin belirli ülkelerde yoğunlaşmaya devam etmesi” sonucunu test etmektedir.

İkinci düzey blok analizidir. Bu aşamada ABD, Avrupa 5’lisi, Asya 3’lüsü ve Türkiye’nin toplam başvurular içindeki payları karşılaştırılmaktadır. Bu analiz, teknoloji rekabetinin ABD, Avrupa ve Asya eksenleri arasında nasıl dağıldığını göstermektedir. Özellikle Asya 3’lüsünün dönem içindeki ağırlık değişimi, Çin’in

yükselişı ve Japonya-Güney Kore'nin üretim-teknoloji kapasitesiyle birlikte yorumlanmaktadır.

Üçüncü düzey teknoloji alanı analizidir. Bu aşamada 35 teknoloji alanında ülke ve blokların payları incelenmektedir. Amaç, ülkelerin yalnızca toplam patent başvuru sayısı bakımından değil, teknoloji portföyü bakımından da farklılaşıp farklılaşmadığını ortaya koymaktır. Örneğin ABD'nin dijital, biyoteknoloji ve ileri hesaplama alanlarında; Almanya'nın mühendislik, makine ve otomotiv bağlantılı alanlarda; Japonya ve Kore'nin elektronik, yarı iletken ve üretim teknolojilerinde; Çin'in yükselen kritik teknoloji alanlarında; Türkiye'nin ise sınırlı fakat gelişme potansiyeli taşıyan teknoloji alanlarında nasıl konumlandığı bu düzeyde analiz edilebilecektir.

Bu araştırmanın yöntemi, önceki bölümlerde kurulan kuramsal çerçeveye doğrudan ilişkilidir. Patent başvuruları, teknolojik değişimin tek başına bütün boyutlarını temsil etmemektedir; ancak Ar-Ge yatırımının, teknik bilgi üretiminin, patent sisteminin ve rekabet avantajı arayışının görünür çıktılarından biridir. Bu nedenle patent verileri, teknolojik merkezleşmeyi analiz etmek için güçlü bir gösterge niteliği taşımaktadır.

Solow ve Romer çizgisindeki büyüme teorisi, teknolojik değişimin uzun dönemli büyüme açısından belirleyici olduğunu göstermektedir. Patent verileri, bu teknolojik değişimin ülke ve teknoloji alanı düzeyindeki izlerini takip etmeye imkân vermektedir. Ulusal yenilik sistemi yaklaşımı, patentlerin arkasında üniversiteler, firmalar, kamu kurumları, üretim kapasitesi ve finansman mekanizmaları bulunduğunu göstermektedir. Ülke modelleri bölümü ise patent performansının her ülkede farklı kurumsal patikalar üzerinden oluştuğunu ortaya koymaktadır.

Bu nedenle ampirik analizde elde edilecek sonuçlar, yalnızca sayısal dağılımlar olarak değil, ülke modelleri ve teknoloji politikası

kapasitesi bağlamında yorumlanacaktır. Örneğin Asya bloğunun payındaki artış, yalnızca Çin, Japonya ve Güney Kore'nin daha fazla başvuru yapması olarak değil, üretimden öğrenme, ölçekleme, patent stratejisi, tedarik zinciri ve kritik teknoloji portföylerinin güçlenmesi olarak değerlendirilecektir. Benzer şekilde Avrupa 5'lisinin payı, tek bir Avrupa modeli olarak değil, Almanya, İngiltere, Fransa, İtalya ve İspanya'nın farklı teknoloji politikası bileşimlerinin toplam sonucu olarak okunacaktır.

7. BULGULAR: KÜRESEL TEKNOLOJİK MERKEZİLEŞME

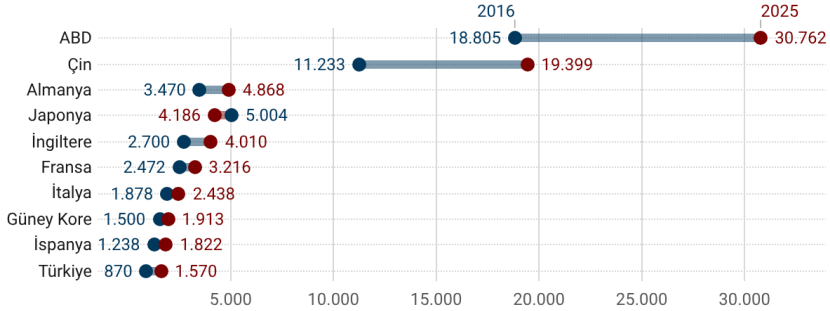
7.1. Ekonomik Büyüklük ve Teknoloji Rekabeti

EPO 35 teknoloji alanındaki patent başvurularını değerlendirmeden önce, seçilen ülkelerin ekonomik ölçeklerinin karşılaştırılması gerekmektedir. Çünkü patent performansı yalnızca hukuki başvuru davranışını değil; aynı zamanda ülkelerin ekonomik büyüklüğü, Ar-Ge kapasitesi, firma yapısı, beşerî sermaye birikimi, üretim altyapısı ve teknoloji politikası kurumlarıyla ilişkili bir çıktı göstergesi niteliği taşımaktadır. Bu nedenle GSYH büyüklüğü, ülkelerin teknoloji üretim kapasitesini yorumlamak için doğrudan açıklayıcı olmasa da önemli bir ölçek göstergesi sunmaktadır.

2016-2025 döneminde seçilen ülkeler içinde ABD ve Çin açık biçimde en büyük iki ekonomik ölçegi temsil etmektedir. ABD'nin cari fiyatlarla GSYH'si 2016 yılında 18,8 trilyon ABD doları iken 2025 yılında 30,8 trilyon ABD dolarına yükselmektedir. Çin ise aynı dönemde 11,2 trilyon ABD dolarından 19,4 trilyon ABD dolarına çıkmaktadır. Bu iki ülke, yalnızca ekonomik hacim bakımından değil, küresel teknoloji rekabetinin yönünü belirleyen stratejik aktörler olarak da öne çıkmaktadır.

Şekil 27 : Seçilen Ülkelerin GSYH Değerleri Değişimi, 2016-2025
(milyar \$)

Seçilen Ülkelerin GSYH Değerleri, 2016-2025 (milyar \$)



Kaynak: IMF Ulusal Hesaplar (2026) İstatistiklerinden yazar tarafından üretilmiştir.

Avrupa 5’lisi içinde Almanya en büyük ekonomik ölçeğe sahip ülke konumundadır. Almanya’yı İngiltere, Fransa, İtalya ve İspanya izlemektedir. Japonya’nın GSYH’sinde 2021-2025 döneminde belirgin bir gerileme görülmekte; Güney Kore ise daha sınırlı fakat istikrarlı bir ekonomik büyüklük artışı sergilemektedir. Türkiye’nin GSYH’si 2016’da 869,7 milyar ABD doları iken 2025’te 1.570,0 milyar ABD dolarına yükselmekte; iki dönem ortalaması itibarıyla %44,15’lik artışla seçilen ülkeler arasında yüksek bir nominal değişim göstermektedir.

*Tablo 35 : Seçilen Ülkelerin GSYH Değerleri, Cari Fiyatlarla
Milyar ABD Doları*

Ülke	2016	2025	I.Dönem 2016- 2020 Ort.	II.Dönem 2021- 2025 Ort.	I ve II. Dönem Değişim Oranı (%)
ABD	18804,9	30762,1	20398	27530	34,97%
Çin	11233,3	19398,6	13281	18329	38,00%
Almanya	3469,9	4868,0	3774	4516	19,64%
Japonya	5004,4	4186,4	5030	4343	-13,66%
İngiltere	2699,7	4010,0	2764	3455	25,02%
Fransa	2472,0	3216,0	2645	3030	14,56%
İtalya	1877,5	2438,0	1968	2241	13,86%
Güney Kore	1500,1	1913,0	1629	1795	10,16%
İspanya	1237,7	1822,0	1329	1607	20,97%
Türkiye	869,7	1570,0	798	1150	44,15%

Kaynak: IMF Ulusal Hesaplar (2026) İstatistiklerinden yazar tarafından üretilmiştir.

Ekonomik ölçek karşılaştırması, seçilen teknoloji merkezleri arasında belirgin bir büyüklük farkı olduğunu göstermektedir. 2021-2025 dönem ortalamasında ABD yaklaşık 27,5 trilyon ABD doları GSYH ile tekil ülke olarak en büyük ağırlığa sahiptir. Çin, Japonya ve Güney Kore'den oluşan Asya 3'lüsünün toplam ekonomik hacmi 24,5 trilyon ABD doları civarındadır. Avrupa 5'lisi 14,8 trilyon ABD doları ile daha sınırlı bir toplam büyüklüğe sahip olmakla birlikte güçlü sanayi ve teknoloji birikimini korumaktadır. Türkiye'nin aynı dönemdeki ortalama GSYH'si ise 1,15 trilyon ABD doları düzeyindedir.

Tablo 36 : Seçilmiş Teknoloji Odaklarının Ekonomik Ölçeği ve Dönemsel Büyüme Profili

Ülke Grubu	I.Dönem 2016-2020 GSYH Ortalanası (milyar \$)	II.Dönem 2021-2025 GSYH Ortalanası (milyar \$)	I ve II. Dönem Değişim Oranı (%)
ABD	20.398	27.530	34,97%
EU5	12.480	14.849	18,98%
AS3	19.941	24.467	22,70%
Türkiye	798	1.150	44,15%

Kaynak: IMF Ulusal Hesaplar (2026) İstatistiklerinden yazar tarafından üretilmiştir.

Türkiye'nin bu teknoloji odakları karşısındaki ekonomik ölçeği sınırlı olmakla birlikte dönem içinde kısmi bir iyileşme göstermektedir. 2025 yılı değerleriyle Türkiye ekonomisi ABD ekonomisinin %5,1'i, Avrupa 5'lisi toplamının %9,6'sı ve Asya 3'lüsü toplamının %6,2'si büyüklüğündedir. Dönem ortalamaları üzerinden bakıldığında Türkiye'nin göreceli ağırlığı ABD karşısında %3,9'dan %4,1'e, Avrupa 5'lisi karşısında %6,4'ten %7,7'ye ve Asya 3'lüsü karşısında %4,0'tan %4,7'ye çıkmaktadır. Bu görünüm, Türkiye'nin seçilen merkezlere göre hâlâ küçük ölçekli bir ekonomi olduğunu, ancak 2021-2025 döneminde göreceli ekonomik konumunda sınırlı da olsa güçlenme bulunduğunu göstermektedir.

Tablo 37 : Türkiye'nin Seçilen Ülke Gruplarına Göre Göreceli GSYH Büyüklüğü (%)

Ülke Grubu	I.Dönem 2016-2020 Ort.	II.Dönem 2021-2025 Ort.	I ve II. Dönem Değişim Oranı (%)
ABD	3,9%	4,1%	4,8%
EU5	6,4%	7,7%	19,4%
AS3	4,0%	4,7%	15,9%

Kaynak: IMF Ulusal Hesaplar (2026) İstatistiklerinden yazar tarafından üretilmiştir.

Bu tablo seti, patent analizine geçmeden önce önemli bir ölçek farkını ortaya koymaktadır. Türkiye, ekonomik büyüklük bakımından seçilen merkez ülke ve blokların oldukça gerisinde olmakla birlikte, nominal GSYH bakımından 2021-2025 döneminde görece bir artış sergilemektedir. Ancak bu görece ekonomik artışın patent performansına aynı ölçüde yansıyor yansımadığı ayrıca incelenmelidir. Çalışmanın temel bulgularından biri de tam bu noktada ortaya çıkmaktadır: Ekonomik ölçekteki artış, otomatik olarak teknolojik patent performansına dönüşmemektedir.

7.2. Toplam Patent Başvurularının Gelişimi

EPO 35 teknoloji alanındaki toplam patent başvuruları 2016 yılında 158.728 iken 2025 yılında 201.608'e yükselmektedir. Bu artış, küresel patent sisteminde teknoloji üretim hacminin genişlediğini göstermektedir. 2016-2020 dönem ortalaması 171.693 iken, 2021-2025 dönem ortalaması 196.306'ya yükselmekte ve iki dönem arasında %14,34'lük artış gerçekleşmektedir.

Ancak toplam patent başvurularındaki artış, teknolojik kapasitenin dünyaya dengeli biçimde yayıldığı anlamına gelmemektedir. Aksine, başvuru artışının büyük bölümü hâlâ belirli ülke ve ülke grupları etrafında yoğunlaşmaktadır. Bu durum, çalışmanın merkezinde yer alan teknolojik merkezileşme tezini desteklemektedir.

ABD'nin patent başvuruları 2016 yılında 39.994 iken 2025 yılında 47.000'e yükselmektedir. ABD'nin 2016-2020 dönem ortalaması 43.194, 2021-2025 dönem ortalaması ise 47.514'tür. Bu artış %10 düzeyindedir. ABD, seçilen ülkeler arasında güçlü ve istikrarlı bir patent üretim kapasitesini korumaktadır.

Avrupa 5'lisinde ise daha sınırlı bir artış görülmektedir. EU5'in patent başvuruları 2016 yılında 46.167 iken 2025 yılında 48.184'e yükselmektedir. Dönem ortalamaları itibarıyla artış yalnızca %1,29'dur. Bu sonuç, Avrupa 5'lisinin güçlü bir patent

tabanını koruduğunu ancak dönem içinde dinamik bir sıçrama gerçekleştiremediğini göstermektedir.

Asya 3'lüsü en güçlü artışı göstermektedir. AS3'ün patent başvuruları 2016 yılında 34.683 iken 2025 yılında 57.626'ya yükselmektedir. 2016-2020 dönem ortalaması 39.525, 2021-2025 dönem ortalaması ise 52.909'dur. İki dönem arasındaki artış %33,86'dır. Bu bulgu, Japonya, Güney Kore ve özellikle Çin'in etkisiyle Asya teknoloji bloğunun EPO patent sisteminde ağırlığını belirgin biçimde artırdığını göstermektedir.

Türkiye'nin patent başvuruları ise 2016 yılında 516 iken 2025 yılında 656 düzeyine çıkmaktadır. Ancak dönem ortalamaları itibarıyla artış yalnızca %1,30'dur. Türkiye'nin 2021 yılında 735 başvuruya ulaşması önemli bir sıçrama göstergesi olmakla birlikte, 2025'te 656 seviyesine gerilemesi, patent performansında istikrarlı ve kalıcı bir ivmenin henüz oluşmadığını düşündürmektedir.

Tablo 38 : 35 Teknoloji Alanında EPO Başvurularının Ülke Gruplarına Göre Dönemsel Dağılımı

Ülke / Grup	I.Dönem 2016-2020 Patent Başvuru Ortalaması	II.Dönem 2021-2025 Patent Başvuru Ortalaması	I ve II. Dönem Değişim Oranı (%)
Tüm Ülkeler	171.693	196.306	14,34%
ABD	43.194	47.514	10,00%
EU5	47.950	48.570	1,29%
AS3	39.525	52.909	33,86%
Türkiye	614	622	1,30%

Kaynak: Avrupa Patent Ofisi (EPO) (2026) İstatistiklerinden yazar tarafından üretilmiştir.

Tablo 38'den çıkan genel resim, teknoloji rekabetinin nicel hacminde genişleme olduğunu, ancak bu genişlemenin ülkeler arasında eşit dağılmadığını göstermektedir. Toplam başvuru sayısı

artarken artışın en güçlü ivmesi Asya 3'lüsünden gelmektedir. Avrupa 5'lisi yüksek başvuru tabanını korumakta, fakat ikinci dönemde belirgin bir sıçrama üretmemektedir. Türkiye bakımından ise ekonomik ölçekteki büyümeye karşın patent başvuru performansında aynı düzeyde güçlü ve sürekli bir artış görülmemektedir.

Bu bulgu, 6.1'de ortaya konulan ekonomik ölçek tablosuyla birlikte okunduğunda daha anlamlı hale gelmektedir. Türkiye'nin 2021-2025 dönemindeki göreceli GSYH artışı, patent performansına aynı ölçüde yansımamaktadır. Buna karşılık Asya 3'lüsü, ekonomik ölçek artışını patent başvuru performansına daha güçlü biçimde dönüştürebilmektedir. Bu durum, patent üretiminde yalnızca ekonomik büyüklüğün değil, teknoloji politikası modeli, üretimden öğrenme, firma kapasitesi, Ar-Ge sistemi, patent stratejisi ve kritik teknoloji portföylerinin belirleyici olduğunu göstermektedir.

7.3. Türkiye'nin Göreceli Patent Performansı

Türkiye'nin küresel teknoloji odakları karşısındaki konumu, yalnızca mutlak patent başvuru sayılarıyla değil, ABD, Avrupa 5'lisi ve Asya 3'lüsü karşısındaki göreceli performansı ile de değerlendirilmelidir. Bu karşılaştırma, Türkiye'nin ekonomik büyüklükteki göreceli artışının teknoloji üretimi alanında ne ölçüde karşılık bulduğunu göstermesi bakımından önemlidir.

2016 yılında Türkiye'nin patent başvuru sayısı ABD'nin %1,3'ü, EU5'in %1,1'i ve AS3'ün %1,5'i düzeyindedir. 2025 yılına gelindiğinde Türkiye'nin göreceli patent büyüklüğü ABD karşısında %1,4, EU5 karşısında %1,4 ve AS3 karşısında %1,1 düzeyinde gerçekleşmektedir. İlk bakışta ABD ve EU5 karşısında sınırlı bir göreceli istikrar görülmekle birlikte, dönem ortalamaları daha dikkatli bir sonuç ortaya koymaktadır.

2016-2020 döneminde Türkiye'nin patent başvuruları ABD'nin %1,4'ü düzeyinde iken, 2021-2025 döneminde bu oran

%1,3'e gerilemektedir. EU5 karşısında oran %1,3'ten yine %1,3'e yakın kalmakta ve değişim -%0,2 düzeyinde gerçekleşmektedir. Asya 3'lüsü karşısında ise Türkiye'nin görelî patent performansı %1,6'dan %1,2'ye düşmekte ve -%24,9'luk gerileme ortaya çıkmaktadır. Bu sonuç, özellikle Asya teknoloji bloğunun hızlı yükselişî karşısında Türkiye'nin görelî konumunun zayıfladığını göstermektedir.

Tablo 39 : Türkiye'nin Seçilmiş Teknoloji Merkezlerine Göre EPO Patent Ağırlığı

Ülke Grubu	I.Dönem 2016-2020 Ort.	II.Dönem 2021-2025 Ort.	I ve II. Dönem Değişim Oranı (%)
ABD	1,4%	1,3%	-8,2%
EU5	1,3%	1,3%	-0,2%
AS3	1,6%	1,2%	-24,9%

Kaynak: Avrupa Patent Ofisi (EPO) (2026) İstatistiklerinden yazar tarafından üretilmiştir.

Bu tablo, Türkiye açısından kritik bir politika sonucuna işaret etmektedir. Türkiye'nin ekonomik büyüklüğü 2021-2025 döneminde görelî olarak artarken, aynı dönemde küresel teknoloji odakları karşısındaki patent performansı aynı yönde güçlenmemektedir. Özellikle Asya 3'lüsü karşısındaki görelî düşüş, Türkiye'nin teknoloji rekabetinde üretimden öğrenme, ölçekleme, patent portföyü yönetimi, kritik teknoloji alanlarına odaklanma ve uluslararası patent stratejisi bakımından daha güçlü bir politika çerçevesine ihtiyaç duyduğunu göstermektedir.

Bu sonuç, çalışmanın kuramsal bölümleriyle uyumludur. Patent performansı yalnızca GSYH büyüklüğünün doğâl sonucu değildir. Patent başvurularının artması için Ar-Ge harcamalarının gerçek teknolojik çıktılara dönüşmesi, üniversite-sanayi bağlantısının güçlenmesi, firmaların patent stratejisi geliştirmesi,

araştırmacı ve mühendis kapasitesinin kritik teknoloji alanlarına yönlendirilmesi, patentli buluşların ticarileşmesi ve uluslararası pazarlarda korunması gerekmektedir.

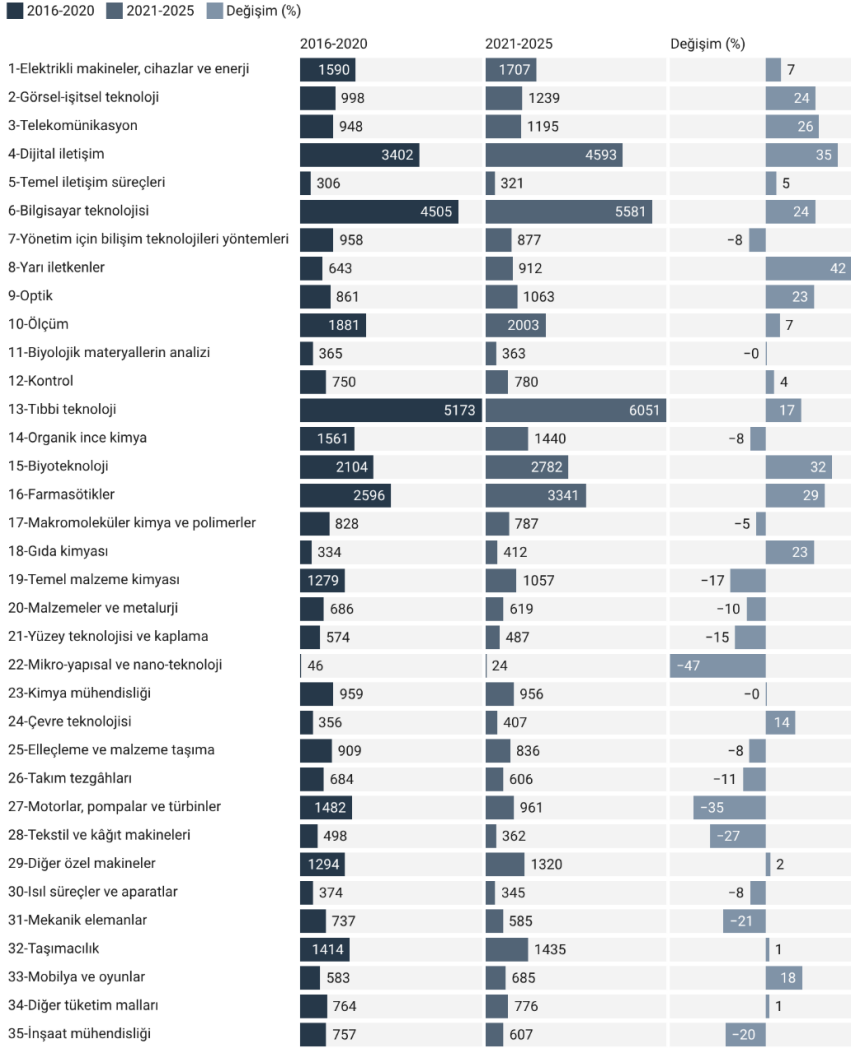
Netice itibarıyla, 6.1, 6.2 ve 6.3 birlikte değerlendirildiğinde üç temel bulgu ortaya çıkmaktadır. Birincisi, seçilen teknoloji merkezleri arasında ekonomik ölçek bakımından ABD, Çin, Avrupa 5’lisi ve Asya 3’lüsü açık biçimde öne çıkmaktadır. İkincisi, 2016-2025 döneminde EPO 35 teknoloji alanındaki toplam patent başvuruları artmakta; ancak artışı en dinamik kaynağı Asya 3’lüsü olmaktadır. cs, Türkiye ekonomik büyüklüğünde göreli artış göstermesine rağmen, küresel teknoloji odakları karşısındaki patent performansını aynı ölçüde glendirememektedir. Bu durum, Türkiye açısından patent başvuru sayısını artırmanın ötesine geçen, kritik teknoloji portföyleri, canlı patent stoku, ticarileştirme, üretim ölçekleme ve uluslararası başvuru stratejisini birlikte ele alan yeni bir teknoloji politikası ihtiyaına işaret etmektedir.

7.4. lke ve Bölge Bazlı Patent Profilleri

7.4.1. ABD

ABD, 2016-2025 döneminde EPO 35 teknoloji alanı içinde en güçlü ve en dengeli teknoloji portföylerinden birini korumaktadır. 2021-2025 döneminde ABD’nin en yüksek ortalama patent başvuru alanları tıbbi teknoloji, bilgisayar teknolojisi, dijital iletişim, farmasötikler, biyoteknoloji ve ölçüm teknolojileridir. Bu yapı, ABD teknoloji modelinin bilimsel araştırma, yaşam bilimleri, dijital teknolojiler, yazılım, biyoteknoloji ve yüksek katma değerli bilgi üretimi etrafında yoğunlaştığını göstermektedir.

Şekil 28 : ABD'nin EPO Patent Performansı (2016-2025)



Kaynak: Avrupa Patent Ofisi (EPO) (2026) İstatistiklerinden yazar tarafından üretilmiştir.

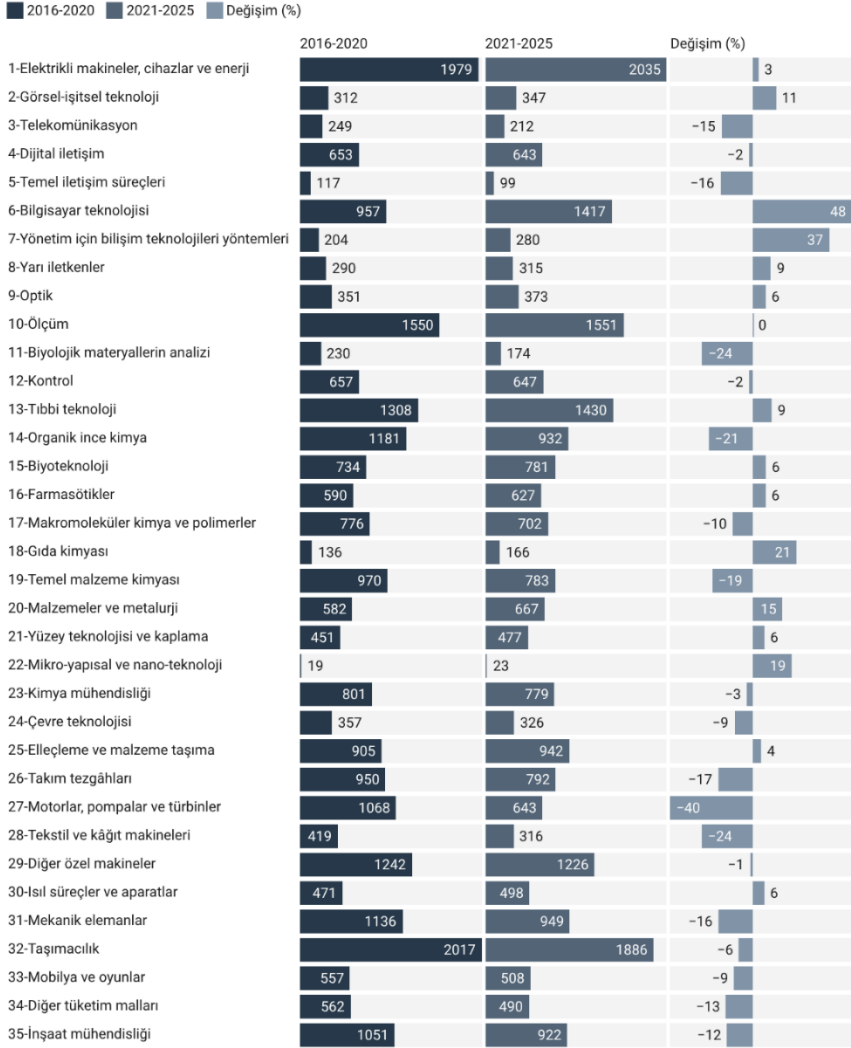
ABD'nin dönemsel artışları özellikle yarı iletkenler, dijital iletişim, biyoteknoloji, farmasötikler, telekomünikasyon, bilgisayar teknolojisi ve görsel-işitsel teknolojilerde belirgindir. Buna karşılık motorlar, pompalar ve türbinler; tekstil ve kâğıt makineleri; mekanik

elemanlar; inşaat mühendisliği ve bazı malzeme teknolojilerinde gerileme görülmektedir. Bu tablo, ABD'nin ileri dijital ve bilim-temelli alanlarda gücünü artırırken, bazı klasik mühendislik ve makine alanlarında görece daha sınırlı bir performans sergilediğini ortaya koymaktadır.

7.4.2. Almanya

Almanya'nın patent portföyü, ülkenin tarihsel mühendislik ve sanayi gücüyle uyumlu biçimde elektrikli makineler, taşıt teknolojileri, ölçüm, tıbbi teknoloji, diğer özel makineler, mekanik elemanlar, takım tezgâhları ve inşaat mühendisliği gibi alanlarda yoğunlaşmaktadır. Almanya, 2021-2025 döneminde özellikle bilgisayar teknolojisi ve yönetim için bilişim teknolojileri yöntemlerinde güçlü artış göstermektedir. Bu sonuç, Alman sanayi modelinin dijitalleşme ve Endüstri 4.0 dönüşümüyle birlikte bilgi teknolojileri alanında da kapasite artırmaya çalıştığını göstermektedir.

Şekil 29 : Almanya'nın EPO Patent Performansı (2016-2025)



Kaynak: Avrupa Patent Ofisi (EPO) (2026) İstatistiklerinden yazar tarafından üretilmiştir.

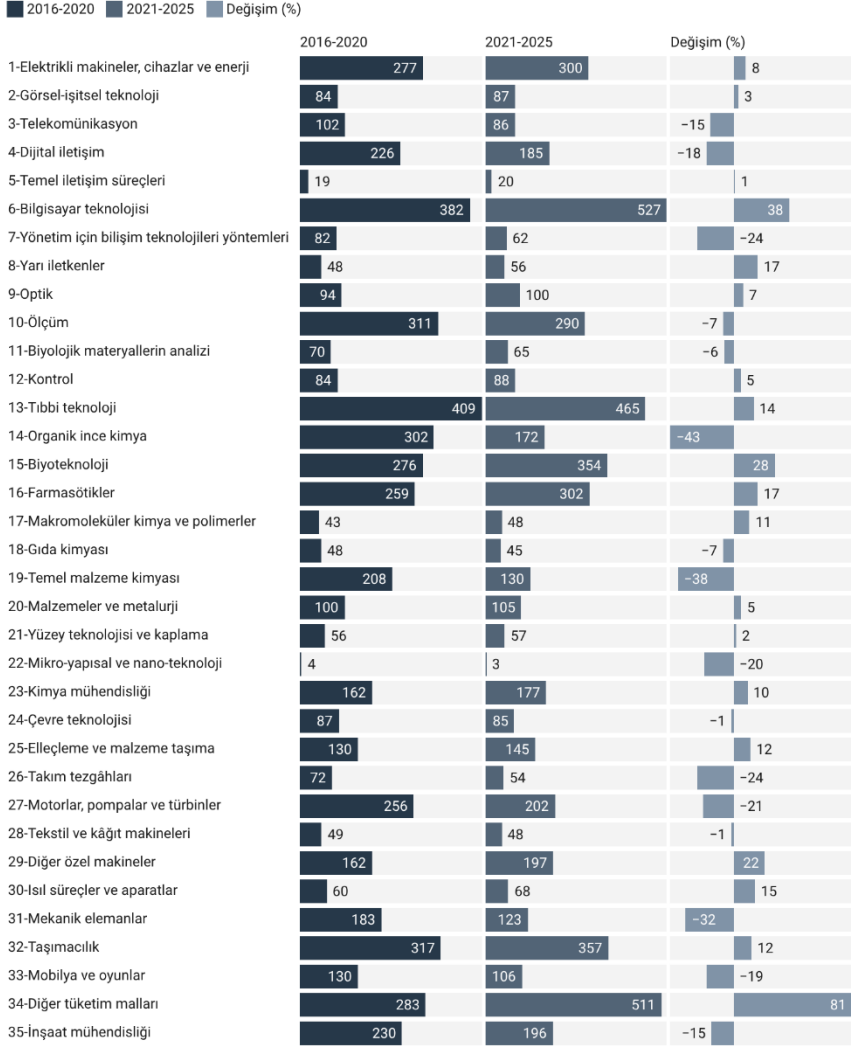
Buna karşılık motorlar, pompalar ve türbinler; organik ince kimya; takım tezgâhları; mekanik elemanlar ve bazı iletişim teknolojilerinde gerileme görülmektedir. Almanya hâlâ Avrupa'nın en güçlü mühendislik ve sanayi patent merkezidir; ancak dijital

iletişim, telekomunikasyon ve yarı iletkenler gibi alanlarda ABD ve Asya karşısındaki rekabet baskısı belirginleşmektedir.

7.4.3. İngiltere

İngiltere'nin EPO patent portföyü, ABD ve Almanya'ya kıyasla daha sınırlı hacme sahip olmakla birlikte, bilgisayar teknolojisi, tıbbi teknoloji, biyoteknoloji, farmasötikler, ölçüm, taşıt teknolojileri ve diğerk tüketim malları gibi alanlarda belirginleşmektedir.

Şekil 30 : İngiltere'nin EPO Patent Performansı (2016-2025)



Kaynak: Avrupa Patent Ofisi (EPO) (2026) İstatistiklerinden yazar tarafından üretilmiştir.

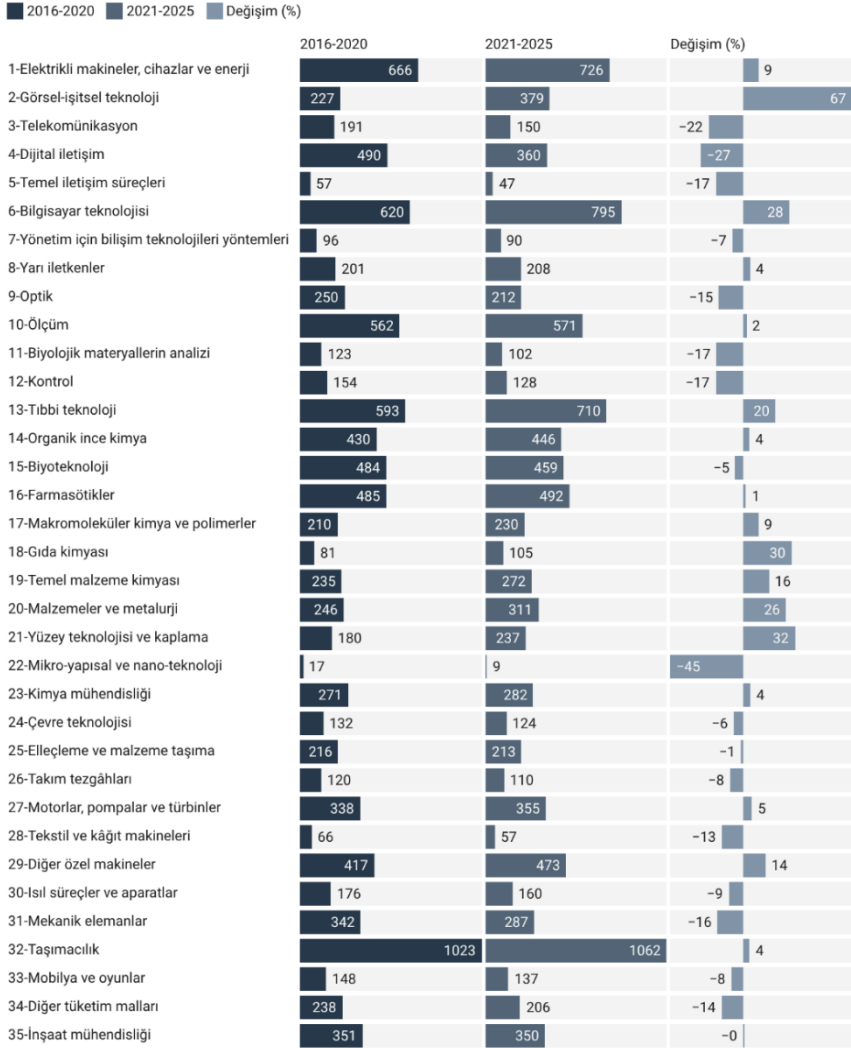
2021-2025 döneminde bilgisayar teknolojisi, biyoteknoloji, farmasötikler ve diğer tüketim mallarında artış görülmektedir. Bu durum, İngiltere'nin bilimsel araştırma, yaşam bilimleri, yazılım ve belirli tüketici/yaratıcı teknoloji alanlarında görece güçlü konumunu

yansıtmaktadır. Buna karşılık organik ince kimya, temel malzeme kimyası, mekanik elemanlar, takım tezgâhları, dijital iletişim ve telekomünikasyon gibi alanlarda gerileme bulunmaktadır. İngiltere modeli açısından bu tablo, güçlü bilimsel sermaye ve finansal ekosisteme rağmen patent portföyünün üretim ve ileri imalat alanlarında Almanya kadar derinleşmediğini göstermektedir.

7.4.4. Fransa

Fransa'nın patent profili tıbbi teknoloji, taşıt teknolojileri, bilgisayar teknolojisi, elektrikli makineler, ölçüm, farmasötikler, biyoteknoloji, organik ince kimya ve diğer özel makineler alanlarında yoğunlaşmaktadır. 2021-2025 döneminde görsel-işitsel teknoloji, bilgisayar teknolojisi, tıbbi teknoloji, gıda kimyası, malzemeler ve metalurji, yüzey teknolojisi ve kaplama gibi alanlarda artış dikkat çekmektedir. Bu yapı, Fransa'nın kamu araştırma kurumları, sağlık teknolojileri, mühendislik ve seçici kamu stratejisiyle uyumlu bir patent profili sergilediğini göstermektedir.

Şekil 31 : Fransa'nın EPO Patent Performansı (2016-2025)



Kaynak: Avrupa Patent Ofisi (EPO) (2026) İstatistiklerinden yazar tarafından üretilmiştir.

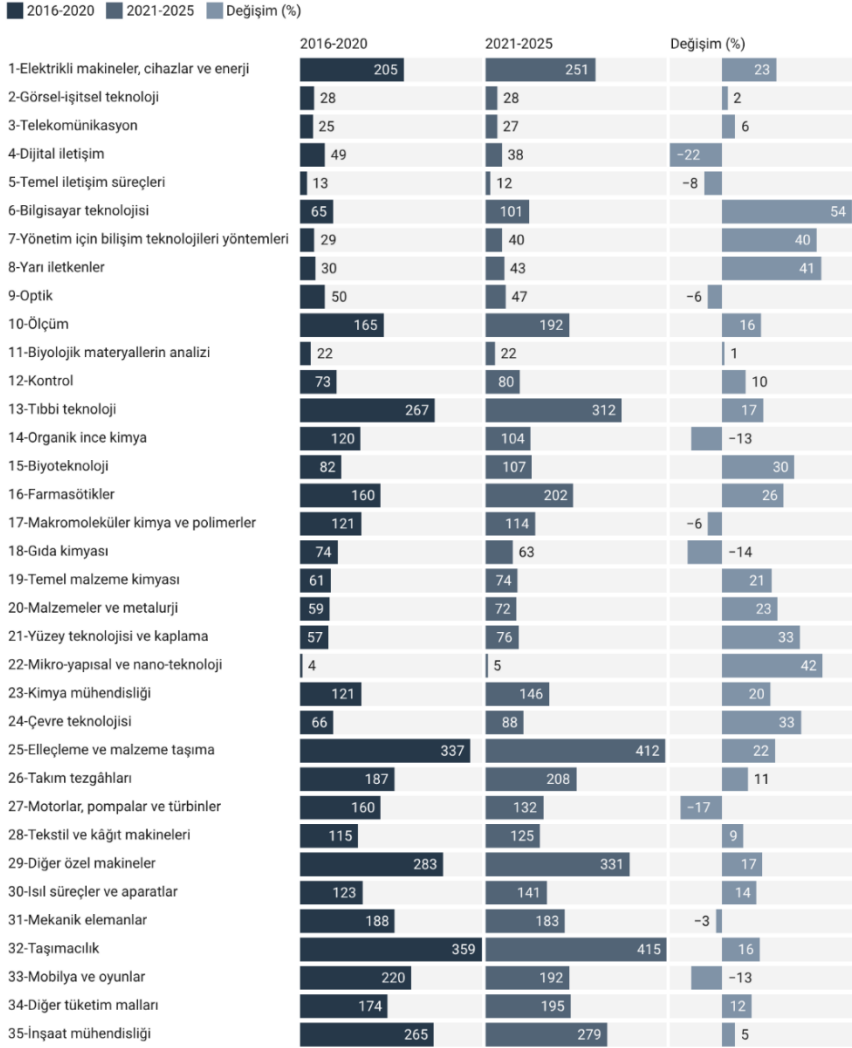
Buna karşılık dijital iletişim, telekomünikasyon, temel iletişim süreçleri, optik, biyoteknoloji ve mikro-yapısal/nano-teknoloji alanlarında gerileme bulunmaktadır. Fransa'nın güçlü kamu stratejisi ve araştırma altyapısına rağmen, bazı hızlı büyüyen

dijital teknoloji alanlarında ABD ve Asya karşısında sınırlı kaldığı görülmektedir.

7.4.5. İtalya

İtalya'nın patent portföyü, ülkenin sanayi bölgeleri, KOBİ tabanı, makine imalatı, tasarım ve üretim becerisiyle uyumlu bir görünüm sunmaktadır. Taşıt teknolojileri, elleçleme ve malzeme taşıma, diğer özel makineler, tıbbi teknoloji, inşaat mühendisliği, elektrikli makineler, mekanik elemanlar ve takım tezgâhları öne çıkan alanlardır. 2021-2025 döneminde bilgisayar teknolojisi, yönetim için bilişim teknolojileri yöntemleri, yarı iletkenler, biyoteknoloji, farmasötikler, yüzey teknolojisi, çevre teknolojisi ve malzeme taşıma alanlarında artış görülmektedir.

Şekil 32 : İtalya'nın EPO Patent Performansı (2016-2025)



Kaynak: Avrupa Patent Ofisi (EPO) (2026) İstatistiklerinden yazar tarafından üretilmiştir.

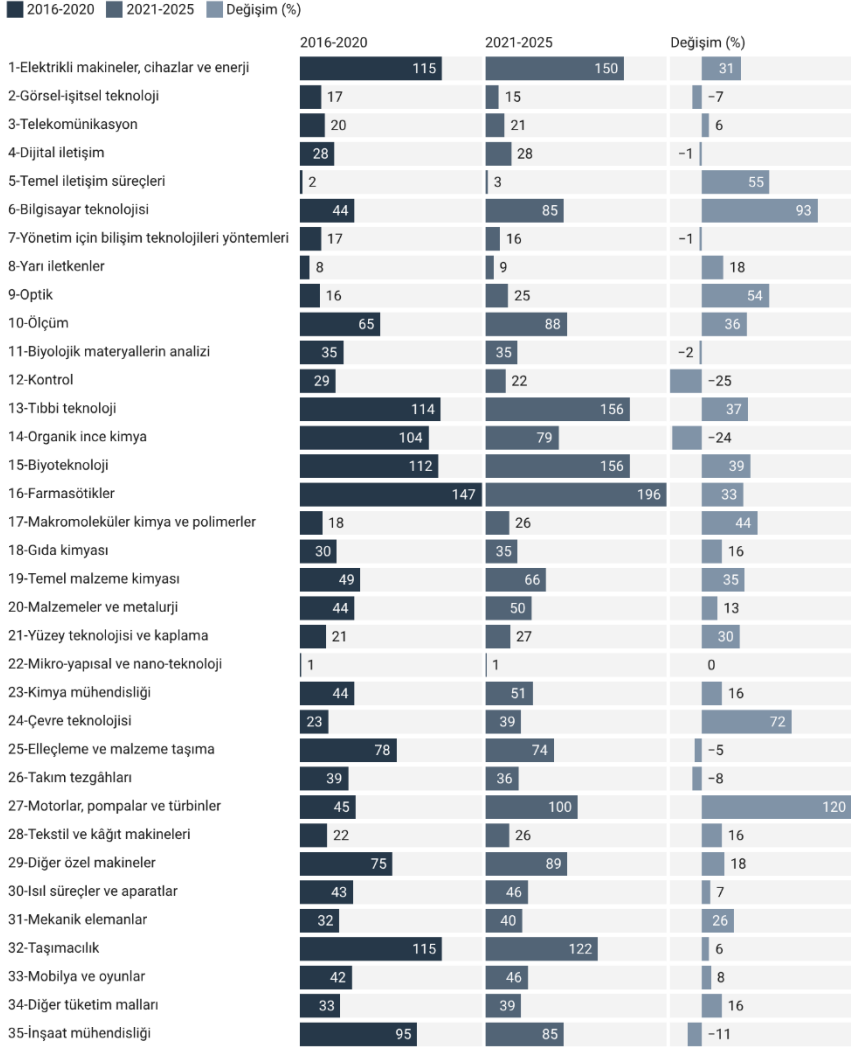
İtalya'nın güçlü yönü, büyük ölçekli platform teknolojilerinden çok üretim teknolojileri, niş sanayi alanları, makine, tasarım ve uygulamaya dönük teknik alanlarda ortaya çıkmaktadır. Ancak dijital iletişim, organik ince kimya, gıda

kimyası, motorlar ve bazı tüketim alanlarında gerileme bulunmaktadır. Bu tablo, İtalya'nın sanayi mirasının güçlü olduğunu; ancak kritik dijital ve derin teknoloji alanlarında daha güçlü ölçekleme mekanizmalarına ihtiyaç duyduğunu göstermektedir.

7.4.6. İspanya

İspanya'nın patent hacmi Avrupa 5'lisi içinde daha sınırlı olmakla birlikte, tıbbi teknoloji, farmasötikler, biyoteknoloji, elektrikli makineler, taşıt teknolojileri, ölçüm, çevre teknolojisi ve motorlar/pompalar/türbinler alanlarında artış eğilimi göstermektedir. Özellikle bilgisayar teknolojisi, çevre teknolojisi, motorlar-pompalar-türbinler, optik, biyoteknoloji ve tıbbi teknoloji alanlarındaki artışlar dikkat çekicidir.

Şekil 33 : İspanya'nın EPO Patent Performansı (2016-2025)



Kaynak: Avrupa Patent Ofisi (EPO) (2026) İstatistiklerinden yazar tarafından üretilmiştir.

Bu yapı, İspanya'nın yeşil dönüşüm, sağlık teknolojileri, enerji, dijitalleşme ve AB destekli firma inovasyonu üzerinden teknoloji kapasitesini geliştirmeye çalıştığını göstermektedir. Buna karşılık ülkenin toplam patent hacmi hâlâ sınırlıdır. Bu nedenle

İspanya açısından temel mesele, mevcut yeşil-dijital dönüşüm potansiyelini daha yüksek değerli patent portföylerine ve uluslararası teknoloji ölçeklenmesine dönüştürmektir.

7.4.7. Çin

Çin, 2016-2025 döneminde en hızlı yükselen patent aktörlerinden biridir. Elektrikli makineler, dijital iletişim, bilgisayar teknolojisi, yarı iletkenler, tıbbi teknoloji, biyoteknoloji, organik ince kimya, malzemeler ve metalurji, taşıt teknolojileri ve görsel-işitsel teknoloji alanlarında çok güçlü artışlar görülmektedir. Bu artışlar, Çin'in üretim ölçeği, devlet yönlendirmesi, yerli yenilik politikası ve kritik teknoloji portföylerine odaklanan teknoloji stratejisiyle uyumludur.

Şekil 34 : Çin'in EPO Patent Performansı (2016-2025)



Kaynak: Avrupa Patent Ofisi (EPO) (2026) İstatistiklerinden yazar tarafından üretilmiştir.

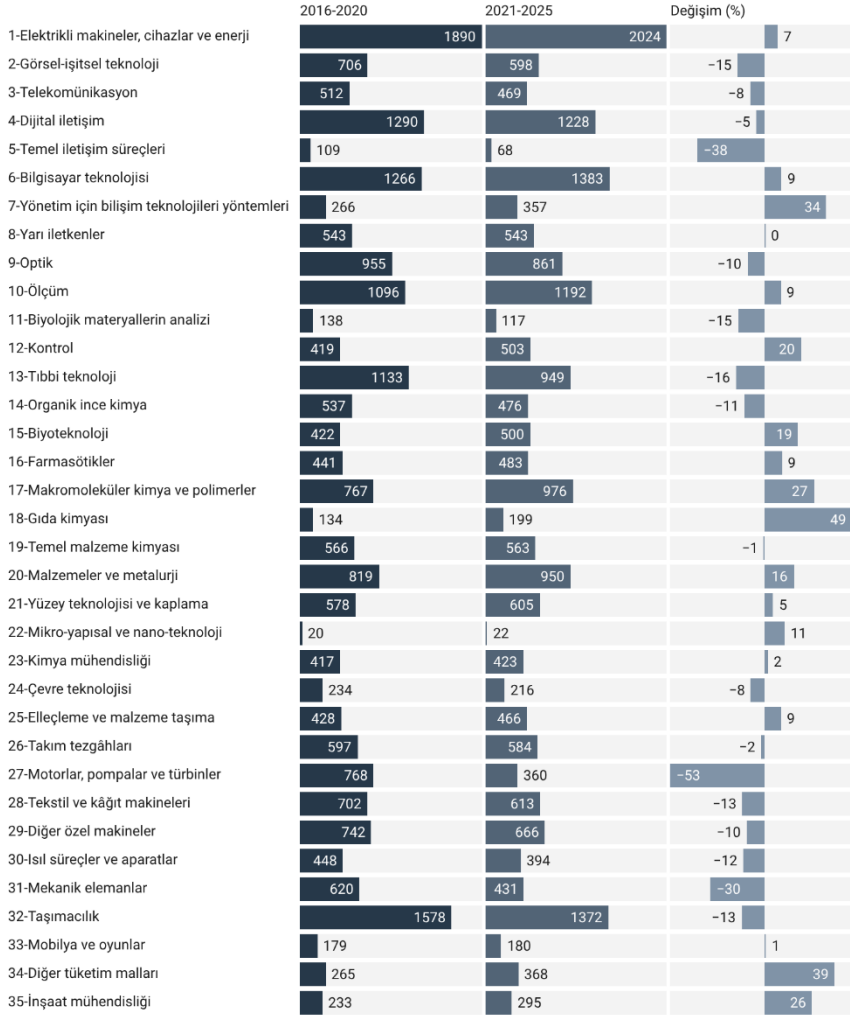
Çin'in patent portföyündeki en dikkat çekici nokta, artışların yalnızca bir veya iki alana sıkışmaması; elektronik, dijital, sağlık, malzeme, taşıt, enerji ve kimya bağlantılı çok sayıda teknoloji alanına yayılmasıdır. Bu tablo, Çin'in düşük maliyetli üretimden

kritik teknoloji portföyü oluşturan bir yapıya geçme çabasının EPO patent verilerine yansıdığını göstermektedir.

7.4.8. Japonya

Japonya'nın patent portföyü elektrikli makineler, taşıt teknolojileri, bilgisayar teknolojisi, dijital iletişim, ölçüm, optik, tıbbi teknoloji, makromoleküler kimya ve polimerler, malzemeler ve metalurji gibi alanlarda yoğunlaşmaktadır. Bu yapı Japonya'nın üretimden öğrenme, kalite disiplini, elektronik, optik, taşıt ve malzeme teknolojilerindeki tarihsel gücüyle uyumludur.

Şekil 35 : Japonya'nın EPO Patent Performansı (2016-2025)



Kaynak: Avrupa Patent Ofisi (EPO) (2026) İstatistiklerinden yazar tarafından üretilmiştir.

Ancak 2021-2025 döneminde Japonya'nın birçok alanda yatay veya gerileyen bir performans sergilediği görülmektedir. Motorlar, pompalar ve türbinler; mekanik elemanlar; taşıt teknolojileri; tıbbi teknoloji; dijital iletişim; telekomünikasyon ve görsel-işitsel teknoloji alanlarında gerileme dikkat çekmektedir.

Buna karşılık makromoleküler kimya, gıda kimyası, biyoteknoloji, malzemeler ve inşaat mühendisliği gibi alanlarda artış vardır. Bu tablo, Japonya'nın hâlâ güçlü bir sanayi-teknoloji tabanına sahip olduğunu, ancak Çin ve Güney Kore'nin yükselişi karşısında bazı kritik alanlarda görece baskı altında bulunduğunu göstermektedir.

7.4.9. Güney Kore

Güney Kore, 2021-2025 döneminde en dinamik patent artışı gösteren ülkelerden biridir. Elektrikli makineler, dijital iletişim, bilgisayar teknolojisi, yarı iletkenler, ölçüm, tıbbi teknoloji, biyoteknoloji, farmasötikler, malzemeler ve metalurji, yüzey teknolojisi, takım tezgâhları ve elleçleme/malzeme taşıma alanlarında güçlü artışlar görülmektedir.

Şekil 36 : Güney Kore'nin EPO Patent Performansı (2016-2025)

	2016-2020	2021-2025	Değişim (%)
1-Elektrikli makineler, cihazlar ve enerji	861	2108	145
2-Görsel-işitsel teknoloji	428	605	41
3-Telekomünikasyon	350	487	39
4-Dijital iletişim	980	1473	50
5-Temel iletişim süreçleri	30	51	72
6-Bilgisayar teknolojisi	848	1281	51
7-Yönetim için bilişim teknolojileri yöntemleri	105	90	-15
8-Yarı iletkenler	371	796	115
9-Optik	277	256	-7
10-Ölçüm	189	375	99
11-Biyolojik materyallerin analizi	26	27	3
12-Kontrol	77	95	24
13-Tıbbi teknoloji	316	467	48
14-Organik ince kimya	206	291	41
15-Biyoteknoloji	164	298	81
16-Farmasötikler	211	333	58
17-Makromoleküler kimya ve polimerler	211	250	19
18-Gıda kimyası	42	63	51
19-Temel malzeme kimyası	94	113	20
20-Malzemeler ve metalurji	168	311	85
21-Yüzey teknolojisi ve kaplama	80	148	85
22-Mikro-yapısal ve nano-teknoloji	3	1	-53
23-Kimya mühendisliği	114	180	58
24-Çevre teknolojisi	39	71	84
25-Elleçleme ve malzeme taşıma	43	90	109
26-Takım tezgâhları	55	113	105
27-Motorlar, pompalar ve türbinler	130	93	-29
28-Tekstil ve kâğıt makineleri	26	31	23
29-Diğer özel makineler	108	130	21
30-Isıl süreçler ve aparatlar	183	203	11
31-Mekanik elemanlar	51	69	37
32-Taşımacılık	204	282	38
33-Mobilya ve oyunlar	162	199	23
34-Diğer tüketim malları	345	522	51
35-İnşaat mühendisliği	52	54	3

Kaynak: Avrupa Patent Ofisi (EPO) (2026) İstatistiklerinden yazar tarafından üretilmiştir.

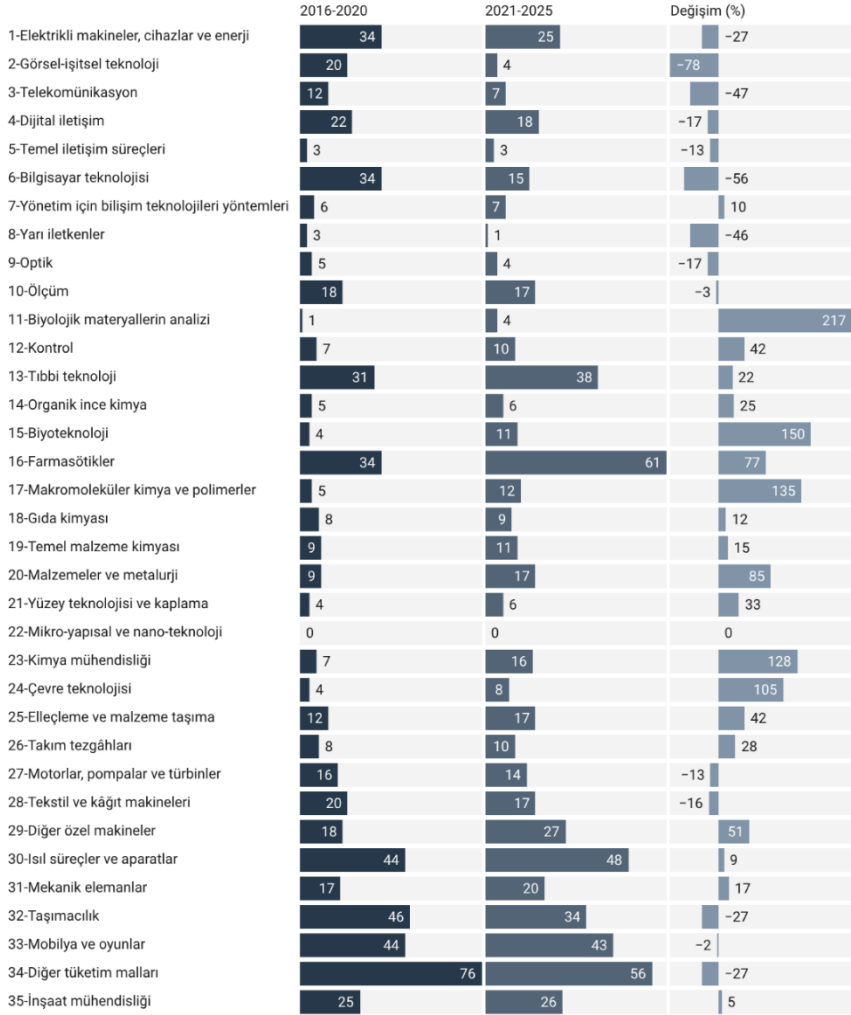
Bu sonuç, Kore modelinin büyük teknoloji firmaları, aktif patent stratejisi, elektronik, yarı iletken, batarya, dijital iletişim ve üretim teknolojilerindeki gücüyle uyumludur. Kore'nin artışı, Çin kadar geniş ölçekli olmamakla birlikte daha odaklı ve yüksek teknoloji yoğun bir profil sunmaktadır. Buna karşılık mikro-yapısal

ve nano-teknoloji, motorlar, pompalar ve türbinler, optik ve yönetim için bilişim teknolojileri yöntemlerinde gerileme bulunmaktadır. Genel tablo, Kore'nin Asya 3'lüsü içinde Çin ile birlikte EPO patent artışının ana taşıyıcılarından biri olduğunu göstermektedir.

7.4.10. Türkiye

Türkiye'nin tüm ülkeler karşısındaki toplam görelî patent payı 2016-2020 döneminde **%0,36** iken, 2021-2025 döneminde **%0,32** düzeyine gerilemektedir. Bu sonuç, Türkiye'nin EPO 35 teknoloji alanı toplamında dünya teknoloji üretim merkezleri içindeki ağırlığının sınırlı kaldığını ve ikinci dönemde güçlenmek yerine hafif bir gerileme gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Şekil 37 : Türkiye'nin EPO Patent Performansı (2016-2025)



Kaynak: Avrupa Patent Ofisi (EPO) (2026) İstatistiklerinden yazar tarafından üretilmiştir.

Alan bazında bakıldığında Türkiye'nin görece olarak daha görünür olduğu alanlar ısı süreçleri ve aparatlar, mobilite ve oyunlar, diğer tüketim malları, tekstil ve kâğıt makineleri, farmasötikler, inşaat mühendisliği, mekanik elemanlar, çevre teknolojisi ve malzemeler/metallurji olarak sıralanmaktadır. Bu alanlar,

Türkiye'nin üretim yapısı ve sanayi tecrübesiyle daha fazla örtüşen uygulamalı, orta teknoloji veya geleneksel sanayi bağlantılı alanlardır.

Buna karşılık **bilgisayar teknolojisi, dijital iletişim, yarı iletkenler, telekomünikasyon, görsel-işitsel teknoloji ve elektrikli makineler** gibi küresel teknoloji dönüşümünün merkezinde yer alan alanlarda Türkiye'nin göreceli payı oldukça sınırlıdır. Bu durum, Türkiye'nin patent portföyünde teknoloji dönüşümünün çekirdek alanlarına doğru yeterli yoğunlaşma sağlayamadığını göstermektedir.

7.5. Küresel Teknoloji Merkezlerinin Göreceli Ağırlığı

Bu bölümde ABD, Avrupa 5'lisi, Asya 3'lüsü ve Çin'in birbirlerine göre patent ağırlıkları, doğrudan "rekabet" kavramı üzerinden değil, **göreceli teknoloji konumları ve dönemsel ağırlık kaymaları** üzerinden değerlendirilmektedir. Amaç, teknoloji merkezleri arasındaki üstünlük iddiasını normatif biçimde kurmak değil; EPO 35 teknoloji alanında hangi merkezlerin hangi alanlarda göreceli ağırlık kazandığını ya da kaybettiğini göstermektir.

7.5.1. Avrupa 5'lisi ve Asya 3'lü

Avrupa 5'lisi ile Asya 3'lüsü karşılaştırıldığında, 2016-2025 döneminde patent ağırlık merkezinin Asya yönünde kaydığı görülmektedir. EU5/AS3 oranı 2016-2020 döneminde 1,22 düzeyindeyken 2021-2025 döneminde 0,92'ye inmektedir. Bu değişim, ilk dönemde Avrupa 5'lisinin Asya 3'lüsünden daha yüksek EPO başvuru hacmine sahip olduğunu; ikinci dönemde ise Asya 3'lüsünün toplam başvuru hacmi bakımından Avrupa 5'lisini geçtiğini göstermektedir.

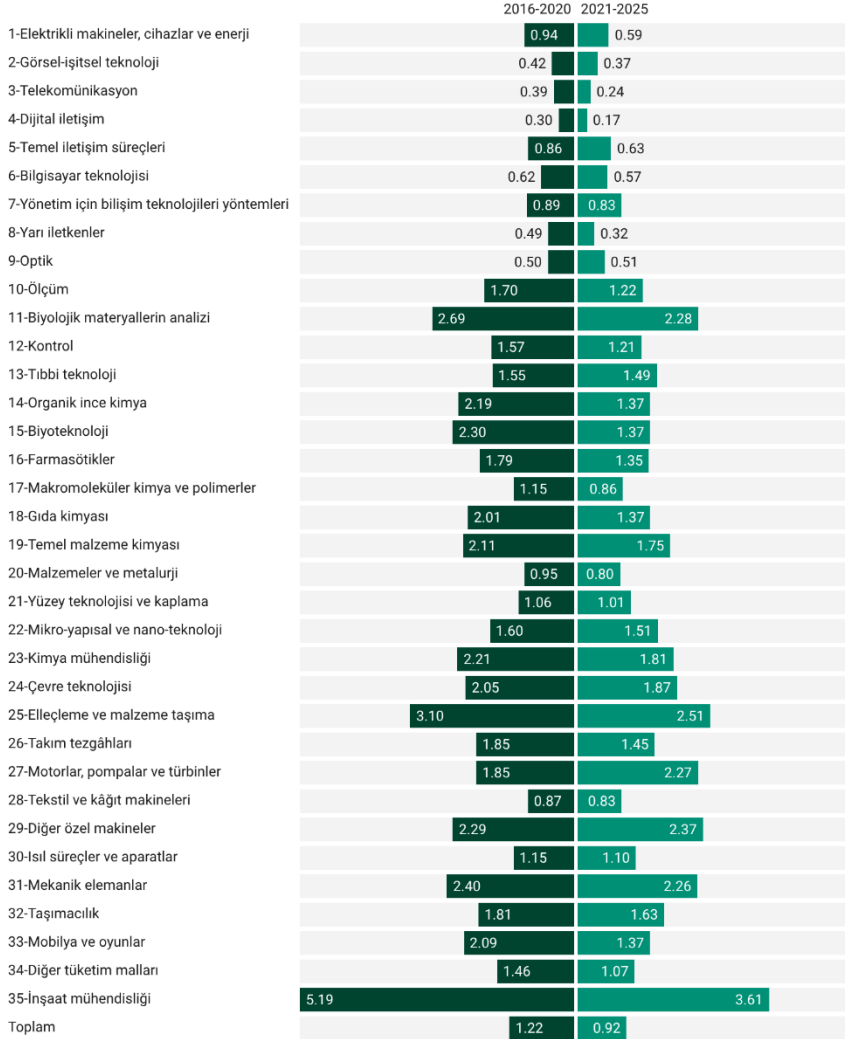
Teknoloji alanı ayrımına gidildiğinde Avrupa 5'lisinin üstünlüğü tamamen ortadan kalkmamaktadır. İnşaat mühendisliği, elleçleme ve malzeme taşıma, mekanik elemanlar, kimya

mühendisliği, biyolojik materyal analizleri, çevre teknolojileri, tıbbi teknoloji, temel malzeme kimyası ve özel makineler gibi alanlarda Avrupa hâlâ Asya 3'lüsüne göre daha güçlü görünmektedir. Bu yapı, Avrupa'nın özellikle mühendislik, sağlık, kimya, çevre ve uygulamalı sanayi teknolojilerinde tarihsel olarak birikmiş kapasitesini koruduğunu göstermektedir.

Buna karşılık dijital iletişim, telekomünikasyon, elektrikli makineler, bilgisayar teknolojisi, yarı iletkenler ve görsel-işitsel teknolojilerde EU5/AS3 oranlarının 1'in belirgin biçimde altında kalması dikkat çekicidir. Bu sonuç, Asya 3'lüsünün elektronik, dijital altyapı ve yarı iletken eksenli alanlarda Avrupa'ya göre daha hızlı güç kazandığını ortaya koymaktadır. Böylece Avrupa'nın göreceli avantajı daha çok mühendislik, sağlık, kimya ve uygulamalı sanayi alanlarında yoğunlaşırken, Asya'nın yükselişi dijital ve elektronik çekirdeğe daha yakın teknoloji alanlarında belirginleşmektedir.

Bu görünüm Avrupa'nın teknoloji kapasitesinin bütünüyle aşıldığı şeklinde okunmamalıdır. Avrupa 5'lisi birçok mühendislik ve uygulamalı teknoloji alanında güçlü bir tabanı sürdürmektedir. Ancak küresel teknoloji rekabetinin dijital, elektronik ve yarı iletken tabanlı alanlara doğru kaydığı bir dönemde Asya 3'lüsünün artan ağırlığı, Avrupa için stratejik uyum ve teknoloji portföyü yenileme ihtiyacını daha görünür hale getirmektedir.

Şekil 38 : Avrupa 5'lisinin Asya 3'lüsüne Göreli Konumu - EU5/AS3

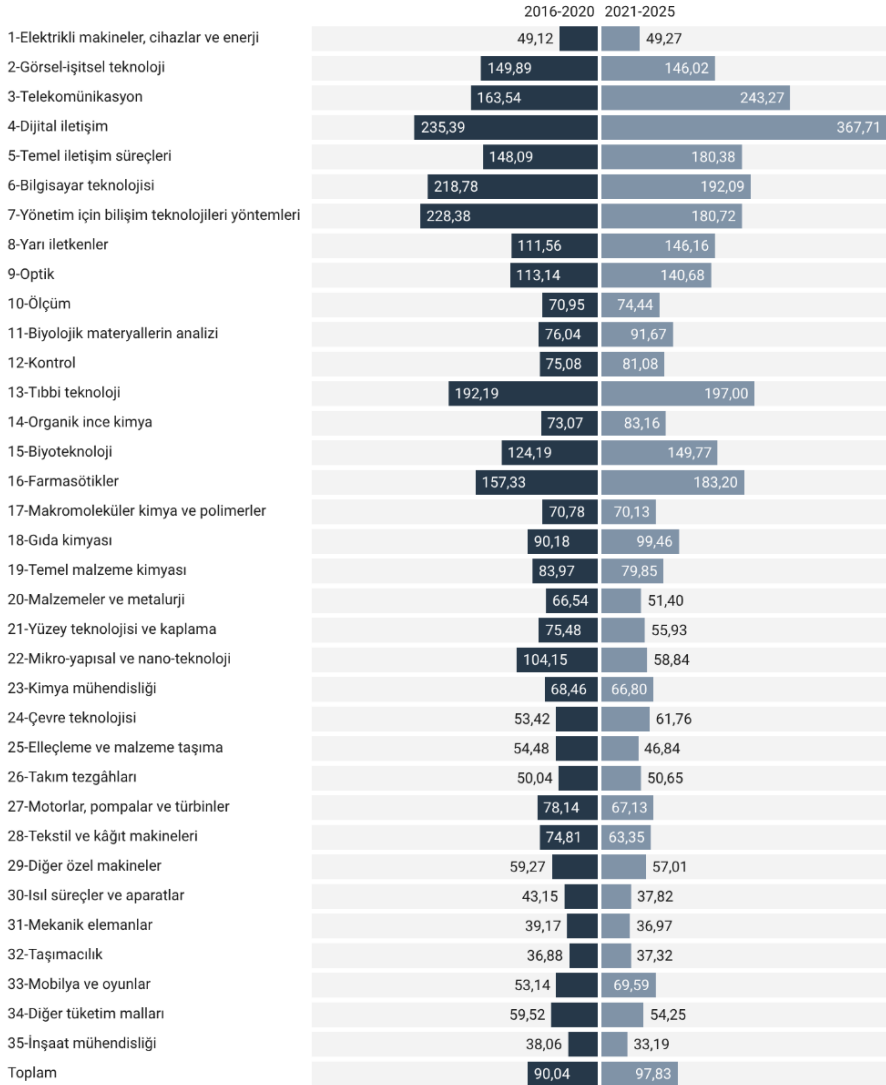


Kaynak: Avrupa Patent Ofisi (EPO) (2026) İstatistiklerinden yazar tarafından üretilmiştir.

7.5.2. ABD ve Avrupa 5’li

ABD ile Avrupa 5’lisi karşılaştırması, ABD patent portföyünün özellikle dijital teknolojiler, iletişim altyapıları, biyoteknoloji ve sağlık bağlantılı alanlarda daha güçlü bir profil sergilediğini ortaya koymaktadır. Toplam düzeyde US/EU5 oranının 2016-2020 dönemindeki %90,04 seviyesinden 2021-2025 döneminde %97,83’e çıkması, ABD’nin EPO başvuru hacmi bakımından Avrupa 5’lisine oldukça yaklaştığını ve göreceli ağırlığını artırdığını göstermektedir.

Şekil 39 : ABD'nin Avrupa 5'lisine Göreli Konumu – US/EU5



Kaynak: Avrupa Patent Ofisi (EPO) (2026) İstatistiklerinden yazar tarafından üretilmiştir.

Alan kırılımı ABD'nin Avrupa karşısındaki avantajının iki ana kümede toplandığını göstermektedir. İlk küme dijital iletişim, telekomünikasyon, bilgisayar teknolojisi, temel iletişim süreçleri, yönetim amaçlı bilişim yöntemleri, yarı iletkenler, optik ve görsel-

işitsel teknolojilerden oluşmaktadır. İkinci küme ise tıbbi teknoloji, farmasötikler ve biyoteknoloji gibi sağlık ve yaşam bilimleri bağlantılı alanlardır. Dijital iletişimde US/EU5 oranının 2021-2025 döneminde %367,71'e çıkması, ABD'nin bu teknoloji hattında Avrupa 5'lisine göre çok daha baskın bir EPO başvuru profiline sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Avrupa 5'lisinin ABD'ye göre daha dirençli kaldığı alanlar, ağırlıklı olarak üretim ve mühendislik bilgisinin derinleştiği sektörlerdir. Taşıt teknolojileri, takım tezgâhları, mekanik sistem bileşenleri, ısıl süreç ekipmanları, malzeme ve metalurji uygulamaları, yüzey/kaplama teknolojileri, inşaat mühendisliği ile elleçleme ve malzeme taşıma başlıklarında Avrupa'nın görece üstünlüğü daha görünürdür. Bu tablo, özellikle Almanya, İtalya ve Fransa'nın sanayi-mühendislik mirasının Avrupa patent portföyünü desteklemeye devam ettiğini göstermektedir.

Bu karşılaştırma, ABD ve Avrupa teknoloji modellerinin farklı uzmanlaşma mantıkları ürettiğini göstermektedir. ABD daha çok bilim-temelli, dijital, biyoteknoloji ve sağlık bağlantılı teknolojilerde öne çıkarken; Avrupa'nın ağırlığı mühendislik, taşıt, makine, üretim ve uygulamalı sanayi teknolojilerinde belirginleşmektedir. Dolayısıyla iki merkez arasındaki ayrışma yalnızca toplam başvuru hacmiyle değil, patent portföylerinin hangi teknoloji alanlarında yoğunlaştığıyla açıklanmalıdır.

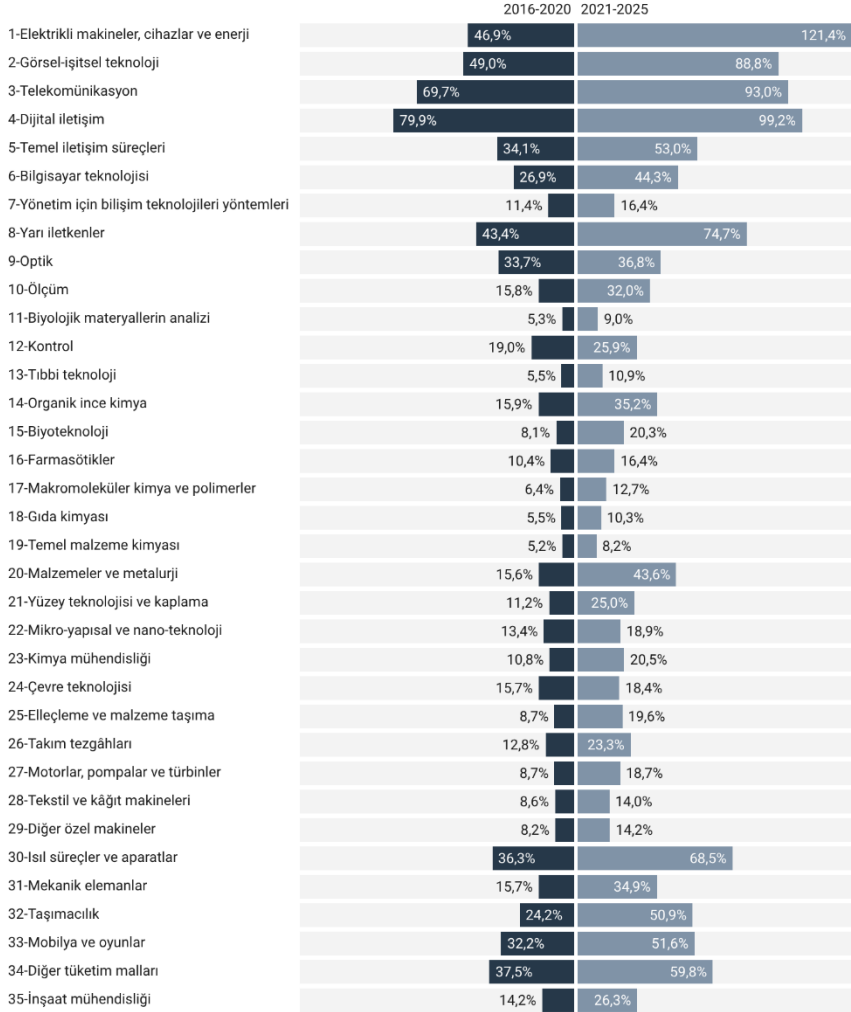
7.5.3. Çin ve ABD

Çin'in ABD'ye görece konumu, 2016-2025 döneminde küresel teknoloji ağırlığındaki en çarpıcı dönüşümlerden birini göstermektedir. Çin'in ABD'ye oranı birçok teknoloji alanında belirgin biçimde artmaktadır. Bu artış, Çin'in yalnızca düşük maliyetli üretim veya montaj ekonomisi olmaktan çıkarak, EPO patent sisteminde çok sayıda teknoloji alanında görünürlüğünü artıran bir aktöre dönüştüğünü göstermektedir.

Çin'in ABD'ye göre en güçlü yükseliş gösterdiği alanlar **elektrikli makineler, dijital iletişim, telekomünikasyon, yarı iletkenler, görsel-işitsel teknoloji, malzemeler ve metalurji, ısı süreçler ve aparatlar, taşıt teknolojileri, diğer tüketim malları ve mekanik elemanlar** olarak öne çıkmaktadır. Elektrikli makinelerde Çin'in ABD'ye oranı 2016-2020 döneminde **%46,9** iken, 2021-2025 döneminde **%121,4** seviyesine yükselmektedir. Bu sonuç, Çin'in bu alanda ABD'yi geçtiğini göstermektedir. Dijital iletişimde oran **%79,9'dan %99,2'ye** çıkarak Çin'in ABD'ye çok yaklaştığını ortaya koymaktadır. Telekomünikasyon ve yarı iletkenlerde de Çin'in görece konumu belirgin biçimde güçlenmektedir. Buna karşılık Çin'in ABD'ye göre daha sınırlı kaldığı alanlar **tıbbi teknoloji, biyolojik materyallerin analizi, farmasötikler, biyoteknoloji, bilgisayar teknolojisi ve bazı yüksek bilim yoğun alanlardır**. Bu durum, ABD'nin temel araştırma, yaşam bilimleri, sağlık teknolojileri, yazılım ve derin bilimsel altyapı gerektiren alanlarda hâlâ güçlü bir konuma sahip olduğunu göstermektedir. Çin hızlı ölçekleme, üretimden öğrenme ve devlet yönlendirmesiyle birçok alanda yükselmekte; ancak ABD'nin bilimsel sermaye, üniversite sistemi, biyomedikal araştırma ve yüksek değerli dijital teknoloji ekosistemi karşısında tüm alanlarda eşit düzeyde konumlanamamaktadır.

Bu grafik, Çin'in yükselişinin en belirgin biçimde **üretim, elektronik, enerji, iletişim ve ölçeklenebilir teknoloji alanlarında** ortaya çıktığını göstermektedir. Çin'in ABD'ye yaklaşması ya da bazı alanlarda ABD'yi aşması, küresel teknoloji sisteminde yeni bir ağırlık merkezinin oluştuğuna işaret etmektedir. Ancak bu dönüşüm, Çin'in tüm teknoloji alanlarında ABD'nin yerine geçtiği anlamına gelmemektedir. Daha doğru yorum, Çin'in özellikle üretim ve elektronik eksenli kritik teknoloji alanlarında ABD'ye yaklaşırken, ABD'nin bilim-temelli ve yaşam bilimleri ağırlıklı alanlarda güçlü konumunu koruduğudur.

Şekil 40 : Çin'in ABD'ye Karşı EPO Patent Performansı (2016-2025)



Kaynak: Avrupa Patent Ofisi (EPO) (2026) İstatistiklerinden yazar tarafından üretilmiştir.

7.5.4. Bölüm Değerlendirmesi

Üç grafik birlikte değerlendirildiğinde, küresel teknoloji merkezleri arasında tek yönlü ve homojen bir üstünlük yapısı bulunmadığı görülmektedir. Avrupa 5'lisi, Asya 3'lüsüne karşı

toplamda görece ağırlık kaybetmekte; ancak mühendislik, sağlık, kimya, çevre ve klasik sanayi teknolojilerinde güçlü konumunu korumaktadır. ABD, Avrupa 5'lisine karşı özellikle dijital, iletişim, bilgisayar, biyoteknoloji, farmasötik ve tıbbi teknoloji alanlarında güçlüdür. Çin ise ABD'ye karşı özellikle elektrikli makineler, dijital iletişim, telekomünikasyon, yarı iletkenler ve üretim bağlantılı teknoloji alanlarında hızlı biçimde yükselmektedir.

Bu bulgular, teknolojik merkezileşmenin artık yalnızca ABD ve Avrupa ekseninde açıklanamayacağını göstermektedir. Asya 3'lüsü, özellikle Çin ve Güney Kore'nin katkısıyla küresel EPO patent sisteminde daha merkezi bir konuma yükselmektedir. Buna karşılık ABD bilimsel araştırma, dijital teknoloji ve yaşam bilimleri alanlarında güçlü konumunu sürdürmektedir. Avrupa ise klasik mühendislik ve sanayi alanlarında güçlü olmakla birlikte, yeni dijital ve elektronik teknoloji dalgası karşısında görece baskı yaşamaktadır.

Bu nedenle çalışmanın temel sonucu daha net hale gelmektedir: Küresel patent sistemi genişlemekte, ancak bu genişleme teknolojinin eşit biçimde yayılması anlamına gelmemektedir. Teknolojik kapasite hâlâ sınırlı sayıda merkezde yoğunlaşmakta; fakat bu merkezlerin iç dengesi değişmektedir. ABD liderliğini korumakta, Avrupa bazı alanlarda güçlü fakat görece olarak durağanlaşmakta, Asya ise özellikle dijital-elektronik ve üretim bağlantılı alanlarda ağırlığını artırmaktadır.

7.6. Türkiye'nin Görece Teknoloji Konumu

Türkiye'nin EPO 35 teknoloji alanındaki konumu, yalnızca mutlak patent başvuru sayılarıyla değil, küresel teknoloji merkezlerine görece konumu üzerinden değerlendirildiğinde daha açık biçimde ortaya çıkmaktadır. Önceki alt bölümlerde Türkiye'nin GSYH büyüklüğünde 2021-2025 döneminde görece bir artış yaşadığı, ancak bu artışın patent performansına aynı ölçüde yansımadağı görülmüştür. Bu alt bölümde Türkiye'nin tüm ülkeler,

ABD, Avrupa 5’lisi, Asya 3’lüsü, Almanya, İngiltere ve diğer ülkeler karşısındaki görelî patent konumu teknoloji alanları itibarıyla değerlendirilmektedir.

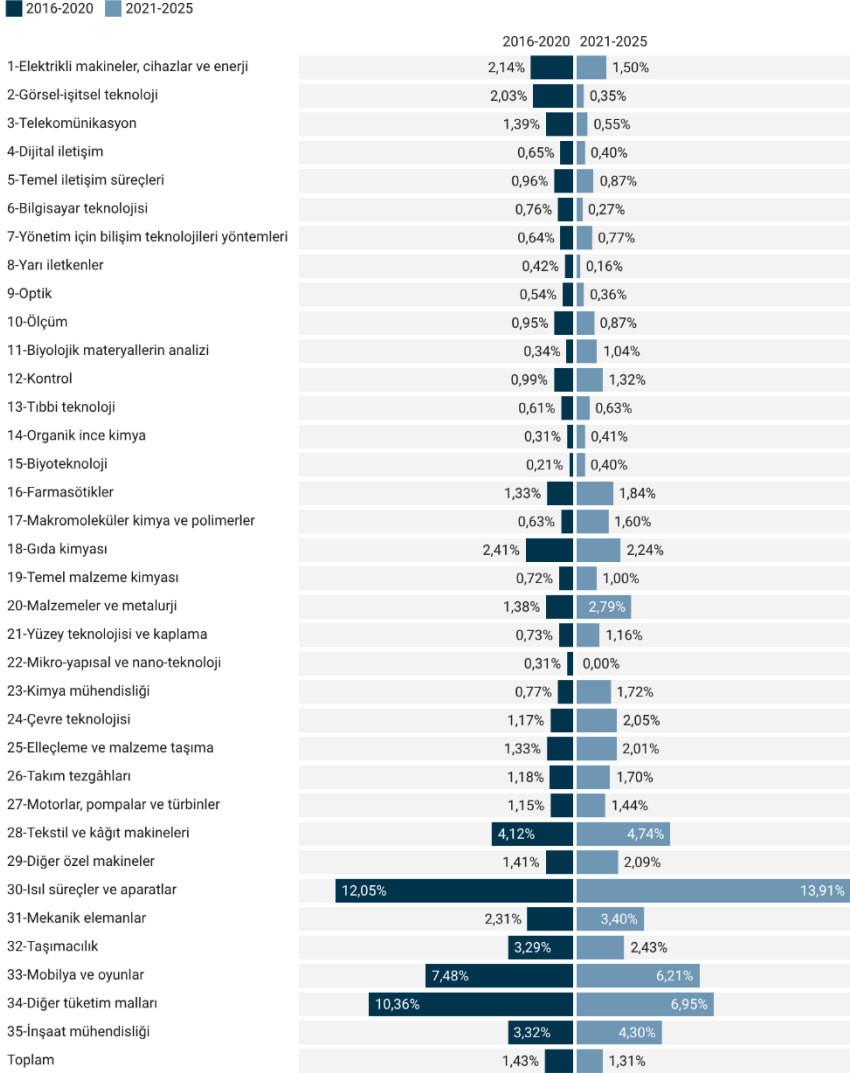
7.6.1. Türkiye ve ABD

Türkiye’nin ABD karşısındaki toplam görelî patent oranı 2016-2020 döneminde %1,43 iken, 2021-2025 döneminde %1,31 seviyesine gerilemektedir. ABD’nin EPO patent sistemindeki güçlü konumu dikkate alındığında bu oran doğal olarak sınırlıdır. Ancak asıl önemli husus, bu oranın dönemler arasında yükselmemesi ve Türkiye’nin ABD karşısındaki toplam görelî konumunun zayıflamasıdır.

Türkiye’nin ABD’ye göre nispeten daha yüksek oranlara ulaştığı alanlar ısıt süreçler ve aparatlar, diğer tüketim malları, mobilite ve oyunlar, tekstil ve kâğıt makineleri, inşaat mühendisliği, mekanik elemanlar, malzemeler ve metalurji, farmasötikler, çevre teknolojisi ve kimya mühendisliği alanlarıdır. Bu tablo, Türkiye’nin ABD karşısındaki görünürlüğünün daha çok geleneksel sanayi, uygulamalı üretim, tüketim ürünleri ve bazı kimya-sağlık bağlantılı alanlarda ortaya çıktığını göstermektedir.

Buna karşılık ABD’nin güçlü olduğu bilgisayar teknolojisi, dijital iletişim, yarı iletkenler, biyoteknoloji, tıbbi teknoloji, farmasötikler ve bilim-temelli derin teknoloji alanlarında Türkiye’nin görelî konumu daha sınırlıdır. Bu sonuç, Türkiye ile ABD arasındaki farkın yalnızca patent sayısından değil, patent portföyünün niteliğinden kaynaklandığını göstermektedir. ABD’nin portföyü ileri dijital, yaşam bilimleri ve bilim-temelli teknoloji alanlarında yoğunlaşırken, Türkiye’nin portföyü daha çok uygulamalı ve orta teknoloji alanlarında görünür hale gelmektedir.

Şekil 41 : Türkiye'nin ABD'ye Karşı Görelî Konumu (2016-2025)



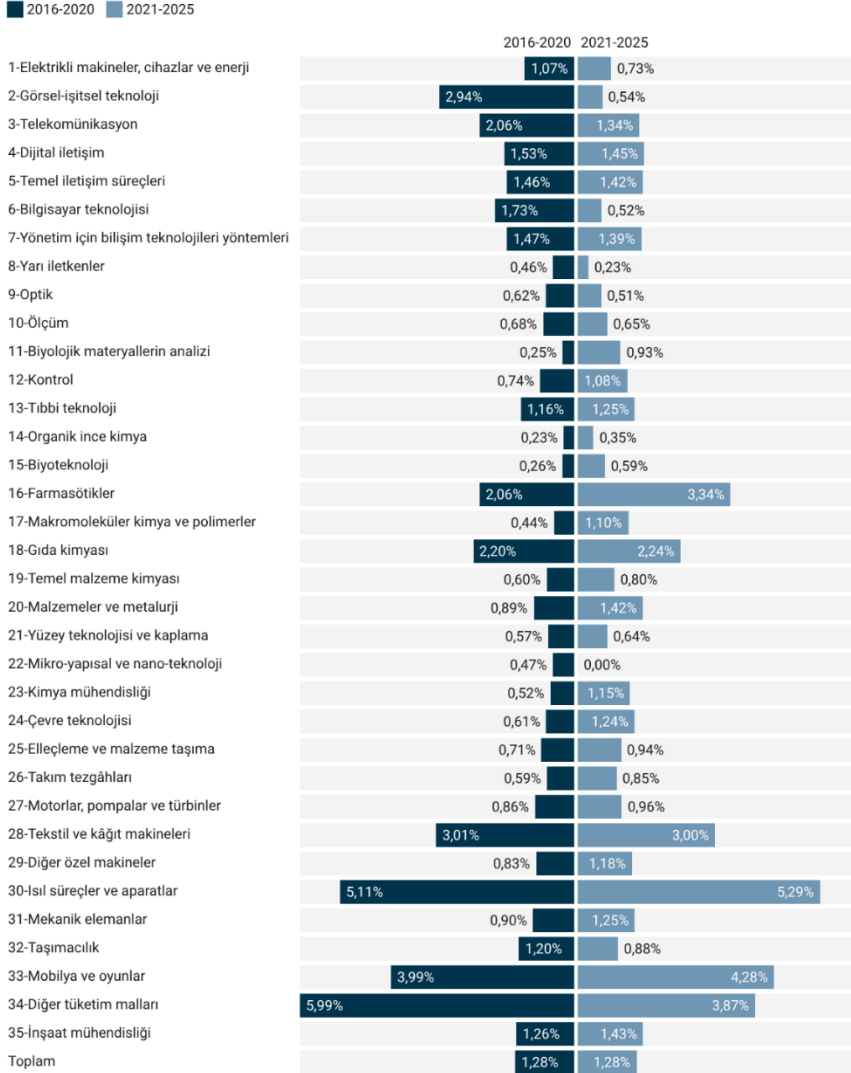
Kaynak: Avrupa Patent Ofisi (EPO) (2026) İstatistiklerinden yazar tarafından üretilmiştir.

7.6.2. Türkiye ve Avrupa 5'lisi

Türkiye'nin Avrupa 5'lisine karşı toplam görelî patent oranı 2016-2020 ve 2021-2025 dönemlerinde yaklaşık %1,28 düzeyinde

kalmaktadır. Bu sonuç, Türkiye'nin Avrupa 5'lisi karşısındaki toplam konumunu koruduğunu ancak belirgin bir sıçrama yapamadığını göstermektedir. Avrupa 5'lisi içinde Almanya, İngiltere, Fransa, İtalya ve İspanya'nın farklı teknoloji profillerine sahip olduğu dikkate alındığında, Türkiye'nin bu blok karşısındaki konumu ülke ve alan bazında ayrılmaktadır.

Şekil 42 : Türkiye'nin Avrupa 5'lisine Karşı Görelî Konumu (2016-2025)



Kaynak: Avrupa Patent Ofisi (EPO) (2026) İstatistiklerinden yazar tarafından üretilmiştir.

Türkiye'nin Avrupa 5'lisine göre daha görünür olduğu alanlar ısıll süreçler ve aparatlar, mobilité ve oyunlar, diğer tüketim malları, tekstil ve kâğıt makineleri, farmasötikler, gıda kimyası, çevre

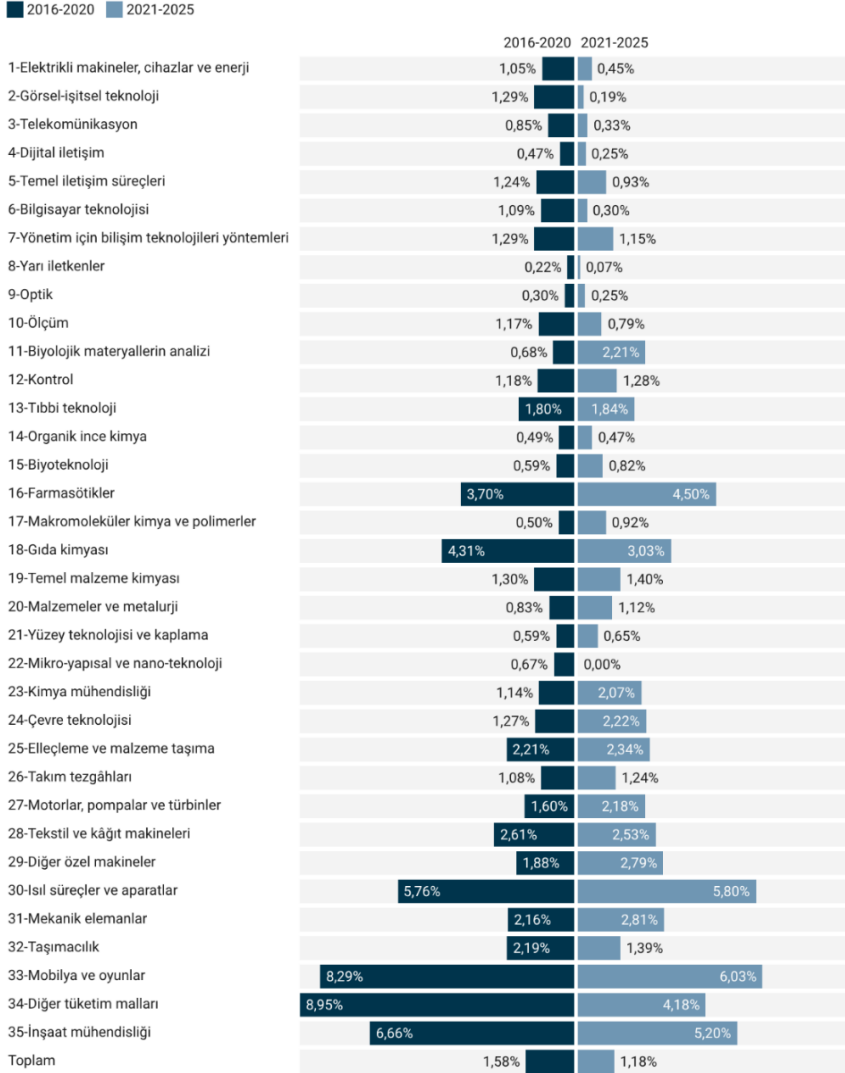
teknolojisi, kimya mühendisliği, malzemeler ve metalurji, inşaat mühendisliği ve mekanik elemanlar olarak öne çıkmaktadır. Bu alanlar Türkiye'nin sanayi üretimi, tüketim ürünleri, uygulamalı kimya ve bazı mühendislik alanlarında Avrupa'ya karşı sınırlı da olsa patent görünürlüğü üretebildiğini göstermektedir.

Ancak **bilgisayar teknolojisi, yarı iletkenler, dijital iletişim, telekomünikasyon, elektrikli makineler, optik ve yönetim için bilişim teknolojileri yöntemleri** gibi alanlarda Türkiye'nin göreceli payı düşük kalmaktadır. Avrupa 5'lisinin klasik mühendislik ve sanayi alanlarında güçlü olduğu, buna rağmen Türkiye'nin bu alanlarda bile genel olarak sınırlı oranlara sahip olduğu dikkate alındığında, Türkiye'nin Avrupa karşısında hem nitelik hem de ölçek bakımından daha güçlü bir patent stratejisine ihtiyaç duyduğu görülmektedir.

7.6.3. Türkiye ve Asya 3'lüsü

Türkiye'nin Asya 3'lüsüne göre patent ağırlığı iki dönem arasında belirgin biçimde zayıflamaktadır. Toplam göreceli oran 2016-2020 döneminde %1,58 iken 2021-2025 döneminde %1,18'e inmektedir. Bu düşüş, özellikle Çin ve Güney Kore kaynaklı hızlı başvuru artışı karşısında Türkiye'nin göreceli konumunun gerilediğine işaret etmektedir. Bulgular içinde bu sonuç ayrı bir öneme sahiptir; çünkü Asya 3'lüsü, incelenen dönemde küresel patent sisteminde ağırlığını en hızlı artıran teknoloji odağıdır.

Şekil 43 : Türkiye'nin Asya 3'lüsüne Karşı Görelî Konumu (2016-2025)



Kaynak: Avrupa Patent Ofisi (EPO) (2026) İstatistiklerinden yazar tarafından üretilmiştir.

Türkiye'nin Asya 3'lüsü karşısında görece daha yüksek oran yakaladığı teknoloji başlıkları, daha çok uygulamalı sanayi ve geleneksel üretim bilgisiyle bağlantılıdır. Isıl süreç ekipmanları,

inşaat mühendisliği, elleçleme ve malzeme taşıma, mekanik elemanlar, tekstil ve kâğıt makineleri, gıda kimyası, kimya mühendisliği, çevre teknolojileri, farmasötikler, diğer tüketim malları ile mobilite ve oyunlar bu grupta yer almaktadır. Bu desen, Türkiye'nin Asya'ya kıyasla görünürlüğünün dijital çekirdekten ziyade orta teknoloji ve uygulamalı üretim alanlarında toplandığını göstermektedir.

Elektrikli makineler, dijital iletişim, bilgisayar teknolojisi, yarı iletkenler, telekomünikasyon, görsel-işitsel teknolojiler ve optik gibi Asya 3'lüsünün yüksek ivme yakaladığı alanlarda ise Türkiye'nin göreceli ağırlığı oldukça sınırlıdır. Bu sonuç, Türkiye'nin yeni teknoloji dalgasının dijital-elektronik çekirdeği karşısında daha zayıf bir patent portföyüne sahip olduğunu ve Asya merkezli teknoloji yükselişine karşı stratejik kırılganlığının arttığını göstermektedir.

7.6.4. Türkiye ve Almanya

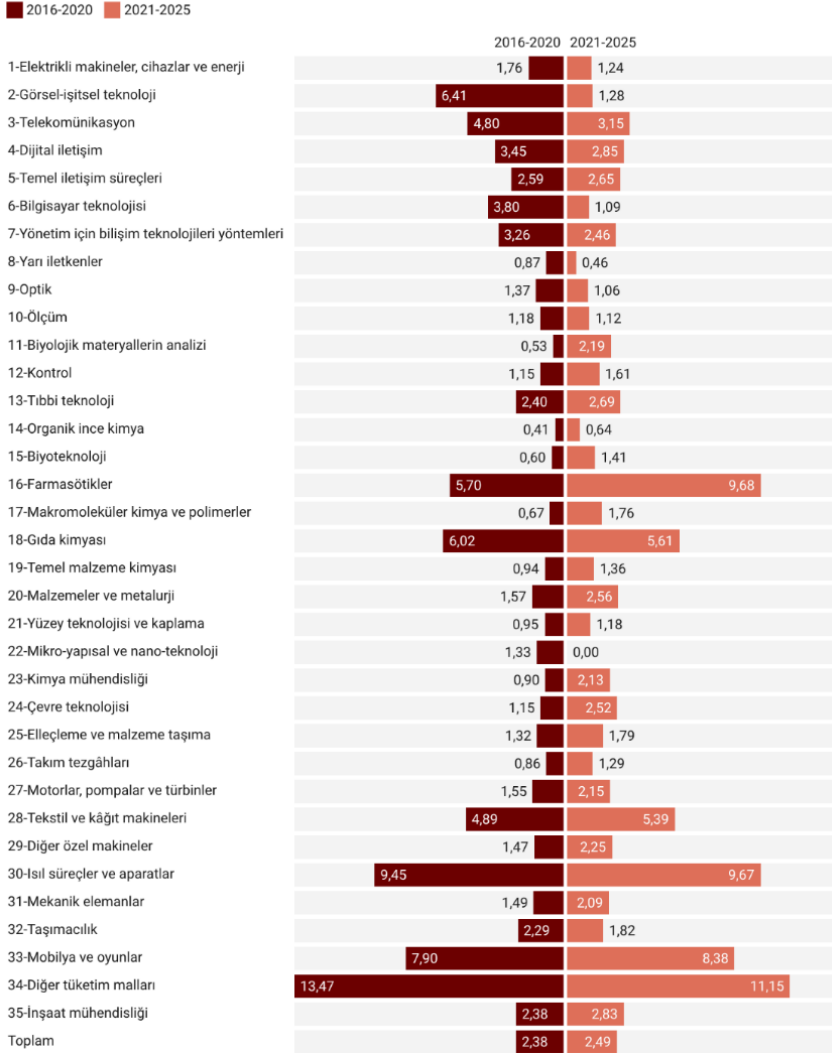
Türkiye'nin Almanya karşısındaki toplam göreceli patent oranı 2016-2020 döneminde %2,38 iken, 2021-2025 döneminde %2,49 seviyesine yükselmektedir. Bu sınırlı artış, Türkiye'nin Almanya karşısında toplam düzeyde çok küçük bir göreceli iyileşme gösterdiğini düşündürmektedir. Ancak alan bazında dağılım, Türkiye'nin Almanya'ya karşı daha çok belirli niş ve uygulamalı alanlarda görünür olduğunu göstermektedir.

Türkiye'nin Almanya karşısında görece daha yüksek oranlara ulaştığı alanlar **diğer tüketim malları, ısıl süreçler ve aparatlar, farmasötikler, mobilite ve oyunlar, gıda kimyası, tekstil ve kâğıt makineleri, inşaat mühendisliği, kimya mühendisliği, çevre teknolojisi, malzemeler ve metalurji ile mekanik elemanlar** olarak sıralanmaktadır. Bu alanlar, Türkiye'nin Almanya'ya karşı klasik yüksek mühendislik çekirdeğinden ziyade daha uygulamalı ve belirli niş alanlarda görünürlük sağladığını göstermektedir.

Almanya'nın güçlü olduğu elektrikli makineler, taşıt teknolojileri, ölçüm, mekanik elemanlar, takım tezgâhları, motorlar, pompalar ve türbinler, diğeri özel makineler ve sanayi mühendisliğı bağlantılı alanlarda Türkiye'nin görelili konumu hâlâ sınırlıdır. Dolayısıyla Türkiye'nin Almanya karşıındaki temel açığı, Alman modelinin dayandığı mühendislik derinliğı, uygulamalı araştırma, ileri imalat ve patentlenebilir sanayi teknolojileri kapasitesinde ortaya çıkmaktadır.

Şekil 44 : Türkiye'nin Almanya'ya Karşı Göreli Konumu (2016-2025)

Kritik Teknoloji Alanları Türkiye'nin Almanya'ya Karşı Göreli Konumu - TR/DE



Kaynak: Avrupa Patent Ofisi (EPO) (2026) İstatistiklerinden yazar tarafından üretilmiştir.

7.6.5. Türkiye ve İngiltere

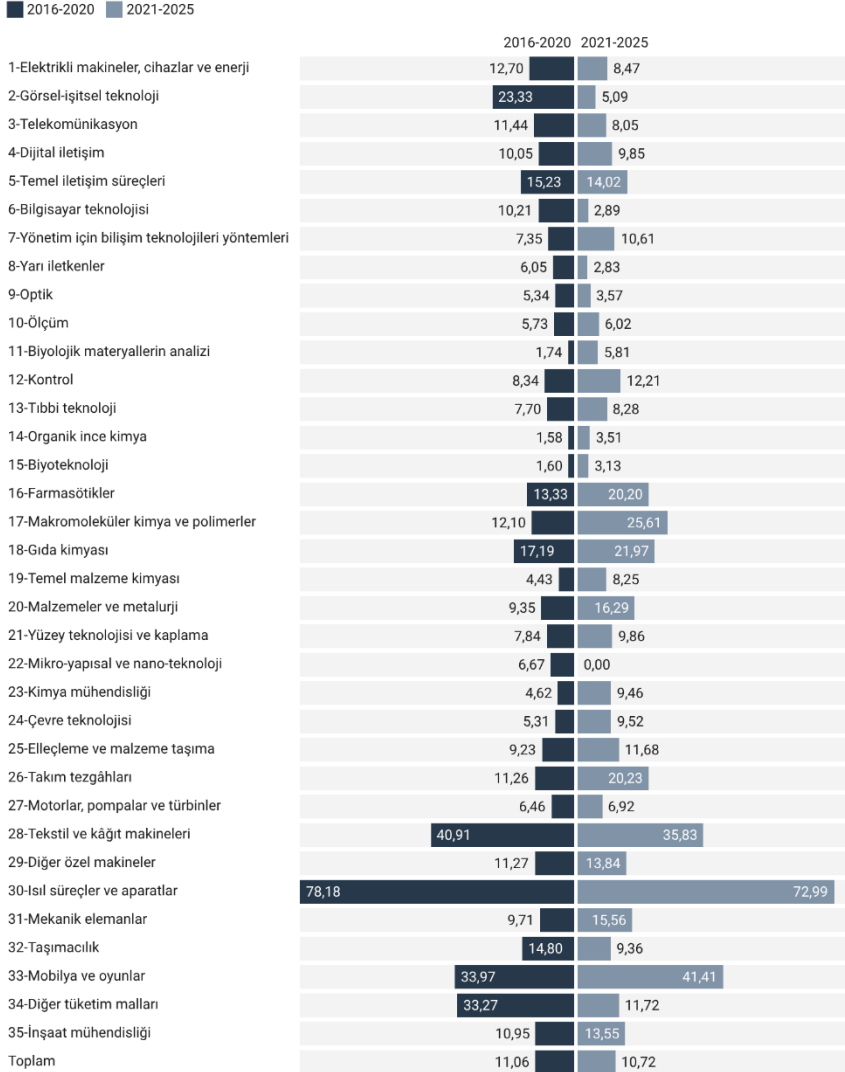
Türkiye'nin İngiltere'ye karşı toplam görelî patent oranı 2016-2020 döneminde %11,06 iken, 2021-2025 döneminde %10,72 seviyesine gerilemektedir. İngiltere'nin EPO patent hacmi Almanya, ABD veya Japonya kadar yüksek olmadığı için Türkiye'nin İngiltere karşısındaki oranları bazı alanlarda daha yüksek görünmektedir. Ancak bu oranlar alan bazında dikkatli yorumlanmalıdır.

Türkiye'nin İngiltere'ye göre daha yüksek görünürlük sağladığı alanlar ısı süreçler ve aparatlar, mobilite ve oyunlar, tekstil ve kâğıt makineleri, makromoleküler kimya ve polimerler, gıda kimyası, farmasötikler, takım tezgâhları, malzemeler ve metalurji, mekanik elemanlar, inşaat mühendisliği ve diğer özel makineler olarak öne çıkmaktadır. Bu yapı, Türkiye'nin İngiltere'ye karşı bazı sanayi ve uygulamalı üretim alanlarında nispi görünürlük elde ettiğini göstermektedir.

Buna karşılık İngiltere'nin güçlü olduğu bilgisayar teknolojisi, yaşam bilimleri, yapay zekâ bağlantılı dijital teknolojiler, biyoteknoloji, tıbbi teknoloji ve bilim-temelli araştırma alanlarında Türkiye'nin görelî konumu sınırlıdır. İngiltere örneği, Türkiye açısından önemli bir ayrım ortaya koymaktadır: EPO patent hacmi bazı alanlarda sınırlı olan ülkelere karşı nispi oranlar yükselse bile, kritik bilim-temelli teknoloji alanlarında niteliksel fark devam etmektedir.

Şekil 45 : Türkiye'nin İngiltere'ye Karşı Göreli Konumu (2016-2025)

Kritik Teknoloji Alanları Türkiye'nin İngiltere'ye Karşı Göreli Konumu - TR/UK

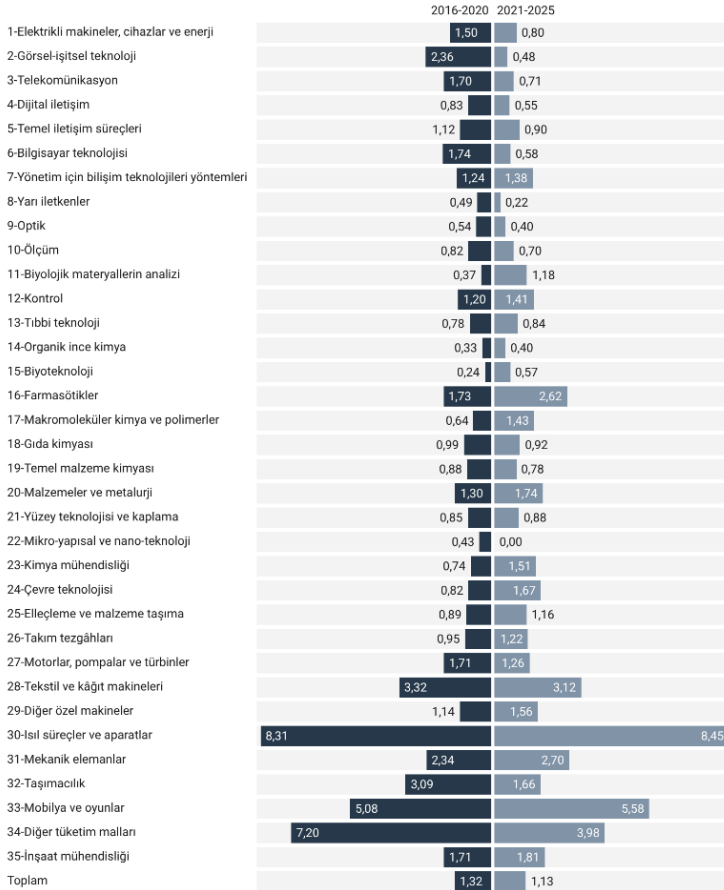


Kaynak: Avrupa Patent Ofisi (EPO) (2026) İstatistiklerinden yazar tarafından üretilmiştir.

7.6.6. Türkiye ve Diğer Ülkeler

Türkiye'nin diğer ülkelere karşı toplam görece patent oranı 2016-2020 döneminde %1,32 iken, 2021-2025 döneminde %1,13 seviyesine gerilemektedir. Bu sonuç, Türkiye'nin yalnızca büyük teknoloji merkezlerine değil, seçili ana merkezlerin dışındaki ülke grubuna karşı da toplam düzeyde görece kayıp yaşadığını göstermektedir.

Şekil 46 : Türkiye'nin Diğer Ülkelere Karşı Görece Konumu (2016-2025)



Kaynak: Avrupa Patent Ofisi (EPO) (2026) İstatistiklerinden yazar tarafından üretilmiştir.

Türkiye'nin diğer ülkelere karşı görece daha yüksek olduğu alanlar ısı süreçler ve aparatlar, mobilite ve oyunlar, diğer tüketim malları, tekstil ve kâğıt makineleri, mekanik elemanlar, farmasötikler, kimya mühendisliği, çevre teknolojisi, malzemeler ve metalurji, takım tezgâhları ve inşaat mühendisliği olarak sıralanmaktadır. Bu alanlar, Türkiye'nin uygulamalı teknoloji ve orta teknoloji sanayi alanlarında daha görünür olduğunu teyit etmektedir.

Buna karşılık bilgisayar teknolojisi, dijital iletişim, yarı iletkenler, telekomünikasyon, görsel-işitsel teknoloji ve elektrikli makineler alanlarında Türkiye'nin görece konumu zayıftır. Bu sonuç, Türkiye'nin teknoloji portföyü sorununun yalnızca ABD, Avrupa veya Asya gibi büyük merkezlerle sınırlı olmadığını; genel olarak küresel patent sisteminin ileri teknoloji alanlarında da ortaya çıktığını göstermektedir.

7.6.7. Bölüm Değerlendirmesi

Türkiye'nin ikili ülke ve bölge karşılaştırmaları birlikte değerlendirildiğinde, patent portföyünün üç temel özelliği ortaya çıkmaktadır. Birincisi, Türkiye'nin toplam EPO patent ağırlığı oldukça sınırlıdır ve 2021-2025 döneminde görece olarak güçlenmemektedir. İkincisi, Türkiye'nin görece daha görünür olduğu alanlar daha çok ısı süreçler, tüketim malları, mobilite ve oyunlar, tekstil ve kâğıt makineleri, inşaat mühendisliği, farmasötikler, gıda kimyası, çevre teknolojisi, kimya mühendisliği ve malzeme teknolojileri gibi uygulamalı veya orta teknoloji bağlantılı alanlardır. Üçüncüsü, Türkiye'nin zayıf kaldığı alanlar ise küresel teknoloji dönüşümünün ana eksenleri olan bilgisayar teknolojisi, dijital iletişim, yarı iletkenler, telekomünikasyon, elektrikli makineler, optik, biyoteknoloji ve ileri yaşam bilimleri alanlarıdır.

Bu yapı, Türkiye açısından önemli bir politika sonucuna işaret etmektedir. Türkiye'nin patent stratejisi yalnızca yerli başvuru sayısını artırmaya odaklanırsa, mevcut portföy yapısının

sınırlılıklarını aşmakta zorlanacaktır. Asıl ihtiyaç, patent başvurularının teknoloji alanı bileşimini değiştirmek, kritik teknoloji portföyleri oluşturmak, uluslararası başvuru kapasitesini artırmak, canlı patent stokunu güçlendirmek ve patentleri ticarileştirme mekanizmalarıyla ilişkilendirmektir.

Netice itibarıyla, Türkiye'nin ekonomik ölçeğinde görülen artış, patent portföyünün niteliğine aynı ölçüde yansımamaktadır. Türkiye bazı geleneksel ve uygulamalı alanlarda görünürlük elde etmekte; ancak küresel teknoloji merkezleşmesinin yeni çekirdeğini oluşturan dijital, elektronik, yarı iletken, ileri biyoteknoloji ve bilim-temelli alanlarda düşük paya sahip bulunmaktadır. Bu nedenle Türkiye'nin teknoloji politikası, mevcut sanayi tabanını koruyan ancak onu ileri teknoloji alanlarına taşıyan daha seçici, daha odaklı ve daha uluslararasılaşmış bir patent ve Ar-Ge stratejisi üzerine kurulmalıdır.

7.7. Teknoloji Alanlarına Göre Merkezleşme Tipleri

EPO 35 teknoloji alanındaki ülke ve bölge karşılaştırmaları, patent performansının yalnızca toplam başvuru sayıları üzerinden okunamayacağını göstermektedir. Aynı toplam patent hacmine sahip ülkeler, teknoloji alanı bileşimi bakımından oldukça farklı profiller sergileyebilmektedir. Bu nedenle çalışmanın temel bulgularından biri, küresel teknolojik merkezleşmenin tek boyutlu değil, teknoloji alanlarına göre farklılaşan çok katmanlı bir yapı taşıdığıdır.

Bu yapı içinde bazı teknoloji alanları daha çok ABD merkezli bilimsel ve dijital kapasiteyle; bazıları Asya 3'lüsünün üretim, elektronik ve ölçekleme gücüyle; bazıları Avrupa 5'lisinin mühendislik, kimya, sağlık ve sanayi geleneğiyle; bazıları ise Türkiye gibi yükselen fakat sınırlı patent hacmine sahip ülkelerin daha görünür olabildiği uygulamalı ve orta teknoloji alanlarıyla ilişkilidir.

7.7.1. Dijital ve İletişim Teknolojileri

Dijital iletişim, telekomünikasyon, bilgisayar teknolojisi, yarı iletkenler, görsel-işitsel teknoloji ve yönetim için bilişim teknolojileri yöntemleri gibi alanlar, küresel teknoloji rekabetinin yeni çekirdeğini oluşturmaktadır. Bu alanlarda ABD'nin güçlü konumu devam etmekle birlikte, Çin ve Güney Kore'nin hızlı yükselişi belirginleşmektedir. Özellikle Çin'in dijital iletişim, elektrikli makineler, yarı iletkenler ve telekomünikasyon alanlarında ABD'ye yaklaşması, Asya merkezli teknoloji kapasitesinin EPO patent sistemindeki ağırlığını artırmaktadır.

Avrupa 5'lisi bu alanlarda güçlü aktörlere sahip olmakla birlikte, blok düzeyinde Asya 3'lüsü karşısında görece ağırlık kaybetmektedir. Almanya bilgisayar teknolojisinde artış göstermekte; İngiltere bilgisayar teknolojisi ve yaşam bilimleri bağlantılı dijital alanlarda görünür olmaktadır; Fransa ve İspanya belirli dijital alanlarda artışlar göstermektedir. Ancak toplam eğilim, dijital-elektronik ekseninde Asya'nın daha hızlı yükseldiğini göstermektedir.

Türkiye açısından dijital ve iletişim teknolojileri en zayıf alanlardan biridir. Bilgisayar teknolojisi, dijital iletişim, telekomünikasyon, yarı iletkenler ve görsel-işitsel teknoloji alanlarında Türkiye'nin görece payları oldukça sınırlı kalmaktadır. Bu durum, Türkiye'nin ileri teknoloji stratejisinde dijital çekirdek alanlara daha seçici ve yoğun bir politika müdahalesi geliştirmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

7.7.2. Yaşam Bilimleri ve Sağlık Teknolojileri

Tıbbi teknoloji, farmasötikler, biyoteknoloji ve biyolojik materyallerin analizi alanları, daha çok bilimsel araştırma, üniversite kapasitesi, klinik araştırma altyapısı, düzenleyici sistem, yüksek nitelikli insan kaynağı ve uzun vadeli Ar-Ge finansmanı

gerektirmektedir. Bu alanlarda ABD'nin güçlü konumu devam etmektedir. ABD özellikle tıbbi teknoloji, biyoteknoloji ve farmasötiklerde yüksek patent hacmini korumaktadır.

Avrupa 5'lisi de yaşam bilimleri alanlarında önemli bir kapasiteye sahiptir. Fransa, İngiltere, Almanya, İtalya ve İspanya'nın tıbbi teknoloji, farmasötik ve biyoteknoloji alanlarındaki görünürlüğü, Avrupa'nın sağlık ve bilimsel araştırma altyapısının güçlü olduğunu göstermektedir. Avrupa, dijital-elektronik alanlarda Asya karşısında görece baskı yaşarken, sağlık ve yaşam bilimleri alanlarında hâlâ önemli bir ağırlık taşımaktadır.

Türkiye'nin bu alanlardaki görünümü karma niteliktedir. Farmasötikler, tıbbi teknoloji ve biyoteknoloji alanlarında bazı artışlar ve görece görünürlük bulunmaktadır. Ancak mutlak patent hacmi sınırlıdır. Bu alanlar Türkiye için stratejik fırsat alanı olarak değerlendirilebilir. Çünkü Türkiye'nin sağlık hizmetleri altyapısı, ilaç sanayi tecrübesi, klinik araştırma potansiyeli ve biyoteknoloji girişimleri, doğru patent ve Ar-Ge politikasıyla daha yüksek değerli portföylere dönüştürülebilir.

7.7.3. Mühendislik, Makine ve Sanayi Teknolojileri

Taşıt teknolojileri, mekanik elemanlar, takım tezgâhları, motorlar, pompalar ve türbinler, diğer özel makineler, elleçleme ve malzeme taşıma, inşaat mühendisliği ve ölçüm teknolojileri gibi alanlar, Avrupa 5'lisinin tarihsel mühendislik ve sanayi gücünün görünür olduğu alanlardır. Almanya bu grubun merkezinde yer almakta; İtalya, Fransa ve İspanya da belirli mühendislik ve uygulamalı sanayi alanlarında katkı sağlamaktadır.

ABD bu alanlarda tamamen zayıf değildir; ancak görece olarak dijital, tıbbi ve biyoteknoloji alanlarına kıyasla Avrupa karşısında daha sınırlı bir konuma sahiptir. Japonya da taşıt teknolojileri, ölçüm, optik, elektrikli makineler ve üretim

teknolojilerinde güçlü bir yerleşik kapasite sergilemektedir. Güney Kore ve Çin ise bu alanlarda hızlı biçimde yükselmekte, özellikle elektrikli makineler ve taşıt teknolojilerinde Asya'nın ağırlığını artırmaktadır.

Türkiye'nin daha görünür olduğu alanların önemli bir bölümü bu mühendislik ve uygulamalı sanayi kategorisi içindedir. Isıl süreçler ve aparatlar, inşaat mühendisliği, tekstil ve kâğıt makineleri, mekanik elemanlar, malzeme taşıma ve diğer özel makineler Türkiye'nin görece olarak daha belirgin olduğu alanlardır. Ancak bu görünürlük çoğu zaman sınırlı hacimli alanlarda ortaya çıkmaktadır. Türkiye'nin bu alanlardaki potansiyeli, ileri imalat, otomasyon, makine-teçhizat, savunma sanayii, enerji ekipmanları ve yeşil dönüşüm teknolojileriyle bağlandığında daha stratejik hale gelebilir.

7.7.4. Kimya, Malzeme ve Çevre Teknolojileri

Organik ince kimya, temel malzeme kimyası, makromoleküler kimya ve polimerler, malzemeler ve metalurji, yüzey teknolojisi ve kaplama, kimya mühendisliği, çevre teknolojisi ve gıda kimyası alanlarında daha karma bir merkezileşme yapısı görülmektedir. Avrupa bu alanlarda güçlü bir tarihsel kapasiteye sahiptir. Almanya, Fransa, İtalya ve İngiltere kimya, malzeme ve farmasötik bağlantılı alanlarda önemli patent portföyleri üretmektedir.

Çin ise bu alanlarda hızlı artış göstermektedir. Özellikle malzemeler ve metalurji, organik ince kimya, biyoteknoloji, gıda kimyası ve çevre teknolojisi alanlarındaki artış, Çin'in yalnızca elektronik ve dijital alanlarda değil, kimya ve malzeme teknolojilerinde de patent kapasitesini genişlettiğini göstermektedir. Güney Kore'nin malzeme, yüzey teknolojisi ve kimya bağlantılı alanlarda artış göstermesi de Asya 3'lüsünün teknoloji portföyünü çeşitlendirdiğini ortaya koymaktadır.

Türkiye çevre teknolojisi, gıda kimyası, kimya mühendisliği, malzemeler ve metalurji, farmasötikler ve bazı polimer alanlarında görece daha görünürdür. Bu alanlar Türkiye açısından potansiyel geliştirme alanlarıdır. Özellikle yeşil dönüşüm, su teknolojileri, atık yönetimi, kimyasal süreçler, tarım-gıda teknolojileri, ilaç ve malzeme teknolojileri bir arada değerlendirildiğinde Türkiye için daha seçici patent stratejileri geliştirilebilir.

7.7.5. Geleneksel ve Niş Alanları

Türkiye'nin görece patent performansında en dikkat çekici hususlardan biri, bazı geleneksel, uygulamalı veya niş alanlarda daha yüksek oranlara ulaşmasıdır. Isıl süreçler ve aparatlar, mobilite ve oyunlar, diğer tüketim malları, tekstil ve kâğıt makineleri, inşaat mühendisliği, gıda kimyası ve bazı mekanik alanlar bu kapsamda değerlendirilebilir.

Bu sonuç iki şekilde okunmalıdır. Birincisi, Türkiye'nin sanayi tabanı, girişimci üretim kültürü, KOBİ yapısı ve uygulamalı mühendislik becerisi bazı alanlarda EPO başvurusu üretebilmektedir. Bu olumlu bir göstergedir. İkincisi, Türkiye'nin görece görünürlüğünün yüksek olduğu bu alanlar, küresel teknoloji dönüşümünün en stratejik çekirdeğini oluşturan dijital, yarı iletken, ileri biyoteknoloji ve yüksek değerli platform teknolojileriyle aynı düzeyde değildir. Bu nedenle Türkiye'nin mevcut görünürlüğü, teknoloji politikasında bir başlangıç zemini olarak değerlendirilmeli; fakat nihai hedef olarak görülmemelidir.

*Tablo 40 : Teknoloji Alanlarına Göre Küresel Merkezileşme
Tipolojisi*

Teknoloji Alanı Grubu	Öne Çıkan Merkezler	Temel Özellik	Türkiye Açısından Anlamı
Dijital iletişim, bilgisayar teknolojisi, yarı iletkenler	ABD, Çin, Güney Kore, Japonya	Küresel teknoloji dönüşümünün çekirdek alanlarıdır	Türkiye'nin en zayıf olduğu ve stratejik kapasite geliştirmesi gereken alanlardır
Tıbbi teknoloji, biyoteknoloji, farmasötikler	ABD, Avrupa 5'lisi, kısmen Asya 3'lüsü	Bilimsel araştırma, regülasyon ve uzun vadeli Ar-Ge gerektirir	Türkiye için sınırlı fakat önemli yükselme potansiyeli bulunmaktadır
Mühendislik, makine ve taşıt teknolojileri	Almanya, Japonya, İtalya, Fransa, Çin, Güney Kore	Üretim ve mühendislik derinliği belirleyicidir	Türkiye'nin uygulamalı sanayi tabanıyla daha güçlü bağ kurabileceği alandır
Kimya, malzeme ve çevre teknolojileri	Avrupa 5'lisi, ABD, Çin, Japonya, Güney Kore	Hem bilimsel hem üretim temelli kapasite gerektirir	Türkiye için yeşil dönüşüm, gıda, malzeme ve kimya üzerinden fırsat alanı sunmaktadır
Geleneksel ve niş uygulamalı alanlar	Ülke profiline göre değişmektedir	Daha sınırlı fakat belirli sanayi yapılarıyla bağlantılıdır	Türkiye bu alanlarda görece görünürdür; ancak yüksek teknolojiye geçiş için basamak olarak kullanılmalıdır

Kaynak: Avrupa Patent Ofisi (EPO) (2026) İstatistiklerinden yazar tarafından üretilmiştir.

Netice itibarıyla, teknoloji alanı bazlı analiz, küresel patent merkezileşmesinin çok katmanlı olduğunu göstermektedir. ABD bilimsel, dijital ve yaşam bilimleri alanlarında güçlüdür. Avrupa 5'lisi mühendislik, sağlık, kimya ve uygulamalı sanayi

teknolojilerinde güçlü bir tarihsel kapasiteye sahiptir. Asya 3'lüsü, özellikle Çin ve Güney Kore'nin etkisiyle dijital, elektronik, elektrikli makineler, yarı iletkenler ve üretim bağlantılı alanlarda hızla yükselmektedir. Türkiye ise daha çok uygulamalı ve orta teknoloji alanlarında görünür olmakta; fakat küresel teknoloji dönüşümünün yeni çekirdeğini oluşturan alanlarda henüz yeterli ağırlığa ulaşamamaktadır.

7.8. Teknolojik Merkezileşmenin Ampirik Görünümü

Bu bölümde yapılan analizler, çalışmanın temel tezini destekleyen güçlü bir ampirik çerçeve sunmaktadır. EPO 35 teknoloji alanında toplam patent başvuruları 2016-2025 döneminde artmakta; ancak bu artış teknolojik kapasitenin dünyaya dengeli biçimde yayıldığını göstermemektedir. Aksine, patent üretimi hâlâ sınırlı sayıda ülke ve ülke grubu etrafında yoğunlaşmaktadır.

Seçilen 10 ülkenin dünya patent başvuruları içindeki ağırlığının yaklaşık %76 düzeyinde seyretmesi, teknolojik üretimin küresel ölçekte yüksek derecede merkezileşmiş olduğunu göstermektedir. Bu merkezileşme içinde ABD hâlâ en güçlü referans teknoloji merkezi olmaya devam etmektedir. Ancak Asya 3'lüsünün yükselişi, özellikle Çin ve Güney Kore'nin katkısıyla küresel patent sistemindeki ağırlık merkezinin değişmeye başladığını ortaya koymaktadır. Avrupa 5'lisi ise güçlü tarihsel kapasitesini korumakta, ancak dijital ve elektronik teknoloji alanlarında Asya karşısında görece baskı yaşamaktadır.

Türkiye açısından bulgular daha dikkatli bir değerlendirme gerektirmektedir. Türkiye'nin GSYH büyüklüğü 2021-2025 döneminde görece olarak artmakta, ancak bu artış patent performansına aynı ölçüde yansımamaktadır. Türkiye'nin toplam patent payı sınırlı kalmakta; ABD, Avrupa 5'lisi ve özellikle Asya 3'lüsü karşısında görece teknoloji konumu güçlenmemektedir. Bu

sonuç, ekonomik büyümenin teknoloji üretimine dönüşmesi için özel politika mekanizmalarına ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

Bulgular, patent politikasının yalnızca başvuru sayısını artırma hedefiyle sınırlı tutulamayacağını ortaya koymaktadır. Patent sayısı artışı önemlidir; ancak daha önemli olan patentlerin hangi teknoloji alanlarında üretildiği, uluslararası koruma kapasitesi, ticarileşme potansiyeli, canlı patent stokuna dönüşme oranı ve ülkenin kritik teknoloji portföyünü güçlendirip güçlendirmedir. Türkiye açısından patent politikasının temel sorunu, toplam başvuru sayısından çok teknoloji portföyünün niteliğidir.

Bu çerçevede bulgular beş temel sonuca indirgenebilir:

1. **Küresel patent sistemi büyümekte, ancak teknoloji üretimi sınırlı merkezlerde yoğunlaşmaktadır :** 2016-2025 döneminde toplam patent başvuruları artmıştır; ancak bu artışın ana taşıyıcıları yine ABD, Avrupa 5’lisi ve Asya 3’lüsüdür.
2. **Asya 3’lüsü küresel patent sisteminde en dinamik yükseliş alanıdır:** Çin ve Güney Kore’nin güçlü artışı, Asya’nın özellikle dijital, elektronik, yarı iletken, elektrikli makineler ve üretim bağlantılı alanlarda ağırlığını artırdığını göstermektedir.
3. **Avrupa 5’lisi güçlü fakat daha durağan bir patent profiline sahiptir:** Avrupa mühendislik, sağlık, kimya, çevre ve uygulamalı sanayi teknolojilerinde güçlüdür; ancak dijital-elektronik çekirdekte Asya karşısında görece kayıp yaşamaktadır.
4. **ABD liderliği daha çok bilim-temelli, dijital ve yaşam bilimleri alanlarında yoğunlaşmaktadır:** ABD’nin görece gücü bilgisayar teknolojisi, dijital iletişim, tıbbi teknoloji, farmasötikler, biyoteknoloji, yarı iletkenler ve temel iletişim süreçlerinde belirgindir.

5. **Türkiye'nin patent portföyü ekonomik ölçeğiyle uyumlu bir teknolojik derinlik üretmemektedir:** Türkiye bazı uygulamalı ve orta teknoloji alanlarında görünür olmakla birlikte, bilgisayar teknolojisi, dijital iletişim, yarı iletkenler, telekomünikasyon, elektrikli makineler ve ileri biyoteknoloji gibi kritik alanlarda düşük paya sahiptir.

Netice itibarıyla, EPO 35 teknoloji alanı verileri, küresel teknolojik merkezileşmenin devam ettiğini; ancak bu merkezileşmenin iç dengesinin değiştiğini göstermektedir. Eski ABD-Avrupa merkezli yapı, Asya'nın yükselişiyle daha çok kutuplu hale gelmektedir. Fakat bu çok kutupluluk, teknolojinin tüm ülkelere dengeli biçimde yayıldığı anlamına gelmemektedir. Aksine, teknolojik kapasite birkaç güçlü merkez arasında yeniden dağılmakta ve Türkiye gibi yükselen ülkeler için teknoloji portföyünü stratejik biçimde dönüştürme ihtiyacı daha da acil hale gelmektedir.

8. TEKNOLOJİK MERKEZİLEŞME ve KÜRESEL REKABET

8.1. Patent Göstergeleri ve Teknolojik Merkezileşme

EPO 35 teknoloji alanına ilişkin bulgular, patent sisteminin küresel teknoloji üretimindeki merkezileşmeyi görünür hale getiren güçlü bir gösterge olduğunu ortaya koymaktadır. Patent başvuruları tek başına teknolojik kapasitenin tüm boyutlarını ölçmemektedir; ancak ülkelerin Ar-Ge çıktısı, firma stratejisi, teknoloji portföyü, uluslararası koruma arayışı ve rekabet avantajı oluşturma kapasitesi hakkında önemli bilgi sağlamaktadır. Bu nedenle seçilen 10 ülkenin toplam EPO patent başvurularındaki yüksek ağırlığı, yalnızca hukuki başvuru davranışı değil, aynı zamanda küresel teknoloji üretiminin sınırlı sayıda merkezde yoğunlaştığını gösteren yapısal bir bulgu olarak değerlendirilmelidir.

2016-2025 döneminde toplam patent başvuruları artmakta, ancak bu artış teknolojinin eşit biçimde yayılması sonucunu doğurmamaktadır. ABD, Avrupa 5’lisi ve Asya 3’lüsü, küresel teknoloji üretiminin ana taşıyıcıları olarak kalmaktadır. Bu yapı, teknolojik rekabetin hâlâ güçlü bilimsel altyapı, nitelikli insan kaynağı, kurumsal Ar-Ge, ileri üretim kapasitesi, patent sistemi ve ticarileştirme mekanizmalarına sahip ülkeler etrafında toplandığını göstermektedir.

Bu bulgu, önceki bölümlerde tartışılan tarihsel teknoloji politikası anlatisıyla uyumludur. İspanya ve Portekiz’in denizcilik teknolojileriyle kurduğu erken üstünlük, İngiltere’nin sanayi devrimiyle üretim ve makine teknolojilerine dayalı üstünlüğü, ABD’nin 20. yüzyılda bilim, savunma Ar-Ge’si, elektrik, elektronik, bilgisayar ve yarı iletkenler üzerinden kurduğu liderlik ve Asya ülkelerinin üretimden öğrenme ve ölçekleme kapasitesi, teknoloji

üstünlüğünün tarihsel olarak belirli merkezlerde yoğunlaştığını göstermektedir. Bugünkü patent verileri de bu tarihsel örüntünün güncel biçimini

8.2. ABD Liderliği ve Çok Kutuplu Teknoloji Rekabeti

ABD, EPO patent verilerinde hâlâ güçlü bir teknoloji merkezi olarak görünmektedir. ABD'nin özellikle bilgisayar teknolojisi, dijital iletişim, tıbbi teknoloji, farmasötikler, biyoteknoloji, yarı iletkenler ve temel iletişim süreçlerinde güçlü konumunu sürdürmesi, ülkenin bilimsel araştırma, üniversite sistemi, savunma Ar-Ge'si, risk sermayesi ve girişimcilik ekosistemine dayalı teknoloji modelinin hâlâ yüksek üretkenlik sağladığını göstermektedir.

Ancak ABD liderliği artık tek başına tartışmasız bir teknoloji egemenliği anlamına gelmemektedir. Çin'in elektrikli makineler, dijital iletişim, telekomünikasyon, yarı iletkenler, malzeme teknolojileri ve üretim bağlantılı alanlarda ABD'ye yaklaşması veya bazı alanlarda ABD'yi aşması, teknoloji ağırlığının çok kutuplu hale geldiğini göstermektedir. ABD bilim-temelli ve yüksek değerli teknoloji alanlarında güçlü kalırken, Çin ve Güney Kore üretim, elektronik, dijital iletişim ve ölçeklenebilir teknolojilerde ağırlık kazanmaktadır.

Bu sonuç, ABD modelinin dönüşüm ihtiyacını da göstermektedir. ABD uzun süre temel araştırma, patent, tasarım, yazılım ve girişimcilik üzerinden teknoloji liderliğini sürdürmüştür. Ancak yarı iletkenler, batarya, elektrikli araçlar, tedarik zinciri güvenliği ve kritik mineraller gibi alanlarda üretim kapasitesinin stratejik öneminin artması, ABD'yi yeniden sanayi politikası ve üretim ölçekleme gündemine taşımaktadır. CHIPS ve Bilim Yasası bu dönüşümün en somut örneklerinden biridir.

8.3. Avrupa 5’lisinin Güçlü ve Zayıf Yanları

Avrupa 5’lisi, EPO patent sisteminde hâlâ güçlü bir teknoloji kapasitesini temsil etmektedir. Almanya’nın mühendislik ve sanayi teknolojilerindeki derinliği, Fransa’nın kamu destekli stratejik teknoloji programları, İngiltere’nin bilimsel araştırma ve yaşam bilimleri kapasitesi, İtalya’nın KOBİ ve sanayi bölgeleri temelli üretim becerisi, İspanya’nın yeşil-dijital dönüşüm ve firma Ar-Ge destekleri Avrupa patent profilinin farklı bileşenlerini oluşturmaktadır.

Ancak Avrupa 5’lisinin Asya 3’lüsüne göre toplam konumunun 2016-2020 döneminde 1,22 iken 2021-2025 döneminde 0,92’ye gerilemesi, Avrupa açısından önemli bir yapısal uyarı niteliğindedir. Avrupa hâlâ inşaat mühendisliği, mekanik elemanlar, kimya mühendisliği, biyolojik materyallerin analizi, tıbbi teknoloji, çevre teknolojisi ve temel malzeme kimyası gibi alanlarda güçlüdür. Buna karşılık elektrikli makineler, dijital iletişim, telekomünikasyon, bilgisayar teknolojisi ve yarı iletkenlerde Asya 3’lüsü karşısında görece konum kaybetmektedir.

Bu sonuç, Avrupa teknoloji politikasının temel gerilimini göstermektedir. Avrupa yerleşik sanayi, mühendislik, sağlık, kimya ve çevre teknolojilerinde güçlü kalmakta; ancak yeni teknolojik dönüşümün dijital, elektronik, yapay zekâ ve yarı iletken ekseninde yoğunlaşması Avrupa’nın rekabet pozisyonunu zorlamaktadır. Dolayısıyla Avrupa açısından temel mesele, mühendislik ve sanayi gücünü dijital teknoloji, yarı iletken, yapay zekâ, veri altyapısı ve platform ekonomisiyle daha güçlü biçimde birleştirmektir.

8.4. Yeni Teknoloji Ağırlık Merkezi: Asya 3’lüsü

Asya 3’lüsü, 2016-2025 döneminde EPO patent sistemindeki en dinamik artış alanıdır. Çin ve Güney Kore’nin güçlü yükselişi, Japonya’nın yerleşik sanayi-teknoloji kapasitesiyle birleştiğinde Asya 3’lüsünü küresel teknoloji üretiminin yeni ağırlık

merkezlerinden biri haline getirmektedir. Bu sonuç, üretim kapasitesinin teknoloji üretiminden ayrı düşünölemeyeceğini göstermektedir.

Japonya, üretimden öğrenme, kalite yönetimi, elektronik, optik, taşıt teknolojileri ve malzeme teknolojilerindeki tarihsel kapasitesiyle hâlâ güçlüdür. Güney Kore, büyük teknoloji firmaları, aktif patent stratejisi, yarı iletkenler, dijital iletişim, batarya ve elektronik teknolojileriyle güçlü bir yükseliş göstermektedir. Çin ise ölçekleme, devlet yönlendirmesi, üretimden öğrenme, yerli yenilik politikası ve kritik teknoloji portföyleriyle çok geniş bir teknoloji alanında patent görünürlüğünü artırmaktadır.

Bu yapı, teknoloji politikasında üretimden öğrenmenin yeniden merkezi hale geldiğini göstermektedir. ABD ve İngiltere gibi bilimsel araştırma gücü yüksek ölkeler, ileri teknolojilerde güçlü konumlarını korumaktadır. Ancak Çin, Japonya ve Güney Kore örnekleri, üretim, tedarik zinciri, mühendislik uygulaması, süreç iyileştirme ve ölçek ekonomilerinin de patentlenebilir teknoloji üretiminde belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır.

8.5. Türkiye'nin Teknoloji Portföyü Problemi

Türkiye'nin EPO 35 teknoloji alanındaki performansı, GSYH artışına rağmen patent portföyünün yeterince derinleşmediğini, hatta AS3, EU5, ABD ve diğer ölkelere göre geride kaldığını göstermektedir. Türkiye'nin GSYH'si 2021-2025 döneminde gördeli olarak artmakta; ancak bu artış EPO patent performansına aynı ölçüde yansımamaktadır. Türkiye'nin toplam patent payı sınırlı kalmakta ve özellikle Asya 3'lüsü karşısında gördeli konumu ciddi düzeyde zayıflamaktadır.

Türkiye'nin daha görünür olduğu alanlar ısı süreçler ve aparatlar, diğer tüketim malları, mobilite ve oyunlar, tekstil ve kâğıt makineleri, inşaat mühendisliği, farmasötikler, gıda kimyası, çevre teknolojisi, kimya mühendisliği ve bazı mekanik alanlardır. Bu

alanlar Türkiye'nin mevcut sanayi tabanı ve uygulamalı üretim kapasitesiyle uyumludur. Ancak bu görünürlük, küresel teknolojik dönüşümün yeni çekirdeği olan bilgisayar teknolojisi, dijital iletişim, yarı iletkenler, telekomünikasyon, elektrikli makineler, optik, ileri biyoteknoloji ve bilim-temelli teknoloji alanlarında yeterli değildir.

Bu nedenle Türkiye açısından temel mesele, patent başvuru sayısını artırmak ile birlikte bunun da ötesine geçmektedir. Türkiye'nin teknoloji politikası, patentlerin hangi alanlarda üretildiğine, bu patentlerin uluslararası pazarda korunup korunmadığına, canlı patent stokuna dönüşüp dönüşmediğine, ticarileşme potansiyeline ve kritik teknoloji portföyleriyle ilişkisine odaklanmalıdır. Aksi halde patent başvuru sayısındaki artış, ülkenin gerçek teknoloji rekabetçiliğini artırmakta sınırlı kalacaktır.

8.6. Ekonomik Büyüklük ve Teknoloji Liderliği

Çalışmanın önemli bulgularından biri, ekonomik büyüklük ile patent performansı arasında otomatik ve doğrusal bir ilişki bulunmadığıdır. Büyük ekonomi olmak teknoloji liderliği için önemli bir ölçek avantajı sağlamakta; ancak tek başına yeterli olmamaktadır. ABD ve Çin örnekleri ekonomik ölçeğin teknoloji kapasitesiyle birleştiğinde güçlü sonuç ürettiğini göstermektedir. Buna karşılık bazı ülkelerde ekonomik büyüklük artışı patent portföyünün niteliğine aynı ölçüde yansımamaktadır.

Bu durum, teknoloji politikasının ekonomik büyüme politikasından ayrı bir uzmanlık alanı olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir. GSYH artışı, sanayi üretimi veya ihracat performansı önemli göstergelerdir; ancak teknoloji liderliği için Ar-Ge niteliği, patent kalitesi, üniversite-sanayi bağlantısı, mühendislik kapasitesi, kritik teknoloji alanlarına odaklanma, risk sermayesi, kamu alımı, teknoloji transferi ve üretim ölçekleme mekanizmaları birlikte gerekmektedir.

Türkiye açısından bu bulgu özellikle önemlidir. Ekonomik büyüklüğün artması, eğer Ar-Ge ve patent sisteminin teknoloji portföyüyle bütünleşmesini sağlamıyorsa, ileri teknoloji rekabetinde beklenen sonucu üretmemektedir. Bu nedenle Türkiye'nin teknoloji politikası, ekonomik büyümeden teknoloji üretimine geçiş mekanizmasını açık biçimde kurmalıdır.

8.7. Patent Sistemi ve Rekabet Avantajı

Bu çalışmanın teorik bölümlerinde vurgulandığı üzere patent sistemi, yenilik yapan aktörlere belirli süreli koruma sağlayarak Ar-Ge yatırımının karşılığını güvence altına almaktadır. Patent, bu yönüyle teknoloji üreticisine başkalarının hakkını elinden alan bir ayrıcalık sağlamamakta; aksine zihinsel emek, araştırma, mühendislik, deney, yatırım ve teknik risk üstlenme süreçlerinin sonucunda ortaya çıkan buluşu belirli bir süre korumaktadır. Patent sisteminin doğasında rekabeti tamamen ortadan kaldırmak değil, yenilik yoluyla elde edilen rekabet avantajını kurumsal olarak tanımak bulunmaktadır.

Bu nedenle patent verileri, ülkelerin yalnızca hukuki koruma taleplerini değil, aynı zamanda teknoloji rekabetinde hangi alanlarda avantaj elde etmeye çalıştıklarını da göstermektedir. ABD'nin dijital ve yaşam bilimleri alanlarında güçlü patent portföyü, Çin'in elektrikli makineler ve dijital iletişimde yükselişi, Almanya'nın mühendislik alanlarındaki derinliği, Kore'nin yarı iletken ve elektronik alanlarındaki artışı, Türkiye'nin ise daha çok uygulamalı ve orta teknoloji alanlarındaki görünürlüğü, ülkelerin teknoloji rekabeti stratejilerini yansıtmaktadır.

Bu bağlamda patent sistemi, teknoloji politikasının pasif bir tescil aracı olarak görülmemelidir. Patent sistemi, teknoloji istihbaratı, stratejik yönlendirme, yatırım önceliklendirmesi, firma kapasitesi analizi, uluslararası rekabet takibi ve kritik teknoloji portföyü yönetimi için kullanılabilecek merkezi bir politika aracıdır.

8.8. Teknolojik Merkezileşme ve Yeni Bir Politika Okuması İhtiyacı

EPO patent verileri, teknoloji üretiminin belirli ülkelerde yoğunlaşmaya devam ettiğini göstermektedir. Ancak bu yoğunlaşma sabit değildir. ABD, Avrupa ve Asya arasındaki göreceli ağırlıklar değişmektedir. Asya'nın yükselişi, Avrupa'nın dijital-elektronik alanlarda baskı altında kalması ve ABD'nin bilim-temelli alanlarda gücünü koruması, küresel teknoloji rekabetinin daha dinamik ve çok katmanlı hale geldiğini göstermektedir.

Bu durum, Türkiye gibi yükselen ülkeler için iki farklı risk doğurmaktadır. Birinci risk, mevcut teknoloji merkezleriyle farkın daha da açılmasıdır. İkinci risk, teknoloji merkezleri arasındaki dönüşümün dışında kalınmasıdır. Eğer Türkiye, yalnızca geleneksel sanayi alanlarında patent görünürlüğü üretir ve kritik teknoloji çekirdeğine yeterince giremezse, küresel teknoloji değer zincirlerinde daha alt konumlarda kalma riski artacaktır.

Buna karşılık Türkiye'nin bazı avantajları da bulunmaktadır. Geniş sanayi tabanı, savunma sanayii tecrübesi, genç mühendislik kapasitesi, sağlık altyapısı, otomotiv ve makine üretim birikimi, enerji dönüşümü ihtiyacı, girişimcilik potansiyeli ve TÜRKPATENT gibi kurumsal kapasite alanları doğru politika mimarisiyle yeni bir teknoloji portföyü oluşturmak için kullanılabilir.

Bu nedenle teknolojik merkezileşme, yalnızca dünyadaki eşitsiz teknoloji dağılımını gösteren bir bulgu olarak değil, Türkiye açısından stratejik politika tasarımı ihtiyacını ortaya koyan bir uyarı olarak okunmalıdır.

8.9. Bölüm Değerlendirmesi

Bu çalışmanın bulguları, teknoloji rekabetinin tarihsel olarak belirli merkezlerde yoğunlaştığını ve günümüzde bu merkezleşmenin yeni bir yapıya dönüştüğünü göstermektedir. ABD

hâlâ bilimsel araştırma, dijital teknoloji, yaşam bilimleri ve patent-ticarileştirme ekosistemi bakımından güçlüdür. Avrupa 5’lisi mühendislik, sağlık, kimya ve sanayi teknolojilerinde güçlü bir yerleşik kapasiteye sahiptir. Asya 3’lüsü, özellikle Çin ve Güney Kore’nin etkisiyle elektronik, dijital iletişim, elektrikli makineler, yarı iletkenler ve üretim bağlantılı alanlarda hızlı biçimde yükselmektedir. Türkiye ise bazı uygulamalı alanlarda görünür olmakla birlikte, küresel teknoloji dönüşümünün çekirdek alanlarında sınırlı kalmaktadır.

Bu nedenle patent sistemine dayalı teknoloji politikası, ülkelerin yalnızca başvuru sayılarını artırmayı değil, teknoloji portföylerini dönüştürmeyi hedeflemelidir. Türkiye açısından temel politika meselesi, mevcut sanayi tabanını daha yüksek teknolojili, uluslararası patent koruması olan, ticarileşebilir ve canlı patent stokuna dönüşebilecek alanlara taşımaktır. Bu hedef, Ar-Ge desteklerinin patent çıktısıyla ilişkilendirilmesini, patent ofisinin teknoloji politikası aktörü olarak güçlendirilmesini, kritik teknoloji alanlarında odaklı programlar geliştirilmesini ve uluslararası patent stratejisinin sanayi politikasıyla bütünleştirilmesini gerektirmektedir.

SONUÇ VE POLİTİKA ÇIKARIMLARI

8.10. Genel Sonuç

Bu çalışma, EPO 35 teknoloji alanında 2016-2025 dönemine ait patent başvuru verileri üzerinden küresel teknolojik merkezileşme olgusunu incelemektedir. Analiz kapsamına ABD, Avrupa 5’lisi, Asya 3’lüsü ve Türkiye alınmıştır. Bulgular, küresel patent başvuru hacminin dönem içinde arttığını; ancak bu artışın teknolojik kapasitenin dünya geneline dengeli biçimde yayıldığı anlamına gelmediğini göstermektedir.

2016 yılında 158.728 olan toplam patent başvuru sayısı 2025 yılında 201.608’e yükselmiştir. Ancak bu büyüme, büyük ölçüde sınırlı sayıda ülke ve ülke grubu etrafında gerçekleşmektedir. Seçilen teknoloji merkezleri, küresel patent üretiminin ana taşıyıcıları olmaya devam etmektedir. Bu durum, teknoloji üretiminin doğası gereği yüksek Ar-Ge kapasitesi, nitelikli insan kaynağı, patent sistemi, üretim ölçeği, finansman gücü, ticarileştirme mekanizması ve stratejik kamu politikası gerektirdiğini göstermektedir.

Patent sistemi bu bağlamda yalnızca hukuki bir koruma mekanizması değildir. Patent, zihinsel emek, araştırma, mühendislik, deney, sermaye yatırımı ve teknik risk üstlenme sonucunda ortaya çıkan buluşun belirli süreli rekabet avantajına dönüştürülmesini sağlamaktadır. Bu nedenle patent performansı, ülkelerin teknoloji üretme kapasitesinin ve uluslararası rekabet gücü arayışının önemli göstergelerinden biridir.

8.11. ABD Liderliği ve Asya’nın Yükselişi

ABD, EPO patent verilerinde hâlâ en güçlü teknoloji merkezlerinden biridir. Özellikle bilgisayar teknolojisi, dijital iletişim, tıbbi teknoloji, farmasötikler, biyoteknoloji ve yarı iletkenler gibi alanlarda güçlü konumunu korumaktadır. Bu yapı, ABD’nin temel araştırma, üniversite sistemi, savunma Ar-Ge’si, risk

sermayesi, girişimcilik ekosistemi ve büyük teknoloji firmaları üzerinden kurduğu teknoloji politikası modelinin etkisini göstermektedir.

Bununla birlikte 2016-2025 döneminin en dikkat çekici gelişmesi, Asya 3'lüsünün yükselişidir. Çin, Japonya ve Güney Kore'den oluşan Asya 3'lüsü, özellikle Çin ve Güney Kore'nin etkisiyle patent başvuru performansını belirgin biçimde artırmaktadır. Asya 3'lüsünün patent başvuruları 2016 yılında 34.683 iken 2025 yılında 57.626'ya yükselmiştir. İki dönem ortalaması itibarıyla artış %33,86 düzeyindedir. Bu oran, ABD ve Avrupa 5'lisine kıyasla oldukça güçlü bir ivmeye işaret etmektedir.

Asya'nın yükselişi özellikle elektrikli makineler, dijital iletişim, telekomünikasyon, bilgisayar teknolojisi, yarı iletkenler, taşıt teknolojileri ve üretim bağlantılı alanlarda belirginleşmektedir. Bu durum, üretimden öğrenme, ölçek ekonomileri, tedarik zinciri derinliği, büyük teknoloji firmaları ve devlet destekli stratejik teknoloji politikalarının patent performansına güçlü biçimde yansımalarını göstermektedir.

8.12. Avrupa'nın Sanayi Gücü, Elektronik ve Bilişimde Geride Kalma

Avrupa 5'lisi, yani Almanya, İngiltere, Fransa, İtalya ve İspanya, EPO patent sisteminde güçlü bir teknoloji kapasitesini temsil etmektedir. Avrupa'nın patent profili mühendislik, kimya, tıbbi teknoloji, çevre teknolojileri, makine, taşıt teknolojileri, inşaat mühendisliği ve uygulamalı sanayi teknolojileri alanlarında güçlüdür. Almanya'nın mühendislik derinliği, Fransa'nın seçici kamu stratejisi, İngiltere'nin bilimsel araştırma kapasitesi, İtalya'nın KOBİ ve sanayi bölgeleri yapısı, İspanya'nın yeşil-dijital dönüşüm politikaları Avrupa patent profilinin farklı bileşenlerini oluşturmaktadır.

Ancak Avrupa 5’lisinin Asya 3’lüsüne görelî konumu zayıflamaktadır. EU5/AS3 oranı 2016-2020 döneminde 1,22 iken 2021-2025 döneminde 0,92’ye gerilemiştir. Bu sonuç, Avrupa’nın toplam patent ağırlığında Asya karşısında gerilediğini göstermektedir. Avrupa’nın görelî olarak güçlü olduğu alanlar hâlâ mühendislik, sağlık, kimya ve çevre teknolojileriyle bağlantılıdır. Buna karşılık dijital iletişim, telekomünikasyon, elektrikli makineler, bilgisayar teknolojisi ve yarı iletkenlerde Asya 3’lüsünün ağırlığı artmaktadır.

Bu sonuç, Avrupa açısından açık bir politika mesajı üretmektedir. Avrupa’nın güçlü sanayi ve mühendislik mirası, dijital teknoloji, yapay zekâ, yarı iletken, veri altyapısı, batarya, elektrikli araçlar ve ileri üretim teknolojileriyle daha güçlü biçimde bütünleştirilmelidir. Aksi halde Avrupa, klasik mühendislik alanlarında güçlü kalmasına rağmen yeni teknoloji dalgasının çekirdeğinde görelî konum kaybetmeye devam edebilir.

8.13. Türkiye’nin Ekonomik Büyüme - Teknoloji Portföyü Uyumsuzluğu

Türkiye’nin GSYH büyüklüğü 2021-2025 döneminde görelî olarak artmaktadır. Türkiye’nin cari fiyatlarla GSYH’si 2016 yılında 869,7 milyar ABD doları iken 2025 yılında 1.570,0 milyar ABD dolarına ulaşmaktadır. İki dönem ortalaması itibarıyla değişim %44,15 düzeyindedir. Bu oran, seçilen ülkeler içinde yüksek bir nominal artışa işaret etmektedir.

Ancak aynı dönemde Türkiye’nin EPO patent performansı bu ekonomik ölçek artışına paralel bir sıçrama göstermemektedir. Türkiye’nin patent başvuruları 2016 yılında 516 iken 2025 yılında 656 düzeyindedir. İki dönem ortalaması itibarıyla artış yalnızca %1,30’dur. Türkiye’nin tüm ülkeler karşısındaki görelî patent payı 2016-2020 döneminde %0,36 iken 2021-2025 döneminde %0,32’ye gerilemektedir.

Türkiye'nin ABD, Avrupa 5'lisi ve Asya 3'lüsü karşısındaki göreceli konumu da bu sonucu desteklemektedir. Türkiye'nin Asya 3'lüsüne karşı patent oranı 2016-2020 döneminde %1,58 iken 2021-2025 döneminde %1,18'e düşmektedir. Bu sonuç, Türkiye'nin özellikle Çin ve Güney Kore'nin hızlı yükselişi karşısında göreceli olarak gerilediğini göstermektedir.

Türkiye'nin daha görünür olduğu alanlar ısıtma süreçleri ve aparatlar, diğer tüketim malları, mobilite ve oyunlar, tekstil ve kâğıt makineleri, inşaat mühendisliği, farmasötikler, gıda kimyası, çevre teknolojisi, kimya mühendisliği ve bazı mekanik alanlardır. Buna karşılık bilgisayar teknolojisi, dijital iletişim, yarı iletkenler, telekomünikasyon, elektrikli makineler, optik, biyoteknoloji ve ileri yaşam bilimleri gibi küresel teknoloji dönüşümünün çekirdek alanlarında Türkiye'nin patent payı düşüktür.

Bu nedenle Türkiye açısından temel mesele yalnızca daha fazla patent başvurusu yapmak değildir. Temel mesele, patent portföyünün teknoloji alanı bileşimini dönüştürmektir. Türkiye'nin daha yüksek katma değerli, uluslararası başvuruya konu olabilecek, canlı patent stokuna dönüşebilecek, ticarileşme potansiyeli taşıyan ve kritik teknoloji alanlarında yoğunlaşan bir patent yapısına ihtiyacı bulunmaktadır.

8.14. Türkiye İçin Politika Çıkarımları

Türkiye'nin EPO patent performansı, mevcut sanayi tabanının belirli uygulamalı alanlarda patent üretebildiğini; ancak küresel teknolojik merkezileşmenin çekirdeğinde yer alan ileri teknoloji alanlarında henüz yeterli derinlik oluşturamadığını göstermektedir. Bu nedenle politika yaklaşımı, başvuru sayısı hedefinin ötesine geçmeli ve teknoloji portföyü odaklı bir patent stratejisine dönüşmelidir.

Tablo 41 : Türkiye İçin Patent ve Teknoloji Politikası Çıkarımları

Politika Alanı	Mevcut Bulgudan Çıkan Sonuç	Politika Çıkarımı
Patent portföyü	Türkiye'nin görünürlüğü daha çok uygulamalı ve orta teknoloji alanlarındadır	Kritik teknoloji alanlarında seçici patent portföyü programları oluşturulmalıdır
Dijital teknolojiler	Bilgisayar teknolojisi, dijital iletişim, yarı iletkenler ve telekomünikasyonda pay düşüktür	Yazılım, çip tasarımı, haberleşme, yapay zekâ ve veri teknolojileri için odaklı Ar-Ge-patent destekleri geliştirilmelidir
Sanayi tabanı	Isıl süreçler, makine, inşaat, tekstil ve bazı tüketim alanlarında görünürlük vardır	Mevcut sanayi gücü ileri imalat, otomasyon, sensör, malzeme ve enerji teknolojileriyle yükseltilmelidir
Yaşam bilimleri	Farmasötikler, tıbbi teknoloji ve biyoteknolojide sınırlı fakat anlamlı potansiyel vardır	Klinik araştırma, biyoteknoloji, medikal cihaz ve ilaç Ar-Ge'si patent stratejisiyle birleştirilmelidir
Uluslararası başvuru	EPO başvuru hacmi sınırlıdır	EPO, PCT ve hedef pazar patent başvuruları için uluslararasılaşma desteği artırılmalıdır
Patent kalitesi	Başvuru sayısı tek başına yeterli değildir	Patent kalitesi, istem gücü, ticarileşme potansiyeli ve canlı patent stoku izlenmelidir
Üniversite-sanayi bağlantısı	Araştırma çıktıları yeterince uluslararası patente dönüşmemektedir	Üniversite patentleri, teknoloji transferi, prototipleme ve sanayi ortaklığıyla desteklenmelidir
Ticarileştirme	Patentlerin ekonomik değere dönüşmesi sınırlıdır	Patent değerlendirme, lisanslama, IP teminatlı finansman ve teknoloji pazarı mekanizmaları geliştirilmelidir
TÜRKPATENT'in rolü	Patent verisi stratejik teknoloji istihbaratı için kullanılabilir	TÜRKPATENT, yalnızca tescil kurumu değil, teknoloji politika istihbaratı üreten stratejik kurum olarak konumlandırılmalıdır

Kaynak: Avrupa Patent Ofisi (EPO) (2026) İstatistiklerinden yazar tarafından üretilmiştir.

Bu politika çıkarımları, Türkiye'nin patent sistemini daha yüksek teknoloji rekabetiyle ilişkilendirmesi gerektiğini göstermektedir. Patent destekleri yalnızca başvuru maliyetlerini karşılayan araçlar olarak görülmemelidir. Bu destekler, ülkenin kritik teknoloji alanlarında portföy oluşturmalarını, firmaların uluslararası pazarda korunmasını, patentlerin ticarileşmesini ve Ar-Ge desteklerinin gerçek teknolojik çıktılara bağlanmasını sağlayacak biçimde yeniden tasarlanmalıdır.

8.15. Kritik Teknoloji Alanlarında Seçici Odaklanma

Türkiye'nin tüm teknoloji alanlarında aynı anda küresel ölçekte sıçrama yapması gerçekçi değildir. Bu nedenle politika yaklaşımı seçici olmalıdır. EPO 35 teknoloji alanındaki bulgular, Türkiye'nin bazı alanlarda mevcut birikime sahip olduğunu, bazı alanlarda ise ciddi kapasite açığı bulunduğunu göstermektedir. Türkiye için üç düzeyli bir teknoloji portföyü yaklaşımı geliştirilebileceği değerlendirilmektedir.

Tablo 42 : Türkiye İçin Üç Düzeyli Teknoloji Portföyü Yaklaşımı

Portföy Düzeyi	Alanlar	Politika Yaklaşımı
Mevcut görünürlük alanları	Isıl süreçler, inşaat mühendisliği, tekstil ve kâğıt makineleri, gıda kimyası, diğer özel makineler, mekanik elemanlar	Mevcut sanayi tabanı korunmalı, patent kalitesi ve ihracat bağlantısı güçlendirilmelidir
Yükseltilebilir alanlar	Farmasötikler, tıbbi teknoloji, biyoteknoloji, çevre teknolojisi, kimya mühendisliği, malzemeler ve metalurji	Ar-Ge, üniversite-sanayi işbirliği ve ticarileştirme destekleriyle daha yüksek değerli portföyler oluşturulmalıdır
Stratejik kapasite açığı alanları	Bilgisayar teknolojisi, dijital iletişim, yarı iletkenler, telekomünikasyon, elektrikli makineler, optik, ileri veri ve yapay zekâ teknolojileri	Uzun vadeli, görev odaklı, yüksek bütçeli ve uluslararası ortaklı programlar geliştirilmelidir

Kaynak: Avrupa Patent Ofisi (EPO) (2026) İstatistiklerinden yazar tarafından üretilmiştir.

Bu yaklaşım, Türkiye'nin hem mevcut sanayi birikimini değerlendirmesini hem de geleceğin kritik teknoloji alanlarına yönelmesini mümkün kılmaktadır. Mevcut görünürlük alanları Türkiye'nin başlangıç avantajlarını göstermektedir. Yükseltilebilir alanlar orta vadede daha yüksek katma değerli teknoloji üretimi için fırsat sunmaktadır. Stratejik kapasite açığı alanları ise uzun vadeli ve seçici kamu politikası gerektirmektedir.

8.16. Ar-Ge ve Patent Destekleri Entegrasyonu

Türkiye'de Ar-Ge destekleri, vergi teşvikleri, proje fonları, teknoparklar, TÜBİTAK destekleri, KOSGEB destekleri, sanayi destekleri ve yatırım teşvikleri geniş bir politika araç seti oluşturmaktadır. Ancak bu desteklerin patent çıktısı, uluslararası başvuru, canlı patent stoku, lisanslama ve ticarileşme performansı ile daha sıkı ilişkilendirilmesi gerekmektedir.

Bu kapsamda Ar-Ge desteklerinde yalnızca harcama büyüklüğü veya proje sayısı değil, teknolojik çıktı kalitesi izlenmelidir. Patent başvurusu, patent tescili, EPO/PCT başvurusu, patent ailesi, canlı patent, lisans geliri, ürünleşme, ihracat ve teknoloji transferi göstergeleri destek programlarının performans ölçümüne dâhil edilmelidir. Böylece Ar-Ge desteklerinin yalnızca mali teşvik veya vergi avantajı olarak kullanılmasının önüne geçilebilir; gerçek teknolojik çıktı üretimi teşvik edilebilir.

Bu yaklaşım, patent sistemini Ar-Ge politikasının doğal uzantısı haline getirecektir. Ar-Ge harcaması bilgi üretiminin girdisini, patent başvurusu korunabilir teknik çıktıyı, patent tescili hukuki korumayı, canlı patent ekonomik değer beklentisini, lisanslama ve ihracat ise ticarileşme başarısını gösterecektir.

8.17. TÜRKPATENT'in Stratejik Rolü

Bu çalışmanın en önemli kurumsal çıkarımlarından biri, patent ofislerinin yalnızca başvuru alan ve tescil işlemi yürüten idari kurumlar olarak görülmemesi gerektiğidir. Güney Kore örneğinde görüldüğü üzere patent ofisi, ulusal teknoloji politikasının aktif

aktörü haline gelebilmektedir. Patent verisi, ülkelerin hangi teknoloji alanlarında güçlendiğini, hangi alanlarda geride kaldığını, hangi firmaların teknoloji portföyü geliştirdiğini ve hangi sektörlerde uluslararası rekabet kapasitesi oluştuğunu gösterebilmektedir.

Bu nedenle TÜRKPATENT'in stratejik teknoloji istihbaratı kapasitesi güçlendirilmelidir. Kurum, EPO, PCT, USPTO, CNIPA, JPO, KIPO ve diğer patent veritabanları üzerinden Türkiye'nin kritik teknoloji alanlarındaki konumunu düzenli olarak izlemeli; politika yapıcılara teknoloji alanı bazlı raporlar sunmalıdır. Bu raporlar, yalnızca başvuru sayısı değil, patent aileleri, teknoloji sınıfları, firma portföyleri, üniversite patentleri, uluslararası ortaklıklar, canlı patentler, yenileme davranışı ve ticarileşme göstergelerini içermelidir.

Bu kapsamda TÜRKPATENT bünyesinde veya koordinasyonunda düzenli bir **Kritik Teknoloji Patent İzleme Sistemi** kurulması önerilebilir. Bu sistem, Türkiye'nin teknoloji politikası, sanayi politikası, Ar-Ge destekleri, yatırım teşvikleri ve ihracat stratejileri için veri temelli bir karar destek mekanizması sağlayacaktır.

8.18. Nihai Değerlendirme

Bu çalışma, EPO 35 teknoloji alanında 2016-2025 dönemine ait patent başvuru verileri üzerinden küresel teknolojik merkezleşmenin devam ettiğini göstermektedir. Toplam patent başvuruları artmakta; ancak teknoloji üretimi hâlâ ABD, Avrupa 5'lisi ve Asya 3'lüsü gibi sınırlı merkezler etrafında yoğunlaşmaktadır. Bu merkezleşmenin iç dengesi ise değişmektedir. ABD bilim-temelli, dijital ve yaşam bilimleri alanlarında güçlü konumunu korumakta; Avrupa 5'lisi mühendislik, sağlık, kimya ve uygulamalı sanayi teknolojilerinde güçlü kalmakta; Asya 3'lüsü ise özellikle Çin ve Güney Kore'nin etkisiyle dijital,

elektronik, yarı iletken, elektrikli makineler ve üretim bağlantılı alanlarda ağırlığını artırmaktadır.

Türkiye açısından sonuç daha açıktır. Ekonomik büyüklük artışı, patent performansına ve teknoloji portföyü derinliğine aynı ölçüde yansımamaktadır. **Türkiye bazı uygulamalı ve orta teknoloji alanlarında görünür olmakla birlikte, küresel teknoloji dönüşümünün çekirdek alanlarında bilimsel ve teknolojik performansı sınırlı kalmaktadır. Bu nedenle Türkiye'nin patent ve teknoloji politikası, yalnızca yerli başvuru sayısını artırma hedefinden çıkarak, kritik teknoloji portföyü oluşturma, uluslararası patentleşme, ticarileştirme, canlı patent stoku, Ar-Ge desteklerinin teknoloji çıktısıyla ilişkilendirilmesi ve patent verisine dayalı stratejik yönlendirme ekseninde yeniden yapılandırılmalıdır.**

Netice itibarıyla, teknolojik merkezileşme Türkiye için yalnızca dış dünyaya ilişkin bir gözlem değildir. Aynı zamanda **ulusal teknoloji politikasının daha seçici, daha veri temelli, daha patent odaklı ve daha uluslararası rekabetçi hale getirilmesi gerektiğini gösteren stratejik bir uyarıdır. Türkiye'nin gelecek dönemde teknoloji rekabetinde daha güçlü bir konuma ulaşması, mevcut sanayi tabanını kritik teknoloji alanlarına taşıyabilmesine, patent sistemini Ar-Ge ve sanayi politikasıyla bütünleştirebilmesine ve patentli teknolojileri ekonomik değere dönüştürebilmesine bağlı olacaktır.**

KAYNAKÇA

Abramovitz, M. (1956). Resource and output trends in the United States since 1870. *The American Economic Review*, 46(2), 5-23.

Arrow, K. J. (1962). Economic welfare and the allocation of resources for invention. In R. R. Nelson (Ed.), *The rate and direction of inventive activity: Economic and social factors* (pp. 609-626). Princeton University Press.

Baark, E. (2019). China's indigenous innovation policies. *East Asian Policy*, 11(2), 5-12.
<https://doi.org/10.1142/S1793930519000126>

Becattini, G. (1990). The Marshallian industrial district as a socio-economic notion. In F. Pyke, G. Becattini, & W. Sengenberger (Eds.), *Industrial districts and inter-firm co-operation in Italy* (pp. 37-51). International Institute for Labour Studies.

Becker, G. S. (1964). *Human capital: A theoretical and empirical analysis, with special reference to education*. University of Chicago Press.

Bennis, W. G., & Biederman, P. W. (1997). *Organizing genius: The secrets of creative collaboration*. Addison-Wesley.

Berger, S. (2013). *Making in America: From innovation to market*. MIT Press.

Bird, K., & Sherwin, M. J. (2005). *American Prometheus: The triumph and tragedy of J. Robert Oppenheimer*. Alfred A. Knopf.

Bleichmar, D., De Vos, P., Huffine, K., & Sheehan, K. (Eds.). (2009). *Science in the Spanish and Portuguese empires, 1500-1800*. Stanford University Press.

Bonvillian, W. B. (2014). The new model innovation agencies: An overview. *Science and Public Policy*, 41(4), 425-437. <https://doi.org/10.1093/scipol/sct059>

Bonvillian, W. B. (2020). Class seven: The education/talent challenge [Course slides]. MITx, Science, Technology and Society.

Bonvillian, W. B. (2022). Encompassing the innovation panoply. *Issues in Science and Technology*, 38(2), 37-43.

Bonvillian, W. B., & Singer, P. L. (2018). *Advanced manufacturing: The new American innovation policies*. MIT Press.

Bonvillian, W. B., & Van Atta, R. (2011). ARPA-E and DARPA: Applying the DARPA model to energy innovation. *The Journal of Technology Transfer*, 36(5), 469-513. <https://doi.org/10.1007/s10961-011-9223-x>

Branscomb, L. M., & Auerswald, P. E. (2002). *Between invention and innovation: An analysis of funding for early-stage technology development*. National Institute of Standards and Technology.

Branstetter, L. G., & Lardy, N. R. (2006). *China's embrace of globalization* (NBER Working Paper No. 12373). National Bureau of Economic Research.

Browning, L. D., & Shetler, J. C. (2000). *Sematech: Saving the U.S. semiconductor industry*. Texas A&M University Press.

Brusco, S. (1982). The Emilian model: Productive decentralisation and social integration. *Cambridge Journal of Economics*, 6(2), 167-184.

Buesa, M., Heijs, J., Martínez Pellitero, M., & Baumert, T. (2006). Regional systems of innovation and the knowledge production function: The Spanish case. *Technovation*, 26(4), 463-472. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2004.11.007>

Bush, V. (2020). *Science, the endless frontier: A report to the President* (75th anniversary ed.). National Science Foundation. Original work published 1945.

CDTI. (n.d.). *About us*. Centro para el Desarrollo Tecnológico y la Innovación.

Chandler, A. D., Jr. (1977). *The visible hand: The managerial revolution in American business*. Harvard University Press.

Chandler, A. D., Jr. (1990). *Scale and scope: The dynamics of industrial capitalism*. Harvard University Press.

Chesnais, F. (1993). The French national system of innovation. In R. R. Nelson (Ed.), *National innovation systems: A comparative analysis* (pp. 192-229). Oxford University Press.

Cipolla, C. M. (1965). *Guns, sails and empires: Technological innovation and the early phases of European expansion, 1400-1700*. Pantheon Books.

Cohen, E. (1977). *La politique industrielle en France*. Gallimard.

Cohen, S. S., & Zysman, J. (1987). *Manufacturing matters: The myth of the post-industrial economy*. Basic Books.

Conant, J. (2002). *Tuxedo Park: A Wall Street tycoon and the secret palace of science that changed the course of World War II*. Simon & Schuster.

Conant, J. (2005). *109 East Palace: Robert Oppenheimer and the secret city of Los Alamos*. Simon & Schuster.

del Río, P., & Unruh, G. (2007). Overcoming the lock-out of renewable energy technologies in Spain: The cases of wind and solar electricity. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(7), 1498-1513. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2005.12.003>

Department for Science, Innovation and Technology. (2023). *The UK science and technology framework*. HM Government.

Dertouzos, M. L., Lester, R. K., Solow, R. M., & the MIT Commission on Industrial Productivity. (1989). *Made in America: Regaining the productive edge*. MIT Press.

Edgerton, D. (2006). *The shock of the old: Technology and global history since 1900*. Oxford University Press.

Edquist, C. (Ed.). (1997). *Systems of innovation: Technologies, institutions and organizations*. Pinter.

Erstling, J. A., & Strom, R. E. (2010). Korea's patent policy and its impact on economic development: A model for emerging countries? *San Diego International Law Journal*, 11, 441-480.

Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: From national systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university-industry-government relations. *Research Policy*, 29(2), 109-123. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00055-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4)

Evans, H. (2004). *They made America: From the steam engine to the search engine: Two centuries of innovators*. Little, Brown.

Freeman, C. (1987). *Technology policy and economic performance: Lessons from Japan*. Pinter.

Galison, P. (1997). *Image and logic: A material culture of microphysics*. University of Chicago Press.

Gobierno de España. (2024). *The artificial intelligence strategy 2024*.

Goldin, C., & Katz, L. F. (2008). *The race between education and technology*. Harvard University Press.

Goldin, C., & Katz, L. F. (2009). The future of inequality: The other reason education matters so much. *Milken Institute Review*, 11(3), 26-33.

Goodman, D. C. (1988). *Power and penury: Government, technology and science in Philip II's Spain*. Cambridge University Press.

Hall, P. A. (1986). *Governing the economy: The politics of state intervention in Britain and France*. Oxford University Press.

Hauser, H. (2010). *The current and future role of technology and innovation centres in the UK*. Department for Business, Innovation and Skills.

Hecht, G. (1998). *The radiance of France: Nuclear power and national identity after World War II*. MIT Press.

HM Government. (2021). *UK innovation strategy: Leading the future by creating it*. Department for Business, Energy & Industrial Strategy.

Hounshell, D. A. (1984). *From the American system to mass production, 1800-1932: The development of manufacturing technology in the United States*. Johns Hopkins University Press.

Huang, P., Negro, S. O., Hekkert, M. P., & Bi, K. (2016). How China became a leader in solar PV: An innovation system analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 64, 777-789. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.06.061>

Hughes, T. P. (1983). *Networks of power: Electrification in Western society, 1880-1930*. Johns Hopkins University Press.

Irwin, D. A., & Klenow, P. J. (1996). High-tech R&D subsidies: Estimating the effects of Sematech. *Journal of International Economics*, 40(3-4), 323-344. [https://doi.org/10.1016/0022-1996\(95\)01408-X](https://doi.org/10.1016/0022-1996(95)01408-X)

Johnson, C. (1982). *MITI and the Japanese miracle: The growth of industrial policy, 1925-1975*. Stanford University Press.

Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group*. acatech.

Kevles, D. J. (1995). *The physicists: The history of a scientific community in modern America* (Rev. ed.). Harvard University Press.

Kim, L. (1997). *Imitation to innovation: The dynamics of Korea's technological learning*. Harvard Business School Press.

Kim, L., & Nelson, R. R. (Eds.). (2000). *Technology, learning, and innovation: Experiences of newly industrializing economies*. Cambridge University Press.

Kline, S. J., & Rosenberg, N. (1986). An overview of innovation. In R. Landau & N. Rosenberg (Eds.), *The positive sum strategy: Harnessing technology for economic growth* (pp. 275-305). National Academies Press.

Lamoreaux, N. R., & Sokoloff, K. L. (1999). Inventors, firms, and the market for technology in the late nineteenth and early twentieth centuries. In N. R. Lamoreaux, D. M. G. Raff, & P. Temin (Eds.), *Learning by doing in markets, firms, and countries* (pp. 19-57). University of Chicago Press.

Lamoreaux, N. R., & Sokoloff, K. L. (2001). Market trade in patents and the rise of a class of specialized inventors in the 19th-century United States. *American Economic Review*, 91(2), 39-44. <https://doi.org/10.1257/aer.91.2.39>

Landes, D. S. (1969). *The unbound Prometheus: Technological change and industrial development in Western Europe from 1750 to the present*. Cambridge University Press.

Lee, K. (2013). *Schumpeterian analysis of economic catch-up: Knowledge, path-creation, and the middle-income trap*. Cambridge University Press.

Li, G., & Branstetter, L. G. (2024). Does “Made in China 2025” work for China? Evidence from Chinese listed firms. *Research Policy*, 53(6), Article 105009. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2024.105009>

Lin, J. Y. (1992). Rural reforms and agricultural growth in China. *The American Economic Review*, 82(1), 34-51.

Lucas, R. E., Jr. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3-42.

Lundvall, B.-Å. (Ed.). (1992). *National systems of innovation: Towards a theory of innovation and interactive learning*. Pinter.

Machlup, F. (1958). *An economic review of the patent system*. U.S. Government Printing Office.

Machlup, F., & Penrose, E. (1950). The patent controversy in the nineteenth century. *The Journal of Economic History*, 10(1), 1-29.

May, C., & Sell, S. K. (2006). *Intellectual property rights: A critical history*. Lynne Rienner Publishers.

Mazzoleni, R., & Nelson, R. R. (1998). The benefits and costs of strong patent protection: A contribution to the current debate. *Research Policy*, 27(3), 273-284. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(98\)00048-1](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(98)00048-1)

Mazzucato, M. (2013). *The entrepreneurial state: Debunking public vs. private sector myths*. Anthem Press.

McDougall, W. A. (1985). *The heavens and the earth: A political history of the space age*. Basic Books.

Miller, C. (2022). *Chip war: The fight for the world's most critical technology*. Scribner.

Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. (2021). *Spanish science, technology and innovation strategy 2021-2027*. Gobierno de España.

Mokyr, J. (1990). *The lever of riches: Technological creativity and economic progress*. Oxford University Press.

Mokyr, J. (2009). *The enlightened economy: An economic history of Britain 1700-1850*. Yale University Press.

Mowery, D. C., & Rosenberg, N. (1998). *Paths of innovation: Technological change in 20th-century America*. Cambridge University Press.

Mowery, D. C., Nelson, R. R., Sampat, B. N., & Ziedonis, A. A. (2004). *Ivory tower and industrial innovation: University-industry technology transfer before and after the Bayh-Dole Act*. Stanford University Press.

Murmann, J. P. (2003). *Knowledge and competitive advantage: The coevolution of firms, technology, and national institutions*. Cambridge University Press.

Nahm, J., & Steinfeld, E. S. (2014). Scale-up nation: China's specialization in innovative manufacturing. *World Development*, 54, 288-300. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2013.09.003>

Naughton, B. (2007). *The Chinese economy: Transitions and growth*. MIT Press.

Naughton, B. (2021). *The rise of China's industrial policy, 1978 to 2020*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Economía.

Nelson, R. R. (1959). The simple economics of basic scientific research. *Journal of Political Economy*, 67(3), 297-306.

Nelson, R. R. (Ed.). (1993). *National innovation systems: A comparative analysis*. Oxford University Press.

Nelson, R. R., & Phelps, E. S. (1966). Investment in humans, technological diffusion, and economic growth. *The American Economic Review*, 56(1/2), 69-75.

Nelson, R. R., & Winter, S. G. (1982). *An evolutionary theory of economic change*. Harvard University Press.

Nordhaus, W. D. (1969). *Invention, growth, and welfare: A theoretical treatment of technological change*. MIT Press.

Nye, D. E. (1990). *Electrifying America: Social meanings of a new technology, 1880-1940*. MIT Press.

OECD. (2014). *Industry and technology policies in Korea*. OECD Publishing.

OECD. (2015). *Frascati manual 2015: Guidelines for collecting and reporting data on research and experimental development*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264239012-en>

OECD. (2025). *Progress in implementing the European Union coordinated plan on artificial intelligence: Spain country note*. OECD Publishing.

Oi, J. C. (1992). Fiscal reform and the economic foundations of local state corporatism in China. *World Politics*, 45(1), 99-126.

Pacala, S., & Socolow, R. (2004). Stabilization wedges: Solving the climate problem for the next 50 years with current technologies. *Science*, 305(5686), 968-972. <https://doi.org/10.1126/science.1100103>

Piore, M. J., & Sabel, C. F. (1984). *The second industrial divide: Possibilities for prosperity*. Basic Books.

Porter, M. E. (1990). *The competitive advantage of nations*. Free Press.

Portuondo, M. M. (2009). *Secret science: Spanish cosmography and the New World*. University of Chicago Press.

President's Council of Advisors on Science and Technology. (2012). *Report to the President on capturing domestic competitive advantage in advanced manufacturing*. Executive Office of the President.

President's Council of Advisors on Science and Technology. (2014). *Report to the President: Accelerating U.S. advanced manufacturing*. Executive Office of the President.

Qian, Y. (2003). How reform worked in China. In D. Rodrik (Ed.), *In search of prosperity: Analytic narratives on economic growth* (pp. 297-333). Princeton University Press.

Qian, Y., & Xu, C. (1993). Why China's economic reforms differ: The M-form hierarchy and entry/expansion of the non-state sector. *Economics of Transition*, 1(2), 135-170.

République française. (2021). *France 2030: Un plan d'investissement pour la France de demain*. Gouvernement français.

Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, 98(5, Part 2), S71-S102. <https://doi.org/10.1086/261725>

Romer, P. M. (2000). *Should the government subsidize supply or demand in the market for scientists and engineers?* (NBER Working Paper No. 7723). National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w7723>

Rosen, W. (2010). *The most powerful idea in the world: A story of steam, industry, and invention*. Random House.

Rosenbach, E., Baltussen, L., Crane, E., Kessler, E., Kolodziej, L., Lee, E., Meyer, A., Tong, C. Y., Tran, B., & Wehn, D. (2025a). *Critical and emerging technologies index: June 2025 report*. Harvard Kennedy School, Belfer Center for Science and International Affairs.

Rosenbach, E., Baltussen, L., Crane, E., Kessler, E., Kolodziej, L., Lee, E., Meyer, A., Tong, C. Y., Tran, B., & Wehn, D. (2025b). *Critical and emerging technologies index: Country reports*. Harvard Kennedy School, Belfer Center for Science and International Affairs.

Rosenberg, N. (1982). *Inside the black box: Technology and economics*. Cambridge University Press.

Rosenberg, N. (1994). *Exploring the black box: Technology, economics, and history*. Cambridge University Press.

Ruttan, V. W. (2006). *Is war necessary for economic growth? Military procurement and technology development*. Oxford University Press.

Sánchez, A. (2019). The empirical turn in the historiography of Iberian and Atlantic science in the early modern world: From cosmography and navigation to ethnography, natural history and medicine. *Culture & History Digital Journal*, 8(1), Article e006. <https://doi.org/10.3989/chdj.2019.006>

Schumpeter, J. A. (1942). *Capitalism, socialism and democracy*. Harper & Brothers.

Scotchmer, S. (2004). *Innovation and incentives*. MIT Press.

Snow, C. P. (1959). *The two cultures and the scientific revolution*. Cambridge University Press.

Solow, R. M. (1957). Technical change and the aggregate production function. *The Review of Economics and Statistics*, 39(3), 312-320.

Spain Digital. (2025). *Strategic Projects for Economic Recovery and Transformation*. Gobierno de España.

Stokes, D. E. (1997). *Pasteur's quadrant: Basic science and technological innovation*. Brookings Institution Press.

Streeck, W. (1991). On the institutional conditions of diversified quality production. In E. Matzner & W. Streeck (Eds.), *Beyond Keynesianism: The socio-economics of production and full employment* (pp. 21-61). Edward Elgar.

Van Atta, R. (2008). Fifty years of innovation and discovery. In *DARPA: 50 years of bridging the gap*. Defense Advanced Research Projects Agency.

Villani, C. (2018). *For a meaningful artificial intelligence: Towards a French and European strategy*. French AI Mission.

Waldrop, M. M. (2001). *The dream machine: J. C. R. Licklider and the revolution that made computing personal*. Viking.

Warwick, K. (2013). *Beyond industrial policy: Emerging issues and new trends* (OECD Science, Technology and Industry Policy Papers No. 2). OECD Publishing.
<https://doi.org/10.1787/5k4869clw0xp-en>

Weiss, C., & Bonvillian, W. B. (2009). *Structuring an energy technology revolution*. MIT Press.

Weiss, C., & Bonvillian, W. B. (2011). Complex, established “legacy” sectors: The technology revolutions that do not happen. *Innovations: Technology, Governance, Globalization*, 6(2), 157-187.

Weitzman, M. L., & Xu, C. (1994). Chinese township-village enterprises as vaguely defined cooperatives. *Journal of Comparative Economics*, 18(2), 121-145.

Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The machine that changed the world*. Rawson Associates.

Wübbeke, J., Meissner, M., Zenglein, M. J., Ives, J., & Conrad, B. (2016). *Made in China 2025: The making of a high-tech superpower and consequences for industrial countries*. Mercator Institute for China Studies.

Xu, C. (2011). The fundamental institutions of China's reforms and development. *Journal of Economic Literature*, 49(4), 1076-1151.

Xu, H., Lattimer, J., Zhong, S., Saur, G., Prabakar, K., Nagasawa, K., Leighton, D., Blom, R., Tiwari, A., Groenemans, H., Damien, M., Mittelsteadt, C., & Green, Z. (2022). *Low total cost of hydrogen by exploiting off-shore wind and PEM electrolysis synergies* [Presentation]. DOE Hydrogen Program 2022 Annual Merit Review and Peer Evaluation Meeting.

Zachary, G. P. (1997). *Endless frontier: Vannevar Bush, engineer of the American century*. Free Press.

Zysman, J. (1983). *Governments, markets, and growth: Financial systems and the politics of industrial change*. Cornell University Press.

Veri Kaynakları

European Patent Office. (2026). EPO Technology Dashboard 2025: European patent applications by country of origin and technology field. European Patent Office.

International Monetary Fund. (2025). World Economic Outlook Database: GDP, current prices, billions of U.S. dollars. International Monetary Fund.

