

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

İŞLETMELERİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ETKİNLİĞİ: ESG VE FİNANSAL PERFORMANSIN VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

CORPORATE SUSTAINABILITY EFFICIENCY: EVALUATING ESG AND FINANCIAL PERFORMANCE USING DATA ENVELOPMENT ANALYSIS

Elif BİLGİN^{*} 
Erdal YILMAZ^{**} 

Özet

Bu çalışmada, işletmelerin finansal göstergeleri ve sürdürülebilirlik performansları dikkate alınarak, Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemi aracılığıyla göreceli etkinlik düzeyleri değerlendirilmektedir. Bu kapsamda, Borsa İstanbul (BİST) Sürdürülebilirlik 25 Endeksi'nde işlem gören, finans kuruluşu niteliğinde olmayan işletmelerin 2023 yılına ait finansal ve sürdürülebilirlik verileri kullanılmıştır. Analizde girdi değişkeni olan finansal performans için aktif kârlılık (ROA), özsermaye kârlılığı (ROE), stok devir hızı ve kâr marjı değerleri, çıktı değişkeni olan sürdürülebilirlik performansı için ise Environmental-Social-Governance (ESG) skoru ve alt boyutları çevresel, sosyal, yönetim, kaynak kullanımı, emisyon ve inovasyon skorları kullanılmıştır. Veriler Thomson Reuters Eikon veri tabanından elde edilmiştir. Çalışmanın amacı işletme kârlılığında bir değişim olmaksızın sürdürülebilirlik performansını maksimize etmektir. Çalışmada çıktı odaklı Veri Zarflama Analizi modeli (CCR) kullanılarak örnekleme dâhil olan firmaların etkinlik değerlendirmeleri yapılmıştır. Analizin bir sonraki adımında etkin olmayan firmalar için referans birimleri belirlenmiş ve bu firmaların etkin olabilmeleri için çıktıların ulaşması önerilen hedef değerler hesaplanmıştır. Etkin

* Dr. Öğr. Üyesi, Marmara Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İstanbul, E-Mail: ebilgin@marmara.edu.tr , ORCID ID: 0000-0002-5823-3822

** Dr. Öğr. Üyesi, Marmara Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İstanbul, E-Mail: erdalyilmaz@marmara.edu.tr , ORCID ID: 0000-0002-7730-2096

How to cite this article/Atf için: Bilgin E, Yilmaz E (2025). İşletmelerin Sürdürülebilirlik Etkinliği: Esg ve Finansal Performansın Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesi. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 47(3), 375-395. DOI: 10.14780/muiibd.1702041

Makale Gönderim Tarihi: 19.05.2025

Yayına Kabul Tarihi: :03.08.2025

Benzerlik Oranı: %10



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

olmayan firmaların tüm ESG bileşenleri için mevcut skorları ile hedef skorları üzerinden iyileştirme oranları hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik performansı, sürdürülebilirlik boyutları, ESG skorları, veri zarflama analizi, BİST sürdürülebilirlik

Jel Sınıflandırması: M14, M20, M40, C44, C67, O10, Q56

Abstract

This study investigates the efficiency with which companies listed in the BIST Sustainability 25 Index convert financial resources into ESG (Environmental, Social, and Governance) and sustainability outcomes. Using an output-oriented CCR Data Envelopment Analysis (DEA) model, we evaluate the relative performance of 20 non-financial firms based on financial indicators (ROA-Return on Assets, ROE-Return on Equity, inventory turnover, net profit margin) and sustainability metrics (ESG score and subcomponents, resource use, emissions, innovation). Results reveal that only seven firms operate at full efficiency, while the remainder show significant room for improvement—particularly in innovation and environmental performance. By identifying efficiency benchmarks and improvement targets, the study provides insight into how firms can enhance sustainability outcomes without compromising profitability, highlighting the need for more mature ESG strategies in the Turkish corporate context.

Keywords: Sustainability performance, sustainability dimensions, ESG scores, data envelopment analysis, BIST sustainability

Jel Classification: M14, M20, M40, C44, C67, O10, Q56

1. Giriş

Küresel ölçekte artan çevresel sorunlar ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri, işletmelerin faaliyetlerini çevresel, sosyal ve yönetim (ESG-environmental, social, governance) boyutlarında yeniden değerlendirmesini zorunlu hale getirmiştir. Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Paris Anlaşması, ülkeleri karbon nötr ekonomiye geçiş sürecini hızlandıracak düzenlemeler yapmaya zorlamaktadır. Türkiye de bu çerçevede, 2053 net sıfır emisyon hedefi doğrultusunda çevresel mevzuatlarını güncelleyerek işletmelerin sürdürülebilirlik kriterlerine uyumunu artırmayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda işletmelerin finansal performanslarını sürdürülebilirlik kriterleriyle bütünleştirmesi kaçınılmaz olmuştur. Rekabet avantajını korumak ve düzenlemelere uyum sağlamak isteyen işletmelerin, finansal kaynaklarını sürdürülebilirlik hedeflerine en verimli şekilde yönlendirmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, işletmelerin sürdürülebilirlik çerçevesinde etkin kaynak kullanımı sağlaması, karbon emisyonlarını düşürmesi ve sürdürülebilir iş modelleri geliştirmesi gerekmektedir. Bu nedenle, firmaların finansal sürdürülebilirliği ile ESG performansları arasındaki ilişki önemli bir araştırma alanı olarak öne çıkmaktadır.

Bu çalışma, Borsa İstanbul (BİST) Sürdürülebilirlik 25 Endeksi'nde işlem gören finans kuruluşu niteliğinde olmayan işletmelerin 2023 yılı finansal ve sürdürülebilirlik performans verilerini esas alarak, firmaların etkinlik düzeylerini Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemiyle değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Çalışmada çıktı odaklı CCR modeli kullanılarak, işletmelerin finansal performanslarını değiştirmeksizin sürdürülebilirlik etkinliklerini maksimize etme potansiyelleri ölçülmüştür. Modelde girdiler olarak işletmelerin finansal performans göstergeleri (ROA, ROE, stok devir hızı ve kâr marjı), çıktılar olarak ise sürdürülebilirlik performans göstergeleri (toplam ESG skoru, çevresel skor, sosyal skor, yönetim skoru, kaynak kullanımı, emisyon ve inovasyon

skorları) kullanılmıştır. Veriler Thomson Reuters Eikon veri tabanından elde edilmiştir. Çalışmada çıktı odaklı CCR Veri Zarflama Analizi modeli kullanılarak örnekleme dâhil olan firmaların etkinlik değerlendirmeleri yapılmıştır. Analizin bir sonraki adımında etkin olmayan firmalar için referans birimler belirlenmiş ve hedef çıktı düzeylerini hesaplamak amacıyla dual ağırlıklar kullanılmıştır. Etkin olmayan firmaların tüm ESG bileşenleri için mevcut skorları ile hedef skorları üzerinden iyileştirme oranları hesaplanmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde Kurumsal Performansta Sürdürülebilirliğin Stratejik Önemi başlığı ele alınmıştır. Bu bölümde temel sürdürülebilirlik kavram ve uygulamalarının yanı sıra uluslararası borsalarda Sürdürülebilirlik İndekslerinin tarihsel gelişiminin ve bu indekslerin yatırımcılar açısından giderek önem kazanmasının nedenleri irdelenmiştir. Üçüncü bölüm, Veri Zarflama Analizi yönteminin açıklanmasına odaklanmıştır. Dördüncü bölüm ise araştırmamızın amacı, kapsamı, sınırları hakkında temel bilgileri değerlendirdikten sonra analiz bulgularının sunum ve tartışmalarını ele alınmıştır. Çalışmamız genel bir değerlendirmenin yapıldığı sonuç bölümü ile tamamlanmıştır.

2. Kurumsal Performansta Sürdürülebilirliğin Stratejik Önemi

Sürdürülebilirlik, günümüz şirket yönetimlerinin perspektifinden bakıldığında, çevresel sorumluluk, sosyal adalet ve güçlü yönetişimi uzun dönemli değer yaratımıyla bir araya getiren stratejik boyut haline gelmiştir. Sürdürülebilirlik kavramının iş dünyasında kullanımı daha eskilere dayansa da küresel ölçekte kullanılmaya başlanması, 1987 yılında Birleşmiş Milletler Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından hazırlanan ve “Brundtland Raporu” olarak bilinen “Our Common Future” başlıklı belgeye dayanmaktadır. Bu raporda yer verildiği hali ile sürdürülebilir kalkınma ‘gelecek kuşakların kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğini tehlikeye atmadan, bugünün ihtiyaçlarını karşılamak’ olarak tanımlanmıştır (Brutland, 1987). Bu tanım, kapitalist ekonomik modelin temel dinamiklerinden biri olan sürekli ekonomik büyüme hedefinin çevresel sınırlar ve toplumsal eşitlik gözetilerek gerçekleştirilebileceğini varsayar ve bunun gerekliliğini vurgular. Yine Birleşmiş Milletler tarafından organize edilen 1992 Rio Zirvesi’nin ardından sürdürülebilirlik kavramı, çevre politikalarının ötesine geçerek şirket ve kurumların uzun dönemli stratejik planlarının önemli bir parçası haline gelmiştir (UN, 1992). Yeni bin yıllar beraber bu kavram, sadece kamu politikalarının değil, özel sektör firmalarının risk yönetimi, marka yönetimi çabalarının yanı sıra yatırımcı ilişkilerinde de belirleyici rol oynamaya başlamıştır. Özellikle bu noktadan sonra, İngiltere’deki “Environmental, Social and Governance” kavramlarının baş harflerinden oluşan ESG kısaltması şirket yöneticilerinin karar süreçlerinde önemli bir yer kaplamaya başlamıştır. Türkçe’de ise bu kısaltma “ÇSY-Çevresel, Sosyal ve Yönetişim” olarak karşılık bulur. Sürdürülebilirliğe dair bu üç temel boyut, bir şirketin sadece ekonomik performansını değil; bu performansa ulaşırken ortaya çıkarttığı çevresel ve toplumsal etkiyi de değerlendirmek gerektiğine dikkat çeker. Böylece şirketlerin sadece ekonomik göstergelerin geliştirilmesinin yanı sıra çevreye, topluma ve kurumsal yapıya yönelik sorumluluklarını da bütüncül olarak değerlendirilmesi gündeme gelir. ESG kavramı önemli ölçüde, Birleşmiş Milletlerin Sorumlu Yatırım İlkeleri (PRI, 2006) girişimiyle kurumsal yatırımcıların karar

süreçlerine dâhil olsa da konu ile ilgili önemli dönüm noktalarından biri de 2004 yılında yayınlanan “Who Cares Wins” raporudur (UNGC, 2004). Günümüzde geldiğimiz noktada ESG kavramı, sürdürülebilir yatırım anlayışının temel referans çerçevesini oluşturmakta ve hem finansal hem de stratejik karar alma çabalarının önemli bileşenlerinden biri olarak kabul edilmektedir.

Sürdürülemezlik probleminin ortaya çıkarttığı koşullar çerçevesinde şekillenen bu kavramsal dönüşümle beraber, sürdürülebilirliğin değerlendirilmesine yönelik sistematik yaklaşımlar da kullanılmaya başlanmıştır. Bu bağlamda, belirli sürdürülebilirlik performans ölçütlerini yerine getiren şirketleri içeren BIST Sürdürülebilirlik Endeksi de uluslararası borsalardaki benzerleri ile hayata geçirilmiştir (Borsa İstanbul, 2021). Bu tarz sürdürülebilirlik merkezli endeksler kurumsal düzeyde sürdürülebilirliğin ölçülmesini sağlayan araçların gelişmesi ve yaygınlaşması noktasında da oldukça önemli roller oynamışlardır.

Sürdürülebilirlik kavramı ilk ortaya atıldığı zamanlarda daha çok etik ilkelere ve uzun dönemli kaygılara dayalı, daha çok gönüllü uygulamalar çerçevesinde ele alınırken, bugün artık performansa dayalı, ölçülebilir ve karşılaştırılabilir bir yapıya dönüşmüştür. Bu dönüşüm, sürdürülebilirliğin artık sadece niyet beyanlarına değil, aynı zamanda somut veri setlerine, objektif ölçütler temelinde verilmiş puanlara ve göstergelere dayandırılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda kurumsal sürdürülebilirlik performanslarının ölçülmesi giderek daha sistematik ve çok boyutlu hale gelen, halen de gelişimini sürdüren, değerlendirme araçlarıyla gerçekleştirilmektedir. Bu kapsamda BIST Sürdürülebilirlik Endeksine dâhil olmak isteyen şirketlerin, dış denetime tabi tutulan bir sürdürülebilirlik değerlendirilmesi sonucunda belirli bir puan bareminin üstünde yer almaları gerekmektedir. Söz konusu puanlama sistemi; iklim risk yönetimi, tedarik zinciri uygulamaları, çalışan refahı, yönetim kurulu çeşitliliği ve etik iş uygulamaları gibi çok çeşitli ESG (Çevresel, Sosyal ve Yönetişim) boyutlarında oldukça kapsamlı incelemeleri içermektedir. Değerlendirmeler tutarlılığı, karşılaştırılabilirliği ve objektifliği sağlayabilmek için standartlaştırılmış metodolojiler uygulayan ESG değerlendirilmesi konusunda uzmanlaşmış derecelendirme kuruluşları tarafından yürütülmektedir. Bu alanda küresel çapta bilinirliği yüksek olan danışmanlık firmaları arasında MSCI ESG Research, Sustainalytics, ISS ESG ve Refinitiv yer almaktadır. İstanbul Borsası ise değerlendirmeler için uzun yıllar Ethical Investment Research Services (EIRIS) firması ile çalışmıştır. EIRIS günümüzde Moody's ESG Solutions bünyesinde faaliyet gösteren Vigeo Eiris adını almıştır (Vigeo Eiris, 2025).

Vigeo Eiris, ESG değerlendirmelerinde ISO 26000, BM Küresel İlkeler Sözleşmesi ve Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları gibi uluslararası kabul görmüş standartlara dayalı kapsamlı bir çerçevede değerlendirmelerini yürütmektedir. Bu metodoloji, şirketleri altı ana başlıkta değerlendirmeye almaktadır: Çevre, İnsan Kaynakları, İnsan Hakları, Topluma Katılım, İş Davranışları ve Kurumsal Yönetişim. Bu ana başlıkların her biri, toplamda 21 ESG bileşenine karşılık gelen ölçütlerden oluşmaktadır ve bu ölçütler hem niteliksel hem de niceliksel göstergelerle analiz edilmektedir. Bunun yanı sıra değerlendirmeye alınan her bir şirketin taahhütleri, uygulamaları ve elde ettiği sonuçlar performans seviyelerine göre ‘ileri düzey’ ile ‘zayıf’ arasında bir skalada sıralanmaktadır. Değerlendirme sürecinde şirkette karşılaşılan tartışmalı olayların sıklığı, ciddiyeti ve kurumsal yanıt kapasitesi de dikkate alınarak ESG performansı analiz edilir. Bu bütüncül yaklaşım ile şirketlerin

sürdürülebilirlik performanslarının küresel ölçekte derinlikli bir değerlendirmesinin yapılması imkânı sağlanmaktadır.

Şirketler açısından bakıldığında da BIST Sürdürülebilirlik Endeksi gibi endekslere dâhil olmak, şirketlere kurumsal yatırımcıların gözünde görünürlüklerinin ve güvenilirliklerinin artırılmasına yardımcı olacaktır. Sürdürülebilir yatırım eğilimleri küresel çapta hızla yükselirken, bu tür endekslere dâhil olmak şirketlerin uzun dönemli sermaye erişimlerini kolaylaştırabilir, finansman maliyetlerini düşürebilir ve hissedar tabanını genişletebilir (FTSE Russell, 2020). Friede vd. (2015) tarafından 2000'den fazla ampirik çalışmanın bulgularının birleştirildiği geniş çaplı meta-analiz, ESG kriterlerine duyarlı şirketlerin uzun vadede finansal olarak daha başarılı olma eğiliminde olduklarını göstermektedir. Bunların yanı sıra, marka itibarı ve tüketici algı ve tercihleri üzerinde de pozitif etki yaratabilir. Ayrıca endekse katılım şirketler için stratejik bir karşılaştırma ölçütü işlevi görerek, ESG uygulamalarındaki boşlukların belirlenmesini ve uluslararası başarılı uygulamalarla hizalanmayı kolaylaştırabilir.

Sonuç olarak sürdürülebilirlik puanlarına ve endekslerine giderek artan ilgi, 'anlatıya dayalı' kurumsal sorumluluk anlayışından 'performansa dayalı' sürdürülebilirlik anlayışına geçişi açıkça göstermektedir. ESG göstergeleri bugün artık sadece etik bir yükümlülük değil; yatırım kararlarını, yasal uyumu ve kurumsal itibarı doğrudan etkileyen stratejik birer araç olarak karşımıza çıkmaktadır.

Tüm bu gelişmelere karşın, kritik bir soru hâlen daha – önemli ölçüde – yanıtsızdır: “Şirketler, sürdürülebilirlik odaklı kaynaklarını ne kadar verimli bir şekilde ESG ve finansal çıktılara dönüştürebilmektedir?” İşte bu noktada, Veri Zarflama Analizi (Data Envelopment Analysis – DEA) gibi yöntemsel olarak güçlü araçlar kullanıma girmektedir. Bu yöntem, BIST Sürdürülebilirlik Endeksi kapsamındaki firmalara uygulandığında, hangi firmaların görece olarak etkin çalıştığını belirlemeye ek olarak etkin olmayan firmaların hangi etkin firmaları referans alarak etkinlik sınırına nasıl yaklaşabilecekleri de ortaya konmaktadır. Bu sayede, kaynak kullanımı açısından iyileştirme yapılabilecek alanlar somut biçimde gösterilebilmektedir.

Bu çalışmada, bu stratejik ilişki yalnızca genel bir bakışla değil; ESG skorları ile finansal göstergeler arasında yöntemsel bir bağ kurarak değerlendirmek amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda Veri Zarflama Analizi (Data Envelopment Analysis) yöntemi kullanılarak, şirketlerin finansal girdilerle hangi düzeyde ESG çıktısı elde ettikleri analiz edilmiş; böylece hem finansal performans hem de sürdürülebilirlik açısından görece etkinlikleri ortaya konulmuştur.

3. Veri Zarflama Analizi

Çalışmada işletmelerin sürdürülebilirlik etkinlikleri Veri Zarflama Analizi ile değerlendirilmiştir. Veri Zarflama Analizinde firmaların finansal performans göstergeleri girdi, sürdürülebilirlik performanslarını temsil eden ESG skorları ise çıktı olarak kullanılmıştır.

3.1. Veri Zarflama Analizi

Veri Zarflama Analizi (VZA), farklı ölçü birimlerine sahip birden fazla girdi ve çıktının bulunduğu durumlarda Karar Verme Birimlerinin (KVB) görelî etkinlik düzeylerini ölçmek amacıyla kullanılan, parametrik olmayan, veri odaklı bir analiz yöntemidir. VZA'nın teorik temelleri, Michael James Farrell'in verimliliğin daha kapsayıcı ve bütüncül biçimde ölçülmesine yönelik çalışmalarına dayanmaktadır. Farrell "The Measurement of Productive Efficiency" başlıklı çalışmasında (1957) , emek verimliliği ve sermaye verimliliği gibi ayrı ayrı endekslerin, çoklu girdi yapısına sahip üretim süreçlerini değerlendirmede yetersiz kaldığını ifade etmiş ve daha kapsayıcı bir değerlendirmeye imkân sunan etkinlik temelli bir faaliyet analizi yaklaşımı önermiştir. Bu yaklaşım, üretim birimlerinin genel verimlilik düzeyini değerlendirmek için daha uygun ve kapsamlı bir temel sunmuş; atölyelerden ulusal ekonomilere kadar her ölçekteki yapıya uygulanabilir bir modelleme imkânı sağlamıştır. Bu süreçte "verimlilik" kavramı daha genel bir kavram olan "etkinlik"e dönüştürülmüştür (Cooper vd. 2014; s.5).

Eduardo Rhodes 1977 yılında savunduğu doktora tezinde kâr amacı gütmeyen kurumların veya kamu programlarının performans değerlendirmesinde geleneksel piyasa temelli yöntemlerin yetersiz kaldığına dikkat çekmiştir (Charnes vd., 1978). Bu amaçla birden fazla girdi ve çıktıyla çalışan karar verme birimlerinin görelî etkinliğini ölçmek için Farrell'in (1957) ortaya koyduğu kavramsal çerçeveden hareketle, doğrusal programlamaya dayalı yeni bir model önermiştir. Tezde önerilen model, Rhodes ve danışmanları William W. Cooper ve Abraham Charnes tarafından geliştirilerek "Measuring the efficiency of decision making units" (1978) başlıklı makale yayımlanmıştır. Bu model sonraki yıllarda yazarlarının soyadlarının baş harfleri olan **CCR modeli** adıyla literatürde yaygın olarak kullanılmıştır.

VZA, çıktıları doğrudan ekonomik değere indirgemedi, eğitim veya sosyal hizmetler gibi alanlarda da etkinlik analizine olanak sağlayarak önemli bir boşluğu doldurmuştur. Bu yöntemde Karar Verme Birimi (KVB) tanımı oldukça esnek ve geneldir. Bu sayede VZA çok çeşitli faaliyetlerde bulunan birçok farklı türdeki karar verme biriminin etkinliğini değerlendirmek amacıyla yaygın olarak uygulanabilmektedir. VZA, az sayıda varsayım gerektirdiğinden, girdiler ile çıktılar arasındaki ilişkilerin karmaşık veya bilinmeyen olduğu durumlarda, diğer yöntemlerin yetersiz kaldığı sistemlerde etkili bir analiz aracı olarak öne çıkmaktadır.

Parametrik olmayan bir yöntem olan VZA, herhangi bir üretim fonksiyonunu kullanmak yerine en etkin KVB'nin girdi ve çıktıları kullanılarak elde edilen eğri üzerindeki noktaları belirlemek için doğrusal programlamayı kullanmaktadır. (Okursoy ve Tezsürücü, 2014, s.1) Teknik olarak, Veri Zarflama Analizi (VZA), verilerin ortalamalarına değil, etkinlik sınırlarına odaklanan bir yöntemdir. Örneğin klasik regresyon analizinde, veriler arasına bir düzlem (ya da doğrusal bir ilişki) çizilmeye çalışılırken, VZA, verilerin üzerine, her bir gözlem için en iyi performansı temsil eden doğrusal bir sınır çizer. (Cooper, vd. 2014; s.3). Bu, yöntem "parça-parça doğrusal yüzey" olarak tanımlanır. Bu yaklaşım, diğer yöntemlerle tespit edilemeyen bazı ilişkilerin ortaya çıkarılmasına da olanak tanır.

Veri Zarflama Analizi'nde **etkinlik**, bir karar verme biriminin tanımlı girdilerle mümkün olan en fazla çıktıyı üretme veya tanımlı çıktıları en az girdiyle elde etme yeteneği olarak ifade edilebilir. Bir KVB, analizdeki diğer karar verme birimleriyle karşılaştırıldığında, girdilerini azaltmadan veya çıktısını artırmadan performansını iyileştiremiyorsa tam etkin kabul edilir. Bu durumda etkinlik skoru 1 olur. Eğer etkinlik skoru 1'den küçükse, bu birimin daha verimli çalışabileceği ve bazı girdilerini azaltarak veya çıktısını artırarak performansını geliştirebileceği anlamına gelir.

Ekonomik etkinlik kavramının geliştiricisi Farrel, etkinliği; teknik etkinlik ve tahsis etkinliği olmak üzere iki bileşene ayırmıştır (Farrell, 1957; s.254). **Teknik etkinlik**, bir karar verme biriminin (KVB) mevcut kaynakları-girdileri kullanarak üretilebilecek en yüksek çıktıyı üretme yeteneğini ifade eder. Teknik olarak etkin bir birim, herhangi bir girdiyi artırmadan çıktısını arttıramaz veya herhangi bir çıktıyı azaltmadıkça girdisini azaltamaz. **Tahsis (fiyat) etkinliği** ise, fiyatlar ve üretim teknolojisi veri iken, girdileri optimal oranlarda kullanma yeteneğini ifade etmektedir. Tahsis etkin bir karar verme birimi, çıktısını üretirken maliyetleri minimize eden ya da faydayı maksimize eden girdi bileşimini kullanır. Tahsis etkinliği, KVB'nin kaynaklarını ekonomik açıdan en verimli biçimde tahsis edip etmediğini değerlendirir. Farrell'in teorik etkinlik tanımlarını, VZA için bilgisayar yazılımı uygulaması ile birleştiren Coelli Veri Zarflama Analizi Bilgisayar Programı El Kitabı'nda (1996; s.5) teknik etkinlik ile tahsis etkinliğinin çarpımı ile elde ettiği **toplam etkinlik** değerini kullanmıştır.

VZA'nın temel çalışma mantığı, kıyaslanabilir KVB'leri arasından en iyi olanı belirleyecek ve etkin sınırı oluşturacak bir metodoloji sağlamaktır. Ayrıca, metodoloji etkin sınırdan olmayan birimlerin etkinlik düzeyini ölçmeye ve etkin olmayan birimlerin kıyaslanabileceği referans birimlerin belirlenmesine olanak sağlamaktadır (Cook ve Seiford, 2009: 1-2). VZA ile KVB'leri "etkin" ve "etkin olmayan" olmak üzere iki gruba ayrılır. Etkin birimler, etkinlik sınırını oluştururken; etkin olmayan birimler bu sınıra göre değerlendirilir ve sınıra ulaşacak şekilde iyileştirme hedefleri belirlenir. Her etkin olmayan birim için, performansını artırması yönünde bir referans kümesi ve hedef değerler oluşturulur. VZA'da etkinlik skorları 0 ile 1 arasında değer alır ve 1 değeri, KVB'nin tam etkin olduğunu gösterir. Etkin olmayan birimlerin hangi girdiler veya çıktılar açısından ne ölçüde etkinlikten uzaklaştığı belirlenebilir. Böylece karar vericiler, bu sapmaları dikkate alarak iyileştirme stratejileri geliştirebilirler.

VZA, çoklu girdi ve çıktı yapısına sahip firmaların karmaşık performans ilişkilerini anlamada güçlü bir analitik yöntem sunmaktadır. Literatürde VZA, firmaların göreceli etkinlik düzeylerini ölçmede yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu kapsamda firmaların finansal performansları, operasyonel verimlilikleri, sürdürülebilirlik skorları ve kaynak kullanımları gibi çok boyutlu veri yapıları dikkate alınarak, karar verme birimlerinin göreceli etkinlikleri değerlendirilebilmektedir. Zhou, vd. (2008), enerji sektöründe çevresel ve enerji verimliliğini birlikte değerlendiren yayınların literatür incelemesini yaparak sürdürülebilirlik performansı analizine katkı sağlamışlardır. Özden (2009), Türkiye'deki vakıf üniversitelerinin göreceli performanslarını değerlendirmek amacıyla VZA yöntemini kullanarak yükseköğretim kurumlarının etkinliğini ölçmüştür. Dağ ve Kabadayı (2009), tedarikçilerin performans değerlendirmesinde VZA yöntemini uygulamışlardır. Barros vd. (2011), Çin'de bankaların şubelerinin teknik etkinliklerini VZA ile karşılaştırmışlardır. Okursoy

ve Tezsürücü (2014) Türkiye'deki illerin kültürel etkinliklerini VZA ile karşılaştırmıştır. Tüfekçi ve Sezen (2017), imalat sanayi işletmelerinin üretim etkinliklerini VZA ile analiz etmiştir. Emrouznejad ve Gholamhossein-Lajimi (2018), VZA aracılığıyla bankacılık sektöründe operasyonel verimliliği analiz etmişlerdir. Hou, vd. (2019), enerji sektöründe faaliyet gösteren firmaların çevresel etkinlik düzeylerini karşılaştırmak için VZA yöntemini uygulamışlardır. Kaya Samut (2023) sağlık kurumlarının etkinliğinin hesaplanması ve değişkenlerin önem ağırlıklarının belirlenmesine ilişkin çalışmada VZA yönteminden yararlanmıştır.

Veri Zarflama Analizi (VZA), firma etkinliğinin sürdürülebilirlik, kurumsal yönetim ve çevresel performans gibi çok boyutlu alanlarda değerlendirilmesinde de literatürde uygulanmıştır. Hancıoğlu ve Türkoğlu (2017), BIST Sürdürülebilirlik Endeksi'ndeki firmaların genel etkinliğini analiz ederek değişen rekabet anlayışı ve sürdürülebilirliğin etkilerini incelemiştir. Özçelik ve Kandemir (2017) BİST'te işlem gören imalat firmalarının etkinliklerini VZA ile karşılaştırmıştır. Özkan ve Özcan (2018), OECD ülkelerinin çevresel göstergeleri üzerinden göreceli etkinliğini ölçmüşlerdir. Boz ve Duran (2019), kurumsal sosyal sorumluluk ile kurumsal yönetim arasındaki etkileşimi BIST Kurumsal Yönetim Endeksi firmaları üzerinden değerlendirmiştir. Gürbüz ve Dumlu (2018) ile Kılınç ve Konuşkan (2022), BIST Sürdürülebilirlik Endeksi'ndeki firmaların ESG bileşenleri üzerinden etkinliklerini analiz etmişlerdir. Demirhan ve Çağlar (2022) imalat sanayi firmalarının pandemi dönemindeki etkinlik performanslarını VZA ile analiz etmişlerdir. Bulak, vd. (2022) küresel ölçekte faaliyet gösteren havalimanlarının sürdürülebilirlik açısından göreceli etkinliklerini VZA ile karşılaştırmıştır. Quan vd. (2022) imalat sanayinde yer alan firmaların sürdürülebilirlik performanslarını değerlendirmek amacıyla VZA kullanmışlardır. Bozoğlu Batı, vd. (2024) BİST'te işlem gören firmaların sürdürülebilirlik performansları bağlamında etkinliklerinin ölçülmesinde VZA yöntemini kullanmışlardır.

3.2. Veri Zarflama Analizi Modelleri

CCR Modeli: Bu yöntemin ilk modeli, geliştiricileri Charnes, Cooper ve Rhodes'un adlarını taşıyan CCR modelidir ve ölçeğe göre sabit getiri(**Constant Returns to Scale – CRS**) varsayımı altında toplam teknik etkinlik değeri hesaplanır.

BCC Modeli: Ölçeğe göre değişken getiri (**Variable Returns to Scale – VRS**) durumlarını dikkate alabilmek amacıyla, BCC modeli Banker, vd. (1984) tarafından geliştirilmiştir. Modelde saf teknik etkinlik değeri hesaplanır.

Veri zarflama analizi modelleri ölçeğe göre sabit veya değişken getiri varsayımına göre sınıflanabileceği gibi, girdi veya çıktı odaklı olmasına göre de farklılaşır. VZA'nde model yönelimi, etkinliğin hangi yönden iyileştirileceğini belirler.

Girdi odaklı modeller, çıktıların miktarını sabit tutarak, mevcut çıktıları üretmek için kullanılan girdi miktarının ne kadar azaltılması gerektiğini analiz eder. Bu modellerin amacı, kaynak kullanımını en aza indirerek etkinliğin artırılmasıdır. Analiz sonunda etkin olmayan karar verme birimlerinin hangi girdilerde, ne ölçüde tasarruf sağlaması gerektiği yorumlanır.

Çıktı odaklı modeller girdilerin miktarını sabit kabul ederek mevcut girdi miktarıyla çıktıların ne ölçüde artırılması gerektiğini analiz eder. Buradaki amaç, mevcut kaynakları kullanarak en üst düzeyde çıktıya ulaşılmasıdır. Analiz sonunda etkin olmayan karar verme birimlerinin, hangi çıktılarda ve hangi oranda artış yapmaları gerektiği yorumlanır.

Tablo1’de CCR ve BCC VZA modelleri için girdi odaklı ve çıktı odaklı alt gruplarıyla matematiksel modelleri özetlenmiştir. Gösterimde kullanılan semboller;

i: girdi sayısı (i=1,2,...,m)

r: çıktı sayısı(r=1,2,...,s)

j: karar verme birimi sayısı (j=1,2,...,n)

o: incelenen birim

X_{ij}: girdi değişkenleri (j. karar verme biriminin i. girdisi)

Y_{rj}: çıktı değişkenleri (j. karar verme biriminin r. çıktısı)

v, μ, u, γ : optimal çözümdeki ağırlıklar

Tablo 1: Veri Zarflama Analizi Modelleri

CCR – Ölçeğe Göre Sabit Getiri	
Girdi Odaklı	Çıktı Odaklı
$\max = \frac{\sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{io}} ;$ $\frac{\sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{ij}} \leq 1$ $u_r, v_i \geq 0$	$\min = \sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{io} ;$ $\sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{ij} - \sum_{r=1}^s \mu_r \cdot y_{rj} \geq 0$ $\sum_{r=1}^s \mu_r \cdot y_{ro} = 1$ $\mu_r, v_i \geq 0$
BCC – Ölçeğe Göre Değişken Getiri	
Girdi Odaklı	Çıktı Odaklı
$\min = \sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{io} ;$ $\sum_{r=1}^s \mu_r \cdot y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{ij} - \mu_0 \leq 0$ $\sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{io} = 1$ $\mu_r, v_i \geq \varepsilon$	$\min = \sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{io} - v_0 ;$ $\sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{ij} - \sum_{r=1}^s \mu_r \cdot y_{rj} - v_0 \geq 0$ $\sum_{r=1}^s \mu_r \cdot y_{ro} = 1$ $\mu_r, v_i \geq \varepsilon$

Kaynak: Bozoğlu Batı, Usman ve Ateş, 2024, s.27

3.3. Veri Zarflama Analizinin Adımları

Karar Verme Birimlerinin Tanımlanması: VZA'da ilk adım, etkinlikleri karşılaştırılacak birimlerin – Karar Verme Birimlerinin (KVB) belirlenmesidir. KVB'ler benzer girdileri kullanarak benzer çıktılar üreten, birbirleriyle kıyaslanabilir yapıda olmalıdır.

Girdi ve Çıktı Değişkenlerinin Belirlenmesi: Her KVB'nin performansını değerlendirebilmek için hangi girdileri (kaynakları) kullanarak ve hangi çıktıları ürettiği belirlenmelidir. Girdi ve çıktıların ölçülebilir, karşılaştırılabilir ve analiz amacına uygun olmaları gerekmektedir. Bu değişkenlerin seçiminde hem nicel hem de nitel veriler kullanılabilir.

Modelin Seçimi: KVB'lerinin etkinliklerin hesaplamasında kullanılacak modele karar verilmesi aşamasıdır. CCR modeli sabit getiri varsayımı altında çalışırken, BCC modeli değişen getiri durumlarını dikkate alır. Model seçimi, analiz edilen yapının ölçek etkilerine duyarlılığına göre belirlenmelidir.

Etkinliklerin Hesaplanması ve Sonuçların Yorumlanması: Analiz sonucunda her bir KVB için 0 ile 1 arasında bir etkinlik skoru elde edilir. Skoru 1 olan birimler tam etkin kabul edilirken, 1'in altında kalan birimler etkin değildir ve hangi yönlerden etkinlik sınırının gerisinde kaldıkları analizle belirlenir. Bu sayede etkin olmayan birimler için iyileştirme stratejileri geliştirilebilir.

4. Uygulama

Uygulamada Borsa İstanbul Sürdürülebilirlik 25 Endeksinde yer alan finansal olmayan 20 firma incelenmiştir. Finansal firmaların mali tabloları finansal olmayan firmalardan farklılık gösterdiğinden BİST 25 endeksindeki finansal 5 firma uygulamaya dâhil edilmemiştir.

Çalışmada çıktı odaklı CCR Veri Zarflama Analizi modeli kullanılmıştır. Bu model, her bir karar verme biriminin (KVB) kullandığı girdileri artırmadan, çıktıyı ne kadar fazla üretebileceğini inceler. CCR modeli (Charnes, vd. 1978) Constant Returns to Scale (CRS) – ölçekten bağımsız olarak üretim oranlarının aynı hızla artıp azaldığı varsayımına dayalıdır. Modelin girdileri için firmaların finansal performans göstergeleri (ROA, ROE, stok devir hızı ve net kâr marjı) kullanılmıştır. Modelin çıktıları için ise sürdürülebilirlik performans göstergeleri (ESG skoru, sosyal, yönetim, çevre skorları ve kaynak kullanım, emisyon ve inovasyon skorları) kullanılmıştır. Çalışmanın amacı işletme kârlılığında bir değişim olmaksızın sürdürülebilirlik performansını maksimize etmektir.

Veriler Thomson Reuters Eikon veri tabanından toplanmış ve analiz için DEAP 2.1 programı kullanılmıştır.

Veri Zarflama Analizi yönteminde sonuçların güvenilirliği açısından karar verme birim sayısının girdi ve çıktı sayısının toplamından en az 1 fazla veya bu toplamın 2 katı olması gerekmektedir (Boussofianee, vd. 1991). Çalışmada 20 KVB için 4 girdi ve 7 çıktı tanımlandığından bu koşullar sağlanmaktadır. Bununla birlikte Veri Zarflama Analizi doğrusal programlama temelli bir yöntem

olduğundan negatif değerler analize uygun olmamaktadır. Negatif kâr açıklayan firmaların analize dâhil edilebilmesi için, literatürdeki benzer durumlarda uygulandığı şekilde (Özdemir, 2019; Yalama ve Sayım, 2006; Kula vd., 2009), en büyük mutlak negatif değer kadar bütün değişkenler artırılmıştır.

Çalışmada kullanılan girdi ve çıktı değişkenleri Tablo 2 'de gösterilmektedir.

Tablo 2: Çalışmada Kullanılan Girdi ve Çıktı Değişkenleri

Girdi Değişkenleri	Çıktı Değişkenleri
Aktif Kârlılık – ROA	ESG skoru
Özsermaye Kârlılığı – ROE	ESG – sosyal skoru
Stok devir hız	ESG – yönetim skoru
Net kâr marjı	ESG – çevre skoru
	ESG – E – kaynak kullanımı skoru
	ESG – E – emisyon skoru
	ESG – E – inovasyon skoru

Çalışmaya dâhil edilen firmalara ilişkin bilgiler ve VZA'da girdi ve çıktı değişkenleri olarak alınan finansal ve sürdürülebilirlik performanslarının 2023 yılı için özet istatistikleri Tablo 3 ve Tablo 4'te görülmektedir.

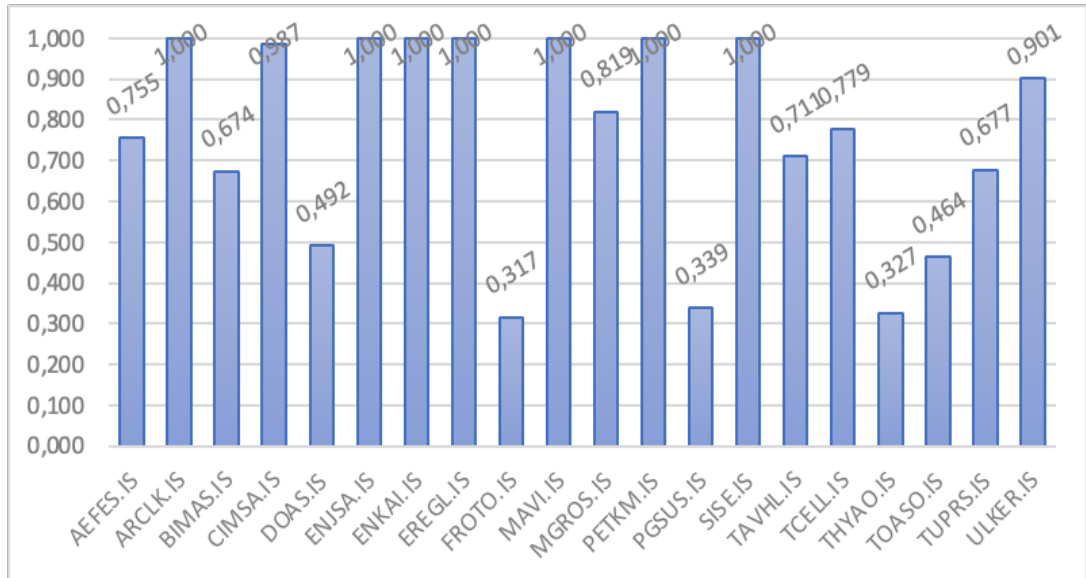
Tablo 3: Çalışmaya konu olan firmalara dair bilgiler

No	KVB	Firma tam ismi	Sektör
1	AEFES.IS	Anadolu Efes Biracılık ve Malt Sanayi A.Ş.	Gıda ve İçecek
2	ARCLK.IS	Arçelik A.Ş.	Dayanıklı Tüketim Malları
3	BIMAS.IS	BİM Birleşik Mağazalar A.Ş.	Perakende Ticaret
4	CIMSA.IS	Çimsa Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş.	İnşaat Malzemeleri
5	DOAS.IS	Doğuş Otomotiv Servis ve Ticaret A.Ş.	Otomotiv
6	ENJSA.IS	Enerjisa Enerji A.Ş.	Enerji
7	ENKAI.IS	Enka İnşaat ve Sanayi A.Ş.	İnşaat ve Taahhüt
8	EREGL.IS	Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları T.A.Ş.	Demir-Çelik
9	FROTO.IS	Ford Otomotiv Sanayi A.Ş.	Otomotiv
10	MAVLI.IS	Mavi Giyim Sanayi ve Ticaret A.Ş.	Tekstil ve Giyim
11	MGROS.IS	Migros Ticaret A.Ş.	Perakende Ticaret
12	PETKM.IS	Petkim Petrokimya Holding A.Ş.	Kimya Sanayi
13	PGSUS.IS	Pegasus Hava Taşımacılığı A.Ş.	Havacılık
14	SISE.IS	Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş.	Cam ve Kimyasallar
15	TAVHL.IS	TAV Havalimanları Holding A.Ş.	Havacılık
16	TCELL.IS	Türkcell İletişim Hizmetleri A.Ş.	Telekomünikasyon
17	THYAO.IS	Türk Hava Yolları A.O.	Havacılık
18	TOASO.IS	Tofaş Türk Otomobil Fabrikası A.Ş.	Otomotiv
19	TUPRS.IS	Türkiye Petrol Rafinerileri A.Ş.	Enerji
20	ULKER.IS	Ülker Bisküvi Sanayi A.Ş.	Gıda ve İçecek

Tablo 4: Finansal ve sürdürülebilirlik performans göstergeleri özet istatistikleri

	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maximum
ROA	32.12	21.90	2.67	90.48
ROE	12.61	9.15	1.66	38.39
Stok devir hızı	27.56	45.64	2.25	207.27
Net kâr marjı	7.19	6.50	-2.55	25.22
ESG skoru	81.14	7.28	64.76	93.54
Sosyal skoru	88.96	7.62	67.48	96.73
Yönetişim skoru	69.62	12.33	35.20	92.34
Çevre skoru	81.18	10.86	55.96	97.58
Kaynak kullanımı skoru	88.89	14.85	43.43	99.88
Emisyon skoru	87.04	8.97	67.72	99.74
İnovasyon skoru	59.81	29.35	0.00	97.66

Çıktı yönlü CCR modeline göre hesaplanan firmaların etkinlik değerleri Şekil 1'de verilmiştir.

Şekil 1: Firmaların CCR etkinlik değerleri

Tablo 5: Çıktı yönlü CCR modeli çözüm değerleri

No	KVB	Firma tam ismi	Etkinlik Değeri	Referans Birim	Dual Ağırlıklar
1	AEFES.IS	Anadolu Efes Biracılık ve Malt Sanayi A.Ş.	0,755	10, 2,8	0.050 0.676 0.826
2	ARCLK.IS	Arçelik A.Ş.	1,000	2	1
3	BIMAS.IS	BİM Birleşik Mağazalar A.Ş.	0,674	2, 14, 6	0.443 0.953 0.130
4	CIMSA.IS	Çimsa Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş.	0,987	7, 14, 2, 6	0.316 0.532 0.180 0.091
5	DOAS.IS	Doğuş Otomotiv Servis ve Ticaret A.Ş.	0,492	2, 12, 8	2.050 0.147 0.022
6	ENJSA.IS	Enerjisa Enerji A.Ş.	1,000	6	1
7	ENKAL.IS	Enka İnşaat ve Sanayi A.Ş.	1,000	7	1
8	EREGL.IS	Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları T.A.Ş.	1,000	8	1
9	FROTO.IS	Ford Otomotiv Sanayi A.Ş.	0,317	2, 6	3.081 0.019
10	MAVI.IS	Mavi Giyim Sanayi ve Ticaret A.Ş.	1,000	10	1
11	MGROS.IS	Migros Ticaret A.Ş.	0,819	14, 12, 2, 8	0.227 0.312 0.770 0.101
12	PETKM.IS	Petkim Petrokimya Holding A.Ş.	1,000	12	1
13	PGSUS.IS	Pegasus Hava Taşımacılığı A.Ş.	0,339	2, 8, 6	1.227 1.352 0.942
14	SISE.IS	Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş.	1,000	14	1
15	TAVHL.IS	TAV Havalimanları Holding A.Ş.	0,711	8, 2, 6	1.329 0.493 0.222
16	TCELL.IS	Turkcell İletişim Hizmetleri A.Ş.	0,779	7, 8, 6	0.126 0.056 1.228
17	THYAO.IS	Türk Hava Yolları A.O.	0,327	8, 14, 12, 2, 6	0.687 1.792 0.047 0.648 0.432
18	TOASO.IS	Tofaş Türk Otomobil Fabrikası A.Ş.	0,464	12, 14, 2, 6	0.532 0.269 1.437 0.004
19	TUPRS.IS	Türkiye Petrol Rafinerileri A.Ş.	0,677	12, 14, 2, 6	0.193 0.388 0.787 0.135
20	ULKER.IS	Ülker Bisküvi Sanayi A.Ş.	0,901	8, 2, 6	0.878 0.713 0.019

Tablo 5'ten çıktı odaklı CCR modeline göre Bist Sürdürülebilirlik 25 endeksindeki çalışmaya dâhil edilen 20 firmadan 7 tanesinin tam etkin olduğu görülmektedir. Etkinliklerin ortalamasının üzerinde 11 firma yer alırken, 9 firma ortalama etkinliğin altında kalmıştır. Etkin olmayan firmaların etkin olabilmesi için referans almaları gereken Karar Verme Birimi numaraları Referans Birim sütununda gösterilmiştir. Dual Ağırlık değerleri ise etkin olmayan firmaların, etkin olan referans firmaları hangi oranda referans almaları gerektiğini göstermektedir. Örneğin Anadolu Efes Biracılık ve Malt Sanayi A.Ş.'nin etkin olabilmesi için KVBNo:10-Mavi Giyim Sanayi ve Ticaret A.Ş., KVBNo:2-Arçelik A.Ş. ve KVBNo:8-Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları T.A.Ş. firmalarını sırasıyla 0,050 ; 0,676 ve 0,826 oranlarında referans alması gerekir.

Referans alınan firmaların 1.Çıktı değerleri (ESG puanları) Mavi Giyim Sanayi ve Ticaret A.Ş. 82,57; Arçelik A.Ş. 88,11 ve Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları T.A.Ş. 64,76'dır. Bu değerler sırasıyla tablo4'te gösterilen dual ağırlıklar 0,050; 0,676 ve 0,826 ile çarpılarak toplamı alındığında etkin olmayan Anadolu Efes Biracılık ve Malt Sanayi A.Ş. için 1.çıktı olan ESG skoru için hedef değer bulunur 117,1826.

Anadolu Efes Biracılık ve Malt Sanayi A.Ş.'nin 1.çıktı için mevcut durumda değeri 81,630'dur. Firmanın 1.çıktı için hesaplanan hedef değere (117,1826) ulaşabilmesi için gerekli iyileştirme oranı "hedef değer – mevcut puan) / mevcut puan" şeklinde hesaplandığında Anadolu Efes Biracılık ve Malt Sanayi A.Ş.'nin ESG skorunu %43,55 oranında iyileştirmesi gerektiği görülür.

Etkin olmayan firmalar için çıktıların Deap programı ile bulunan hedef değerleri ve bu çıktıda gereken iyileştirme oranları Tablo 6'da gösterilmiştir. Bu hedef değerler firmaların kârlılıklarında değişiklik olmaksızın sürdürülebilirlik performanslarını nasıl yükseltebilecekleridir.

Tablo 6: Etkin olmayan firmalar için çıktıların hedef değerleri ve iyileştirme oranları

No	KVB	Hedef Değerler							İyileştirme Oranları						
		Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5	Ç6	Ç7	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5	Ç6	Ç7
1	AEFES.IS	117,18	123,71	105,53	118,77	107,94	140,73	70,34	43,5%	32,5%	50,7%	61,9%	38,9%	86,5%	32,5%
3	BIMAS.IS	123,97	130,13	98,53	134,14	144,29	131,78	129,22	85,3%	59,6%	179,9%	55,4%	48,3%	72,0%	65,9%
4	CIMSA.IS	92,74	98,42	74,66	99,01	105,78	99,21	93,87	15,6%	12,8%	6,1%	23,7%	48,2%	25,9%	1,3%
5	DOAS.IS	193,66	206,02	149,82	212,55	214,11	211,07	212,38	176,0%	158,5%	103,1%	279,8%	140,3%	152,7%	829,8%
9	FROTO.IS	273,18	289,96	209,21	302,24	308,28	297,76	301,89	226,5%	215,2%	222,6%	248,2%	218,6%	250,3%	262,3%
11	MGROS.IS	116,64	124,39	94,22	124,11	121,62	127,28	120,03	31,7%	32,4%	22,1%	34,7%	22,1%	35,1%	58,7%
13	PGSUS.IS	278,21	292,40	262,40	276,41	274,39	321,61	167,49	240,1%	267,1%	195,1%	253,3%	248,6%	254,3%	235,0%
15	TAVHL.IS	148,93	156,13	144,89	144,58	128,80	183,97	0,00	77,2%	64,1%	86,5%	95,5%	40,6%	136,7%	-
16	TCELL.IS	122,28	128,47	126,17	115,22	136,50	127,97	73,02	45,7%	41,6%	83,2%	34,3%	40,6%	28,3%	28,3%
17	THYAO.IS	281,54	295,15	240,67	293,69	304,48	311,23	238,37	234,7%	206,0%	302,5%	227,3%	206,0%	219,0%	376,7%
18	TOASO.IS	189,93	202,96	150,56	203,97	201,84	204,64	207,16	140,8%	127,7%	157,5%	152,7%	115,4%	115,4%	213,6%
19	TUPRS.IS	126,47	134,17	102,15	135,34	139,58	135,48	132,07	62,7%	47,6%	59,3%	90,5%	47,6%	58,4%	434,3%
20	ULKER.IS	121,25	127,58	109,93	122,80	110,82	147,12	70,54	29,6%	31,9%	27,0%	29,4%	11,0%	50,2%	29,4%

Tablo 6 incelendiğinde etkin olmayan firmaların etkinlik değerlerini yükseltmeleri için en yoğun olarak “inovasyon skoru” değerini arttırmaları gerekmektedir. “kaynak kullanım skoru” ise iyileştirmeye en az ihtiyaç duyulan çıktı olarak görülmektedir.

Tabloda kullanılan kısaltmalar

Ç1: ESG skoru

Ç2: Sosyal skoru

Ç3: Yönetişim skoru

Ç4: Çevre skoru

Ç5: Kaynak kullanımı skoru

Ç6: Emisyon skoru

Ç7: Inovasyon skoru

Tablo 7: Etkin firmaların referans olma sıklıkları

No	KVB	Firma tam ismi	Referans olma sıklığı
2	ARCLK.IS	Arçelik A.Ş.	12
6	ENJSA.IS	Enerjisa Enerji A.Ş.	10
7	ENKAL.IS	Enka İnşaat ve Sanayi A.Ş.	2
8	EREGL.IS	Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları T.A.Ş.	8
10	MAVL.IS	Mavi Giyim Sanayi ve Ticaret A.Ş.	1
12	PETKM.IS	Petkim Petrokimya Holding A.Ş.	5
14	SISE.IS	Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş.	6

Tablo 7’de referans gruplarında yer alan etkin firmalara ait sıklıklar verilmiştir. Bu tabloya göre referans olarak en çok Arçelik A.Ş. ve Enerjisa Enerji A.Ş. geçmektedir. Bu göstermektedir ki, etkin olmayan şirketler, etkin sınırına ulaşabilmek için Arçelik A.Ş. ve Enerjisa Enerji A.Ş. firmalarını referans alarak çıktılarını iyileştirmelidir.

5. Sonuç

Bu çalışmada, işletmelerin sürdürülebilirlik (ESG) alanında gösterdikleri performansları ile finansal göstergeleri birlikte ele alınarak, firmaların bu çoklu çıktı ve girdi yapısı altında göreceli etkinlik düzeyleri değerlendirilmiştir. Bu amaçla, çıktı yönelimli (CCR) Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemi kullanılmıştır. Yöntemin uygulamasına yönelik olarak Borsa İstanbul (BIST) Sürdürülebilirlik 25 Endeksi’nde yer alan, finans sektöründe olmayan 20 firma çalışmanın kapsamını oluşturmaktadır. Söz konusu firmaların 2023 yılına ait finansal göstergeleri ile ESG skorları VZA yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmada girdi değişkenleri olarak ROA, ROE, stok devir hızı ve net kâr marjı kullanılmıştır. Çıktı değişkenleri olarak da analizde toplam ESG skorunun yanı sıra sosyal, yönetim, çevre, kaynak kullanımı, emisyon ve inovasyon alt bileşenlerine ait skorlar değerlendirmeye alınmıştır. Yapılan analiz, BIST Sürdürülebilirlik Endeksinde yer alan 20 firmadan sadece yedisinin tam etkinlik düzeyinde olduğunu ortaya koymuştur. Geri kalan on üç firmanın ise çeşitli ESG boyutları söz konusu olduğunda anlamlı iyileştirmeye ihtiyacı içerisinde oldukları görülmüştür.

Arçelik, Enerjisa, Enka, Ereğli Demir Çelik, Mavi, Petkim ve Şişecam söz konusu yedi etkin firmayı oluştururken bu firmalardan dördü (Arçelik, Enerjisa, Petkim ve Şişecam) birçok şirket tarafından referans alınması önerilen şirketler listesine girmiştir. Bu durum söz konusu firmaların sektörlerinin ötesinde bir sürdürülebilirlik profiline sahip olduklarını ortaya çıkartmıştır.

Çalışmada etkin olmayan firmalar için referans birimleri belirlemeye ek olarak dual ağırlıklar ile hedef değerler belirlenmiştir. Etkin olmayan firmaların tüm ESG bileşenleri için mevcut skorları ile hedef skorları üzerinden iyileştirme oranları hesaplanmıştır. İyileştirme oranları söz konusu firmaların etkin hale gelebilmeleri için gerekli asgari skor artış düzeyini temsil etmektedir. İyileştirme oranlarının ortalamaları incelendiğinde ise en büyük artış gereksinimlerinin inovasyon (%197,5) bileşeninde olduğu görülmüştür. Çevre skoru da (%122,1) ortalama iyileştirme oranlarının ortalamasının (%121,6) üstündedir. Yönetişim (%115,1) ve emisyon (%114,2) bileşenleri ise ortalamanın altında kalsalar da aralarındaki farkın oldukça küçük olduğu görülmüştür. Bu bulgu bize, çalışmanın örneklemini

oluşturan yirmi firma için, sürdürülebilirlik stratejilerinin kurumsal yapı (yönetişim) ve uzun dönemli dönüşüm kapasitesi (inovasyon, çevre ve emisyon) açısından henüz olgunlaşmadığını göstermektedir.

Modelin en dikkat çekici ve öğretici örneklerinden biri, Ereğli Demir Çelik ile Ülker arasındaki karşılaştırmalı değerlendirme sonucu ortaya çıkmaktadır. Yapılan analiz sonucunda Ereğli Demir Çelik etkin firma olarak belirlenirken, Ülker etkin olmayan grupta kalmıştır. Oysa ESG skorunun yanı sıra alt bileşenlerin skorlarına bakıldığı zaman Ereğli Demir Çelik firmasının tüm kategorilerde aldığı skorlar ortalama skorların oldukça altında olmasının yanı sıra yedi çıktı bileşeninin 5'inde en düşük skora sahiptir. Ayrıca söz konusu yedi bileşenin tümünde Ülker, Ereğli'den daha yüksek skorlara sahiptir. Ülker firmasının inovasyon skoru hariç diğer altı çıktı skoru ortalamasının üstünde olmasına rağmen Ülker, VZA yöntemine göre etkin olmayan firma olarak tespit edilmiştir. Bu durum bize VZA yönteminin nispi verimlilik esasına dayalı yapısını açıkça göstermektedir. Ereğli, düşük skorlarına rağmen referans firmalara göre değerlendirildiğinde aynı seviyede girdi kullanarak daha yüksek çıktılara ulaşmıştır. Buna karşın, Ülker, yüksek skorlarına rağmen referans firmalara göre değerlendirildiğinde aynı seviyede girdi kullanarak daha düşük çıktılara ulaşmıştır.

Çalışmamız, şirketlerin sürdürülebilirlik uygulamalarına hem yöntemsel hem de uygulamalı katkı sunmayı hedeflemiştir. Yöntemsel açıdan, firmaların ESG performanslarının mutlak skorlar yerine nispi etkinlik temelli çoklu çıktı yapısı ile değerlendirilmesi önerisini getirmektedir. Uygulama olarak, özellikle etkin olmayan firmaların ESG bileşenlerinin her birine yönelik olarak hedef skorlar belirlenerek, referans firma analizlerinin desteklediği ESG iyileştirme yönelimleri tanımlanmıştır. Sonuç olarak çalışmamız, işletmelerin ESG performanslarının çok kriterli ve çıktı odaklı bir yaklaşımla değerlendirilmesini öneren bütünlüklü bir yaklaşım sunmaktadır.

Buna karşın, gelecekte yapılacak olası araştırmalar bu yaklaşımı farklı açılardan geliştirip derinleştirebilir. İlk olarak, çalışmamızda sürdürülebilirlik çabalarının değerlendirilmesinde zaman boyutu modele dâhil edilmemiştir. Dinamik VZA yöntemi kullanılarak, sadece bir kesit olarak durum değerlendirmesi yapmak yerine ESG performansının yıllar içerisindeki değişimleri açığa çıkartılabilir. Bir diğer nokta, ESG bileşenleri çoğu çalışmada olduğu gibi çalışmamızda da bağımsız ve eş ağırlıklı olarak modele dâhil edilmiştir. Bunun yerine VZA modeli içerisinde çok kriterli karar verme (MCDM) yöntemleri kullanılarak söz konusu bileşenlerin belirli ağırlık ve etkileşimlerle değerlendirmeye alınması sağlanabilir. Son olarak, sektörlere has özellik ve koşullar ile sürdürülebilirlik skorları arasında ortaya çıkan yapısal uyumsuzluklar, çalışmamızda da görüldüğü gibi firmaların etkinlik değerlendirmelerini etkileyebilmektedir. Bunun yerine firmaların önceden belirlenmiş sektörel gruplar altında analiz edilmesi bu olumsuzluğu ortadan kaldıracaktır. Bizim çalışmamız açısından uygulanması mümkün olmasa da Gruplandırılmış VZA yönteminin kullanılması, uygun koşullarda, her sektör için daha adil kıyaslamalar yapma imkânını sağlayabilir.

Bu çalışmada elde edilen etkinlik skorları, firmaların piyasa değerlendirme göstergeleri ile (örn. Tobin's Q, P/E rasyoları, piyasa değeri, vb.) ilişkilendirilmemiştir. Bir sonraki adımda sürdürülebilirlik etkin skorları ile yatırımcı davranış ve yatırım kararları arasında bir ilişki olup olmadığı incelenebilir.

Bir ilişki bulunması durumunda sürdürülebilirlik çabalarının etik sonuçlarının olmasının yanı sıra firmalar için finansal stratejileri için de bir anlam kazanacağı söylenebilecektir.

Kaynakça

- Banker, R.D., Charnes, A., Cooper, W.W., (1984), Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis, *Management Science*, Vol. 30, No. 9, pp. 1078-1092
- Barros, C. P., Liang, Q. B., & Peypoch, N. (2011). Technical efficiency in the Chinese banking sector. *Economic Modelling*, 28(5), 2083–2089. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2011.04.003>
- Borsa İstanbul. (2021). BİST Sürdürülebilirlik Endeksi Rehberi. Available at: <https://www.borsaistanbul.com>
- Boussofiane, A., Dyson, R., Rhodes, E. (1991). Applied data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*. 2, 1 – 15.
- Boz, D., & Duran, C. (2019). Kurumsal Sosyal Sorumluluk ve Kurumsal Yönetim Arasındaki Etkileşimin Veri Zarflama İle Analizi: BİST Kurumsal Yönetim Endeksindeki Firmalar Üzerinde Bir Uygulama. *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 14(54), 119-126.
- Bozoğlu Batı, G., Usman, Ö., & Ateş, S. (2024). Firmaların Sürdürülebilirlik Performansları Bağlamında Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi İle Ölçülmesi. *Journal of Research in Business*, 9(1), 18-38.
- Brundtland, G.H. (1987). *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*. Oxford: Oxford University Press.
- Bulak, M. E., Sezgin, F. H., & Çiftçi, F. S. (2022). Global ölçekte faaliyet gösteren havalimanlarının göreceli sürdürülebilirlik analizi Relative sustainability analysis of global-scale airports.
- Cook, W. D., Seiford, L.M. (2009) Data envelopment analysis (DEA) – Thirty years on, *European Journal of Operational Research*, Volume 192, Issue 1, 1-17
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Zhu, J. (Eds.). (2014). *Handbook on data envelopment analysis*. Springer Science & Business Media
- Coelli, T. (1996), “A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program”, Centre for Efficiency and Productivity Analysis CEPA Working Paper, 08/1996.
- Charnes, A., Cooper, W.W. and Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), pp.429–444.
- Dağ, S., & Kabadayı, N., (2009). Supplier performance evaluation with data envelopment analysis: A case study in manufacturing company . 7. International Logistic and Supply Chain Congress, (pp.232-239). , Turkey
- Demirhan, A., & Çağlar, Ö. Ü. M. (2022). Türkiye’de İmalat Sanayi Sektöründeki Firmaların, Covid19 Pandemi Dönemindeki (2019-2020) Etkinlik Performanslarının Veri Zarflama Analizi İle İncelenmesi. *Sosyal, Beşeri ve İdari Bilimler Alanında Gelişmeler* 1, (pp.245-264), Ankara: Platanus.
- Emrouznejad, A., & Gholamhossein-Lajimi, H. (2018). A survey of data envelopment analysis in banking. *European Journal of Operational Research*, 271(1), 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.03.030>
- Farrell, M.J. (1957), The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)*, 120: 253-281. <https://doi.org/10.2307/2343100>
- Friede, G., Busch, T., & Bassen, A. (2015). ESG and financial performance: aggregated evidence from more than 2000 empirical studies. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, 5(4), 210–233. <https://doi.org/10.1080/20430.795.2015.1118917>
- FTSE Russell. (2020). Guide to ESG Ratings and Methodologies. Available at: <https://www.ftserussell.com>
- Gürbüz, E., & Dumlu, H. (2018). BİST Sürdürülebilirlik Endeksindeki Şirketlerin Etkinliklerinin Ölçülmesi: Veri Zarflama Analizi İle Bir Uygulama. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 10(2), 223–244.

- Hancıoğlu, Y., & Türkoğlu, S. P. (2017). Değişen Rekabet Anlayışı ve Sürdürülebilirliğin İşletmeler Üzerindeki Etkileri Ve BİST Sürdürülebilirlik Endeksi'ndeki İşletmelerin Etkinliğinin Araştırılması. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 237-252.
- Hou, J., Lu, Y., & Hung, S. (2019). Environmental efficiency analysis of energy sectors: A DEA approach. *Energy Policy*, 129, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.01.001>
- ISS ESG. (2023). Corporate Rating Methodology. Available at: <https://www.issgovernance.com>
- Kaya Samut, P. (2023). Efficiency Determinants in Healthcare: A Systematic Review With an Integrated Canonical Correlation Analysis–Data Envelopment Analysis/Assurance Region Model, *JOURNAL OF HEALTHCARE MANAGEMENT*, cilt.68, sa.5, ss.356-375
- Kılınç, Z., & Konaşkan, A. (2022). Veri Zarflama Analizi Yöntemiyle BIST Sürdürülebilirlik Endeksindeki İşletmelerin Etkinliklerinin Ölçülmesi. *Kamu Ekonomisi ve Kamu Mali Yönetimi Dergisi*, 2(1), 31-40.
- Kula, V., Kandemir, T. ve Özdemir, L. (2009). VZA Malmquist Toplam Faktör Verimlilik Ölçüsü: İmkb'ye Koteli Çimento Şirketleri Üzerine Bir Araştırma. *Selçuk Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 9(17), 187-202.
- MSCI ESG Research. (2023). MSCI ESG Ratings Methodology. Available at: <https://www.msci.com>
- Okursoy, A. Tezsürücü, D. (2014). Veri Zarflama Analizi ile Görelî Etkinliklerin Karşılaştırılması: Türkiye'deki İllerin Kültürel Göstergelerine İlişkin Bir Uygulama. *Yönetim Ve Ekonomi Dergisi*, 21(2), 1-18. <https://doi.org/10.18657/yecbu.92031>
- Özçelik, H., & Kandemir, B. (2017). Veri Zarflama Analizi ve İmalat Sektöründe Bir Uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22(1), 43-53.
- Özden, Ü. (2009). Veri zarflama analizi (VZA) ile Türkiye'deki vakıf üniversitelerinin etkinliğinin ölçülmesi. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 37(2), 167-185.
- Özdemir, L. (2019). Bist Sürdürülebilirlik Endeksinde Yer Almanın Verimlilik Üzerine Etkisi: VZA Malmquist Toplam Faktör Verimlilik Analizi. *Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(1), 33-45
- Özkan, M., & Özcan, A. (2018). Veri zarflama analizi (VZA) ile seçilmiş çevresel göstergeler üzerinden bir değerlendirme: OECD performans incelemesi. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 16(32), 485-508.
- Quan, X., Zhang, Y., & Li, H. (2022). Evaluating sustainability performance of manufacturing firms using data envelopment analysis. *Journal of Cleaner Production*, 330, 129–140. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129140>
- PRI. (2006). Principles for Responsible Investment. Available at: <https://www.unpri.org>
- Sustainalytics. (2023). ESG Risk Ratings Overview. Available at: <https://www.sustainalytics.com>
- Tüfekçi, N., & Sezen, B. (2017). İmalat sanayi işletmelerinin üretim etkinliklerinin veri zarflama analizi ile değerlendirilmesi. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 9(3), 1–15.
- UN. (1992). Agenda 21: Rio Declaration on Environment and Development. United Nations Conference on Environment and Development.
- UNGC (United Nations Global Compact). (2004). Who Cares Wins: Connecting Financial Markets to a Changing World.
- Vigeo Eiris (Moody's ESG Solutions). (2023). ESG Assessment Framework Overview. Available at: <https://esg.moody's.io>
- Yalama, A., ve Sayım, M. (2006). Veri Zarflama Analizi (VZA) Yöntemi İle Temel Analiz: Türkiye'de İMKB'ye Kote İmalat Sektörü Üzerine Ampirik Bir Uygulama, 10. Ulusal Finans Sempozyumu, İzmir, 01-04 Kasım.
- Zhou, P., Ang, B. W., & Poh, K. L. (2008). A survey of data envelopment analysis in energy and environmental studies. *European Journal of Operational Research*, 189(1), 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.04.038>

CORPORATE SUSTAINABILITY EFFICIENCY: EVALUATING ESG AND FINANCIAL PERFORMANCE USING DATA ENVELOPMENT ANALYSIS

Elif BİLGİN^{*} 
Erdal YILMAZ^{**} 

Sustainability has gradually established itself as a strategic pillar of modern corporate management, intertwining environmental responsibility, social equity, and robust governance in pursuit of long-term value creation. While the notion of sustainability had appeared in earlier corporate discourses, its adoption at a global scale can be traced back to the 1987 United Nations World Commission on Environment and Development report titled *Our Common Future*, widely known as the Brundtland Report. In this landmark document, sustainable development was defined as “meeting the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs” (Brundtland, 1987). This definition assumes—and simultaneously emphasizes—that the pursuit of continuous economic growth, a core dynamic of the capitalist model, must be achieved within the boundaries of environmental limits and social equity.

Following the 1992 Rio Earth Summit, also organized under the auspices of the United Nations, the concept of sustainability began to extend beyond environmental policy and became a vital element in the long-term strategic planning of companies and institutions (UN, 1992). By the turn of the millennium, sustainability had evolved into a key factor not only in public policymaking but also in private sector decision-making, influencing risk management, brand positioning, and investor relations. From this point forward, the acronym ESG—referring to Environmental, Social, and Governance dimensions—started gaining prominence in corporate decision-making. In Turkish, ESG is translated as “Çevresel, Sosyal ve Yönetişim.” These three pillars of sustainability draw attention not only to a company’s economic performance but also to the environmental and social impact it generates in the process. This perspective foregrounds the need for companies to be evaluated not solely through financial indicators but also through their responsibilities toward society, the environment, and their institutional integrity.

* Assistant Professor, Marmara University, Faculty of Business Administration, Istanbul, E-Mail: ebilgin@marmara.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-5823-3822.

** Assistant Professor, Marmara University, Faculty of Business Administration, Istanbul, E-Mail: erdalyilmaz@marmara.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-7730-2096.

Although ESG was largely integrated into corporate investment decisions through the launch of the United Nations' Principles for Responsible Investment (PRI, 2006), a pivotal milestone was also marked by the 2004 report *Who Cares Wins* (UNGC, 2004). Today, ESG constitutes the core reference framework for sustainable investment practices and is considered a fundamental component of both financial and strategic decision-making processes.

Accompanying this conceptual shift—shaped by the pressing realities of unsustainability—systematic approaches for evaluating sustainability have also begun to emerge. In this context, the BIST Sustainability Index was developed in alignment with similar international indices, including companies that meet certain sustainability performance criteria (Borsa İstanbul, 2021). Such sustainability-focused indices have played a critical role in the development and widespread adoption of tools for assessing sustainability at the corporate level.

This study aims to explore this strategic relationship by methodologically linking ESG scores with financial indicators, moving beyond solely descriptive assessments. Using an output-oriented CCR DEA model, we analyze how effectively companies generate ESG outcomes from financial inputs, thereby assessing their relative efficiency in both financial and sustainability terms.

The empirical analysis focuses on 20 non-financial companies listed in the BIST Sustainability 25 Index. Financial institutions were excluded due to fundamental differences in their financial reporting structures. The input-oriented CCR DEA model, which assumes constant returns to scale (CRS), examines the extent to which a decision-making unit (DMU) can increase its outputs without increasing its inputs. The inputs used in the model include key financial performance metrics: Return on Assets (ROA), Return on Equity (ROE), inventory turnover, and net profit margin. The outputs comprise sustainability performance indicators, including the overall ESG score and its subcomponents: social, governance, and environmental scores, as well as metrics related to resource use, emissions, and innovation. The study aims to determine how sustainability performance can be maximized without compromising firm profitability.

Data were collected from the Thomson Reuters Eikon database, and the analysis was conducted using the DEAP 2.1 software package.

The results reveal that only seven of the 20 companies achieved full efficiency within the BIST Sustainability Index framework. The remaining 13 firms demonstrated a need for significant improvement across various ESG dimensions. Eleven firms performed above the average efficiency level, while nine fell below. For the inefficient firms, the DEAP model provided target values for ESG outputs, indicating the specific improvement levels required to achieve efficiency. These targets reflect the potential for enhancing sustainability performance without altering profitability. The fully efficient firms identified were Arçelik, Enerjisa, Enka, Ereğli Demir Çelik, Mavi, Petkim, and Şişecam. Among them, four firms—Arçelik, Enerjisa, Petkim, and Şişecam—were identified as benchmark companies, whose performance profiles exceed sectoral expectations and could serve as role models for others.

In addition, the study identified reference units and utilized dual weights to calculate the target output levels for inefficient firms. For each ESG subcomponent, improvement rates were calculated by comparing current scores to DEA-generated targets. These rates represent the minimum increase required for firms to reach efficiency. On average, the highest improvement requirement was found in the innovation dimension (197.5%), followed by the environmental score (122.1%), both exceeding the overall average improvement rate of 121.6%. Governance (115.1%) and emissions (114.2%) fell just below this average, with marginal differences between them. These findings suggest that sustainability strategies among the 20 analyzed firms exhibit limited maturity in key areas, particularly corporate structure (governance) and long-term transformation capacity (innovation, environmental performance, and emissions management).