

## SEKTÖREL AR-GE HARCAMALARININ EKONOMİK BÜYÜME ÜZERİNE KARŞILAŞTIRMALI ETKİSİ: KISA VE UZUN DÖNEMDE TÜRKİYE ÖRNEĞİ

Melike ÇETİN\*

Öz

*Ar-Ge'nin büyüme üzerindeki etkisi, ekonomik büyümeyi yönlendirmede bilgi ve teknolojinin rolünü vurgulayan içsel büyüme teorisinin merceğinden anlaşılabilir. Bu teoriye göre, Ar-Ge faaliyetleri yeni bilgi ve teknolojilerin yaratılmasına yol açar; bu da verimliliği artırır ve ekonomik büyümeyi yönlendirir. Sektörel Ar-Ge faaliyetleri ise kamu, firmalar ve yükseköğretim kurumları tarafından üretilen süreçlerdir. Hangi sektörün faaliyetlerinde ne kadar etkili olduğu, uygulanan Ar-Ge politikaları, kaynakların tahsisi ve yaratılan dışsallıklar açısından önemlidir. Bu çalışmanın amacı sektörlere göre yapılan Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyüme üzerindeki etkisini karşılaştırmalı olarak analiz etmektir. Çalışmada 1990-2021 yılları arasında Türkiye ekonomisi örneği için ARDL analizi kullanılmıştır. Özellikle her sektör tarafından yapılan Ar-Ge harcamasının bireysel olarak büyüme üzerindeki etkisi araştırılmış ve sektörel Ar-Ge faaliyetlerinin etkileri birbiri ile karşılaştırılmıştır. Bulgular uzun dönemde, kamu ve firmaların Ar-Ge harcamalarının büyüme üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamlı ve işaretinin pozitif olduğunu göstermektedir, fakat yükseköğretim kurumlarının Ar-Ge harcamalarının büyüme üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamsız ve işareti negatif yönlüdür. Kamu ve firmaların Ar-Ge harcamalarının büyüme üzerindeki uzun dönem etkisi karşılaştırıldığında ise kamu Ar-Ge harcamalarında yapılan yüzde bir artışın uzun dönemde büyüme üzerinde yarattığı etkinin (%5), firmaların Ar-Ge harcamalarında yapılan yüzde bir artışın uzun dönemde büyüme üzerinde yarattığı etkiden (%1.5) daha fazla olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Kamu Ar-Ge harcamaları uzun dönemde daha etkilidir. Kısa dönem etkileri incelendiğinde de kamu Ar-Ge harcamalarının birinci gecikmesinde diğer sektörel harcamalarla kıyaslandığında en düşük etkiye sahip olduğu dikkat çekmektedir. İkinci ve üçüncü gecikmesinde etki negatife dönüşmektedir. Aksine firmaların ve yükseköğretim kurumlarının yaptığı Ar-Ge harcamalarının kısa dönemde ekonomiye etkisi yüksektir. Üç gecikme döneminde firmalar ve yükseköğretim kurumları yaptıkları Ar-Ge harcamalarını yenilikçi çıktılara dönüştürebilmektedirler.*

**Anahtar Kelimeler:** Ar-Ge Harcamaları, Ekonomik Büyüme, ARDL Analizi, Kısa ve Uzun Dönem.

### COMPARATIVE EFFECT OF SECTORAL R&D EXPENDITURES

\* Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Gelişim Üniversitesi Meslek Yüksek Okulu, Dış Ticaret Bölümü, [mecetin@gelisim.edu.tr](mailto:mecetin@gelisim.edu.tr), <https://orcid.org/0000-0001-6744-9337>

## ON ECONOMIC GROWTH: THE CASE OF TÜRKİYE IN THE SHORT AND LONG TERM

### **Abstract**

*The impact of R&D on growth can be understood through the lens of endogenous growth theory, which emphasizes the role of knowledge and technology in driving economic growth. According to this theory, R&D activities lead to the creation of new knowledge and technologies, which increase productivity and drive economic growth. Sectoral R&D activities are the processes produced by the public, private sector and higher education institutions. It is crucial to assess the effectiveness of each sector in its activities, as it informs applied R&D policies, resource allocation, and potential externalities created. The aim of this study was to conduct a comparative analysis of the impact of R&D expenditures made by various sectors on economic growth. In the study, ARDL analysis was used for the example of the Turkish economy between 1990-2021. In particular, the effect of R&D expenditures made by each sector on individual growth was investigated and the effects of sectoral R&D activities were compared with each other. The findings showed that in the long run, the effect of public and firms' R&D expenditures on growth was statistically significant and the sign was positive, but the effect of higher education institutions' R&D expenditures on growth was statistically insignificant and the sign was negative. The comparison of the long-term impact of R&D expenditures by public entities and firms on growth showed that a one percent increase in firms' R&D expenditures had a greater effect on growth in the long term (% 1.5) compared to a one percent increase in public R&D expenditures, which had a lesser effect on growth in the long run (5%). Public R&D expenditures were more effective in the long run. When the short-term effects were analyzed, it was noteworthy that public R&D expenditures had the lowest effect in the first lag compared to other sectoral expenditures. In the second and third lag, the effect turned into negative. On the contrary, R&D expenditures made by companies and higher education institutions had a high impact on the economy in the short run. In three lag periods, companies and higher education institutions can transform their R&D expenditures into innovative outputs.*

**Keywords:** R&D Spending, Economic Growth, ARDL Analysis, Short and Long Term.

### **GİRİŞ**

Araştırma ve geliştirme (Ar-Ge), yeni teknolojilerin ve ürünlerin yaratılmasına yol açtığı ve dolayısıyla inovasyonu ve üretkenliği yönlendirdiği için ekonomik büyümenin temel dinamiklerinden biri olarak kabul edilmektedir. Dolayısıyla, kamu, firmalar ve yükseköğretim kurumları tarafından yapılan Ar-Ge harcamalarının tümü, ekonomik büyümenin teşvik edilmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır. Kamu sektöründe, Ar-Ge için devlet finansmanı, temel araştırmalara yetersiz yatırım yapılması gibi piyasa başarısızlıklarının üstesinden gelinmesine yardımcı olmakta ve ayrıca yenilik için elverişli bir ortam yaratmaktadır. Kamu Ar-Ge harcamaları ayrıca yeni teknolojilerin ticarileştirilmesini desteklemekte ve yüksek vasıflı işler yaratmaktadır. Diğer taraftan özel sektör firmaları, ekonomideki Ar-Ge

harcamalarının birincil itici gücüdür. Firmaların Ar-Ge'ye yaptığı yatırım, yeni ürün ve süreçlerin geliştirilmesine yol açmakta ve firmalar için rekabet avantajı sağlamaktadır. Ayrıca Ar-Ge'ye yatırım yapan firmalar, Ar-Ge maliyetlerini daha fazla sayıda ürüne yayabilecekleri için ölçek ekonomilerinden de yararlanabilmektedirler. Yükseköğretim kurumları ise Ar-Ge'yi teşvik etmede rol alan en önemli aktörlerden biridir. Üniversiteler ve araştırma kurumları genellikle temel araştırmalar yürütür ve yeni teknolojilerin ticarileştirilmesi için destek sağlarlar. Yükseköğretim kurumları ve firmalar arasındaki işbirliği, bilgi ve fikirlerin aktarılmasına da yardımcı olarak yeni ürün ve süreçlerin geliştirilmesine yol açmaktadır.

Literatürde sektörel Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyüme üzerindeki etkisine ilişkin çalışmalar giderek artış göstermektedir (Genç & Tandoğan, 2020; Uçak vd., 2018). Araştırmalar, sektörel Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin olumlu olduğunu, çünkü Ar-Ge'nin teknolojik ilerlemeye ve artan üretkenliğe ve bunun da ekonomik büyümeye yol açtığını öne sürmektedir (Coe vd., 1995). Ancak bu etkinin büyüklüğü, Ar-Ge harcamalarının seviyesi, yürütülen Ar-Ge'nin türü ve Ar-Ge'nin yapıldığı ekonomik ve kurumsal ortam gibi birçok faktörlere bağlıdır (Cohen & Levinthal, 1989; Ali-Yrkkö, 2004; Conte vd., 2009).

Bu çalışmanın amacı, sektörel Ar-Ge harcamalarının 1990-2021 yılları arasında Türkiye'deki ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin uzun ve kısa dönemde ARDL analizi yöntemiyle analiz edilmesi ve sektörel Ar-Ge harcamalarının karşılaştırmalı bir sıralamasının sunulmasıdır. Bu çalışma, Türkiye'de yapılan daha önceki çalışmalardan farklı olarak, sektörel düzeyde Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyüme üzerindeki etkisine odaklanmaktadır. Özellikle her sektör tarafından yapılan Ar-Ge harcamalarının bireysel olarak büyüme üzerindeki kısa ve uzun dönem etkisinin araştırılması hedeflenmiştir. Ar-Ge politikalarının yapılandırılmasında ve kaynakların dağılımı kararlarında etkili olacağı düşünülen sektörel Ar-Ge harcamalarının büyüme üzerindeki etkisinin karşılaştırılması bu çalışmanın tartışma bölümünü oluşturmaktadır. Araştırma bulgularının Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyüme üzerindeki etkisine ilişkin tartışmalara katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

Çalışmanın bölümleri şu şekilde çerçevelendirilmiştir: 1. ve 2. bölüm altında, Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme ilişkisine teorik olarak kısaca değinilmiş ve literatürde yer alan ampirik çalışmalara yer verilmiştir. 3. bölümde çalışmada kullanılan model ve veri seti açıklanmaktadır. Son olarak 4. bölümde ise çalışmanın ampirik bulguları ele alınmıştır. Sonuç bölümü çalışmada elde edilen bulguları ve politika çıkarımlarını değerlendirmektedir.

## **1. AR-GE HARCAMALARI VE BÜYÜME İLİŞKİSİ**

Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki iktisat literatüründe yoğun bir şekilde tartışılmıştır. Büyüme ve Ar-Ge harcamalarına

atıfta bulunan ilk teori, neoklasik büyüme teorisidir. 1950'lerde Robert Solow tarafından geliştirilen neoklasik büyüme teorisi, ekonomik büyümenin ana itici güçleri olarak fiziksel ve beşeri sermaye birikimine odaklanmaktadır. Ekonomik büyümenin, yatırımlar yoluyla fiziksel sermaye birikimi ve eğitim ve öğretim yoluyla da beşeri sermaye birikimi tarafından yönlendirildiğini ve ayrıca, Ar-Ge harcamalarından kaynaklanan teknolojik ilerlemenin artan üretkenliğe ve ekonomik büyümeye yol açtığını savunmaktadır (Solow, 1956; Swan, 1956). Neoklasik büyüme teorisi, Ar-Ge harcamalarını ekonomik büyümeyle açıkça ilişkilendiren ilk teorilerden biridir. Solow'un orijinal modeli, bir değişken olarak Ar-Ge'yi içermemekte, ancak modelin diğer ekonomistler (Romer, 1986; Lucas, 1988; Barro & Sala-i-Martin, 1990, 1995; Barro, 1990; Greenwood & Jovanovic, 1990; Rebelo, 1991; Grossman & Helpman, 1990, 1991, 1994; Aghion & Howitt, 1990) tarafından geliştirilen sonraki versiyonları özellikle içsel büyüme teorileri, teknolojik ilerlemenin ve ekonomik büyümenin temel itici gücü olarak Ar-Ge'yi modelde barındırmaktadır. Fiziksel ve beşeri sermaye birikimine ve Ar-Ge'nin teknolojik ilerlemeyi yönlendirmedeki rolüne odaklanan neoklasik büyüme teorisi, hala büyüme teorisinin temel taşı olarak kabul edilmekte ve mevcut büyüme araştırmalarını etkilemeye devam etmektedir.

Teknolojik ilerlemeyi dışsal olarak değerlendiren neoklasik büyüme teorisinin ardından tartışmalar içsel büyüme modelleri (Romer, 1986; Lucas, 1988; Barro & Sala-i-Martin, 1990, 1995; Greenwood & Jovanovic, 1990; Rebelo, 1991; Grossman & Helpman, 1990, 1991, 1994; Aghion & Howitt, 1992) eksenine kaymıştır. İçsel büyüme teorileri, bir ekonomideki yenilik, bilgi ve beşeri sermaye gibi iç faktörlerin ekonomik büyümeyi nasıl yönlendirebileceğine odaklanmaktadır. Klasik ve dışsal büyüme modelleriyle (Smith, 1776; Malthus, 1799; Ricardo, 1817; Harrod, 1939; Domar, 1946; Solow, 1956; Swan, 1956) çelişen içsel büyüme modellerinin temel özelliklerinden biri, ekonomik büyümeyi yönlendirmede beşeri sermayenin ve bilginin rolünü birleştirmeleridir. Lucas'ın Beşeri Sermaye Birikimi Modeli, Barro'nun Kamu Harcamaları Modeli, Romer'in Bilgi Yayılımları Modeli, Aghion ve Howitt'in Ar-Ge Modeli içsel büyüme modellerinde, eğitim ve öğretim gibi beşeri sermayeye yapılan yatırımların ekonomideki bilgi stokunda bir artışa yol açtığı ve bunun da daha yüksek verimlilik ve ekonomik büyümeye neden olduğu varsayılmaktadır. İçsel büyüme modelleri ayrıca, ekonomik büyümeyi yönlendirmede inovasyon ve teknolojik ilerlemenin rolüne daha fazla vurgu yapmaktadır. İnovasyon ve inovasyonun Ar-Ge yatırımları, araştırmacı sayısı, patent sayıları ve bilimsel çıktılar gibi alt bileşenleri, ekonomide üretkenliği ve çıktıyı artırabilen yeni ürün ve süreçlerin yaratılmasına yol açtığı için büyümenin itici gücü olarak kabul edilmektedir. Teoriler, ekonomik büyümenin öncelikle insan sermayesi, Ar-Ge ve inovasyona yapılan yatırım tarafından yönlendirildiğini ve teknolojik ilerlemenin içsel olduğunu, yani beşeri sermaye, Ar-Ge ve inovasyona yapılan yatırım düzeyi tarafından belirlendiğini savunmaktadır. Ar-Ge ve teknolojik ilerlemenin uzun vadeli ekonomik büyüme için kritik öneme sahip olduğu öne

sürülür. Genel olarak, içsel büyüme modelleri, bir ekonominin büyüme yolunu şekillendiren yenilik, beşeri sermaye ve kurumlar gibi iç faktörleri vurgulayarak ekonomik büyümenin itici güçlerinin daha eksiksiz bir resmini sunar. Ayrıca, ekonomik büyümeyi teşvik etmede hükümet politikalarının önemini ve teknolojik ilerlemenin dışsallıklarını ve bir ekonominin büyümesini etkileyebilecek diğer faktörleri hesaba katma ihtiyacını da vurgulamaktadır.

Teknolojik ilerlemeye ve yeniliklerin itici gücüne vurgu yapan diğer bir teori de Schumpeter tarafından geliştirilmiştir. Aslında ekonomik büyüme alanında klasik bir çalışma olan fakat ekonomik büyümede inovasyon ve girişimciliğin rolünü ilk defa vurgulayan Schumpeter, ekonomik büyümenin öncelikle inovasyon ve girişimcilik tarafından yönlendirildiğini savunur. İnovasyon ve girişimciliğin üretkenliği ve verimliliği artırabilen yeni ürünlerin, süreçlerin ve teknolojilerin yaratılmasına yol açtıklarından, Ar-Ge ve teknolojik ilerlemenin uzun vadeli ekonomik büyüme için kritik bir öneme sahip olduğunu vurgular (Schumpeter, 1934). Schumpeter teorisinde, ekonomik büyümenin, yeni fikirlerin ve teknolojilerin eskilerinin yerini alarak yeni endüstrilerin yaratılmasına ve eskilerinin yok edilmesine yol açan yaratıcı yıkım süreci tarafından yönlendirildiğini öne sürmektedir (Aghion vd., 2015). Bu sürecin, yeni ürünler, süreçler ve örgütlenme biçimlerini tanıtan girişimciler tarafından yönlendirildiğini ve bunun ekonomik kalkınmanın anahtarı olduğunu belirtir. Ayrıca, yeni ürünler ve süreçler sunan firmalar daha yüksek fiyatlar talep ederek daha yüksek kârlara yol açabileceğinden, inovasyonun kâr kaynağı olduğunu da belirtir. Devletin ekonomik kalkınmadaki rolünün, mülkiyet haklarını, sözleşmeleri ve rekabeti destekleyen yasal ve kurumsal bir çerçeve oluşturarak girişimciler ve yenilikçilik için elverişli bir ortam yaratmakla sınırlı olduğunu da altını çizer (Schumpeter, 1934; Solo, 1951; Aghion, 2004, 2018).

İnovasyon sistemi yaklaşımı, ekonomik büyümede aktörler (firmalar, üniversiteler, hükümet) ve kurumlar (fikri mülkiyet hakları, rekabet politikası, eğitim) arasındaki etkileşimin rolünü vurgulamakta ve inovasyon ve Ar-Ge'nin ekonomik büyümenin temel taşları olduğunu ve bunların etkili olabilmesi için içine yerleştirildikleri sistemin gerekli olduğunu öne sürmektedir. Dolayısıyla, ekonomideki inovasyon ve teknolojik değişim oranını belirleyen faktörleri anlamak için bir çerçeve oluşturmaktadır. İnovasyon sistemleri yaklaşımı bugüne kadar çeşitli ölçeklerde ve alanlarda birçok araştırmacı tarafından ele alınmıştır. Freeman (1987, 2004), Lundvall (1992) ve Nelson (1993) ulusal inovasyon sistemleri üzerine, Breshi ve Malerba (1997), Malerba (2004) sektörel inovasyon sistemleri üzerine ve Saxenian (1991), Cooke vd. (1997) bölgesel inovasyon sistemleri üzerine çalışmalarını sürdürmüşlerdir. Carlsson (1997) ve Bergek vd. (2008) daha çok sistemin teknolojik boyutunu ele almışlardır. Dodgson (2008) ve Assimakopoulos (2007) ise inovasyon ağları üzerine ve Lorenz ve Lundvall (2006) bilgi ve öğrenme alanlarına katkı yapmışlardır. İnovasyon,

ekonomideki firmalar, üniversiteler, araştırma kurumları ve hükümet dahil olmak üzere çeşitli aktörlerin ve kurumların etkileşimini içeren sistemik bir süreç içerisinde gerçekleştirilmektedir. İnovasyon sistemi yaklaşımı, inovasyonu, sermaye ve insan sermayesi gibi kaynakların mevcudiyeti, rekabet seviyesi ve araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) için devlet desteği seviyesi de dahil olmak üzere çeşitli faktörlerden etkilenen karmaşık bir süreç olarak tanımlanmaktadır. Yeniliğin yalnızca bireysel firmaların ürünü olmadığını, aynı zamanda eğitim sistemi, yasal çerçeve ve Ar-Ge için devlet finansmanının düzeyi gibi yeniliği destekleyen kurumlar, politikalar ve düzenlemeler tarafından şekillendirildiğini ifade eder. Ayrıca inovasyon sistemindeki farklı aktörler, örneğin, firmalar, üniversiteler ve araştırma kurumları arasındaki etkileşim, bilgi transferine ve yeni fikir ve teknolojilerin geliştirilmesine yol açacağı için aralarındaki ağların ve etkileşimlerin rolü ekonomik büyüme için oldukça önemlidir.

Tüm bu teoriler, Ar-Ge ve teknolojik ilerlemenin uzun vadeli ekonomik büyüme için kritik öneme sahip olduğunu ve Ar-Ge ve teknolojiye yatırımın üretkenliği ve etkinliği artırmak için gerekli olduğunu ve bunun da artan ekonomik büyümeye yol açabileceğini öne sürmektedir. Bununla birlikte teoriler, ekonomik büyümeyi yönlendirmede insan sermayesi, yenilik ve kurumlar gibi diğer faktörlerin önemini ve teknoloji, Ar-Ge ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi anlamak için bütüncül bir yaklaşıma duyulan ihtiyacı da vurgulamaktadır. Dolayısıyla, Ar-Ge faaliyetleri, yenilikçilik, verimlilik artışı, iş yaratma, dış ticaret ve işbirliği gibi yollarla ekonomik büyümeye katkıda bulunur. Ar-Ge faaliyetleri yeni ürünlerin ve hizmetlerin geliştirilmesini sağlayarak pazarda rekabetçi bir avantaj sağlar ve şirketlerin büyümesini destekler. Sonuç olarak, kamu, firmalar ve yükseköğretim kurumları tarafından yapılan Ar-Ge harcamaları, inovasyonu teşvik ederek ve yeni bilgi ve teknolojilerin geliştirilmesini destekleyerek ekonomik büyümeye pozitif katkılarda bulunabilir. Bu nedenle, Ar-Ge faaliyetlerini desteklemek ve işbirliğini teşvik etmek, ekonomik büyümeyi artırmak için önemli bir strateji olabilir.

## 2. AMPİRİK LİTERATÜR

Ekonomik büyüme ve Ar-Ge ilişkisini ortaya koyan geniş bir literatür bulunmaktadır. Bu çalışmalar Ar-Ge faaliyetlerini çeşitli yönlerden ele almakta ve farklı zaman aralıklarında veya farklı yatay kesit örneklerinde bize sunmaktadır. Bu bölümde bu ilişkiyi ortaya koyan birkaç çalışmaya yer verilmiştir.

Erken dönem literatürü incelendiğinde Ar-Ge ve Büyüme ilişkisini ele alan ilklerin başında Leonard (1971), Terleckyj (1974), Lintenberg (1984), Griliches (1979) ve Leyden, Link ve Bozeman'ın (1991) çalışmaları gelmektedir. Bu çalışmalar Ar-Ge harcamaları ile büyüme ve üretkenlik ilişkisini ele almışlardır. Bu öncü çalışmaların sonrasında bir çok araştırmacı ampirik bulgularını çeşitli çalışmalarla sunmuşlardır (Nadiri, 1993; Park

1995; Mairesse & Hall, 1996; Sylwester, 2001; Kaiser, 2006; Alene, 2010) Bu çalışmalardan bu makalenin çerçevesine giren bazı ampirik araştırmalar aşağıda verilmiştir.

Lichtenberg (1993) çalışmasında, kamu ve özel sektörün Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi 1964-1989 dönemi için 74 ülke üzerinde incelemiştir. Araştırmanın bulgularına göre özel sektör Ar-Ge harcamaları ile büyüme arasında bir ilişki bulunmuştur fakat kamu sektörü Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme arasında bir ilişki bulunamamıştır.

Guellec ve Potterie (2002) çalışmalarında, Ar-Ge harcamalarının uzun dönemde yayılma etkilerini araştırmışlardır. 1980-1998 döneminde 16 OECD ülkesinde yer alan işletmelerin Ar-Ge harcamalarındaki artışın verimliliği artırdığı sonucuna varılmıştır.

Archibald ve Pereria (2003) çalışmalarında, çok değişkenli bir zaman serisi yaklaşımı kullanarak kamu ve özel Ar-Ge harcamalarının, özel sektör çıktısı, istihdam ve yatırım üzerindeki etkilerini 1956-1988 döneminde ABD için analiz etmişlerdir. Çalışmanın sonuçları, kamu Ar-Ge'sinin çıktı üzerinde uzun vadeli etkilerinin olumlu olduğunu, özel Ar-Ge'nin etkilerinin ise marjinal olarak olumlu olduğunu gösterir.

Falk (2007) çalışmasında, dinamik panel veri analizi kullanarak, OECD ülkelerini 1970-2004 dönemi için incelemiştir. Çalışmasında, ileri teknoloji içeren sektörlerdeki Ar-Ge yatırımlarının GSYİH içindeki payı arttıkça kişi başı GSYİH'nin da arttığını tespit etmiştir.

Goel, Payne ve Ram (2008) çalışmalarında, 1953-2000 dönemi için ABD ekonomisini incelemişlerdir. Çalışmasında federal ve federal olmayan Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyüme üzerinde uzun dönemli bir ilişkisinin olup olmadığını göstermişlerdir. Bulgular, ekonomik büyüme ile federal Ar-Ge harcamaları arasındaki ilişkinin büyüme ile federal olmayan Ar-Ge harcamaları arasındaki ilişkiden çok daha güçlü olduğunu göstermektedir.

Altın ve Kaya (2009) çalışmalarında, 1990-2005 dönemi için Türkiye ekonomisini hata düzeltme modeli kullanarak incelemişlerdir. Bulgulara göre kısa dönemde Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme arasında bir ilişki bulunamamış, fakat uzun dönemde Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme arasında bir ilişki tespit edilmiştir. Sonuçlara göre Ar-Ge uzun dönemde ekonomik büyümenin nedenidir.

Yaylalı, Akan ve Işık (2010) çalışmalarında, 1990-2009 dönemi için Türkiye ekonomisini incelemişler ve Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme değişkenleri arasındaki uzun dönem ilişkiyi araştırmışlardır. Eş bütünleşme ve Granger nedensellik testi sonuçlarına göre uzun dönemde Ar-Ge harcamalarından ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Gülmez ve Yardımcıoğlu (2012) çalışmalarında, 1990-2010 döneminde 21 OECD ülkesi için panel eşbütünleşme ve FMOLS analizi yapmışlardır. Araştırmanın bulgularına göre, Ar-Ge harcamalarındaki artış

ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilemektedir. Ayrıca uzun dönemde Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme arasında karşılıklı bir nedensellik bulunmuştur.

Taban ve Şengür (2014) çalışmalarında, 1990-2012 döneminde Türkiye için Johansen eş bütünleşme analizi ile Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyüme üzerinde uzun dönemli ilişkisini analiz etmişlerdir. Bulgular uzun dönemde Ar-Ge harcamaları ile Ar-Ge'de tam zamanlı eşdeğer çalışan araştırmacı sayılarının ekonomik büyümeyi pozitif olarak etkilediğini göstermiştir. Kısa dönemde ise Ar-Ge'de çalışan araştırmacı sayıları ekonomik büyümede anlamlı pozitif bir etkiye sahip iken, Ar-Ge harcamalarının böyle bir etkiye sahip olmadığı görülmüştür.

Freimane ve Bâliņa (2016) çalışmalarında, 2000–2013 döneminde Avrupa Birliği üye ülkeleri için Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Panel veri regresyonu yapılan çalışmanın sonuçlarına göre AB ülkelerinde yapılan Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyüme üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmüştür.

Elk, Wiel ve Wouterse (2019) çalışmalarında, 1963-2011 döneminde 22 OECD ülkesi için kamu tarafından gerçekleştirilen Ar-Ge yatırımlarının getirilerini analiz etmişlerdir. Araştırmanın bulgularına göre, kamuya açık yapılan Ar-Ge yatırımlarının, üretim fonksiyonu modellerinde GSYİH ve toplam faktör verimliliği büyümesini otomatik olarak desteklemediğini göstermiştir.

### 3. YÖNTEM

#### 3.1. Otoregresif Dağıtılmış Gecikme (ARDL) Modeli

Eşbütünleşme testleri değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkiyi incelemek için kullanılan yaygın tekniklerdir. Fakat Eagle ve Granger (1987) tarafından geliştirilen ve Johansen (1986) tarafından da genişletilen klasik eşbütünleşme testleri, değişkenlerin aynı dereceden bütünleşik olmasını gerektirir. Eşbütünleşme testleri için bir kısıt oluşturan bu durumu bertaraf etmek için Otoregresif Dağıtılmış Gecikme (ARDL) yöntemi geliştirilmiştir (Pesaran vd., 2001). ARDL yaklaşımı, değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisini incelemek için kullanılan ve I(1) ya da I(0) gibi farklı dereceden bütünleşik değişkenler arasındaki ilişkinin sınanmasına olanak tanıyan bir yöntemdir. Bu yöntem en küçük kareler metoduna dayanır ve özellikle zaman serisi verilerini analiz etmek için çok yararlıdır. ARDL analizinin arkasındaki temel fikir, değişkenler arasında hem kısa dönemli bir ilişkinin hem de uzun dönemli bir ilişkinin olabileceğidir. ARDL analizi, bu ilişkileri tahmin etmek için hem otoregresif (AR) hem de dağıtılmış gecikme (DL) modellerini temel alır. AR modeli, verilerin kısa dönem dinamiklerini tahmin etmek için kullanılırken, DL modeli, uzun dönem dinamiklerini tahmin etmek için kullanılır. ARDL modeli, verilerin hem kısa hem de uzun dönem dinamiklerini



aynı anda tahmin etmek için bu iki modeli birleştirir. Bu, onu zaman serisi verilerini analiz etmek için esnek ve güçlü bir yöntem haline getirir. Ayrıca ARDL analizi, değişkenler arasındaki eş bütünleşmenin test edilmesine ve hata düzeltme modellerinin tahminine de izin verir.

Otoregresif Dağıtılmış Gecikme Modelinin (ARDL) denklemi aşağıdaki gibidir:

$$Y_t = a_0 + a_1Y_{t-1} + a_2Y_{t-2} + \dots + a_{(p)}Y_{t-p} + b_0X_t + b_1X_{t-1} + b_2X_{t-2} + \dots + b_{(q)}X_{t-q} + u_t \quad (1)$$

Burada;  $Y_t$ , bağımlı değişken;  $X_t$ , bağımsız değişkenler;  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_{(p)}$  ve  $b_0, b_1, b_2, \dots, b_{(q)}$  tahmin edilecek katsayılardır.  $u_t$  hata terimidir.

Yukarıdaki denklem bir zaman serisi denklemdir, yani bağımlı değişken ile bağımsız değişken arasındaki dinamik ilişkiyi zaman içinde modellemek için kullanılır. Bağımlı değişkenin ( $Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-p}$ ) gecikmeli değerleri, verilerin kısa dönem dinamiklerini yakalamak için denkleme dahil edilirken, bağımsız değişkenin ( $X_t$ ) gecikmeli değerleri ( $X_{t-1}, X_{t-2}, \dots, X_{t-q}$ ) verilerin uzun vadeli dinamiklerini yakalamak için dahil edilmiştir.

$a_0, a_1, a_2, \dots, a_{(p)}$  ve  $b_0, b_1, b_2, \dots, b_{(q)}$  katsayıları, sıradan en küçük kareler (OLS) veya benzer bir tahmin yöntemi kullanılarak tahmin edilir ve elde edilen değerler bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin gücü ve yönü hakkında bilgi verir.

Hem bağımlı hem de bağımsız değişkenler ( $p$  ve  $q$ ) için gecikme sayısı Akaike Bilgi Kriterleri (AIC) (Akaike, 1974) veya Schwarz Bilgi Kriterleri (SIC) (Schwarz, 1978) veya F-Test gibi bazı kriterler aracılığıyla seçilir.

Ek olarak, değişkenler arasındaki eşbütünleşmeyi test etmek için ARDL yaklaşımı kullanılır. Eş bütünleşme, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığını ifade eden istatistiksel bir kavramdır. Değişkenler eş bütünleşik ise, kısa dönemde bağımsız hareket etseler de uzun dönemde birlikte hareket ettikleri anlamına gelir. ARDL yaklaşımı, sınır testi veya maksimum özdeğer testi kullanılarak değişkenler arasında eşbütünleşmenin varlığını test etmek için kullanılır. Eş bütünleşme sağlandıktan sonra, uzun dönem ilişkiyi korurken değişkenlerin kısa dönem dinamiklerini yakalamak için bir hata düzeltme modeli tahmin edilir.

ARDL analizinin ekonometride zaman serisi verilerinin uzun vadeli ve kısa vadeli dinamiklerini analiz etmek için güçlü bir araç olduğunu belirtmek önemlidir, ancak bazı sınırlamaları vardır. Model, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin doğrusal olduğunu ve hata teriminin normal dağıldığını varsayar. Ayrıca ARDL sınır testi yöntemi örneklem sayısının küçük olması durumunda bile doğru sonuçlar vermektedir (Narayan, 2005; Lebe, 2016)

### 3.2. Model ve Veri Seti

Ekonomik büyümenin temel bileşenleri olarak kişi başı milli gelirin bağımlı değişken olduğu ve Solow büyüme modelinin temel alındığı modelde, sermaye, emek, beşeri sermaye ve üretkenlik (inovasyon veya teknoloji seviyesi) modelin bağımsız değişkenleri olarak verilmiştir. Modelde üretkenlik değişkeninin bileşenleri literatüre dayanarak ve toplam araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) harcamalarından yola çıkarak, hükümet tarafından yapılan Ar-Ge harcamaları, firmalar tarafından yapılan Ar-Ge harcamaları ve yükseköğretim kurumları tarafından yapılan Ar-Ge harcamaları olarak belirlenmiştir. Belirlenen değişkenlerin büyüme üzerindeki etkisini incelenmek üzere ekonometrik modeller oluşturulmuştur.

$$Y = A * F(K, L) \quad (2)$$

Burada; Y = çıktı (veya GSYİH); A = toplam faktör verimliliği (inovasyon veya teknolojik ilerlemenin bir ölçüsü); K = sermaye stoku; L = iş gücü; F(K, L) = üretim fonksiyonu (çıktı ile sermaye ve emek girdileri arasındaki ilişkiyi temsil eder).

Çalışmada kullanılan ekonometrik modeller aşağıda verilmiştir. Modellerde, verilerdeki yüksek değerlerin etkisini azaltarak, serileri daha durağan hale getirdiği için değişkenlerin logaritmaları alınmıştır.

$$\text{Model 1: } \ln Y_{nt} = \alpha_t + \beta_1 \ln RDg_t + \beta_2 \ln K_t + \beta_3 \ln L_{nt} + \beta_4 \ln H_t + u_{1t} \quad (3)$$

$$\text{Model 2: } \ln Y_{nt} = \mu_t + \gamma_1 \ln RDp_t + \gamma_2 \ln K_t + \gamma_3 \ln L_{nt} + \gamma_4 \ln H_t + u_{2t} \quad (4)$$

$$\text{Model 3: } \ln Y_{nt} = \lambda_t + \delta_1 \ln RDhe_t + \delta_2 \ln K_t + \delta_3 \ln L_{nt} + \delta_4 \ln H_t + u_{3t} \quad (5)$$

Burada; Y<sub>n</sub> = kişi başı GSYİH; K = sermaye; L<sub>n</sub> = iş gücü; H = beşeri sermaye; RDg = kamu Ar-Ge harcamaları; RDp = firmaların AR-Ge harcamaları; RDhe = yükseköğretim kurumlarının Ar-Ge harcamaları; u<sub>t</sub> hata terimi ve  $\alpha_t$ ,  $\mu_t$ ,  $\lambda_t$  ve  $\beta_1.. \beta_4$ ,  $\gamma_1.. \gamma_4$ ,  $\delta_1.. \delta_4$  tahmin edilecek sabit ve eğitim katsayılarıdır.

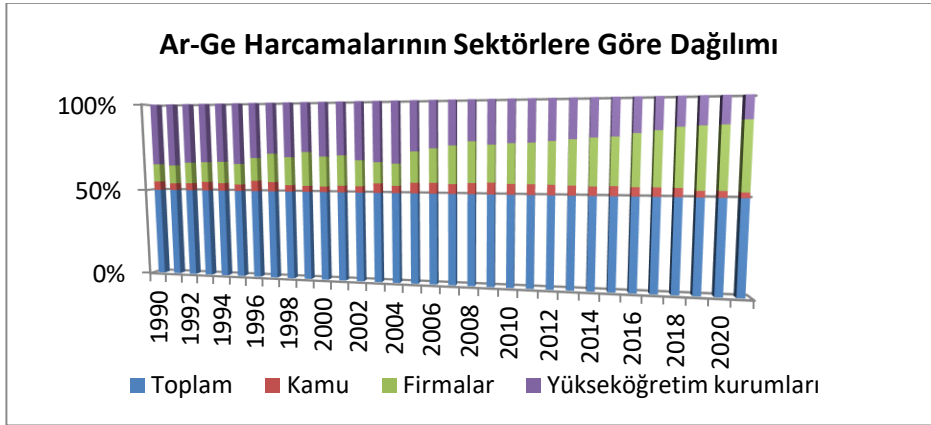
Çalışmaya Türkiye'nin 1990-2021 yılları arasındaki verileri dahil edilmiştir. Belirtilen değişkenler için Türkiye'ye ait veriler Dünya Bankası, Penn World Table 10 ve Türkiye istatistik kurumunun veri tabanından elde edilmiştir. Logoratora değerleri alınarak modele dahil edilen değişkenler milli gelire ve nüfusa oranlanmıştır. Modellerde kullanılan değişkenlerin notasyon ve göstergeleri Tablo.1'de açıklanmıştır. Analiz, bir ekonometri yazılımı olan Eviews 14 programı ile yapılmıştır.

**Tablo 1. Değişkenlerin Notasyon ve Göstergeleri**

Değişken Adı	Notasyon	Veri Setinin Tanımı	Veri Kaynağı
Kişi Başına Milli Gelir	lnYn	GSYİH (cari fiyatlarla) /Nüfus oranı	Dünya Bankası

Sermaye Stoku	IK	Brüt Sabit Sermaye Oluşumu (cari fiyatlarla) /Milli Gelire Oranı	Dünya Bankası
Emek Gücü	ILn	Toplam İşgücü Sayısının /Nüfusa Oranı	Dünya Bankası
Beşeri sermaye	IH	Beşeri Sermaye İndeksi	Penn World Table 10
Kamu AR-GE Harcaması	IRDg	Kamu Ar-Ge Harcaması /Milli Gelire Oranı	TÜİK
Firmalar AR-GE Harcaması	IRDp	Firmaların Ar-Ge Harcaması /Milli Gelire Oranı	TÜİK
Yükseköğretim Kurumları AR-GE Harcaması	IRDhe	Yüksek Öğretim Kurumlarının Ar-Ge Harcaması /Milli Gelire Oranı	TÜİK

**Grafik 1. Kamu, Firmalar ve Yükseköğretim Kurumları Ar-Ge Harcamalarının Toplam Ar-Ge Harcamaları İçindeki Dağılımı**



## 4. BULGULAR

### 4.1. Tanımlayıcı İstatistikler

Modelde yer alan değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri hesaplanmış ve Tablo 2'de gösterilmiştir.

**Tablo 2. Değişkenlerin Tanımlayıcı İstatistikleri**

Değişkenler	IYn	IH	IK	ILn	IRDg	IRDhe	IRDp
Ortalama	9.539549	0.751028	-1.474417	-1.020866	-8.871922	-7.175786	-7.472200
Medyan	9.529526	0.748728	-1.427116	-1.017932	-7.612501	-6.084455	-6.498368
Maksimum	10.07338	0.921991	-1.217210	-0.906778	-6.083148	-4.637545	-3.547199
Minimum	9.142047	0.589136	-1.866567	-1.120338	-15.22309	-13.26404	-14.49636
Standart sapma	0.291177	0.108606	0.198561	0.061088	2.801681	2.545848	3.097401

Skewness	0.271107	0.064664	-0.249588	0.175521	-0.944099	-1.073121	-0.843243
Kurtosis	1.717856	1.748671	1.658779	2.234447	2.549629	2.785302	2.535697
Jarque-Bera	2.583854	2.110068	2.730735	0.945736	5.024167	6.203271	4.079748
Prob değeri	0.274741	0.348181	0.255287	0.623212	0.081099	0.449764	0.130045
Gözlem sayısı	32	32	32	32	32	32	32

#### 4.2. Serilerin Durağanlığı ve Birim Kök Testleri

Birim kök testleri, çoğu zaman serisi modelinin önemli bir varsayımı olan durağanlığı test etmek için kullanılır. Durağanlık, serinin ortalama, varyans ve otokorelasyon yapısının zaman içinde değişmediği anlamına gelir. Bir seri birim köke sahipse durağan değildir ve zaman içinde bir trend sergiler. Augmented Dickey-Fuller testi, (ADF) (Dickey & Fuller, 1979, 1981) Phillips-Perron testi (PP) (Phillips & Perron, 1988) ve Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS) (Kwiatkowski vd., 1992) testi gibi yaygın olarak kullanılan birkaç birim kök testi vardır. Bu testler, bir zaman serisinin birim köke sahip olup olmadığını ve durağan olup olmadığını veya durağan olup birim kök içermediğini belirlemek için kullanılır. Bu çalışmada ADF testi ve PP testi kullanılmıştır. ADF testi için maksimum gecikme uzunluğu Eviews 14 programı tarafından otomatik olarak 7 olarak belirlenmiştir ve her iki test için sabitli model seçilmiştir. Sabitli modelin seçiminde serilerin sabitli modelde durağan olması ve küçük örneklem büyüklüklerinde kullanılan Akaike Bilgi Kriterlerinin en küçük değeri vermesi temel alınmıştır. Değişkenlerin birim kök testleri aşağıda Tablo 3'te verilmiştir.

**Tablo 3. Değişkenlerin Birim Kök Test İstatistikleri**

Değişkenler	ADF testi	Sabitli	p-değeri	PP testi	Sabitli	p-değeri
IYn	I(0)	0.571907	0.9865	I(0)	1.941003	0.9997
$\Delta$ IYn	I(1)	-5.509935	0.0001***	I(1)	-6.106305	0.0000***
IK	I(0)	-1.656169	0.4428	I(0)	-0.014809	0.9501
$\Delta$ I K	I(1)	-6.104476	0.0000***	I(1)	-3.316273	0.0230**
IH	I(0)	0.060034	0.9572	I(0)	-1.656169	0.4428
$\Delta$ I H	I(1)	-3.336072	0.0220**	I(1)	-6.100265	0.0000***
ILn	I(0)	-0.968010	0.7521	I(0)	-1.083760	0.7095
$\Delta$ I Ln	I(1)	-5.512783	0.0001***	I(1)	-5.515318	0.0001***
IRDg	I(0)	-4.693282	0.0007***	I(0)	-7.175763	0.0000***
IRDp	I(0)	-5.831644	0.0000***	I(0)	-6.081007	0.0000***
IRDhe	I(0)	-4.476834	0.0015***	I(0)	-4.954427	0.0004***

\* %1, \*\* %5 \*\*\* %1 anlamlılık düzeyini gösterir.

ADF test istatistiklerinin olasılık değerleri incelendiğinde IYn, IK, IH ve ILn değişkenlerinin birinci farkta durağan, IRDg, IRDp ve IRDhe değişkenlerinin ise seviyede durağan olduğu tespit edilmiştir. Değişkenlerin sadece I(0) ve I(1) gibi farklı seviyelerde durağan olması ARDL analizi yapılmasına izin vermektedir. Bunun nedeni, ARDL modelinde sınır testi referans değerleri sadece I(0) ve I(1) seviyeleri için hesaplanmış olmasıdır. Dolayısıyla, birim kök test sonuçlarına göre ARDL modelini kullanmak için ön koşullar oluşmuştur.

### 4.3. Sektörlere Göre Yapılan Ar-Ge Harcamalarının Büyüme Üzerine Etkisinin Kısa ve Uzun Dönem Bulguları

Bu bölüm altında yukarıda verilen (3), (4) ve (5) nolu modeller sırasıyla Model 1 (kamu), Model 2 (firmalar) ve Model 3 (yükseköğretim kurumları) olarak analiz edilmiştir. Modeller ilk önce ARDL analizi altında sabitli model seçilerek sıradan küçük kareler yöntemi ile tahmin edilmiştir. Daha sonra elde edilen tahminlerin tutarlı olup olmadığı tanı testleri ile test edilerek elde edilen bulgular paylaşılmıştır.

4 no'lu tablo, tanı testlerinin istatistik bulgularını ve olasılık değerlerini vermektedir. Sırasıyla otokorelasyonun varlığı için Breusch-Godfrey LM testi, Homoskedastisite (değişen varyans) sorunu olup olmadığının tespiti için Breusch-Pagan-Godfrey testi ve modellerin anlamlı olup olmadığının tespiti için Ramsey RESET Testi uygulanmıştır. Jargue-Bera Testi ile de normallik varsayımı sınanmıştır. Ayrıca yapısal kırılmaların varlığı için bakılan CUSUM ve CUSUM-SQ testleri sonucunda elde edilen grafikler her model için ayrı ayrı incelenmiştir.

**Tablo 4. Tanı Testleri**

Tanı Testleri		Model 1 için İstatistik Değeri	Model 2 için İstatistik Değeri	Model 3 için İstatistik Değeri
Breusch-Godfrey Seri Korelasyon LM Testi	F-istatistiği	0.829931 (0.5465)	1.820972 (0.4641)	0.945949 (0.4329)
	Obs*R <sup>2</sup>	12.69888 (0.0017***)	21.96805 (0.0000***)	6.170230 (0.0457**)
Breusch-Pagan- Godfrey Değişen Varyans Testi	F-istatistiği	0.912454 (0.6179)	1.408647 (0.4444)	0.303460 (0.9863)
	Obs*R <sup>2</sup>	23.51757 (0.4309)	25.71786 (0.3676)	11.32394 (0.9125)
Ramsey RESET Testi	F-istatistiği	0.103739 (0.7685)	0.617055 (0.5144)	0.000860 (0.9773)
	t-statistic	0.322085 (0.7685)	0.785529 (0.5144)	0.000860 (0.9773)

Jargue-Bera  
Normallik Testi

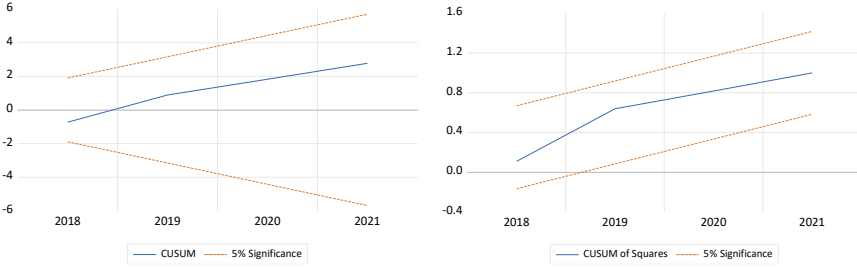
2.162713 (0.3391)

0.07343 (0.9639)

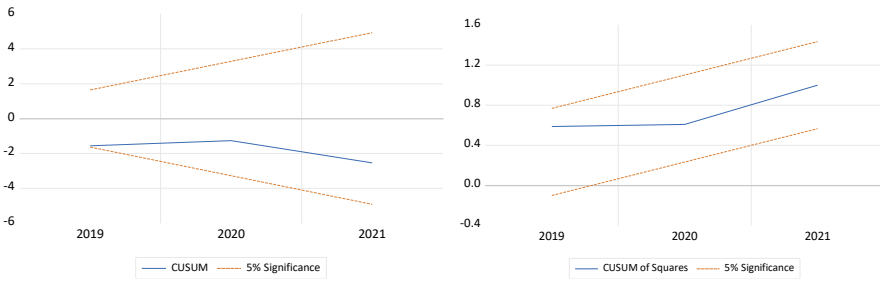
4.477543  
(0.106589)

( ) olasılık değeri ile \* %1, \*\* %5 \*\*\* %1 anlamlılık düzeyini gösterir.

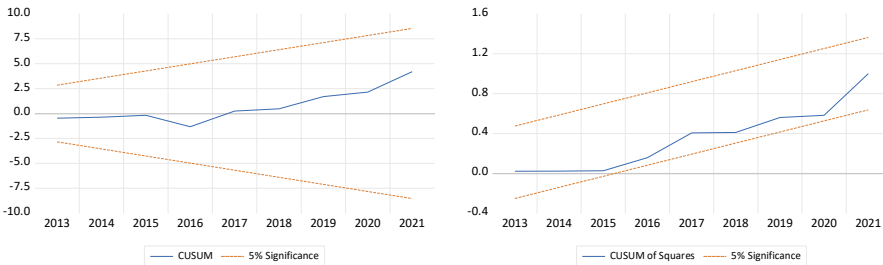
**Grafik 2. Model 1 (Kamu Ar-Ge Harcamaları) İçin CUSUM Testi ve CUSUM-SQ Testi (%5 Anlamlılık Seviyesine Göre)**



**Grafik 3. Model 2 (Firmalar) İçin CUSUM Testi ve CUSUM-SQ Testi (%5 Anlamlılık Seviyesine Göre)**



**Grafik 4. Model 3 (Yükseköğretim Kurumları) İçin CUSUM Testi ve Karelerin CUSUM Testi (%5 Anlamlılık Seviyesine Göre)**



Elde edilen istatistik bulgularına göre, her üç modelde değişen varyans sorunu bulunmamaktadır ve modellerin hata terimleri normal dağılım göstermektedir. Ayrıca, Ramsey RESET testi ile modellerin anlamlı olduğu görülmektedir. CUSUM ve CUSUM-SQ testleri incelendiğinde de yapısal kırılma sorunları olmadığı görülmektedir. Grafikler, regresyon modellerinin

istikrarlılığını ve parametrelerindeki değişikliklerin hangi zaman noktalarında gerçekleştiğini göstermektedir. Fakat modellerin hepsinde otokorelasyon sorunu bulunmaktadır. Otokorelasyonu gösteren sıfır hipotezi reddedilememektedir. Bu nedenle daha dirençli tahminçiler elde etmek için modeller sırasıyla Newey-West tahminçisi ile tekrar tahmin edilmiştir. Tablo 5 ARDL modellerin Newey-West tahminci ile elde edilmiş bulgularını göstermektedir. ARDL Modelinin gecikme değerleri Akaike bilgi kriterlerine göre seçilmiştir.

**Tablo 5. Kamu, Firmalar ve Yükseköğretim Ar-Ge Harcamalarının Büyüme Üzerine Etkisinin ARDL Modeli Tahminleri**

Değişkenler	Model 1	Model 2	Model 3
Sabit	54.74115 [2.356748] (0.0779*)	35.75964 [12.42540] (0.0011***)	29.1051 [5.911583] (0.0002)
1Yn(-1)	-0.972790 [-2.095183] (0.1042)	-0.615448 [-4.775565] (0.0174**)	-0.757014 [-1.185183] (0.2663)
1Yn (-2)	-0.874211 [-1.248661] (0.2799)	-0.156991 [-3.217828] (0.0487**)	-0.153358 [-5.220931] (0.0005)
1Yn (-3)	-1.470765 [-3.046220] (0.0382**)	-0.907560 [-4.874141] (0.0165**)	-1.393256 [13.18838] (0.0000)
1Yn (-4)	-0.244136 [-0.465762] (0.6656)	-0.981025 [-8.650781] (0.0032***)	
IRDg	0.027465 [1.885364] (0.1325)		
IRDg(-1)	0.015423 [0.848361] (0.4440)		
IRDg(-2)	0.120463 [2.984151] (0.0406**)		
IRDg(-3)	0.058600 [1.320272] (0.2572)		
IRDp		0.097547 [8.330656] (0.0036***)	

IRDp(-1)	0.037480 [1.783615] (0.1725)		
IRDp(-2)	-0.060586 [-5.019848] (0.0152**)		
IRDp(-3)	-0.007476 [-0.435945] (0.6923)		
IRDp(-4)	-0.009534 [-1.512169] (0.2277)		
IRDhe		0.106726 [3.890866] (0.0037)	
IRDhe(-1)		0.137107 [-4.294814] (0.0020)	
IRDhe(-2)		-0.159050 [-4.796239] (0.0010)	
IRDhe(-3)		-0.098644 [-3.092970] (0.0129)	
Seçilen Model	ARDL(4, 4, 4, 4, 3)	ARDL(4, 4, 4, 4, 4)	ARDL(3, 3, 3, 3, 3)
R <sup>2</sup>	0.999848	0.999988	0.999664
r <sup>2</sup>	0.998976	0.999893	0.998955
F-istatistiği	1146.681	10560.54	1410.376
Olasılık değeri	0.000002***	0.0000***	0.0000***
Akaike bilgi kriteri	-6.873412	-9.352338	-6.387810
Durbin-Watson ist.	2.561301	3.444738	2.477589

[ ] t-istatistiğini, ( ) olasılık değeri \* %1, \*\* %5 \*\*\* %1 anlamlılık düzeyini gösterir.

Model 1’de kamu Ar-Ge harcamaları modelinin uzun dönem ilişkisini tespit etmek için yapılan Sınır testi bulgularını incelediğimizde F testi sonucunun (6.583053) 30 gözlem sınırı ile ve %5 anlamlılık düzeyinde I(0) ve I(1) arasında verilen referans değerlerden büyük olduğu görülmektedir. Aynı şekilde Model 2’de firmaların Ar-Ge harcamaları modelinin uzun dönem ilişkisini ve Model 3’de ise yükseköğretim Kurumlarının Ar-Ge harcamaları modelinin uzun dönem ilişkisini tespit etmek için yapılan Sınır testi bulgularını incelediğimizde F testi sonuçlarının (sırasıyla 60.54587 ve 15.54641) 30 gözlem sınırı ile ve %5 anlamlılık düzeyinde I(0) ve I(1) arasında



verilen referans değerlerden büyük olduğu görülmektedir. Böylece her üç modelde de değişkenlerin bir uzun dönem ilişkisinin olduğu söylenebilir. Üç modele ait F istatistiği değerleri tablo 6'da gösterilmiştir. Yine ayrıca, kısa dönem ilişkisini ve hata düzeltme modelinin anlamlı olup olmadığı t sınır testi ile sınanmaktadır. Burada t testinin mutlak değeri ile 30 gözlem sınırı ve %5 anlamlılık düzeyinde I(0) ve I(1) arasında verilen ve Pesaran vd. (2001) tarafından sağlanan tablolardan elde edilen referans değerlerden büyük olduğu görülmektedir. Dolayısıyla tüm modeller için değişkenler arasında kısa dönem ilişkisinin de anlamlı olduğu söylenebilir.

**Tablo 6. Modellerin F-Sınırı Testi ve t-Sınır Testi Bulguları**

F-Sınır testi	Model 1		Model 2		Model 3	
F-istatistiği	6.583053		60.54587		15.54641	
	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)
10%	2.752	3.994	2.752	3.994	2.752	3.994
5%	3.354	4.774	3.354	4.774	3.354	4.774
1%	4.768	6.67	4.768	6.67	4.768	6.67
t-Sınır testi	Model 1		Model 2		Model 3	
t-istatistiği	-8.113602		-26.57759		-10.59621	
	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)
10%	-2.57	-3.66	-2.57	-3.66	-2.57	-3.66
5%	-2.86	-3.99	-2.86	-3.99	-2.86	-3.99
1%	-3.43	-4.6	-3.43	-4.6	-3.43	-4.6

Tablo 7'de sırasıyla Model 1, Model 2 ve Model 3'ün uzun dönem denklemleri verilmiştir. Bulgular uzun dönemde kamu ve firmaların Ar-Ge harcamalarının işaretinin pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Kısaca kamu Ar-Ge harcamalarında yapılan %1'lik bir artış, uzun dönemde büyüme üzerinde 0.05'lik bir artışa neden olurken, firmaların Ar-Ge harcamalarında yaptığı %1'lik bir artış, uzun dönemde büyüme üzerinde 0.015'lik bir artışa neden olmaktadır. Model 3 ise uzun dönemde yükseköğretim Ar-Ge harcamalarının büyüme üzerindeki etkisinin negatif yönlü olduğunu fakat istatistiksel olarak anlamsız olduğunu göstermektedir.

**Tablo 7. Kamu, Firmalar ve Yükseköğretim Kurumları Ar-Ge Harcamalarının Büyüme Üzerine Uzun Dönem Etkisinin Tahminleri**

Değişkenler	Model 1	Model 2	Model 3
	0.568054	0.401805	0.462015
	[37.69806 ]	[24.45646]	[25.51127]
İK	(0.0000***)	(0.0001***)	(0.0000***)

	0.295383 [2.478213] (0.0683*)	1.488311 [14.30933] (0.0007***)	2.115567 [12.19507] (0.0000***)
IH			
	1.308869 [16.38552 ] (0.0001***)	0.618637 [12.86189] (0.0010***)	0.241243 [2.405445] (0.0395**)
ILn			
	0.048653 [11.10523] (0.0004***)		
IRDg			
		0.015687 [5.884827] (0.0098***)	
IRDp			
			-0.004196 [-0.834407 ] (0.4256)
IRDhe			

[] t-istatistiğini, () olasılık değeri \* %1, \*\* %5 \*\*\* %1 anlamlılık düzeyini gösterir.

$$\text{Model 1 Uzun dönem denklemi} = IY_n - (0.5681*IK + 0.2954*IH + 1.3089*ILn + 0.0487*IRDg) \quad (6)$$

$$\text{Model 2 Uzun dönem denklemi} = IY_n - (0.4018*IK + 1.4883*IH + 0.6186*ILn + 0.0157*IRDp) \quad (7)$$

$$\text{Model 3 Uzun dönem denklemi} = IY_n - (0.4620*IK + 2.1156*IH + 0.2412*ILn - 0.0042*IRDhe) \quad (8)$$

Kamu Ar-Ge harcamaları modelinin kısa dönem tahminleri ise tablo 8'de Model 1 sütununda verilmiştir. Bulgular kısa dönemde kamu Ar-Ge harcamalarının 0'ıncı gecikmesinde işaretinin pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğunu, 1. ve 2. gecikmesinde ise işaretinin negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Ayrıca, eş bütünleşme katsayısının işareti negatif ve olasılık değeri %1'in altındadır. Fakat hata düzeltme katsayısı -1 ile 0 arasında olması gerektiğinden uzun dönem yakınsamasının dönemi hesaplanamamaktadır. Böylece, kamu Ar-Ge harcamalarında yapılan %1'lik bir artış, kısa dönemde büyüme üzerinde 0'ıncı gecikmesinde 0.03'lük bir artışa, 1. gecikmesinde -0.18'lik bir azalışa ve 2. gecikmesinde -0.6'lık bir azalışa neden olmaktadır.

**Tablo 8. Kamu, Firmalar ve Yükseköğretim Ar-Ge Harcamalarının Büyüme Üzerine Kısa Dönem Etkisinin Tahminleri ve Hata Düzeltme Katsayısı**

Değişkenler	Model 1	Model 2	Model 3
Sabit	54.74116	35.75964	29.10518

*Sektörel Ar-Ge Harcamalarının Ekonomik Büyüme Üzerine Karşılaştırmalı Etkisi:  
Kısa ve Uzun Dönemde Türkiye Örneği*

	[6.743541] (0.0013***)	[26.59653] (0.0001***)	[10.60003] (0.0000***)
$\Delta$ (IYn(-1))	2.589112 [6.355461] (0.0031***)	2.045576 [20.57217] (0.0003***)	1.546614 [10.60003] (0.0000***)
$\Delta$ (IYn (-2))	1.714901 [5.762686] (0.0045***)	1.888584 [24.42435] (0.0002***)	1.393256 [8.224011] (0.0000***)
$\Delta$ (IYn (-3))	0.244136 [1.503714] (0.2071)	0.981025 [15.26629] (0.0006***)	
$\Delta$ (IRDg)	0.027465 [2.943892] (0.0422**)		
$\Delta$ (IRDg(-1))	-0.179063 [-6.457619] (0.0030***)		
$\Delta$ (IRDg(-2))	-0.058600 [-3.189540] (0.0332**)		
$\Delta$ (IRDp)		0.097547 [24.11628] (0.0002***)	
$\Delta$ (IRDp(-1))		0.077595 [17.85568] (0.0004***)	
$\Delta$ (IRDp(-2))		0.017010 [3.806453] (0.0319**)	
$\Delta$ (IRDp(-3))		0.009534 [2.355427] (0.0998*)	
$\Delta$ (IRDhe)			0.106726 [-2.829052] (0.0198**)
$\Delta$ (IRDhe(-1))			0.257693 [5.340368] (0.0005***)
$\Delta$ (IRDhe(-2))			0.098644 [9.430193] (0.0000***)
CointEq(-1)*	-4.561902 [-8.113602]	-3.661023 [-26.57759]	-3.303628 [5.350444]

	(0.0013***)	(0.0001***)	(0.0005***)
R <sup>2</sup>	0.994749	0.999590	0.987784
r <sup>2</sup>	0.982279	0.998419	0.973688
F-istatistiği	79.77092	853.6693	70.07727
Olasılık değeri	0.0000***	0.0000***	0.0000***
Akaike bilgi kriteri	-7.159126	-9.638052	-6.663672
Durbin-Watson ist.	2.561301	3.444738	2.477589

[] t-istatistiğini, () olasılık değeri \* %1, \*\* %5 \*\*\* %1 anlamlılık düzeyini gösterir.

Firmaların Ar-Ge harcamaları modelinin kısa dönem tahminleri tablo 8'de Model 2 sütununda verilmiştir. Bulgular kısa dönemde kamu Ar-Ge harcamalarının 0., 1., 2. ve 3.'üncü gecikmesinde işaretinin pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Ayrıca, eş bütünleşme katsayısının işareti negatif ve olasılık değeri %1'in altındadır. Fakat hata düzeltme katsayısı -1 ile 0 arasında olması gerektiğinden uzun dönem yakınsamasının dönemi hesaplanamamaktadır. Böylece, firmaların Ar-Ge harcamalarında yaptığı %1'lik bir artış, kısa dönemde büyüme üzerinde sırasıyla, 0'ıncı gecikmesinde 0.10'luk bir artışa, 1. gecikmesinde 0.08'lik bir artışa, 2. gecikmesinde 0.02'lik bir artışa ve 3. gecikmesinde 0.01'lik bir artışa neden olmaktadır.

Tablo 8'in Model 3 sütununda verilen bulgular ise Yükseköğretim Kurumlarının Ar-Ge harcamaları modelinin kısa dönem tahminlerini vermektedir. Bulgular kısa dönemde kamu Ar-Ge harcamalarının 0., 1. ve 2.'inci gecikmesinde işaretinin pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Ayrıca, eş bütünleşme katsayısının işareti negatif ve olasılık değeri %1'in altındadır. Fakat hata düzeltme katsayısı -1 ile 0 arasında olması gerektiğinden uzun dönem yakınsamasının dönemi hesaplanamamaktadır. Böylece, firmaların Ar-Ge harcamalarında yaptığı %1'lik bir artış, kısa dönemde büyüme üzerinde sırasıyla, 0'ıncı gecikmesinde 0.10'luk bir artışa, 1. gecikmesinde 0.25'lik bir artışa, 2. gecikmesinde ise 0.09'luk bir artışa neden olmaktadır.

Kamu, firmalar ve yükseköğretim kurumları tarafından yapılan Ar-Ge harcamalarının bireysel analizleri ARDL modeli kullanılarak burada gösterildi. Bundan sonraki bölüm altında kamu, firmalar ve yükseköğretim kurumları tarafından yapılan Ar-Ge harcamalarının uzun dönem ve kısa dönem analizleri karşılaştırmaları olarak ele alınacaktır.

#### 4.4. Sektörlere göre yapılan Ar-Ge Harcamalarının Büyüme Üzerine Etkisinin Uzun Dönem Bulgularının Karşılaştırılması

Kamu, firmalar ve yükseköğretim kurumlarının Ar-Ge harcamaları modellerinin tahminlerinden elde edilen uzun dönem eğim katsayılarının değerleri tablo 9'da verilmiştir. Bulgular uzun dönemde, kamu ve firmaların

Ar-Ge harcamalarının büyüme üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamlı ve işaretinin pozitif olduğunu göstermektedir fakat yükseköğretim kurumlarının Ar-Ge harcamalarının büyüme üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamsızdır ve işareti negatif yönlüdür. Dolayısıyla sadece kamu ve firmaların Ar-Ge harcamalarının büyüme üzerindeki uzun dönem etkisi karşılaştırılabilmektedir. Kamu Ar-Ge harcamalarında yapılan yüzde bir artışın uzun dönemde büyüme üzerindeki etkisi %5 ile firmaların Ar-Ge harcamalarında yapılan yüzde bir artışın uzun dönemde büyüme üzerindeki etkisi %1.5'den daha fazladır. Kamu Ar-Ge harcamaları uzun dönemde daha etkilidir.

**Tablo 9. Sektörlere Göre Yapılan Ar-Ge Harcamalarının Büyüme Üzerine Uzun Dönem Etkisinin Tahminleri**

Değişkenler	Katsayı	t-istatistiği	Olasılık değeri*
IRDg	0.048653	5.669933	0.0048***
IRDp	0.015687	4.218601	0.0243**
IRDhe	-0.004196	-0.626146	0.5468

\* %1, \*\* %5 \*\*\* %1 anlamlılık düzeyini gösterir.

#### **4.5. Sektörlere göre yapılan Ar-Ge Harcamalarının Büyüme Üzerine Etkisinin Kısa Dönem Bulgularının Karşılaştırılması**

Kamu, firmalar ve yükseköğretim kurumlarının Ar-Ge harcamaları modellerinin tahminlerinden elde edilen hata düzeltme katsayıları ve kısa dönem eğim katsayılarının değerleri tablo 10 ve tablo 11'de verilmiştir. Kamu, firmalar ve yükseköğretim kurumlarının Ar-Ge harcamaları için tahmin edilen hata düzeltme katsayılarının işaretleri negatif ve istatistiksel olarak anlamlıdır.

**Tablo 10. Sektörlere Göre Yapılan Ar-Ge Harcamalarının Büyüme Üzerine Hata Düzeltme Katsayısı Tahminleri**

Değişkenler	Katsayı	t-istatistiği	Olasılık değeri*	
IRDg	CointEq(-1)*	-4.561902	0.562254	0.0013***
IRDp	CointEq(-1)*	-3.661023	-26.57759	0.0001***
IRDhe	CointEq(-1)*	-3.303628	-10.59621	0.0000***

\* %1, \*\* %5 \*\*\* %1 anlamlılık düzeyini gösterir.

Kısa dönem bulguları 0., 1. ve 2. gecikme değerinde değerlendirilmiştir. Kamu, firmalar ve yükseköğretim kurumlarının Ar-Ge harcamalarının büyüme üzerindeki etkisinin 0. gecikmede elde edilen eğim katsayılarının tahminleri istatistiksel olarak anlamlı ve işaretleri pozitif yönlüdür. Sırasıyla en büyük etki yükseköğretim kurumları tarafından yapılan Ar-Ge

harcamalarına (%10), ikinci büyük etki firmalar tarafından yapılan Ar-Ge harcamalarına (%9.7) ve sonuncu olarak kamu tarafından yapılan Ar-Ge harcamalarına (%2.7) aittir. 1.gecikmede elde edilen eğitim katsayılarının tahminleri istatistiksel olarak anlamlı ve kamu Ar-Ge harcamalarının işareti negatif, firmalar ve yükseköğretim kurumlarının Ar-Ge harcamalarının işaretleri ise pozitif yönlüdür. Sırasıyla en büyük etki yükseköğretim kurumları tarafından yapılan Ar-Ge harcamalarına (%25.7), ikinci büyük etki ise firmalar tarafından yapılan Ar-Ge harcamalarına (%7.7) aittir. Kamu Ar-Ge harcamaları kısa dönem 1. gecikmede büyümeyi negatif (-%18) etkilemektedir. 2.gecikmede elde edilen eğitim katsayılarının tahminleri istatistiksel olarak anlamlı ve kamu Ar-Ge harcamalarının işareti negatif, firmalar ve yükseköğretim kurumlarının Ar-Ge harcamalarının işaretleri ise pozitif yönlüdür. Sırasıyla en büyük etki yükseköğretim kurumları tarafından yapılan Ar-Ge harcamalarına (%10), ikinci büyük etki ise firmalar tarafından yapılan Ar-Ge harcamalarına (%1.7) aittir. Kamu Ar-Ge harcamaları kısa dönem 2. gecikmede büyümeyi negatif (-%6) etkilemektedir.

**Tablo 11. Sektörlere Göre Yapılan Ar-Ge Harcamalarının Büyüme Üzerine Kısa Dönem Etkisinin Tahminleri**

Değişkenler	Katsayı	t-istatistiği	Olasılık değeri*
$\Delta$ (IRDg)	0.027465	0.009330	0.0422**
$\Delta$ (IRDp)	0.097547	24.11628	0.0002***
$\Delta$ (IRDhe)	0.106726	5.340368	0.0005***
$\Delta$ (lnRDg(-1))	-0.179063	0.027729	0.0030***
$\Delta$ (IRDp(-1))	0.077595	17.85568	0.0004***
$\Delta$ (IRDhe(-1))	0.257693	9.430193	0.0000***
$\Delta$ (IRDg(-2))	-0.058600	0.018372	0.0332**
$\Delta$ (IRDp(-2))	0.017010	3.806453	0.0319**
$\Delta$ (IRDhe(-2))	0.098644	5.350444	0.0005***

\* %1, \*\* %5 \*\*\* %1 anlamlılık düzeyini gösterir.

## Sonuç

Ar-Ge, üretkenlik, rekabet gücü ve yenilikçilik üzerindeki etkisiyle ekonomik büyüme üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Fakat Ar-Ge'nin büyüme üzerindeki etkisi, ülkeye ve o ülkenin teknolojik gelişmişlik düzeyi ve ülkenin sahip olduğu kurumların kalitesi gibi özel koşullarına bağlı olarak değişebilir. İyi kurumlar ve destekleyici bir çevre ile iyi yapılandırılmış bir inovasyon ekosistemi, Ar-Ge'nin büyüme üzerindeki etkinliğini artırabilir. Bu sebeple birçok hükümet, ekonomik büyümeyi desteklemek için Ar-Ge

harcamalarını artırmaya ve inovasyona elverişli bir ortam yaratmaya yönelik politikalar uygular.

Kamu Ar-Ge harcamaları, devlet kurumları aracılığıyla hükümet tarafından finanse edilen harcamalardır. Kamu Ar-Ge'si, özel sektör için mümkün veya karlı olmayabilecek temel araştırma ve geliştirmeyi finanse ederek ekonomik büyüme üzerinde olumlu bir etkiye sahip olabilir. Kamu Ar-Ge'si ayrıca yenilik, eğitim ve öğretim ve altyapının geliştirilmesi için kaynak ve destek sağlamaktadır. Kamu Ar-Ge'si ayrıca, belirli araştırma alanlarına yetersiz yatırım gibi piyasa başarısızlıklarının ele alınmasına ve kamu mallarının ve hizmetlerinin desteklenmesine yardımcı olabilir. Özel kesim Ar-Ge harcamaları ise, işletmeler ve kuruluşlar gibi özel firmalar tarafından finanse edilen harcamalardır. Özel kesim Ar-Ge'si, gelişen bir ekonomi için gerekli olan yenilik ve rekabet edebilirlik için kaynak ve destek sağlayarak ekonomik büyüme üzerinde olumlu bir etkiye sahip olabilir. Özel kesim Ar-Ge'si, yeni endüstrilere, yeni işlere ve yeni ekonomik fırsatlara yol açabilecek yeni ürünlerin, süreçlerin ve teknolojilerin geliştirilmesini teşvik etmeye de yardımcı olabilir. Son olarak yükseköğretim kurumları tarafından yapılan Ar-Ge harcamalarının da, üniversiteler ve diğer yükseköğretim kurumları tarafından finanse edilen harcamalar olduğu çalışmanın ilgili bölümlerinde bahsedildi. Bu harcamalar, araştırma ve geliştirme, eğitim ve öğretim için kaynak ve destek sağlayarak ekonomik büyüme üzerinde olumlu bir etkiye sahip olabilir. Yükseköğretim Ar-Ge'si, yeni endüstrilere, yeni işlere ve yeni ekonomik fırsatlara yol açabilecek yüksek vasıflı bir iş gücü sağlayarak yenilikçiliği ve rekabet edebilirliği de teşvik eder.

Bu çalışmada Türkiye'nin hem kamu ve özel hem de yükseköğretim kurumları tarafından yapılan Ar-Ge harcamalarının bireysel olarak ekonomik büyüme üzerindeki kısa ve uzun dönem etkisinin olup olmadığı araştırılmıştır. Uzun dönemde kamu Ar-Ge harcamalarının diğer sektörel harcamalardan daha az olmasına rağmen ekonomik büyüme üzerindeki etkisi dramatiktir. Firmalar tarafından yapılan Ar-Ge harcamaları ise en yüksek düzeyde olmasına rağmen uzun dönemde daha az etkili bulunmuştur. Yükseköğretim kurumlarının etkisi ise istatistiksel olarak anlamlı bulunmadığı için yorumlanamamaktadır.

Kısa dönem etkileri incelendiğinde de kamu Ar-Ge harcamalarının birinci gecikmesinde diğer sektörel harcamalarla kıyaslandığında en düşük etkiye sahip olduğu dikkat çekmektedir. İkinci ve üçüncü gecikmesinde etki negatife dönüşmektedir. Bu durum Ar-Ge harcamalarının kısıtlı kamu gelirleriyle finanse edildiği gerçeğini desteklemektedir. Kısa dönemde kamu tarafından yapılan Ar-Ge harcamalarının büyüme üzerindeki geniş etkisi sadece uzun dönemde görülmektedir. Bu, hükümet politikalarının sadece eğitim, savunma, sağlık ve altyapı gibi özel sektörün çok karlı bulmadığı veya yeterince ilgilenmediği alanlara yapılan makro yatırımları destekleyecek şekilde oluşturulduğunun bir göstergesidir. Özetle, bulgular kamu Ar-Ge harcamalarının ülkenin kalkınmasına ve gelişmesine uzun dönemde ve pozitif

yönde katkı sağladığı görüşlerini desteklemektedir. Fakat kısa dönemde karlı bir döngü oluşturmamaktadır.

Aksine firmaların ve yükseköğretim kurumlarının yaptığı Ar-Ge harcamalarının kısa dönemde ekonomiye etkisi yüksektir. Üç gecikme döneminde firmalar ve yükseköğretim kurumları yaptıkları Ar-Ge harcamalarını yenilikçi çıktılara dönüştürebilmektedirler. Dolayısıyla, hükümet firmaları ve yükseköğretim kurumlarını destekleyen Ar-Ge yatırım politikalarını, kurumların kalitesini, yenilik ekosistemini geliştirmeli ve bu yönde teşvikleri artırmalıdır. Ayrıca, kamunun Ar-Ge yatırımı yaptığı eğitim, sağlık, savunma ve altyapı ihtiyaçları ne kadar karşılanırsa, diğer sektörel Ar-Ge yatırımlarından elde edilen çıktılarının etkisi de o oranda artacaktır. Bu hem kısa dönemde hem de uzun dönemde ülkenin sosyo-ekonomik refah seviyesini pozitif yönde etkileyeceği gibi uluslararası rekabet gücünü de artıracaktır.

---

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış Bağımsız.

**Yazar Katkısı:** Melike Çetin %100

**Destek ve Teşekkür Beyanı:** Çalışma için destek alınmamıştır.

**Etik Onay:** Bu makale, insan veya hayvanlar ile ilgili etik onay gerektiren herhangi bir araştırma içermemektedir.

**Çatışması Beyanı:** Çalışma kapsamında herhangi bir kurum veya kişi ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

**Peer Review:** Independent double-blind.

**Author Contributions:** Melike Çetin %100

**Funding and Acknowledgement:** No support was received for the study.

**Ethics Approval:** This study does not contain any human or animal research that requires ethical approval.

**Conflict of Interest:** The authors declare that they have no conflicts of interest.

---

## Kaynakça

- Aghion, P. (2004). Growth and development: A Schumpeterian approach. *Annals of Economics and Finance*, 5(1), 1-25.
- Aghion, P., Akcigit, U., & Howitt, P. (2015). Lessons from Schumpeterian growth theory. *American Economic Review*, 105(5), 94-99. <https://doi.org/10.1257/aer.p20151067>
- Aghion, P., & P. Howitt. (1990). A model of growth through creative destruction. *Econometrica*, 60, 323-351. <https://doi.org/10.3386/w3223>
- Aghion, P. (2018). Innovation and growth from a schumpeterian perspective. *Revue d'economie Politique*, 128 (5), 693-711. <https://doi.org/10.3917/redp.285.0693>



- Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, AC- 19, 716-723. [https://doi.org/10.1007/978-1-4612-1694-0\\_16](https://doi.org/10.1007/978-1-4612-1694-0_16)
- Akarsu, Y. , Dilbaz Alacahan, N. & Atakişi, A. (2020). Ülke karşılaştırmaları ile araştırma geliştirme harcamaları ve ekonomik büyüme ilişkisi: Panel veri analizi. *Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi*, 9 (4), 159- 167.
- Alene, A.D. (2010). Productivity growth and the effects of R&D in African agriculture. *Agricultural Economics*, 41, 223–238. <https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2010.00450.x>
- Altın, O. & Kaya, A.A. (2009).Türkiye'de Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme arasındaki nedensel ilişkinin analizi. *Ege Akademik Bakış Dergisi*, 9 (1), 192. <https://EconPapers.repec.org/RePEc:ege:journl:v:9:y:2009:i:1:p:251-259>
- Archibald, R. B., & Pereira, A. M. (2003). Effects of public and private R&D on private-sector performance in the United States. *Public Finance Review*, 31(4), 429-451. <https://doi.org/10.1177/1091142103031004005>
- Arthur, W. B. (1990). Positive Feedbacks in the Economy. *Scientific American*. 262(2), 92-99. <https://doi.org/10.1038/SCIENTIFICAMERICAN0290-92>
- Assimakopoulos, D. (2007). *Technological communities and networks: Triggers and drivers for innovation*. London: Routledge.
- Barro, R. (1990). Government spending in a simple model of endogenous growth. *Journal of Political Economy*, 98, 103-125. <https://doi.org/10.1086/261726>
- Barro, R.J. & Sala-i Martin X. (1995). *Economic growth*. London: McGraw-Hill.
- Bergek, A., Jacobsson, S. & Sandén, B. A. (2008). ‘Legitimation’ and ‘development of positive externalities’: Two key processes in the formation phase of technological innovation systems. *Technology Analysis & Strategic Management*, 20(5), 575-592. <https://doi.org/10.1080/09537320802292768>
- Breschi, S. & Malerba, F. (1997). Sectoral innovation systems: Technological regimes, Schumpeterian dynamics, and spatial boundaries. C. Edquist (Ed.), *Systems of innovation: Technologies, institutions, and organizations* içinde (s. 130-156). London: Pinter.
- Carlsson, B. (Ed.). (1997). *Technological systems and industrial dynamics* (10). Springer Science & Business Media.
- Carolyn, S.S. (1951). Innovation in the capitalist process: A critique of the Schumpeterian theory. *The Quarterly Journal of Economics*, Oxford University Pres, 65(3), 417-428. <https://doi.org/10.2307/1882222>

- Coe, D.T., Helpman, E. & Hoffmaister, A.W. (1995). International R&D Spillovers and Institutions. *IMF Working Paper*. No: WP/08/104,1-37.
- Cohen, W. M. & Levinthal, D. A. (1989). Innovation and learning: The two faces of R&D. *Economic Journal*, 99 (397), 569-96. <https://doi.org/10.2307/2233763>.
- Cooke, P., Uranga, M. G. & Etxebarria, G. (1997). Regional innovation systems: Institutional and organisational dimensions. *Research policy*, 26(4-5), 475-491. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(97\)00025-5](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(97)00025-5).
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*, 74(366a), 427-431. <https://doi.org/10.2307/2286348>
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1981). Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1057-1072. <https://doi.org/10.2307/1912517>
- Dodgson, M., Gann, D. & Salter, A. (2008). *The Management of Technological Innovation: Strategy and Practice*. Oxford: Oxford University Press.
- Domar, E.D. (1946). Capital Expansion, Rate of growth, and employment. *Econometrica*, 14, 137-147. <https://doi.org/10.2307/1905364>
- Elk, v.R., Weel, t.B., Wiel, v.d.K. & Wouterse, B.(2019). Estimating the returns to public R&D investments: Evidence from production function models. *De Economist*, 167(1), 45-87. <https://doi.org/10.1007/s10645-019-09331-3>
- Engle, R. F., & Granger, C. W. J. (1987). Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing. *econometrica*, 55(2), 251–276. <https://doi.org/10.2307/1913236>
- Freeman, C. (1987). *Technology policy and economic performance: Lessons from Japan*. London: Pinter.
- Freeman, C. (2004). Technological infrastructure and international competitiveness. *Industrial and Corporate Change*, 13(3), 551–569. <https://doi.org/10.1093/icc/13.3.541>
- Freimane, R. & Balaña, S. (2016). Research and development expenditures and economic growth in the EU: A panel data analysis. *Economics and Business*, 29 (1), 5-11. <https://doi.org/10.1515/eb-2016-0016>
- Genç, M. C. & Tandoğan, D. (2020). Türkiye’de Ar-Ge’nin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi: Furier yaklaşımıyla kalıntı temelli eşbütünleşme testi. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 18 (2) , 339-348. <https://doi.org/10.18026/cbayarsos.709287>
- Goel, R., Payne, J. & Ram, R. (2008). R&D expenditures and U.S. economic

- growth: A disaggregated approach. *Journal of Policy Modeling*, 30(2), 237-250. <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2007.04.008>
- Greenwood, J. & Jovanovic, B. (1990). Financial development, growth, and the distribution of income. *Journal of Political Economy*, 98, 1076-1107. <https://doi.org/10.1086/261720>
- Griliches, Z. (1979). Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth. *Bell Journal of Economics, The RAND Corporation*, 10(1), 92-116. <https://doi.org/10.2307/3003321>
- Grossman, G. M. & Helpman, E. (1990). Comparative advantage and long-run growth. *The American Economic Review*, 80(4), 796-815.
- Grossman, G. M. & Helpman, E. (1991). *Innovation and growth: in the global economy*. Cambridge, MA: The MIT Press. 1.Baskı.
- Grossman, G. M. & Helpman, E. (1994). Endogenous innovation in the theory of growth. *The Journal of Economic Perspectives*, 8(1), 23-44. <https://doi.org/10.1257/jep.8.1.23>
- Guellec, D., & De La Potterie, B. V. P. (2002). R&D and productivity growth: Panel data analysis of 16 OECD countries. *OECD Economic studies*, 2001(2), 103-126. <https://doi.org/10.1787/652870318341>
- Harrod, R. (1939). An essay in dynamic theory. *Economic Journal*, 49,14-33. <https://doi.org/10.2307/2225181>
- Jennings, A. & Waller, W. (1994). Evolutionary economics and cultural hermeneutics: Veblen, cultural relativism, and blind drift. *Journal of Economic Issues*, 28(4), 997-1030. <https://doi.org/10.1080/00213624.1994.11505610>
- Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12(2-3), 231-254. [https://doi.org/10.1016/0165-1889\(88\)90041-3](https://doi.org/10.1016/0165-1889(88)90041-3)
- Jyrki, A.Y. (2004). Impact of public R&D financing on private R&D; Does financial constraint matter? *ENEPRI Working Paper*, No. 30.
- Kaiser, U. (2006). Private R&D and public R&D subsidies: Microeconomic evidence for Denmark. *Nationaløkonomisk tidsskrift, Nationaløkonomisk Forening*, 2006(1), 1-17.
- Kwiatkowski, D., Phillips, P. C., Schmidt, P. & Shin, Y. (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root? *Journal of Econometrics*, 54(1-3), 159-178. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(92\)90104-Y](https://doi.org/10.1016/0304-4076(92)90104-Y)
- Lebe, Fuat (2016). Çevresel Kuznets eğrisi hipotezi: Türkiye için eşbütünlük ve nedensellik analizi. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 17(2), 177-194. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2152170>
- Leonard, W.N, (1971). Research and development in industrial growth.

- Journal of Political Economy*, 79(2), 232-56.  
<https://doi.org/10.1086/259741>
- Leyden, D. P., & A. N. Link. (1991). Why are government R&D and private R&D complements? *Applied Economics*, (23), 1673-1681.
- Lichtenberg, F. R. (1993). R&D investment and international productivity differences. *NBER Working Paper Series*, No: 4161,1-34.  
<https://doi.org/10.3386/w4161>
- Lichtenberg, F. R. (1984). The relationship between federal contract R&D and company R&D. *American Economic Review, American Economic Association*, 74(2), 73-78. <http://www.jstor.org/stable/1816333>
- Lorenz, E. & Lundvall, B. Å. (Eds.). (2006). *How Europe's economies learn: coordinating competing models*. Oxford: OUP.
- Lucas, R. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3-42. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(88\)90168-7](https://doi.org/10.1016/0304-3932(88)90168-7)
- Lundvall, B.A. (1992). *National systems of innovation: Towards a theory of innovation and interactive learning*. London: Pinter.
- Mairesse, J.& Hall, B. H. (1996). Estimating the productivity of research and development: An exploration of GMM methods using data on French & United States manufacturing firms. *NBER Working Papers*. No. 5501. <https://doi.org/10.3386/w5501>
- Malerba, F. (2004). Sectoral system of innovation basic concepts. F.
- Malerba (Ed.) *Sectoral system of innovation: Concepts issues and analyses six major sector in Europe* içinde (s.9-41). UK: Cambridge Univ. Press.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511493270.002>
- Malthus, T. (1798). *An essay on the principle of population*. 1st ed., J. Johnson.
- Nadiri, M.I. (1993). Innovations and technological spillovers. *NBER Working Paper*. No. 4423.  
<https://EconPapers.repec.org/RePEc:nbr:nberwo:4423>
- Narayan, P.K. (2005). The saving and investment nexus for China: Evidence from cointegration tests. *Applied Economics*, (37), 1979–1990.  
<https://doi.org/10.1080/00036840500278103>
- Nelson, R. R. (Ed.). (1993). *National innovation systems: a comparative analysis*. Oxford University Press.
- Park, W. G. (1995). International R&D spillovers and OECD economic growth. *Economic Inquiry*, (33), 571-91.  
<https://doi.org/10.1111/j.1465-7295.1995.tb01882.x>
- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289–326. <http://www.jstor.org/stable/2678547>
- Phillips, P. C. B. & Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series

- regression. *Biometrika*, (75), 335–46. <https://doi.org/10.2307/2336182>
- Rebelo, S. (1991). Long run policy analysis and long run growth. *Journal of Political Economy*, (99), 500-521. <https://doi.org/10.1086/261764>
- Ricardo, D. (1817). *On the principles of political economy and taxation*. London: John Murray.
- Robert J. B. & Sala-i-Martin, X. (1990). Economic growth and convergence across the United States. *NBER Working Papers*. No. 3419. <https://doi.org/10.3386/w3419>
- Roberto F., Aldo G. & Mireille M. (2006). Factors affecting university–industry R&D projects: The importance of searching, screening and signalling. *Research Policy*, 35(2006), 309–323. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2005.12.001>
- Romer, P. M. (1986). Increasing return and long run growth. *Journal of Political Economy*, (94), 1002-1037. <http://www.jstor.org/stable/1833190>
- Saxenian, A. (1991). The origins and dynamics of production networks in Silicon Valley. *Research Policy*, 20(5), 423-437. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(91\)90067-Z](https://doi.org/10.1016/0048-7333(91)90067-Z)
- Schumpeter, J. A. (1934). *The theory of economic development: An inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle*. Harvard University Press.
- Schwarz, G. (1978). Estimating the dimension of a model. *Annals of Statistics*, (6), 461-464. <http://www.jstor.org/stable/2958889>
- Smith, A. (1776). *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*. McMaster University Archive for the History of Economic Thought. <https://socialsciences.mcmaster.ca/econ/ugcm/3113/smith/ind ex.html>.
- Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, (70), 65-94. <https://doi.org/10.2307/1884513>
- Swan, T.W. (1956) Economic growth and capital accumulation. *Economic Record*, (32), 334-361. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4932.1956.tb00434.x>
- Sylwester, K. (2001). R&D and economic growth. *Know Techn Pol.*, (13), 71–84. <https://doi.org/10.1007/BF02693991>
- Uçak, S., Kuvat, Ö. & Aytekin, A. G. (2018). Türkiye’de Arge harcamaları–büyüme ilişkisi: ARDL yöntemi. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 16(2), 129-160. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/cbayarsos/issue/38081/439428>
- Taban, S. & Şengür, M. (2014). Türkiye’de Ar-Ge ve ekonomik büyüme. *AİBÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14(1), 355-376.

Terleckyj, N.E. (1974). *Effects of R&D on the productivity growth of industries: an exploratory study*. Washington: National Planning Association.

Yaylalı, P. M., Akan, P. Y. & Işık, C. (2010). Türkiye’de Ar&Ge yatırım harcamaları ve ekonomik büyüme arasındaki eş-bütünleşme ve nedensellik ilişkisi: 1990–2009. *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, 5(2). <https://dergipark.org.tr/tr/pub/beyder/issue/3477/47303>

### **Extended Abstract**

The impact of R&D on growth can be understood through the lens of endogenous growth theory, which emphasizes the role of knowledge and technology in driving economic growth. According to this theory, R&D activities lead to the creation of new knowledge and technologies, which increase productivity and drive economic growth. Thus, one of the key mechanisms by which R&D can influence growth is the creation of new products and processes. Sectorial R&D activities are the processes produced by the public, companies and higher education institutions. Identifying the sectors that are effective in their activities is crucial for determining applied R&D policies, allocating resources, and assessing the externalities created. In general, R&D expenditures made by the public, firms and higher education institutions encourage economic growth by directing innovation and technological progress. Governments, firms and higher education institutions should collaborate and invest in R&D to support economic development and create new products and processes. However, the effectiveness of R&D expenditures on growth may vary depending on the country and its specific conditions, and it is important to consider the role of other actors in the innovation system in promoting growth through R&D.

The aim of this study was to analyze the effect of R&D expenditures according to sectors on economic growth in the long and short term using ARDL Analysis for Türkiye between 1990-2021. In particular, it was aimed to investigate the effect of R&D expenditures made by each sector on individual growth. Upon completion of the study, a comparison of the findings will be conducted - provided that the preconditions are met - and a ranking of sectorial effects for both the long and short term will be presented. The discussion section of this study will focus on the comparison of the effects of sectorial R&D expenditures on growth, as it is essential in determining R&D policies and resource allocation.

The data of Türkiye between 1990-2021 were included in the study. The data for Türkiye for the identified variables were obtained from the World Bank, Penn World Table 10 and the database of the Turkish Statistical Institution. The variables included in the model were scaled to national income and population by taking their logarithmic values. The notation and indicators of the variables used in the models are explained in Table.1. In the analysis, Eviews 14, an econometrics software, was used. Autoregressive Distributed

Latency (ARDL) model was also employed in the study. The ADRL model is a method for estimating long-run and short-run relationships between variables and is particularly useful for analyzing time series data. The basic idea behind ARDL analysis is that there can be a long-run relationship as well as a short-run relationship between variables.

The values of the long-term slope coefficients obtained from the estimations of the R&D expenditure models of the public, firms and higher education institutions are given in table 9. The findings showed that in the long run, the effect of public and firms' R&D expenditures on growth was statistically significant and the sign was positive, but the effect of higher education institutions' R&D expenditures on growth was statistically insignificant and the sign was negative. Therefore, only the long-term effect of public and firm R&D expenditures on growth could be compared. The effect of a one percent increase in public R&D expenditures on growth in the long run was more than 5%, and the effect of a one percent increase in firms' R&D expenditures on growth in the long run was more than 1.5%. Public R&D expenditures were more effective in the long run.

Short-term findings were evaluated at 0, 1, and 2 lag values. The estimations of the slope coefficients obtained at the 0th lag of the effect of public, firms and higher education institutions' R&D expenditures on growth were statistically significant and their signs were positive. Respectively, the biggest impact belonged to R&D expenditures made by higher education institutions (10%), the second biggest impact belonged to R&D expenditures made by companies (9.7%) and lastly, R&D expenditures made by the public (2.7%). The estimations of the slope coefficients obtained in the 1st lag were statistically significant and the signs of public R&D expenditures were negative, while the signs of R&D expenditures of firms and higher education institutions were positive. Respectively, the biggest impact belonged to R&D expenditures made by higher education institutions (25.7%), while the second biggest impact belonged to R&D expenditures made by companies (7.7%). Public R&D expenditures affected growth negatively (-18%) in the short-term 1st lag. The estimations of the slope coefficients obtained in the second lag were statistically significant and the signs of public R&D expenditures were negative, while the signs of R&D expenditures of firms and higher education institutions were positive. Respectively, the biggest impact belonged to R&D expenditures made by higher education institutions (10%), while the second biggest impact belonged to R&D expenditures made by companies (1.7%). Public R&D expenditures affected growth negatively (-6%) in the short-term 2nd lag.

Although public R&D expenditures were less than other sectorial expenditures in the long run, its impact on economic growth was dramatic. Although the R&D expenditures made by the firms were at the highest level, they were found to be less effective in the long run. The effect of higher education institutions could not be interpreted as it was not statistically

significant.

When the short-term effects were analyzed, it was noteworthy that public R&D expenditures had the lowest effect in the first lag compared to other sectorial expenditures. In the second and third delay, the effect turned into negative. On the contrary, R&D expenditures made by companies and higher education institutions had a high impact on the economy in the short run. In three lag periods, companies and higher education institutions can transform their R&D expenditures into innovative outputs.