



*Araştırma Makalesi - Research Article*

## **Yarı İletken Sektörünün Dönüşümüne Ekonomik Bakış: Karşılaşılan Zorluklar ve Gelecek Stratejileri**

### **Economic Perspective on the Transformation of the Semiconductor Industry: Challenges and Future Strategies**

İlyas Töken<sup>1\*</sup>, İsmail Ukav<sup>2</sup>

*Geliş / Received: 26/03/2024*

*Revize / Revised: 24/05/2024*

*Kabul / Accepted: 24/05/2024*

#### **ÖZ**

Yarı iletken sektörü, elektronik sistemlerin ve cihazların temel bileşenleri olan çip, diyot, transistör ve entegre devreler gibi yarı iletken malzemeleri üreten katma değeri yüksek bir endüstridir. Ağırlıklı olarak iş hayatı, sağlık, otomotiv ve iletişim amaçlı kullanılan söz konusu ürünler; son yıllarda dijitalleşmenin de artmasıyla evden çalışma, uzaktan eğitim, bilgiye erişim, finans ve nesnelerin interneti (IOT) bağlamında neredeyse her alanda kullanılmaya başlanmıştır. Elektronik cihazların artan kullanımına paralel olarak bunların temel bileşenini oluşturan yarı iletkenlere olan talep de artarak sektörün ülke ekonomileri açısından büyük bir önem kazanmasına yol açmıştır. Bununla birlikte yarı iletken sektörü son yıllarda pandemi, küresel ölçekte yaşanan arz-talep dengesizliği, siyasi krizler, başta Amerika ve Çin arasında olmak üzere çeşitli rekabet sorunlarıyla karşı karşıya kalmıştır. Çalışmada endüstrinin gelişimi ve performansı analiz edilerek yakın geçmişte yaşanan ve etkileri halen süren yarı iletken kıtlığı, nedenleri ve yol açtığı ekonomik sorunlar ortaya konulmuştur. Endüstride lider ülkeler ve firmalar incelenmiş, sektörün Türkiye'deki yapısı ve gelişimi araştırılmıştır. Çalışma sonucuna göre; küresel ölçekte 2020 yılındaki krize rağmen yarı iletken endüstrisinin son 36 yılda 15 kat büyüdüğü ve 2023 yılındaki satış gelirin 520 milyar ABD dolarını geçtiği belirlenmiştir. Türkiye de dünyadaki gelişmelere paralel olarak sektöre önem veren ülkeler arasına girmiştir. Genç ve dinamik nüfusunun yanı sıra güçlü pazar ağıyla birlikte, savunma ve otomotiv sanayisi gibi yarı iletken endüstrisi ile yakın ilişkisi olan alanlarda edinilen tecrübenin sağladığı fırsatları değerlendirerek, sektörün gelişmesine katkıda bulunmak için çeşitli teşvikler hayata geçirilmiştir. Türkiye, bu sektörde başarılı olma vizyonunu sürdürmekte ve bu doğrultuda sektöre katılımı artırmayı hedeflemektedir.

**Anahtar Kelimeler-** *Yarı İletken Sektörü, Çip Krizi, Türkiye*

#### **ABSTRACT**

The semiconductor industry is a high value-added industry that produces semiconductor materials, such as chips, transistors and integrated circuits, which are the basic components of electronic systems and devices. The products, which are mainly used for business life, health, automotive, and communication purposes, have started to be used in almost every field with the increase in digitalisation in recent years, working from home, distance education,

<sup>1\*</sup>Sorumlu yazar iletişimi: [ilyastoken@hotmail.com](mailto:ilyastoken@hotmail.com) (<https://orcid.org/0000-0001-9682-4888>)

*İktisat, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman, Türkiye*

<sup>2</sup>İletişim: [iukav@adiyaman.edu.tr](mailto:iukav@adiyaman.edu.tr) (<https://orcid.org/0000-0003-2922-6946>)

*Muhasebe ve Vergi, Kahta Meslek Yüksekokulu, Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman, Türkiye*

finance and especially the Internet of Things (IoT). In parallel with the increasing use of electronic devices, the demand for semiconductors, which constitute their basic components, has also increased, leading the sector to gain great importance in terms of national economies. However, the semiconductor industry has faced problems such as pandemic, global supply-demand imbalance, political crises, competition, etc. in recent years. In this study, the development and performance of the industry is analysed and the causes of the recent semiconductor shortage, the effects of which are still ongoing, are revealed. Leading countries and companies in the industry are analysed, and the development of the sector in Turkey is also presented. According to the results of the study, it has been determined that despite the global crisis in 2020, the semiconductor industry has grown 15 times in the last 36 years and its sales revenue in 2023 exceeded USD 520 billion. Turkey has implemented various incentives to contribute to the development of the sector by utilising its young and dynamic population as well as its strong market network and experience in similar sectors.

**Keywords- Semiconductor Industry, Chip Crisis, Turkey**

## I. GİRİŞ

Gelişen teknoloji ile sağlık, otomotiv, iletişim, eğitim ve endüstriyel ihtiyaçları karşılamak amacıyla birçok alanda elektronik sistem ve cihazların kullanımı artmaktadır. Özellikle gelişmiş teknolojik cihazların pandeminin etkilerine bağlı olarak evden çalışma, uzaktan eğitim ve eğlence amacıyla da kullanılması bu yaygınlığı sağlamıştır (Sein, 2020). Bu gelişmeler söz konusu elektronik sistem ve cihazların yapı taşı olan, mikroçip, diyot, transistör, sensör ve entegre devreler gibi yarı iletken malzemeleri üreten yarı iletken sektörünün önemini artırmıştır. Ülke ekonomilerine sağladığı katkının yanında sektör, teknolojik gelişmeleri de tetikleyebilmektedir. Bu süreç, inovatif üretim yapmak isteyen ekonomilerin yarı iletken üretme beceri ve yetisine sahip olması gerekliliğini doğurmuştur. Yapay zekâ, bulut çözümler, otonom ulaşım araçları, yeni nesil kablosuz iletişim teknolojileri gibi alanlar; sektörün inovasyona kaynaklık yaptığı alanlara örnek olarak gösterilebilir. Sektör, endüstride başarılı ülkelere sadece ekonomide değil, aynı zamanda siyasi ve güvenlik konularında da avantaj sağlamaktadır. Bu avantajlarının yanı sıra, tedarik zincirindeki kilit rolüyle birlikte yarı iletken endüstrisi, ulusal ekonomilerin gelişiminde şiddetle ihtiyaç duyulan kritik bir endüstri olarak kabul edilmektedir (Ying, 2020).

Yarı iletkenlerin küresel üretim değeri 6 trilyon dolar civarındadır. Endüstrinin 2023 yılı itibariyle yıllık yarı iletken satış geliri ise 520 milyar ABD dolarını geçmiştir. 2023 yılı verilerine göre 1 dolarlık yarı iletken üretimi çarpan etkisiyle 100 dolarlık gayri safi yurtiçi hasıla (GSYİH) yaratmaktadır (Luo & Shushen, 2023). 2023 yılında tüketiciler tarafından satın alınan nihai ürün bazında bakıldığında en yüksek satış hacmi, sırasıyla bilgisayar, iletişim, tüketici elektroniği, otomotiv ve endüstriyel kullanımda gerçekleşmiştir. Aynı yılda çiplerin toplam satış geliri, küresel pazarda 178,5 milyar dolara ulaşarak ilk sırada yer alan ürün grubu olurken, bellekler 92,3 milyar dolarlık satış hacmi ile ikinci sırada yer almıştır. Otomotiv sektörü için üretilen entegre devrelerin satış geliri de bir önceki yıla kıyasla %23,7 oranında artarak 42,2 milyar dolarlık rekor seviyeye ulaşmıştır (World Semiconductor Trade Statistics, 2024).

Çiplerin günümüzde sadece bilgisayar, cep telefonu gibi ürünlerle sınırlı kalmayarak kalp pilinden buzdolabına, otomobillerden saatlere kadar ana bileşen olarak kullanılması, sektörün en çok satan ürün grubu olmasını sağlamıştır. Bu çipler, yarı iletkenlerin entegre devreler şeklinde kümelendirilmesiyle üretilmektedir (Lee & Kleinans, 2021). Üretim sürecinde çiplerdeki transistörler arasındaki mesafe nanometre (nm) ölçü birimi kullanılarak ifade edilmektedir. Düşük bir değer, aynı alanda daha fazla bileşenin kullanılmasını mümkün kıldığından dolayı, daha az güç tüketimiyle daha yüksek performans sergilemesini sağlamaktadır. Bu sayede daha düşük ısı ve enerji tüketimi ile daha hızlı bilgi işleme gücü elde edildiğinden hem mikro hem de makro ölçekte ekonomik faydalar sağlamaktadır (Brock, 2006). Bu sebeple, ekonomik aktörler teknoloji seçimi yaparken güncel üretim teknolojilerine yönelmektedir. Sektörün hızla değişen bu üretim teknolojilerine uyum gerekliliği, yarı iletken sektöründe görülen en büyük zorluklardan biridir. 2023 itibariyle 5nm, 4nm ve 3nm çipler sektör de üretim kapasitesi en yüksek olan çiplerdir. Ticari olarak, sektörde kullanılan en üst düzey olan 3nm üretim teknolojisi ilk defa 2023 yılında kullanılmıştır. Samsung ve TSMC firmaları bu düzeyde üretim yapabilen firmalardır. Daha düşük nanometre ölçekli üretim yapabilme rekabeti içinde olan her iki şirket de 2025 yılının son çeyreğinde 2nm teknolojisini kullanarak seri üretime başlayacaklarını duyurmuşlardır (Kaur, 2024). Samsung ayrıca 2027 yılı hedefinin ise 1.4nm üretime ulaşmak olduğunu belirtmiştir (Samsung Newsroom, 2022). Bu gelişmeler, sektöre yeni giren ülkeler için üretim ekipmanları daha ulaşılabilir olan yüksek nanometre de üretimin ekonomik açıdan önemsiz olduğu sonucunu doğurmamaktadır. Doğru bir teknoloji yatırımı yapmak veya var olan yatırımları verimli bir biçimde kullanmak için gerek işletme gereksinimleri gerekse de uygulanacak yeni teknolojilerin iyi analiz edilmesi maliyet optimizasyonu için kritik bir karar noktasıdır. Bu nedenle, 2010 yılında piyasaya sürülen ve bu tarihten itibaren Samsung, Intel, TSMC ve GlobalFoundries tarafından kullanılmakta olan, “olgun”, “ana akım”

veya “eski nesil” gibi terimler ile ifade edilen 28nm ve daha eski üretim teknolojileri, ambargolardan muaf olmaları, maliyet avantajı sağlamaları ve iletişim, tüketici elektroniği ve ev aletleri gibi birçok alanda ihtiyaçları karşılayabilmeleri ile öne çıkabilmektedir (Wang & Ma, 2023; Shivakumar, Wessner, & Thomas, 2023).

Son yıllarda dünya ölçeğinde maliyet avantajına bağlı olarak yarı iletken sektöründe şiddetli bir rekabet gözlenmektedir. Özellikle Amerika ile Çin arasındaki hegemonya mücadelesinde yarı iletken sektörü, iki ülkenin teknolojik ve ekonomik rekabetinin önemli bir boyutunu oluşturmaktadır. Öyle ki yarı iletkenler, Çin ve ABD arasındaki ekonomi savaşının “ana muharebe alanı” olarak ifade edilmektedir (Luo & Shushen, 2023). 2018 yılında Amerika’nın Çin’den çamaşır makinesi ve güneş enerjisi panellerine getirdiği ek gümrük vergileri ile başladığı kabul edilen ticaret savaşısı; karşılıklı kısıtlamalar ile devam ederek yarı iletken sektörünü olumsuz olarak etkilemeye devam etmektedir (Gündüz, 2021).

2018 yılında ABD ve Çin’deki yarı iletken sektörü için bir dönüm noktası olan “Büyük Kopuş” ardından, Amerika teknolojik üstünlüğünü yeniden tesis etme doğrultusunda Çin’in sektördeki ilerlemesini engellemek amacıyla çeşitli tedbirler almıştır. Bu tedbirler; imalatı “eve getirme stratejisi” ile yurtiçine taşıma, teknoloji şirketlerinin Çin tarafından satın alınmasını engelleme, Çin’in teknoloji alanlarına yapılan doğrudan yabancı yatırımları engelleme ve yarı iletken sektörü için kritik girdi olarak nitelendirilen malların Çin’e ihracatını kısıtlamaktır (Çaşkurlu, 2022). Pandemi döneminde yaşanan yarı iletken krizi de Amerika’nın Çin’e karşı yeni tedbirler almasını engellememiştir. 2022 yılının ağustos ayında küresel çip krizine çözüm bulmak ve ülkede yarı iletken tesislerinin kurulmasını 52 milyar dolarlık bir hibe ile teşvik etmek amacıyla yürürlüğe giren “CHIPS ve Bilim Yasası” (CHIPS and Science Act) kapsamından yararlanan üreticilere 28 Şubat 2023 yılında çeşitli yasaklar getirilmiştir. Bu yasaklar fonlardan yararlanan üreticilerin, on yıl boyunca Amerika Birleşik Devletleri dışında yarı iletken üretim tesisleri inşa etmelerini engelleyerek, Tayvan gibi ülkeler de dahil olmak üzere, Çin’e karşı rekabet avantajını güçlendirmeyi hedeflemektedir. Bu düzenleme, kriz sonrası yarı iletken endüstrisindeki küresel rekabet dinamiklerini şekillendirmek ve Amerika’nın teknoloji liderliğini korumak amacıyla stratejik bir önlem olarak değerlendirilmektedir (Kshetri, 2023).

2024 yılının ilk günlerinde Amerika’nın süregelen ihracat kısıtlamalarına takiben Hollanda’nın çip üretim ekipmanlarını geliştiren ASML firması, 3nm gibi ileri teknoloji üretimini sağlayan DUV cihazlarının Çin’e ihracatını yasaklamıştır (Dey, 2024). Öte yandan, Amerika Birleşik Devletleri’nden yetkililer, Şubat 2024’te Çin’de 28nm ve daha yüksek ölçekli teknolojiler kullanılarak gerçekleştirilen üretilere ve bu üretimi geliştirecek ekipmanlara herhangi bir kısıtlama getirme planlarının olmadığını ifade etmişlerdir. Dolayısıyla yarı iletken sektöründe 28 nm ve daha eski üretim teknolojilerin herhangi bir engelle karşılaşmaksızın pazarda yerini koruması beklenirken, ileri teknoloji üretim süreçlerinde ise aksaklıkların yaşanması beklenmektedir (Read, 2024). İleri teknoloji üretim süreçlerinde beklenen aksaklıkların yanı sıra, son yıllardaki arz yetersizliği ile tedarik zincirindeki aksaklıklar, sektörün öneminin anlaşılmasına ve üretimin tek bir ülkede yoğunlaşması yerine küresel boyutta dengeli bir tedarik zinciri yapısının kurulması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Bu nedenle birçok ülke yarı iletken sektörü ile ilgili yatırım ve çeşitli teşvikler vermeye başlamıştır. Türkiye de sahip olduğu genç nüfus, güçlü pazar ağı ve ilişkili sektörlerdeki deneyimi ile sektöre önem veren ülkeler arasına girmiştir. Bu çerçevede çalışmada, yarı iletken sektöründeki gelişmeler değerlendirilerek, karşılaşılan sorunlar ile bu sorunlara yönelik çözüm önerileri ve Türkiye’nin sektördeki geleceğinin tartışılması amaçlanmıştır.

## **II. MATERYAL VE YÖNTEM**

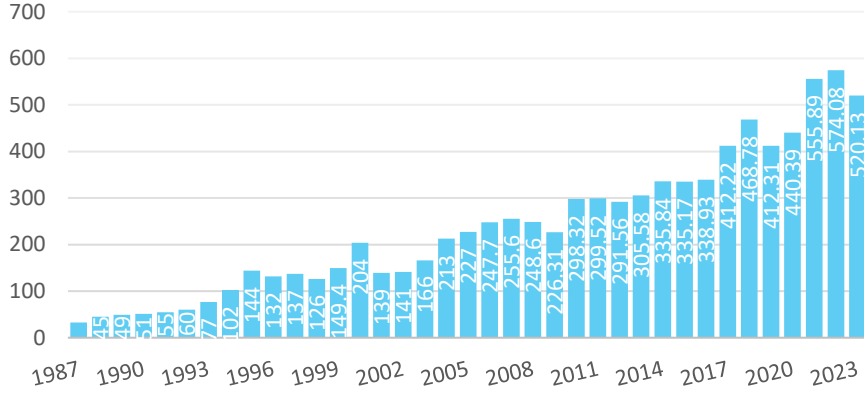
Bu çalışmada yarı iletken endüstrisinin gelişimi, önemi, ekonomilere katkısı, sektörde yaşanan kriz ve Türkiye’nin yarı iletken sektöründeki geçmişten günümüze önemli dönüm noktaları sunulmuştur. Konuyla ilgili veriler Yarı İletken Endüstrisi Birliği (SIA), Türkiye Bilişim Sanayicileri Derneği (TÜBİSAD) ve World Semiconductor Trade Statistics (WSTS) kayıtlarından, literatür çalışmaları ve sektör ile ilgili yayın organlarının makalelerinden elde edilerek analizler yapılmış ve değerlendirilmiştir. Analizler basit tanımlayıcı istatistiksel (yüzde, oran) yöntemler kullanılarak yapılmıştır. Araştırmada elde edilen verilerle şekiller, tablolar ve grafikler oluşturulmuş ve bunlar analiz edilerek yorumlar yapılmıştır.

## **III. BULGULAR**

### **A. Yarı İletken Endüstrisi Üretimi**

Yarı iletken sektörü; sağlık, otomotiv, iletişim, eğitim, endüstri gibi birçok alanda elektronik sistem ve cihazları kullanan ve buna bağlı olarak önemi giderek artan bir sektördür. Son yıllarda satış hacmini sürekli artıran sektör 2021 yılında %26’lık artış oranı ile yıllık toplam satışlarını 555 milyar dolara yükseltmiştir (Burkacky, Jong, Mittal, & Verma, 2024). Sektör önemli bir büyüme gerçekleştirdiği 2000 yılından günümüze kadar sadece satış anlamında değil, birçok yönden değişime uğramıştır. 2000 yılında endüstrinin en büyük pazarı Amerika Birleşik Devletleri, en büyük oyuncusu ise bir Amerika firması olan İntel idi. 2020 yılına gelindiğinde ise, yarı iletken satışlarında pazar liderliğini küresel satışların %63,5’ini gerçekleştiren Asya Pasifik bölgesi almıştır. Güney Kore merkezli Samsung şirketi de 82,8 milyar dolarlık yarı iletken satışı ile 77,9 milyarlık satış

gerçekleştiren Intel'i geçerek üretimde lider konuma gelmiştir. 2000 yılında sektörde üretilen en büyük segment olan belleklerin yerini ise 2020 yılında mikroişlemciler almıştır. Grafik 1'de 1987 yılından günümüze endüstrinin pazar gelirindeki dolar bazından değişim görülebilmektedir. Buna göre Endüstrinin, 36 yıllık sürede 15 kat büyüdüğü ve 2023 yılında yıllık satış gelirlerinin 520 milyar ABD dolarını geçtiği gözlenmiştir. Bunun yanında 2022 yılında sektörün küresel pazar payının ise %48 Amerika, %19 Kore, %9 Japonya, %9 Avrupa, %8 Tayvan ve %7 Çin şeklinde gerçekleştiği belirlenmiştir (Semiconductor Industry Association, 2024).



Grafik 1. Dünya Yarı İletken Endüstrisi Geliri (1987-2023)

Kaynak: (Statista, 2024)

Sektörün kullanım alanları ve pazarlarının her geçen gün arttığı ve çeşitlendiği gözlenmektedir. 2023 yılında yarı iletken endüstrisini küresel pazarda talebi son kullanıma göre en yüksek %31,7 oranı ile bilgisayar (kişisel bilgisayarlar, veri merkezleri, depolama cihazları) alanında olmuştur (Tablo 1). Diğer kullanım alanları ise sırasıyla; %29,9 oranıyla iletişim (akıllı telefonlar, iletişim altyapısı), %12,1 oranıyla tüketici elektroniği (televizyonlar, oyun konsolları, akıllı hoparlörler), %11,8 oranıyla otomotiv (elektronik araçlar, gelişmiş sürücü destek sistemleri, araç içi bilgi ve eğlence sistemleri), %9,9 oranıyla endüstriyel kullanım (fabrika otomasyonu, tıbbi ekipman) ve %5,6 oranıyla devlet (savunma, havacılık ve güvenlik uygulamaları) alanlarıdır.

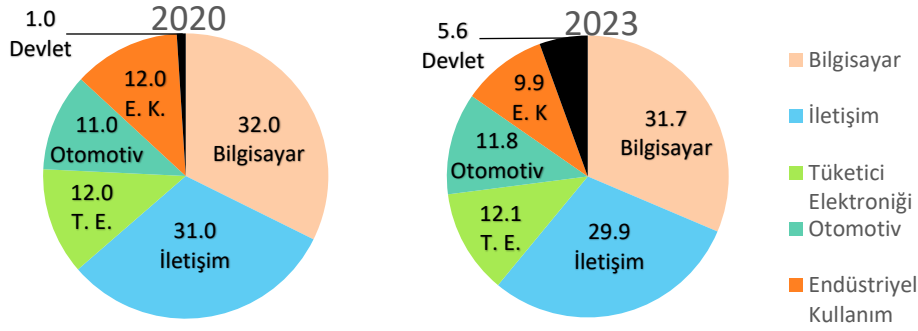
Tablo 1. Yarı İletken Endüstrisinde Pazarlar ve Uygulama Alanları

Pazar	Uygulama Alanları	Oran (%)
Bilgisayar	Kişisel Bilgisayarlar, Sunucular, Ofis Ekipmanları ve Çevre Birimler vb.	31,7
İletişim	Cep Telefonları, Baz İstasyonları, Ağ ve Uzaktan Erişim Cihazları, Yayın Ekipmanları vb.	29,9
Tüketici Elektroniği	Televizyonlar, Kameralar, Akıllı Saatler, Oyun Konsolları, Video ve Ses Cihazları vb.	12,1
Otomotiv	Elektronik Araçlar, Gelişmiş Sürücü Desteği, Araç İçerisi Bilgi ve Eğlence Sistemleri	11,8
Endüstriyel Kullanım	Fabrika Otomasyonu, Güç Kaynakları, IOT Cihazları, Kontrol ve Ölçüm Ekipmanları vb.	9,9
Devlet	Askeri, Havacılık ve Güvenlik Elektroniği	5,6

Kaynak: (World Semiconductor Trade Statistics, 2024)

Şekil 1'de sektörün, pandeminin başladığı yıl olan, 2020 ile 2023 yılı pazar payları karşılaştırılmıştır. Bilgisayar, iletişim, otomotiv ve tüketici elektroniğinde pazar paylarındaki dağılım birbirlerine yakın iken 2020 yılında endüstrideki pazar payı %1 oranında olan devlet harcamaları 2023 yılında %5,6 oranına ulaşmıştır. 2020 yılında %12 oranında olan endüstriyel kullanımın pazar payı ise 2023 yılında %9,9 oranına düşmüştür. Burada 2020 yılında 440 milyar olan yarı iletken gelirinin 2023 yılında 520 milyar dolara ulaştığı unutulmamalıdır, Dolayısıyla endüstriyel kullanım dışında diğer pazarların satış hacminde artış yaşanmıştır (World Semiconductor Trade Statistics, 2024). 2020 yılında yarı iletken gelirlerinde lider olan firmalar sırasıyla Intel (Amerika, 70,797 M\$), Samsung (Güney Kore, 55,709M\$) ve Tsmc (Tayvan, 34,668 M\$) iken 2023 yılında sırasıyla Nvidia (Amerika, 52.9 \$M), Intel (51.6 \$M) ve Samsung (45.4 \$M) olmuştur. 2020 yılında 8. sırada yer alan yarı iletken firması Nvidia, 2023 yılında Intel ve Samsung'u geçerek lider konuma gelmiştir. Firmanın 2023 yılı veri merkezlerinden elde ettiği gelir, bir önceki yıla göre %41 oranında artarak \$15,01 milyon dolara; otomotiv sektöründeki geliri ise, bir önceki yıla göre %60 oranında artarak 903 milyon dolara ulaşmıştır (Nvidia, 2023). 2024 yılı geliri %126 oranında artarak 60,9 milyar dolara ulaşan firma 2024'ün mart ayında petrol devi Aramco'yu

geçerek dünyanın en değerli 3. şirketi haline gelmiştir (Enterprise, 2024). Bu başarıyı sağlayan temel faktör ise firmanın ürettiği çipler ile yapay zekâ alanında gösterdiği başarıdır. Nvidia'nın yapay zekâ teknolojilerindeki yenilikçi çalışmalarıyla sektörde kısa sürede lider konuma gelmesi, yarı iletken sektörünün dinamik ve rekabetçi karakterini ortaya koymaktadır.



Şekil 1. Yarı İletken Endüstrisi Pazar Büyüklüklerinin Karşılaştırılması (2020-2023)

Kaynak: (Corey, 2023), (World Semiconductor Trade Statistics, 2024)

Yarı İletken Endüstrisi Derneği (SIA), küresel çip pazarında 2024 yılında %13,1'lik rekor bir büyüme öngörmektedir. 2020, 2021 ve 2022 yıllarında gelişmiş ülkelerin yonga üretimine rekor yatırımlar gerçekleştirmeleri de bunu kanıtlar niteliktedir. SEMI tarafında yapılan pazar araştırmasına göre Çin'in 2021'de 29,62 milyar dolar, 2022'de ise 28,27 milyar dolarlık yonga harcaması yaptığı görülmektedir (Semi, 2024). ABD tarafından ağır ambargolar ile karşı karşıya kalmasına rağmen, Çin rekor seviyesindeki yatırımları neticesinde yonga sektöründe büyümeye devam etmektedir. Çin'in bu harcamalarının önemli bir kısmı, ambargo kapsamında olmayan 28nm ve daha eski nesil teknolojilerin üretiminde kullanılan ikinci el döküm ekipmanlarına yöneliktir. Bu durum, yatırımların hızının artmasına engel olmamış; aksine, ambargoların artması olasılığına karşılık Çin'in eski nesil yonga ihtiyacını ülke içinde karşılamak amacıyla, yatırımlarını rekor seviyelerde artırmasına neden olmuştur.

Tablo 2. Yıllara Göre Küresel Yonga Harcamaları (milyar dolar)

Yıllar / Ülkeler	2020	2021	2022	2021 % Değişim	2022 % Değişimi
Çin	18.72	29.62	28.27	%58	%-5
Kore	16.08	24.98	21.51	%55	%-14
Tayvan	17.15	24.94	26.82	%45	%8
Japonya	7.58	7.80	7.80	%3	%7
Kuzey Amerika	6.53	7.61	7.61	%17	%38
Dünyanın Geri Kalanı	2.48	4.44	5.95	%79	%34
Avrupa	2.64	3.25	6.28	%23	%93
<b>Toplam</b>	<b>71.19</b>	<b>102.64</b>	<b>107.64</b>	<b>%44</b>	<b>%5</b>

Kaynak: (Semiconductor Equipment and Materials International, 2013), (Semiconductor Equipment Association of Japan, 11)

### B. Yarı İletken Endüstrisinde Yaşanan Kriz

Yarı iletken sektörü son üç yıldır tarihindeki en büyük krizlerinden birini yaşamaktadır. 2020 yılında başlayan yarı iletken elektronik krizi, bir diğer deyişle çip krizi, farklı boyutlarla derinleşmeye devam ederek birçok sektörde üretimin aksamasına neden olmuştur (Tubitak, 2024). Çip krizi yarı iletken endüstrisindeki tedarik sorunlarıyla doğrudan ilişkilidir. İktisadi açıdan bakıldığında Çip krizinin ana nedeni olarak arz ve talep dengesizliği görülmektedir. Pandemi dönemindeki beklenmedik talep artışı karşısında yarı iletken üreticileri üretim kapasitelerini artırarak arz talep dengesini sağlamaya çalışmış; ancak başta Çin'deki üretim tesislerin de alınan önlemler nedeniyle üretim tesislerindeki kapanmalar, tedarik zincirindeki aksaklıklar ve ham madde yetersizlikleri artan talebi karşılamayı engellemiştir.



Covid-19 Pandemisi ile üretimde meydana gelen aksamalar ve beklenmeyen talep artışı dışında yarı iletken krizine neden olan faktörler şunlardır;

- Üretim sürecinde büyük miktarlarda suya ihtiyaç duyulan sektörde kuraklığın yanı sıra sel, don ve fırtına gibi olumsuz hava koşulları; üretimde lider ülke olan Tayvan'da 2021 yılında son 50 yılın en kurak döneminin yaşanması ve 2021'in ilk aylarında Amerika Teksas'ta yaşanan şiddetli fırtınalar nedeniyle bölgede bulunan Samsung, Infineon, ve NXP Halt Production'a ait tesislerde meydana gelen elektrik kesintileri sonucunda üretimin birkaç ay durması (Sourcengine Team, 2021).
- Rusya - Ukrayna savaşı; çip üretiminde kullanılan, %90'ı Ukrayna'da üretilen neon gazının küresel pazarda fiyatının 2022 yılının ilk çeyreğinde altı kat artması. Rusya'da yaklaşık %40'ı bulunan paladyum ile Ukrayna'nın krypton ve ksenon ham maddelerinde tedarik sıkıntıları yaşanması (Mukul, 2022).
- Ekim 2020'de Japonya'daki Asahi Kasei yarı iletken fabrikasında, Mart 2021'de Renesas yarı iletken fabrikasında ve Berlin'deki yarı iletken endüstrisinde kullanılan ekipmanların üretildiği Advanced Semiconductor Materials International (ASML)'in tesislerinde çıkan yangınlar (Sterling, 2022).
- Covid-19 Aşılarının şişelerinde kullanılan silikonun, yarı iletken sektöründe çip üretiminde kullanılan silikon ile aynı olması (Pizzemento, 2024).
- Dijital ortamda karmaşık matematiksel işlemleri çözebilen, güçlü işlemci ya da ekran kartlarına ihtiyaç duyan bilgisayarlar tarafından üretilen kripto paraların ortaya çıkması (Rathi, 2022).
- Çin ile Amerika arasındaki hegemonya mücadelesinin sektörü ve tedarik zincirini olumsuz etkilemesi; Amerika, teknolojik üstünlüğünü yeniden tesis etme doğrultusunda Çin'in sektördeki ilerlemesini engellemek amacıyla birçok tedbir almıştır. Çin de buna karşılık olarak yarı iletken sektöründe kullanılan ham maddelerin ihracatına sınırlamalar getirmiştir.

Otomotiv, bilgisayar, akıllı telefon, video oyun konsolları, beyaz eşya ve savunma gibi sektörler krizden en belirgin şekilde etkilenen sektörlerdir. Bu sektörler arasında özellikle otomotiv sektörü, krizden en fazla etkilenenlerden biri olarak öne çıkmaktadır (Akcan, 2021). Sektörde yapılan yeniliklerin büyük çoğunluğunun mekanikten çok elektronik sistemlere dayanması bunun ana nedenlerinden biridir. Şerit uyarısı, hız kontrolü, otomatik frenleme sistemleri, mobil cihaz entegrasyonları ve elektrikli araçlar bu yeniliklerden bazılarıdır (Kaya, 2022). 2019 ile 2020 yıllarında dünya otomotiv üretiminde gerçekleşen daralma (-%15), yaşanan krizin ne kadar etkili olduğunu göstermektedir (Tablo 1). Türkiye'de de aynı zaman diliminde benzer bir durumun gerçekleştiği görülmektedir. 2021,2022 ve 2023 yılı verileri incelendiğinde dünya otomotiv üretiminde 2020 yılından sonra bir toparlanma görülse de pandemi öncesindeki üretim hacmine henüz ulaşamamıştır. Yarı iletken üreticileri, pandemi döneminde uzaktan eğitim ve evden çalışmayı sağlayan tüketici elektroniğine yönelmiş ve kapasiteyi tekrar otomotiv sektörüne tahsis edilmesi için zamana ihtiyaç vardır. Ayrıca pandemi sadece yarı iletken sektöründe değil birçok hammadde ve üretim girdisinin tedarik zincirinde de aksaklıklara neden olmuştur (Dziczek, 2022). Türkiye ise 2023 yılında bir önceki yıla kıyasla %8,6 oranında bir artış gerçekleştirerek 2023 yılında otomotiv üretiminde pandemi öncesi seviyeye ulaşmayı başarmıştır.

Krizin ekonomik etkileri incelendiğinde; üretimde tek bir ülkeye olan aşırı yoğunlaşmanın tedarik zincirlerinde yol açtığı hassasiyet ve endüstriler arası bağımlılığın getirdiği riskler görülmektedir. Bu nedenle pandemi sonrası dönemde yarı iletken sektöründe, ölçek ekonomisi modeline dayalı "batıda tasarla, doğuda üret" odaklı yapı, "üretim elimde olmalı" merkezli bir anlayışa dönüşmüştür. Özellikle otomotiv endüstrisinde, 1990'lı yıllardan itibaren günümüze dek süregelen "just-in-time" (tam zamanında) tedarik zinciri yönetimi yaklaşımı, artan bir şekilde eleştirel incelemeye tabi tutulmaktadır (Nebil, 2023).

Öte yandan, yarı iletken sektöründeki mevcut krizin sektör için bazı olumlu yan etkileri de gözlemlenmiştir. Örneğin; çip tasarımı ve üretimi konusunda yerel kapasitelerin geliştirilmesine yönelik yatırımların artırılmasına ön ayak olmuş, bu süreçte yenilikçi çözümlerin ortaya çıkmasına katkıda bulunmuştur. Tedarik zinciri stratejilerinin ve operasyonel uygulamaların yeniden değerlendirilmesi gerekliliğini de ekonomik aktörlere göstermiştir.

**Tablo 3.** Dünya ve Türkiye Otomotiv Üretimi ve Oransal Değişimi (2019-2023)

Yıllar /Bölgeler	2019	2020	2019-2020 (%)	2021	2022	2023	2022-2023 (%)
Dünya	92176	77712	-15	80146	85017	87000	2,3
Türkiye	1461	1297	-11	1276	1352	1468	8,6

**Kaynak:** Otomotiv Sanayii Küresel Değerlendirme Raporu, (Otomotiv Sanayi Derneği, 2024)

### C. Yarı İletken Sektörü ve Türkiye

Ekonomik büyüme en basit ifadeyle tam istihdam çıktısının yükselmesi olarak ifade edilebilir. Buna kaynaklık eden üretim faktörlerinin (doğal kaynaklar, işgücü, sermaye ve teknolojik gelişmenin) artması, ülkedeki hizmet ve mal üretim hacminin artışıyla sağlanarak büyümenin gerçekleşmesi ve sürdürülebilir olması için son derece önemlidir. Türkiye’de ithal ikameci politikalarla ihracata dayalı kalkınma modeline geçişin başladığı 1980 yılından günümüze kadar gerçekleşen ekonomik büyüme incelendiğinde başlıca ekonomik büyüme belirleyicilerinin; bireylerin eğitim seviyelerinin yükselmesi, nüfus artışı, istihdam ve gelir dağılımındaki eşitsizliklerin azaltılması faktörlerinin yanında teknolojik gelişme ile birlikte yüksek verimlilik sayesinde kaliteli mallar üreterek uluslararası pazarda yabancı ülke mallarıyla rekabet edebilecek ürünlerin üretilmesi olduğu görülmektedir (Cinel, 2014). Türkiye’nin gelecekte de kaliteli ve küresel pazarda rekabet gücüne sahip ürünler üretmek için teknolojik gelişmeleri yakından izlemesi gerekmektedir. Bu nedenle, günümüz ekonomisinde de yarı iletken sektörüne yatırım yapması ve nitelikli insan kaynağı geliştirerek bu geleneği sürdürmesi gerekmektedir. Türkiye’nin kendi yarı iletken endüstrisine sahip olmaması, ileri teknoloji ürünlerinin üretiminde ithalata bağımlı olmasına neden olmaktadır. Bu durum, ülkeyi olası tedarik zinciri aksaklıklarının riski altında bırakırken, Türkiye’nin elektrikli otomobil, insansız hava araçları, yapay zekâ ve 5G gibi ileri teknoloji geliştirme hedeflerine ulaşamaması sonucunu doğurabilir. Modern cihazların imalatı, ithal cihazların ikamesi olması ve ihracat kapasitesine katkıda bulunmanın ötesinde yaşamın çeşitli alanlarında doğrudan ya da dolaylı olarak verimliliği artırarak ekonomik ve toplumsal fayda da sağlamaktadır.

Türkiye’nin yarı iletken sektöründeki ilerlemesi, geçmişten günümüze önemli dönüm noktaları içermektedir. Bu gelişmeler şunlardır;

•1960’lı yıllarda yarı iletken sektörü, modern aygıtların tasarım ve üretimi ile ivme kazanmış, bu dönemde kurulan şirketler ve araştırma birimleri ile sektörün temelleri atılmıştır. 1970’li yılların yarısında, Türkiye’de devlet tarafından desteklenen bir girişim olarak yarı iletken bileşenlerin üretimi amacıyla TESTAŞ (Türkiye Elektronik Sanayi ve Ticaret A.Ş.) hayata geçirildi. Bu süreçte, know-how transferi için bir Amerika şirketi olan Exar ile iş birliği yapıldı. Ne var ki, proje beklenen sonuçları veremedi ve yatırımlar hedeflerine ulaşamadı. 1983 yılında TESTAŞ bünyesinde oluşturulan yarı iletken araştırma ve tasarım birimi YİTAL (Yarı İletken Teknolojileri Araştırma Laboratuvarı), TÜBİTAK BİLGEM’e dahil olarak, yarı iletken teknolojiler üzerine çalışan önemli bir laboratuvar olarak faaliyetlerini sürdürmeye başladı (Pektaş, 2022).

•Ankara’daki TESTAŞ fabrikası 1998 yılında Teknoloji Geliştirme Bölgesi kurulması amacıyla ODTÜ’ye devredildi. 2008 yılında TESTAŞ tesisleri üzerinde mikro elektro mekanik sistemler alanında araştırma ve uygulamalar yapan ODTÜ MEMS (Ortadoğu Teknik Üniversitesi Mikro Elektro Mekanik Sistemler) Merkezi kuruldu. Merkez 2017 yılında 6550 sayılı “Araştırma Altyapılarının Desteklenmesine Dair Kanun” kapsamında tüzel kişilik kazanarak, “İleri Araştırma Laboratuvarı” olarak yeterlilik almıştır. ODTÜ MEMS Merkezin hedefleri arasında, mikro elektronik ve mekanik alanında lider olmak, nitelikli insan gücü yetiştirmek, küresel alanda kabul görecektir güvenilir ve sürdürülebilir tasarım geliştirmek, mikrofabrikasyon çıktıları elde etmek, milli sanayinin gelişimine katkı sağlamak ve Türkiye için ekonomik değer yaratmak yer almaktadır (ODTÜ MEMS Merkezi, 2024).

•2015 yılında Bursa’da Ermaksan A.Ş. Türkiye’nin ilk çip fabrikasını kurmuştur. Ar-Ge çalışmalarında Bilkent, Gazi, Cumhuriyet, İstanbul Teknik, Orta Doğu Teknik ve Cumhuriyet üniversiteleri yer almıştır. Üniversite ile sanayi iş birliğini başarılı bir şekilde kullanarak pek çok patente sahip olan şirket, çip üretimi için 30 milyon Euro yatırım yaptığını belirtmiştir (Ermaksan, 2024).

•%51’i ASELSAN’a, %29’u TÜBİTAK’a ve %20’si Savunma Sanayii Müsteşarlığı’na ait olmak üzere “YİTAL Mikroelektronik Sanayi ve Ticaret A.Ş.” unvanlı şirket 17 milyon 462 bin sermaye ile 2017 yılının Ekim ayında tescil edildi. Şirket ilk etapta, Türkiye için stratejik açıdan kritik öneme sahip olan yarı iletkenler ve benzeri teknolojik materyaller içeren mikro ve nano ölçekli cihazlarla ilgili faaliyetleri desteklemeyi hedeflemektedir (KAP, 2017).

•2019 yılında Kalkınma Bakanlığı tarafından ilan edilen 11. Kalkınma Planı dahilinde yarı iletken endüstrisine çeşitli teşvikler verilmiştir. Bu teşvikler; arazi temini, vergi muafiyeti, su ve elektriğin mümkün olan en düşük fiyattan verilmesi, personel masraflarının desteklenmesi, tasarım ve üretim ekosisteminin geliştirilmesi, esnek bir çalışma kanunu, yatırım desteği, patent ve fikri sınai haklar sunarak lisanslama süreçlerinde devlet desteği ve ilk yıllarda rakipler tarafından ithal edilen ürünlerde yapılacak fiyat indirimleri gibi misillemelerde devlet tarafından koruyucu tedbirlerin alınması şeklinde belirlenmiştir (T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2019).

•2023 yılında 270 milyar liralık bir bütçe ayrılarak yerli çip tasarımı çözümlerinin geliştirilmesi üzerine “Entegre Devre Tasarımı Çağrısı” adlı proje Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından hayata geçirilmiştir (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2023).

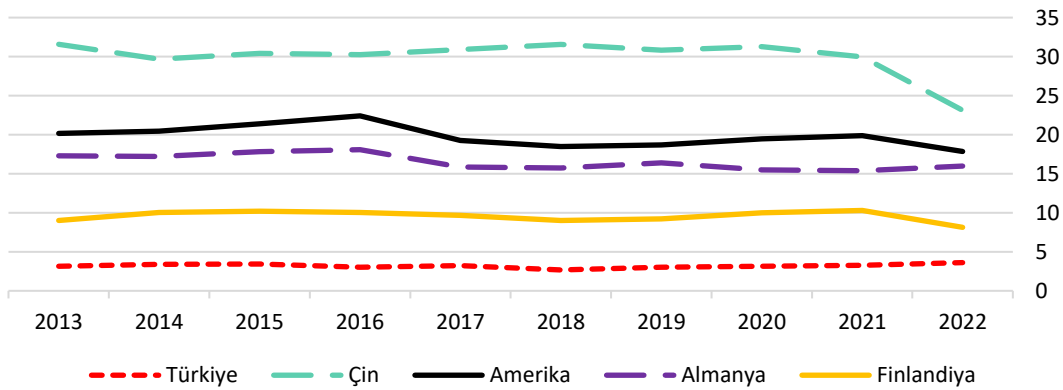
•2023 yılının Nisan ayında, TÜBİTAK ile Katar Hamad Bin Halife Üniversitesi arasında, bir çip üretim tesisi inşa etmek üzere bir iş birliği anlaşması imzalanmıştır. Hamad Bin Halife Üniversitesi, 30 milyon dolarlık yüksek değere sahip ekipmanların tedarikini üstlenirken, TÜBİTAK, Gebze kampüsünde “temiz odalar” olarak bilinen, yarı iletken üretimi için gerekli alanların kurulumundan sorumlu olacaktır. İlk etapta, 65 nanometre (nm) teknoloji düzeyinde çip üretimi hedeflenmektedir (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2023).

•2023 yılı itibarıyla, Türkiye’deki yarı iletken sektöründe istihdam edilen personel sayısının bin kişiye ulaştığı tahmin edilmektedir. Bu mevcut işgücü kapasitesi ağırlıklı olarak savunma sanayisine yönelik çip tasarımı geliştiren firmalarda istihdam edilmektedir (Nebil, 2023).

•2023 yılının Kasım ayında, Kalkınma Bakanlığı tarafından ilan edilen 12. Kalkınma Planı’nda (2024-2028) sektörün gelişmesine yönelik yeni programlar, teşvik ve politikalar geliştirileceği ifade edilmiştir. Söz konusu maddeler şunlardır:

- ”Yarı iletkenler ve bileşenleri teknolojilerinin geliştirilmesi sağlanacak ve bu alandaki yatırımlar desteklenecektir.
- “Mikro elektronik alanında tasarım ve üretim altyapısının güçlendirilmesi sağlanacaktır.”
- “Üniversite, kamu ve özel sektör arasında yarı iletken çip tasarımı ve üretimi konusundaki iş birlikleri desteklenecektir.” (T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 1 Kasım 2023).

Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Örgütü (OECD) teknolojik rekabet gücünü, inovatif kapasiteyi ve endüstriyel yapıyı analiz etmek nedeniyle teknoloji yoğunluğu sınıflandırmasını geliştirmiştir. Söz konusu sınıflandırma: Yüksek teknoloji, orta yüksek, orta düşük ve düşük teknoloji sektörleri şeklinde dört kategoriden oluşmaktadır (Allahverdi & Ay, Kasım 2021). Fizik, kimya, biyoloji, gibi temel bilimlerin yanında mühendislik disiplinlerinin gelişmişliğini de gerektiren yarı iletken sektörü; söz konusu sınıflandırmada yer alan yüksek teknoloji üretiminin hem bir sonucu hem de bir öncüsüdür (Yıldırım & Gündüz, Haziran 2021; Kapoor & McGrath, 2023). ABD, Çin, Tayvan, Güney Kore, Japonya gibi yarı iletken sektöründe lider ülkeler yüksek teknoloji üretiminde de lider konumdadır. Türkiye, Dünya Fikri Mülkiyet Örgütü (WIPO)’nün yayınladığı 2023 Küresel İnovasyon İndeksi raporunda yüksek teknoloji ihracatının ticaret hacmine oranında altmışıncı sırada yer almıştır. Bu sıralama dikkate alındığında Türkiye’nin yüksek katma değere sahip olan yüksek teknoloji ürünlerinin üretim ve ihracatında eksiklikler gözlemlenmektedir. Grafik 2’de Türkiye, Amerika, Çin, Almanya ve Finlandiya’nın 2013 yılı ile 2022 yılları arasında yaptığı yıllık imalat ihracatında yüksek teknoloji ürünleri ihracatı oransal olarak verilmiştir. Buna göre, 2022 yılında Çin’de %23, Amerika’da %17 ve Almanya’da %15 oranında olan yüksek teknoloji ihracatı Türkiye’de sadece %3 oranında gerçekleşmiştir. Söz konusu ülkelerin ihracat verileri karşılaştırıldığında 2013-2022 yılları arasında da yüksek teknoloji ürünlerinin ihracattaki oranının çok benzer seyrinde olduğu ifade edilebilir.

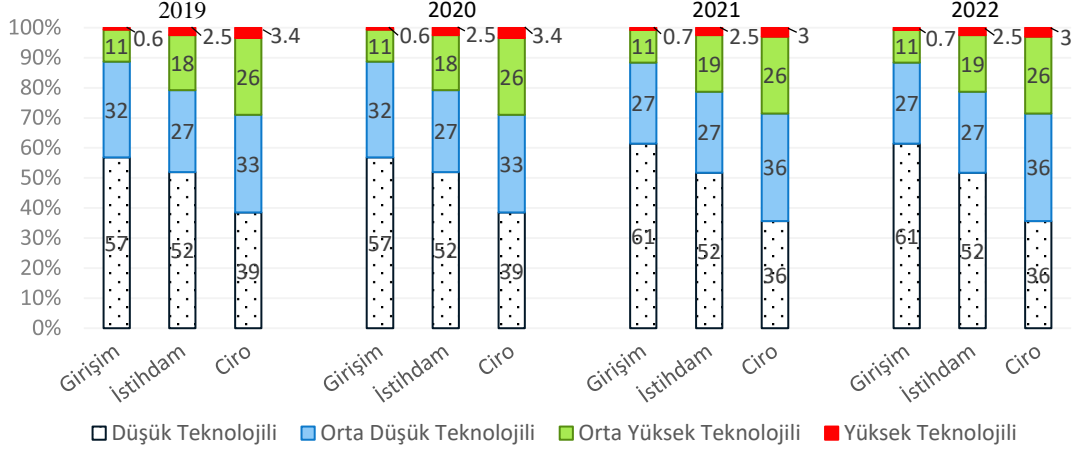


**Grafik 2.** Dünyada Başlıca Ülkelerin ve Türkiye’nin Yüksek Teknoloji Ürünleri İhracatı (%)  
**Kaynak:** (Dünya Bankası, 2024)

Türkiye’de 2019, 2020, 2021 ve 2022 yıllarında imalat sanayinde teknoloji düzeyine göre oransal dağılımı Grafik 3’te verilmiştir. İmalat sanayisinde 2019 ve 2020 yıllarında girişimlerin sadece %0,6’sı yüksek teknoloji faaliyetlerinde yer almasına karşın, istihdamın %2,5’i, cironun ise %3,4’ü yüksek teknoloji faaliyetlerinden gerçekleşmiştir. Benzer şekilde 2021 ve 2022 yıllarında da imalat sanayi içerisinde yüksek teknoloji faaliyetlerinde girişimin payının %0,7 olmasına karşın, istihdamın %2,5, cironun ise %3,4 oranında pay aldığı belirlenmiştir. 2022 yılında 2021 yılına göre yüksek teknoloji ürünleri ihracatı, %0,3’lük bir düşüş ile 6,4



milyar dolar olarak gerçekleşmiştir (Türkiye İstatistik Kurumu, 2024). Düşük teknoloji düzeyindeki faaliyetler 2019 yılında %56,9 girişim oranına ulaşmıştır. Ancak bu faaliyetlerin istihdamın %52'sini ve cironun %38,5'ini oluşturduğu görülmüştür. Bu sonuçlar, yüksek teknoloji faaliyetlerinin aksine, düşük teknoloji faaliyetlerinin istihdam ve ciro oranlarının girişim oranının gerisinde kaldığını göstermektedir. Bunun yanında düşük teknoloji faaliyetlerinde 2020, 2021 ve 2022 yıllarında da benzer şekilde, girişim sayısı oranından daha düşük bir istihdam ve ciro oranının olduğu görülmektedir.



**Grafik 3.** Türkiye'nin İmalat Sanayisinde Temel Göstergelerin Teknoloji Düzeyine Göre Oransal Dağılımı

**Kaynak:** Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri (2019, 2020, 2021, 2022) (Türkiye İstatistik Kurumu, 2024)

Türkiye'nin girmekte geciktiği yarı iletken endüstrisinde ve yüksek teknoloji ürün pazarında kendine yer bulabilmesi için verilecek teşviklerin en yüksek düzeyde sağlanması gerekmektedir. Bunun nedenlerinden biri, yarı iletken krizinin ardından sektörde, ülkelerin yaptığı rekor yonga yatırımları ile rekabetin daha da artmasıdır. Tablo 2 incelendiğinde birçok ülkenin 2021 ya da 2022 yılında yaptıkları yonga harcamaları görülmektedir. IOT (Nesnelerin İnterneti) kavramı ile bütün nesnelerin birer akıllı cihaza dönüşmesi beklenirken yonga üretiminin gelecekte daha büyük bir öneme sahip olması beklentisi de bu yatırımların nedenlerinden biridir. Zira IOT kavramı, çevremizdeki nesnelerin sahip olduğu sensörler ile birbirleriyle gerçek zamanlı ve sürekli bir veri akışı sağlayarak ev, iş veya okul gibi; yaşadığımız bütün çevredeki nesnelerin bulut üzerinden sürekli iletişimde kalmasını ifade etmektedir. Otomotiv alanında da 2020 yılında "0" dolar değerinde olduğu belirtilen, üst düzey çipler ile donatılmış yüksek işlem gücüne sahip otomotiv sektörünün, 2030 yılında 13,8 milyar dolar değerine ulaşması öngörülmektedir (Dziczek, 2022).

IOT ve otomotiv sektörünün yanı sıra yapay zekâ alanındaki ilerlemeler de yakın gelecekte yonga talebinin artışını sürdüreceği öngörülerini desteklemektedir. Bu bağlamda, Türkiye'nin modern cihaz üretimindeki potansiyelini daha da artırmak için küresel rekabet gücünü yükseltmek, inovasyon kapasitesini geliştirmek, katma değeri yüksek ileri teknoloji ürünleri üretmek ve uluslararası iş birliklerini güçlendirmek gibi stratejiler izlenmesi gerekmektedir.

#### IV. SONUÇLAR

Bu çalışmada, yarı iletken sektörünün küresel ve yerel önemi, gelişimi, gelecek potansiyeli ve çip krizi ekonomik boyutlarıyla incelenmiştir. Yarı iletkenler, günümüzde akıllı telefonlardan otomobillere, kalp pilinden, savunma sanayine kadar birçok alanda kullanılan modern teknoloji ürünlerinin temel bileşenini oluşturmaktadır. Bu ayrıcalık, sektörü hem ekonomik hem de stratejik açıdan büyük bir önem arz eden ve yüksek büyüme potansiyeli taşıyan bir sektör konumuna getirmiştir. Öngörülemez bu büyümeye paralel olarak sürekli artan talep karşısında üretim kapasitesinin yetersiz kalması çip, gpu, sensör ve bellek kıtlığına yol açarken; tedarik zinciri de bu durumdan önemli ölçüde etkilenmiştir. Tedarik zincirinin çeşitlendirilmesi bağlamında, yarı iletken üretiminin tek bir ülkede yoğunlaşması yerine küresel boyutta dengeli bir dağılımla tedarik zincirinin oluşturulması gerekliliği ortaya çıkmış ve büyük yatırımlarla beraber sektörde yeni bir süreç başlamıştır. Bu dönemde yarı iletken sektöründe başarılı olmak için sektörün mevcut durumu, ihtiyaçları, hedefleri belirlenmeli, sektöre yönelik insan kaynağı kapasitesi artırılmalı, üniversiteler ve sanayi ile yerli ve yabancı yatırımcılar arasında iş birliği teşvik edilmeli, patent, lisans ve ticari anlaşmalarda bilgi paylaşımı yapılmalıdır.

Türkiye, yarı iletken sektöründe henüz hedeflenen seviyede değildir; sektöre yönelik artan yatırımlar ve teşvikler savunma, otomotiv ve havacılık alanlarında da stratejik bir rol oynayacaktır. Yarı iletken sektörü, Türkiye'nin istenilen seviyede ileri teknoloji ürünlerini üretmesine, ithalat bağımlılığını azaltmasına, ekonomik

büyümesine, sanayi dönüşümüne ve teknolojik gelişmesine katkı sağlayarak lokomotif görevi üstlenerek ekonomik büyümesine öncülük yapabilecek güçtedir.

Yapay zekâ, otonom araçlar, yeni görüntüleme teknolojileri, nesnelerin internet (IOT) gibi alanlardaki büyük potansiyelle, sektörün yakın gelecekte de kilit bir rol oynamaya devam edeceği öngörülmektedir.

#### KAYNAKÇA

Akcan, A. T. (2021). Covid ve Ekonomi. A. T. Akcan içinde, *Covid ve Ekonomi* (s. 7-16). Konya: Eğitim Yayınları.

Allahverdi, Z. F., & Ay, A. (2021). Teknoloji Yoğunluklarına Göre Sektörlerin Doğrudan Yabancı Yatırımları ile Rekabet Gücü İlişkisi: Türkiye Örneği (2006-2019). *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 499-510.

Brock, D. C. (2006). *Understanding Moore's Law: Four Decades of Innovation*. Philadelphia, Pennsylvania: Chemical Heritage Press.

Burkacky, O., Jong, M., Mittal, A., & Verma, N. (2024). *Value creation: How can the semiconductor industry keep outperforming?* [Erişim Tarihi: 20.3.2024, McKinse & Company: <https://www.mckinsey.com/industries/semiconductors/our-insights/value-creation-how-can-the-semiconductor-industry-keep-outperforming>].

Cinel, E. A. (2014). Türkiye'de Ekonomik Büyümenin Belirleyicileri. *Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 15-26.

Corey, R. (2023). Semiconductor Basics. R. Corey içinde, *Semiconductor Basics* (s. 1-23). Berkeley, Kaliforniya: Apress.

Çaşkurlu, S. (2022). Hegemonya Mücadelesinde ABD-Çin Teknoloji Savaşı: Yarı İletkenler Sektörü. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 613-634.

Dey, M. (2024). *Beijing criticises Netherlands' move to block ASML exports to China*. Reuters: [Erişim Tarihi: 2.2.2024, <https://www.reuters.com/technology/asml-says-dutch-government-revoked-some-export-license-2024-01-01/>].

Dünya Bankası. (2024). Dünya Bankası: <https://www.worldbank.org/en/home>

Dziczek, K. (2022). *Why the Automotive Chip Crisis Isn't Over (Yet)*. [Erişim Tarihi: 20.3.2024, [www.chicagofed.org](http://www.chicagofed.org): <https://www.chicagofed.org/publications/chicago-fed-letter/2022/473>].

Ermaksan. (2024). [Erişim Tarihi: 20.3.2024, Ermaksan: <https://www.ermaksan.com.tr/>].

Gündüz, İ. (2021). Çin-ABD Ticaret Savaşının Hegemonik İstikrar Teoremi Bağlamında Analizi. *Uluslararası İlişkiler ve Politika Dergisi*, 57-75.

KAP. (2017). *YİTAL Mikroelektronik Sanayi ve Ticaret A.Ş. Şirketinin Kurulması*. [Erişim Tarihi: 20.3.2024, <https://www.kap.org.tr/tr/Bildirim/632323>].

Kapoor, R., & McGrath, P. (2023). Unmasking the interplay between technology evolution and R&D Dcollaboration: Evidence from the global semiconductormanufacturing industry, 1990–2010. *Research Policy*, 555-569.

Kaur, D. (2024). *Samsung seizes 2nm AI chip deal, challenging TSMC's reign*. [Erişim Tarihi: 20.3.2024, <https://techhq.com/2024/02/samsung-seizes-2nm-ai-chip-deal-challenging-tsmc/>].

Kaya, P. (2022). Çip Krizinin Otomotiv Sektörü Üzerindeki Etkileri. *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 67-78.

Kshetri, N. (2023). The Economics of Chip War: China's Struggle to Develop the Semiconductor Industry. *Computing's Economics, University of North Carolina at Greensboro*, 101-106.

Lee, J., & Kleinhans, J.-P. (2021). Mapping China's semiconductor ecosystem in global context. *Mercator Institute for China Studies*, 5.

Luo, J., & Shushen, L. (2023). Strengthen Building of Basic Reach Capacity for Semiconductor Research to Light Up "Beacon" Towards Realizing the Self-reliance and Self-improvement of Semiconductors. *Bulletin Of Chinese Academy of Sciences*, s. 187-192.

Mukul, P. (2022). *Explained: Why the Russia-Ukraine crisis may lead to a shortage in semiconductors*. [Erişim Tarihi: 11.3.2024, <https://indianexpress.com/article/explained/explained-russia-ukraine-crisis-shortage-semiconductors-7817545/>].

Nebil, F. (2023). Çip üretimi stratejik! Peki, Türkiye fırsatı kaçırdı mı? *Herkese Bilim Teknoloji*, 1-7. [Erişim Tarihi: 24.2.2024, <https://www.herkesebilimteknoloji.com/haberler/teknoyasam/cip-uretimi-stratejik-peki-turkiye-firsati-kacirdi-mi>].

Nvidia. (2023). [Erişim Tarihi: 24.2.2024, Nvidia: <https://nvidianews.nvidia.com/news/nvidia-announces-financial-results-for-fourth-quarter-and-fiscal-2023>].

ODTÜ MEMS Merkezi. (2024). *ODTÜ MEMS Merkezi*. [Erişim Tarihi: 19.3.2024, <https://mems.metu.edu.tr/>].

Otomotiv Sanayi Derneği. (2024). [Erişim Tarihi: 20.3.2024, <https://www.osd.org.tr/>].

- Pektaş, İ. (2022). *Yerli ve Milli Üretime Adanmış Ömürler-33: TESTAŞ'IN KURULUŞ HİKAYESİ*. [Erişim Tarihi: 19.2.2024, <https://www.sektorel.com/testas-turkiye-elektronik-sanayi-ve-ticaret-as-transistor-yariiletken-ve-cip-uretimi/>].
- Pizzemento, A. (2024). *The 2021 Semiconductor Chip Shortage: What, Why, and What's Next?* [Erişim Tarihi: 15.3.2024, <https://www.mau.com/2021/04/15/the-2021-semiconductor-chip-shortage-what-why-and-whats-next/>].
- Rathi, T. (2022). Effect of Cryptocurrency Mining on Semiconductor Industry. *Effect of Cryptocurrency Mining on Semiconductor Industry*.
- Read, J. (2024). *US Won't Restrict Exports Of 'Mature Chips' To China — Processors Using 28nm Or Older Tech Will Be Free From Sanctions*. [Erişim Tarihi: 20.3.2024, <https://www.emsnow.com/us-wont-restrict-exports-of-mature-chips-to-china-processors-using-28nm-or-older-tech-will-be-free-from-sanctions/>].
- Samsung Newsroom. (2022). *Samsung Electronics Unveils Plans for 1.4nm Process Technology and Investment for Production Capacity at Samsung Foundry Forum 2022*. [Erişim Tarihi: 24.2.2024, <https://news.samsung.com/global/samsung-electronics-unveils-plans-for-1-4nm-process-technology-and-investment-for-production-capacity-at-samsung-foundry-forum-2022>].
- Sein, M. K. (2020). The serendipitous impact of COVID-19 pandemic: A rare opportunity for. *International Journal of Information Management*, 1-3.
- Semi. (2024). [Erişim Tarihi: 18.3.2024, <https://semi.org/en>].
- Semiconductor Industry Association. (2024). *State Of Tate Of The U.S. Semiconductor Industry*. Amerika.
- Semiconductor Equipment and Materials International. (2013). [Erişim Tarihi: 18.3.2024, [www.semi.org](http://www.semi.org)].
- Semiconductor Equipment Association of Japan. (2013). [Erişim Tarihi: 18.3.2024, <https://www.seaj.or.jp/>].
- Sourcengine Team. (2021). *Samsung, Infineon, and NXP Halt Production in Texas due to Winter Storm*. [Erişim Tarihi: 24.2.2024, <https://www.sourcengine.com/blog/samsung-infineon-nxp-halt-production-texas-winter-storm-2021-02-18>].
- Statista. (2024). *Semiconductor market revenue worldwide from 1987 to 2024*. [Erişim Tarihi: 19.3.2024, <https://www.statista.com/statistics/266973/global-semiconductor-sales-since-1988/>].
- Sterling, T. (2022). *ASML reports fire at its Berlin factory*. [Erişim Tarihi: 19.3.2024, <https://www.reuters.com/technology/asml-reports-fire-its-berlin-factory-2022-01-03/>].
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (2023). *On İkinci Kalkınma Planı 2024-2028*.
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (2019). *On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023)*. Türkiye.
- T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2023). [Erişim Tarihi: 20.3.2024, <https://www.sanayi.gov.tr/>].
- T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2023). *Çip Üretim Tesisi Yatırımı*. [Erişim Tarihi: 24.2.2024, <https://www.sanayi.gov.tr/medya/haber/cip-uretim-tesisi-yatirimi>].
- Tubitak. (2024). *Küresel Çip Krizi Nedir? Sebepleri Nelerdir? Ne Zaman Bitebilir?* [Erişim Tarihi: 24.2.2024, <https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/konular/yari-iletken>].
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2024). [Erişim Tarihi: 20.3.2024, <https://www.tuik.gov.tr/>].
- World Semiconductor Trade Statistics. (2024). [Erişim Tarihi: 20.3.2024, <https://www.wsts.org/>].
- Yıldırım, R., & Gündüz, S. (2021). Üniversite, Endüstri ve Kalkınma Modeli: Stratejik İnsan Kaynakları ve Gerçek Sektörler Arasındaki İlişki. *Avrasya Uluslararası Araştırmalar Dergisi*, 80-138.
- Ying, Z. (2020). *Cut-throat competition for world-class chips: The end of Huawei?* [Erişim Tarihi: 18.3.2024, <https://www.thinkchina.sg/cut-throat-competition-world-class-chips-end-huawei>].