

Ar-Ge Personelinin Firma Verimliliğine Etkisi: Türk İmalat Sanayi Örneği¹

Gül GÜNEY (<https://orcid.org/0000-0003-4915-4628>), Bartın University, Türkiye; ggune@bartin.edu.tr

The Effect of R&D Personnel on Firm Productivity: The Example of the Turkish Manufacturing Industry²

Abstract

This study aims to reveal the relationship between R&D labour and firm productivity in the Turkish manufacturing industry. The data used in the analyses is obtained from the Turkish Statistical Institute. The data covering 2009-2015 is derived from “The Annual Industry and Service Statistics Micro Data Set” and “The Financial and Non-Financial Corporations Research and Development Activities Survey Micro Data Set.” Using Random Effects Model and System GMM in the analyses, along with the effect of R&D labour on productivity, the impact of R&D capital stock on productivity is also examined. As a result of the study, it is concluded that R&D labour and R&D capital stock positively affect the value added.

Keywords : R&D Labour, R&D Capital Stock, Productivity, Turkish Manufacturing Industry.

JEL Classification Codes : D24, L60, 032.

Öz

Bu çalışma, Türk imalat sanayinde Ar-Ge işgücü ile firma verimliliği arasındaki ilişkiyi ortaya koymayı amaçlamaktadır. Analizlerde kullanılan veriler Türkiye İstatistik Kurumu’ndan alınmıştır. 2009-2015 dönemini kapsayan veriler “Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri Mikro Veri Seti” ve “Mali ve Mali Olmayan Şirketler Araştırma ve Geliştirme Faaliyetleri Araştırması Mikro Veri Seti”nden elde edilmiştir. Analizlerde Rassel Etkiler Modeli ve Sistem GMM kullanılarak, Ar-Ge işgücünün verimlilik üzerindeki etkisi yanında Ar-Ge sermaye stokunun verimlilik üzerindeki etkisi de araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, Ar-Ge işgücünün ve Ar-Ge sermaye stokunun katma değeri pozitif yönde etkilediği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Sözcükler : Ar-Ge İşgücü, Ar-Ge Sermaye Stoku, Verimlilik, Türk İmalat Sanayi.

¹ Bu çalışma Bartın Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2019-SOS-A-003 nolu proje kapsamında desteklenmiştir. Bu çalışmadaki tüm analizler Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) Ankara VAM ve Zonguldak VAM’da yapılmıştır. Firma düzeyinde veri sağladığı için TÜİK’e ve destekleri için TÜİK personeline teşekkür ederim.

² This work has been supported by Bartın University Scientific Research Projects Coordination Unit under grant number 2019-SOS-A-003. All analyses of this study at the Turkish Statistical Institute (TurkStat) Ankara DRC and Zonguldak DRC. I want to thank TurkStat for providing firm-level data and TurkStat staff for their support.

1. Giriş

Ekonomik büyümenin en önemli kaynaklarından biri de verimliliktir. Verimlilik artışının sağlanması sadece üretim faktörlerinin niceliksel artışı ile gerçekleşmez. Niceliksel artışın yanında niteliksel artışın da gerçekleşmesi gerekmektedir. Üretim faktörlerinde niteliksel gelişmeyi sağlayacak en önemli etmen, yenilik ve bunu sağlayan Ar-Ge çalışmalarıdır (Kılıçaslan & Aytun, 2016: 275-276). Ar-Ge çalışmaları sonucu oluşan bilgi birikimi; yeni teknolojilere ve yeni uygulamalara dönüşmektedir. Bu teknolojiler ve uygulamalar yeni ürünlerin oluşmasına, mevcut ürünlerin üretim maliyetlerinin düşmesine, verimliliğin artmasına, firmaların pazar paylarının artmasına ve bunların sonucunda ekonomik büyümenin gerçekleşmesine neden olmaktadır (Işık & Kılınc, 2011: 14-15). Bununla beraber, Ar-Ge faaliyetlerinin yürütülmesi için eğitilmiş işgücüne ve sermaye birikimine ihtiyaç vardır. Ar-Ge faaliyetleri için teknik donanım ve teknolojik hizmet yatırımlarının yanı sıra nitelikli insan gücüne de yatırım yapmak gerekmektedir (Demir & Alpaslan, 2016: 783-784). Romer'e (1990: 71) göre; sürdürülebilir bir ekonomik büyümenin sağlanması, Ar-Ge faaliyetlerinde çalışan teknik destek personeli, araştırmacı ve bilim insanı sayısına bağlıdır. Ar-Ge faaliyetlerinde çalışan nitelikli insan gücü ne kadar çok ise yeni teknolojilerin geliştirilmesi o oranda fazla olacaktır. Ar-Ge yatırımları sonucunda sermaye birikiminde artış sağlanırken, eğitilmiş işgücü istihdamında da artış sağlanacaktır (Bor et al., 2010: 171). Bunun sonucunda meydana gelen bilgi birikimi, rekabet avantajını ve ekonomik büyümeyi beraberinde getirecektir.

Maliyetli ve riskli bir yatırım olan Ar-Ge faaliyetleri sonucu elde edilen teknolojik ilerleme; verimlilik artışına olumlu yönde katkıda bulunmaktadır. Neo-klasik büyüme teorilerinde teknolojik ilerleme; işgücü ve sermayenin etkisi arındırıldıktan sonra geriye kalan açıklanmayan kısım (artık) olarak adlandırılmıştır. Bu artışın; teknolojik ilerleme, bilgi birikimi vb. unsurlardan oluştuğu varsayılmıştır (Bkz. Solow, 1956; 1957; Griliches, 2000). İçsel büyüme teorilerinin 1990'larda popüler hale gelmesiyle teknolojik ilerleme ve bilgi birikimi içselleştirilmiş ve ekonomik büyüme literatüründe ön plana çıkmıştır (Bkz. Romer, 1986; Grossman & Helpman, 1991; Aghion & Howitt, 1992). Bu nedenle 1990'lı yıllarda gelişmiş ekonomilerde meydana gelen verimlilik artışlarının nedenini ortaya koymak için yapılan çalışmalar hız kazanmıştır. Bu açıdan Ar-Ge ve verimlilik arasındaki ilişkiyi araştıran çalışmalarda da artış meydana gelmiştir. Söz konusu bu çalışmaların büyük çoğunluğu veri bulmanın kolaylığı nedeniyle Amerika ve Avrupa Birliği ülkelerine yöneliktir. Ar-Ge ile verimlilik arasındaki ilişkiyi araştıran öncü çalışmalarda, Ar-Ge harcamalarının verimlilik üzerindeki etkisi ele alınmıştır. Bu çalışmanın amacı ise; Ar-Ge işgücünün verimlilik olarak ele alınan katma değer üzerindeki etkisini araştırmaktır. Ar-Ge faaliyetleri sonucu teknolojik ilerlemenin ve verimlilik artışının sağlanması, sadece Ar-Ge yatırım harcamalarının yapılmasıyla gerçekleşmemektedir. Firmalar için riskli bir yatırım olan Ar-Ge faaliyetlerinin başarı ile sonuçlanmasında Ar-Ge işgücü de önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle; Ar-Ge harcamaları yanında Ar-Ge işgücünün katma değer üzerindeki etkisinin ortaya koyulmasının ileride üretilecek politikalar açısından yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

Analizlerde kullanılan veriler protokol çerçevesinde Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)'nden alınmıştır. 2009-2015 yıllarını kapsayan veriler "Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri Mikro Veri Seti" ve "Mali ve Mali Olmayan Şirketler Araştırma ve Geliştirme Faaliyetleri Araştırması Mikro Veri Seti"nden elde edilmiştir. Analizler yapılmadan önce her iki veri seti birleştirilmiş ve toplam çalışan sayısı eşleşen firmalar veri setinde tutulmuştur. Bu kapsamda Türk imalat sanayinde Ar-Ge yatırımı yapan 1318 firma verisi ve 2089 gözlem ile çalışılmıştır. Analizlerde, Ar-Ge işgücü ve Ar-Ge sermaye stokunun verimliliğe etkisi Rassal Etkiler Modeli ve Sistem Genelleştirilmiş Momentler Metodu (GMM) kullanılarak araştırılmıştır.

Bu doğrultuda çalışma, altı bölümden oluşmaktadır. Takip eden bölümde, literatürde yer alan ampirik çalışmalara yer verilmiştir. Üçüncü bölümde, analizlerde kullanılacak ampirik strateji tanımlanmıştır. Dördüncü bölümde, veri ve değişkenler tanımlanmıştır. Beşinci bölümde analiz sonuçları değerlendirilmiş ve son olarak sonuç bölümünde çalışmanın sonuçlarına ve politika önerilerine yer verilmiştir.

2. Literatür

Ekonomik büyümenin ve rekabet edilebilirliğin en önemli kaynağı olan verimliliğin temel belirleyicilerinden biri teknolojik ilerlemedir (Cardamone, 2017: 313). Ar-Ge faaliyetleri teknolojik gelişmenin motoru olarak kabul edilmektedir. Ar-Ge faaliyetleri sonucu yaşanan teknolojik gelişmeler, firmaların rekabet gücünün artırılması yanında pazar paylarının da artırılmasını sağlamaktadır (Tezcan, 2013: 834). Böylece firmaların karlılığı artacak, kaynaklar etkin bir şekilde kullanılacak ve dolaylı yoldan toplum refahında artış gerçekleşecektir (Korkmaz, 2010: 20). Verimlilik artışının sağlanmasında Ar-Ge yatırımları kadar Ar-Ge faaliyetlerinde çalışan işgücü de önemlidir. Ar-Ge faaliyetlerinde yer alan işgücü (mühendisler, bilim insanları, teknisyenler vb.) firmada bilimsel ve teknolojik bir kültürün oluşmasına neden olmakta ve bu kültür; yeniliği doğurmakta, verimliliği ve katma değeri artırmaktadır (Lefebvre et al., 1998: 367).

Ar-Ge ile verimlilik arasındaki ilişkiyi araştıran öncü çalışmalarda Ar-Ge yatırımlarının verimliliğe ve katma değere olumlu etkisi olduğu gözlemlenmiştir (Bkz. Griliches, 1973; 1979; 1995; 2000; Pakes & Griliches, 1980; Mairesse & Sassenou, 1991; Hall & Mairesse, 1995). Literatürde yer alan güncel çalışmaların bulguları ise şu şekildedir:

Aiello & Cardamone (2005); 1995-2000 dönemi için en az üç yıl Ar-Ge yatırımı yapan 455 İtalyan imalat sanayi firma verisi ile Ar-Ge yatırımı yapmayan 562 İtalyan imalat sanayi firma verisinin toplamından oluşan 1017 firma verisini kullanarak Ar-Ge yayılımının firma verimliliği ile ilişkisini incelemişlerdir. Genelleştirilmiş en küçük kareler yöntemi ile yaptıkları analizde Ar-Ge sermayesinin esnekliği 0,05, GMM tahminlerine göre ise Ar-Ge sermayesinin esnekliği 0,08-0,09 tahmin edilmiştir. Benzer şekilde İtalya üzerine yapılan bir diğer çalışma Cardamone (2017)'nin çalışmasıdır. Çalışmada 2004-2006 yılları için 3516 İtalyan imalat sanayi firmasında Ar-Ge'nin verimliliğe etkisini araştırmıştır. Çalışmada toplam faktör verimliliğinin Ar-Ge esnekliği 0,005 bulunmuştur.

Blanchard vd. (2005); 3141 Fransız firmasının 1994-1998 yıllarına ait verilerini kullanarak Ar-Ge sermayesinin katma değer üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Yapılan GMM analizine göre katma değer Ar-Ge esnekliği 0,12 bulunmuştur.

Kafouros (2005); 1989-2002 yılları arasında 78 Birleşik Krallık imalat sanayi firması ile yaptığı çalışmada, firmaları küçük-büyük ve yüksek teknolojlili-düşük teknolojlili olarak ayırmış, Ar-Ge sermayesinin verimliliğe etkisini araştırmıştır. Sıradan en küçük kareler yönteminin kullanıldığı tahmin sonuçlarına göre; küçük ve büyük firmaların Ar-Ge esnekliğinin 0,04, yüksek teknolojlili firmaların Ar-Ge esnekliğinin 0,11 olduğunu, düşük teknolojlili firmaların Ar-Ge esnekliğinin ise negatif ve anlamsız olduğunu rapor etmiştir.

Aldieri vd. (2008); 1988-1997 yıllarını kapsayan ABD'den 465, Avrupa'dan 116 firma verisi ile Ar-Ge'nin işgücü verimliliğine etkisini sistem GMM yöntemini kullanarak analiz etmişlerdir. Analiz sonucunda Ar-Ge esnekliğinin 0,29 olduğu gözlemlenmiştir.

O'Mahony & Vecchi (2009); ABD, Japonya, Almanya, Fransa ve İngiltere'den toplam 16000 firma verisiyle Ar-Ge'nin katma değer artışına etkisini araştırmışlardır. Analizler 1988-1997 yıllarını kapsamaktadır. Sistem GMM yöntemiyle yapılan analiz sonucunda Ar-Ge esnekliği 0,15 bulunmuştur.

Ortega-Argilés vd. (2010), Ar-Ge yatırımcısı 531 Avrupalı firmanın 2000-2005 verilerini kullanarak Ar-Ge'nin işgücü verimliliğine etkisini havuzlanmış en küçük kareler yöntemi ve rassal etkiler modeli ile analiz etmişlerdir. Analiz sonucunda Ar-Ge esnekliği 0,10 bulunmuştur.

Ortega-Argilés vd. (2015); 1170 Amerikan firması ile 639 Avrupa firmasının verilerini, 1990-2008 dönemi için analiz etmişlerdir. Havuzlanmış sıradan en küçük kareler yöntemini ve sabit etkiler modelini kullanarak Ar-Ge sermayesinin işgücü verimliliğine etkisini imalat sanayi ile hizmet sektöründe ve yüksek teknolojlili imalat sanayi firmaları ile diğer imalat sanayi firmalarında analiz etmişlerdir. Analiz sonuçlarına göre; Ar-Ge esnekliğinin imalat sanayinde 0,07, hizmet sektöründe 0,11, yüksek teknolojlili imalat sanayinde 0,07, diğer imalat sanayinde 0,05 olduğu belirtilmiştir.

Edquist & Henrekson (2017); BİT ve Ar-Ge'nin katma değer artışına katkısını 1993-2012 dönemi için İsveç'teki 47 endüstri üzerinde yaptıkları çalışmada sıradan en küçük kareler yöntemi ile araştırmışlardır. Sonuç olarak, BİT ve Ar-Ge yatırımlarındaki artışın katma değeri önemli ölçüde etkilediği, Ar-Ge'nin katma değere etkisinin 0,11 olduğu gözlemlenmiştir.

Castellani vd. (2017); 2124 çok uluslu şirketin Ar-Ge yatırımlarının verimliliğe etkisini 2012 yılı için araştırmışlardır. Görünürde ilişkisiz regresyon (SUR) ile yaptıkları analizlerde işgücü verimliliğinin Ar-Ge yatırım yayılım esnekliğinin 0,14-0,16 olduğu rapor edilmiştir. Castellani vd. (2019)'nin gerçekleştirdikleri bir diğer çalışma, 504 Avrupa firması ile 608 ABD firmasının 2004-2012 yılları verilerini inceledikleri çalışmadır. Havuzlanmış en küçük kareler yöntemi ve sabit etkiler yöntemi ile yaptıkları analiz sonucunda işgücü

verimliliğinin Ar-Ge esnekliği ABD firmaları için 0,23-0,26, Avrupa firmaları için 0,08-0,09 bulunmuştur.

Onyekwere (2019); Birleşik Krallık'ta 13 imalat sanayi sektörünün 1997-2014 yılları arasındaki verilerinden yararlanarak Ar-Ge harcamalarının işgücü verimliliğine etkisini incelemiştir. Analiz yöntemi olarak havuzlanmış sıradan en küçük kareler yöntemi ile sabit etkiler ve rassal etkiler modelini kullanmıştır. Analizlerde Ar-Ge harcamalarının bir yıl gecikmeli değeri bağımsız değişken olarak modele dahil edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda işgücü verimliliğinin Ar-Ge harcamalarının gecikmeli değerinin esnekliği 0,06-0,07 bulunmuştur.

Audretsch & Belitski (2020); 2002-2014 yılları için 9213 Birleşik Krallık firması ile Ar-Ge harcamalarının satışlara oranının işgücü verimliliğine etkisini rassal etkiler modelini kullanarak analiz etmişlerdir. Analiz sonucunda işgücü verimliliğinin Ar-Ge harcamalarının satışlara oranı esnekliğinin 1,18 olduğu raporlanmıştır.

Ancak yapılan bu çalışmalarda Ar-Ge işgücünün verimliliğe etkisine yer verilmemiştir. Bu değişkenlerin analizlerde yer almamasının nedeni ülkelerin veri anketlerindeki tek ortak sorunun Ar-Ge harcamaları olması ve Ar-Ge işgücü ile ilgili soruların, çoğu ülke anketlerinde tam olarak bulunmaması olduğu düşünülmektedir. Nitekim Dougherty vd. (2002); ABD Ar-Ge Anketi'nde araştırmacı bilim insanlarının ve mühendislerinin personel sayıları ile ilgili verilerin olduğunu ancak destek personeli için bilgi bulunmadığını rapor etmektedir.

Ar-Ge işgücü ile ilgili değişkenlerin kullanıldığı sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Bu çalışmalar genellikle Avrupa ülkelerini kapsamaktadır. Smith vd. (2004); 1987-1997 yılları arasında Danimarka'da Ar-Ge yatırımı yapan firmaların Ar-Ge yatırımlarının ve Ar-Ge işgücünün katma değere etkisini araştırmışlardır. Sabit etkiler modelini kullanarak yaptıkları analizlerde Ar-Ge sermayesinin katma değer üzerindeki etkisinin 0,09 ile 0,12 arasında değiştiğini gözlemlemişlerdir. Ar-Ge işgücünün katma değere etkisi ile ilgili ulaştıkları anlamlı sonuçlar azdır. Modele Ar-Ge ile ilişkili inovasyon değişkeni dahil edildiğinde Ar-Ge işgücü değişkeninin katma değere etkisi 0,12 civarında tahmin edilirken, Ar-Ge ile ilişkili yabancı firma sahipliği değişkeni dahil edildiğinde Ar-Ge işgücü değişkeninin katma değere etkisi 0,08, Ar-Ge finansmanının firma içinden gerçekleştirilmesi ile ilgili değişken dahil edildiğinde Ar-Ge işgücünün katma değere etkisi 0,11 olarak tahmin edilmiştir.

Ar-Ge işgücü değişkenini kullanan bir diğer çalışmada ise Ballot vd. (2006); 527 Fransız firması ile 987 İsveç firmasının, 1981-1993 yılları verilerinden yararlanarak eğitim ve Ar-Ge'nin, çalışan başına katma değer üzerindeki etkisini sistem GMM yöntemi ile araştırmışlardır. Analizde, Fransa verisinde Ar-Ge harcamalarına ait veri yer almadığı için Ar-Ge değişkeni olarak araştırmacı oranı kullanılırken, İsveç verisi için Ar-Ge sermayesi kullanılmıştır. Analiz sonucunda Ar-Ge esnekliği Fransız firmaları için 0,054, İsveç firmaları için 0,07 bulunmuştur. Czarnitzki & Thorwarth (2012)'de yaptıkları çalışmada; Belçika'daki 353 firmanın 2002-2007 yılları verisinden yararlanarak Ar-Ge harcamalarının

ve Ar-Ge işgücünün katma değere etkisini sabit etkiler modeli ve havuzlanmış kesit modeli ile analiz etmişlerdir. Analizlerde Ar-Ge işgücü ve Ar-Ge harcamalarının gecikmeli değeri kullanılmış ve analiz sonucunda Ar-Ge işgücünün katma değere etkisi 0,13 ile 0,17, Ar-Ge harcamalarının katma değere etkisi ise 0,20 ile 0,22 bulunmuştur.

Türkiye’de Ar-Ge harcamaları ile ilgili yapılan çalışmalar genellikle makro ekonomi sınırları içinde kalmaktadır (Bkz. Yıldırım & Kesikoğlu, 2012; Şahbaz vd., 2014; Fikirli & Çetin, 2015; Sungur vd., 2016; Bayraktutan & Kethudaoglu, 2017; Alper, 2018; Uçak vd., 2018). Bilindiği kadarıyla Türkiye’de firma düzeyinde Ar-Ge ile ilgili yapılan çalışmalardan ilki Lenger & Taymaz (2006)’ın; Türk imalat sanayinde yerli ve yabancı firmaların inovasyon ve teknoloji transferi faaliyetlerini ve işgücü yayılımlarını incelediği çalışmadır. Çalışmada, Ar-Ge yoğunluğunun, Türk imalat sanayindeki firmalarda inovasyonu teşvik ettiği ve çıktı düzeyini olumlu etkilediği sonucuna varılmıştır.

Diğer bir çalışmada Ülkü & Pamukçu (2015)’nin çalışmasıdır. Çalışmada 2003-2007 yılları arasında Türkiye’deki imalat sanayi firmalarının Ar-Ge yoğunluğunun ve bilgi kanallarının yayılımının işgücü verimliliğine etkisi araştırılmıştır. Araştırma sonrası belli bir teknolojik seviyenin üzerinde bulunan firmalarda, Ar-Ge yoğunluğunun işgücü verimliliğini olumlu yönde etkilediği gözlemlenmiştir. Çalışmada kullanılan değişkenlerden olan yabancı mülkiyet payı ve teknoloji lisanslarının da işgücü verimliliğini olumlu etkilediği ancak teknoloji lisansı etkisinin yüksek teknolojiye sahip firmalarda daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Türkiye’de firma düzeyinde gerçekleştirilen bu çalışmalarda Ar-Ge işgücü ile ilgili değişkenlere yer verilmemiştir. Fındık & Tansel (2015)’in çalışmasında ise Ar-Ge personel harcamaları değişkeni kullanılmıştır. Çalışmada, 2003-2007 yılları için Türkiye’deki teknoloji yazılımlarını yoğun olarak kullanan imalat sanayi firmalarının maddi olmayan yatırımlarının, firmanın teknik etkinliğine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada kullanılan bağımsız değişkenlerden biri de firmalarda Ar-Ge personel harcaması yapılıp yapılmadığıdır. Bu değişken, kukla değişken olarak kullanılmıştır. Analiz sonucunda yüksek teknoloji firmalarda Ar-Ge personel harcamalarının etkisinin, yazılımlara yapılan yatırımların etkisinden büyük olduğu sonucuna varılmıştır. Bu sonuç, Türkiye’deki yazılım yoğun imalat firmaları için Ar-Ge işgücünün varlığının yazılım yatırımdan daha önemli olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmanın, Türk imalat sanayinde Ar-Ge sermayesi yanında Ar-Ge işgücünün verimliliğe etkisini araştıran ilk girişim olduğu düşünülmektedir. Çalışmanın özgünlüğü açısından Ar-Ge sermayesi yanında Ar-Ge işgücünün verimliliğe etkisinin araştırılması ve politika önerilerinin sunulması oldukça önemlidir.

3. Ampirik Strateji

Ar-Ge ile verimlilik arasındaki ilişkiyi araştıran çalışmalarda yaygın olarak Cobb-Douglas üretim fonksiyonu kullanılmaktadır (Bkz. Griliches, 1979; Hall & Mairesse, 1995;

Hall et al., 2010). Bu çalışmada da Ar-Ge işgücünün ve Ar-Ge sermayesinin firma verimliliğine etkisi analiz edilirken Cobb-Douglas üretim fonksiyonu kullanılmıştır. Buna göre Cobb-Douglas üretim fonksiyonu şu şekilde ifade edilebilir.

$$Q_{it} = A_{it} L_{it}^{\beta_l} K_{it}^{\beta_k} \quad (1)$$

Firma verimliliğini temsil eden katma değer değişkeni Q_{it} 'dir. L_{it} , toplam işgücünü, K_{it} ; toplam sermaye stokunu, A_{it} ; Hicks-nötr toplam faktör verimliliğini temsil etmektedir. Analizlerde işgücü; Ar-Ge işgücü ve Ar-Ge dışı işgücü olarak ayrı ayrı ele alınacağı için toplam işgücü değişkeni (L_{it}); Ar-Ge işgücü (L_{it}^R) ve Ar-Ge dışı işgücü (L_{it}^N) şeklinde ayrılmıştır.

$$L_{it} = L_{it}^R + L_{it}^N \quad (2)$$

Toplam sermaye stoku değişkeni de (K_{it}); Ar-Ge sermaye stoku (K_{it}^R) ve Ar-Ge dışı sermaye stoku (K_{it}^N) şeklinde ayrıştırılarak analizlerde kullanılmıştır.

$$K_{it} = K_{it}^R + K_{it}^N \quad (3)$$

Söz konusu değişkenler ayrıntılı şekilde yazıldığında;

$$Q_{it} = A_{it} L_{it}^{\beta_l^R} L_{it}^{\beta_l^N} K_{it}^{\beta_k^R} K_{it}^{\beta_k^N} \quad (4)$$

fonksiyonu elde edilmektedir.

Eşitlikte i ; firmayı, t ; zamanı, $\beta_l^R, \beta_l^N, \beta_k^R, \beta_k^N$ sırasıyla Ar-Ge işgücüne göre, Ar-Ge dışı işgücüne göre, Ar-Ge sermaye stokuna göre ve Ar-Ge dışı sermaye stokuna göre katma değerlerin esnekliğini göstermektedir.

Fonksiyonun logaritması alındığında;

$$q_{it} = \beta_0 + \beta_l^R l_{it}^R + \beta_l^N l_{it}^N + \beta_k^R k_{it}^R + \beta_k^N k_{it}^N + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

Cobb-Douglas üretim fonksiyonu elde edilir.

Ekonometrik analizlerde Rassal Etkiler (Randam Effect) Modeli ve Sistem GMM (System Generalized Moments Method - GMM) kullanılmıştır. Panel veri analizlerinde Hausman testi genelde Sabit Etkiler Modelini seçme eğiliminde olsa da Baltagi (2005: 14); serbestlik derecesi kayıplarına neden olacağı için yatay kesit büyük olduğunda Rassal Etkiler Modelinin tercih edilmesi gerektiğini ifade etmiştir. Gujarati & Porter (2009: 606); zaman serisi küçük, yatay kesit büyük olduğunda Sabit Etkiler Modeli ile Rassal Etkiler Modelinin sonuçlarının farklılaşacağını ve yatay kesit büyük bir küleden geliyorsa Rassal Etkiler Modelinin kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir. Bell & Jones (2015); sabit etkilerin varlığında dahi Monte-Carlo simülasyonlarında Rassal Etkiler Modelinin tutarlı tahminler ürettiğini belirtmişlerdir.

Bu nedenle Ar-Ge işgücünün verimliliğe etkisini bulmak için öncelikle Rassel Etkiler Modeli kullanılmıştır. Rassel Etkiler Modelinde; birim etkisi rassaldır ve hata terimi içinde yer almaktadır. Hata terimi, zamana bağlı olmayan bireysel etkiler (δ_i) ile, birime ve zamana göre değişen etkilerden (v_{it}) oluşmaktadır (Hsiao, 2003: 34; Baltagi, 2005: 15). Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun Rassel Etkiler Modeli için gösterimi 6 nolu eşitlikte verilmiştir.

$$q_{it} = \beta_0 + \beta_l^R l_{it}^R + \beta_l^N l_{it}^N + \beta_k^R k_{it}^R + \beta_k^N k_{it}^N + (\delta_i + \vartheta_{it}) \quad (6)$$

Ar-Ge işgücünün verimliliğe etkisi, dinamik bir yapıda olduğu için bağımlı değişkenin gecikmeli değerinin analize dahil edilmesi gerekmektedir. Ancak statik ekonometrik analiz metotlarında bağımlı değişkenin gecikmeli değerinin bağımsız değişken olarak modele dahil edilmesi içsellik problemini ortaya çıkarmaktadır (Greene, 2000).

İçsellik problemini çözmek için GMM (Generalized Methods of Moments) tahmincisi kullanılmaktadır. Özellikle üretim fonksiyonunun ilk farkını aldıktan sonra girdilerin gecikmeli değeri; girdilerdeki değişiklikler için araç olarak kullanılmaktadır (Wooldridge, 2009). Blundell & Bond (1998); yatay kesitin büyük, zaman serisinin küçük olduğu durumda GMM yerine ekstra moment koşulları kullanılarak oluşturulacak Sistem GMM tahmincisinin daha etkin sonuçlar vereceğini belirtmişlerdir. Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun Sistem GMM tahmincisi için gösterimi 7 nolu eşitlikte yapılmıştır. Eşitlikteki δ_i ; zamana bağlı olmayan birimden birime değişen bireysel etkileri, α_t ; zamana bağlı etkileri, u_{it} ; zamana ve birime göre değişen hata bileşenini ifade etmektedir.

$$q_{it} = \beta_0 + \beta_q q_{i(t-1)} + \beta_l^R l_{it}^R + \beta_l^N l_{it}^N + \beta_k^R k_{it}^R + \beta_k^N k_{it}^N + (\delta_i + \alpha_t + u_{it}) \quad (7)$$

4. Veri ve Değişkenler

Çalışmada kullanılan veriler TÜİK'in "Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri Mikro Veri Seti" ve "Mali ve Mali Olmayan Şirketler Araştırma ve Geliştirme Faaliyetleri Araştırması Mikro Veri Seti"nden elde edilmiştir. 2009-2015 yıllarını kapsayan her iki veri seti tek tek incelenmiş, yıllar arasındaki tutarsızlıklar (değişken isimleri, soru desenleri vb.) belirlenerek düzeltilmiş ve veriler birleştirilmiştir. Veriler birleştirildikten sonra değişkenler bazında kontroller yapılmış, veri setlerinde yer alan firmaların çalışan sayıları kontrol edilerek eşleştirilmiştir. Analizde çalışan sayısı eşleşen firmalardan, çalışan sayısı 19 üstü olan firma verileri kullanılmıştır. Söz konusu iki veri setinde imalat sanayi ve hizmet sektörüne ait firma verileri yer almaktadır. Çalışma imalat sanayi üzerine oluşturulduğu için hizmet sektörüne ait firma verileri, veri setinden düşürülmüştür. Bu kapsamda Türk imalat sanayinde Ar-Ge yatırımı yapan 1318 firma verisi ve 2089 gözlem ile çalışılmıştır.

Ar-Ge işgücünün katma değere etkisinin ölçüldüğü modellerde değişken olarak katma değer, toplam işgücü, Ar-Ge işgücü, Ar-Ge dışı işgücü, toplam sermaye stoku, Ar-Ge sermaye stoku ve Ar-Ge dışı sermaye stoku kullanılmıştır.

Katma değer değişkeni için Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri Mikro Veri Seti'nde bulunan faktör maliyetleri ile katma değer temel alınmıştır.

İşgücü değişkenleri için, her iki veri setinden, çalışan sayısı eşleşen firmalar analize dahil edildiği için toplam çalışan sayısı her iki veri setinde de aynıdır. Ar-Ge dışı işgücü sayısı, Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri Mikro Veri Seti'nden, Ar-Ge işgücü sayısı, Mali ve Mali Olmayan Şirketler Araştırma ve Geliştirme Faaliyetleri Araştırması Mikro Veri Seti'nden alınmıştır.

Analizde kullanılacak olan sermaye değişkenleri, TÜİK'ten elde edilen veri setlerinde yer almadığı için sermaye ile ilgili tüm değişkenlerde kullanılmak üzere sermaye stoku hesaplanmıştır. Sermaye stoku hesaplanırken Aralıksız Envanter Yöntemi kullanılmış (Taymaz vd., 2008: 46) ve hesaplama başlangıç yılı olarak 2003 yılı alınmıştır. Ar-Ge dışı yatırımlar için amortisman oranı %7,5 (Kılıçaslan et al., 2017: 279), Ar-Ge yatırımları için amortisman oranı %15 (Kafouros, 2005: 482; Ortega-Argilés et al., 2015: 210; Castellani et al., 2019: 283) alınmıştır.

Parasal değerlerle ölçülen değişkenleri reel hale getirmek için TÜİK'ten alınan ve baz yılı 2003 olan 4 haneli imalat sanayi fiyat endeksleri kullanılmıştır.

Rassal Etkiler Modeli ve Sistem GMM'de kullanılan bağımlı değişken, katma değerdir. Bağımsız değişkenler ise; işgücü (toplam, Ar-Ge, Ar-Ge dışı), sermaye stoku (toplam, Ar-Ge, Ar-Ge dışı)'dur. Tüm değişkenlerin logaritmik halleri analizde kullanılmıştır. Değişkenlerle ilgili özet istatistikler Tablo 1'de yer almaktadır. Tabloda, ortalama Ar-Ge dışı sermaye stokunun ortalama Ar-Ge sermaye stokundan oldukça yüksek olduğu ve ortalama Ar-Ge dışı işgücünün ortalama Ar-Ge işgücünden daha fazla olduğu görülmektedir.

Tablo: 1
Özet İstatistikler

Değişkenler	Gözlem	Ortalama	Standart Sapma
Katma Değer	2089	18700000	68100000
Toplam İşgücü	2089	281.3135	820.3772
Ar-Ge İşgücü	2089	17.9617	83.44905
Ar-Ge Dışı İşgücü	2089	263.3518	780.5627
Toplam Sermaye Stoku	2062	56600000	230000000
Ar-Ge Sermaye Stoku	2062	15500000	73500000
Ar-Ge Dışı Sermaye Stoku	2062	41100000	168000000
Firma	1318	-	-

Kaynak: TÜİK (2022) verilerine dayanarak hesaplanmıştır.

5. Analiz Sonuçları

İmalat sanayinde 2009-2015 yılları arasında faaliyet gösteren toplam 1318 firma verisi ile Ar-Ge işgücünün katma değere etkisi öncelikle Rassal Etkiler Modeli ile tahmin edilmiştir. Rassal Etkiler Modeli kullanılarak dört model tahmin edilmiştir. Tahmin edilen tüm modellerde zaman ve sektör (iki hane) kuklaları yer almaktadır. Bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklamada etkili olup olmadığını sınavan Wald testi sonucu istatistiksel

olarak anlamlı çıkmıştır. Bu durum genel anlamda modellerin geçerli olduğunu göstermektedir. Birinci model, üretim fonksiyonunun geleneksel girdileri olan sermaye stoku ve işgücünün katma değere etkisinin analiz edildiği modeldir. Birinci modele göre; toplam sermaye stoku ve toplam işgücünün katma değere etkisi istatistiksel olarak anlamlı ve pozitifdir. Toplam sermaye stokunun katma değer esnekliği 0,25, toplam işgücünün katma değer esnekliği ise 0,93 bulunmuştur. İkinci modelde, toplam işgücü; Ar-Ge ve Ar-Ge dışı olarak ayrılmıştır. İkinci modele göre; Ar-Ge işgücünün katma değer esnekliği yaklaşık 0,16, Ar-Ge dışı işgücünün katma değer esnekliği ise 0,76'dır. Ar-Ge dışı işgücündeki yüzde 10'luk artış katma değeri yüzde 7,6 artırırken, Ar-Ge işgücündeki yüzde 10'luk artış katma değeri yüzde 1,6 artırmaktadır. Üçüncü modelde, toplam sermaye stoku; Ar-Ge ve Ar-Ge dışı olarak ayrı ayrı ele alınmıştır. Ar-Ge sermaye stokunun katma değer esnekliği 0,05, Ar-Ge dışı sermaye stokunun katma değer esnekliği yaklaşık 0,17'dir. Hem Ar-Ge sermaye stoku hem de Ar-Ge dışı sermaye stoku katma değer üzerinde olumlu etkiye sahip olsa da bu etkinin Ar-Ge dışı sermaye stokunda daha fazla olduğu görülmektedir. Dördüncü modelde, toplam sermaye stoku; Ar-Ge ve Ar-Ge dışı olarak ayrı ayrı ele alınmış, toplam işgücü ise Ar-Ge ve Ar-Ge dışı olarak ayrı ayrı ele alınarak analize sokulmuştur. Ar-Ge işgücünün katma değer esnekliği 0,16, Ar-Ge dışı işgücünün katma değer esnekliği 0,79, Ar-Ge sermaye stokunun katma değer esnekliği yaklaşık 0,06 ve Ar-Ge dışı sermaye stokunun katma değer esnekliği 0,18 olmuştur. Buna göre; Ar-Ge işgücünde yaşanacak yüzde 10'luk artış katma değer üzerinde yüzde 1,6'lık bir artışa neden olacaktır ve Ar-Ge sermaye stokunda yaşanacak yüzde 10'luk artış katma değer üzerinde yüzde 0,6'lık bir artışa neden olacaktır. Rassal etkiler tahmincisinin uygulandığı dört modelde de tüm değişkenlerin katma değeri olumlu etkilediği ancak Ar-Ge değişkenlerinin etkisinin, Ar-Ge dışı değişkenlerin etkisinden daha az olduğu görülmektedir (Bkz. Tablo 2).

Tablo: 2
Rassal-Etkiler Modeli, İmalat Sanayi, 2009-2015

Değişkenler	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
Ar-Ge İşgücü		0,159*** (0,0197)		0,162*** (0,0200)
Ar-Ge Dışı İşgücü		0,764*** (0,0372)		0,795*** (0,0343)
Toplam Sermaye Stoku	0,250*** (0,0275)	0,270*** (0,0294)		
Toplam İşgücü	0,930*** (0,0363)		0,964*** (0,0321)	
Ar-Ge Sermaye Stoku			0,0543*** (0,0152)	0,0577*** (0,0157)
Ar-Ge Dışı Sermaye Stoku			0,169*** (0,0225)	0,184*** (0,0239)
Sabit	7,320*** (0,336)	7,554*** (0,364)	7,782*** (0,306)	8,072*** (0,330)
Gözlem Sayısı	2062	2059	2062	2059
Firma Sayısı	1292	1289	1292	1289
Wald Test	9724***	8565***	9551***	8205***
R ²	0,861	0,858	0,857	0,853

Tüm modeller yıl ve sektör (iki hane) kuklası içermektedir. Robust standart hatalar parantez içinde gösterilmiştir. *** p < 0,01, ** p < 0,05, * p < 0,1.

Çalışmada kullanılan bir diğer yöntem Sistem GMM'dir. Sistem GMM kullanılarak da dört model tahmin edilmiştir. Modellerin tümünde bağımlı değişken olan katma değer gecikmeli değeri bağımsız değişken olarak modele dahil edilmiş, ayrıca zaman ve sektör (iki

hane) kuklaları kullanılmıştır. Sargan testi sonuçları tahmin edilen modellerin tümünde araç değişkenlerin dışsal olmadığını göstermektedir. Sargan testi hata terimlerinin birbirini izleyen değerleri arasında kuvvetli ilişki bulunması ve varyansın gözleme göre değişmesi durumunda sağlam sonuçlar vermemektedir (Roodman, 2006). Bu nedenle dirençli (robust) standart hataları kullanarak araç değişkenlerin dışsal olup olmadığını sınavan Hansen testi yapılmıştır. Hansen test sonuçlarına göre; aşırı tanımlama kısıtlamalarının geçerli olduğunu ifade eden boş hipotez reddedilmemektedir. Bu durum tahmin edilen modellerin tümünde kullanılan araç değişkenlerin dışsal olduğunu göstermektedir. Tahmin edilen modellerin tümünde birinci dereceden otokorelasyonun (AR_1) olduğu, ikinci dereceden otokorelasyonun (AR_2) ise olmadığı görülmüştür. Birinci modele göre; toplam sermaye stoku ve toplam işgücünün katma değere etkisi istatistiksel olarak anlamlı ve pozitifdir. Toplam sermaye stokunun katma değer esnekliği 0,22, toplam işgücünün katma değer esnekliği ise yaklaşık 0,52 bulunmuştur. İkinci modelde, toplam işgücü; Ar-Ge ve Ar-Ge dışı olarak ayrılmıştır. Modele göre; Ar-Ge dışı işgücünün katma değere etkisi 0,46, Ar-Ge işgücünün katma değere etkisi 0,09'dur. Buna göre; Ar-Ge işgücündeki yüzde 10'luk artış katma değeri yüzde 0,9 artıracak, Ar-Ge dışı işgücündeki yüzde 10'luk artış ise katma değeri yüzde 4,6 artıracaktır. Üçüncü modelde, toplam sermaye stoku; Ar-Ge ve Ar-Ge dışı olarak ayrı ayrı ele alınmıştır. Ar-Ge dışı sermaye stokunun katma değere etkisi 0,11, Ar-Ge sermaye stokunun katma değere etkisi yaklaşık 0,07'dir. Ar-Ge dışı sermaye stokunun katma değer üzerindeki etkisi Ar-Ge sermaye stokunun etkisinden oransal olarak daha fazladır. Dördüncü modelde, toplam sermaye stoku; Ar-Ge ve Ar-Ge dışı olarak ayrı ayrı ele alınmış, toplam işgücü ise Ar-Ge ve Ar-Ge dışı olarak ayrı ayrı ele alınarak analize sokulmuştur. Ar-Ge dışı sermaye stokunun katma değere etkisi yaklaşık 0,11, Ar-Ge sermaye stokunun katma değere etkisi 0,07, Ar-Ge dışı işgücünün katma değere etkisi yaklaşık 0,53, Ar-Ge işgücünün katma değere etkisi 0,10 olmuştur. Bu sonuçlara göre; Ar-Ge işgücündeki yüzde 10'luk artış katma değeri yüzde 1 artırırken, Ar-Ge sermaye stokundaki yüzde 10'luk artış katma değeri yüzde 0,7 artırmaktadır. Sistem GMM tahmincisinin uygulandığı dört modelde de tüm değişkenlerin katma değeri olumlu etkilediği ancak Ar-Ge değişkenlerinin etkisinin Ar-Ge dışı değişkenlerin etkisinden daha az olduğu görülmektedir (Bkz. Tablo 3).

Uygulanan her iki analiz yönteminde Ar-Ge değişkenlerinin katma değere etkisinin pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu gözlemlenmiştir. Özetlemek gerekirse, katma değerlerin Ar-Ge sermaye stoku esnekliği literatüre uygun olarak 0,05-0,07 arasındadır (Bkz. Aiello & Cardamone, 2005; Kafouros, 2005). Katma değerlerin Ar-Ge işgücü esnekliği ise literatürle benzer şekilde 0,09 ile 0,16 arasında değişmektedir (Bkz. Smith et al., 2004; Czarnitzki & Thorwarth, 2012). Analiz sonuçlarında görüldüğü gibi Ar-Ge işgücünün katma değer üzerindeki olumlu etkisi, Ar-Ge sermaye stokunun katma değer üzerindeki etkisinden daha fazladır. Bu durum, sadece Ar-Ge yatırımlarının artırılmasıyla verimlilik artışının sağlanamayacağını ve verimlilik artışında Ar-Ge işgücünün, Ar-Ge sermaye stokundan daha önemli olduğunun göstergesidir.

Tablo: 3
Sistem GMM, İmalat Sanayi, 2009-2015

Değişkenler	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
Katma Değer-1	0,349*** (0,111)	0,349*** (0,109)	0,328*** (0,120)	0,327*** (0,117)
Ar-Ge İşgücü		0,0920** (0,0367)		0,100*** (0,0381)
Ar-Ge Dışı İşgücü		0,462*** (0,0994)		0,529*** (0,110)
Toplam Sermaye Stoku	0,220*** (0,0483)	0,215*** (0,0463)		
Toplam İşgücü	0,519*** (0,102)		0,595*** (0,118)	
Ar-Ge Sermaye Stoku			0,0693** (0,0277)	0,0701** (0,0273)
Ar-Ge Dışı Sermaye Stoku			0,113*** (0,0392)	0,109*** (0,0382)
Gözlem Sayısı	471	471	471	471
Firma Sayısı	332	332	332	332
Sargan Test, p Değeri	0,0203	0,0158	0,0182	0,0145
Hansen Test, p Değeri	0,254	0,267	0,220	0,288
AR(1), p Değeri	0,0660	0,0528	0,0656	0,0513
AR(2), p Değeri	0,541	0,469	0,517	0,465

Tüm modeller yıl ve sektör (iki hane) kuklası içermektedir. Robust standart hatalar parantez içinde gösterilmiştir. *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$.

6. Sonuç

Ticari anlamda sınırların ortadan kalkması yeni rekabet stratejilerini beraberinde getirmiştir. Uluslararası ve ulusal firmalar pazar paylarını artırarak rekabet güçlerini ellerinde tutmak için teknolojik gelişmeleri yakından takip etmek, hatta bu gelişmeleri kendileri yaratmak zorundadır. Teknoloji yaratma süreci ya da mevcut teknolojiyi daha efektif hale getirme çabası, yoğun araştırma ve geliştirme faaliyetlerini beraberinde getirmektedir. Ar-Ge faaliyetleri hem firmalar açısından hem de ülkeler açısından riskli yatırımlardır. Çünkü yapılan yatırımlar sonrasında istenilen hedefe ulaşılama ihtimali de söz konusudur. Ar-Ge faaliyeti sonucunda planlandığı gibi yeni bir ürün, yeni bir süreç meydana getirilip teknolojik ilerleme sağlandığında ise firmaların ve ülkelerin piyasa rekabet güçleri artacaktır. Ar-Ge faaliyetlerinin hedefe ulaşması, Ar-Ge sonucunda yeni bir ürün, yeni bir üretim sürecinin ortaya çıkması, sadece Ar-Ge için yapılan yatırımla ilgili değildir. Ar-Ge yatırımları yanında, Ar-Ge faaliyetinde çalışan işgücüne de yatırım yapmak gerekmektedir.

Bu çalışmada; Ar-Ge işgücünün ve Ar-Ge sermaye stokunun verimlilik olarak ölçülen katma değere etkisi analiz edilmiştir. Analizlerde kullanılan veriler Türkiye İstatistik Kurumu'ndan alınmıştır. 2009-2015 yıllarını kapsayan veriler "Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri Mikro Veri Seti" ve "Mali ve Mali Olmayan Şirketler Araştırma ve Geliştirme Faaliyetleri Araştırması Mikro Veri Seti"nden alınmıştır. Analizler yapılmadan önce her iki veri seti birleştirilerek, Türk imalat sanayinde Ar-Ge faaliyetinde bulunan ve her iki veri seti bazında çalışan sayıları eşleşen firmalar belirlenmiştir. Bu kapsamda Türk imalat sanayinde Ar-Ge faaliyetinde bulunan 1318 firma verisi ve 2089 gözlem ile çalışılmıştır. Analizlerde Ar-Ge işgücünün katma değere etkisi Rassal Etkiler Modeli ve Sistem GMM ile tahmin edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda imalat sanayinin Ar-Ge işgücünün katma değere etkisi %9 ile %16 arasında değişmektedir. Ar-Ge sermaye stokunun katma değere etkisi ise

%5 ile %7 arasında değişmektedir. Analiz sonuçlarına göre Ar-Ge değişkenlerinin katma değeri pozitif etkilediği, marjinal etkilerin literatürle uyumlu olduğu ve Ar-Ge işgücünün, katma değeri Ar-Ge sermaye stokundan daha fazla etkilediği görülmüştür. Bu durum çalışmanın amacında belirtildiği gibi Ar-Ge faaliyetleri sonucunda teknolojik ilerlemenin ve verimlilik artışının sağlanmasında Ar-Ge işgücünün Ar-Ge yatırımlarından daha önemli olduğunu göstermektedir.

Ar-Ge harcamalarının firma verimliliğine olumlu etkisi olduğu iktisat literatürü tarafından kabul edilmiştir. Bu etkinin daha da artması için Ar-Ge yatırımı yapan firmalara yönelik teşviklerin artırılmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Ar-Ge faaliyetlerine yönelik uygulanacak vergi indirimlerinin yanında kredi ve hibe desteğinin sağlanması Ar-Ge yatırımlarını artıracaktır. Yapılan analizler sonucunda, Ar-Ge için yapılacak maddi yatırımların yanında Ar-Ge işgücüne de yatırım yapılmasının verimlilik artışı açısından oldukça önemli olduğu görülmüştür. Lise seviyesinden başlayarak Ar-Ge'ye yönelik teknik eğitimin verilmesi, Ar-Ge faaliyetlerinde çalışacak nitelikli teknik elamanların yetiştirilmesi için önemlidir. Bununla beraber Ar-Ge faaliyetlerinde yer alacak araştırmacıların nitelikli şekilde yetiştirilebilmesi için üniversiteler ile özel sektörün iş birliği içinde olması gerekmektedir. Böylece pazarın ve özel sektörün ihtiyacına uygun vasıflı işgücü temini sağlanacak ve nitelikli işgücünün Ar-Ge çalışmalarında yer alması bu faaliyetlerin risklerini azaltacaktır. İşgücünün niteliğinin artırılması için hem temel eğitim alanında hem de teknik eğitim alanında yeni politikalar geliştirilmelidir.

Bu çalışma sırasında karşılaşılan kısıtlardan biri, verilerin 2009-2015 yılları arasında yer almasıdır. TÜİK, Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri Mikro Veri Seti'ndeki verileri 2015 yılından bu yana idari kayıtlardan almaktadır. Çalışmanın bir diğer kısıtı; çalışmada eğitim durumuna göre Ar-Ge işgücünün verimlilikle ilişkisinin ortaya koyulması planlansa da Ar-Ge işgücü eğitim durumlarına göre ayrı ayrı ele alındığında, (özellikle lisans ve lisans üstü eğitim durumlarında) yeterli gözlem sayısına ulaşamadığı için analizlerin yapılamadığı görülmüştür. Bu nedenle, Ar-Ge işgücü; eğitim durumlarına göre ayrı ayrı analize dahil edilmemiş, toplam işgücü, Ar-Ge işgücü ve Ar-Ge dışı işgücü olarak analizlere dahil edilmiştir.

Kaynaklar

- Aghion, P. & P. Howitt (1992), "A Model of Growth Through Creative Destruction", *Econometrica*, 60, 323-351.
- Aiello, F. & P. Cardamone (2005), "R&D Spillovers and Productivity Growth: Evidence From Italian Manufacturing Microdata", *Applied Economics Letters*, 12(10), 625-631.
- Aldieri, L. et al. (2008), "Micro Evidence of the Effects of R&D on Labour Productivity for Large International R&D Firms", *International Journal of Manpower*, 29(3), 198-215.
- Alper, A.E. (2018), "Türkiye'de Patent, Ar-Ge Harcamaları, İhracat ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Bayer-Hanck Eş Bütünleşme Analizi", *ICPESS (International Congress on Politic, Economic and Social Studies)*, (No. 3), <<http://registericpess.org/index.php/ICPESS/article/view/2157>>, 29.05.2022.

- Audretsch, D.B. & M. Belitski (2020), "The Role of R&D and Knowledge Spillovers in Innovation and Productivity", *European Economic Review*, 123, 103391, 1-24.
- Ballot, G. et al. (2006), "Who Benefits from Training and R&D: The Firm or the Workers?", *British Journal of Industrial Relations*, 44(3), 473-495.
- Baltagi, B. (2005), *Econometric Analysis of Panel Data*, John Wiley and Sons.
- Bayraktutan, Y. & F. Kethudaoglu (2017), "Ar-Ge ve İktisadi Büyüme İlişkisi: OECD Örneği", *Journal of International Social Research*, 10(53), 679-694.
- Bell, A. & K. Jones (2015), "Explaining Fixed Effects: Random Effects Modeling of Time-Series Cross-Sectional and Panel Data", *Political Science Research and Methods*, 3(1), 133-153.
- Blanchard, P. et al. (2005), "R&D and Productivity in Corporate Groups: An Empirical Investigation Using A Panel of French Firms", *Ann. Econ.Stat./Annales d'Économie et de Statistique*, No. 79/80, 461-485.
- Blundell, R. & S. Bond (1998), "Initial Conditions and Moment Restrictions in Dynamic Panel Data Models", *Journal of Econometrics*, 87, 115-143.
- Bor, Y.J. et al. (2010), "A Dynamic General Equilibrium Model for Public R&D Investment in Taiwan", *Economic Modelling*, 27(1), 171-183.
- Cardamone, P. (2017), "A Spatial Analysis of the R&D-Productivity Nexus at Firm Level", *Growth and Change*, 48(3), 313-335.
- Castellani, D. et al. (2017), "Multinationality, R&D and Productivity: Evidence from the Top R&D Investors Worldwide", *International Business Review*, 26(3), 405-416.
- Castellani, D. et al. (2019), "R&D and Productivity in the US and the EU: Sectoral Specificities and Differences in the Crisis", *Technological Forecasting and Social Change*, 138, 279-291.
- Czarnitzki, D. & S. Thorwarth (2012), "Productivity Effects of Basic Research in Low-tech and High-tech Industries", *Research Policy*, 41(9), 1555-1564.
- Demir, A.Z. & F. Alpaslan (2016), "Ar-Ge ve Yeniliğin Finansal Performans ve İstihdam Üzerine Etkileri", *Journal of International Social Research*, 9(47), 777-785.
- Dougherty, S.M. et al. (2002), *Performing Research and Development Abroad: International Comparisons of Costs and Value*, <http://sean.dougherty.org/econ/papers/rd_ir.pdf>, 22.01.2019.
- Edquist, H. & M. Henrekson (2017), "Swedish Lessons: How Important are ICT and R&D to Economic Growth?", *Structural Change And Economic Dynamics*, 42, 1-12.
- Fındık, D. & A. Tansel (2015), "Intangible Investment and Technical Efficiency: The Case of Software-Intensive Manufacturing Firms in Turkey", *Working Paper*, No.1511, Koç University-TÜSİAD Economic Research Forum (ERF), İstanbul, <<https://www.econstor.eu/handle/10419/129359>>, 14.04.2022.
- Fikirli, Ö. & A.K. Çetin (2015), "Ar-Ge Sermaye Birikiminin Toplam Faktör Verimliliğine Etkisi: Türkiye Örneği", *Girişimcilik ve İnovasyon Yönetimi Dergisi*, 4(2), 147-166.
- Greene, W.H. (2000), *Econometric Analysis*, 4th Edition, Englewood Cliffs: Prentice Hall, Inc.
- Griliches, Z. (1973), "Research Expenditures and Growth Accounting", in: B.R. Williams (ed.), *Science and Technology in Economic Growth* (59-95), Palgrave Macmillan, London.

- Griliches, Z. (1979), "Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth", *Bell Journal of Economics*, 10 (1), 92-116.
- Griliches, Z. (1995), "R&D and Productivity: Econometric Results and Measurement Issues", in: P. Stoneman (ed.), *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change* (52-89), Oxford: Blackwell Publishers Ltd.
- Griliches, Z. (2000), *R&D, Education, and Productivity: A Retrospective*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Grossman, G. & E. Helpman (1991), "Quality Ladders in The Theory of Economic Growth", *Review of Economic Studies*, 58, 43-61.
- Gujarati, D.N. & D.C. Porter (2009), *Basic Econometrics*, (5th), New York: McGraw-Hill.
- Hall, B.H. & J. Mairesse (1995), "Exploring the Relationship Between R&D and Productivity in French Manufacturing Firms", *Journal of Econometrics*, 65, 263-293.
- Hall, B.H. et al. (2010), "Measuring the Returns to R&D", in: B.H. Hall & N. Rosenberg (eds.), *Handbook of the Economics of Innovation* (1033-1082), North-Holland: Elsevier.
- Hsiao, C. (2003), *Analysis of Panel Data* (No. 34), 2nd Edition, Cambridge: Cambridge University Press.
- Işık, N. & E.C. Kılınc (2011), "Bölgesel Kalkınmada Ar-Ge ve İnovasyonun Önemi: Karşılaştırmalı Bir Analiz", *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 6(2), 9-54.
- Kafourous, M.I. (2005), "R&D and Productivity Growth: Evidence from the UK", *Economics of Innovation and New Technology*, 14(6), 479-497.
- Kılıçaslan, Y. & U. Aytun (2016), "Ar-Ge ve Yenilik ve Verimlilik", içinde: İ.S. Akçomak vd. (eds.), *Bilim, Teknoloji ve Yenilik Kavramlar, Kuramlar ve Politika*, İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları, 1. Baskı, 275-295.
- Kılıçaslan, Y. et al. (2017), "Impact of ICT on the Productivity of the Firm: Evidence from Turkish Manufacturing", *Journal of Productivity Analysis*, 47(3), 277-289.
- Korkmaz, S. (2010), "Türkiye'de Ar-Ge Yatırımları ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Var Modeli ile Analizi", *Journal of Yaşar University*, 5(20), 3320-3330.
- Lefebvre, E. et al. (1998), "R&D-Related Capabilities as Determinants of Export Performance", *Small Business Economics*, 10(4), 365-377.
- Lenger, A. & E. Taymaz (2006), "To Innovate or to Transfer?", *Journal of Evolutionary Economics*, 16(1-2), 137-153.
- Mairesse, J. & M. Sassenou (1991), "R&D and Productivity: A Survey of Econometric Studies at the Firm Level", *NBER Working Paper*, 3666, National Bureau of Economic Research, Cambridge, Mass. <<https://www.nber.org/papers/w3666>>, 02.03.2022.
- O'Mahony, M. & M. Vecchi (2009), "R&D, Knowledge Spillovers and Company Productivity Performance", *Research Policy*, 38(1), 35-44.
- Onyekwere, S.C. (2019), "The Impact of Research and Development (R&D) Expenditure on Productivity Growth: A Panel Data Evidence from the UK Manufacturing Sector", *Asian Journal of Economics and Empirical Research*, 6(2), 205-215.
- Ortega-Argilés, R. et al. (2010), "Is Corporate R&D Investment in High-tech Sectors More Effective?", *Contemporary Economic Policy*, 28(3), 353-365.

- Ortega-Argilés, R. et al. (2015), "The Productivity Impact of R&D Investment: Are High-tech Sectors Still Ahead?", *Economics of Innovation and New Technology*, 24(3), 204-222.
- Pakes, A. & Z. Griliches (1980), "Patents and R&D at the Firm Level: A First Report", *Economics Letters*, 5(4), 377-381.
- Romer, P. (1986), "Increasing Returns and Long-run Growth", *Journal of Political Economy*, 94, 1002-37.
- Romer, P. (1990), "Endogenous Technological Change", *Journal of Political Economy*, 98(5, Part 2), 71-102.
- Roodman, D. (2006), "How to Do xtabond2", *North American Stata Users' Group Meetings 2006 (No. 8)*. Stata Users Group, <<http://repec.org/nasug2006/howtodoxtabond2.cgdev.pdf>>, 07.03.2022.
- Smith, V. et al. (2004), "R&D and Productivity in Danish Firms: Some Empirical Evidence", *Applied Economics*, 36(16), 1797-1806.
- Solow, R. (1956), "Contribution to the Theory of Economic Growth", *Quarterly Journal of Economics*, 70, 65-94.
- Solow, R. (1957), "Technical Change and the Aggregate Production Function", *Review of Economics and Statistics*, 39, 312-320.
- Sungur, O. vd. (2016), "Türkiye'de Ar-Ge, İnovasyon, İhracat ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Asimetrik Nedensellik Analizi", *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(1), 173-192.
- Şahbaz, A. vd. (2014), "Ar-Ge Harcamaları ve İleri Teknoloji Mal İhracatı İlişkisi: Panel Nedensellik Analizi", *Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 23(1), 47-60.
- Taymaz, E. vd. (2008), "Türkiye Yapısal Dönüşüm, Üretkenlik ve Teknolojik Değişme Dinamikleri", *Economic Research Center Working Papers in Economics*, 8(04), <<https://erc.metu.edu.tr/en/system/files/menu/series08/0804.pdf>>, 07.01.2022.
- Tezcan, M. (2013), "Türkiye ve Rusya Yükseköğretimindeki Araştırma ve Deneysel Geliştirme Faaliyetleri", *International Conference On Eurasian Economies*, 832-839, <<https://www.avekon.org/papers/755.pdf>>, 11.08.2022.
- TÜİK (2022), *Mali ve Mali Olmayan Şirketler Araştırma ve Geliştirme Faaliyetleri Araştırması Mikro Veri Seti*, Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- TÜİK (2022), *Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri Mikro Veri Seti*, Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- Uçak, S. vd. (2018), "Türkiye'de Ar-Ge Harcamaları-Büyüme İlişkisi: ARDL Yöntemi", *Celal Bayar University Journal of Social Sciences/Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 16(2), 129-160.
- Ülkü, H. & M.T. Pamukçu (2015), "The Impact of R&D and Knowledge Diffusion on the Productivity of Manufacturing Firms in Turkey", *Journal of Productivity Analysis*, 44(1), 79-95.
- Wooldridge, J.M. (2009), "On Estimating Firm-Level Production Functions Using Proxy Variables to Control for Unobservable", *Economics Letters*, 104(3), 112-114.
- Yıldırım, E. & F. Kesikoğlu (2012), "Ar-Ge Harcamaları ile İhracat Arasındaki Nedensellik İlişkileri: Türkiye Örneğinde Panel Nedensellik Testi Kanıtları", *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 32(1), 165-180.