

# OECD ÜLKELERİNDE BİYOKÜTLE ENERJİ ÜRETİMİNİN ÇOK BOYUTLU ÖLÇEKLEME ANALİZİ İLE İNCELENMESİ

Taner ERSÖZ<sup>\*, a</sup>, Medine Nur TÜRKÖĞLU ELİTAŞ<sup>b</sup> Filiz ERSÖZ<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Karabük Üniversitesi İşletme Fak. Aktüerya ve Risk Yönetimi Böl. Karabük

<sup>b</sup>Karabük Üniversitesi Mühendislik Fak. Endüstri Mühendisliği Böl. Karabük

\*Taner ERSÖZ, tanerersoz@karabuk.edu.tr

## Özet

Bu çalışmada OECD'ye (Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü) üye ülkelerin biyokütle enerjisi üretim değerleri (milyar kWh) bakımından birbirlerine göre benzerliklerin ya da farklılıkların ortaya konulması ve bu benzerliklerin temel alınarak iki ya da daha fazla gruplar halinde bölünmesi amaçlanmıştır. Yapılan Çok Boyutlu Ölçekleme Analizi sonucunda; birincil boyutta Doğu Almanya, Guam, Hawaai Ticaret Bölgesi ve İzlanda en yüksek değerli pozitif değere sahip ilk 4 ülke olduğu görülmüştür. Türkiye ise 0' a yakın puanıyla diğer ülkelerle benzerlik taşımaktadır. İkinci boyutta Almanya'nın 1'in üzerinde pozitif yüklü değerle bu boyuttaki en önemli ayrıştırıcı olduğu saptanmıştır. Farklılık matrisine bakıldığında, Porto Riko ile İsrail, Lüksemburg ile Doğu Almanya, Virgin Adaları ile Slovenya, Türkiye ile Yunanistan ve Slovakya ile Estonya 0'a yakın değerlerle birbirlerine benzer ülkeler olarak karşımıza çıkmıştır.

**Anahtar sözcükler:** OECD biyokütle enerji üretimi; Çok boyutlu ölçekleme analizi.

## Investigation of Multidimensional Scaling Analysis of Biomass Energy Generation inn OECD Countries

### Abstract

In this study, the OECD (Economic Cooperation and Development Organization) member countries of biomass energy to reveal the differences or similarities to each other in terms of production values and on the basis of the similarity of two or intended to split into more than one group. According to multidimensional scaling analysis result; primary dimension in East Germany, Guam, Iceland Hawaa Trade Zone and was seen as the first 4 countries with the most significant positive value. Turkey bears close resemblance to 0 score with other countries. A second dimension Germany's 1 wherein the positive charge value is found to be most important in this size separator. When the difference matrix, Puerto Rico and Israel, Luxembourg and East Germany, Virgin Islands, Slovenia, Estonia and Slovakia, Turkey and Greece as countries with similar, with values closer to 0 has emerged.

**Keywords:** OECD Biomass energy production; Multidimensional scaling analysis.

## 1. Giriş

Enerji, her hangi bir mal ya da hizmet üretiminde kullanılması zorunlu bir girdi olarak ülkelerin refahının artmasında son derece önemli bir unsurdur. Ülkelerin kalkınma düzeylerini gösteren temel unsurlardan biri olarak kabul edilmektedir. Eğitim, sağlık, ulaşım ve altyapı hizmetlerinin sunumunda, sınai ve işlenmiş tarımsal ürün üretiminde, ekonomide verimliliğin artırılmasında, beslenme, ısınma ve barınma gibi ihtiyaçların giderilmesinde sağladığı imkanlar göz önünde bulundurulduğunda enerjinin önemi daha da ön plana çıkmaktadır.

Günlük yaşamda her aşamada kullanım alanı bulan enerji; kimyasal, nükleer, mekanik (potansiyel ve kinetik), termal (ısı), jeotermal, hidrolik, güneş, rüzgar, elektrik enerjisi gibi değişik şekillerde bulunabilmekte ve uygun yöntemlerle birbirine dönüştürülebilmektedir. Kullanışlarına göre enerji kaynakları yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları olarak ikiye ayrılmaktadır. Yenilenemez enerji kaynakları, kısa bir gelecekte tükenileceği öngörülen enerji kaynakları olup fosil kaynaklılar ve çekirdek kaynaklılar olmak üzere iki farklı şekilde sınıflandırılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları ise; oldukça uzun sayılabilecek bir gelecekte tükenmeden kalabilecek, kendisini yenileyebilen kaynakları ifade etmektedir [1]. Yenilenebilir enerji kaynakları yerli nitelikli

oluşu, yakıt maliyetinin düşük olması, temiz ve çevreci özellikleri ile öne çıkmaktadır [2]. Yenilenebilir enerji kaynakları, yenilenebilir oluşları, en az düzeyde çevresel etki yaratmaları, işletme ve bakım masraflarının az olması ve ulusal nitelikleri ile güvenilir enerji sağlama özellikleri ile dünya ve ülkemiz için önemli bir yere sahiptir [3].

Dünyadaki nüfus artışı ve gelişen teknolojiyle beraber enerjiye olan gereksinim günden güne artmaktadır. Bu durum yeni enerji kaynakları bulma ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Toplumların gelişmesiyle birlikte enerjinin elde edilmiş biçimi ve kullanım alanlarında farklılıklar, değişimler ve gelişmeler yaşanmıştır [1]. Bu anlamda mevcut enerji kaynaklarına ek olarak son yıllarda biyokütle enerjisi üretimi ile bu soruna alternatif çözümler aranmıştır. Biyokütle enerjisi çevre ile dost sürdürülebilir enerji üretimini ve çevre yönetimini sağlayan, kalkınmayı hedefleyen özellikleri ile tüm dünyada geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Bu sebeple Türkiye’de de biyokütlenin enerji üretiminde değerlendirilmesi konusu önem kazanmıştır [4]. Biyokütle enerjisi: Bitkisel ve hayvansal artıklardan oluşan tüm maddeler biyokütle enerji kaynağı, bu kaynaklardan üretilen enerji ise biyokütle enerjisidir [5].

Biyokütlenin, sahip olduğu büyük potansiyeli, farklı sosyal ve ekonomik faydaları nedeniyle geleceğin en önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi olduğu düşünülmektedir. Biyokütle doğrudan ısınma ve elektrik amacıyla kullanılabilir, katı, gaz ve likit yakıtla çevrilebilmektedir. Ayrıca biyokütleden faydalanılarak hidrojen üretmek için ağaç işleme, ormancılık, tarım artıkları, belediye ve hayvan atıkları ve/veya bitkileri biyolojik madde olarak da kullanılabilir [6]. Endüstri, tarım ve orman artıkları biyokütle olarak kullanılabilir, buna ek olarak ağaç ve şeker kamışı gibi enerji üreten bitkiler yalnızca enerjiye dönüştürülerek kullanılmak amacıyla üretilmektedir ve bu konuda yenilenebilir enerji uygulamaları için yapılan ve yapılacak olan çalışmaların devletle işbirliği içinde olması kaçınılmazdır [7].

Yukarıdaki açıklamalar ışığında biyokütlenin ülkelerin enerji gelişimi açısından önemi vurgulanmış olup, bu konuda yapılan çalışmaların yetersizliği sebebiyle bu çalışma yapılmıştır. Yapılan analizler yardımıyla biyokütle ve yenilenebilir enerji konusuna daha fazla dikkat çekilmek istenmiştir. Böylelikle bundan sonra yapılacak olan çalışmalara ışık tutmak ve enerji sektöründeki analizlere yardımcı olunması amaçlanmıştır. Aşağıda biyokütle konusunda daha ayrıntılı araştırmalar yer almaktadır.

### 1.1. Biyokütlenin Tanımı

Biyokütle terimi çok geniş anlamda yaşayan organizmalardan üretilen madde anlamına gelmektedir. Dünyanın çoğalan nüfusu ve sanayileşmesi ile giderek artan enerji gereksinimini çevreyi kirletmeden ve sürdürülebilir olarak sağlayabilecek kaynaklardan belki de en önemlisi biyokütle enerjisidir. Bitki yetiştirilmesi, güneş var olduğu süre süreceği için, biyokütle tükenmez bir enerji kaynağıdır. Her yerde yetiştirilebilmesi, özellikle kırsal alanlar için sosyo-ekonomik gelişmelere yardımcı olması nedeniyle uygun ve önemli bir enerji kaynağı olarak görülmektedir [8]. Biyokütle, yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımına ilişkin kanunda, organik atıkların yanı sıra bitkisel yağ atıkları, tarımsal hasat artıkları dahil olmak üzere, tarım ve orman ürünlerinden ve bu ürünlerin işlenmesi sonucu ortaya çıkan yan ürünlerden elde edilen katı, sıvı ve gaz halindeki yakıtları kapsamaktadır [9]. Deniz ve/veya karada bulunabilen bitkisel veya hayvansal biyokütle enerji kaynakları şunlardır:

- Odun (enerji ormanları, ağaç artıkları)
- Yağlı tohum bitkileri (ayçiçek, kolza, soya, aspir, pamuk, vb.)
- Karbo-hidrat bitkileri (patates, buğday, mısır, pancar, vb.)
- Elyaf bitkileri (keten, kenaf, kenevir, sorgum, vb.)
- Bitkisel artıklar (dal, sap, saman, kök, kabuk vb.)
- Hayvansal atıklar
- Şehirselle ve endüstriyel atıklar

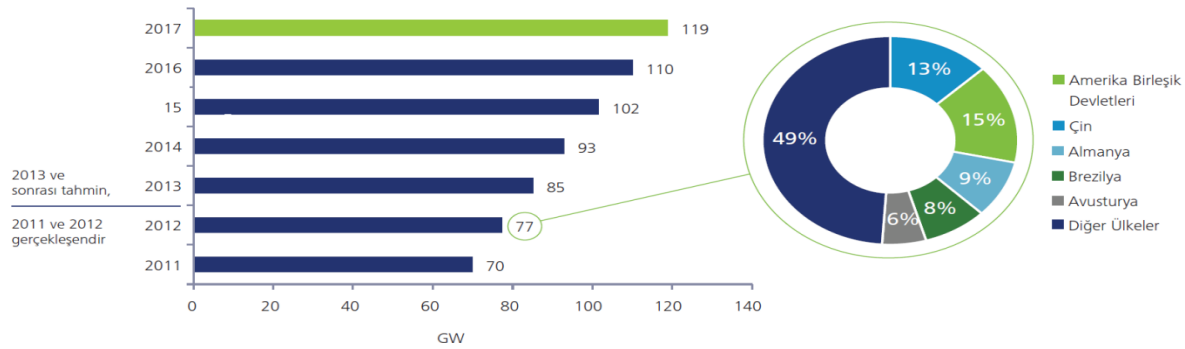
Biyokütle enerji kaynakları, kömür, petrol, doğal gaz gibi fosil kökenli alışlagelmiş enerji kaynaklarından farklı bazı özellikler taşımaktadır. Biyokütle kaynakları, genellikle homojen olmayan bir yapıda, yüksek su ve oksijen içerikli, düşük yoğunluklu, düşük ısı değerlidir; bu özellikler yakıt kalitesine olumsuz etki etmektedir. Biyokütlenin olumsuz özellikleri fiziksel süreçler ve dönüşüm süreçleri ile ortadan kaldırılabilmektedir. Biyokütleden; fiziksel süreçler (boyut küçültme-kırma ve öğütme, kurutma, filtrasyon, ekstraksiyon ve biriktirme) ve dönüşüm süreçleri (biyokimyasal ve termokimyasal süreçler) ile yakıt elde edilmektedir [9]. Evsel ve kentsel atıklar içerisinde özellikle “organik atıklar” ın oluşturduğu tüm çevresel sorunlar bu organik atıkların biyokütle enerji santrallerinde hiç bir

çevresel yan etki meydana getirilmeden yakılmasıyla ortadan kaldırılacak, daha temiz çevre oluşturulması mümkün olacaktır [10].

### 1.3. Dünyada Yenilenebilir Enerji ve Biyokütle Enerjisi

Dünyada yaygın olarak kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları; hidrolik enerji, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi, güneş enerjisi ve rüzgar enerjisidir [11]. Dünya üzerinde yer alan biyokütlenin yaklaşık %90'ı ormanlarda gövdeler, dallar, yapraklar ve döküntü maddeleri ile yaşayan hayvanlar ve mikroorganizmalardan oluştuğu ve dünya ormanlarının yıllık net biyolojik üretiminin yaklaşık 50 x 10<sup>19</sup> ton olarak tahmin edilmektedir. Bu üretim miktarı; ziraat alanları, çayırıklar, otlaklar, stepler, tundralar ve geri kalan vejetasyon formlarında fotosentez ile oluşan bütün birincil biyokütle miktarlarından daha fazladır [12]. Biyolojik dönüşüm ve ısı dönüşümü teknikleri ile biyokütlenin yakıtlara ve diğer ürünlere dönüştürülmesi yöntemleri (biyokütleden etanol, sentetik gaz, yapışkanlar ve plastikler, ısı, elektrik vb. üretimi) araştırma laboratuvarlarında geliştirilmektedir. Bu yeni teknolojiler petrol ve kömüre bağımlılığı azaltacak ve atmosfere ek net karbondioksit göndermeyecektir [13].

2012 yılında biyokütle kaynaklarına dayalı elektrik üretim tesislerinin kurulu gücü 2011 yılına kıyasla %10 büyüyerek 77 GW'a ulaşmıştır. Ülkeler bazında analiz edildiğinde en fazla kurulu güce sahip beş ülkenin Amerika Birleşik Devletleri (12 GW), Çin (10 GW), Almanya (6.9 GW), Brezilya (6.3 GW) ve Avusturya (4.3 GW) olduğu gözlemlenmiştir. 2012-2017 yılları arasında global biyokütle kurulu gücünün %9 yıllık bileşik büyüme oranı ile 119 GW'a ulaşması beklenmektedir. 2020'ye kadar 30 GW biyokütle kurulu gücüne sahip olmayı hedefleyen ve yenilenebilir enerji sektöründe sabit alım garantisi, vergi muafiyeti ve sübvansiyonlar ile yatırımı destekleyen Çin'in 2017 yılında biyokütle bazlı elektrik üretim tesisleriyle lider ülke olması öngörülmektedir [14].



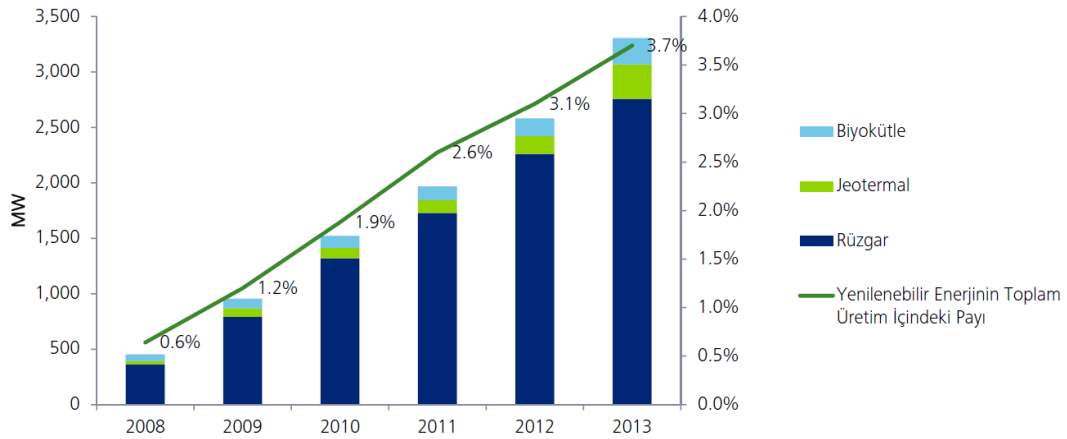
Şekil 1. Global Biyokütle Kurulu Güç Gelişimi

Kaynak: IEA, Yenilenebilir Enerji Orta Vadeli Piyasa Raporu YBBO: Yıllık Bileşik Büyüme Oranı

### 1.4. Türkiye'de Yenilenebilir Enerji ve Biyokütle Enerjisi

Gelişmekte olan ve her geçen gün enerji talebi artan Türkiye, enerji talebinin yaklaşık % 72'sini ithal kaynaklardan karşılamaktadır. Bunun yanı sıra, elektrik enerjisinin % 70'i çevre kirliliğine yol açan fosil yakıtlardan elde edilmektedir. Türkiye tüm bu gerçekler ışığında uluslararası anlaşmalara uymakla birlikte her şeyden önce ekonomik büyümesini, sektörel kalkınma politikalarında çevre boyutunun gözetildiği sürdürülebilir kalkınma anlayışı çerçevesinde gerçekleştirmelidir (EİEİ, 2008). 2009 yılında yayınlanan Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Strateji Belgesi'ne göre 2023 yılında yenilenebilir enerjinin toplam üretimdeki payının %30'a çıkarılması hedeflenmektedir.

Hidroelektrik hariç olmak üzere biyokütle, jeotermal ve rüzgar enerjisine dayalı kurulu güç verileri 2008-2013 yılları arasında %49 yıllık bileşik büyüme oranı ile büyümüştür. 2013 yılı sonu itibariyle toplam yenilenebilir enerjiye dayalı kurulu güç 3.304 MW'a ulaşmıştır. Yenilenebilir enerji içinde rüzgar enerjisi %83'lik bir paya sahipken, biyokütle %7'lik bir paya sahiptir. Şekil 6'da görüldüğü üzere, yenilenebilir enerjiye dayalı elektrik üretimi de hızlı bir büyüme kaydetmiştir. 2008 yılında %0,6 gibi düşük bir paya sahip olan yenilenebilir enerjinin üretime olan katkısının 2013 yılında %3,7'ye çıktığı gözlenmektedir [14].



Şekil 2. Yenilenebilir Enerji Kay. Kurulu Güç Gelişimi ve Toplam Elektrik Üretimi İçindeki Payı, 2008-2013 (Hidroelektrik hariç)

Kaynak: TEİAŞ

Sektöre yönelik çalışmalara bakıldığında ilk çalışma, Mutlu [15]'nin yüksek lisans tez çalışmasıdır. Bu çalışmada Türkiye'de yenilenebilir enerji ekonomisi üzerine araştırmalar yapmış olup, Ankara iline ait SWOT Analizi çalışması yapmıştır. Çalışmada, yenilenebilir enerji kaynakları hakkında genel bir bilgi vererek, Türkiye'deki durumunu değerlendirmek, bu sektördeki ekonomiyi analiz etmek ve Ankara ilindeki yenilenebilir enerji olanaklarından bahsedilerek örnek bir SWOT analizi yapmak amaçlanmıştır. Sonuç olarak yenilenebilir enerji, özellikle de güneş ve rüzgâr enerjisi konusunda verilen teşvikler Avrupa ülkelerine kıyasla çok düşüktür. Yenilenebilir enerji projeleriyle ilgili teşvikler için petrol fiyatlarındaki artış öngörüsü ışığında ekonomik analizler güncellenmeli, sera gazı emisyonları hesaba katılarak yeni çalışmalar yapılmalıdır. Hidroelektrik enerji dışındaki yenilenebilir enerji potansiyelinin etkin kullanımı için daha güçlü ve cesaretlendirici yasal düzenlemeler hayata geçirilmelidir.

Özşahin ve Kaymaz [16]'ın çalışmasında, Hatay ilindeki rüzgâr enerjisi santralleri (RES)'nin yapım yeri seçiminin coğrafi faktörler kapsamında ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) metodları kullanılarak sorgulanması amaçlanmıştır. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi esas çerçevesinde ArcGIS/ArcMap 10 paket programı destekli olarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme, "Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA)" ve ilgili literatür eşliğinde tespit edilen 15 farklı parametreyi kapsayacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen çalışma sonuçlarına göre Hatay'ın RES yapımı için orta (% 45.19) ve iyi (% 25.64) duyarlılık düzeyinde bir geçerliliği arazi çalışmaları ile yerinde kontrol edilmiştir. Bunun yanında sıra dışı (% 0.01) ve mükemmel (% 1.13) arazilerin hemen hemen yok denecek düzeyde olduğu ilde, uygunluk açısından zayıf (% 1.33) arazilerin de çok az yer kapladığı anlaşılmıştır.

Koç ve Şenel [11]'in hazırladıkları çalışmada enerji kaynaklarının dünyadaki ve Türkiye'deki durumu incelenmiştir. Enerji kaynaklarının rezerv/kapasite, üretim ve tüketim değerleri üzerinde durulmuştur. Ülkelerin enerji üretimi ve tüketimi, CO<sub>2</sub> emisyonu ve elektrik enerjisi tüketimi incelenerek kişi başına enerji ve elektrik enerjisi tüketimi çeşitli dünya ülkeleri için karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Dünyadaki ve ülkemizdeki enerji kaynakları için bir durum tespiti yapılmıştır.

Köroğlu [7]'nin çalışması, yenilenebilir enerjinin gelişiminde etkili temel faktörlerin teşvik mekanizmalarının rolü üzerine özel bir vurgu yapılarak belirlenmesi için tek yönlü sabit etkiler yönteminin kullanılması suretiyle gerçekleştirilen panel veri analizine dayanmaktadır. Geniş coğrafi alana sahip olmanın yenilenebilir enerji teknolojilerinin ve politikalarının uygulanmasını zorlaştırdığını göstermektedir. Bu çalışma ile literatüre, sadece incelenen ülkeler genişletilerek değil, aynı zamanda önemli sonuçları olan üç yeni değişken kazandırılarak katkı sunulmaktadır.

Öztaşkan [17] çalışmasında, Avrupa Birliği'nin ve Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli, kullanımı ve gelişmeler ile bu kaynaklara ilişkin politikaları incelenmiş; ayrıca Avrupa Birliği politikaları karşısında Türkiye'nin durumu değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda, ülkemizin bu konuya daha fazla yatırım yapması ve toplumun daha fazla bilinçlendirilmesi gerektiği gerçeği ortaya çıkmıştır.

Mahmutoğlu [2]'nin çalışmasında, Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığının azaltılmasına ilişkin alternatif çözüm önerileri sunulmaktadır. Enerji politikası uygulayıcıları, bir an önce enerji sektöründe mevcut dışa bağımlı yapının değiştirilmesi için gereken önlemleri alması, özel sektörün karlı bulmadığı enerji yatırımlarını bizzat üstlenmesi sonucuna varılmıştır.

Aslan ve Yamak [18]'in çalışması enerji ekonomisi üzerinedir. Çalışmada, yenilenebilir enerjinin Türkiye'de kullanım oranları araştırılmış olup, üretim maliyetleri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Yapılan enerji dengesi analizlerine göre Türkiye yerli enerji üretimi içerisindeki payını artırmak ve bu konuda dışa bağımlı enerji politikasını azaltmak zorunda olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmada, OECD ülkelerinin yenilenebilir enerji kaynaklarından 32 yıllık verilere dayanarak biyokütle ve artık enerji üretimindeki payları ve nedenleri, Türkiye'nin ise gelişmekte olan bir ülke olarak dünyadaki yerinin araştırılması ve analiz sonuçlarına göre hedef stratejilerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

Çalışmada kullanılan veriler [www.EIA.gov](http://www.EIA.gov) web adresinden alınmıştır. Ülkelerin sayısı 40' tır. OECD ülkelerinin 1980-2012 yılları arasındaki Biyokütle ve atık elektrik üretim rakamları (milyar kWh) üzerinden analiz yapılmıştır.

### 2.2. Yöntem

Çalışmada Çok Boyutlu Ölçekleme Analizi tekniği kullanılmıştır. IBM SPSS Statistics 20.0 programı MDS ALSCAL algoritması ile test edilmiştir. Bu yöntemle verilerin sınıflandırılması ve gruplandırılması sağlanmıştır.

### Çok Boyutlu Ölçekleme Analizi:

Çok boyutlu ölçekleme analizi,  $n$  tane nesne (birim; birey; gözlem) arasındaki uzaklık değerlerini kullanarak nesnelerin çok boyutlu uzaydaki konumlarına ilişkin gösterimlerini (konfigürasyonlarını) ortaya koymak için kullanılmaktadır. Çok boyutlu ölçekleme analizi, veriler ile ilgili dağılım varsayımı gerektirmeyen bir yöntemdir [19].

Çok boyutlu ölçekleme analizi,  $k$  boyutlu bir uzayda gösterilebilen nesneleri orijinal konumlarına çok yakın bir biçimde daha az boyutlu (iki, üç...) kavramsal bir uzayda göstererek, nesneler arasındaki ilişkileri belirlemeye yardımcı olur. Analizin genel amacı, mümkün olduğunca az boyutla nesnelerin yapısını orijinal şekle yakın bir biçimde ortaya koymaktır. Bu amaçla, nesneler ya da birimler arasındaki uzaklıklar hesaplanır. Bu orijinal uzaklıklara göre uygun ve daha az boyutlu bir geometrik gösterim elde edilmeye çalışılır. Orijinal uzaklıklar ile gösterim uzaklıkları arasındaki uygunluk stress istatistiği ile ölçülür. Stress istatistiği değişik yöntemlere göre hesaplanabilir. Bu hesaplama yöntemlerinden Kruskal stress istatistiği,

$$stress1 = \sqrt{\frac{\sum \sum (d_{ij} - \hat{d}_{ij})^2}{\sum \hat{d}_{ij}^2}}$$

şeklinde hesaplanır. Çok boyutlu ölçekleme analizi, verilerin türüne bağlı olarak metrik çok boyutlu ölçekleme ve metrik olmayan çok boyutlu ölçekleme olmak üzere iki biçimde uygulanmaktadır [20]. Analizin genel amacı, uzaklık değerlerinden hareketle en az boyutla birimlerin ilişki yapısını orijinal yapıya en yakın şekilde belirlemektir. Bu analiz ile çok boyutlu veri matrisindeki birimler arasındaki karmaşık ilişkilerin daha kolay anlaşılabilir ve açıklanabilir boyutlara indirgenmesi sağlanabilmektedir [1].

ÇBÖ analizinin stres istatistiklerini sıfıra yakın bir seviyede belirlemesi arzu edilir. Stres değerlerine göre konfigürasyon mesafelerinin orijinal mesafelere uygunluğu Tablo 2’de gösterilmiştir [20].

Tablo 2. Stres değeri ve Uyumluluk Arasındaki İlişki

<i>Stress değeri</i>	<i>Uyumluluk</i>
$ \geq 0.20$	Uyumsuz gösterim
$0.10 < 0.20$	Düşük uyum
$0.05 < 0.10$	İyi uyum
$0.025 < 0.05$	Mükemmel uyum

### 3. Bulgular

Çok boyutlu ölçekleme analizinin etkinliği Kruskal stress istatistiği ile ölçülür. Kruskal stress istatistiği; konfigürasyon ölçüleri ile tahmini konfigürasyon ölçüleri arasındaki farkların tahmini konfigürasyon uzaklıklarına oranının karekökü olarak hesaplanır ve veri uzaklıkları ile konfigürasyon uzaklıkları arasındaki uygunluğu ifade eder.

Analizde  $k=2$  için (Kruskal) stress istatistiğinin 0,001 den küçük olduğu değere kadar iterasyon devam ettirilmiştir. 3. İterasyonda 0.00021 sonucuna ulaşıldığından iterasyon durdurulmuştur. MDS çözümlerinde 0 yakın olan stress değeri veren boyut çözümleri arzulanan ya da uygun olarak nitelenebilecek bir çözümdür. Stress değeri Kruskal’ın formülüne göre hesaplanarak 0,02627 bulunmuştur. Bu bağlamda  $k=2$  boyut için stress değeri, verileri 0,02 oranında açıklamaktadır. Bulunan sonuca göre tablo 2’ye bakıldığında 0.026 değerinin 0.025- $<$ 0.05 sınırları arasında olduğu görülmüştür. B u analizin doğruluk oranının yüksek olduğu ve değerlerin mükemmel uyum içinde olduğunu göstermektedir.

Tablo 3. Uyarıcı koordinatlar

Uyarıcı Sayısı	Uyarıcı İsmi	Ülkeler	1 inci boyut	2 nci boyut
1	VAR1	Avusturalya	,2692	,0031
2	VAR2	Avusturya	,1628	,0504
3	VAR3	Belçika	,2226	,0716
4	VAR4	Kanada	-,4107	-,1628
5	VAR5	Şile	,2776	-,0513
6	VAR6	Çek cumhuriyeti	,4263	-,0386
7	VAR7	Danimarka	,2042	,0316
8	VAR8	Estonya	,5338	-,0909
9	VAR9	Finlandiya	-,5923	-,0544
10	VAR10	Çek Cumh.(Çekoslovakya)	,5562	-,1249
11	VAR11	Fransa	-,0083	,0419
12	VAR12	Almanya	-1,8583	1,3745
13	VAR13	Doğu Almanya	,5566	-,1304
14	VAR14	Batı Almanya	,5230	-,2776
15	VAR15	Yunanistan	,5322	-,1246
16	VAR16	Guam	,5565	-,1309
17	VAR17	Hawaii Ticaret Bölgesi	,5565	-,1309
18	VAR18	Macaristan	,4445	-,0375
19	VAR19	İzlanda	,5565	-,1309
20	VAR20	İrlanda	,5398	-,1197

21	VAR21	İsrail	,5549	-,1285
22	VAR22	İtalya	-,0801	,3962
23	VAR23	Japonya	-1,8546	,6293
24	VAR24	Güney kore	,5037	-,0864
25	VAR25	Lüksemburg	,5457	-,1248
26	VAR26	Meksika	,2873	-,1567
27	VAR27	Hollanda	-,0396	,1437
28	VAR28	Yeni zelanda	,4845	-,1300
29	VAR29	Norveç	,5088	-,1253
30	VAR30	Polonya	,2523	,1677
31	VAR31	Portugal	,3219	-,0507
32	VAR32	Porto Riko	,5563	-,1294
33	VAR33	Slovakya	,5263	-,1007
34	VAR34	Slovenya	,5432	-,1198
35	VAR35	İspanya	,1838	,0086
36	VAR36	İsveç	-,2986	,3166
37	VAR37	İsviçre	,3205	-,0865
38	VAR38	Türkiye	,5290	-,1187
39	VAR39	Birleşik Krallık	-,4349	,4205
40	VAR40	ABD	-8,0156	-,5680
41	VAR41	Virgin Adaları	,5563	-,1285

Tablo 2'deki uyarıcı koordinat tablosuna göre; birincil boyutta Doğu Almanya, Guam, Hawaai Ticaret Bölgesi ve İzlanda en yüksek değerli pozitif değere sahip ilk 4 ülkedir. Dolayısıyla bu 4 ülkenin yıllara göre toplam biyokütle enerjisi elde etme oranı benzerlik göstermektedir. Bu ülkelerin aldıkları değerler diğerlerine göre biraz daha yüksektir. Fakat onları takip eden diğer ülkelerle aralarında pek fark olmadığı ve genel olarak 0' a yakın değerlerde bulunduğu görülmektedir. Bu yüzden bu ülkeler ayrıştırıcı durumunda değillerdir. Türkiye ise birinci boyutta pozitif yüklüdür ve 0' a yakın pozitif yüklü diğer ülkelerle benzerlik göstermektedir. Yine birincil boyutta dikkat çeken diğer bir durum ise; Kanada, Finlandiya, Fransa, Almanya, İtalya, Japonya, Hollanda, İsveç, Birleşik Krallık ve ABD' nin negatif yüke sahip olmasıdır. Bu ülkelerden Almanya, Japonya ve ABD 1' in üzerinde negatif değerle en farklı ülkeler olarak karşımıza çıkmakta diğer ülkeler birbirine benzer ülkeler olarak görülmektedir. Bu durumda sayılan bu ülkeler birincil derecede önemli değillerdir.

İkinci boyutta ise Almanya 1' in üzerinde pozitif yüklü değerle bu boyuttaki en önemli ayrıştırıcıdır. En yüksek değere sahip olan Almanya' dan sonraki yüksek pozitif değer ABD olmuştur. Diğer ülkeler 0' a yakın pozitif ve negatif yüklerle benzerlik göstermiştir. Türkiye ise bu boyutta negatif yüke sahip olan ülkelere biri olmuştur. Diğer negatif yüklü ülkeler arasında en yüksek değere sahip ülke ABD olmuştur. Negatif değerler 0 ile 1 arasında değişkenlik göstermiştir. Bu bağlamda; bu ülkeler özellikle ABD ikincil boyutta önemsizdir.

Koordinat tablosundan sonra farklılık matrisi de elde edilmiştir. Bu matris de hangi ülkelerin birbirlerine en yakın olarak algılandıkları, hangilerinin birbirinden oldukça farklı algılandığı görülmektedir. 41 ülkenin birbirlerine olan uzaklıklarının hesaplandığı bu matris büyük olduğundan aşağıda bir kısmına yer verilmiştir.

Tablo 4. Farklılıklar Matrisi

	Avusturya	Avusturya	Belçika	Kanada	...
Avusturya	,000				
Avusturya	,158	,000			
Belçika	,135	,085			



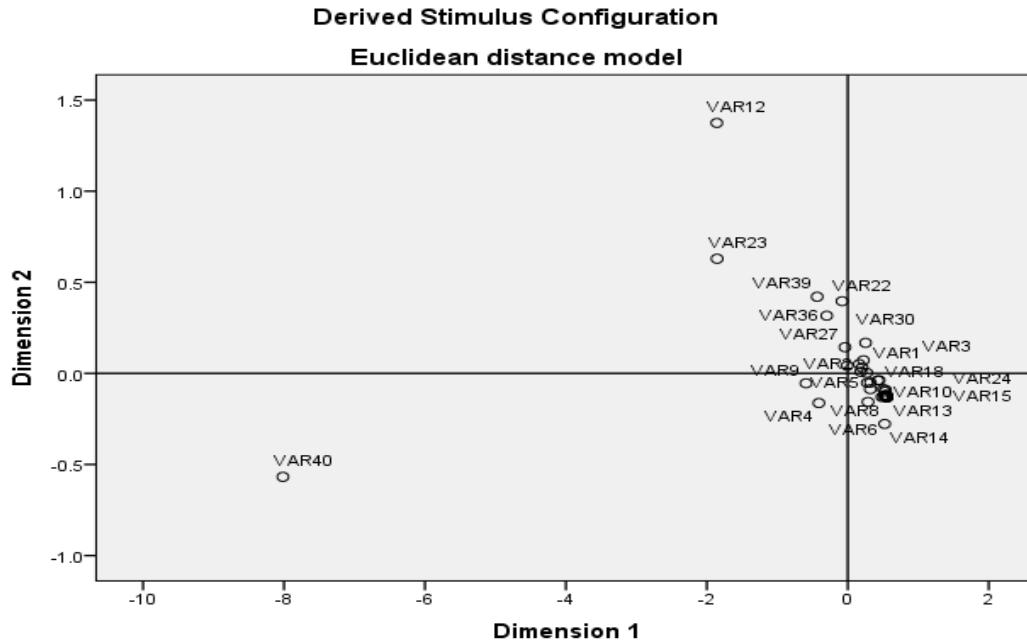
Kanada	,720	,647	,708	,000	
Şile	,142	,178	,159	,735	,000
Çek cumhuriyeti	,202	,289	,241	,871	...
Danimarka	,121	,131	,114	,666	...
Estonya	,305	,407	,361	,970	...
Finlandiya	,880	,787	,844	,310	...
Eski çekoslovakya	,330	,440	,397	,988	...
Fransa	,300	,201	,253	,470	...
Almanya	2,535	2,415	2,449	2,125	...
Doğu almanya	,330	,440	,397	,988	...
Batı almanya	,489	,553	,544	,989	...
Yunanistan	,307	,416	,374	,964	...
Guam	,330	,440	,397	,988	...
Hawaii ticaret bölgesi	,330	,440	,397	,988	...
Macaristan	,190	,305	,253	,888	...
İzlanda	,330	,440	,397	,988	...
İrlanda	,311	,420	,377	,972	...

Yukardaki farklılık matrisine bakıldığında değişkenlerin birbirlerine göre en benzer ve en benzemez olarak algılananlar görülmektedir. Buna göre bakıldığında 0'a yakın olan değerlere sahip olan ülkelerin benzer algılandıkları, 1'in üzerinde olanların ise en benzemez olarak algılandıkları söylenilebilir. Bu bağlamda, ilk Porto Riko ile İsrail, Lüksemburg ile Doğu Almanya, Virgin Adaları ile Slovenya, Türkiye ile Yunanistan ve Slovakya ile Estonya 0'a yakın değerlerle birbirlerine benzer ülkeler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Farklılıklar matrisindeki diğer bir durum ise ülkelerin genellikle 0' a yakın değerlerde bulunmasıdır. Buna karşın Almanya, Japonya ve ABD' nin 1' in üzerinde özellikle ABD' nin 8' in üzerindeki puanlarla en yüksek değere sahip ülke olması dikkat çekmektedir. Bu da bu ülkelerin diğerleriyle benzemez olduğunu ortaya koymaktadır. Yunanistan' ın 0' a yakın değerle Türkiye' ye en çok benzeyen ülke olduğu görülmektedir. Almanya ve Japonya' nın 2' nin üzerindeki değerle Türkiye ile oldukça farklılık gösterdiği görülmektedir (Tablo 2 büyük olduğundan sonuçlar gösterilememiştir). Ayrıca Eski Çekoslovakya, Doğu Almanya, Hawaii Ticaret Bölgesi ve İtalya 8' in üzerinde yüksele biyokütle üretim değerlerine göre Amerika ile birbirine en benzemez ülkeler olarak ortaya çıkmıştır.

Koordinat tablosu ve uzaklık matrisinden sonra iki boyutlu uzayda koordinatlara göre düzenlenen grafiksel gösterim elde edilmiştir. Çok boyutlu ölçekleme analizinde elde edilecek verilerin ölçüm düzeyine göre uzaklıkları değişmektedir. Analizde kullandığımız veriler aralıklı veya orantılı ölçüm düzeyinde ölçüldüğünden öklid uzaklığı ölçüsü kullanılmıştır.





Şekil 4. Öklit Mesafesi Modeli

Bu grafiksel düzenlemede OECD ülkelerinin birbirlerine en benzer olarak algılananların birarada toplandıkları görülmüştür. Çok boyutlu ölçekleme analizi uygulanması sonucunda biyokütle üretim değerlerine göre ülkeler, iki boyutlu uzayda üç farklı grup oluşturmuştur. Bu bağlamda grafiğe bakıldığında, İsveç, İtalya ve Birleşik Krallık benzer bir alt grup, Hollanda, Polonya yine farklı bir grup, Kanada, Finlandiya diğer alt grup, Macaristan, Güney Kore, Meksika gibi diğer tüm ülkelerin (ABD, Almanya ve Japonya hariç) bir grup oluşturdukları görülmüştür. Amerika, Almanya ve Japonya'nın ise diğer ülkelere farklı olarak genel eğilimden oldukça farklılık gösterdiği saptanmıştır.

## Sonuç

Yenilenebilir enerji sektörü son yıllarda çalışmaların daha da yoğunlaştığı önemli bir sektör haline gelmektedir. Dünyanın birçok ülkesinde yenilenebilir enerji hakkında araştırmalar yapılmaktadır. Bu sektörün geliştirilmesi için konferanslar düzenlenmektedir. Başlıca yenilenebilir enerji kaynaklarından olan biyokütle enerjisine de son yıllarda ilgi daha da artmaktadır. Biyokütle enerji potansiyeli olan ülkeler üretim için harekete geçmiştir. Bu ülkelere Türkiye'dir. Türkiye 1980 ve 1981 yılında çok az miktarda biyokütle enerjisi üretmiş olup, 1991 yılına kadar üretim yapmamıştır. 1991 yılında üretime tekrar başlamış olup şu anki seviyeye gelmiştir.

Bu çalışmada OECD'ye üye biyokütle enerji üretim seviyeleri (milyar kWh) dikkate alınarak, ülkelerin birbirlerine göre benzerliklerin ya da farklılıkların ortaya konulması, uzaklıkları ve yakınlıklarını temel alarak iki ya da daha fazla gruplar halinde bölünmesi amaçlanmıştır. Yapılan çok boyutlu analiz sonucunda; birincil boyutta Doğu Almanya, Guam, Hawaai Ticaret Bölgesi ve İzlanda en yüksek değerli pozitif değere sahip ilk 4 ülke olarak yer almıştır. Dolayısıyla bu 4 ülkenin yıllara göre toplam biyokütle enerjisi elde etme oranı benzerlik göstermektedir. Birincil boyutta analiz yapılan ülkelere Almanya, Japonya ve ABD 1' in üzerinde negatif değerle en farklı ülkeler olarak karşımıza çıkmakta diğer ülkeler birbirine benzer ülkeler olarak görülmektedir. İkinci boyutta ise Almanya'nın 1' in üzerinde pozitif yüklü değerle bu boyuttaki en önemli ayrıştırıcı olduğu saptanmıştır.

İki boyutlu uzayda yapılan analize göre; İsveç, İtalya ve Birleşik Krallık benzer bir alt grup, Hollanda, Polonya yine farklı bir grup, Kanada, Finlandiya diğer alt grup, Macaristan, Güney Kore, Meksika gibi diğer tüm ülkelerin (ABD, Almanya ve Japonya hariç) bir grup oluşturdukları görülmüştür. Amerika, Almanya ve Japonya'nın ise diğer ülkelere farklı olarak genel eğilimden oldukça farklılık gösterdiği görülmüştür.

Yapılan analiz sonucunda Almanya, ABD ve Japonya'nın biyokütle üretim kapasitesinin diğer OECD ülkelerine göre daha fazla ve istikrarlı olduğu görülmüştür. Yapılan inovasyon ve gelişmişlik düzeyi araştırmalarına bakıldığında bu üç ülkenin inovasyon bakımından öncü ülkeler konumunda olduğu görülmüş ve gelişmişlik düzeyleri de çok gelişmiş ülkeler kategorisinde bulunduğundan bu etmenlerle ilişki saptandığı söylenebilir. Diğer ülkeler arasında az gelişmiş ve orta gelişmiş ülkeler bulunmadığı görülmüştür. Bu da biyokütle enerji üretimini sadece gelişmiş ve çoğunlukla çok gelişmiş ülkelerin yaptığı sonucuna varılmıştır. Türkiye ise gelişmiş ülkeler kategorisindeki biyokütle üretimi yapan 2 ülkeden biridir. Yapılan analizde Türkiye'nin bu alanda sahip olduğu potansiyele rağmen ayrıştıracı bir ülke olmadığı görülmüştür. Türkiye 2004 yılından itibaren az da olsa üretimini artırarak 2012 yılında 0.48 (milyar kWh) üretim rakamına ulaşmıştır. Bu, gelişmiş bir ülke için çok cüzi bir üretim rakamı olup, Türkiye mevcut potansiyelini kullanma, tarımsal zenginliğini kullanarak tarımsal vb. atıkları biyokütle enerjisine çevirme yoluna gitmelidir.

### Kaynaklar

1. M. C.Şenel, 2012, Rüzgar Türbinlerinde Güç İletim Mekanizmalarının Tasarım Esasları-Dinamik Davranış, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 2012.
2. M. Mahmutoğlu, Türkiye Elektrik Sektöründe Yenilenebilir Enerjinin Rolü, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 2013.
3. Ö. Ç. Külekçi, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Arasında Jeotermal Enerjinin Yeri ve Türkiye Açısından Önemi, Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, s. 2, ss. 83-91, 2009.
4. S. Karayılmazlar, N. Saraçoğlu, Y. Çabuk, R. Kurt, Biyokütlenin Türkiye'de Enerji Üretiminde Değerlendirilmesi, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, ss. 64-66.
5. Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Alternatiflerinin Seçimi İçin Graf Teori Ve Matris Yaklaşım, Ekonometri ve İstatistik, s. 13, ss. 24 (12. Uluslararası Ekonometri, Yöneylem Araştırması, İstatistik Sempozyumu Özel Sayısı), ss. 28, 2011.
6. C. Acar, İ. Dinçer, Comparative Assessment of Hydrogen Production Methods From Renewable and Non-Renewable Sources, 2014, Canada.
7. F. Köroğlu Aydın, Supporting Renewable Energy: The Role Of Incentive Mechanisms, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 2013.
8. S. Karatepe, Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Rüzgar İle Üretilen Enerjinin Ekonomik Değerinin Markov Zinciri İle Modellenmesi ve Yalova İlinde Bir Uygulama, Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa, 2011.
9. Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı Biyokütle Sektör Raporu, 2012.
10. Biyokütle Enerjisi Santralleri Yatırımcıları Derneği, 2005.
11. E. Koç, M. C. Şenel, Dünyada Ve Türkiye'de Enerji Durumu - Genel Değerlendirme, Mühendis Ve Makina, ss. 34, 2013.
12. N. Saraçoğlu, Biyokütlenin Enerji Üretiminde Değerlendirilmesi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi.
13. İ.Üçgöl, G. Akgül, Biyokütle Teknolojisi, Isparta, 2010, Süleyman Demirel Üniversitesi, Yekarum, s. 1.
14. Deloitte, Biyokütlenin Altın Çağı, 2014, ss. 9, 11.
15. E. Mutlu, Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Ekonomisi Ve Ankara İline Ait Swot Analizi, Yüksek Lisans Tezi, 2013.
16. E. Özşahin, Ç. K. Kaymaz, Rüzgâr Enerji Santrallerinin (Res) Yapım Yeri Seçimi Üzerine Bir CBS Analizi: Hatay Örneği, s. 2, ss. 2, 2013.

17. G. Öztaşkan, Avrupa Birliği Sürdürülebilir Kalkınma Politikaları Kapsamında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Yönelim ve Türkiye'nin Durumunun Değerlendirilmesi, İzmir, 2011.
18. N. Aslan, T. Yamak, Marmara Üniversitesi, İibf Dergisi, s. 53, 2006.
19. D. Aydın, B. Başkan, Bankaların 2012 Yılı Sermaye Yeterlilik Rasyolarına Göre Kümeleme Analizi ve Çok Boyutlu Ölçekleme Sonucu Sınıflandırılma Yapıları", BSAD Bankacılık ve Sigortacılık Araştırmaları Dergisi, Cilt: 1 Sayı: 35, s. 29-47, 2013.
20. F. Ersöz, Avrupa İnovasyon Göstergeleri Işığında Türkiye' nin yeri, İTÜ dergisi, Aralık, s. 1, ss. 11, 2009.