

# ENERJİ YOĞUNLUĞUNDAKİ EĞİMLERİN GELİŞMİŞLİK EKSENİNDE İNCELENMESİ

Turhan KARAYEL <sup>1</sup>

Nazif Hülâgü SOHTAOĞLU <sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Elektrik Mühendisliği Bölümü

Elektrik-Elektronik Fakültesi

İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak, 34469 İstanbul

<sup>1</sup>e-posta: turhankarayel@gmail.com

<sup>2</sup>e-posta: sohtaoglu@itu.edu.tr

**Anahtar sözcükler:** Enerji yoğunluğu, Sigma yakınsaması, Toplam birincil enerji arzı, OECD.

## ÖZET

Bu çalışmada, ülkelerin enerji yoğunluğu ile ilişkili temel sosyo-ekonomik büyüklüklerinde kaydedilen gelişmelerin tarihsel süreçte incelenmesi, enerji yoğunluğunda gözlenen gelişme ve eğilimlerin topluca değerlendirilmesi, inceleme döneminde yıllar itibarıyla hesaplanan enerji yoğunluğu değerlerinin ortalamalarına göre ülkelerin dağılımlarında gerçekleşen değişikliklerin saptanması, sigma yakınsaması ölçümleri kullanılarak elde edilen histogramların seçilmiş yıllar için özetlenmesi, dolayısıyla enerji yoğunluklarındaki olası yakınsama eğilimlerinin, gelişmişlik ekseninde ve karşılaştırmalı halde, sunulması amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında ulaşılan sonuçlar, inceleme döneminde, küresel enerji yoğunluğu değerlerinde oldukça olumlu değişimlerin yaşandığını, gelişmiş ekonomilerin küresel ortalamadan çok daha düşük enerji yoğunluğu değerlerine, gelişmekte olan ekonomilerin ise küresel ortalamadan daha yüksek enerji yoğunluğu değerlerine yakınsama eğiliminde bulduklarını ortaya koymaktadır.

## 1. GİRİŞ

Yakınsama hipotezi, ekonomik büyüme, kişi başına düşen gelir vb. diğer büyüklüklerdeki dengesizliklere yönelik araştırmalarda, önemli bir yer tutmaktadır. Ekonomik büyüme literatüründe, yakınsama hipotezini temel alan çalışmalar, Solow [1] ve Abramovitz [2] ile başlamış, ekonomik büyüme, kişi başına düşen gelir, satın alma gücü paritesi gibi unsurlar arasındaki yakınsama ilişkileri, farklı boyutlarıyla irdelenmiş ve test edilmiştir [3,4,5,6].

Enerji yoğunluğu alanında, yakınsama hipotezini ilk kez kullanan Mielnik [7], gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeleri kapsayan çalışmada, seçilmiş 41 ülkenin enerji yoğunluklarını, düşüş, artış ve yakınsama eğilimleri açısından irdelenmiştir. Sun [8], OECD üyesi ekonomilerin enerji yoğunlukları arasındaki farklılıkların azalış eğiliminde olduğunu göstermiştir. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki imalat sanayi alt sektörlerinin enerji verimlilikleri karşılaştırılarak, büyüme ve yakınsama özellikleri belirlenmiştir [9]. Doğu Avrupa ülkeleri, ekonomik büyüme ve gelişme dinamikleri göz önüne alınarak, Avrupa Birliği enerji

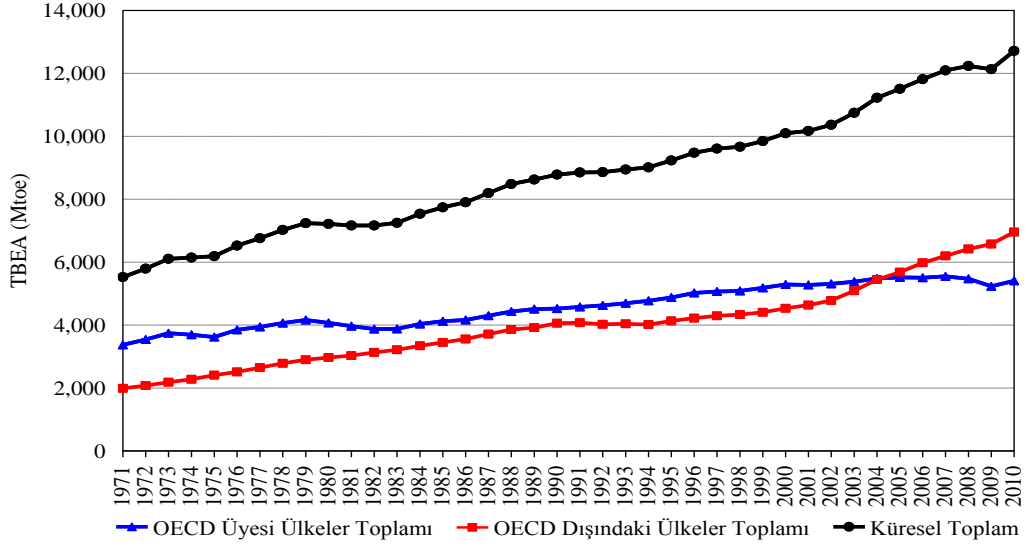
yoğunluğu ortalamalarına doğru yakınsama eğilimleri kapsamında incelenmiştir [10]. Liddle tarafından yapılan çalışmalarda [11,12,13], OECD üyesi ülkeler, farklı açılardan irdelenmiştir.

Tüm Dünya ülkelerini kapsayan veri kümesine [14-21] ek olarak, OECD üyesi ülkelerin ve OECD dışında kalan ülkelerin dahil oldukları veri alt kümelerinin kullanılması, gelişmişlik ekseninde yürütülen çalışma için uygun bulunmuştur.

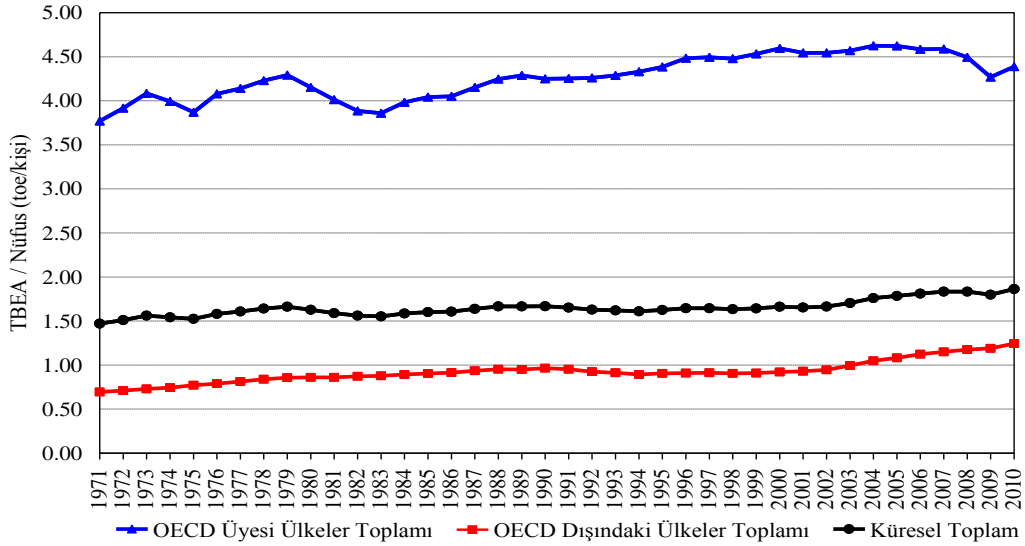
## 2. TEMEL BÜYÜKLÜKLERDE KAYDEDİLEN GELİŞMELER

Bölgeler ile ülkeler ayrımında, coğrafi, meteorolojik, ekonomik, yapısal, sosyal vb. diğer niteliklerde farklı etmenlerin belirleyicilik taşıdığı, kömür, doğal gaz, petrol, nükleer, hidrolik vb. diğer birincil kaynakları kapsayan, ton petrol eşdeğeriyle (toe) tanımlı, Toplam Birincil Enerji Arzı (TBEA) = Ulusal kaynaklardan toplam birincil enerji üretimi + Toplam net enerji ithalatı – Toplam net enerji ihracatı – Uluslararası deniz ve hava taşımacılığına ilişkin enerji tüketimi ± Toplam net stok değişimleri (stoklardaki azalışlar +, artışlar –) şeklinde hesaplanmaktadır.

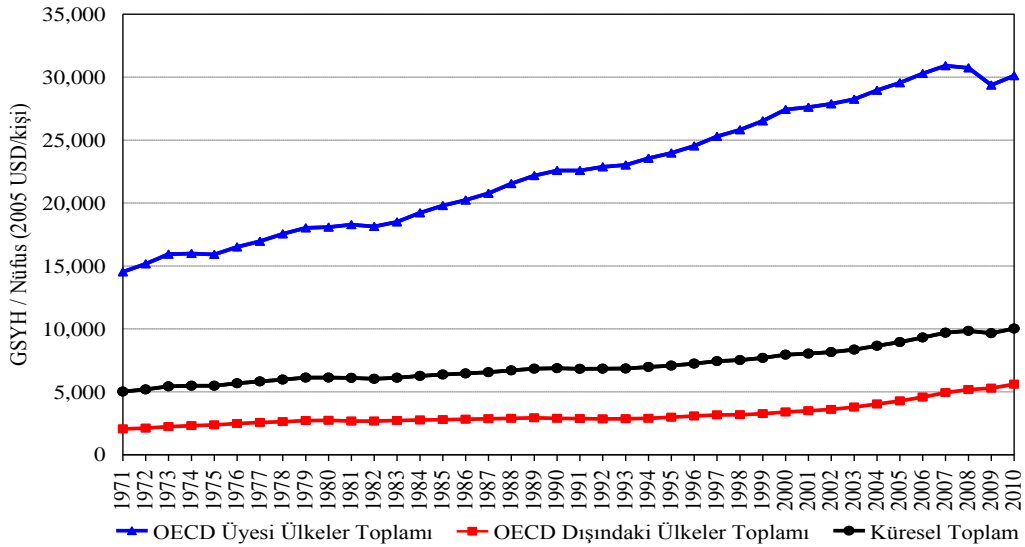
Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD/IEA) tarafından yayımlanan ve 1971-2010 dönemini içeren veriler [14-21] incelendiğinde; 1971 yılında 5.526,48 Mtoe olan küresel toplam birincil enerji arzının, 2,30 kat artarak, 2010 yılında 12.717,16 Mtoe'ye çıktığı görülmektedir. Yoğunluğunu gelişmiş ekonomilerin oluşturduğu OECD yapısının küresel toplam birincil enerji arzındaki payı 1971 yılında yüzde 61,0 iken, 2010 yılında yüzde 36,0'a, küresel toplam gelirdeki payı yüzde 68,8'den yüzde 54,2'ye, küresel toplam nüfustaki payı ise yüzde 23,8'den yüzde 18,1'e gerilemiştir. Küresel toplam birincil enerji arzındaki gelişmeler Şekil 1'de, kişi başına düşen birincil enerji arzındaki gelişmeler Şekil 2'de, kişi başına düşen gelirdeki gelişmeler Şekil 3'te, karşılaştırmalı halde sunulmuştur.



Şekil 1: Toplam birincil enerji arzındaki gelişmeler



Şekil 2: Kişi başına düşen birincil enerji arzındaki gelişmeler



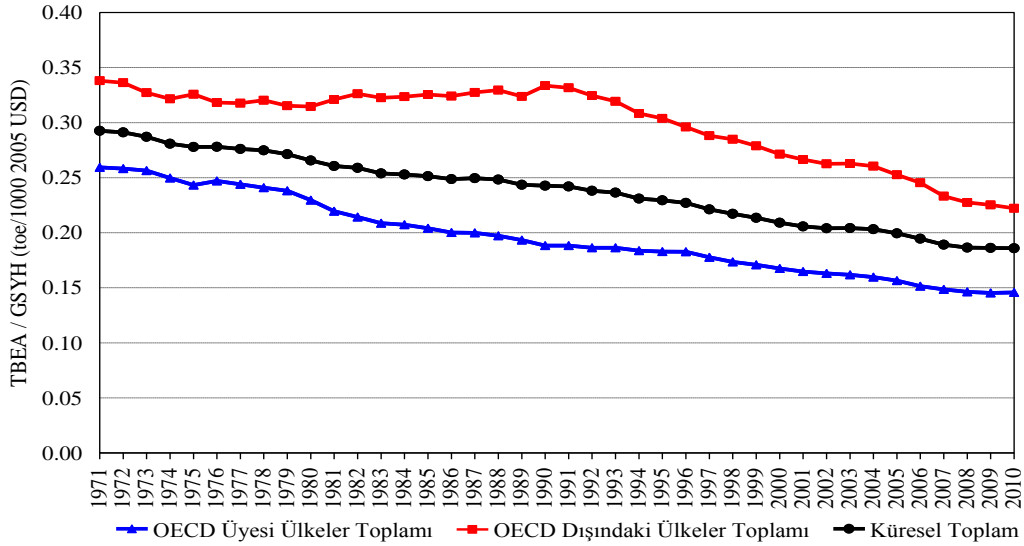
Şekil 3: Kişi başına düşen gelirdeki gelişmeler

### 3. ENERJİ YOĞUNLUĞUNDAKİ GELİŞMELER

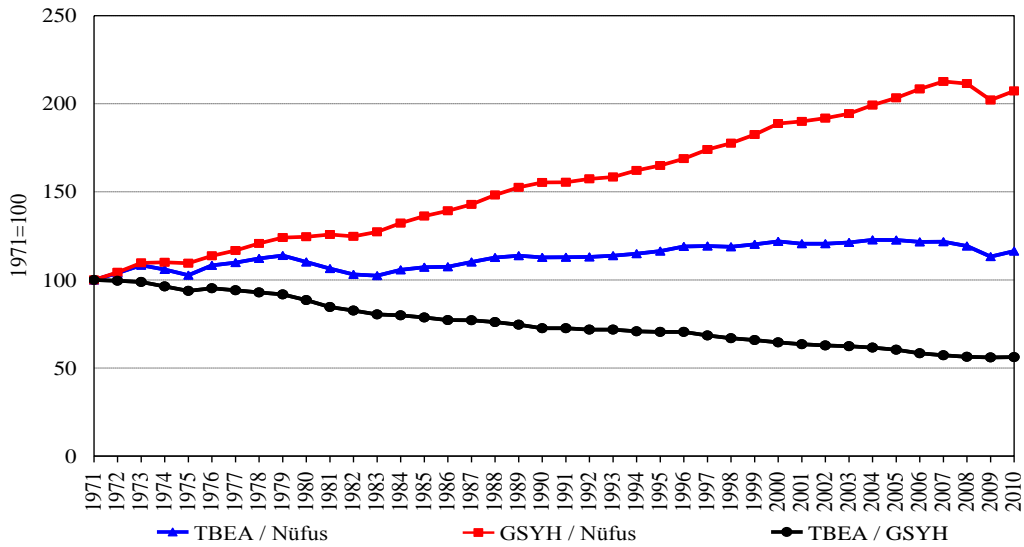
1971-2010 döneminde, veri kümesindeki tüm ülkeler için her bir yıla ilişkin toplam birincil enerji arzının satın alma gücü paritesine göre, 2005 yılı fiyatlarıyla USD cinsinden, hesaplanan gayri safi yurtiçi hasılaya bölünmesiyle saptanan enerji yoğunluğu değerlerinde kaydedilen gelişmeler, OECD üyesi ülkeler toplamı, OECD dışındaki ülkeler toplamı ve küresel toplam için, karşılaştırmalı halde, Şekil 4'te gösterilmiştir. 2005 yılı USD fiyatları ve satın alma gücü paritesiyle 1000 USD gelir yaratmak için gereken birincil enerji arzı, başka bir deyişle enerji yoğunluğu ortalamaları, 1971 yılında OECD üyesi ülkeler toplamında 0,2593, OECD dışındaki ülkeler toplamında 0,3380, küresel toplamda 0,2926 olarak hesaplanırken, 2010 yılında anılan değerler OECD üyesi ekonomiler toplamında 0,1457, OECD dışında kalan ekonomiler toplamında 0,2221, küresel toplamda 0,1858'e gerilemiştir. Çoğu

gelişmiş ekonomilere sahip olan OECD ülkelerinde, enerjinin etkin ve verimli kullanılmasına yönelik bütüncül politikalar sonucunda geçtiğimiz kırk yıllık süreçte enerji yoğunluğu, önemli ölçüde gerilemiştir. OECD dışında kalan ülkelerde de azalış gözlenmekle birlikte, OECD üyesi ülkeler toplamı için hesaplanan 1971 yılındaki ortalama enerji yoğunluğu değerlerine, 2000'li yılların başında ancak ulaşılabilmiştir.

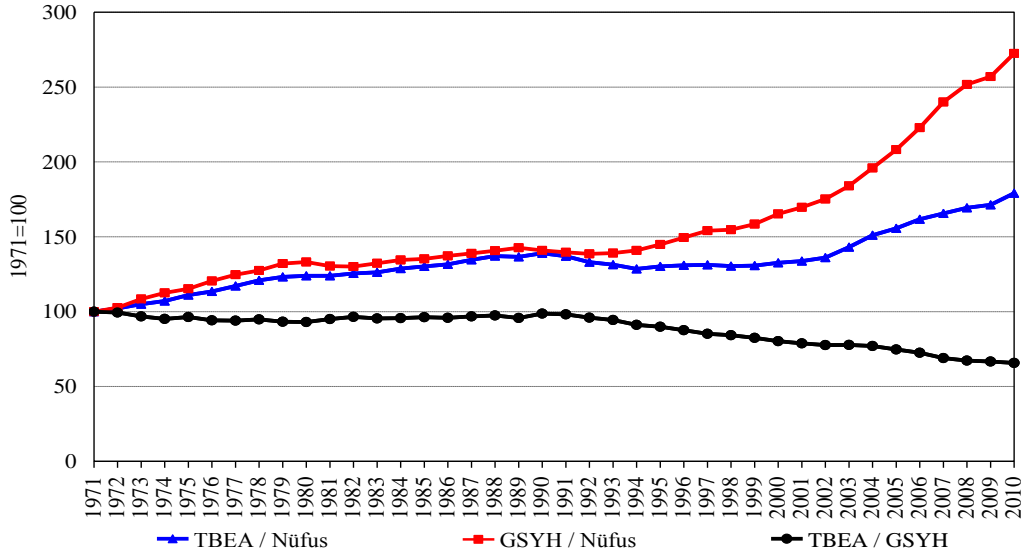
Kişi başına birincil enerji arzı, kişi başına düşen gelir ile enerji yoğunluğunda kaydedilen gelişmelerin ve anılan büyüklüklere egemen eğilimlerin karşılaştırılabilmesi amacıyla, 1971=100 alınarak bütün değerler normalize edilmiş, OECD üyesi ülkeler toplamı için temel göstergelerdeki eğilimler Şekil 5'te, OECD dışındaki ülkeler toplamı için temel göstergelerdeki eğilimler ise Şekil 6'da gösterilmiştir. OECD üyesi ekonomiler görece çok daha olgunlaşmış üretim ve tüketim yapıları ile dikkati çekerken, OECD dışında kalan ekonomilerdeki durum ise aksi yönlere sahiptir.



Şekil 4: Enerji yoğunluğunda kaydedilen gelişmeler



Şekil 5: OECD üyesi ülkeler toplamı için temel göstergelerdeki eğilimler

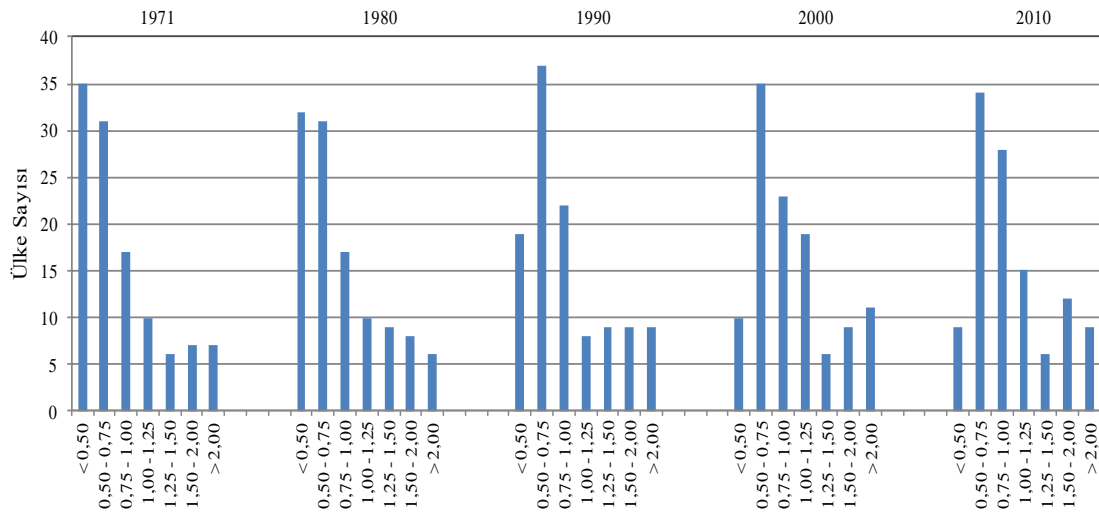


Şekil 6: OECD dışında kalan ülkeler toplamı için temel göstergelerdeki eğilimler

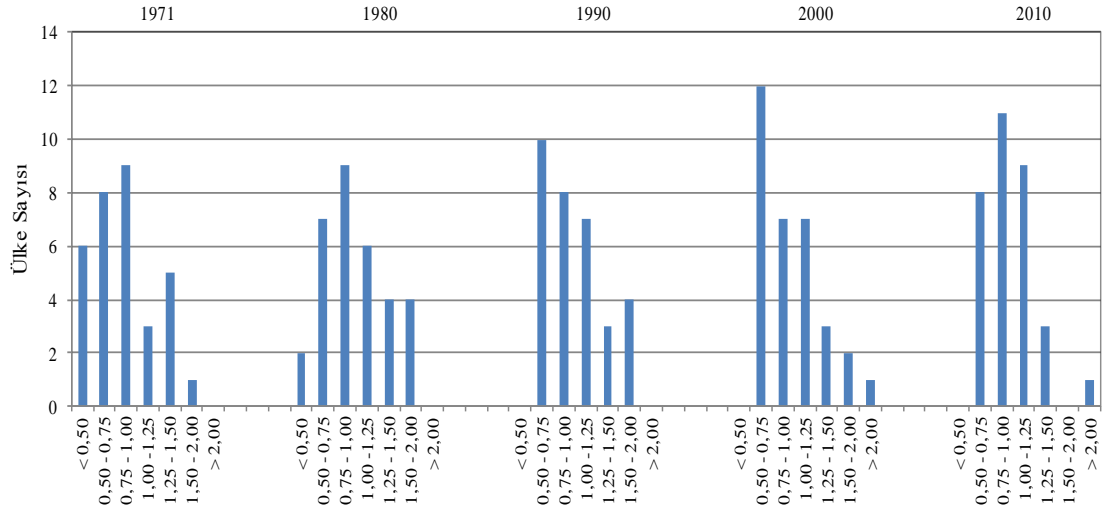
#### 4. ENERJİ YOĞUNLUKLARINDA YAKINSAMA EĞİLİMLERİ

Sigma yakınsamasının temel ölçümlerinden birisi, zamanlar arasındaki değişimin ifade edildiği (ilgili yıl değerinin başlangıç yılındaki değerine göre normalize edilmesiyle saptanan) değişim katsayısıdır. Standart sapmanın ilgili büyüklüğün ortalamasına bölünmesi ile değişim katsayısı elde edilmekte, zaman içinde gerçekleşen azalışlar, yakınsamanın varlığına işaret etmektedir. Sigma yakınsamasının diğer ölçümünde ise, dağılımın şeklinin zamanla değişip değişmediği irdelenmektedir. Sigma yakınsamasında, dağılımların şekli, büyük önem taşımaktadır. Histogramlar, tek tepeli, iki tepeli veya çok tepeli olabilirler. Çok tepeli dağılım, büyümeyle ilgili literatürde, yakınsama kulüpleri olarak adlandırılmaktadır.

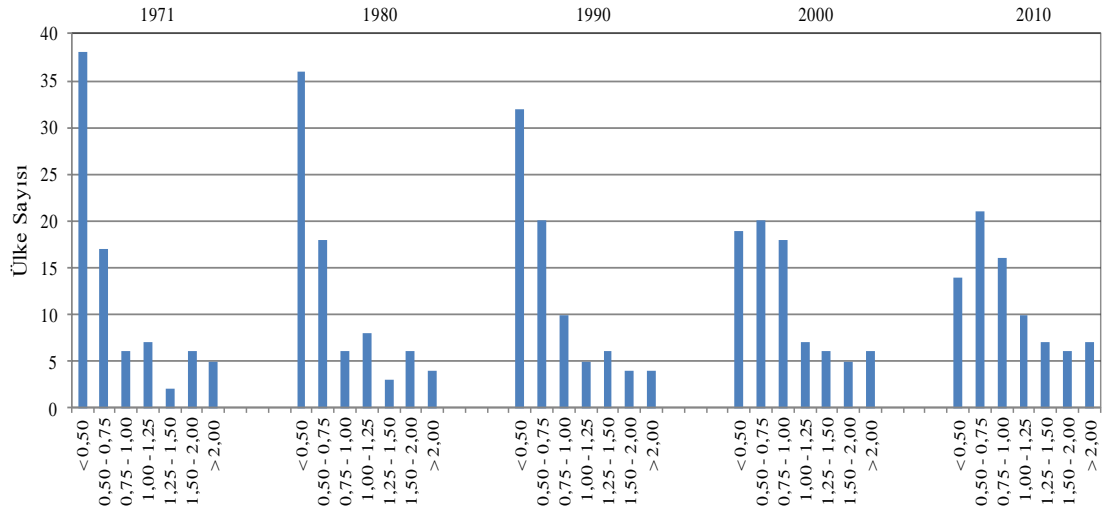
Bu çalışmada, küresel toplam, OECD üyesi ülkeler toplamı ve OECD dışında kalan ülkeler toplamı şeklinde tanımlanan ana grupların, ilgili yıl için hesaplanan ortalama değerlerine bağlı olarak, ülke değerlerinin dağılımı, yedi kategoride tanımlanmıştır. Küresel toplam için ortalamalara bağlı olarak hesaplanan enerji yoğunluğu dağılımları Şekil 7’de, OECD üyesi ülkeler toplamı için ortalamalara göre hesaplanan enerji yoğunluğu dağılımları Şekil 8’de, OECD dışında kalan ülkeler toplamı için ortalamalara göre hesaplanan enerji yoğunluğu dağılımları ise Şekil 9’da, seçilmiş yıllar gözetilerek, sunulmuştur. İnceleme döneminin başı ile sonu karşılaştırıldığında, dağılımlarda sıkışma, grup ortalamasına doğru ülke sayılarında artışlar, dolayısıyla yakınsama eğilimleri tespit edilmektedir [22].



Şekil 7: Küresel toplam için ortalamalara bağlı olarak hesaplanan enerji yoğunluğu dağılımları



Şekil 8: OECD üyesi ülkeler toplamı için ortalamalara göre hesaplanan enerji yoğunluğu dağılımları



Şekil 9: OECD dışında kalan ülkeler toplamı için ortalamalara göre hesaplanan enerji yoğunluğu dağılımları

## 5. SONUÇLAR

Geçtiğimiz kırk yıllık süreçte, ülkelerin teknolojik, ekonomik, sosyal vb. diğer alanlardaki gelişmişlik düzeyine koşut bazı farklılıkların bulunmasına karşın, enerji yoğunluğu değerlerindeki gerileme eğilimleri dikkati çekmektedir. 2005 yılı USD fiyatları ve satın alma gücü paritesi ile 1000 USD gelir yaratılmasında kullanılan toplam birincil enerji arzı, başka bir deyişle enerji yoğunluğu değerleri; 1971 yılı için OECD üyesi ülkeler toplamında 0,2593 toe/1000 USD, OECD dışında kalan ülkeler toplamında 0,3380 toe/1000 USD, küresel toplam için 0,2926 toe/1000 USD olarak hesaplanırken, 2010 yılında anılan değerler OECD üyesi ekonomiler toplamında 0,1457 toe/1000 USD, OECD dışında kalan ekonomiler toplamında 0,2221 toe/1000 USD, küresel toplamda ise 0,1858 toe/1000 USD düzeylerine gerilemiştir.

Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar, inceleme döneminde, küresel enerji yoğunluğu değerlerinde oldukça olumlu değişimlerin yaşandığını, gelişmiş ekonomilerin küresel ortalamadan çok daha düşük enerji yoğunluğu değerlerine, gelişmekte olan ekonomilerin ise küresel ortalamadan daha yüksek enerji yoğunluğu değerlerine yakınsama eğiliminde bulduklarını ortaya koymaktadır.

## KAYNAKLAR

- [1] Solow, B.R. (1956). "A Contribution to the Theory of Economic Growth," *Quarterly Journal of Economics*, 70: 65-94.
- [2] Abramovitz, M. (1986). "Catching Up, Forging Ahead, and Falling Behind," *Journal of Economic History*, 46 (2): 385-406.

- [3] Barro, R.J. (1991). "Economic Growth in a Cross Section of Countries," *Quarterly Journal of Economics*, 106 (2): 407-443.
- [4] Quah, D. (1993). "Galton's Fallacy and Tests of the Convergence Hypothesis," *Scandinavian Journal of Economics*, 95: 427-443.
- [5] Slaughter, M.T. (1997). "Per capita income convergence and the role of international trade," *American Economic Review*, 87 (2): 194-199.
- [6] Rassekh, F. (1998). "The Convergence Hypothesis: History, Theory, and Evidence," *Open Economics Review*, 9: 85-105.
- [7] Mielnik, O., Goldemberg, J. (2000). "Converging to a Common Pattern of Energy use in Developing and Industrialized countries," *Energy Policy*, 28: 503-508.
- [8] Sun, J.W. (2002). "The decrease in the difference of energy intensities between OECD countries from 1971 to 1998," *Energy Policy*, 30: 631-635.
- [9] Miketa, A., Mulder, P. (2005). "Energy productivity across developed and developing countries in 10 manufacturing sectors: Patterns of Growth and Convergence," *Energy Economics*, 27: 429-453.
- [10] Markandya, A., Pedrosa-Galinato, A., Streimikiene, D. (2006). "Energy intensity in transition economies: is there convergence towards the EU average?," *Energy Economics*, 28: 121-145.
- [11] Liddle, B. (2009). "Electricity intensity convergence in IEA/OECD countries: aggregate and sectoral analysis," *Energy Policy*, 37: 1470-1478.
- [12] Liddle, B. (2010). "Revisiting world energy intensity convergence for regional difference," *Applied Energy*, 87: 3218-3225.
- [13] Liddle, B. (2012). "OECD energy intensity," *Energy Efficiency*, 5: 583-597.
- [14] International Energy Agency (IEA), (2012). "Energy Balances of OECD Countries, 2012 Edition," OECD/IEA, Paris.
- [15] International Energy Agency (IEA), (2011). "Energy Balances of OECD Countries, 2011 Edition," OECD/IEA, Paris.
- [16] International Energy Agency (IEA), (2012). "Energy Balances of Non-OECD Countries, 2012 Edition," OECD/IEA, Paris.
- [17] International Energy Agency (IEA), (2011). "Energy Balances of Non-OECD Countries, 2011 Edition," OECD/IEA, Paris.
- [18] International Energy Agency (IEA), (2012). "Energy Statistics of OECD Countries, 2012 Edition," OECD/IEA, Paris.
- [19] International Energy Agency (IEA), (2011). "Energy Statistics of OECD Countries, 2011 Edition," OECD/IEA, Paris.
- [20] International Energy Agency (IEA), (2012). "Energy Statistics of Non-OECD Countries, 2012 Edition," OECD/IEA, Paris.
- [21] International Energy Agency (IEA), (2011). "Energy Statistics of Non-OECD Countries, 2011 Edition," OECD/IEA, Paris.
- [22] Karayel, T. (2015). "Enerji ve Elektrik Yoğunluklarındaki Eğilimlerin Gelişmişlik Ekseninde İncelenmesi," İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Mühendisliği Programı, Yüksek Lisans Tezi.